

Titre général : L'Électricité à l'exposition de 1902

Auteur : Hospitalier, E.

Titre du volume : L'Électricité à l'Exposition de 1900. 15. Applications diverses

Mots-clés : Exposition internationale (1900 ; Paris) ; Électricité

Description : 1 vol. (159 p.) ; 32 cm

Adresse : Paris : Vve Ch. Dunod, 1902

Cote de l'exemplaire : 4 XAE 68.15

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?4XAE68.15>

L'Électricité à l'Exposition de 1900

Publiée avec le concours et sous la direction technique de MM.

E. HOSPITALIER

Rédacteur en chef de *l'Industrie électrique*

J.-A. MONTPELLIER

Rédacteur en chef de *l'Électricien*

AVEC LA COLLABORATION

D'INGÉNIEURS ET D'INDUSTRIELS ÉLECTRICIENS

15^e FASCICULE

APPLICATIONS DIVERSES

PAR

P.-F. CHALON, Georges DARY, G. BAIGNÈRES, F. RODARY
et A. BAINVILLE

PARIS

V^{UE} CH. DUNOD, ÉDITEUR

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

TÉLÉPHONE 147-92

1902

L'ÉLECTRICITÉ

A

L'EXPOSITION DE 1900

QUINZIÈME PARTIE

APPLICATIONS DIVERSES

I

APPLICATIONS AUX MINES

PAR P.-F. CHALON, INGÉNIEUR

L'utilisation de l'électricité dans les mines devient de plus en plus une pratique courante et, comme les applications se multiplient chaque jour sous les formes les plus diverses, l'on peut déjà prévoir l'époque très rapprochée où le courant électrique deviendra un agent indispensable de l'industrie des mines.

Les remarquables progrès réalisés dans cette voie depuis dix ans et l'importance des services rendus par l'électricité dans les exploitations de mines métalliques aussi bien que dans les charbonnages, sont dus à deux causes principales :

1^o La substitution des *courants triphasés* au *courant continu*;

2^o La distribution à grande distance de l'énergie produite par des groupes électrogènes concentrés en une ou plusieurs *stations centrales*.

Les avantages que présentent les courants alternatifs à haute tension sur le courant continu, dans les travaux d'une mine, peuvent être résumés de la manière suivante :

D'abord, ils permettent d'utiliser l'énergie électrique à toute distance, avec une grande économie de câbles conducteurs, et ils peuvent fournir à volonté, par une simple transformation, soit des courants de faible tension pour certains appareils, soit même des courants continus, comme il en faut pour les locomotives et pour les opérations à effectuer dans le voisinage des génératrices.

Quand le travail demandé à un moteur triphasé est supérieur à celui qu'il est capable de fournir, il s'arrête brusquement, sans accident et sans ralentissement préalable : il n'en est pas de même du moteur à courant continu, qui peut marcher sous des charges très variables, mais qui, sous une trop forte charge, s'échauffe et brûle son induit. Cette particularité du moteur triphasé est particulièrement précieuse pour certains travaux de mine, comme la perforation mécanique par exemple ; si, en effet, le fleuret se coince ou se casse dans le trou de mine, le moteur s'arrête immédiatement et l'ouvrier n'a plus qu'à interrompre le courant et examiner sa machine pour se rendre compte de l'accident et y remédier.

Dans les charbonnages grisouteux, où les dangers de l'étincelle électrique sont si redoutés,

les moteurs polyphasés présentent une certaine sécurité, car, ne portant ni collecteurs ni balais, ils ne donnent pas lieu à la production d'étincelles : tout autre est le moteur à courant continu, même lorsqu'on a pris la précaution de le renfermer dans une enveloppe métallique hermétiquement close, et son fonctionnement est reconnu assez dangereux pour qu'il ait été prohibé d'une façon absolue dans un grand nombre de mines grisouteuses.

Une autre cause de supériorité des moteurs triphasés sur les moteurs à courant continu, c'est qu'ils fonctionnent avec une vitesse sensiblement constante, même sous de fortes variations de charges ; cette vitesse, en effet, ne dépend que du nombre des pôles et de la fréquence du courant, aussi communiquent-ils une grande régularité de marche aux machines et outils qu'ils actionnent.

Enfin, comme il a déjà été dit plus haut, le moteur triphasé n'a pas de collecteurs ; c'est tout au plus si on lui adjoint parfois trois bagues à balais, mais celles-ci peuvent toujours être supprimées, de sorte que le danger pouvant résulter d'une production d'étincelles est radicalement supprimé.

Le seul inconvénient que présente l'emploi des courants alternatifs à haute tension, c'est la difficulté d'isoler suffisamment les lignes conductrices. En ce qui concerne les conducteurs principaux, on peut y arriver en groupant les trois fils recouverts d'isolants dans une gaine métallique ; la chose est moins aisée pour les câbles secondaires qui amènent le courant aux bornes des moteurs et des appareils et il est nécessaire d'employer des mesures spéciales de protection contre les détériorations, les courts circuits et le contact accidentel des ouvriers.

Les tensions dont on a besoin dans une mine sont généralement assez limitées. Elles peuvent atteindre 2 000 volts ; mais, en moyenne, elles ne dépassent pas 300 volts. Toutefois, on ne saurait fournir aucune indication précise à ce sujet et il y a lieu d'étudier, en particulier, pour chaque exploitation minière, les tensions qui conviennent le mieux et le genre de conducteurs le plus approprié aux circonstances locales.

A) — STATIONS CENTRALES GÉNÉRATRICES ET INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Les installations électriques suivantes ont été décrites par leurs auteurs au Congrès international des Mines et de la Métallurgie à l'Exposition universelle de 1900.

Installations des mines de Nœux. — L'installation électrique des mines de Nœux (Pas-de-Calais), étudiée et exécutée par la Société alsacienne de Constructions mécaniques avec le concours de M. Bresson, ingénieur en chef de la Compagnie des Mines de Vicoigne et de Nœux, comprend une station centrale formée de quatre groupes électrogènes de 450 kw chacun. Un seul de ces groupes est actuellement en fonction.

On utilise les chaleurs perdues des fours à coke.

L'usine centrale comprend d'abord une batterie de huit chaudières Belleville, de 100 m² de surface de chauffe chacune, chauffées par les flammes de soixante fours à coke.

Les génératrices sont au nombre de deux. La première est un alternateur triphasé, avec excitatrice montée sur l'arbre, actionné par une machine à un cylindre de 230 chevaux ; le nombre de périodes est de 50 par seconde et le courant est produit à la tension de 250 volts.

Une partie de ce courant sert à actionner les appareils des fours à coke — défourneuse, culbuteurs, etc. — et à fournir l'éclairage ; l'excédent est envoyé à un transformateur qui élève la tension à 3 000 volts.

La seconde génératrice est un alternateur triphasé à 72 pôles, commandé par un moteur compound à deux cylindres de 500 chevaux. La fréquence est de 50 périodes par seconde et la tension de 3 000 volts.

Le courant à 3 000 volts est transporté, avec 4 pour 100 de perte, en trois points différents :

1^o *Au puits numéro 3*, au moyen de fils de cuivre de 15 mm² de section;

2^o *Au rivage de Beuvry*, en passant par le puits numéro 6, au moyen de conducteurs de 35 mm² de section; la longueur de la ligne est de 5 km;

3^o *Au puits numéro 7*, en passant par les puits numéros 1, 2, 4 et 5. La longueur de la ligne est d'environ 10 km, les câbles ont 100 mm² de section jusqu'au puits numéro 5 et 25 mm² seulement entre les puits 5 et 7.

Tous les conducteurs sont posés sur des isolateurs à triple cloche.

La première ligne est destinée spécialement à fournir de l'énergie au fond du puits numéro 3; les bâtiments de la surface sont éclairés par le courant continu de l'usine.

A cet effet, le courant de 5 000 volts est envoyé dans le puits au moyen d'un câble armé, à trois conducteurs, composé comme suit :

Les trois fils de 16 mm² de section sont soigneusement isolés et forment un câble unique qui est recouvert d'une enveloppe en plomb de 2,5 mm d'épaisseur, puis d'asphalte et enfin d'une armature en fils d'acier pouvant supporter le poids total des 400 m de câble, soit 3 050 kg.

Ce câble peut transmettre 330 chevaux sous une tension de 5 000 volts.

Dans le fond, divers transformateurs ramènent la tension à 250 volts pour actionner un treuil et à 130 et 95 volts pour la charge des accumulateurs destinés à la traction.

Les lignes sont établies, depuis la station centrale, sur des poteaux de sapin de 12 m; ceux-ci sont munis à la partie supérieure d'un fil de ronce en fer galvanisé qu'on relie à la terre, de deux en deux poteaux, au moyen d'un fil de cuivre de 10 mm² de section et d'une tige de fer de 40 mm de côté enfoncée dans le sol.

Dans les passages au-dessus des voies et routes que traversent des fils télégraphiques ou téléphoniques, les trois fils aériens sont remplacés par un câble à grand isolement, armé d'un ruban d'acier, et la liaison se fait dans des boîtes de jonction à 5 m au-dessus du sol.

Dans les chemins ordinaires, les trois fils sont simplement isolés sur toute la traversée et jusqu'à 10 m de distance de chaque côté: par surcroit de précaution, on les entoure d'un treillage en fils de fer galvanisés.

Les utilisations du courant sont les suivantes :

A. Aux fours à coke :

Des *cubuteurs de wagons*, mis par un moteur d'induction;

Un *appareil mélangeur*, formé de trois plates-formes de dosage et une vis à palette de 26,50 m qui peut mélanger et transporter 25 tonnes à l'heure;

Une *chaîne à godets* et un *transporteur Kreis*;

Une *défourneuse*.

B. Aux puits et galeries :

Un *treuil* de 35 chevaux, à embrayage mécanique;

Une *pompe d'épuisement*, de 120 chevaux;

Des *locomotives à accumulateurs*.

Le treuil électrique peut remonter 40 berlines à l'heure sur 77 m de hauteur.

La pompe refoule 70 m³ à l'heure à 360 m de hauteur; elle est à trois corps, avec pistons plongeurs de 160 × 140 mm. Un quatrième corps à plongeur de 73 × 100 mm, animé d'un mouvement trois fois plus rapide que les premiers, sert de pompe compensatrice pour équilibrer les efforts d'une façon à peu près complète. Les soupapes sont à trois étages.

Le moteur électrique de 120 chevaux marche directement à 3 000 volts; il est enfermé dans une enveloppe étanche que l'arbre traverse dans un presse-étoupe à ressorts. On maintient une certaine pression d'air dans l'enveloppe, afin de s'opposer à toute entrée de mélange grisouteux; l'interrupteur à haute tension est dans un bain d'huile qui peut absorber les étincelles accidentelles.

L'application la plus intéressante de l'électricité au fond est celle de la traction. Les fosses de Nœux ayant toutes des quartiers grisouteux, le trolley devait être forcément proscrit; mais alors l'emploi d'accumulateurs exigeait la transformation du courant triphasé en courant continu.

La chambre de transformation et de charge communique avec les puits d'entrée et de sortie de l'air, de sorte qu'on peut la ventiler par un courant d'air spécial sans communication avec les travaux. On évite ainsi la présence du grisou et, d'autre part, les gaz des accumulateurs ne gênent pas l'aérage de la mine.

Cette station de charge renferme, suivant l'importance du trafic :

1^o *Un ou plusieurs transformateurs de 75 kw* qui convertissent les courants triphasés à 5 000 volts en courants triphasés à 93 volts;

2^o *Une ou plusieurs commutatrices de 70 kw* transformant les courants triphasés en courant continu à 130 volts;

3^o *Les appareils de manœuvre et de contrôle* ainsi que les appareils accessoires pour la charge des batteries;

4^o *Un pont transbordeur* pour manœuvrer les trucks d'accumulateurs.

C. A l'éclairage :

En septembre 1900, la station centrale alimentait : 80 lampes à arc et 2 276 lampes à incandescence, sur une longueur développée de 15 km de conducteurs.

Il est à remarquer que la lumière devient surtout nécessaire après trois ou quatre heures du soir, c'est-à-dire au moment où l'énergie demandée par les travaux divers ne dépasse pas 25 à 30 pour 100 de celle qu'exigent les services en pleine activité. Dans ces conditions, l'éclairage ne consomme que les disponibilités du courant et son utilisation contribue à augmenter notablement le rendement de la station centrale.

Pour l'alimentation des lampes, les transformateurs ramènent le voltage à 230 et 125 volts.

Une particularité intéressante de la station de Nœux, c'est qu'elle forme une sorte de service public et vend le courant à chacun des services de la mine au prix de 0,30 fr le kilowatt; le contrôle se fait à l'aide de compteurs *Elihu Thomson* placés à chaque poste. Quoique la vapeur soit obtenue au moyen des chaleurs perdues des fours à coke, on lui a attribué la valeur industrielle qu'elle aurait réellement si on utilisait des charbons de rebut, estimés généralement à 7,20 fr la tonne : c'est ce qui explique le prix relativement élevé du kilowatt.

Installations électriques des mines de Carmaux. — Ces installations ont été faites sous la direction de M. Ch. Pérès, ingénieur en chef des mines de Carmaux.

La station centrale comprend quatre groupes électrogènes de 350 chevaux chacun qui peuvent être couplés en quantité: dans le même bâtiment sont placés les transformateurs et un tableau de distribution.

Chaque groupe est composé d'une machine à vapeur, d'un alternateur et de son excitatrice.

La machine à vapeur est horizontale compound, avec deux cylindres montés en tandem; elle consomme 9,75 kg de vapeur par cheval-heure, avec échappement à l'air libre.

L'alternateur triphasé est du type Siemens et Halske, à inducteur mobile et induit fixe, avec 60 pôles.

L'induit est formé de 180 barres de cuivre, isolées et logées dans les rainures d'un noyau feuilleté; elles constituent trois circuits montés en étoile.

L'excitatrice est une dynamo à courant continu excitée en dérivation, avec un inducteur tétrapolaire fixe intérieur et un induit mobile extérieur. Elle développe, à pleine charge, 115 volts et 80 ampères.

L'alternateur présente les caractéristiques suivantes :

Nombre de tours par minute.....	100
Nombre de périodes par seconde	50
Tension du courant.....	240 volts
Débit en pleine charge.....	730 ampères

Lignes de distribution à haute tension

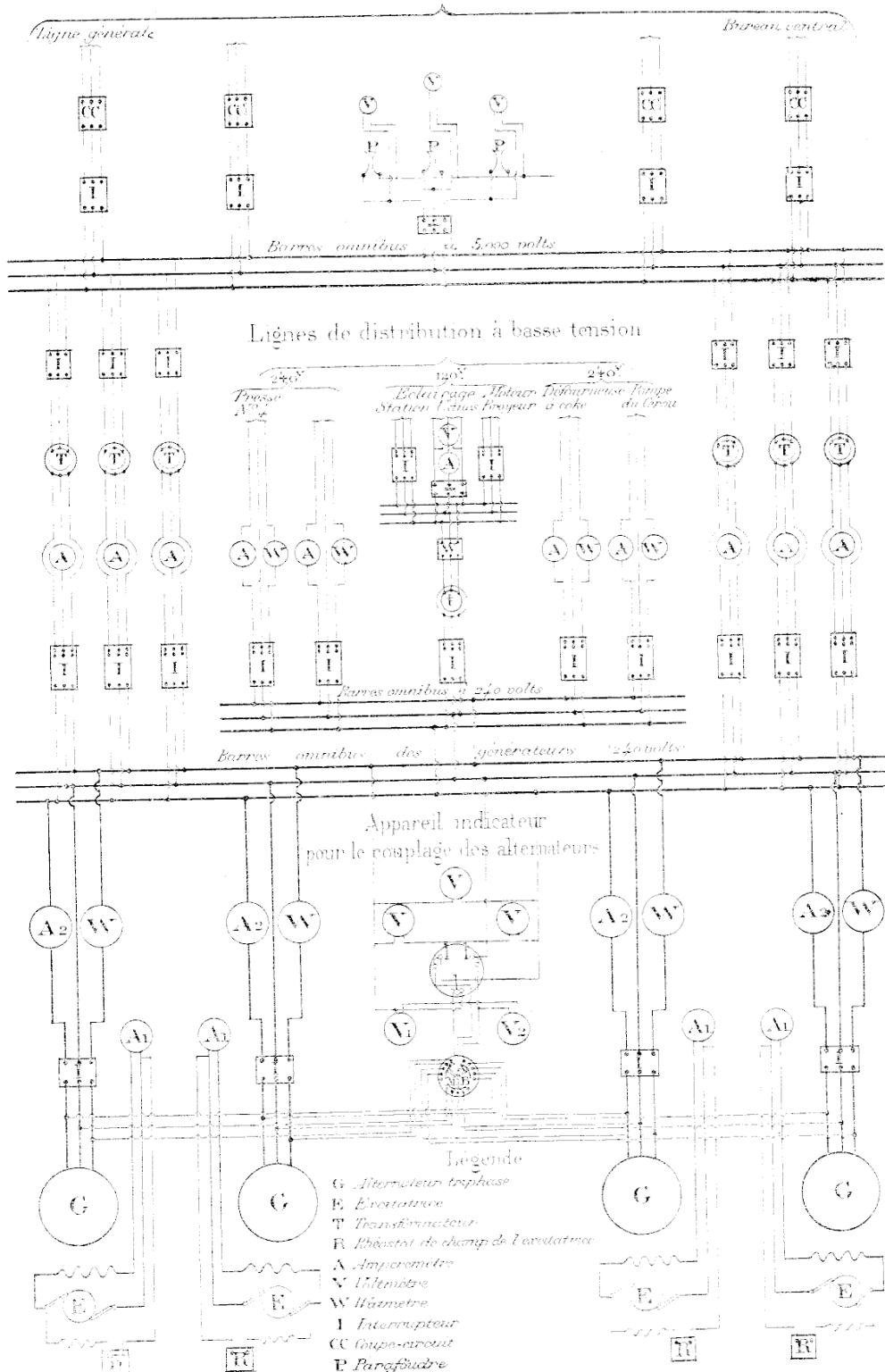


FIG. 1. — Tableau de distribution de la station centrale des mines de Carmagnac.

Puissance développée à pleine charge :

1 ^o Sur circuit à résistance non inductive.....	330 kw
2 ^o — — — inductive	240 —

Le tableau central de distribution (*fig. 1*) est disposé à l'une des extrémités de l'usine et à 2,30 m du mur. Il est divisé en trois étages : l'étage supérieur porte les interrupteurs, les coupe-circuits, les rhéostats et les appareils de mesure ; l'étage du milieu est réservé aux appareils de manœuvre et de mesure relatifs au départ des lignes à basse tension ; enfin, l'étage inférieur porte les coupe-circuits et les commutateurs qui commandent les lignes à haute tension ; ces derniers appareils sont placés dans une vitrine fermée

Des escaliers permettent d'accéder aux étages sur les deux façades, antérieure et postérieure.

Les transformateurs, du type Siemens et Halske, sont au nombre de six. Chacun d'eux peut supporter normalement un courant de 360 ampères sous 240 volts, dans le circuit primaire, et de 18 ampères sous 3 000 volts dans le circuit secondaire, ce qui correspond à 150 kw sur un circuit à résistance non inductive. Leur rendement à pleine charge est de 96 à 97 pour 100.

Les dépenses des trois groupes électrogènes, soit pour 1 050 chevaux, comprennent :

1 ^o La main-d'œuvre journalière pour la conduite et la surveillance : un électricien, un mécanicien et un aide.....	34,50 fr
2 ^o Le petit entretien et le graissage.....	57,23
3 ^o La consommation de vapeur.....	34,77
On compte par cheval-heure 12 kg de vapeur à 0,115 fr les 1 000 kg.	
TOTAL pour 24 heures.....	126,52 fr

Soit une dépense de 5,27 fr par heure.

En supposant que toute l'énergie soit distribuée sur un circuit à résistance inductive, avec $\cos \varphi = 0,70$, auquel cas les trois groupes produisent 720 kw, on voit que le prix de revient du kilowatt est de 0,008 fr seulement, mais dans ce chiffre n'entrent ni les frais généraux, ni l'amortissement, ni les frais de réparation et de gros entretien du matériel, etc.

Dans les mêmes conditions, le prix coûtant du cheval-heure effectif des machines à vapeur qui ont été supprimées était de 0,04 fr. Le prix des 1 000 kg de vapeur, produite par les anciens générateurs à bouilleurs avec des combustibles de rebut, était en moyenne de 2,21 fr en y comprenant l'entretien et la main-d'œuvre.

Le principe qui a été adopté, à Carmaux, pour la distribution de l'énergie électrique, est le suivant :

a) On utilise directement le courant à 240 volts que produit la station centrale, pour actionner les moteurs des usines spéciales — *agglomérés, coke, laverie* — en abaissant de 240 à 120 volts la portion de courant destinée à assurer l'éclairage ;

b) On relève de 240 à 5 000 volts la tension du courant qui doit être transporté à distance : des sous-stations abaissent ensuite de 5 000 à 240 volts le courant destiné à la force motrice et de 5 000 à 120 celui de l'éclairage.

De la station centrale partent quatre lignes :

1^o *Une ligne à 120 volts*, pour l'éclairage des usines spéciales ;

2^o *Une ligne à 240 volts*, pour les moteurs de ces usines ;

3^o *Une ligne à 5 000 volts*, pour la sous-station de la direction, sise à 930 mètres de distance ;

4^o *Une ligne à 5 000 volts*, qui porte le courant dans les sous-stations des puits et dont le développement est de 4 350 m.

Chacun des centres principaux peut être isolé en cas de réparation urgente ou d'accident; à cet effet, les diverses lignes sont fixées, à l'aide d'isolateurs, à l'intérieur d'une cheminée, de 13 m de hauteur et 1,25 m de diamètre intérieur, qu'on désigne sous le nom de *tour de sectionnement*. La base est logée dans un hangar fermé de 3 m de hauteur et de 1,50 m de largeur.

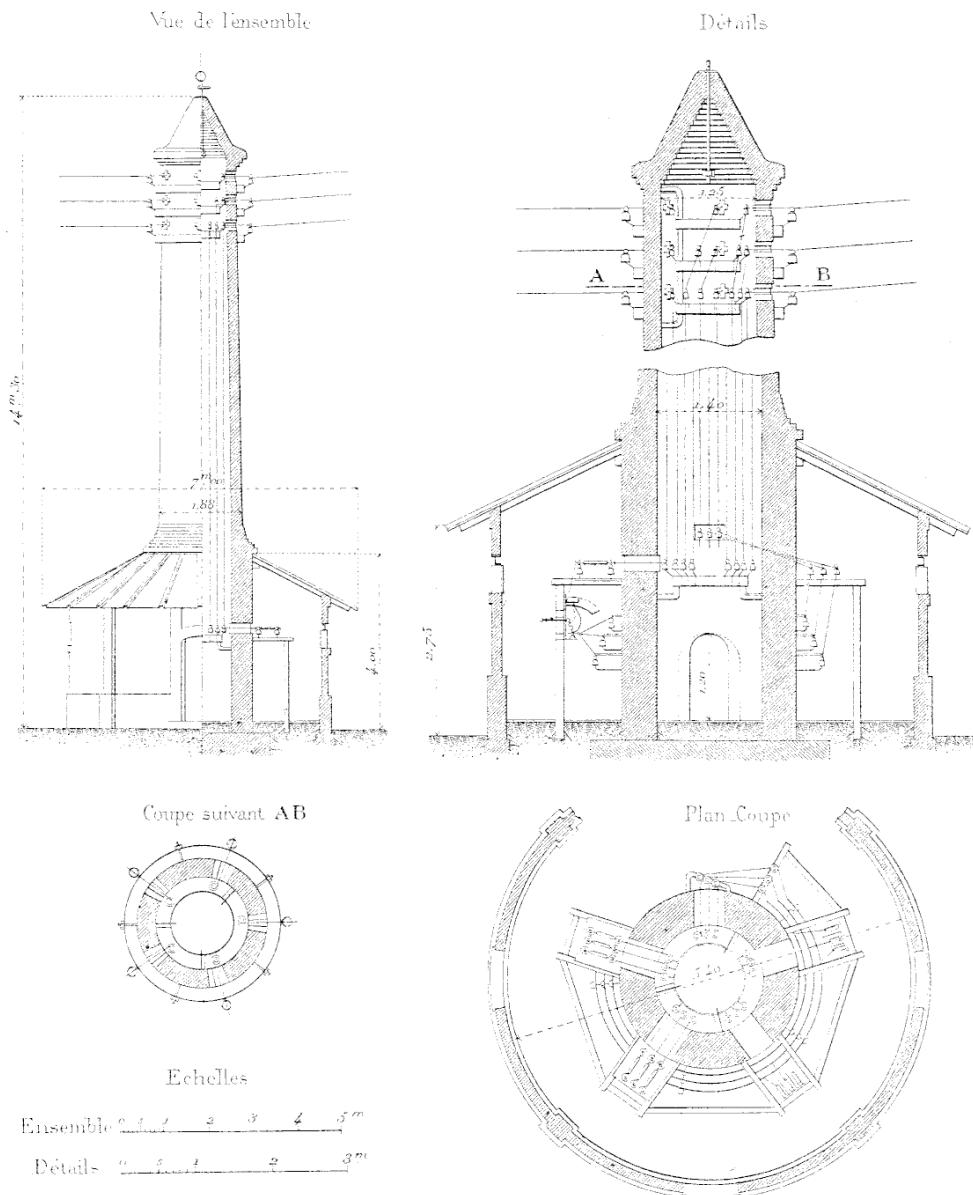


FIG. 2. — Tour de sectionnement du réseau des lignes électriques des mines de Carmaux.

Les lignes conductrices traversent le haut de la tour et sont reliées à des commutateurs, interrupteurs et à des coupe-circuits, fixés dans la chambre inférieure *fig. 2*.

Quant aux lignes elles-mêmes, elles sont constituées par trois fils de cuivre, fixés sur des poteaux en bois de 10 à 15 m de hauteur, à l'aide d'isolateurs à triple cloche, pour les courants

de haute tension, ou à double cloche, pour les basses tensions. Ces poteaux sont distants de 40 m environ.

A la traversée des chemins, les lignes sont enveloppées d'une gaine en fils d'acier pour les protéger et s'opposer à leur chute.

SCHÉMA

LEGENDE

Etat des installations en Mars 1900

N° Série	Nom du fort	UTILISATION		Surface couverte en m ²	Surface ouverte en m ²	Surface occupée en %
		Nombre d'installa- tions	Nombre d'empla- gements			
Siege de Sainte-Marie						
		Installations extérieures				
1	Éclairage des plateaux, terrasses, vestiaires, routes, emprises, abrigages, chambres, magasins, etc.					
2	Moteur du ventilateur Général Herstal de 2 ^{me} de diamètre servant à l'évacuation de la fumée					
3	Moteur de l'atelier de réparation et classification des boulets					
4	Moteur du secteur de réparation					
		Installations souterraines				
5	Éclairage des routes 140 et 150, des cours et des principales galeries de radage					
6	Pompe d'évacuation installée à 200° de profondeur					
Siege de la Tronquie						
		Installations extérieures				
1	Éclairage des plateaux, terrasses, vestiaires, routes, emprises, abrigages, chambres, magasins, etc.					
2	Moteur du ventilateur Général de 9 ^{me} de diamètre servant à l'évacuation de la fumée					
3	Pompe d'évacuation de l'atelier de réparation et classification des boulets					
4	Pompe d'évacuation des eaux de surface dans les routes d'évacuation des chambres					
5	Électrodes électriques pour le chauffage de la dynamiterie					
		Installations souterraines				
6	Éclairage des routes 310 et 450 et des principales galeries de radage					
7	Pompe d'évacuation installée à 350° de profondeur					
8	Pompe installée à 50° de profondeur déversant les eaux des formations aquifères dans les fossés d'évacuation des chambres					
Siege de la Guillotie						
		Installations extérieures				
1	Éclairage des plateaux, terrasses, vestiaires, routes, emprises, abrigages, chambres, magasins, etc.					
2	Moteur du ventilateur Général de 9 ^{me} de diamètre servant à l'évacuation de la fumée					
3	Moteur du moteur-champ					
4	Moteur de l'atelier de réparation					
		Installations souterraines				
5	Éclairage des routes 140 168 209, des cours et des principales galeries de radage					
6	Pompe d'évacuation installée à 210° de profondeur					
Puits de Lendrevze						
		Installations extérieures				
1	Éclairage des plateaux, terrasses, vestiaires, routes, emprises, abrigages, chambres, magasins, etc.					
2	Échappée des ventilateurs Général de 9 ^{me} de diamètre servant à l'évacuation de la fumée					
3	Éclairage des routes diverses et principale galerie de radage					
Puits du Creux-Fol						
		Installations extérieures				
1	Éclairage du plateau					
2	Moteur du ventilateur Général de 9 ^{me} de diamètre servant à l'évacuation de la fumée dans la partie du puits de la forêt					
Puits de Fongrande						
		Installations extérieures				
1	Éclairage des plateaux					
2	Moteur de la pompe installée à 80° de profondeur déversant les eaux des formations aquifères dans les cours et vestiaires					
Ateliers de réparations						
		Installations extérieures				
1	Éclairage des ateliers de réparations, cours, magasins divers					
2	Moteur des transmission et des machines utilisées dans les ateliers					
Administration						
		Bureaux du conseil				
1	Éclairage au Château de la Basse					
Direction						
		Bureaux du conseil				
1	Éclairage des bureaux d'holothurne					
2	Éclairage des bureaux de la direction					
Usines de Transformations						
		Installations extérieures				
1	Réduisance des plateaux, station entière d'électrostatique, fours à cuire, fours de boulets, usine d'approvisionnement et divers					
2	Moteur du ventilateur et classeur des meules de coke					
3	Moteur de l'atelier de réparation					
4	Moteur de l'atelier de chaufferie					
5	Moteur de 2 pompe servant l'eau de la rivière dans les usines d'assainissement des boulets					
6	Moteur de la laverie des boulets (25 100 #/m ²)					
7	Moteur de la pompe à l'eau de la rivière					
8	Moteur de la pompe à l'eau de la rivière					
9	Moteur de la pompe à l'eau de la rivière					
10	Moteur de la pompe à l'eau de la rivière					
11	Moteur de la pompe à l'eau de la rivière					
Divers						
		Pompe hydrogène transportable pour le radage et le nettoyage des galeries d'assainissement				
1	Pompe hydrogène					
Totaux						
		Totaux en surface		1294	1	100,0
		Totaux en深入處		129	1	100,0
Entrepôts et magasins						
		Entrepôts et magasins		1173		

FIG. 3. — Schéma indiquant la distribution et l'utilisation de l'énergie électrique aux mines de Carmagnac.

Les lignes à haute tension ont un rendement de 97 pour 100; les autres, à basse tension, qui sont plus coûteuses, rendent de 93 à 97 pour 100, selon les applications.

À chaque poste ou établissement, la ligne pénètre dans une sous-station et aboutit à trois

barres omnibus, sur lesquelles sont faites les prises de courant qui vont aux transformateurs : une tour de sectionnement en maçonnerie précède immédiatement la sous-station.

La figure 3 indique la position de la station centrale, la distribution et toutes les utilisations du courant électrique.

Les transformateurs envoient le courant à basse tension à deux tableaux de distribution qui comportent tous les appareils de mesure et de sécurité nécessaires, l'un à 240 volts pour la force motrice, l'autre à 120 volts pour l'éclairage.

C'est des barres omnibus à haute tension que part le câble armé pour les travaux souterrains.

L'énergie utilisée dans les divers services de la mine représente une puissance totale de 1473 chevaux, comprenant :

Pour l'éclairage	170 chevaux
Pour la force motrice.....	1 003 —

Mais, comme l'éclairage est à son maximum alors que les autres emplois sont restreints, il en résulte que la puissance de 1 030 chevaux des trois groupes électrogènes suffit largement à toutes les exigences.

Les essais au frein effectués sur tous les électromoteurs avant leur mise en service ont indiqué :

	Pour 100
Moteurs de 1 à 10 chevaux, rendement	82
— 10 à 30 — —	87
— 30 à 60 — —	90
— 60 à 123 — —	93

Le *rendement industriel*, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie recueillie sur l'arbre des réceptrices et celle qui est mesurée sur l'arbre de la machine à vapeur de l'usine centrale, dépend du mode d'utilisation des moteurs et des transformations du courant :

	Pour 100
Moteurs utilisant directement et sans transformation le courant de la station centrale	72 à 82
Moteurs utilisant le courant deux fois transformé.....	68 à 78
Moteurs utilisant le courant transformé une seule fois	80 à 81

Après une série d'expériences faites avec les groupes électrogènes et les réceptrices fonctionnant à pleine charge, M. Ch. Pérès a trouvé que le rendement général de l'installation varie entre 67 et 79 pour 100.

Installations électriques du siège Espérance (Belgique). — Ces installations ont été faites, en 1899, sous la direction de M. l'ingénieur P. Habets, au siège *Espérance* de la *Société anonyme des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune, à Montignée-lez-Liège*. C'est la première fois qu'une application aussi générale de l'électricité ait été réalisée dans une mine belge.

La station centrale est composée de trois groupes électrogènes, de 200 kw chacun, et comprend des alternateurs triphasés Brown, type volant, à induit fixe et inducteur mobile extérieur, débitant les courants triphasés à la tension de 1 000 volts avec une fréquence de 44 périodes par seconde. Chaque alternateur est commandé par une machine compound jumelle, à condensation, pouvant développer 300 chevaux effectifs à la vitesse de 125 t : m et à la pression de 6,5 kg : cm² à l'admission.

Les alternateurs devant marcher en parallèle, chaque moteur possède un régulateur un dispositif spécial qui permet de faire varier la vitesse de 116 à 134 tours pour maintenir le synchronisme.

Le hall qui contient l'usine centrale mesure 28 m de longueur et 10,50 m de largeur. Les

condenseurs et pompes à air sont logés dans les fondations et actionnés par bielles s'articulant aux boutons des manivelles des grands cylindres.

A l'extrémité du hall est disposé le tableau de distribution qui est séparé du mur du fond par un espace de 2 m.

Entre les fondations des machines et celles des murs sont ménagés deux larges caniveaux, l'un contient les conduites d'eau et de vapeur, l'autre les canalisations électriques. Dans ce dernier on a disposé, sur l'une des parois, les câbles à haute tension et, sur l'autre, les lignes de basse tension.

Les câbles à haute tension sont isolés au moyen de deux couches de caoutchouc vulcanisé, serrées par une tresse imprégnée que recouvre un ruban enduit d'un isolant spécial ; ils sont soutenus sur des poulies en porcelaine.

L'excitation des alternateurs est obtenue au moyen :

1^o *D'un transformateur statique*, d'une puissance de 30 kw, qui reçoit le courant triphasé à 1 000 volts et l'abaisse à 87 ;

2^o *D'une commutatrice tétrapolaire*, à excitation compound, qui reçoit le courant triphasé à 87 volts par trois bagues et débite du courant continu à 110 volts.

On effectue la mise en marche au moyen d'un groupe électrogène Dulait à courant continu placé contre le mur du hall entre les alternateurs 1 et 2. L'un des alternateurs étant mis en mouvement et excité par le courant de la dynamo Dulait, on fait démarrer la commutatrice comme moteur à courant continu, en lui donnant l'excitation convenable et, dès que la vitesse du synchronisme est obtenue, on la met en phase avec l'alternateur. On interrompt alors le courant qui a servi au démarrage et l'on met le circuit d'excitation des alternateurs sur le circuit à courant continu de la commutatrice qui fonctionne alors normalement.

Au tableau de distribution correspondent, pour chaque alternateur :

Un rhéostat d'excitation ;

Un voltmètre avec transformateur réducteur ;

Un ampèremètre ;

Un interrupteur tripolaire ;

Deux coupe-circuits unipolaires ;

Un indicateur de phases.

Les lampes de l'indicateur de phase sont reliées aux circuits à basse tension des transformateurs réducteurs des voltmètres, avec intercalation d'interrupteurs qui permettent de ne mettre en circuit que les lampes correspondantes pour la mise en phase des alternateurs 1 et 2, 2 et 3, 1 et 3.

Le tableau contient, en outre, pour chaque circuit de départ :

Un interrupteur tripolaire ;

Un ampèremètre ;

Deux coupe-circuits unipolaires.

Les fils fusibles des coupe-circuits sont enfermés dans des cartouches de matière isolante qui permettent au besoin de remplacer le plomb fondu sans arrêter la machine et, comme d'ailleurs ils sont tous placés après l'interrupteur qui commande le circuit, on peut remplacer les cartouches très rapidement et sans danger.

Les lignes aériennes amenant le courant aux divers services des sièges Espérance et Saint-Nicolas sont en fils de cuivre placés sur des isolateurs à triple cloche en porcelaine, dont les ferrures sont fixées à des murs ou sur des traverses de poteaux tubulaires en acier. Un filet protecteur, relié à la terre, est placé sous les lignes afin de parer à tout accident qui résulterait de la chute des fils.

Pour amener le courant aux travaux souterrains, les trois fils, de 60 mm² de section, sont revêtus de caoutchouc vulcanisé, d'okonite et d'un ruban isolant, tordus en hélice, avec interposition de bourrage, et enveloppés de ruban imprégné et d'une gaine de plomb ; le câble ainsi formé est armé en fils d'acier galvanisés et recouverts de chanyre.

Dans la descente des puits, les câbles reposent sur des ferrures en fer forgé, scellées, tous les 5 m, dans la maçonnerie.

A chaque recette, le câble aboutit à une boîte de dérivation sur laquelle se place un transformateur statique destiné à abaisser la tension pour les appareils d'éclairage.

Le schéma (fig. 4) représente l'ensemble de la distribution de l'énergie électrique ; comme on le voit, la station centrale dessert les récepteurs suivants :

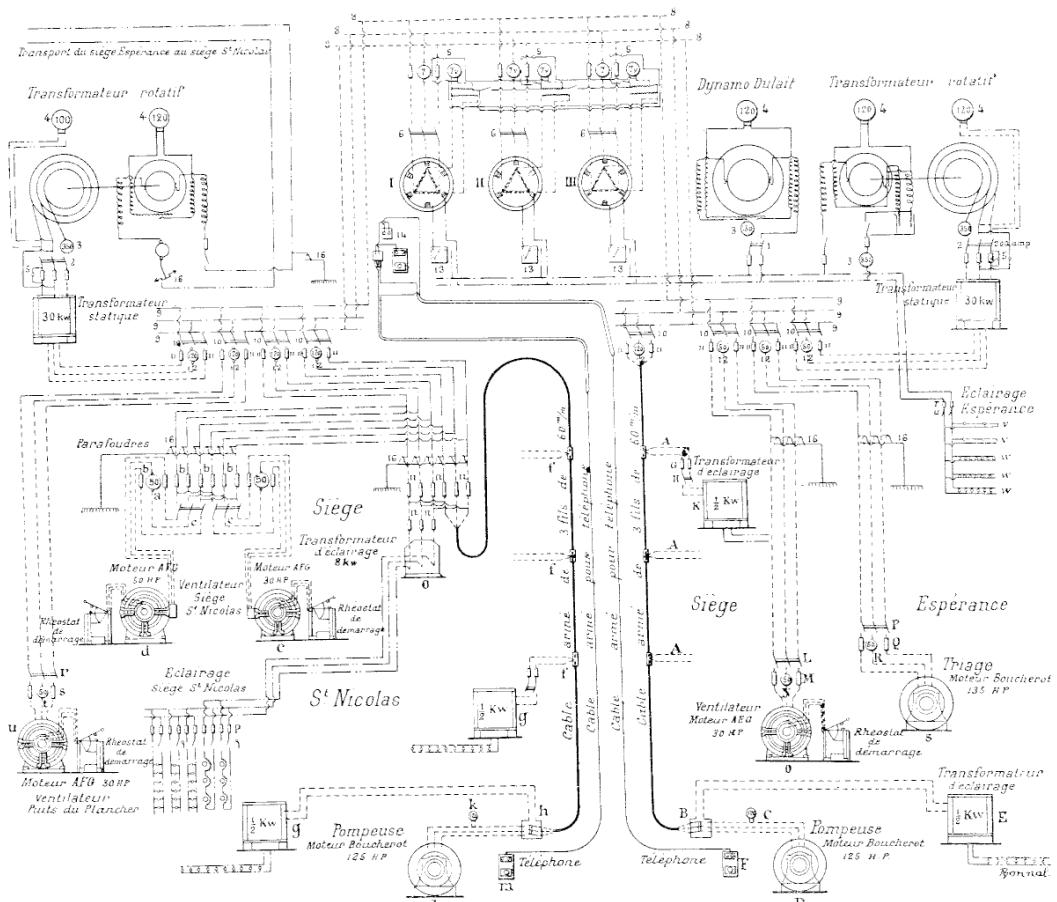


fig. 4. — Schéma de la distribution d'énergie électrique à la Société des charbonnages de l'Espérance.

AU SIEGE ESPÉRANCE :

a) A l'usine centrale :

1^o Un transformateur et une commutatrice de 30 kw, pour l'excitation des génératrices d'éclairage du siège Espérance;

2^o Un transformateur et une commutatrice, pour la traction;

Un moteur, pour l'atelier de réparation;

b) Au dehors de l'usine :

1^o Un moteur, pour le ventilateur;

2^o Un moteur, pour le triage;

3^o Une pompe;

4^o L'éclairage souterrain.

AU PUIS DU PLANCHER :

Un moteur, pour le ventilateur.

AU SIÈGE SAINT-NICOLAS :

- 1^o *Deux moteurs*, pour le ventilateur ;
- 2^o *Une pompe* ;
- 3^o *L'éclairage du siège* ;
- 4^o *L'éclairage souterrain*.

Installations électriques des mines de Frongoch (Pays de Galles). — La Société belge des Mines de Frongoch (Galles), qui exploite des minerais de blende et galène, emploie le courant électrique, depuis 1900, pour tous ses services.

L'exploitation est faite par un puits vertical jusqu'à l'étage de 160 m, et se continue en puits incliné jusqu'au niveau 277. Le minéral de blende-galène est transporté, à l'état de tout venant, dans une usine de préparation mécanique, où il est broyé, criblé, séparé et concentré ; l'extraction est de 13 tonnes par jour.

La force motrice est hydraulique, mais une machine auxiliaire à vapeur permet d'y suppléer en cas d'accident ou d'insuffisance.

Les eaux de pluie, recueillies dans des collecteurs de montagne, sont amenées par une conduite de 5 km dans un grand réservoir de 40 000 m³, lequel fournit une chute d'eau de 125 m de hauteur au moyen de 450 m de tuyaux mesurant 0,60 m de diamètre. Cette chute est la force motrice initiale qui alimente une station électrique centrale de 400 chevaux.

La station comprend :

Une chaudière tubulaire Babcock et Wilcox timbrée à 10 kg et une machine verticale à grande vitesse; c'est la réserve :

- Une roue Pelton avec régulateur automatique;
- Un alternateur triphasé faisant 375 tours; puissance, 300 kw;
- Une dynamo excitatrice;
- Un tableau de distribution, des coupe-circuits, des fusibles, etc.

Le courant triphasé de 2 300 volts est conduit à l'usine de préparation mécanique, située à 1 200 m, puis au siège d'extraction, à 650 m plus loin ; la première ligne a des conducteurs de 3,5 mm² de section, la seconde de 3,25 mm².

À l'usine, deux électromoteurs de 75 chevaux mettent en marche, l'un les broyeurs, l'autre les trommels, les jigs, les tables oscillantes et les pompes. En outre, un transformateur de 10 kw fournit la lumière à trois groupes de six lampes à arc.

Entre l'usine et la mine, sur le conducteur principal, est branché un petit transformateur qui alimente des lampes à incandescence dans les bureaux et dépendances.

Au siège d'extraction sont disposés deux électromoteurs de 75 chevaux ; le premier, à haute tension, à l'étage 160, actionne une pompe à trois corps qui élève 25 litres d'eau par seconde et qui fait 535 révolutions. Un petit transformateur, dans la chambre des pompes (fig. 3), donne le courant nécessaire pour l'éclairage des étages 160 et 277.

Le second électromoteur, à basse tension, est installé à la surface et actionne un treuil d'extraction à double tambour. Il peut fournir 125 chevaux au démarrage. Le voltage de 2 300 volts de la ligne est réduit à 220 par l'intermédiaire d'un transformateur de 60 kw, lequel sert, en outre, à fournir l'éclairage au reste du puits.

Enfin, à l'étage 160, est installé un électromoteur de 30 chevaux qui, à la vitesse de 670 t : m, actionne un treuil à simple tambour pour l'extraction des minerais par le puits incliné.

Toute cette installation a coûté 250 000 francs et a été terminée en moins d'une année.

En résumé, la station centrale électrique pour la distribution de l'énergie à grande distance permet d'utiliser l'énergie dans des conditions très avantageuses.

Tandis que la perte pour transmission par kilomètre est de :

40 pour 100 par la vapeur;
20 — par les conduits hydrauliques;
6 à 8 — par l'air comprimé,

elle n'est que de 5 pour 100 par les conducteurs électriques.

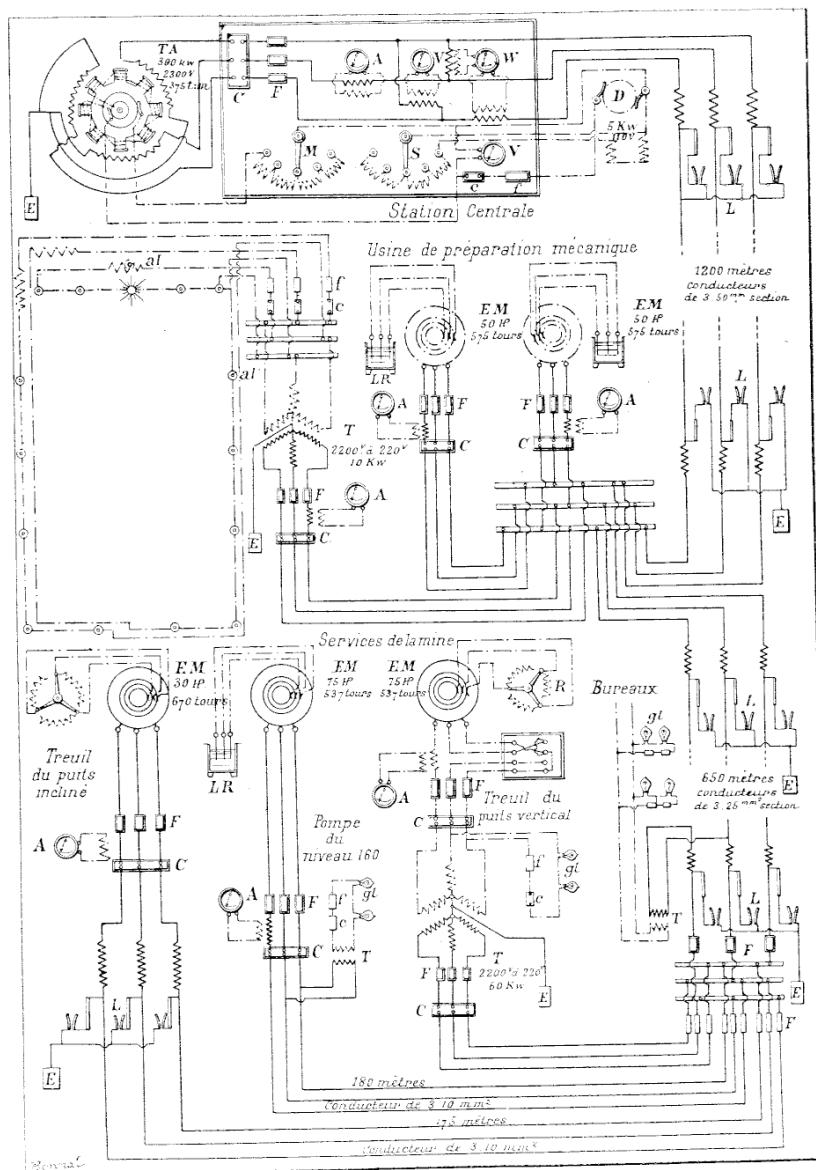


Fig. 5. — Schéma de la station centrale et de la distribution d'énergie électrique de la mine de Frongoch (Galles).

LEGENDE EXPLICATIVE DU SCHÉMA

TA, alternateur triphasé. — D, excitrice. — A, ampermètre. — V, voltmètre. — W, wattmètre. — C, e, coupe-encircuits. — F, f, fusibles. — M, régulateur magnétique. — S, régulateur shunt. — L, prise de courant pour l'éclairage électrique. — EM, électromoteurs. — T, transformateurs. — LR, résistance liquide. — R, résistance métallique. — C, a, commutateur. — al, lampes à arc. — gl, lampes à incandescence. — E, terre.

—, lignes à haute tension. — — — —, lignes à basse tension.

Quant au rendement général, c'est-à-dire le rapport entre le travail initial fourni par l'agent générateur d'énergie et le travail final utilisé, il est de 70 pour 100 environ avec le courant électrique, tandis qu'il est seulement de :

15 pour 100 au maximum avec la vapeur.
44 — — — avec l'air comprimé.

B. — PRINCIPALES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ A L'INDUSTRIE MINIÈRE

Le courant électrique permet d'effectuer rapidement et économiquement tous les travaux que l'on demande habituellement à la vapeur ou à l'air comprimé.

Nous ne citerons que les principaux, ceux qui exigent des appareillages spéciaux pour la commande électrique et dont l'Exposition nous montre un certain nombre de types nouveaux et particulièrement intéressants.

a). — ÉPUISEMENT

On sait que les pompes d'épuisement diffèrent considérablement selon les circonstances.

S'il ne s'agit que d'un épuisement à faible hauteur, ne dépassant pas 42 m, on peut employer la *pompe centrifuge* qu'on accoupe directement sur un électromoteur. Cependant, on emploie aussi quelquefois le système de pompes centrifuges conjuguées ou en série, par nombre de 2, 3, 4 et même davantage; dans ce cas, la seconde pompe, placée à 10 ou 12 m au-dessus de la première, aspire l'eau que refoule celle-ci, et ainsi de suite. Ce système donne de bons résultats, mais à la condition que tous ces divers éléments soient identiques et marchent rigoureusement à la même vitesse; or, c'est là une condition que seul le moteur électrique permet de réaliser convenablement et économiquement.

Ainsi, supposons 4 pompes en série, le débit de 300 litres par minute et le refoulement de 45 m; on les actionne avec un moteur de 10 kw, par exemple, soit 120 volts et 80 ampères, faisant 1 600 tours, si on admet un rendement de 75 pour 100 pour les pompes.

Quand la hauteur d'épuisement est comprise entre 15 ou 30 m, on préfère généralement la *pompe rotative*. Mais, pour des profondeurs considérables, la *pompe à piston* s'impose et, dans ce cas, pour la commande électrique, on construit spécialement des pompes à quatre pistons plongeurs, dont trois pistons à eau et un piston d'équilibre des efforts.

Dans les charbonnages et quelques mines métalliques importantes, les pompes d'épuisement sont *souterraines*, et l'on s'efforce alors de les placer aussi profondément que possible, afin de n'avoir à actionner qu'une faible colonne d'aspiration. Or, les pompes à vapeur sont extrêmement coûteuses, car elles consomment, en moyenne, 10 à 12 kg de vapeur par cheval-heure effectif, en eau élevée, pour une marche normale et continue. Cette consommation atteint 14 ou 15 kg si la machine ne fonctionne que pendant douze heures et 16 ou 18 pour dix heures seulement.

Elles ont d'ailleurs beaucoup d'autres inconvénients: c'est, d'abord, la difficulté que présente toujours l'établissement d'une chambre souterraine spacieuse pour les recevoir; c'est encore l'encombrement des puits par les tuyauteries et les dommages causés par le passage des conduits de vapeur dans un compartiment particulier et, enfin, les pertes nombreuses, surtout pour les arrêts.

Les pompes électriques ont un meilleur rendement, elles sont plus simples d'installation et n'exigent pas un emplacement spécial et considérable. Mais leur commande est difficile, car les pompes, en général, marchent à des vitesses beaucoup moindres que celles des électromoteurs.

Le problème immédiat que se sont posé les constructeurs a donc été de fabriquer des

pompes capables de fonctionner à grande vitesse tout en conservant un bon rendement avec le même coefficient de sécurité. On est à peu près parvenu à obtenir des engins simples et robustes, peu encombrants et dont la vitesse, de 150 à 300 tours, concorde avec celle de l'électromoteur auquel dès lors ils peuvent être accouplés.

D'autre part, le mouvement du moteur électrique étant uniforme, il est nécessaire que la machine d'épuisement elle-même ait un débit régulier ; on a obtenu ce résultat en la composant de trois corps de pompe à simple effet commandés par un arbre muni de trois coudes à 120°, ou bien encore en employant deux systèmes, conjugués à 90°, de pompes différentielles, du type Riedler.

En somme, l'étude et la solution du problème d'épuisement des eaux dans une mine, en outre de la question assez complexe des profondeurs, sont assez compliquées. Il faut encore observer que, si la venue d'eau est constante, la pompe rencontre plus de facilités pour marcher uniformément, à une vitesse peu variable ; dans ce cas, il n'y a aucune difficulté à relier directement l'électromoteur à la canalisation électrique souterraine.

Si, au contraire, la venue d'eau varie beaucoup, on est obligé soit d'arrêter la pompe de temps en temps, soit de réduire la vitesse en introduisant des résistances dans le circuit, soit encore, ce qui est préférable, de faire usage d'une génératrice spéciale de courant avec des conducteurs séparés.

La solution la plus avantageuse est évidemment celle qui consiste à utiliser directement la ligne souterraine ; malheureusement, elle n'est pas toujours d'une application aisée.

De tout ce qui précède, il résulte qu'on ne saurait donner de règles précises pour la commande électrique des pompes et que chaque cas nécessite une étude spéciale.

Le seul point sur lequel tout le monde s'accorde, c'est que le démarrage de l'électromoteur doit absolument se faire dans la mine même et les raisons en sont nettement données par MM. Siemens et Halske, dans le journal *Die Electricität in Bergbau*, qu'ils ont publié pendant l'Exposition universelle de Paris :

« Si l'on considère, disent-ils, que l'arrêt n'est en définitive qu'une réduction de la vitesse à zéro et le démarrage un accroissement de la vitesse, il est néanmoins avantageux de munir l'électromoteur d'anneaux frotteurs ou d'un rhéostat de démarrage. Le prix d'achat ne sera que de très peu plus élevé que celui d'un moteur à induit fermé ; par contre, cette disposition présente une plus grande sécurité, car le mécanicien peut arrêter de suite son moteur, tandis que, dans l'autre cas, il est obligé de faire des signaux à la station centrale, d'où résultent une perte de temps et des inconvénients qui peuvent devenir sérieux.

« En outre, si plusieurs pompes sont alimentées par une même génératrice, cette dépendance peut causer de graves embarras ; supposons, par exemple, qu'une pompe étant en service, on veuille en mettre une seconde en marche, il faudra commencer par arrêter la première, puis les mettre en mouvement simultanément.

« Or, cette complication est évitée lorsque chaque électromoteur de pompes souterraines est installé dans la mine avec un appareil de démarrage ; on n'a plus alors à se préoccuper s'il est alimenté par la canalisation générale ou s'il est actionné par une génératrice spéciale. »

La Société Siemens et Halske construit, comme types courants pour pompes électriques, des moteurs W.D. dont les puissances varient de 50 à 700 chevaux, avec les vitesses suivantes : 242, 224, 208, 194, 182, 162, 145, 132, 121 et 95 t : m. Ces valeurs s'entendent pour les vitesses des moteurs fonctionnant à pleine charge avec des courants triphasés d'une fréquence de 50 périodes.

En général, les vitesses élevées se rapportent à des moteurs de faible puissance et les petites vitesses aux grands moteurs. Toutefois, chacun des modèles courants est adaptable aux autres vitesses, dans certaines limites ; ainsi un moteur de 80 chevaux peut marcher à l'une des vitesses comprises entre 242 et 145 tours ; mais le moteur de 500 chevaux et au-dessus peut être disposé pour marcher à l'une quelconque de ces vitesses.

Les anneaux frotteurs fixés sur l'axe de la partie mobile de l'électromoteur et servant à

établir la communication avec le rhéostat peuvent être entourés d'une boîte étanche lorsque cette protection est nécessaire.

Les types de pompes à commande électrique exposés, en 1900, par des maisons ou Sociétés de construction étaient assez nombreux. Nous en décrirons quelques-uns seulement.

Pompe Ganz, de Budapest. — La pompe électrique de la maison Ganz, de Budapest, est à trois plongeurs; elle fait 72 tours et élève 900 litres d'eau par minute.

Le diamètre des corps de pompe est de 0,17 m et la course de 0,21 m.

Le mouvement est communiqué par un électromoteur triphasé de 12 chevaux, muni d'anneaux de prise de courant et tournant à raison de 800 révolutions par minute.

Ce moteur porte un pignon à dents de cuir de 27 mm qui engrène avec une roue de 73 mm; celle-ci est montée sur un arbre intermédiaire servant de réducteur de vitesse. L'arbre est muni à son autre extrémité d'un pignon qui met en mouvement une roue d'engrenage fixée sur l'axe des manivelles des corps de pompe.

Le tout fonctionne sans bruit et dans de bonnes conditions de sécurité; la construction des divers organes est robuste et le rendement semble devoir être satisfaisant.

La pompe et son moteur sont disposés sur un socle de $3,05 \text{ m} \times 1,60 \text{ m}$, la hauteur maximum est de 1,43 m. L'ensemble occupe donc un espace restreint.

Pompes souterraines des mines de Carmaux. — Des pompes électriques ont été installées dans les trois puits de la *Grillatié*, de la *Tronquié* et de *Sainte-Marie*.

De la sous-station de la surface part un câble armé, à haut isolement, qui amène le courant à 3 000 volts dans une chambre souterraine aménagée pour cet objet et divisée en deux parties: dans l'une sont établis les transformateurs qui abaissent la tension de tout le courant destiné à être utilisé dans la mine, l'autre est réservée à la pompe d'épuisement avec les appareils de manœuvre et de mesure qu'elle comporte.

Dans chaque pompe, les pistons plongeurs de trois corps horizontaux, à simple effet, sont actionnés par un arbre trois fois coudé qui porte, à l'une de ses extrémités, une roue d'engrenage attaquée directement par le pignon de l'électromoteur.

Les pompes de la *Grillatié* et de *Sainte-Marie* refoulent chacune 60 m^3 d'eau à l'heure, à une hauteur de 220 m qui, le cas échéant, est susceptible d'être portée à 300 m.

La pompe de la *Tronquié* élève 10 m^3 à la hauteur de 350 m et éventuellement de 400.

La figure 6 indique l'installation de la pompe au puits de la *Grillatié*. Au niveau de l'étage 206 est ouvert un tronçon de galerie, de 2,50 m de hauteur, 2,50 m de largeur et 7,50 m de longueur, qui débouche dans une chambre mesurant 8 m de longueur, 3,50 m de largeur et 2,50 m de hauteur. Cette chambre est divisée en deux compartiments: dans l'un se trouvent les transformateurs T, le rhéostat R et le câble armé qui amène le courant; dans l'autre se trouve la pompe d'épuisement avec les tuyaux d'aspiration et de refoulement.

La surface occupée par la pompe est de $6,50 \text{ m}^2$ et la hauteur maximum est de 1,50 m.

Pompe Galland, de Chalon-sur-Saône. — La maison Galland construit des pompes électriques, à rotation, à trois plongeurs, pour refoulements jusqu'à 300 m, et dont la puissance varie de 8 à 100 chevaux.

La figure 7 indique le mode d'installation d'une pompe souterraine présentant les caractéristiques suivantes :

Débit à l'heure.....	100 m^3
Hauteur d'élévation.....	200 m
Diamètre des plongeurs	180 mm
Course	350 mm
Puissance de l'électromoteur.....	100 chevaux
Nombre de tours de la pompe.....	80
Rapport des engrenages	3
Diamètre des tuyaux.....	150 mm

Le moteur est à courant triphasé et l'arbre des bielles des pompes porte un volant régulateur.

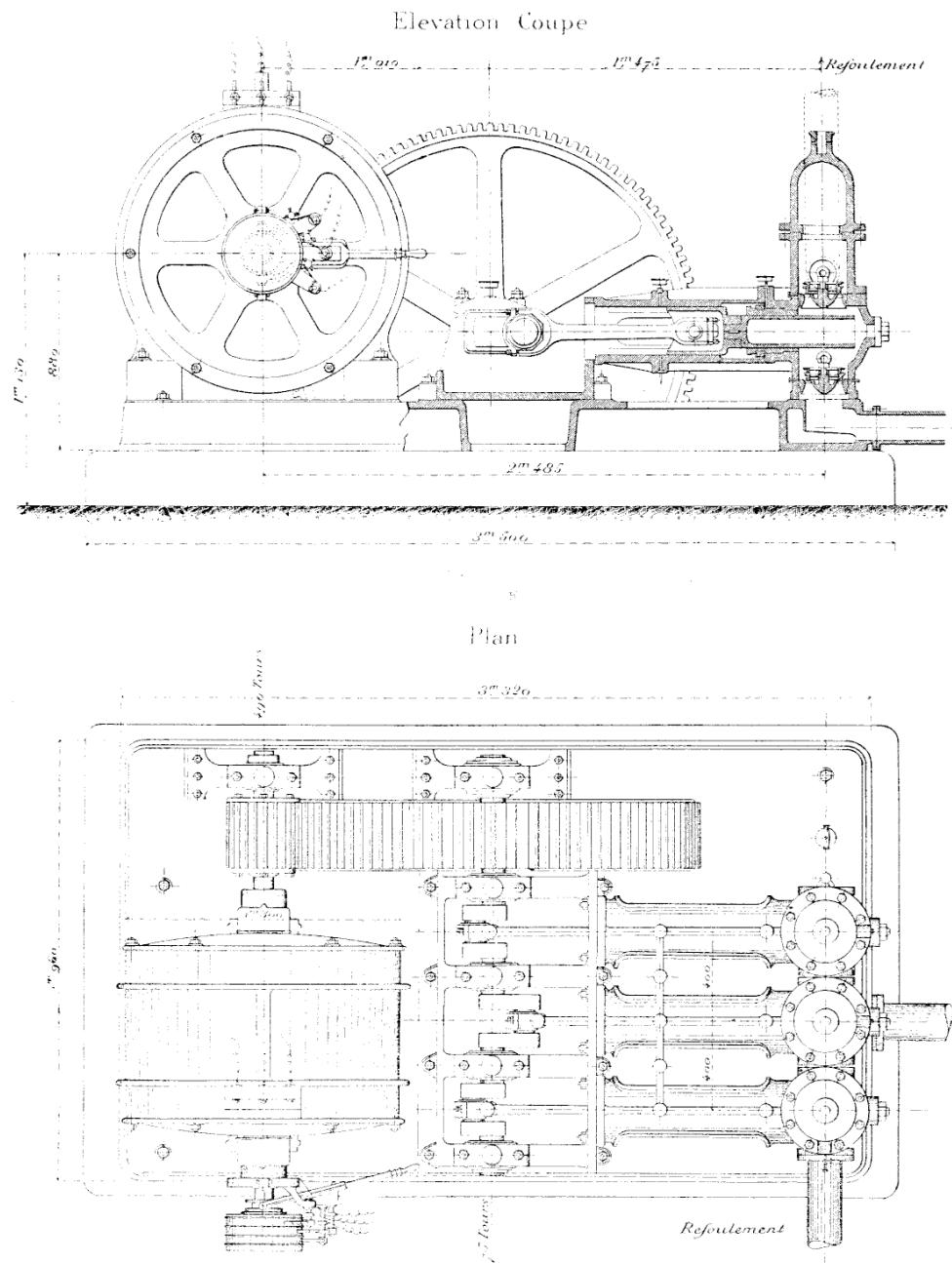


FIG. 6. — Pompe d'épuisement des mines de Carmaux.

Tous les principes signalés plus haut pour les dispositifs de la pompe et de l'electromoteur ont été rigoureusement observés.

Pompe Express Riedler (Allemagne). — La pompe Riedler, à piston plongeur, présente une disposition particulière dans les soupapes. La soupape d'aspiration, placée autour du piston.

se compose d'un simple anneau en métal ou en bois avec armature métallique: son siège est

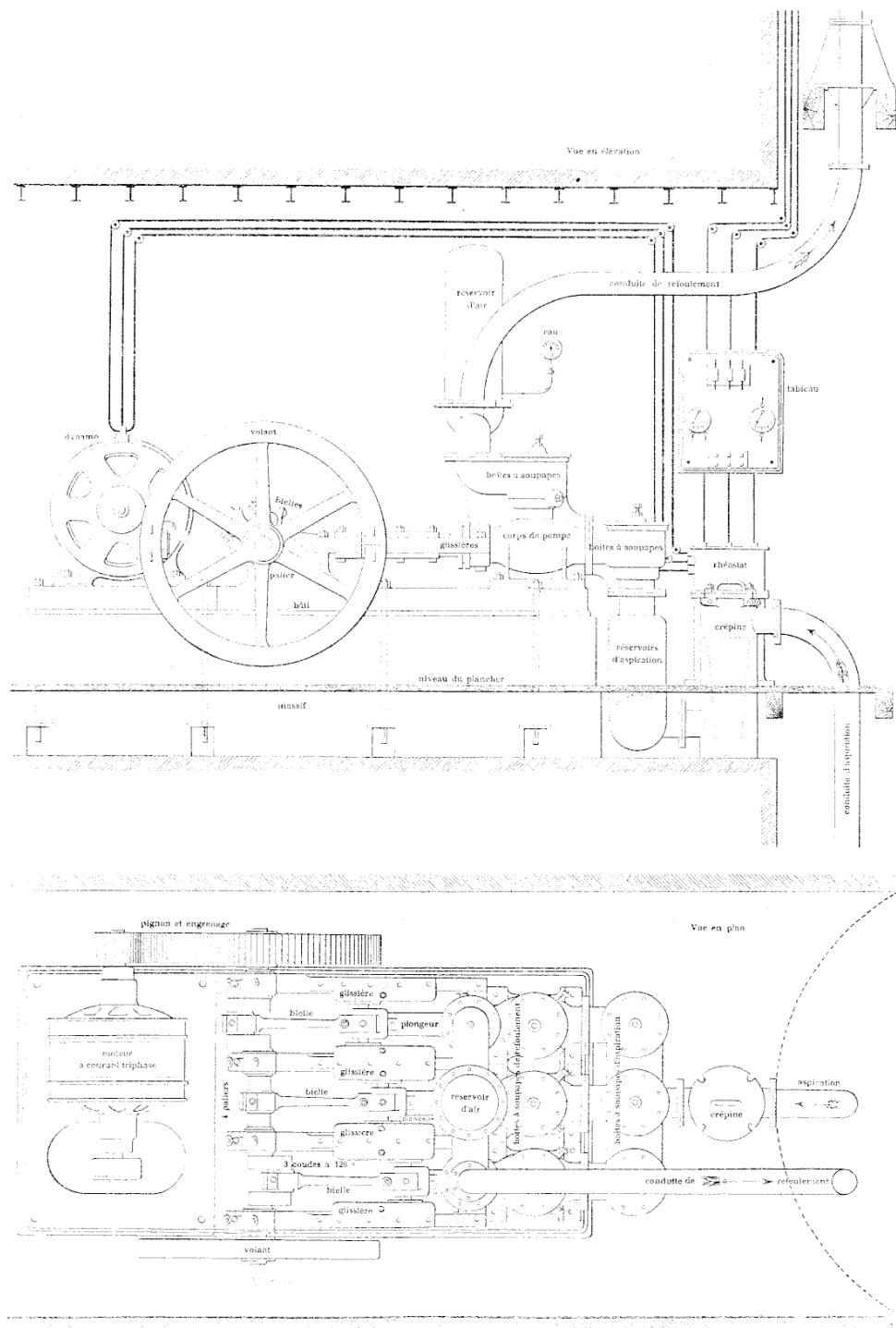


Fig. 7. -- Pompe électrique Galland.

maintenu en place par des tiges qui servent de guides pour le mouvement. La soupape de refou-

lement se compose d'anneaux reposant sur le siège de la soupape et chargés par des ressorts en caoutchouc. Ces anneaux sont d'un remplacement très facile.

Pour un débit de 1 100 litres et une hauteur de refoulement de 270 m, la pompe est commandée par un moteur asynchrone triphasé de 75 chevaux, tournant à 290 t : m, sous la tension de 490 volts, la hauteur d'aspiration pouvant atteindre 5 m.

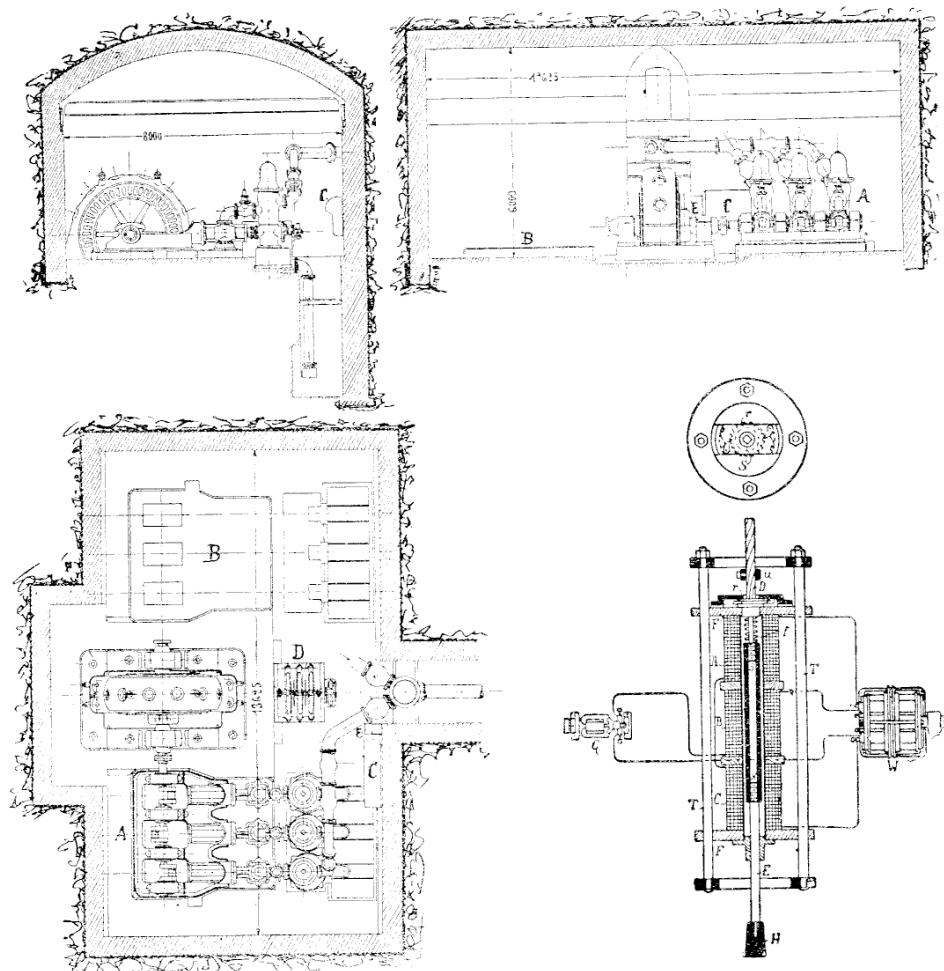


FIG. 8. — Pompe Riedler installée à la mine Ferdinand Grube (Silesie).

A. pompe en fonctionnement depuis 1899. — B. emplacement pour recevoir une seconde pompe semblable.
C. tableau de distribution. — D. mèostat. — E. régulateur.

La figure 8 représente l'installation d'une pompe express Riedler, construite par la *Maschinenbau-Anstalt C°, de Breslau*, pour l'épuisement des eaux de la mine *Ferdinand Grube*, en Silesie. Elle est placée dans une galerie souterraine.

Le débit est de 5 300 litres par minute, la hauteur de refoulement 300 m et la vitesse angulaire de 145 t : m.

La pompe fut essayée préalablement aux ateliers de Breslau, dans des conditions correspondant à celles qu'elle devait remplir à la mine. La vitesse de 145 tours fut ensuite augmentée graduellement jusqu'à 210, sans que cet effort extraordinaire causât le moindre dérangement. Une fois installée, elle a fonctionné deux ans, sans interruption, pendant vingt-trois heures chaque jour.

Pompe Ehrhardt et Sehmer (Allemagne). — La pompe Ehrhardt et Sehmer, à commande électrique, comprend trois pistons à plongeurs, à simple effet, qui reçoivent le mouvement d'un arbre à trois manivelles : le même arbre actionne une petite pompe aspirant de l'huile dans une auge, formée par la partie inférieure du bâti, pour la refouler dans un système de conduits qui la distribuent aux divers organes à lubrifier.

Pour une pompe refoulant 1 000 à 1 200 litres d'eau par minute, à une hauteur de 250 à 350 m, les pistons ont un diamètre de 105 mm et une course de 200, leur vitesse angulaire est de 200 à 250 t/m; elle est actionnée par un électromoteur triphasé de 75 chevaux, sous la tension de 500 volts.

Pompe Haniel et Lueg. — Citons, pour terminer, la pompe *Haniel et Lueg*, installée depuis 1897 aux charbonnages Zollverein, en Westphalie. C'est un groupe de deux pompes différentielles conjuguées, type Riedler; l'arbre est mis directement par un moteur électrique triphasé, formant volant, alimenté par des courants à 1 000 volts.

La mise en marche du moteur s'opère directement de la surface en même temps que la génératrice, par excitation de celle-ci au moyen d'une dynamo à courant continu.

Le rendement de cette pompe est $\frac{T_e}{T_v} = 0,655$:

T_e , — travail en eau élevée;

T_v , — travail indiqué au moteur.

La machine motrice est une compound-tandem verticale; elle attaque directement la dynamo à 142 tours et consomme 7 kg de vapeur par cheval indiqué. La consommation est donc $\frac{7}{0,655} = 10,65$ kg de vapeur par cheval-eau élevé.

b) — EXTRACTION

L'introduction du courant électrique dans l'exploitation des mines n'a modifié en aucune façon la construction des treuils et machines d'extraction proprement dits.

On a simplement substitué la commande électrique à la vapeur ou à l'air comprimé.

Cette substitution a été tout d'abord hésitante, car le service de l'extraction constitue, pour ainsi dire, la cheville ouvrière d'une exploitation et toute perturbation dans son fonctionnement, si minime qu'elle soit, est de nature à entraver ou paralyser les autres services et à provoquer de graves accidents.

On comprend donc avec quelle réserve et quelle prudence cette application de l'électricité a été accueillie à ses débuts; aujourd'hui on va plus volontiers de l'avant, car on a reconnu les avantages et l'économie du précieux agent.

En effet, s'il est vrai que les machines à vapeur se prêtent assez bien aux multiples exigences de l'extraction et présentent une certaine sécurité d'emploi, c'est aux dépens d'une consommation énorme de vapeur, avec une grande complication d'organes et par une rigoureuse surveillance de chaque instant. L'effort à vaincre pour la montée et la descente étant à tous moments variable et nécessitant par intermittence de grands afflux de vapeur, on ne peut employer la condensation que si l'on dispose de grandes surfaces refroidissantes et d'eau en quantité suffisante; de plus, l'économie qui résulterait de la répartition de la détente sur plusieurs cylindres n'est pas applicable.

On sait encore que, pour la mise en marche, le mécanicien est obligé d'ouvrir complètement le robinet d'admission, afin de réduire autant que possible la période d'accélération; puis, lorsque après quelques tours l'ascension va se terminer, la force vive qu'on a développée doit être absorbée par le frein ou par une marche à contre-vapeur.

Quant à emmagasiner et mettre en réserve l'énergie produite par la descente, on ne l'a jamais fait, car, seule, l'électricité peut en fournir les moyens par l'intermédiaire des accumulateurs.

Et ce n'est pas tout. Il faut que les cages s'arrêtent aux recettes sans secousses, qu'en

arrivant au jour leur vitesse soit amortie assez à temps pour qu'elles ne risquent pas d'être enlevées jusqu'aux molettes; en un mot, il est de toute nécessité que la vitesse soit modifiable ou supprimable à volonté.

La montée aux molettes est une cause d'accidents graves; on ne saurait la prévenir d'une façon certaine qu'en coupant automatiquement l'admission de vapeur, dès que la cage approche de la partie supérieure; mais cette solution, si simple en apparence, est d'une réalisation fort difficile et on est obligé d'y suppléer par l'adoption de palliatifs, tel que : *avertissements, sonneries, appareils spéciaux dits évite-molettes*, etc.

Or, cette difficulté disparaît avec l'usage des électromoteurs, car on peut toujours supprimer automatiquement et immédiatement le courant au moment voulu.

La commande électrique a bien d'autres avantages: elle permet de régler l'extraction avec toute la précision désirable, d'augmenter ou de ralentir à volonté la vitesse, d'arrêter la marche des cages sans chocs et presque instantanément.

De plus, comme la vitesse de l'électromoteur, continu ou triphasé, est déterminée par la tension du courant et la fréquence, son emballement n'est pas à redouter, puisque, dès que la vitesse dépasse une certaine limite, le moteur fonctionne comme une simple dynamo génératrice de courant. Enfin, la mise en marche aussi bien que les arrêts s'effectuent sans chocs.

Quand les machines d'extraction à vapeur sont éloignées des chaudières, il faut faire usage de longs tuyaux de conduite; ceux-ci, outre qu'ils occasionnent de grandes pertes, par suite des condensations inévitables, présentent les plus sérieux inconvénients au point de vue de la sécurité, car ils sont exposés aux fuites, aux ruptures, etc. Il y a loin de ces difficultés de transport de la vapeur aux facilités et à la sécurité que procure la transmission du courant électrique au moyen de simples câbles conducteurs.

Les treuils à commande électrique peuvent être contrôlés à distance et le mécanicien-électricien tient lui-même sous sa surveillance immédiate tous les mouvements qui, dans le cas d'un treuil à vapeur, dépendent de signaux donnés par une autre personne, lesquels peuvent échapper à son attention ou être mal interprétés.

Il est bien évident que, si le treuil électrique est placé à une certaine distance de l'usine génératrice, le courant polyphasé s'impose; le courant continu, au contraire, peut être adopté toutes les fois que le puits d'extraction est à proximité.

Le courant continu a d'ailleurs certains avantages particuliers bien connus et au sujet desquels il est inutile de revenir; il permet, en outre, d'utiliser les énergies perdues pour charger des accumulateurs et ceux-ci fournissent le moyen de corriger les variations de charges et de marcher à charge constante. Cette opération se réalise sans dépense sensible, puisque la batterie d'accumulateurs, ce réservoir d'énergie, est chargée par le travail même des treuils.

L'électromoteur s'accouple directement au treuil dans les grandes installations; dans les petites exploitations, on intercale un ou deux jeux d'engrenages.

Le treuil de Carmaux (fig. 9) reçoit son mouvement d'un électromoteur, par le moyen d'un arbre intermédiaire et de deux paires d'engrenages. Le bâti qui supporte le tambour et son moteur est formé de deux parties démontables, ce qui a permis de le descendre facilement dans les puits et de lui faire traverser les galeries.

Le pignon de l'électromoteur est en cuir et la roue correspondante en acier; l'un et l'autre sont à denture droite, le second jeu d'engrenage est à denture à chevron.

Un commutateur unique dit *inverseur* permet d'obtenir, par la manœuvre d'une simple manette, le démarrage, l'arrêt et la marche arrière du tambour.

Comme mesure de sécurité, le tambour porte un frein à pédale normalement serré.

Le treuil de Carmaux a une puissance de 10 à 15 chevaux: ses dimensions d'encombrement sont:

Longueur.....	1,70 m
Largeur.....	1,60 m
Hauteur	1,00 m

En général, pour tous les petits treuils, la commande de mise en marche, d'arrêt et de

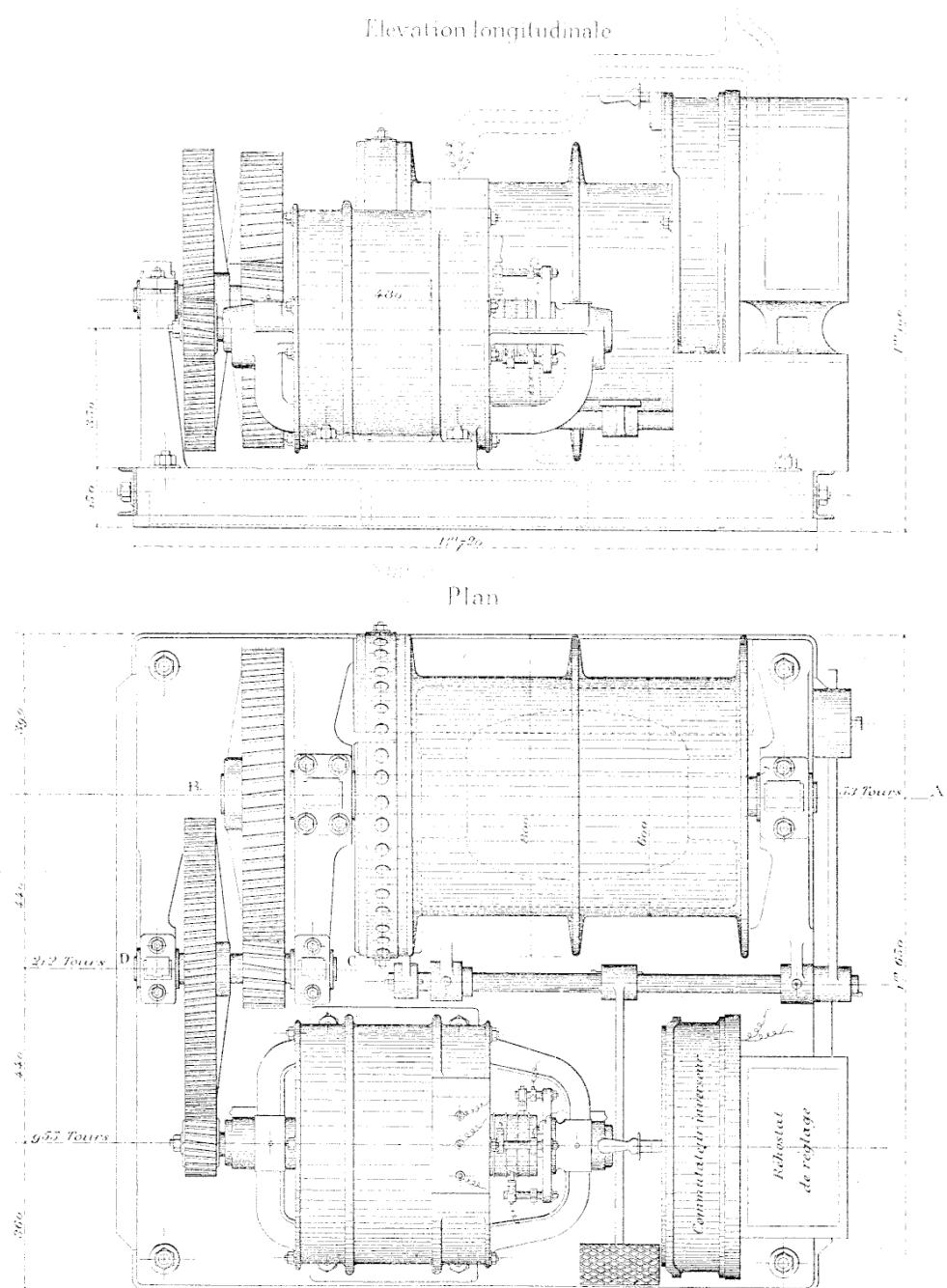


FIG. 9. — Trenail de 12 chevaux des mines de Carmaux.

renversement se fait à l'aide d'un seul et unique levier; mais elle est beaucoup plus compliquée dans les grandes installations.

Ainsi, par exemple, la machine d'extraction¹ à courant alternatif de 400 chevaux, la plus puissante construite jusqu'à ce jour, pour le puits Erzherzog Albrecht, des mines de Karwin à Peterwald (Silésie autrichienne), qui sert à la fois à l'extraction et au transport des ouvriers, est munie d'appareils de sécurité spéciaux et présente les particularités suivantes :

1^o Le levier de marche ne peut être actionné que lorsque le levier de renversement se trouve dans sa position extrême et non dans une position neutre moyenne;

2^o Le levier de renversement ne peut se déplacer que lorsque le levier de mise en marche est hors circuit et jamais après qu'il a provoqué le mouvement du tambour;

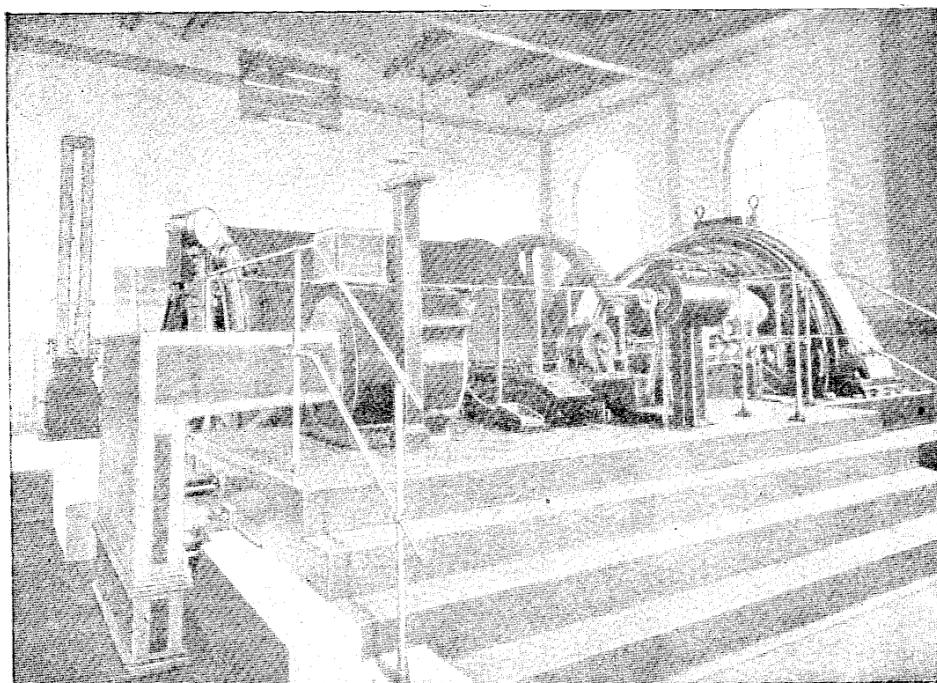


Fig. 40. — Machine d'extraction du puits Erzherzog Albrecht, à Peterwald (Silésie autrichienne).

3^o Un *indicateur de profondeur* actionne le levier de marche, quand la cage est à 40 m du sol, de façon à le faire mouvoir en arrière, c'est-à-dire à arrêter la machine automatiquement;

4^o Un seul levier à pédale permet d'arrêter les deux freins, chacun à quatre sabots, du tambour, ainsi que le frein à ruban, destiné à paralyser la grande force d'impulsion de l'induit;

5^o La chute d'un contrepoids du frein met le moteur hors circuit automatiquement;

6^o S'il se produit une rupture de conducteurs ou que les plombs de sûreté viennent à fondre, les contrepoids tombent et la machine s'arrête automatiquement, par suite du serrage instantané du frein;

7^o Si la cage tend à dépasser la recette du jour, l'*indicateur de profondeur* dégage par une butée un poids qui provoque le serrage automatique du frein et qui, en outre, met le moteur hors circuit à l'aide d'un interrupteur spécial.

Le moteur a été construit par MM. Siemens et Halske; sa puissance est telle qu'il peut

1. *L'Électricité dans l'industrie minière*, par M. W. Vendeling, ingénieur en chef de la Société Siemens et Halske. (*Rapport présenté au Congrès International des Mines et de la Métallurgie, en juin 1900*.)

soulever la cage chargée et non équilibrée; elle équivaut, par conséquent, à la somme des poids de la cage et des wagonnets et du poids utile, diminuée du poids du câble. La commande a lieu par engrenage, une petite roue dentée en bronze et une grande en acier fondu (fig. 10).

Les données principales sont :

Poids utile maximum par cage	2 800 kg
Vitesse maximum d'extraction	4,3 m
Profondeur du puits	223 --
Diamètre des tambours	3,3 --
Largeur —	1,4 --
Vitesse angulaire du moteur de commande	150 tours
Puissance de la machine en chevaux	400 chevaux
Tension du courant triphasé	12 000 volts
Longueur totale de la transmission	9 000 m

En résumé, l'extraction électrique présente plusieurs particularités d'un grand intérêt pour l'industrie des mines.

D'abord, elle donne un travail très régulier en corrigeant toutes les variations si fréquentes de charge, et ce résultat est acquis par l'intercalation de résistances convenables ou encore en emmagasinant les énergies perdues dans une batterie d'accumulateurs.

En second lieu, elle se prête aisément aux changements de marche par le simple renversement du courant à l'aide d'un levier-commutateur; celui-ci étant relié lui-même au frein dans le but de prévenir toute cause d'accidents.

Enfin, les emballages du moteur ne sont plus à redouter et on obtient son arrêt presque instantané, automatiquement et sans chocs.

c). — PERFORATION MÉCANIQUE

La perforation mécanique s'effectue avec deux catégories d'appareils :

- 1^o La *perforatrice rotative*, pour roches tendres et demi-dures;
- 2^o La *perforatrice à percussion*, pour roches dures.

La transmission par le courant électrique d'un mouvement de rotation s'effectue sans aucune difficulté au moyen d'un électromoteur ordinaire; mais le mouvement de va-et-vient qui caractérise la perforatrice à percussion ne peut s'obtenir par le courant qu'à la condition d'employer des moteurs spécialement agencés pour cet objet. C'est ce dernier outillage que nous allons étudier et, plus particulièrement, les perforatrices à percussion exposées par la Société allemande Siemens et Halske, la maison française C. Bornet et la Société américaine *General Electric*, représentée à l'annexe de Vincennes par la Société française Thomson-Houston.

Perforatrice électrique à percussion. — Le mouvement de va-et-vient du fleuret percutant est obtenu au moyen d'un courant alternatif qui agit successivement sur deux solénoïdes entre lesquels se meut une pièce de fer forgé. Cette pièce, sorte de piston, commande le porte-outil d'une part et, de l'autre, une tige à rainures hélicoïdales, dont le déplacement imprime au fleuret le mouvement rotatif dont il a besoin pour se dégager et pour donner au trou de mine la forme cylindrique.

L'appareil est porté sur un tripode, une colonne ou un affût, selon que le travail doit être exécuté en carrière ou en galerie.

Toutes les perforatrices électriques sont basées sur ce principe, dont la conception est due à Werner Siemens, le fondateur de la célèbre maison allemande Siemens et Halske, qui a réalisé tant de progrès dans les applications du courant électrique aux travaux des mines.

La perforatrice à solénoïdes, brevetée en 1079 par W. Siemens, est composée de trois

bobines qui reçoivent un courant alternatif et communiquent un mouvement de va-et-vient à un noyau de fer doux; deux bobines, aux extrémités, changent de pôles par le passage d'un courant polyphasé après chaque demi-période, tandis que la troisième bobine, placée au milieu, est traversée par un courant continu.

La figure 41 est un schéma de la perforatrice à solénoïdes.

Malgré ses nombreuses imperfections, cet appareil eut un certain succès en Amérique, où il avait été introduit, avec quelques modifications, par l'ingénieur hollandais Van de Poele. Il fut un peu plus tard perfectionné par l'ingénieur américain Marvin, qui supprima le solénoïde central.

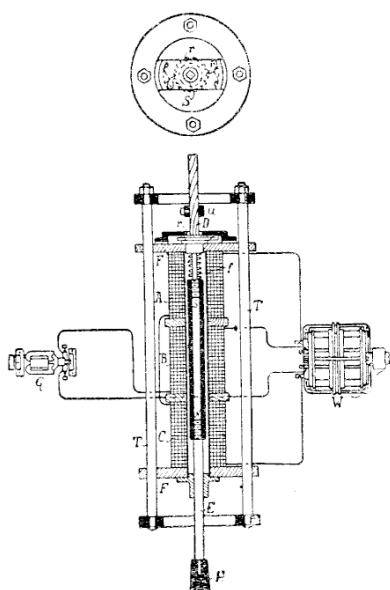


FIG. 41.

Schéma de la perforatrice à solénoïdes.

E, porte-outil. — NS, tige de fer doux. — A, C, solénoïdes des extrémités. — B, solénoïde central. — f, ressort de rappel du porte-outil.

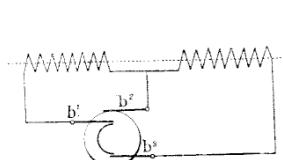


FIG. 42. — Schéma de la perforatrice Marvin.

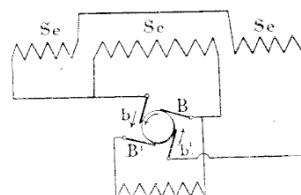


FIG. 13. — Schéma de la perforatrice Van de Poele.

La dynamo employée par Marvin pour actionner sa perforatrice est à courant alternatif. L'induit est formé de bobines en série dont les extrémités aboutissent à deux balais b^1 et b^3 fixés sur un demi-cercle métallique. Celui-ci est disposé à l'intérieur d'un cylindre portant un balai b^2 (fig. 42) relié au fil de connexion des deux solénoïdes. Grâce à cette disposition, le courant alternatif passe successivement dans chaque solénoïde et l'outil reçoit un mouvement de va-et-vient. Mais, comme ce mouvement est de même intensité dans les deux sens, il en résulte une dépense d'énergie qui est beaucoup trop grande pour le retour du porte-outil et, par suite, des chocs violents contre le ressort de rappel.

L'agencement préconisé par Van de Poele est le suivant. Le porte-outil glisse dans un manchon qui porte deux bobines à gros fil reliées entre elles par une bobine à fil fin; la machine qui fournit des courants alternatifs et des courants oscillatoires est une dynamo à courant continu avec deux balais fixes B, B' et deux balais tournants b et b' calés à 180° l'un de l'autre (fig. 13).

Le solénoïde à fil fin est relié aux balais B et b , et les deux balais mobiles b et b' sont en connexion avec les solénoïdes à gros fil. Avec cette disposition, on envoie un courant alternatif dans les deux solénoïdes extrêmes et un courant ondulatoire toujours de même sens dans le solénoïde central Sc qui les relie.

Quand le balai mobile b occupe la position B, le courant ondulatoire est nul; celui-ci est maximum quand b est en B' pour redevenir nul en B.

Le mouvement d'aller est donné par le solénoïde S et celui de retour par les deux autres. On obtient ainsi un choc percutant très violent et un rappel très doux avec une faible dépense d'énergie.

Le manchon des solénoïdes porte un ressort à chaque extrémité pour amortir les chocs dans les deux sens.

Malgré sa supériorité théorique, la perforatrice Van de Poelé est moins pratique que celle de Marvin, parce qu'elle s'échauffe beaucoup plus par hystérisis et par l'effet des courants de Foucault, de sorte que la bobine à fil fin s'échauffe, brûle et demande fréquemment à être renouvelée.

Perforatrice de la « General Electric Co. ». — Le type le mieux réussi des perforatrices électriques à solénoïdes est celui de la Société américaine *General Electric* de New-York.

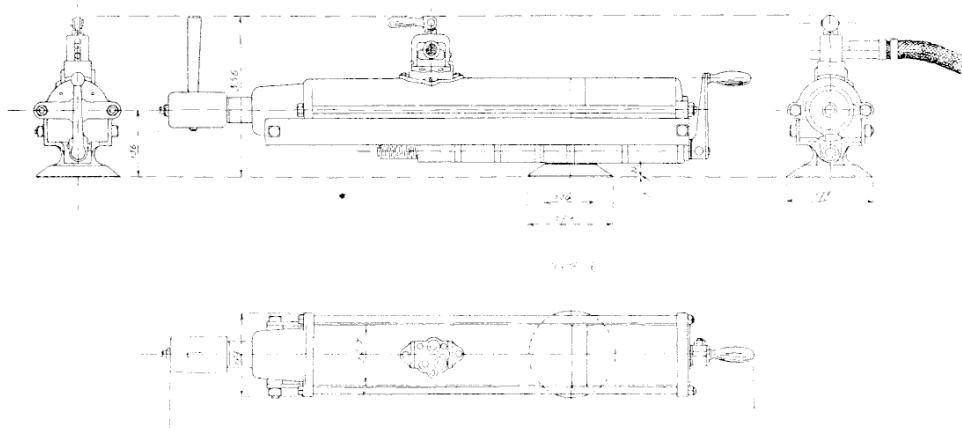


FIG. 14. — Perforatrice à percussion de la General Electric Co.

Les deux solénoïdes sont placés à la suite l'un de l'autre dans un manchon protecteur en fer, armé de têtes en acier fondu solidement boulonnées qui maintiennent les bobines en position et en même temps servent de support au mécanisme de rotation, au piston, aux coussinets, etc.

Le piston en acier qui glisse entre les solénoïdes est terminé par des pièces de bronze, dont l'une reçoit le porte-outil, tandis que l'autre est munie d'une hélice qui permet de communiquer à l'ensemble un mouvement de rotation. Cette seconde pièce est engagée dans un chapeau à rebords sur lesquels s'appuie un solide ressort à boudin destiné à amortir les chocs de retour et faciliter le rappel du fleuret adapté au porte-outil.

L'avancement est obtenu à l'aide d'une vis, d'un écrou et d'une manivelle (fig. 14).

Le courant est amené par un câble souple à trois fils que l'on fixe à la face supérieure de l'appareil par un serrage à vis; sur le côté opposé est un collier de raccord avec un tripode ou un affût.

La dynamo spécialement destinée à la manœuvre de la perforatrice produit indifféremment du courant continu et du courant alternatif de faible fréquence.

Le courant alternatif est envoyé dans un électro-aimant, de façon que dans le temps t il passe dans le solénoïde A, et du temps t au temps $2t$ dans le solénoïde B. Dans ces conditions, le noyau ou piston placé entre les deux solénoïdes prend un mouvement de va-et-vient en conservant une aimantation de polarité constante.

Il est évident que le courant alternatif est plus avantageux, car il ne peut donner lieu qu'à

de très faibles étincelles, tandis que le courant continu en produirait de très violentes à chaque renversement de courant.

La dynamo est construite comme pour le courant continu ordinaire ; elle est tétrapolaire, et son induit est enroulé en tambour. Deux spires opposées étant reliées en tension, on recueille sur le collecteur I (fig. 45), avec deux balais calés à 90° , du courant continu à 220 volts qui sert à l'alimentation des conducteurs et peut, en outre, être utilisé pour l'éclairage.

Il faut ensuite transformer le courant continu en courant alternatif, puis opérer la commutation de ce dernier d'un solénoïde à l'autre aux instants mêmes où il s'annule. Et, comme on veut faire battre à l'outil 400 coups par minute, la fréquence du courant alternatif produit doit être très faible. On obtient ce résultat en réunissant les spires de l'induit à un second collecteur III.

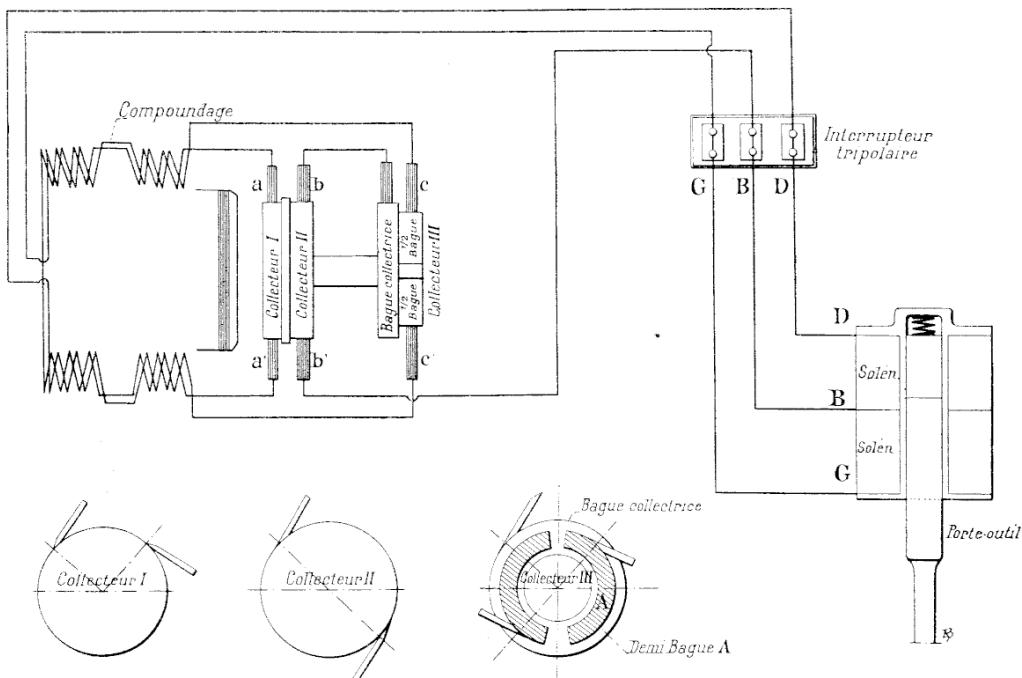


FIG. 45. — Schéma des connexions d'une dynamo à perforatrice.

teur II dont chaque touche correspond à un angle deux fois plus grand que le groupe de spires correspondantes et qui, par conséquent, doit posséder deux fois moins de touches que le collecteur I de courant continu.

Il est facile de comprendre, en effet, que le courant recueilli par les balais du collecteur II est du courant alternatif de fréquence deux fois plus faible que celui qui serait fourni par l'induit relié en deux de ses points à deux bagues collectrices.

On obtient ce courant alternatif avec une force électromotrice de 220 volts et une fréquence égale au nombre de tours de l'induit par seconde, grâce à l'artifice suivant :

Le collecteur II comporte N lames calées à l'angle $\frac{2\pi}{N}$; le collecteur I en a $2N$ calées à l'angle $\frac{2\pi}{2N}$.

Les lames 180° du collecteur I sont reliées à une lame du collecteur II.

Dans ces conditions, si n désigne le nombre de lames passant sous les balais aa' pendant une seconde, la vitesse angulaire sera égale à $\frac{2\pi}{2N}n$, et, comme les vitesses angulaires des deux

collecteurs I et II sont égales, il en résulte que sous les balais b, b' passeront :

$$\frac{2\pi}{2N} n : \frac{2\pi}{N} = \frac{n}{2} \text{ lames par seconde.}$$

C'est donc comme si, doublant le nombre de lames du collecteur II et éalant les balais à 90° , on faisait tourner ceux-ci dans le même sens que l'induit avec une vitesse moitié moindre ; or l'on sait qu'en faisant tourner les balais d'une machine à courant continu on obtient du courant alternatif.

Puisque les balais tournent avec une vitesse égale à la moitié de celle du collecteur, le nombre des périodes du courant par tour est égal à la moitié du nombre de paires de pôles. La dynamo étant tétrapolaire, le courant accomplira donc une période par tour et sa fréquence, pour 400 révolutions de l'induit par minute, sera :

$$\frac{400}{60} = 6,66.$$

Enfin, pour utiliser ce courant alternatif, le balai b est relié par l'intermédiaire d'un frotteur et d'une bague collectrice à l'une des demi-bagues A du collecteur III sur lequel frottent deux balais à 180° .

Des fils venant des balais c, c' vont former un enroulement compound autour des inducteurs et aboutissent aux bornes D et G des perforatrices ; la troisième borne B est reliée directement au balai b' .

L'utilisation du courant pour la perforatrice se fait ainsi :

Suivant que le frotteur appuie sur l'une ou l'autre des deux demi-bagues du collecteur III, le courant va à l'un ou l'autre solénoïde D et G, et les balais c et c' sont disposés de telle manière que la commutation produite dans le frotteur à cheval sur la séparation des deux demi-bagues ait lieu au moyen de l'annulation du courant alternatif. Autrement dit, le courant change de sens au moment où l'intensité est nulle, c'est-à-dire à l'instant où la commutation se fait sans étincelle.

Le compoundage des inducteurs a pour effet de supprimer les étincelles aux balais a', b' , en renforçant le champ au moment précis de l'augmentation de la charge.

Ces dynamos spéciales se construisent pour batteries de 2, 4, 6, 8 et 10 perforatrices.

Données principales des dynamos tétrapolaires à 400 révolutions :

Puissance de la dynamo.	Poids.	Nombre de perforatrices.
6 kilowatts	1 000 kg	2
12 —	1 500 —	4
18 —	2 100 —	6
24 —	2 500 —	8
30 —	2 750 —	10

Poids de la perforatrice	75 kg
— de la colonne-affût.....	150 —
— d'un tripoode avec contrepoids	150 —
— de 35 mètres de câble souple armé, à 3 conducteurs	150 —
Puissance en chevaux, par perforatrice	4 à 5 chevaux

La figure 16 représente une dynamo tétrapolaire de 18 chevaux pouvant actionner une batterie de six perforatrices.

Inconvénients des perforatrices électriques à solénoïdes. — Les perforatrices à solénoïdes sont simples de construction et de manœuvre, mais elles présentent d'assez graves inconvénients.

D'abord elles demandent à être actionnées par un moteur spécial, de sorte qu'on ne peut pas les intercaler dans un courant continu ou alternatif quelconque. En outre, elles ne trans-

mettent au fleuret qu'une faible partie du travail qu'elles absorbent, le reste étant inutilement transformé en chaleur; leur rendement est donc faible, de sorte qu'elles donnent de mauvais résultats en roche très dure, où, contrairement au cas des roches de moyenne dureté, qui demandent un battage fréquent, il faut un battage plus lent, mais très puissant.

Une bonne perforatrice à air comprimé, *Éclipse* ou *Ingersoll*, pour roches très dures, ne bat que 300 coups, mais avec une force estimée à 340 ou 350 kg environ.

D'autre part, l'outil absorbe une si grande quantité de chaleur qu'il faut le changer toutes les deux ou trois heures et même, malgré cette précaution, les bobines brûlent fréquemment.

Un autre inconvénient à signaler, c'est qu'il y a souvent coincéage dans le trou de mine, parce que la force de rappel de l'outil est insuffisante; pour dégager le fleuret, l'ouvrier doit frapper à coups de marteau.

Ajoutons encore que les chocs répétés finissent par donner aux pièces de bronze une texture cristalline qui les rend cassantes.

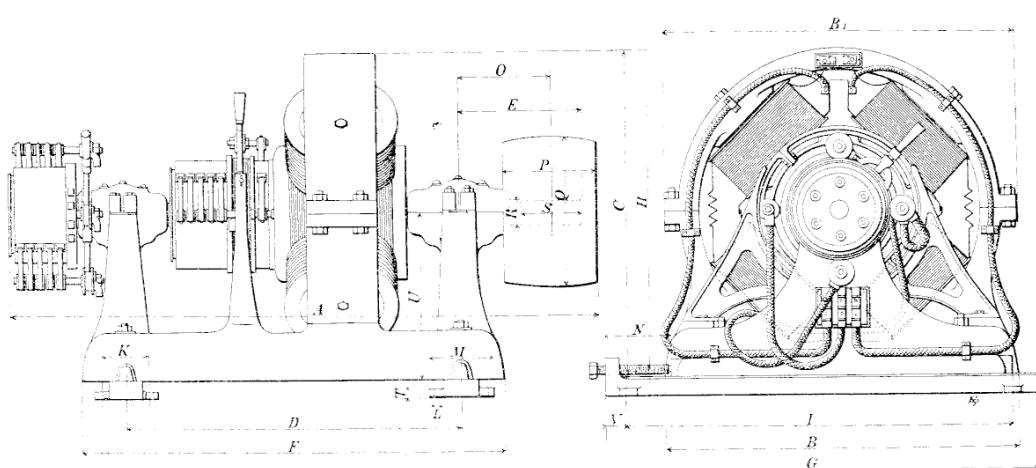


Fig. 16. — Dynamo tétrapolaire de 18 chevaux pour batterie de 6 perforatrices.

Actuellement, on tend à délaisser la perforatrice à solénoïdes, lorsqu'il s'agit de travaux en roches dures, et on lui préfère les appareils où le courant électrique, agissant simplement comme force motrice, communique le mouvement au porte-outil par l'intermédiaire de *camées* ou de *ressorts*. Dans le premier cas, la percussion est donnée par un piston à came (perforatrice Dulait); dans le second cas, on constitue une sorte de marteau-frappeur, dont les battages sont allongés par l'élasticité de ressorts métalliques (perforatrice Siemens), ou avec chambres d'air formant ressorts (perforatrice Borne).

Perforatrice Dulait. — La perforatrice électrique à percussion Dulait se compose d'un manchon traversé par le piston porte-outil et continué à l'arrière par une longue tige filetée; celle-ci est munie d'un écrou à glissière portant un galet G qui bute contre une came C à laquelle on imprime un rapide mouvement de rotation (fig. 17).

A sa partie antérieure, le manchon est armé d'un ressort P qui est comprimé par le mouvement de la came et provoque ainsi le va-et-vient du porte-outil.

Pour amortir les chocs de la came sur le galet, l'arbre de la came porte un volant régulateur V formé de deux parties réunies entre elles par des ressorts.

Comme on le voit, le mouvement de percussion seul est automatique, le double mouvement d'avancement et de rotation du fleuret s'opère au moyen d'un volant à main M et du pas de vis P, le moyeu du volant est muni d'une cale longitudinale qui s'engage dans une rainure de l'extrémité filetée du porte-outil et peut tourner avec lui.

La came motrice est calée sur un arbre qui, par l'intermédiaire de pignons R et R', reçoit son mouvement d'un flexible, et celui-ci est actionné par un petit moteur électrique porté sur un truck distinct de la perforatrice ou sur l'affût de celle-ci (fig. 18).

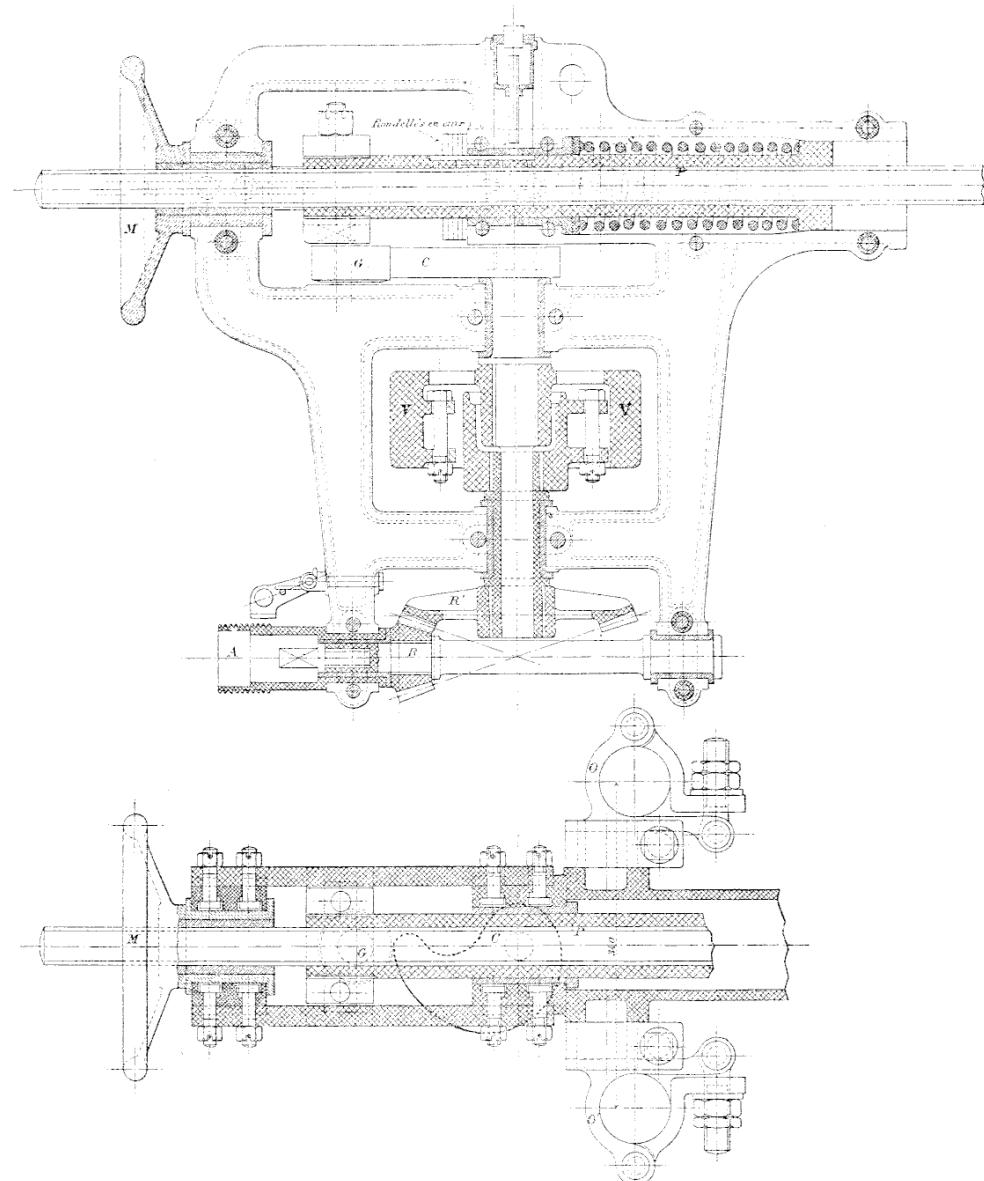


Fig. 17. — Perforatrice Dulait.

Le flexible s'échauffe beaucoup, il doit être très surveillé; de plus, il convient de le maintenir, autant que possible, en ligne droite.

Le moteur tourne à 1 300 tours et se construit indifféremment, selon les circonstances de la mine, pour courant continu ou alternatif. Avec une génératrice de 120 volts, sa tension est de 90 à 95 à la distance de 2 500 m (charbonnages belges de Courcelles, Nord), avec un câble de 20 mm² de section.

La puissance consommée par la perforatrice est :

$$12^{\text{a}} \times 90^{\text{v}} = 1.08 \text{ kw.}$$

soit 1,3 cheval environ.

Le type de perforatrice qui convient aux roches de dureté moyenne pèse avec l'affût 130 kg et bat 420 coups à la minute, avec un ressort de 80 kg et un moteur de 1,3 cheval.

La perforatrice pour roches dures pèse 267 kg et bat 400 coups, avec un ressort de 120 à 180 kg et un moteur de 4 chevaux.

Les perforatrices à cames présentent des inconvénients ; si on décompose le mouvement, on voit que la came, en agissant sur le galet, repousse en arrière le porte-outil, lequel, chassé par le ressort, revient en avant dès que la came a changé de sens. Or, si la perforatrice a son fleuret dirigé vers le bas, le poids du piston porte-outil agit dans le même sens que le ressort

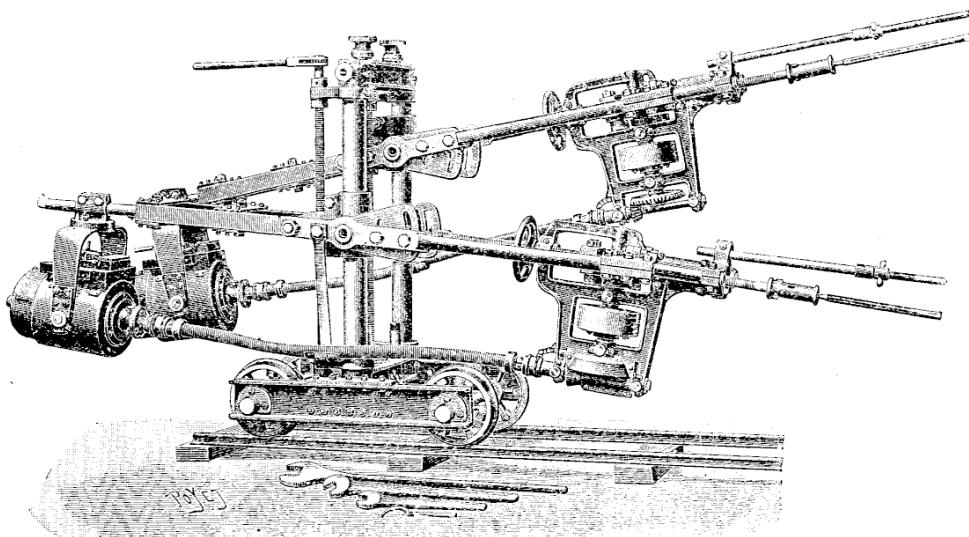


FIG. 18. — Batterie de deux perforatrices « Dulait-Forget ».

dont il favorise ainsi l'action. Si, au contraire, la perforatrice travaille vers le toit, les deux effets se retranchent et le résultat n'en est plus que la différence. La perforatrice à cames travaille donc moins bien de haut en bas, ce qui est un défaut capital dans les opérations de perforation en galeries.

D'autre part, son fonctionnement exige un synchronisme absolu entre le mouvement de la came, c'est-à-dire du moteur, et le mouvement propre du porte-outil lorsqu'il est repoussé par le ressort ; sinon il se produit des contre-coups entre la came et le galet, qui, dès lors, s'use rapidement.

Enfin, si le fleuret bat à vide dans une fente ou crevasse accidentelle, ou encore s'il reste coincé, il se produit une rupture, à moins que le moteur ne s'arrête sur-le-champ.

Perforatrice à came-manivelle Siemens et Halske. — MM. Siemens et Halske ont cherché à remédier à toutes ces défauts.

Leur perforatrice, qu'ils appellent encore *marteau à ressort*, comprend une longue vis *f* et une manivelle qui sert à l'avancement du chariot *cc* (fig. 19). Entre les extrémités de ce chariot sont bandés deux puissants ressorts à boudin, d'une force de 800 kg, et disposés de telle façon qu'à la compression de l'une correspond la détente de l'autre, par l'interposition, entre les deux, d'une bride *d* qui commande le porte-outil *e*.

Le mouvement de va-et-vient est donné par une petite manivelle à bouton *b*, qui joue le rôle de la came dans la perforatrice Dulait. Elle est commandée par des engrenages et le bouton

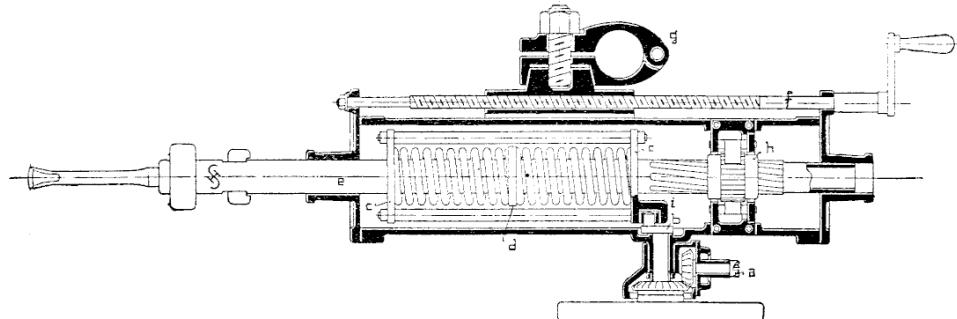


FIG. 19. — Perforatrice à percussion Siemens et Halske.

actionne une boîte en bronze *i* ajustée à l'arrière du chariot; le déplacement du chariot est de 0,04 m; mais, comme il se produit à grande vitesse, 7 coups par seconde, le porte-outil, sous l'effet des ressorts et de la masse, est lancé jusqu'à 0,07 m et même 0,08 m.

La rotation du fleuret est automatique et s'effectue à l'aide d'un écrou à rochet et d'un fillet de vis hélicoïdale, tracé sur l'arrière du piston porte-outil.

Le moteur, qui commande les engrenages par un flexible ajustable sur la tête *B*, est la partie la plus intéressante de l'appareil. C'est une petite dynamo ordinaire logée dans une caisse portative à laquelle on ajuste le flexible de la perforatrice, et qu'on met en connexion avec la ligne de la mine par l'intermédiaire d'une boîte de prise de courant et d'un tambour à câble (fig. 20).

Suivant les circonstances et la nature des courants dont on dispose à la mine, on fait usage d'un moteur à courant continu ou à courant triphasé (fig. 21 et 22). On combine les engrenages pour telle ou telle vitesse, de sorte que la perforatrice peut être actionnée par un courant quelconque emprunté à un réseau quelconque, d'éclairage ou de transmission d'énergie.

Dans le cas du courant continu, les tensions qui conviennent varient de 110 à 220 volts, avec 50 périodes par seconde; si le courant est alternatif, il doit être de 120 ou 210 volts avec le même nombre de périodes, 50 par seconde.

Il ne faut pas dépasser 210 volts, avec un courant triphasé, une tension supérieure pouvant être dangereuse pour des appareils aussi faciles à déplacer que les caisses de moteur.

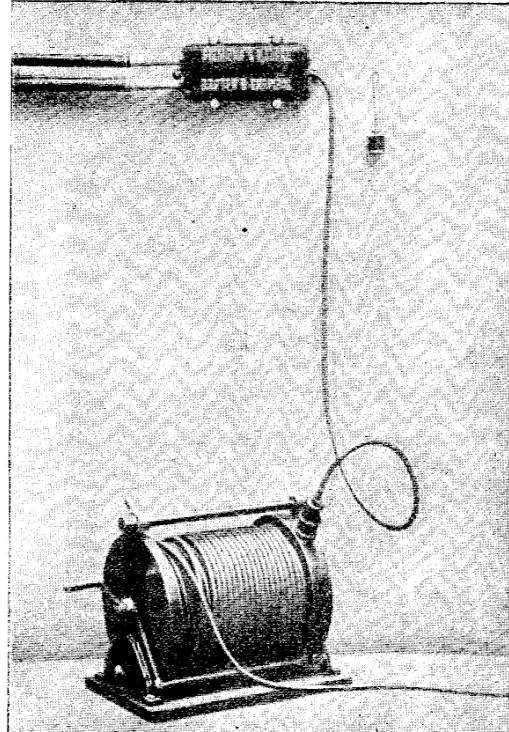


FIG. 20. — Moteur électrique commandant la perforatrice Siemens et Halske.

Si donc le courant dont on dispose est à trop haute tension, on le réduit à 120 volts à l'entrée du chantier au moyen d'un transformateur.

La variation de courant ne dépasse pas 50 pour 100 avec le moteur à courant continu et 10 pour 100 avec l'autre ; il importe, pour le bon fonctionnement d'une perforatrice à percussion, que le battage des coups ne varie pas de plus de 8 pour 100.

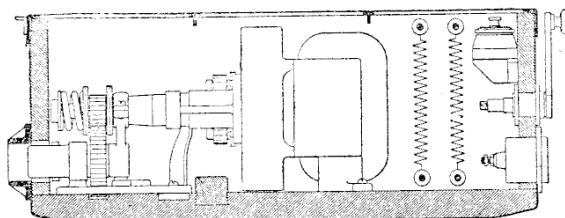


Fig. 21. — Moteur à courant continu dans sa caisse.

Données de la perforatrice Siemens-Halske :

Poids du moteur et de sa caisse.....	410 kg
— de 2,30m de flexible.....	23 —
— de la perforatrice seule.....	90 —
— du volant.....	20 —
Nombre de coups battus par minute.....	400 à 450
Puissance en chevaux.....	2 chevaux

Il faut compter 12 chevaux pour une batterie de six perforatrices.

Cette machine est moins simple que celle de la *General Electric C°*, mais elle donne un meilleur rendement.

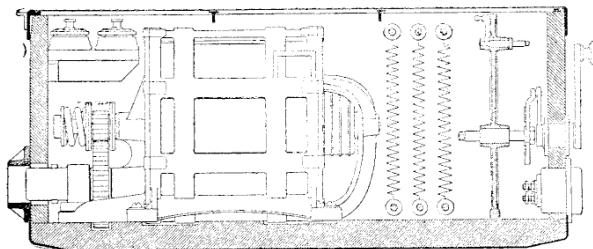


Fig. 22. — Moteur à courants triphasés dans sa caisse.

Elle travaille bien dans tous les sens, sans chocs nuisibles ; lorsque le fleuret se coince, il ne se produit pas d'arrêt, et le chariot exécute seul son mouvement de va-et-vient. Toutefois, les coincements sont rares, car l'outil reçoit à peu près la même impulsion à l'aller comme au retour.

Mais elle a les défauts inhérents à l'emploi des ressorts métalliques, qui sont constamment exposés à se casser, et, pas plus que les autres perforatrices électriques, elle ne peut travailler économiquement en roches très dures et en roches manquant d'homogénéité.

Perforatrice Bornet. — C'est pour éviter les défauts inhérents aux ressorts métalliques que M. Bornet les a remplacés par des coussins d'air.

Le mouvement de percussion est obtenu par l'intermédiaire d'un arbre coudé, commandant un piston. Celui-ci se meut dans un cylindre monté sur l'arrière du porte-outil, auquel il est relié par deux chambres d'air (fig. 23). L'air remplace les ressorts et forme la liaison élastique.

tique nécessaire entre le piston, qui est animé d'un mouvement régulier de va-et-vient, et le cylindre percuteur, dont la course varie à chaque instant.

La translation et la rotation du fleuret sont données à la manière ordinaire.

Une supériorité de la perforatrice Bornet consiste en l'injection d'eau au fond du trou de mine par le centre du fleuret. Cette injection se fait par un ingénieux artifice ; à l'avant se

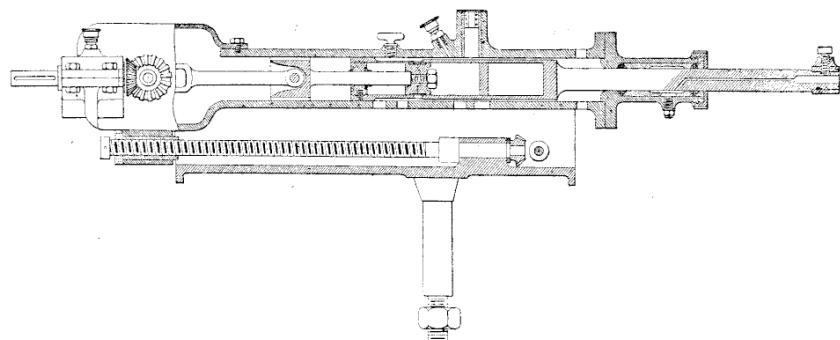


FIG. 23. — Perforatrice à percussion, système Bornet.

trouve un manchon d'acier à revêtement intérieur de bronze : c'est la *chambre d'eau*. Elle est traversée par la tige creuse du porte-outil. A chaque battement, la tige prend dans ce réservoir de l'eau sous pression de 3 kg, et l'envoie au fond du trou pendant la percussion.

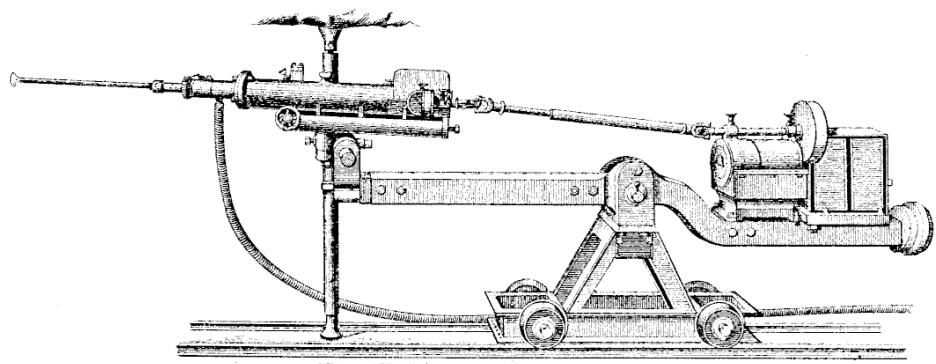


FIG. 24. — Perforatrice Bornet et son moteur.

Chaque perforatrice est actionnée par un flexible et porte, équilibré sur l'affût, un petit moteur triphasé. La figure 24 montre la liaison du moteur et de l'appareil.

Données relatives aux perforatrices à percussion, système Bornet :

Poids du moteur	125 kg
— du flexible.	25 —
— de la perforatrice avec injecteur d'eau	125 —
Puissance en chevaux	2 chevaux
Nombre de coups battus par seconde	300

Avantages et rendement des perforatrices électriques. — Nous avons déjà indiqué les avantages comme les défauts de chacun des types actuellement employés pour la perforation en utilisant le courant électrique. Il reste à parler de leur rendement.

L'établissement d'un rendement industriel pour de semblables appareils et, par suite, leur comparaison au point de vue pratique et économique est fort difficile. On peut bien déterminer

la quantité d'énergie consommée par le moteur, mais on ne peut faire que des évaluations approximatives en ce qui concerne celle qui est utilisée en fragmentation de la roche par le taillant du fleuret.

Voici quelques indications fournies à ce sujet par la maison Siemens et Halske¹ :

TRAVAIL DE PERFORATION DES ROCHES

NATURE DES APPAREILS ET DE LA ROCHE	TRAVAIL ET RENDEMENT DANS LE TROU DE MINE		CONSOMMATION D'ÉNERGIE à 1 ou 2 km de distance		RENDEMENT FINAL pour 100
	en cm^3 par minute	en kilogrammètres par seconde	en chevaux	en kilogrammètres par seconde	
1^o Par rotation en roche moyennement dure :					
Perforatrice à bras.....	80	6	»	»	»
Perforatrice rotative électrique de S. et H.	600	45	1,7	125	36
2^o Par percussion en roche dure :					
Travail à la main, par homme.....	4	2,4	»	»	»
Perforatrice électrique à percussion de S. et H.	50	30	1,7	125	24
— à solénoïdes.....	45	27	6	450	6
— à percussion, par l'air comprimé.....	45	27	10	750	3,6

Quoique ces chiffres ne présentent qu'une certitude relative, on peut voir néanmoins combien le rendement total est minime à la distance de 1 ou 2 km.

En admettant ces données, il faudrait un travail de 4,3 kgm par seconde pour broyer 1 cm^3 de roche de moyenne dureté comme le sel gemme, et 36 kgm pour une roche dure comme le granit; de sorte que le rapport des résistances au broyage de ces deux types de roches serait $\frac{1}{8}$.

Mais, il faut le répéter, la comparaison des perforatrices et des divers modes de perforation est difficile à établir. Il apparaît cependant que la perforatrice mécanique n'est avantageuse que si on peut en mettre au moins deux ou trois en batterie, ce qui n'est possible que dans les grandes galeries ou dans les tunnels. Les galeries ordinaires de mine n'ont jamais plus de 1,80 m à 2 m de largeur et, dans ces conditions, surtout si la roche est très dure, c'est encore le *battage à la main* qu'il faut préférer.

Lorsque l'on peut faire agir plusieurs perforatrices sur le même front de taille, la rapidité de la perforation électrique est réellement importante. Quant à son économie, elle n'apparaît pas encore nettement. En effet, les organes de ces appareils s'usent et se brisent souvent, de sorte que, si des visites fréquentes ne sont pas faites pour pourvoir au remplacement immédiat des pièces avariées, les frais d'entretien et de réparation deviennent considérables.

Cependant, lorsque l'on arrive à former des équipes d'excellents et habiles ouvriers, la casse des ressorts est moins grande et il suffit de désarmer chaque perforatrice tous les trois ou quatre jours pour l'examiner en détail et graisser ses organes.

Quant au moteur ou à la caisse portative, on peut, avec quelques précautions, les conserver en activité pendant un mois et même davantage, sans visites ni réparations.

Haveuses électriques. — L'application de l'électricité aux *haveuses* ne comporte d'autre disposition que la substitution d'un électromoteur à la commande par l'air comprimé. Les seuls appareils de ce genre remarqués à l'Exposition sont :

La *haveuse à chaîne* Jeffrey;

La *haveuse à chaîne* Morgan-Gardner;

La *haveuse perforatrice* de MM. Colin et Daubiné.

1. *Die Electricität in Bergbau, — Gesteins bohrmaschinen.* — Berlin, 1900.

d. — TRACTION PAR LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES

La locomotive adoptée pour la traction dans les mines diffère essentiellement de la locomotive électrique de tramway. D'abord, elle doit être construite pour circuler dans des atmosphères particulières où l'on trouve des poussières nombreuses, beaucoup d'humidité et souvent des gaz inflammables ; elle doit, en outre, répondre à des desiderata très spéciaux et que l'on peut résumer ainsi :

Parcourir des voies étroites et basses à des vitesses extrêmement variables ;

Remorquer des poids très lourds ;

Présenter une grande robustesse d'organes pour résister aux chocs, aux chutes des toits, aux embarras fréquents sur les rails, etc. ;

Être facile et simple à manœuvrer, avec des leviers de frein et de manœuvre à la portée immédiate du mécanicien ;

Offrir un contrôle rapide et sûr ;

Enfin, se prêter aussi bien aux services des galeries souterraines qu'à ceux du jour.

Les voies de mine sont toujours plus ou moins tortueuses et inégales, les embarras y sont fréquents ; il est donc indispensable que le mécanicien puisse modifier immédiatement les conditions de marche et de vitesse en trouvant facilement, à la portée de sa main, tous les leviers et barres de manœuvres. Il faut encore, en raison de l'humidité constante qui rend les rails glissants, qu'il dispose de trémies à sable sur les deux côtés de sa machine.

En principe, la locomotive de mines comporte un robuste châssis de fonte pour recevoir les essieux et le moteur, avec une suspension à ressorts de voiture ou à ressorts en spirale ; une place est réservée au mécanicien, soit à l'extrémité, soit au centre de la machine, selon qu'il doit être plus ou moins efficacement protégé.

Le courant est fourni par un trolley aérien ou par accumulateurs.

Les essieux sont commandés par l'intermédiaire d'engrenages. Naturellement la puissance du moteur électrique dépend de l'écartement de la voie. Elle est de :

15 à 25 chevaux, pour une voie de.....	40 à 50
30 à 40 — — —	50 à 60
40 à 60 — — —	60 à 70
60 à 80 — — —	70 à 1 m

Si la voie n'a pas plus de 40 à 50 cm d'écartement, le moteur ne peut pas être installé entre les roues ; on le dispose alors au-dessus des essieux et on ajoute une commande intermédiaire.

Quant à la locomotive, son poids varie de 2 à 20 tonnes, selon le poids des rails et l'écartement de la voie.

Ainsi, pour des rails de 4 kg, on adoptera la petite locomotive de 2 tonnes ; elle sera de 6 à 8 tonnes pour des rails de 10 à 12 kg, et une locomotive de 6 tonnes présenterait des caractéristiques telles que les suivantes, par exemple :

2 moteurs, chacun.....	15 à 20 chevaux
Vitesse	10 à 15 km
Largeur minimum.....	1,25 à 1,30 m
Hauteur —	0,90 à 1,00 m
Longueur —	2,70 à 3,00 m
Diamètre des roues	0,70 à 0,80 cm

Le choix d'une locomotive de mine dépend de la largeur et du profil des voies, des charges à remorquer, des rayons de courbure minima, du genre de wagons employés, de

l'état atmosphérique dans les galeries souterraines, etc. Les rampes ne doivent pas dépasser 3 à 4 pour 100.

On se pose encore le problème suivant : la traction se fera-t-elle par ligne aérienne ou par accumulateurs et, dans ce dernier cas, ceux-ci seront-ils portés par la locomotive elle-même ou par un truck remorqué ?

Les locomotives électriques de mines les plus remarquées à l'Exposition de 1900 étaient celles de *Siemens et Halske*, de la *Electricitäts Aktiengesellschaft* de Nuremberg, de la *General Electric C°* de New-York, de *Jeffrey*, des *mines de Nœux*, des *mines de Marles*.

Locomotive de la General Electric C°. — La locomotive de la Compagnie américaine *The General Electric C°*, exposée à Vincennes, dans la section Thomson-Houston, est une des plus simples et des plus robustes; elle est à voie aérienne, avec trolley.

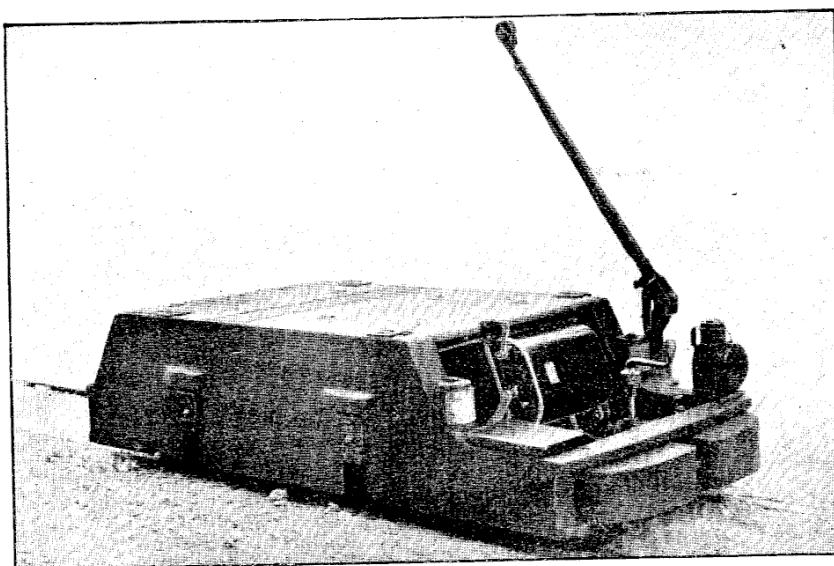


Fig. 25. — Locomotive électrique de 6,5 tonnes des mines de Mount Pleasant (États-Unis).

Le type dénommé T.M.M.13, est condensé de façon à réunir les divers mécanismes dans le plus petit espace possible, et à mettre sous la main du wattman tous les appareils nécessaires aux manœuvres et au contrôle.

Les roues, portées sur deux essieux, mesurent 0,80 m de diamètre; elles sont attaquées, à l'aide d'une transmission à simple engrenage, par deux moteurs cuirassés entre lesquels on a placé les résistances de réglage et de démarrage. Un coupleur rhéostatique est muni de deux manettes, l'une de renversement de marche, l'autre de commande des circuits, disposées à la hauteur des bras du wattman assis.

Un volant commande, par une chaîne, une robuste timonnerie qui permet de serrer énergiquement huit sabots de freins sur les roues. Enfin deux manettes commandent deux sablières à l'avant et deux autres à l'arrière pour faciliter le démarrage ou empêcher le patinage.

Un trolley à perche et roulette peut tourner sans effort autour de l'axe vertical de son support et se déplacer en tendant ou comprimant des ressorts, jusqu'à venir toucher la partie supérieure du bâti, qui ne dépasse pas la hauteur de 0,80 mm.

La figure 25 montre la locomotive électrique qui fonctionne au charbonnage de *Mount Pleasant*, à *Seranton* (États-Unis); elle a une puissance de 160 chevaux et pèse 6,5 tonnes.

Elle circule sur 4 350 m de parcours et remorque 250 tonnes de charbon par jour au prix de 0,13 fr par tonne. Ce service exigerait 15 mules et 7 charretiers et une dépense de 0,40 fr par tonne.

Locomotive de la Electricitäts Aktiengesellschaft (anciennement Schuckert und C°). — Cette locomotive est également à trolley, mais du genre losange.

La figure 26 représente celle qui est actuellement en service aux charbonnages de Lota (Chili) ; elle est utilisée dans les galeries souterraines et au jour.

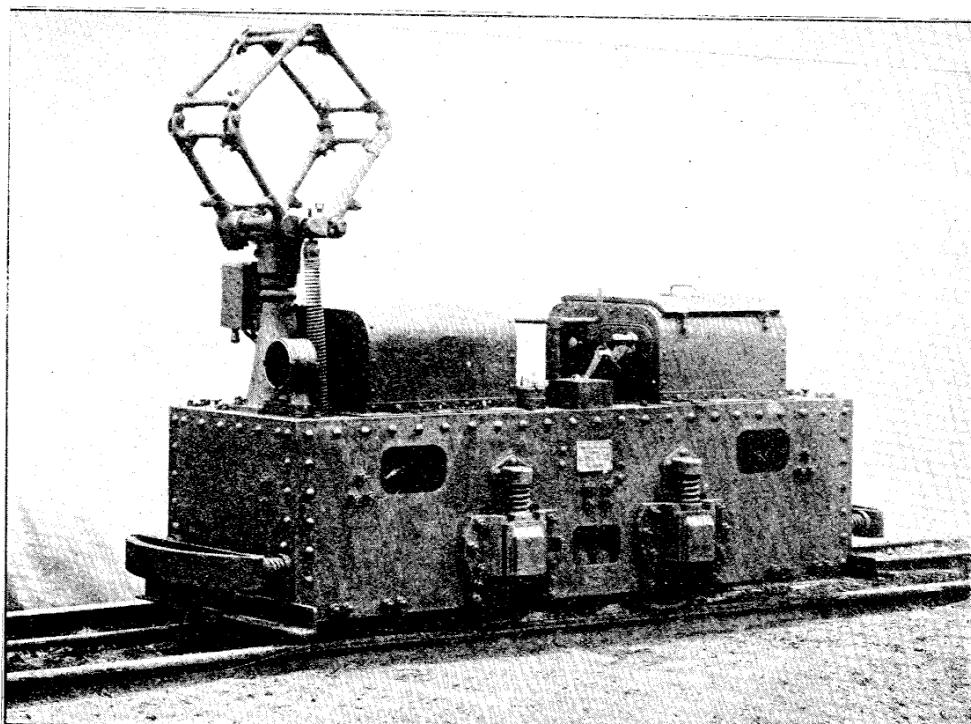


FIG. 26. — Locomotive électrique Schuckert des charbonnages de Lota (Chili).

Caractéristiques principales :

Poids de la locomotive.....	2 1/2 tonnes
2 moteurs de.....	13 chevaux
Effort de traction aux roues motrices.....	180 kg
Vitesse, à l'heure.....	10 à 11 km

Locomotive de Nœux. — La locomotive électrique construite par la Société alsacienne de Constructions mécaniques, pour les mines de Nœux (Pas-de-Calais), est à accumulateurs du type Tudor à charge rapide.

Les conditions imposées au constructeur étaient les suivantes :

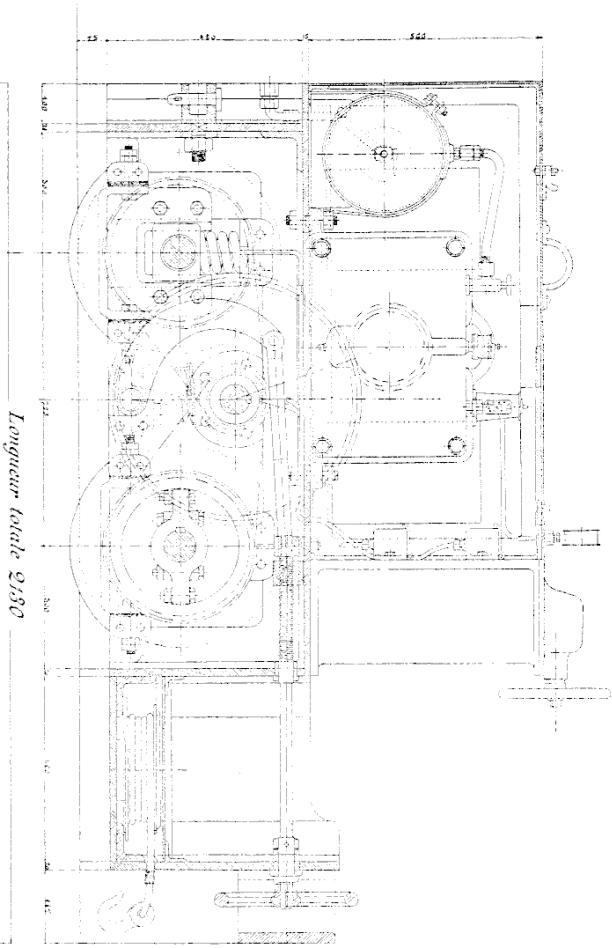
1^o *Remorquer, à la vitesse de 11 à 12 km, un convoi de 20 à 25 berlines vides, du poids de 280 kg chacune, sur une rampe de 8 mm par mètre, et le même convoi chargé de 500 kg de charbon par berline sur une pente de 8 mm avec une vitesse de 12 km à l'heure ;*

2^o *Effectuer un parcours de 6 km, aller et retour, sans recharger la batterie d'accumulateurs ;*

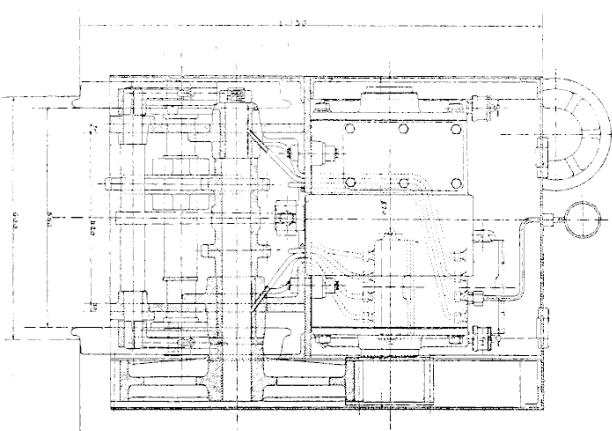
3^o *Entrer aisément dans les cages actuellement en service.*

Comme il était impossible, au point de vue du poids, de l'encombrement et des manœuvres

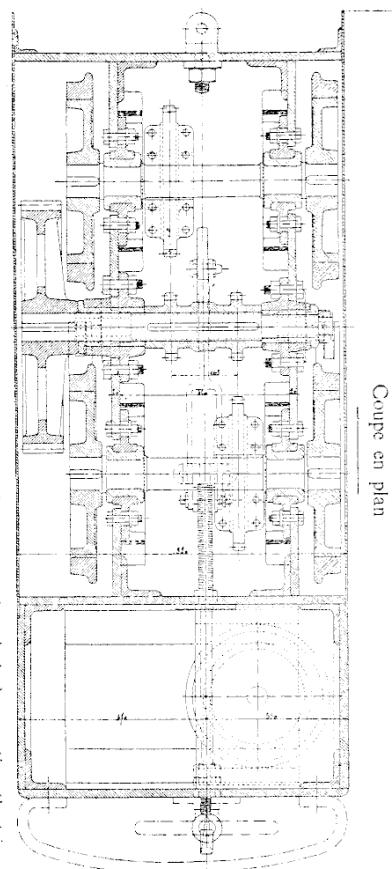
Coupe longitudinale



Coupe transversale



Longueur totale 2530
Coupe en plan



Ensemble de la locomotive
et du truck à accumulateurs

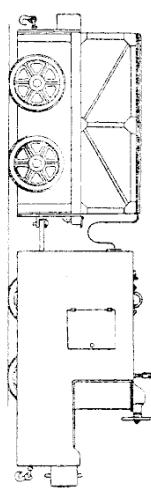


Fig. 27. — Détails de construction de la locomotive électrique des mines de Noisy.

pour la recharge, de loger la batterie sur la locomotive, celle-ci est portée sur un truck spécial.

Caractéristiques de la locomotive de Nœux :

Puissance du moteur	20 chevaux
Tension aux bornes.....	100 volts
Nombre de tours du moteur	850
Diamètre au contact des roues	300 mm
Vitesse en kilomètres	44,5
Poids de la locomotive seule.....	2 850 kg
Poids par essieu.....	1 425 —
Ecartement de la voie	600 mm
Poids des rails par mètre.....	12 kg

Batterie d'accumulateurs :

Nombre d'éléments.....	54
Capacité de régime en ampères-heure	60
Intensité au début de la charge (130 volts)	180 ampères
— à la fin — (130 volts)	70 ampères
Durée de la recharge	30 minutes
Poids du truck et de la caisse vide.....	4 500 kg
Poids d'un élément.....	30 —
Poids du truck complet en ordre de marche.....	3 030 —

La figure 27 donne les détails de construction de la locomotive.

Le moteur attaque, par un pignon en cuir et un engrenage, un arbre intermédiaire qui transmet le mouvement aux deux essieux à l'aide de deux chaînes de Galle.

Le moteur est à 4 pôles, avec balais en charbon.

L'ensemble du moteur constitue un réservoir étanche en acier, très robuste, renfermant le collecteur et les balais; aucune rentrée d'air grisouteux n'est possible, car l'enveloppe contient toujours de l'air comprimé à une pression de 1/2 à 2 kilogrammes. Pour cet objet, la locomotive porte, derrière le moteur, un petit réservoir cylindrique en tôle que l'on remplit de temps à autre, à l'accrochage, d'air comprimé à 3 ou 6 kg, pris sur les conduites du fond; la tubulure pour le remplissage est munie d'un clapet de retenue.

L'intérieur du moteur est mis en communication avec le réservoir à l'aide d'un petit tuyau et d'un robinet. Une soupape de sûreté limite la pression de l'air dans l'intérieur du moteur et un manomètre, à portée du mécanicien, indique si la pression est toujours effective.

L'arbre moteur traverse l'enveloppe dans un presse-étoupe.

Un coupleur, dont le volant de manœuvre est à côté du mécanicien, permet de renverser le sens de la marche du moteur et d'introduire des résistances pour produire quatre vitesses différentes dans les deux sens de la marche. Les résistances et les touches du coupleur sont enfermées dans des boîtes en fonte étanches et baignées dans de l'huile de vaseline.

Un frein puissant dont le volant de manœuvre est également à la portée du wattman permet d'arrêter très rapidement le convoi.

Un interrupteur automatique, renfermé dans une boîte en fonte remplie d'huile, limite l'intensité du courant et remplace avantageusement le coupe-circuit fusible qu'on ne pouvait adopter.

Enfin, à l'avant de la locomotive, comme à l'arrière du truck qu'elle remorque, l'attelage avec les berlines se fait au moyen d'un crochet ou d'un anneau fixé à l'extrémité d'un câble souple en acier, lequel s'enroule autour d'un tambour à ressort lorsqu'il est abandonné à lui-même. Ce dispositif permet de décrocher rapidement la locomotive du train quand elle arrive près de l'accrochage, ou de l'aiguiller sur une voie de garage en laissant filer le train sur la voie principale en raison de la vitesse acquise ou par suite de la pente.

APPLICATIONS A LA MARINE

PAR Georges DARY ET A. BAINVILLE

TOURELLE ÉLECTRIQUE SCHNEIDER-CANET

Dans le colossal bâtiment édifié en forme de tourelle, sur les bords de la Seine, par les usines du Creusot, MM. SCHNEIDER ET C^{ie} avaient exposé tout le matériel de tourelles de marine actionnées électriquement.

Afin d'obtenir la quasi-perfection dans le pointage, afin que cette lourde masse, canon et tourelle, puisse tourner à différentes vitesses, s'arrêter, se mouvoir de nouveau à volonté, à droite, à gauche, pour que toutes ces opérations puissent s'effectuer aisément, il fallait que plusieurs conditions principales soient scrupuleusement remplies. La tourelle devait non seulement suivre dans le sens indiqué le déplacement d'un levier de commande, mais encore tourner avec une vitesse proportionnelle à l'angle décrit, en passant successivement et rapidement du repos à la vitesse maximum désirée : de même, la tourelle devait pouvoir donner des déplacements extrêmement petits pour arriver finalement par un effet inverse à l'arrêt complet et instantané, sans choc, sans produire aucun trouble; il fallait enfin qu'elle s'arrêtât automatiquement à l'extrémité de sa course, dans chacune des deux directions.

Les tourelles CANET obéissent merveilleusement à toutes ces actions. Les variations de vitesse sont données par l'arrangement convenable d'un rhéostat contenant les résistances nécessaires, correspondant à des variations progressives dans la marche des moteurs.

Grâce à un dispositif spécial, pour des écarts très faibles du même levier, les moteurs se mettent en marche et reçoivent des impulsions successives dans le sens indiqué.

Par l'intermédiaire d'une clé d'arrêt électro-magnétique, le courant est interrompu automatiquement à l'aide de tampons de choc placés, deux par tourelle, en dessous du pont cuirassé et tout le système est soudainement immobilisé. Ces tampons ont, en effet, pour but d'assurer l'arrêt de la tourelle quand elle parcourt la distance maximum à droite ou à gauche, c'est-à-dire quand elle atteint l'angle limite de pointage. Ils comprennent chacun un cylindre de matière isolante dans lequel glisse, axialement, une tige métallique maintenue en avant par des ressorts et en contact avec une petite bande de métal fixée dans le cylindre lui-même, de manière à fermer ou encore à interrompre le circuit quand, actionnée par un butoir tournant avec la tourelle, la tige est repoussée à l'intérieur du cylindre malgré l'action des ressorts. Il résulte de cette disposition que, si rapide que soit l'arrêt, il n'est jamais brusque et que, par suite, aucun choc ne se produit; enfin, grâce à la mise en court-circuit des moteurs, la vitesse d'inertie est annulée.

Toutes ces opérations variées qui se sont produites par un déplacement du levier se font également en sens inverse, les connexions étant automatiquement renversées par le retour du levier au point de repos.

Le pointeur obtiendra donc à tous moments, par un simple déplacement du levier de commande, la ligne de mire qu'il désire; mais, quelque rapide que soit cette manœuvre, il faut ajou-

ter que la tourelle ne pourra s'arrêter précisément au point choisi; il faudra corriger le pointage par de petits déplacements angulaires successifs.

Dans chaque tourelle, sous la main du chef pointeur, se trouve une boîte cylindrique avec une manette-levier; c'est l'appareil de mise en marche, l'appareil de commande, le régulateur, enfin, qui remplit ici des fonctions analogues au « coupleur » des tramways électriques. Cet appareil, appelé du nom caractéristique de *cartouche électrique*, est dû à MM. CANET et HILLAIRET et il est représenté en coupe par la figure 1; quelques détails supplémentaires sont donnés par le schéma (fig. 2).

La cartouche électrique renferme principalement un commutateur d'arrêt relié électriquement aux tampons de choc, un commutateur induc-

teur pour la mise en marche des moteurs, une clé d'arrêt électro-magnétique, un bras portant des pièces de contact pour la mise en court-circuit des moteurs, un ressort pour ramener les connexions à leur position normale, enfin un dernier commutateur et un rhéostat composé de bobines plates placées l'une sur l'autre.

Le tout est enfermé dans une enveloppe cylindrique de fonte 2, boulonnée à la base 3 et portant un couvercle de tôle mince. A la partie supérieure, un collier embrasse la tige centrale 1; cette tige peut se mouvoir, à l'aide d'une poignée munie d'un ressort 4, avec un encliquetage d'arrêt tombant dans les entailles du cercle 5; cet arrêt peut glisser sur ces entailles, mais aussi y être maintenu, de manière à établir les connexions intérieures correspondantes.

Le commutateur d'arrêt est un commutateur ordinaire avec les lames de contact 33, 34, 35 (fig. 2) fixées sur une base isolante et un contact mobile 6 claveté sur la tige de manœuvre 1. La lame 33 est en communication constante avec le fil d'entrée d'un circuit dérivé du circuit principal et elle présente une surface suffisante pour rester toujours en contact avec la pièce mobile 6. Chacune des lames 34 et 35 est reliée à l'un des tampons de choc électriques 8 et 10, de telle sorte que le retour du circuit s'effectue à travers la clé magnétique 20, après avoir passé

par les deux arrêts des tourelles, lorsque la manette est dans la position d'attente, c'est-à-dire au zéro, et que le commutateur 6 touche en même temps les contacts 34 et 35; le courant ne passe dans un seul arrêt que si la manette est en dehors du zéro, à droite ou à gauche, ainsi que le montre la figure.

Le commutateur inverseur, analogue au précédent, est immédiatement placé au-dessous de lui. Il comprend une tige mobile 11 clavetée sur la tige centrale 1 et pouvant toucher les lames de contact 12, 13, 14, 15, 16. Les deux lames 12 sont en connexion constante avec les fils d'entrée du circuit générateur, les deux autres 14 et 15 sont reliées au balai de l'électromoteur M, l'une à travers le commutateur et le rhéostat. Les deux dernières lames 13 et 16 constituent des contacts sans connexion correspondant à la position zéro de la manette. On remarque que, dans toutes ses positions, la pièce mobile 11 est toujours en contact avec les lames 14 et 15 et, suivant qu'elle se meut à droite ou à gauche, elle les relie alternativement avec l'un ou l'autre des balais du moteur M.

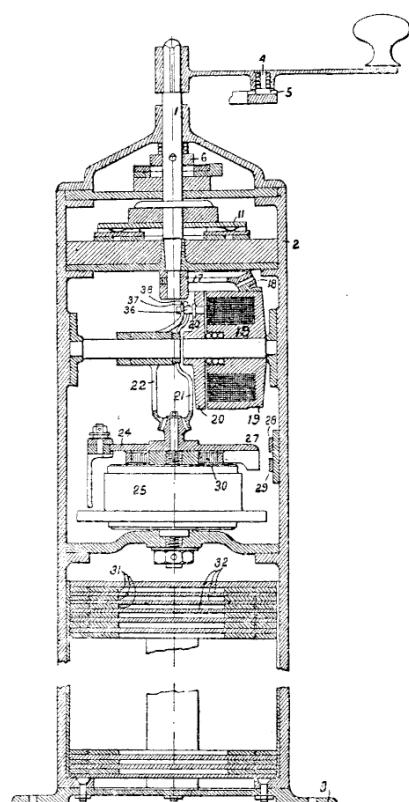


FIG. 1. — Cartouche électrique.

Le commutateur d'arrêt et le commutateur inverseur sont les deux seuls appareils directement fixés à la tige 1, les autres sont manœuvrés par relation à travers les secteurs transmetteurs 17 et 18. Ce sont des secteurs de roues d'angle, dont l'un, 17, s'engrène avec le pied de la tige 1, tandis que le second, 18, est fixé à l'enveloppe de l'électro-aimant 19. Cet électro-aimant est fou sur son axe horizontal, sur lequel est aussi montée l'armature 20 ainsi que les deux secteurs dentés 21 et 22. Ces diverses parties constituent l'embrayage électromagnétique.

La bobine de l'électro-aimant est contenue dans un espace annulaire et son circuit, dernier tiers du circuit principal, est relié en parallèle avec les arrêts 8 et 10 quand la manette est au zéro. L'armature de l'électro porte une goupille 36 maintenue, avec un peu de jeu latéral, par les deux pièces 37 et 38, sur les secteurs dentés 21 et 22. Ces secteurs sont fous sur l'axe transversal qui les supporte et sont constamment engrenés avec le pignon conique 23, de telle sorte que, quand l'appareil fonctionne, un secteur seul transmet le mouvement ; l'autre secteur est mû par le pignon dans une direction opposée sans actionner aucun mécanisme et se trouve ramené dans sa position initiale quand la manette est au zéro. L'armature 20 porte, sur sa surface plate, une dent qui s'engage dans une rainure pratiquée sur le noyau de l'électro, de manière que les deux secteurs sont mis à la fois quand l'électro est excité ; dès qu'il ne l'est plus, un ressort pousse l'armature et dégage la dent.

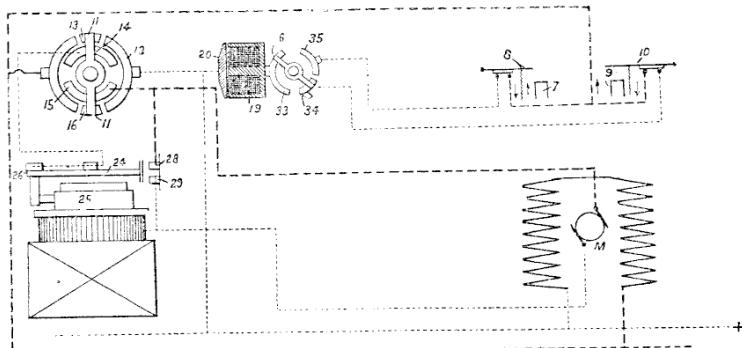


FIG. 2. — Schéma des connexions de la cartouche électrique.

Le pignon 23 entraîne le bras 24 avec le porte-balais 26, celui-ci étant en constante communication avec le commutateur collecteur 25. Ce bras porte aussi une pièce de contact 27 destinée à mettre en court-circuit les bobines de l'armature du moteur M quand la manette est ramenée au zéro. Cette opération s'effectue par l'intermédiaire de deux contacts frotteurs 28 et 29, reliés au moteur, et qui sont mis l'un et l'autre en communication par la pièce 27, la manette étant au zéro ; un ressort 30 ramène les balais à un contact neutre isolé des autres, point de repos du collecteur 25, quand le circuit de la clé d'arrêt magnétique est automatiquement rompu par la tourelle venant toucher l'un des butoirs 8 ou 10.

Le collecteur 25 est semblable à un collecteur de dynamo et chacune de ses pièces de contact est reliée à des bobines constituant les résistances 31 du rhéostat ; ces bobines sont séparées les unes des autres par des disques 32 de matière isolante.

Maintenant que nous connaissons les organes de ce manipulateur, voyons-les fonctionner et cherchons rapidement à nous rendre compte de la position que prennent ces différentes pièces actionnées par le passage du courant.

Si la manette est au repos, les dynamos étant en marche, aucun courant ne passe, sauf à travers l'électro-aimant 19 qui met ainsi la tige centrale 1 en connexion avec le porte-balais 24. En déplaçant cette manette à droite ou à gauche, le commutateur d'arrêt envoie le courant dans l'un ou l'autre des butoirs 8 ou 10, suivant la direction de la manette. En même temps, la pièce mobile 11 du commutateur inverseur excite le moteur M dans le sens indiqué. Le déplacement

de la manette, qui a suffi à établir cette double connexion, correspond exactement à l'espace qui existe entre la goupille 36 de l'armature 20 et les pièces d'emmanchement 37 et 38 des deux secteurs 21 et 22: il en résulte que la pièce 27 viendra réunir les deux contacts 28 et 29 et que, par suite, les bobines de l'armature du moteur seront en court-circuit; tout mouvement est alors arrêté.

Si l'on continue à déplacer la manette, le porte-balais 24 sera actionné par les secteurs 21 et 22 et le pignon 23; les balais viendront donc successivement toucher les différents contacts du collecteur 25; le court-circuit cesse et un courant, très faible d'abord, à cause des résistances intercalées, est envoyé dans le moteur; ce courant augmente proportionnellement au déplacement de la manette jusqu'à ce qu'enfin, toutes les résistances étant enlevées, le moteur donne sa vitesse maximum; à chaque position de la manette correspond donc une vitesse déterminée. Ramenons la manette au zéro, le ressort 30 agit sur le porte-balais, qui revient à son point de repos en repassant successivement par toutes ses précédentes positions; la vitesse du moteur est alors graduellement diminuée jusqu'à l'arrêt complet, car, au zéro, la pièce 27 revient réunir les contacts 28 et 29 et établit alors le court-circuit. Si l'on continue au delà du zéro le mouvement imprimé à la manette, le commutateur d'arrêt et le commutateur inverseur établissent les connexions inverses; le second secteur 21 ou 22, suivant le cas, entraîne le pignon et le porte-balais, d'où il s'ensuit que le moteur M prend une marche inverse à son précédent mouvement. Lorsque l'on déplace rapidement la manette à droite et à gauche du zéro, le moteur tourne à droite, puis à gauche, pendant autant de temps que l'on veut. Ajoutons qu'à l'extrême limite du déplacement, l'un des arrêts 8 ou 10 étant en connexion, le circuit est coupé automatiquement et tout le système s'arrête. Pour remettre en marche, le pointeur doit d'abord ramener la manette au zéro.

COMPAS AVERTISSEUR ET ENREGISTREUR DE ROUTE, SYSTÈME HEIT

Lorsque sur un bâtiment la route est donnée, il est indispensable pour l'officier de quart, pour le commandant, d'être renseignés à chaque instant sur la rigoureuse observance des ordres; les embardées, les déviations involontaires que les hommes de barre laissent souvent s'effectuer, en un moment de fatigue survenu naturellement en dépit d'une attention soutenue, doivent être notées et relevées avec soin, de manière à ce que l'on puisse se rendre compte exactement de toutes ces sinuosités, les rectifier et garder une direction immuable, dont la connaissance mathématique est l'une des bases principales de la navigation. C'est pour toutes ces raisons que le compas avertisseur des déviations subies a été un problème dont la solution a tenté bien des chercheurs. Tous, sans exception, pensaient pouvoir utiliser le heurt de l'aiguille contre des contacts fixes pour fermer un circuit électrique sur une sonnerie ou un enregistreur. Mais la rose est un mobile trop délicat pour qu'on puisse même l'effleurer sans troubler ses indications. A bord des navires de guerre surtout, toutes les masses métalliques environnantes, fixes ou mobiles, viennent non seulement modifier et retarder à chaque instant le moment magnétique du compas de route, mais encore l'affaiblir jusqu'à l'inertie; on ne pouvait donc songer, dans ce cas particulier, à y ajouter encore une influence supplémentaire, étant donné surtout que, pour d'autres raisons également indispensables, le poids de la rose avait été réduit à un minimum vraiment incroyable, soit 12 gr.

En présence de ces difficultés qui semblaient insurmontables, on a laissé le compas libre de tout mouvement pour relever seulement les déviations de la barre du gouvernail qui étaient en réalité la cause première de celles de la rose. Là, plus de crainte d'influencer le moment magnétique du système mobile; aussi, maintenant, les indicateurs d'angles de barre sont-ils nombreux à bord des navires de guerre; français et étrangers en possèdent d'également ingénieux.

Mais la difficulté première était ainsi tournée et non vaincue: elle vient de l'être par M. CHARLES HEIT, capitaine au long cours, commandant *le Félix-Touache*, de la Compagnie de

Navigation mixte, au moyen de son compas avertisseur et enregistreur, qui figurait dans la classe 33 de l'Exposition universelle, au Palais de la Navigation.

Si nous énumérons tout d'abord les fonctions préconisées par M. Heit, nous voyons que son compas :

- 1^o Indique à l'homme de barre la route donnée par le capitaine;
- 2^o Enregistre cette route ainsi que tous les changements qui peuvent par la suite y être apportés accidentellement ou volontairement, sans qu'il soit possible d'éviter l'enregistrement de ces changements;
- 3^o Avertit par sonneries le capitaine des déviations du navire, des embardées, des changements de route.

Pour obtenir ces résultats, pour que le système magnétique ne puisse être influencé par le courant, de très faible intensité, il est vrai, qui circule à proximité, la rose a tout d'abord été modifiée d'une façon complète, tout en conservant, dans sa construction intime, les principes si avantageux et si nécessaires de la rose Thomson.

Les aiguilles aimantées *a* (fig. 3) sont au nombre de six; elles sont de différentes grandeurs, croissantes vers le centre et accouplées deux à deux, l'une au-dessus de l'autre, afin d'avoir une intensité magnétique maximum. Mais les aiguilles sont disposées d'un seul côté du centre; de l'autre, des aiguilles de laiton *b* équilibrent le système. Ces tiges de laiton se trouvent disposées symétriquement aux aiguilles aimantées, qui, par leur position, échappent ainsi à toute influence perturbatrice du courant enregistreur, comme nous le verrons plus loin. La rose Heit porte en son centre un pivot d'acier dont la pointe tournée vers le bas repose sur une agate. Cette agate est serrée dans une petite cavité ménagée au centre du support *d* de la cuvette et remplie de mercure, afin de donner passage au courant électrique qui arrive par le pivot. Sur la rose (fig. 3), perpendiculairement aux aiguilles aimantées, se trouve fixée une tige de paille *t* garnie à ses extrémités d'armatures de cuivre reliées par un fil métallique et terminée en *s* par une spirale de palladium. Cette flèche est solidaire, par l'intermédiaire d'un bras articulé *o*, d'un petit plateau *x*, dont la position est maintenue horizontale, en temps ordinaire, par le contrepoids *q*; la flèche ne peut donc qu'effectuer des mouvements de va-et-vient dans le plan horizontal *st* et venir toucher les bords internes de la cuvette ou s'en écarter. Il n'y a donc plus de frottements ni, par suite, d'altérations dans la sensibilité de la rose. Au-dessus du plateau *x*, un poids *P* est suspendu par une cordelette et peut, par l'intermédiaire d'un système de poulie *e*, venir appuyer sur le plateau *x* sous l'influence d'une soufflerie *f*.

Quant à la cuvette, elle consiste en un anneau rigide de 3 cm de hauteur, d'une épaisseur convenable, faite en une matière mauvaise conductrice de l'électricité. Sur sa surface interne, elle porte 27 touches métalliques *c* ou contacts isolés les uns des autres et présentant la même hauteur, 5 cm, que la cuvette elle-même. Ces contacts sont de largeurs différentes :

15	correspondent à des déviations de 1 degré
4	—
2	—
2	—
2	—
2	—

—

2	—
—	—
—	—
—	—

—

5	—
1 quart 1/2	—
5 quarts	—
6 quarts	—

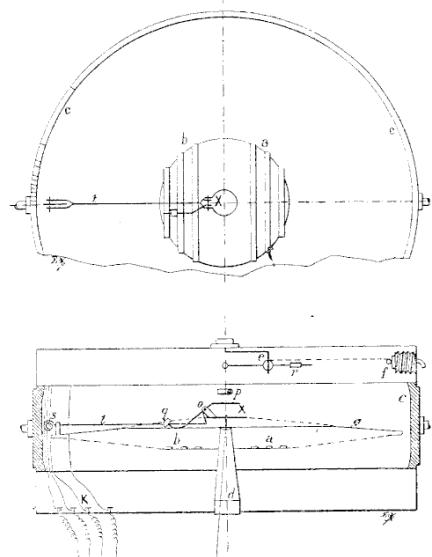


FIG. 3. — Compas avertisseur Heit.

Chacun de ces contacts est relié à l'une des bornes d'un enregistreur E et à une sonnerie correspondante; une pile P est intercalée dans le circuit. Les conducteurs passent dans la base de l'habitacle et aboutissent respectivement à des balais qui viennent frotter sur des bagues enfilées sur un pivot supportant la cuvette.

Cette cuvette peut donc tourner au moyen d'un pignon et d'une couronne dentée; elle est pourvue, en outre, d'une double suspension à la cardan qui repose sur des galets roulant sur un rail. Afin d'arrêter les vibrations trop fortes que les mouvements de la machine motrice du navire pourraient lui communiquer, la suspension à la cardan est elle-même suspendue par des fils métalliques fixés par l'une des extrémités aux couteaux de la suspension et par l'autre à deux boules reposant sur des ressorts en boudin attachés sur une équerre de cuivre. L'équilibre du système est alors parfait.

Enfin, pour provoquer à des intervalles réguliers et suffisamment rapprochés le mouvement en avant de la flèche *s* qui fermera le circuit entre l'enregistreur, les sonneries et l'un des contacts de la cuvette, un petit électro-aimant non représenté sur la figure reçoit un courant automatiquement distribué par un mouvement d'horlogerie, toutes les trente secondes par exemple; l'électro-aimant attire son armature, qui agit sur le soufflet *f*, le poids *p* tombe sur le plateau *x*, la tige *ts* va s'appuyer sur la touche *c*, ferme le circuit et l'enregistreur inscrit le degré qui est exactement, à ce moment, perpendiculaire à la direction NS des aiguilles aimantées de la rose.

Cela posé, voyons la mise en fonctionnement du compas enregistreur. Pour donner la route, le capitaine fait tourner la cuvette à l'aide d'une clé commandant le pignon denté jusqu'à ce que la touche zéro, qui se trouve au milieu des 15 premières touches de contact, soit dans le prolongement, c'est-à-dire en face de la flèche en paille *s*. Ce mouvement de giration, entraînant le pivot de la cuvette, fait tourner les bagues du collecteur d'un même angle et n'occasionne aucun trouble dans les conducteurs, qui sont toujours fixes et qui ont une position constante par rapport aux aimants de la rose. A partir de ce moment, tous les mouvements, toutes les déviations, tous les changements de route du navire, seront inscrits sur la feuille de l'enregistreur, sans erreur possible, à des intervalles de temps constants. Bien entendu le mouvement de va-et-vient de la flèche *s* peut être réglé à volonté, toutes les dix, vingt ou trente secondes, comme on le désire. Il importe aussi de remarquer que cette flèche, par sa position invariablement perpendiculaire au système magnétique de la rose, indique le point *ouest*; l'enregistrement de la route suivie s'effectuera donc par rapport à ce point fixe de l'horizon, ce qui est indifférent, car il suffit, pour avoir la vraie route, de prendre la mesure de l'angle compris entre la ligne *est-ouest* et la ligne de foi, c'est-à-dire l'axe du navire.

Afin d'éviter une supercherie de l'homme de barre, c'est-à-dire la rectification des erreurs commises en cours de route, la cuvette ne peut tourner que dans un sens. C'est pourquoi, lorsque le capitaine aura donné une nouvelle route, la mesure de cette seconde direction sera égale à la somme des deux arcs successivement décrits par la cuvette. Si ce total est supérieur à 360°, il faudra naturellement les soustraire au lieu de les additionner.

On voit, par tout ce qui précède, que le compas Heit est merveilleusement combiné dans ses détails et que rien ne peut plus troubler les indications du système magnétique. Il inscrit exactement la route donnée et en garde la trace sur les feuilles de l'enregistreur. Celui-ci, inscrivant également tous les changements et les fluctuations de direction, permet ainsi au capitaine de vérifier les capacités de l'homme de barre et la surveillance exercée par l'officier de quart. En temps de brume, le point d'estimation sera facilement rectifié soit par le calcul, en se basant sur la vitesse, soit graphiquement, en reportant sur la carte la réduction proportionnelle de la courbe de marche. Les manœuvres insolites sont également dénoncées par les sonneries et le capitaine pourra prendre alors immédiatement telle mesure qu'il jugera convenable. En cas d'abordage ou d'avaries, le témoignage écrit de tous les mouvements effectués et de l'heure à laquelle ils auront été faits deviendra précieux pour les tribunaux maritimes qui auront à juger le différend; on pourra éviter de la sorte bien des expertises douteuses et des procès onéreux.

FERMETURE DES CLOISONS ÉTANCHES À BORD DES NAVIRES

La constante fermeture des portes a été très élégamment obtenue, grâce à une combinaison imaginée par un ingénieur de Glasgow, M. WILLIAM KIRKALDY. Il fait tourner dans un cylindre de tôle fixe, muni de deux ouvertures opposées, un second cylindre percé d'une seule porte. C'est, en résumé, le tour classique. L'homme qui veut passer fait pivoter, à l'aide d'une poignée, le cylindre intérieur jusqu'à ce que la porte coïncide avec l'ouverture fixe ; il se place dans le tour et lui fait accomplir une nouvelle demi-révolution qui lui permet de sortir par l'ouverture fixe opposée. En résumé, le passage est toujours fermé.

Mais, bien que très pratique, le système de M. Kirkaldy ne peut s'admettre que dans des cas particuliers pour certains passages, à bord des paquebots surtout, car, sur les navires de guerre, dans les soutes, il faut que l'ouverture puisse être maintenue à un moment donné pour la circulation et le transport des munitions de combat, des charbons, des cordages, etc.

Il faut donc laisser la porte ouverte, mais sous la condition expresse qu'elle pourra rapidement se fermer et avertir en même temps automatiquement l'officier de la passerelle ou du blockhaus de sa fermeture. Ces fonctions ne peuvent évidemment s'obtenir que par transmission électrique ; on l'a compris et, à diverses reprises, les inventeurs ont proposé divers dispositifs qui assuraient à distance la fermeture des compartiments étanches ; mais jusqu'ici aucun n'avait été réellement mis en pratique. La marine des États-Unis a fait, en 1899, la première application d'un nouveau système de fermeture à distance inauguré par M. BOWLES, ingénieur des constructions navales, à bord du croiseur protégé l'*Atlanta*, qui a été reconstruit et modifié en 1899 d'après les enseignements fournis par la guerre de Cuba. Les essais ayant été des plus satisfaisants, l'adoption est définitive.

Si nous résumons d'abord brièvement les opérations que l'on peut réaliser à l'aide du système Bowles (*fig. 4*), nous voyons que :

1° Toutes les portes peuvent être instantanément et simultanément fermées, soit du pont, soit d'un poste quelconque choisi à volonté ; un signal annonce alors la fermeture ;

2° On peut fermer et ouvrir chacune des portes indépendamment des autres ;

3° Ces opérations peuvent s'effectuer sur place de l'un ou de l'autre côté de la cloison sans pour cela empêcher ni troubler le service à distance ;

4° La fermeture s'obtient hermétique en dépit d'un afflux d'eau ou malgré un amas de charbon venant obstruer la porte.

La dimension de ces portes peut être quelconque ; pour les soutes à charbon, elles mesurent ordinairement 1,40 m de haut sur 0,60 m de large. La porte elle-même consiste en une plaque d'acier, rivée à un châssis de glissement, qui s'engage dans des coulisseaux de bronze boulonnés à la cloison ; ce châssis est muni de onze coins taillés en biseau, quatre de chaque côté, un en haut et deux en bas ; les coulisseaux étant taillés de même, ces coins s'y ajustent exactement de manière à former un joint absolument étanche et à coincer la plaque dans le dernier centimètre de la fermeture.

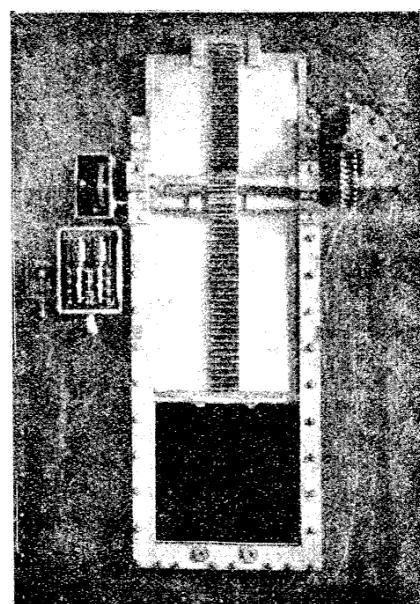


Fig. 4.
Fermeture électrique des cloisons étanches.

La base des coulisseaux est un peu plus ouverte, afin d'éviter un coinçage trop prononcé.

La porte d'acier porte sur sa partie médiane une crémaillère de bronze, dans laquelle engrène un pignon claveté sur un arbre horizontal qui est fixé en haut des glissières. Ce pignon entraîne un second pignon plus petit claveté sur un second arbre horizontal à chaque extrémité duquel se trouve fixée une roue striée qui, à son tour, engrène une vis sans fin; cet engrenage traverse normalement la cloison et est entraîné par un moteur électrique de 1 cheval, enfermé dans une boîte étanche du côté du compartiment voisin. Dans le cas où la manœuvre à bras serait nécessaire, une manivelle est disposée sur l'engrenage de chaque côté du cloisonnement. Le moteur électrique est à enroulement compound: les bobines du shunt sont relativement faibles et leur enroulement se trouve en dehors des bobines en série. Les circuits sont disposés de telle sorte que, pour ouvrir la porte, les bobines en série sont seules mises dans le circuit, ce qui suffit à donner un démarrage rapide et facile; mais, pour la fermeture, comme il peut être nécessaire de couper à travers du charbon accumulé, les bobines du shunt sont jointes alors aux autres et les couteaux de la plaque d'acier viennent bien vite séparer les obstructions et s'encastrent dans la base des glissières.

On peut fermer le circuit près des portes à l'aide d'un levier de commutateur à trois arrêts: à droite, pour ouvrir la porte; à gauche, pour la fermer. La position centrale est celle du repos; dans ce cas, le circuit de fermeture peut être commandé du pont ou de tout autre point choisi sur le bâtiment.

Si donc nous résumons le fonctionnement du système électrique Bowles, nous voyons qu'en cas de collision, au moment du danger, l'officier de la passerelle peut immédiatement fermer toutes les portes des compartiments; une petite lampe témoin s'allume pendant le temps de l'opération et s'éteint dès que la porte est complètement close. Si quelque marin de l'équipage se trouve enfermé dans l'un des compartiments ou qu'il lui soit absolument nécessaire de traverser d'un compartiment dans un autre, il lui suffit de mettre sur le cran de gauche le levier du commutateur local et la porte s'ouvrira. Dès qu'il sera passé, le levier revient automatiquement à sa position de repos et la porte se referme seule; en même temps un signal lumineux de cette double manœuvre est donné au poste de la passerelle.

Toutes les fonctions s'accomplissent avec une régularité et une sûreté remarquables. Il est impossible de ne pas être impressionné favorablement par la sécurité que procure dorénavant aux navires ce mode si ingénieux de fermeture; ce difficile et important problème est résolu d'une façon admirable. Le système Bowles figurait à l'Exposition universelle dans la section de la marine américaine.

TRANSMETTEURS D'ORDRES SYSTÈME VIALET-CHABRAND

La question des transmetteurs d'ordres à bord des navires est de la plus haute importance; elle devient capitale lorsqu'il s'agit des bâtiments de combat. On conçoit facilement la nécessité absolue de communications constantes et rapides entre la passerelle, le blockhaus et la salle des machines, par exemple, de telle sorte que le commandant ou l'officier de quart puisse être toujours en rapport avec les mécaniciens en dépit de l'éloignement, du cloisonnement et de tous les obstacles qui les séparent. Les tubes acoustiques ne peuvent suffire et, avec les navires modernes, à grande vitesse et à structure compliquée, l'énergie électrique seule a pu réussir à servir d'intermédiaire fidèle et instantanée entre le chef responsable et les divers services du bord.

Si, sur les paquebots, dont la destinée ordinaire se contente de la simple navigation, le problème est parfaitement résolu, on peut craindre bien des difficultés de réalisation pratique pour les navires de guerre. En effet, comment se comporteront tous ces appareils électriques pendant le combat? Comment la plupart de ces lampes, de ces électros, de ces manipulateurs et indicateurs délicats pourront-ils résister aux vibrations répétées, aux chocs, aux ébranlements communiqués à toute la membrure du bâtiment par le tir incessant de ces énormes pièces

dont le tonnerre rend sourds les servants des tourelles, qui renversent les hommes par leur simple souffle et sous l'influence desquelles fléchissent, après plusieurs coups, les barrots des entreponts?

Malgré ces craintes, en dépit des discussions soulevées et de la répugnance qu'éprouvent la plupart des officiers à voir se multiplier à bord les appareils électriques, les transmetteurs d'ordres actionnés électriquement s'imposent pour ainsi dire, devrait-on, en cas d'avaries pendant l'action, en revenir aux moyens rudimentaires et recourir, comme dans la guerre sino-japonaise, aux simples voyants, munis de chiffres, que l'on place dans les endroits les plus apparents.

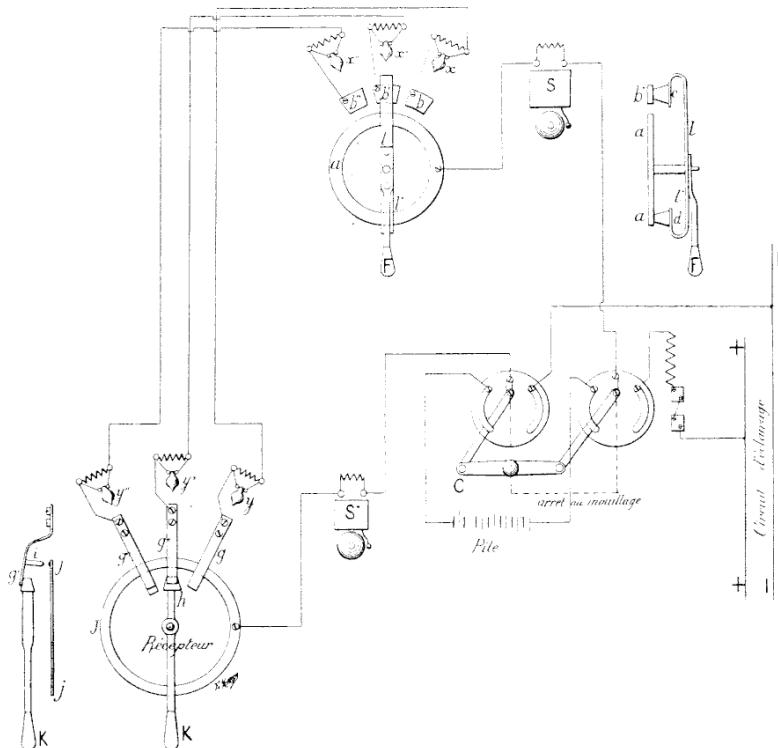


FIG. 5. — Connexions du transmetteur d'ordres Vialet-Chabrand.

En conséquence, puisque l'on doit admettre, en principe, les transmetteurs électriques, encore faut-il qu'ils soient simples et robustes, que leur manipulation s'opère facilement et que les avaries soient en général rapidement réparables. Il faut, en outre, que, dans leur fonctionnement, il n'y ait place pour aucune erreur et qu'une interruption brusque et inattendue du courant ne vienne pas provoquer de fausses manœuvres: l'absence d'ordres serait préférable à des ordres mal compris et mal exécutés.

La plupart des nombreux transmetteurs d'ordres électriques, adoptés par les différentes marines de guerre ou de commerce, peuvent être groupés en trois classes, suivant les principes sur lesquels repose leur fonctionnement. Dans les uns, une aiguille de contact glisse sur les divisions d'une résistance en produisant des changements proportionnels dans la différence de potentiel des indicateurs et provoque le déplacement d'index selon les ordres transmis. Ces appareils, dus à l'ingéniosité du savant lieutenant FISKE, ont été montés sur l'*Indiana* et sur une grande partie des bâtiments de la marine américaine.

D'autres sont basés sur les actions d'un champ magnétique tournant et MM. SIEMENS ET

HALSKE en ont doté la marine allemande. Enfin, une troisième catégorie adoptée, en France, à bord de plusieurs navires de l'Etat et du commerce, se compose de transmetteurs formés de simples commutateurs à plusieurs directions avec des lampes témoins montées en série et des sonneries avertisseuses. Dans cette classe rentrent les appareils de M. VIALET-CHABRAND, constructeur à la Ciotat, exposés dans la classe 33, au Palais de la Navigation. Ils comprennent trois ensembles principaux, à savoir : transmetteur d'ordres pour la machine; contrôle du sens de marche; transmetteur d'ordres pour la barre du gouvernail.

Si nous examinons d'abord la figure 6, nous verrons la disposition des connexions reliant un transmetteur à un récepteur ainsi que la disposition des leviers de manœuvre.

Ces leviers se composent, pour le transmetteur, d'une manette F, à l'aide de laquelle on peut faire passer l'une des extrémités de la lame flexible de contact W sur les plots b , b' , b'' , tandis

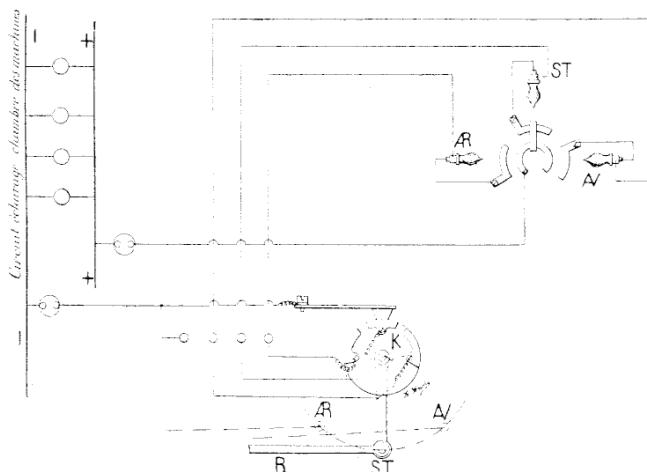


Fig. 6. — Connexions du récepteur du transmetteur d'ordres Viallet-Chabrand avec la machine.

que l'autre d frotte sur le cercle métallique a . Dans le récepteur, la poignée K peut venir soulever les lames g , g' , g'' et faire cesser ainsi leur contact avec le cercle métallique j . A l'aide d'un commutateur C , on s'alimentera soit avec le circuit d'éclairage du bord, soit à l'aide d'une batterie de piles primaires (12 éléments Leclanché) ou d'accumulateurs. Le fonctionnement de cet ensemble s'explique de lui-même. Dès que le levier du transmetteur est placé sur un ordre, b' par exemple, le circuit est fermé sur les lampes x' et y' qui s'allument et sur les sonneries S , S' qui tintent; le mécanicien averti lit l'ordre inscrit près de la lampe allumée de son récepteur, place son levier sur la division correspondante et, ce faisant, interrompt le circuit. L'extinction des lampes, l'arrêt de la sonnerie indiquent que l'ordre est reçu et compris.

Pour être sûr qu'il est exécuté, M. VIALET-CHABRAND rend le récepteur solidaire des organes de mise en train de la machine (fig. 6). Si nous supposons les trois commandements rudimentaires: *arrière*, *stop*, *avant*, nous voyons que l'allumage de la lampe correspondante au commandement reçu ne peut s'effectuer qu'après la mise en train de la machine. Pour cela, le distributeur K tourne, par l'intermédiaire de la bielle B , à droite ou à gauche, selon le mouvement de l'une des pièces qui manœuvrent la mise en train de la machine, et ferme le circuit sur la lampe correspondante du récepteur. Dans ce cas, on peut être sûr, au transmetteur, que l'ordre est non seulement compris, mais encore exécuté et que la machine tourne dans le sens voulu. Il s'ensuit également que le mécanicien de service au récepteur peut contrôler sur cet appareil que son personnel a immédiatement obéi à l'ordre reçu. Ce distributeur peut encore être remplacé par trois contacts qu'établirait successivement le coulisseau du servomoteur de la mise en train.

Nous avons d'abord simplement supposé trois commandements : la figure 7 nous montre un ensemble d'appareils comportant tous les ordres nécessaires pour faire varier les tours unité par unité à partir de 20 tours. Dans ce cas, il y a deux cadrans et deux leviers. Le cadran supérieur comporte les indications générales : *stop*, *avant*, *arrière*, *augmente* ou *diminue tours*. Sur le cadran inférieur sont inscrites deux rangées de chiffres se complétant l'une par l'autre. Supposons que, la machine étant stoppée, on veuille commander : *avant*, 50 tours ; le levier supérieur sera placé sur l'indication *avant* et le levier inférieur sur le chiffre 50. Si l'on veut augmenter ou diminuer la vitesse de 5 tours, par exemple, il suffira de porter le levier supérieur sur l'une des indications : *augmente* ou *diminue tours*, et ensuite le levier inférieur sur le chiffre 5. Le mécanicien ne pourra se tromper et relèvera le chiffre de la rangée intérieure, puisque le commandement a été précédé d'un avertissement préliminaire. Dans tous les cas, les sonneries tintent et les lampes brillent jusqu'à ce que la manette du récepteur soit placée sur le commandement ou le chiffre correspondant ; les interprétations ne peuvent être faussées.

Dans le cas de manœuvre avec le compteur VALESSIE, généralement adopté en France, M. VIALET-CHABRAND a remplacé les indications : *augmente* ou *diminue tours*, par celles de : *gagne* ou *perd secondes*. Ce sont là de simples modifications d'inscription sur les cadrans.

Sur le support des appareils se trouvent disposés : 1^e un commutateur permettant de s'alimenter soit sur le circuit d'éclairage, soit sur la batterie d'accumulateurs ou de piles ; dans le premier cas, une lampe témoin permet de constater le fonctionnement des dynamos ou leur interruption ; 2^e un bouton à l'aide duquel le commandant fait fonctionner les sonneries des deux postes pour transmettre des ordres complémentaires en cas d'urgence et après convention ; un autre contact peut allumer deux lampes disposées radialement à 45° de part et d'autre de la verticale et qui servent à reconnaître, la nuit, la position du levier de manœuvre, c'est-à-dire le dernier ordre transmis.

Dans le but de pouvoir renseigner le commandant chaque fois qu'il le juge nécessaire sur la marche des machines, M. VIALET-CHABRAND a construit, comme adjonction à ses transmetteurs d'ordres, un appareil de vérification qui comporte principalement deux indicateurs disposés sur la passerelle et dont les aiguilles peuvent, à un moment donné, dans une manœuvre par exemple, montrer le nombre de tours de la machine. Ces indicateurs ne fonctionnent donc que temporairement et sont alimentés par l'intermédiaire d'une petite dynamo auxiliaire et d'un commutateur à enclenchement électromagnétique. Cette dynamo est solidaire, par intermédiaire d'engrenages, de l'arbre même de la machine motrice ; elle tourne donc synchroniquement dans un sens ou dans l'autre et envoie dans les bobines des inducteurs un courant qui provoque un déplacement proportionnel des aiguilles ; en même temps, l'une des deux lampes s'allume et, suivant sa couleur rouge ou

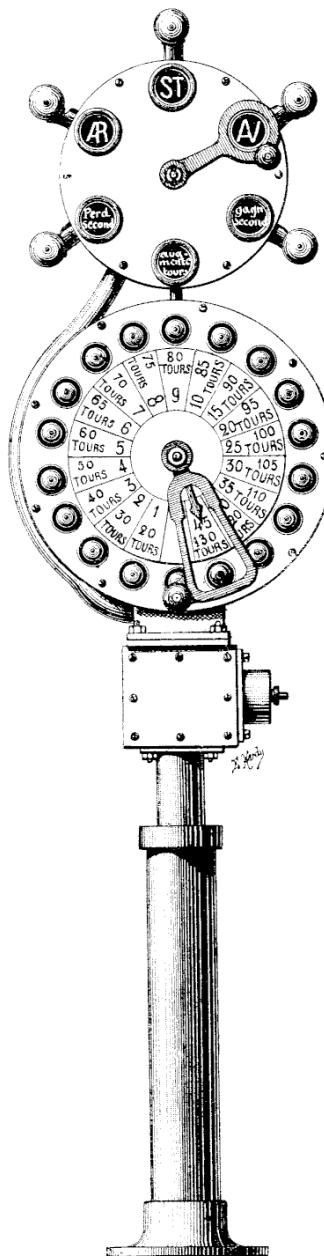


Fig. 7.
Transmetteur d'ordres Viallet-Chabrand.

bleue, elle accuse la marche en avant ou en arrière. Afin d'obtenir des indications toujours précises, quatre boîtes de correction, comprenant chacune huit petites résistances, permettent, par leur groupement, de faire varier l'une des deux aiguilles indicatrices d'un nombre quelconque de divisions. M. VIALET-CHABRAND n'a pas exposé cet appareil de contrôle de la machine; seul le système d'avertissement de sens de marche analogue à celui précédemment décrit figurait à son exposition. Pour connaître dans ce cas le dernier nombre de tours, l'officier de la passerelle doit faire parcourir les divisions du cadran à la poignée du transmetteur jusqu'à ce que la sonnerie cesse et que l'éclairage disparaîtse. C'est, en somme, la manœuvre inverse : le transmetteur et le récepteur changent de rôle.

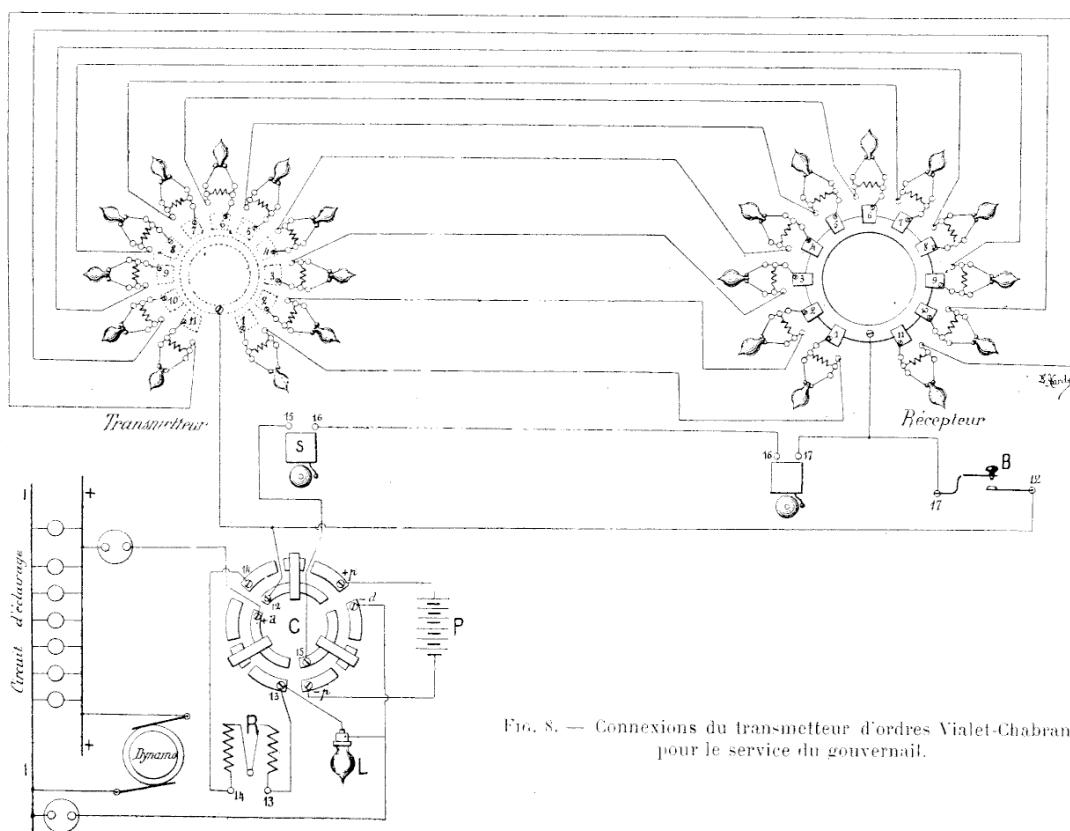


Fig. 8. — Connexions du transmetteur d'ordres Viallet-Chabrand pour le service du gouvernail.

La transmission à distance des ordres de barre est évidemment indispensable, même dans le cas où la commande de cette barre s'effectue électriquement; il faut en effet pouvoir, à un moment quelconque, en cas d'avarie à la commande, transmettre la route d'un point quelconque du bâtiment jusqu'aux hommes de barre. Comme on le voit par la figure 8, les détails de connexion sont les mêmes que pour les transmetteurs précédents. Un commutateur C, à trois directions, permet d'emprunter le courant nécessaire à la dynamo du bord, par l'intermédiaire d'une résistance R réglable, ou à une batterie de piles. Une lampe témoin L indique par son allumage que le courant de circuit d'éclairage parvient aux appareils de transmission. Le commutateur, la résistance et la lampe sont enfermés dans le socle du transmetteur, qui comporte un certain nombre de plots de contact avec des lampes en dérivation; le récepteur est identique. Les sonneries S, S' sont montées à l'extérieur du socle. Le modèle exposé par l'inventeur est celui qui est installé à bord du croiseur de guerre *Châteaurenault*; il comprend huit

ordres différents donnant les déviations prévues de 3 en 3 à droite ou à gauche d'un zéro disposé dans l'axe vertical. Deux indications supplémentaires inscrites sur les contacts inférieurs montrent que l'on peut relier le transmetteur avec l'appareil de la commande électrique de la barre ou avec celui du poste central. Bien entendu, deux circuits absolument indépendants relient ces transmetteurs aux deux récepteurs montés sur l'arrière, l'un contre l'autre, à proximité de la barre.

Si le filament d'une des lampes indicatrices vient à se briser, il est encore possible de continuer la transmission des ordres, car les sonneries S. S. se font toujours entendre aux deux postes tant que les leviers de manœuvre sont vis-à-vis de commandements différents et ne s'arrêtent que s'ils sont en regard du même ordre.

La figure 9 représente des postes analogues ; leur seule différence consiste en ce qu'ils peuvent transmettre les ordres à la barre, degré par degré. Pour cela, les inscriptions à droite et à gauche, ainsi que les dizaines, sont réparties sur deux tableaux différents, tandis que le troisième cadran ne comporte que les unités. Par la position combinée et successive des leviers de manœuvre, on peut donc transmettre un nombre quelconque de 0 à 39. Sur la figure, on a commandé 27° à droite.

Comme nous le disions plus haut, les transmetteurs VIALET-CHABRAND sont montés à bord de plusieurs navires de guerre, comme le *Brennus*, cuirassé d'escadre, le croiseur *Chateaurenault* et sur la plupart des paquebots de la Compagnie des Messageries maritimes, tels que *l'Australien*, *le Polynésien*, *le Laos*, *l'Indus*, *le Tonkin*, etc. Les résultats obtenus ont été excellents.

Le fonctionnement de ces appareils est évidemment fort simple ; la construction en est robuste, immense avantage pour un service à la mer ; mais ils nécessitent un très grand nombre de conducteurs. Or il est toujours dangereux, à bord d'un bâtiment de combat, de les multiplier, de resserrer continuellement le réseau à mailles déjà si étroites des circuits et d'augmenter ainsi le travail et la responsabilité énorme qui incombe à la petite escouade d'élite chargée de la surveillance et de la réparation du matériel électrique. En outre, nous aimerions à voir les appareils de M. VIALET-CHABRAND pourvus d'une aiguille de répétition venant parcourir, sur le transmetteur, le même chemin accompli sur le récepteur, au fur et à mesure de l'exécution de l'ordre transmis. Évidemment les sonneries tintent et les lampes restent allumées jusqu'à la concordance des ordres transmis ; mais si, par une coïncidence fâcheuse, rare, mais encore possible, le circuit des piles vient à se rompre, pour une cause quelconque, pendant la manœuvre du récepteur, les indications cessent au transmetteur et il sera bien difficile de sapercevoir que cette interruption provient du courant et non de la concordance des leviers de manœuvre. Il semblerait alors préférable de ne faire tinter la sonnerie, au contraire, qu'au moment de cette concordance ; l'avertissement paraîtrait plus sûr, et il serait facile de le faire cesser, après constatation, au transmetteur. Il faut croire cependant que cette objection n'est pas primordiale, puisque les appareils VIALET-CHABRAND sont en service depuis longtemps déjà et qu'ils n'ont donné lieu à aucun mécompte grave.

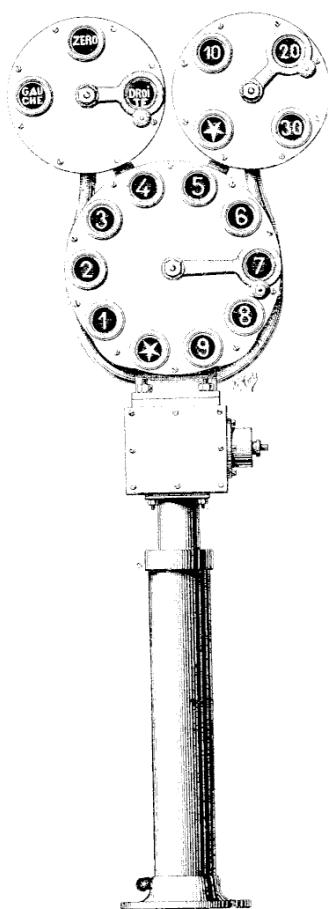


FIG. 9. — Poste du transmetteur d'ordres de barre Viallet-Chabrand.

TRANSMETTEURS D'ORDRES DE MM. SIEMENS ET HALSKE

Considérons, d'une part, trois bobines identiques et enroulées dans le même sens sur des noyaux de fer doux pourvus eux-mêmes d'une culasse commune, les fils étant réunis par l'une de leurs extrémités en une même jonction, tandis que les autres extrémités, isolées l'une de l'autre, se rendent à un manipulateur éloigné. D'autre part, ce manipulateur, formé d'un cylindre d'ébonite, est muni de deux secteurs métalliques diamétralement opposés, sur lesquels frottent trois contacts calés à 120° l'un de l'autre et reliés respectivement aux trois bobines du récepteur, tandis qu'une source d'énergie électrique à courant continu communique à deux anneaux métalliques montés sur l'axe du cylindre et reliés avec lui. Il résulte de cette disposition que, le courant n'étant jamais interrompu dans le manipulateur, chaque bobine se trouvera à son tour

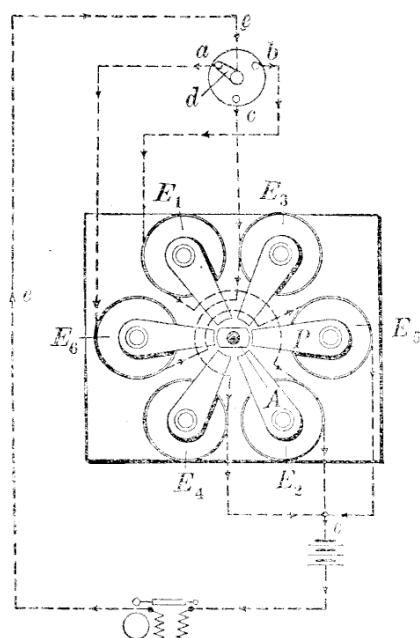


FIG. 10. — Connexions de l'organe principal du transmetteur d'ordres Siemens et Halske.

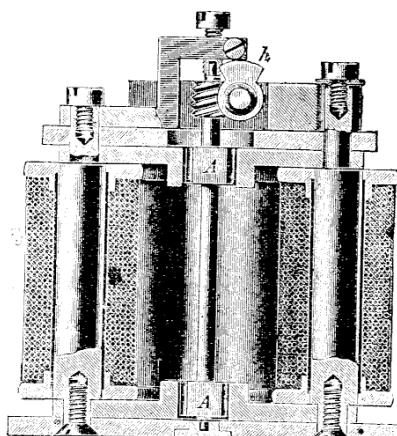


FIG. 11. — Organe principal du transmetteur d'ordres Siemens et Halske.

soit hors circuit, soit en tension avec les deux autres groupées en quantité ou en tension avec une seule, ou encore en quantité avec une seule, ou enfin deux sont en quantité avec la troisième en tension ; le sens du courant changera alors une fois pour chaque bobine par tour de manipulateur. Plaçons enfin les noyaux des bobines aux sommets d'un triangle équilatéral dont le centre est occupé par un axe autour duquel peut pivoter une courte aiguille aimantée ; lorsque le courant, partant d'un secteur du manipulateur, traverse l'une des bobines, puis se bifurque dans les deux autres en dérivations égales, les noyaux de fer doux s'aimantent ; il se forme dans celui de la première bobine un pôle positif, par exemple, et deux pôles négatifs égaux entre eux dans les autres : l'intensité du champ, résultant de ces trois pôles, se dirige du centre du système vers le premier noyau, et l'aiguille mobile aimantée s'oriente dans cette même direction. Imprimons au cylindre du manipulateur un mouvement de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre, c'est-à-dire de gauche à droite, le champ résultant de cette modification dans la distribution du courant prendra une nouvelle direction et la position de l'aiguille aimantée subira une variation proportionnelle dans le même sens. En résumé, chaque déplace-

ment de 30°, par exemple, du cylindre provoque un déplacement égal de l'aiguille aimantée, soit dans un sens, soit dans l'autre, suivant le mouvement imprimé au cylindre.

Tel est le principe sur lequel repose la construction des transmetteurs d'ordres de MM. SIEMENS et HALSKE à champ magnétique tournant. Ce principe, décrit à diverses reprises, et selon ses diverses applications, dans les revues techniques françaises et étrangères, a été étudié spécialement dans la *Revue internationale d'électricité*, en 1892, par M. Yorel : il ajoutait que M. RAMAZOTTI, ingénieur de la marine, avait fait, à cette époque, construire chez MM. SAUTTER ET HARLÉ des transmetteurs et des indicateurs analogues. Nous renverrons donc à cet article nos lecteurs pour plus amples renseignements¹.

Les appareils SIEMENS ET HALSKE, qui figuraient à l'Exposition au premier étage du Palais d'Electricité, classe 27, groupe V, sont destinés à la transmission des ordres à bord des navires de guerre allemands ; ils consistent principalement en transmetteurs d'ordres pour la machine et la chambre de chauffe et en transmetteurs indicateurs des angles de barre.

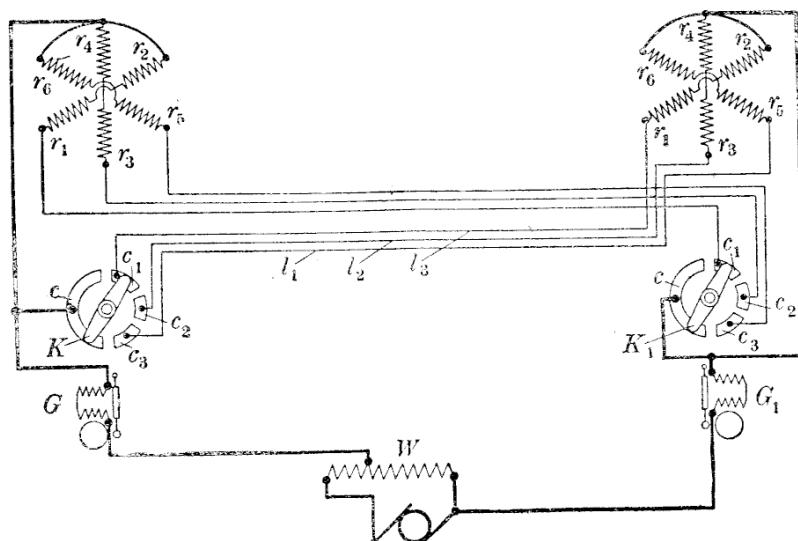


FIG. 42. — Schéma des connexions du transmetteur d'ordres Siemens et Halske.

La partie essentielle et commune à tous ces transmetteurs (fig. 40 et 41) comprend un ensemble de 6 bobines dont les noyaux en fer doux, disposés radialement, portent à leurs extrémités supérieures et inférieures des pôles P entre lesquels peut tourner une armature A ; l'entrefer est extrêmement petit. Les extrémités de l'enroulement de chacune de ces trois paires de bobines communiquent d'une part avec les trois points de contact a, b, c d'un commutateur ; d'autre part, elles se réunissent en une ligne commune de retour e, sur laquelle est montée une batterie de piles : cette ligne de retour aboutit au centre du levier de manœuvre d. Lorsque celui-ci se trouve, par exemple, sur le contact a (fig. 10), le courant traverse le système dans la direction indiquée par les flèches et l'armature A se place dans la position E₅, E₆...

Si maintenant nous déplaçons le levier de manœuvre d dans le sens des aiguilles d'une montre, les noyaux en fer doux des bobines s'aimantent et la direction du champ se modifie dans le même sens ; il en résulte que l'armature A se déplace d'une même quantité. Bien entendu le mouvement de l'armature s'effectue en sens inverse si le commutateur d est lui-même inversé.

La disposition du circuit magnétique est fort bien comprise, comme on peut le voir sur la figure 11. L'énergie avec laquelle l'armature A se déplace est très considérable et proportion-

1. *Revue internationale d'Electricité*, 1892, 2^e semestre, p. 435.

nelle à l'intensité du courant qui traverse l'appareil, d'autant plus que cette action, d'ailleurs, est momentanée.

Les mouvements de l'armature A sont transmis à l'aiguille indicatrice du cadran par l'intermédiaire d'une vis sans fin et d'un pignon b (fig. 11).

Cette disposition présente deux avantages principaux et très importants, car :

1^o On peut transmettre un nombre quelconque de commandements sans que, pour cela, le nombre des conducteurs en soit augmenté;

2^e Il ne se produit aucune oscillation de l'aiguille indicatrice du cadran, puisque, à l'aide de la transmission par vis et pignon, cette aiguille est immédiatement arrêtée dès que cesse le mouvement du commutateur, même si le fonctionnement des appareils s'effectue très rapidement.

Dans le système SIEMENS ET HALSKE, la transmission des ordres s'effectue avec un signal d'avertissement et un signal de réponse. Les signaux d'avertissement sont donnés par l'intermédiaire d'une sonnerie qui est intercalée sur le conducteur de retour (fig. 10) et qui tinte dès que l'appareil fonctionne; il n'y a donc, de ce chef, aucune multiplication des conducteurs; en outre, l'avertissement de la sonnerie subsiste pendant tout le temps des signaux et dénonce par son silence un défaut quelconque dans la ligne. Les appareils comprenant toujours un commutateur et un ensemble de bobines avec armature et aiguille indicatrice, il s'ensuit que la position de cette aiguille montre la manœuvre faite au récepteur, dès que l'ordre a été transmis. S'il est compris, l'aiguille indicatrice, qui joue le rôle de répétiteur, doit venir sur le cadran du transmetteur, coïncider avec la pointe du levier de manœuvre.

A circular German military compass rose from World War I. The outer ring contains the following labels: 'NORDWEST KRAFT', 'NORDWEST WETT', 'ALLE F.', 'GROSSE F.', 'HALBE F.', 'HALBE WETT', 'WEST F.', 'WEST WETT', 'SOUTH F.', 'SOUTH WETT', 'SÜD SICHER', 'SÜD SICHER WETT', 'SÜD F.', 'SÜD WETT', 'SÜDWEST F.', 'SÜDWEST WETT', and 'SÜDWEST KRAFT'. The inner ring contains labels: 'HALBE F.', 'WEST F.', 'WEST WETT', 'SOUTH F.', 'SOUTH WETT', 'SÜD F.', 'SÜD WETT', 'SÜDWEST F.', 'SÜDWEST WETT', and 'SÜDWEST KRAFT'. A central needle is positioned at the bottom, pointing towards the 'SOUTH F.' label.

FIG. 14. — Récepteur d'ordres Siemens et Halske.

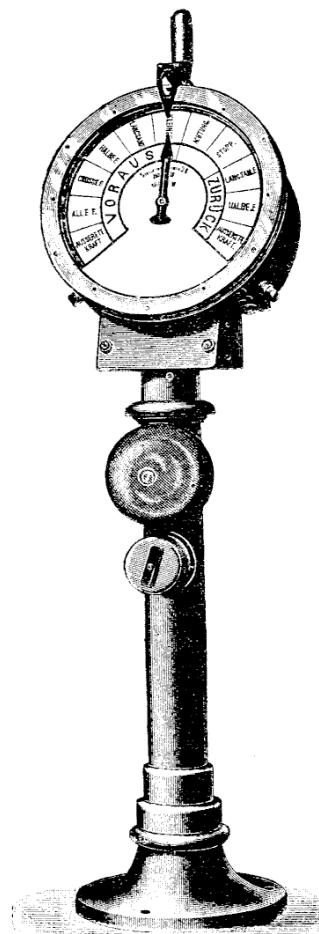


FIG. 43. — Transmetteur d'ordres Siemens et Halske.

former le conducteur de retour commun sur lequel sont branchées les sonneries G et G₁ ainsi que la source d'énergie W qui communique en même temps avec le segment métallique e des commutateurs. Lorsqu'on déplace le levier du commutateur K au moyen d'une manette ou d'une manivelle, la source d'énergie est mise successivement en communication avec l'un des conducteurs et provoque le déplacement identique de l'armature des bobines et de l'aiguille indicatrice. On comprend par cette figure schématique que le nombre des conducteurs est toujours limité à sept, quelles que soient la variété et la multiplicité des commandements avec répétiteur et signal avertisseur.

Les transmetteurs et récepteurs d'ordres pour machines, que représentent dans leur en-

semble les figures 13 et 14, ne diffèrent entre eux que par le mode de support. Le transmetteur est monté sur pied; le récepteur s'accroche ordinairement au mur; les cadans sont divisés en deux parties principales: *en avant, en arrière*, et comprennent divers commandements, tels que: *attention, stop, lentement, demi-vitesse, grande vitesse, à toute vitesse*. Dès que le levier du transmetteur est déplacé vers un ordre quelconque, l'aiguille indicatrice du récepteur se déplace du même angle vers l'ordre correspondant. Immédiatement l'homme du récepteur doit faire mouvoir son levier et le mettre en concordance avec l'aiguille indicatrice, ce qui provoque, sur le cadran du transmetteur, la déviation de l'aiguille venant se placer à son tour sur l'ordre transmis; c'est la preuve que l'ordre a été reçu et compris. Pendant tout le temps de ces manœuvres, les sonneries tintent.

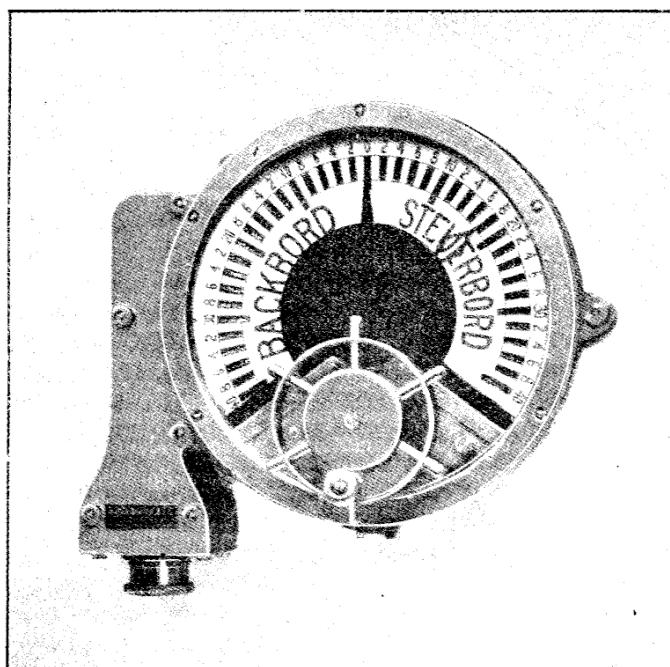


Fig. 15. -- Transmetteur d'ordres de barre Siemens et Halske.

La rapidité avec laquelle se meut l'armature, en accord avec le déplacement du champ magnétique, est forcément limitée par le moment d'inertie des organes, car il est nécessaire que ces appareils soient extrêmement robustes. Mais cette rapidité est encore supérieure à celle qui est exigée pour la transmission des ordres sur les navires. Le système ne demande qu'à être protégé contre les chocs brusques et les à-coups dus à une fausse manipulation, comme cela peut souvent se produire; c'est pourquoi MM. SIEMENS ET HALSKE ont pourvu ces transmetteurs d'un piston amortisseur à air accouplé au levier de manipulation, ce qui n'empêche d'aucune façon l'exactitude des indications ni la correction du fonctionnement; mais ce piston oppose aux chocs une telle résistance que les appareils ne courront plus aucun danger.

Au début d'une transmission, alors que le courant ne passe pas encore, l'aiguille du récepteur n'est pas en concordance lorsqu'on ferme le circuit; c'est pour cela que l'axe du mouvement porte (fig. 11) un segment *h* qui, dans les positions extrêmes de l'aiguille, vient s'appuyer contre une cheville extérieure montée sur l'axe de l'armature *A*. Pour la mise en fonctionnement des appareils, il suffit alors de pousser le levier de manœuvre dans les deux positions extrêmes et, dans ce cas, il coïncide instantanément avec le levier du récepteur.

Dans le commutateur des appareils de transmission pour la salle des machines, il faut toujours obtenir une interruption franche du courant, surtout si l'on emprunte l'énergie nécessaire aux circuits d'éclairage. Pour cela, l'axe du levier est pourvu d'une roue étoilée dans les dents de laquelle s'engrènent des molettes fortement comprimées par un ressort robuste. Lorsque le levier se déplace alors sur les bagues de contact, l'interruption s'effectue toujours, rapide et brusque.

Les sonneries employées sont également d'un modèle spécial, complètement protégées contre toute invasion de poussières de charbon ou de vapeur d'eau.

Les transmetteurs d'ordres de route pour les hommes de la barre sont absolument identiques aux précédents comme organes électriques ; la seule différence qu'ils présentent (fig. 15) consiste forcément dans les indications inscrites sur le cadran ; il est divisé en deux parties : *bâbord* à gauche, *tribord* à droite, avec des divisions identiques, correspondant aux degrés de déviation de 0 à 40. Le levier de manœuvre affecte la forme d'une roue à manettes semblable à celle du servomoteur commandant le gouvernail. Les appareils comportent également deux aiguilles ; l'une d'elles suit les mouvements du commutateur ; l'autre, réceptrice, enregistre les déplacements de l'armature des bobines.

Enfin, des indicateurs des angles de barre peuvent montrer à chaque instant automatiquement la route suivie, dans des récepteurs disposés sur la passerelle, dans le blockhaus, etc. Le transmetteur (fig. 16), seul, diffère quelque peu des appareils précédents ; il comporte un commutateur accouplé directement au moyen d'une chaîne double avec le gouvernail ; les différentes positions de la tige de contact de ce commutateur correspondent donc avec les déviations de la barre et sont transmises comme précédemment à un récepteur indicateur renfermant le groupe ordinaire des 6 bobines avec leur armature mobile solidaire d'une aiguille qui parcourt les divisions d'un cadran. Afin d'éviter tout dérangement du commutateur, ce qui pourrait arriver par suite de chocs brusques, la chaîne est munie de pièces intermédiaires faisant ressort ; de plus, le commutateur est muni lui-même d'un échappement qui ne permet qu'une vitesse de déplacement déterminée, mais toujours prévue plus grande que la pratique ne l'exige ; le déplacement total du gouvernail de bâbord à tribord s'effectue au maximum en 20 secondes. Les trois bagues de contact du commutateur, qui affectent la forme d'un pignon denté, sont déplacées l'une par rapport à l'autre de $1/3$ de la distance qui

sépare deux dents, afin que ces trois pignons, qui touchent alternativement les deux balais frotteurs, viennent communiquer successivement avec les trois conducteurs du circuit des bobines et transmettent ainsi tous les mouvements du gouvernail dans les deux sens.

Pour terminer, nous montrerons, sur la figure 17, l'installation d'un nombre illimité d'appareils SIEMENS ET HALSKE. L'un des conducteurs se relie, à travers les sonneries g, g', g'' , à tous les manipulateurs d, d', d'' , tandis que l'autre, traversant les enroulements $r_1, r_2, r_3, r'_1, r'_2, r'_3$ des bobines, revient aboutir aux contacts a, b, c, a', b', c' des commutateurs. Si l'un quelconque des manipulateurs d, d', d'' est déplacé, un courant traverse tout l'ensemble des circuits et les appareils fonctionnent synchroniquement. On peut donc desservir un nombre quelconque de postes à l'aide de 8 conducteurs seulement, y compris les sonneries.

Comme dispositif général et commun à tous les appareils, deux lampes à incandescence éclairent intérieurement les cadans, dont les indications ressortent en noir sur un fond lumineux. Une étanchéité complète est assurée : néanmoins le démontage s'opère facilement et sans

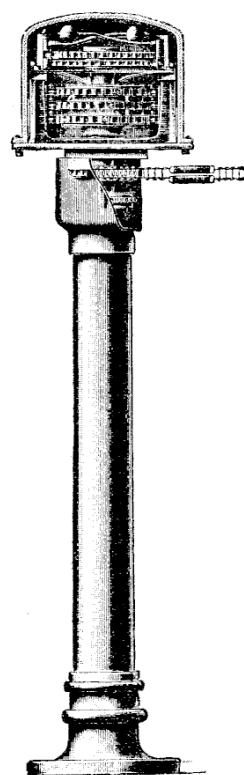


FIG. 16. — Transmetteur de l'indicateur des angles de barre, système Siemens et Halske.

qu'il soit nécessaire de détacher aucune connexion : toutes les pièces sont interchangeables et peuvent être remplacées avec la plus grande rapidité.

Les transmetteurs SIEMENS ET HALSKE sont adoptés sur un grand nombre des cuirassés de la marine allemande et de la marine autrichienne, ainsi que sur les paquebots de la Compagnie du NORDDEUTSCHER LLOYD.

Il est évident que, dans un combat, ces transmetteurs peuvent avoir le sort malheureux et très aventureux de tous les appareils électriques, qui, à bord, sont exposés à tant d'avaries : toute-

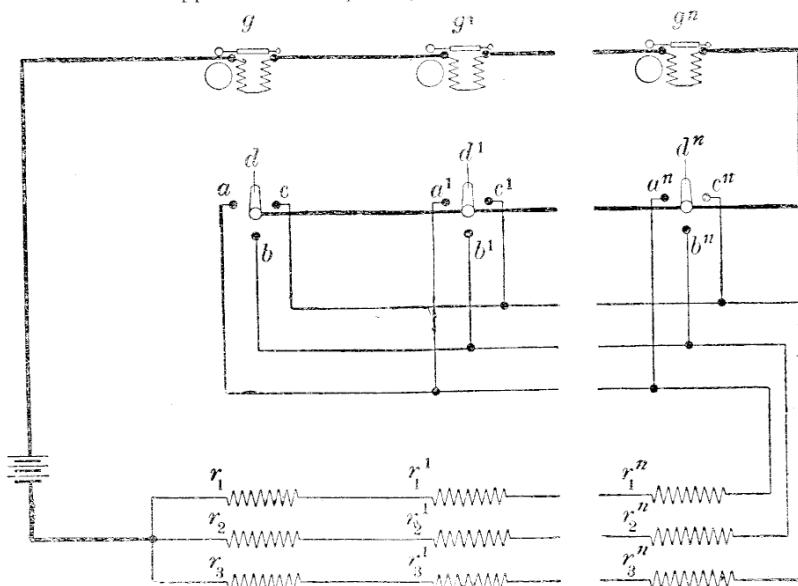


Fig. 17. — Installation d'un nombre illimité de transmetteurs d'ordres Siemens et Halske.

fois leur fonctionnement très ingénieux offre des sécurités et des moyens de vérification qui sont remarquables et doivent être remarqués.

LE BATEAU ÉLECTRIQUE DE MM. SMIT ET ZOON

En attendant que la navigation électrique aborde la haute mer et que les conceptions américaines de torpilleurs actionnés électriquement se réalisent, les fleuves, les rivières et les canaux se peuplent davantage de jour en jour d'élégantes embarcations plus ou moins grandes qui, luxueuses, légères et rapides, sillonnent maintenant les cours d'eau des deux mondes. Un seul exemplaire de cette heureuse application de l'énergie électrique figurait à l'Exposition universelle ; il nous venait tout naturellement de la Hollande, de ce pays où la vie se passe en bateau, pour ainsi dire, et où la plupart des villes, Venise du Nord, sont coupées de canaux au lieu de rues et baignées de toutes parts par les eaux de la mer. L'*Electronaut* sort des chantiers de MM. Smit et Zoon, à Kinderdijk, et était exposé au rez-de-chaussée de la salle des machines au Champ-de-Mars, dans la section hollandaise : il a pour frères jumeaux de nombreux types déjà en service un peu partout, tels que le *Triphasé*, la *Koningin Wilhelmina*, la *Nelly*, le *Kroonprins*, yacht de course du sultan de Bornéo, le *Politie*, bateau utilisé par la police de Rotterdam, etc...

Le bateau électrique de MM. Smit et Zoon *fig. 18* a 12 m de long et comporte une hélice fixe ordinaire terminant l'arbre de couche sur lequel vient se monter l'induit du moteur qui le met en mouvement.

Ce moteur, du type à quatre pôles, comprend un inducteur en acier coulé dont les enroulements sont divisés en quatre sections, afin de permettre le réglage de la vitesse ; le fil de cuivre des

bobines est à section rectangulaire de 3 sur 33 mm. Les pôles sont disposés de manière que le champ magnétique extérieur soit très faible. L'induit, qui présente un diamètre de 340 mm, est composé de tôles minces en acier doux assemblées sur un noyau à quatre projections fixé sur l'arbre; ces tôles portent 33 entailles où sont logées les douze spires d'un fil de cuivre rectangulaire présentant une section de 2 sur 7,5 mm. Le collecteur, qui comporte 99 lames, est isolé au mica et les connexions sont soigneusement soudées. Le graissage est obtenu automatiquement sur chaque palier au moyen d'un graisseur à bague; la rotation de l'arbre s'effectue douce et sans à-coups par l'intermédiaire de deux ensembles de 19 billes d'acier durci de 40 mm de diamètre. La batterie d'accumulateurs, logée de chaque côté de la cabine dans les sièges, comprend 80 éléments Tudor B. O. VI. divisés en deux groupes et présente une capacité de 360 ampères-heure. Quant au coupleur, dont nous donnons les connexions détaillées (fig. 19),

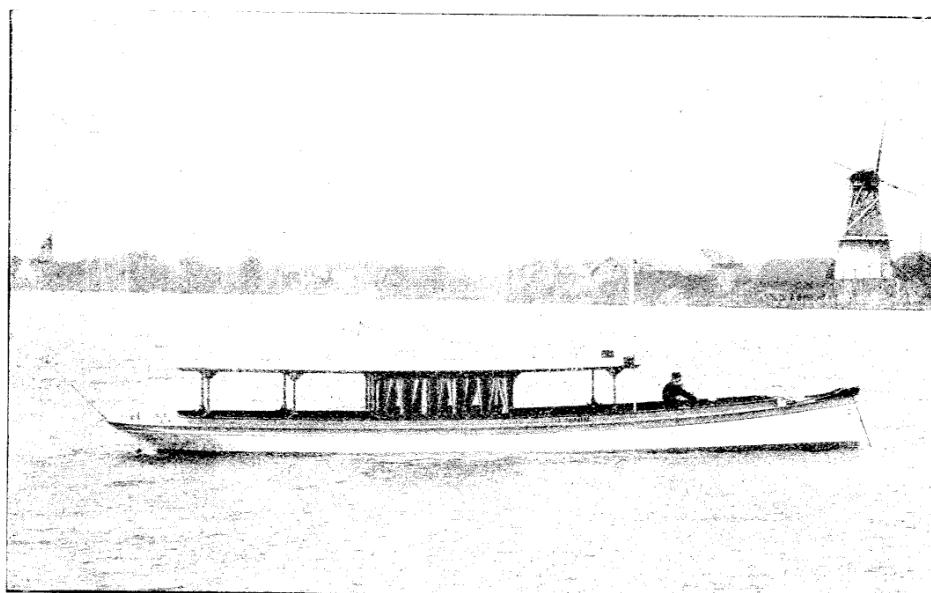


Fig. 18. — Bateau électrique Smit et Zoon.

il est analogue à ceux que l'on emploie pour la traction et comporte un manipulateur qui peut prendre six positions et un interrupteur inverseur, afin de pouvoir grouper les accumulateurs en parallèle ou en série. En plaçant successivement le manipulateur à ses divers crans d'arrêt, on peut :

- 1^o Grouper les bobines avec deux résistances en série;
- 2^o Grouper les bobines avec une résistance en série;
- 3^o Supprimer les deux résistances et grouper les bobines en série;
- 4^o Grouper deux bobines en parallèle et deux en série;
- 5^o Grouper trois bobines en parallèle;
- 6^o Grouper les quatre sections en parallèle.

On obtient alors ainsi diverses vitesses et diverses consommations de courant qui sont pour les positions 3, 4, 5 et 6 :

TOURS DE L'HÉLICE À LA MINUTE	AMPÈRES	VOLTS	HEURES
365	72	157	4
430	110	155	2,3
490	155	153	1,3
492	180	159	1

Le régime maximum imprime au bateau une vitesse de 10 noeuds, mais la vitesse normale est de 8 noeuds. Quant au rayon d'action, on voit qu'il est assez limité, puisque l'on ne peut guère compter, avec une vitesse moyenne, que sur trois ou quatre heures de route. Il est vrai que, dans la navigation fluviale, on rencontre maintenant de nombreuses usines d'électricité, points de ravitaillement qui ne font que se multiplier et où l'on pourra aisément renouveler sa charge. MM. Smit et Zoon ont combiné leurs connexions et leurs groupes d'accumulateurs de manière à pouvoir charger soit avec 220 volts de tension aux bornes, soit avec 440 volts. Dans le premier cas, le commutateur inverseur est placé dans la position supérieure et relie les bornes *a* et *b* (fig. 19) avec les conducteurs aboutissant à la source d'énergie; on intercale dans ce dernier circuit une résistance réglable pour un courant maximum de 90 ampères. Pour la charge avec un courant à 440 volts, la batterie étant séparée en deux parties égales groupées en parallèle, on réunit directement, le commutateur *x* étant hors circuit, les bornes *a* et *b* et les bornes *+* et *-* avec la source d'énergie, en ayant soin d'intercaler dans chaque groupe une résistance réglable

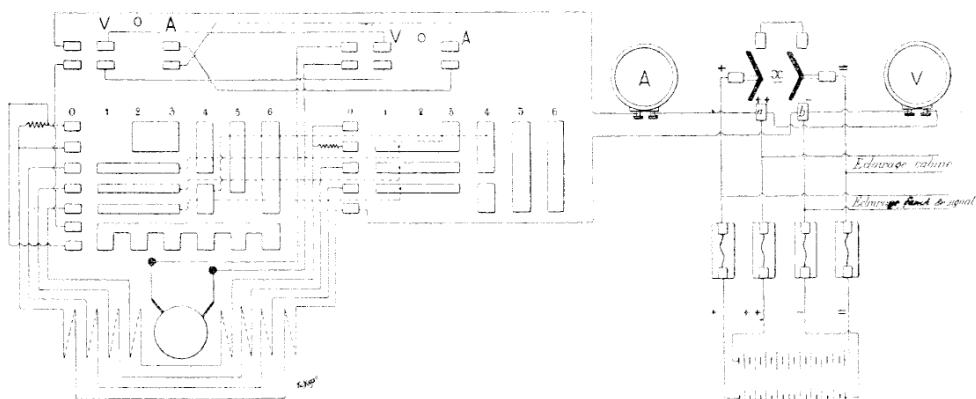


Fig. 19. — Connexions du coupleur du bateau électrique Smit et Zoon.

pour 90 ampères. Le coupleur et les appareils de réglage sont situés à l'avant de la cabine vitrée qui surmonte le bateau; toutes les connexions, tous les circuits du moteur à la batterie et aux coupleurs sont soigneusement isolés au caoutchouc vulcanisé et sont enfermés sous plomb.

Nous n'avons pas besoin de faire ressortir les avantages d'une embarcation électrique sur sa congénère à vapeur: propreté, sécurité, rapidité d'un départ immédiat pour lequel l'énergie électrique est toujours prête; inutilité d'un personnel toujours encombrant de chauffeurs et de mécaniciens. Les Compagnies de navigation fluviale comprennent depuis quelque temps déjà toutes ces supériorités, car elles commencent à créer des services publics de bateaux électriques qui ne feront évidemment que prendre de plus en plus d'extension. C'est à des constructeurs comme Smit et Zoon que nous serons redevables de semblables progrès.

PROJECTEURS

Les projecteurs sont surtout employés dans la marine de guerre sur les navires et sur les côtes; ils sont cependant aussi en usage courant sur certaines lignes de paquebots.

Ces appareils sont munis de lampes à arc de types spéciaux montées au foyer d'un miroir qui est étudié pour donner un faisceau parallèle.

Il y a plusieurs types de projecteurs au point de vue optique; les uns sont à miroir sphérique système Mangin, les autres à miroir parabolique. Dans certains de ces appareils, les lampes sont à crayons inclinés, dans d'autres à crayons horizontaux.

Certains constructeurs exposaient des projecteurs de plus faible puissance, destinés à des applications variées, en particulier pour les scènes de théâtre et les navires de plaisance.

Projecteurs de la Maison Sautter-Harlé et Cie. — La maison SAUTTER-HARLÉ ET Cie, qui s'est fait depuis longtemps une spécialité de ces appareils, construit plus de cent vingt modèles différents ; elle présentait à l'Exposition les types les plus employés par la marine marchande, la marine de guerre et le génie militaire. A la classe 33 était exposé un projecteur de 0,50 m de diamètre, étudié spécialement pour faciliter le passage de nuit du canal de Suez. A la classe 118 figurait un projecteur de 0,60 m de diamètre du modèle réglementaire de la marine française, qui peut être commandé soit à la main, soit à distance par l'électricité, et s'installe dans les hunes des navires. A la classe 117 figurait un projecteur monté sur chariot et sur affût du type réglementaire pour l'artillerie de campagne. A l'affût est accroché un fourgon contenant une bobine pour l'enroulement du câble qui relie le projecteur au générateur d'électricité. Dans cette même classe était exposé un projecteur de 1,50 m de diamètre du type adopté pour la défense des côtes. Cet appareil s'installe soit à poste fixe, soit en casemate ; il est alors monté sur socle à galets et peut circuler sur une voie ferrée.

Parmi ces nombreux appareils, nous allons décrire le projecteur de hune (fig. 20), qui, avec les projecteurs de pont, d'étrave, d'arrière et de sabord, est le plus employé sur les navires de guerre.

Le projecteur de hune est généralement commandé à distance. L'appareil complet se compose de trois parties distinctes : 1^o le projecteur proprement dit, avec son mécanisme intérieur produisant les deux mouvements d'inclinaison et les deux mouvements d'orientation ; 2^o le poste de commande à distance ; 3^o le câble à six conducteurs reliant le poste de commande au projecteur.

Le mécanisme contenu dans le socle permet quatre mouvements différents du faisceau lumineux : de droite à gauche, de gauche à droite, de haut en bas et de bas en haut. A cet effet, le socle contient un moteur électrique M (fig. 21) à double induit indépendant, dont l'un commande les mouvements d'orientation et l'autre les mouvements d'inclinaison du projecteur.

Sur l'arbre de l'un des induits est calé un pignon denté P', qui entraîne une roue dentée R' ; par l'intermédiaire de la vis hélicoïdale V' et des roues dentées B, C et C', les mouvements de l'induit sont transmis au plateau S qui supporte le projecteur. Le levier extérieur E sert à débrayer le projecteur quand on veut faire la manœuvre à la main.

Par l'intermédiaire des roues dentées P et R, de la vis tangente V, de l'arbre fileté T sur lequel monte ou descend la douille-écrou J, le second induit du moteur transmet au projecteur ses deux mouvements d'inclinaison en manœuvrant les leviers L, L' et L'' articulés en I, I' et I''. La manœuvre à la main s'effectue en dévissant les chevilles I''. Pour limiter les mouvements d'inclinaison, la douille J porte un doigt F qui rencontre, dans son mouvement sur la tige T, l'un ou l'autre des deux leviers G et G' articulés sur un axe horizontal et les fait basculer autour de leur axe. Ces leviers, en basculant ainsi, coupent le circuit d'alimentation de la bobine du moteur et mettent l'induit en court-circuit, provoquant ainsi l'arrêt brusque du projecteur. La distance d'écartement des leviers G, G' peut être réglée de façon à limiter l'inclinaison au degré voulu.

Le poste de commande à distance est logé dans une caisse cylindrique ; il comporte le commutateur d'arrêt et de mise en marche, les deux commutateurs d'orientation et d'inclinaison et les rhéostats pour faire varier la vitesse des moteurs.

Chaque commutateur se compose de deux cercles en cuivre superposés et divisés chacun en plusieurs segments. Un cylindre creux C, contenant un fort ressort en spirale, peut tourner sur son axe à l'intérieur des cercles ; il porte des pièces de cuivre A, B, dont il est isolé, qui sont elles-mêmes isolées l'une de l'autre et qui permettent de relier électriquement deux segments superposés, tels que ea et df. Le ressort en spirale sert à ramener le cylindre C dans sa position de repos quand on abandonne la poignée de manœuvre.

Les connexions entre les bornes du manipulateur et les différents segments sont faites comme l'indique le schéma (fig. 23).

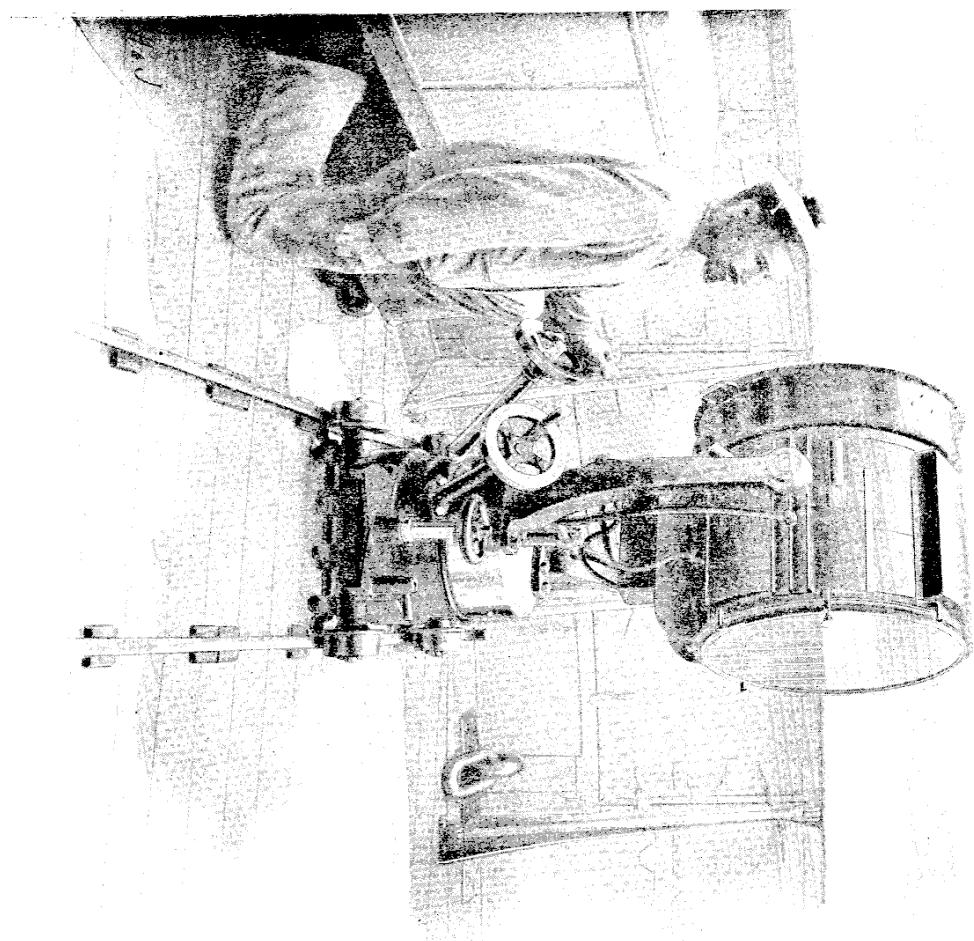


Fig. 20. — Projecteur Mauzin de la maison Sautter-Harté et C°.

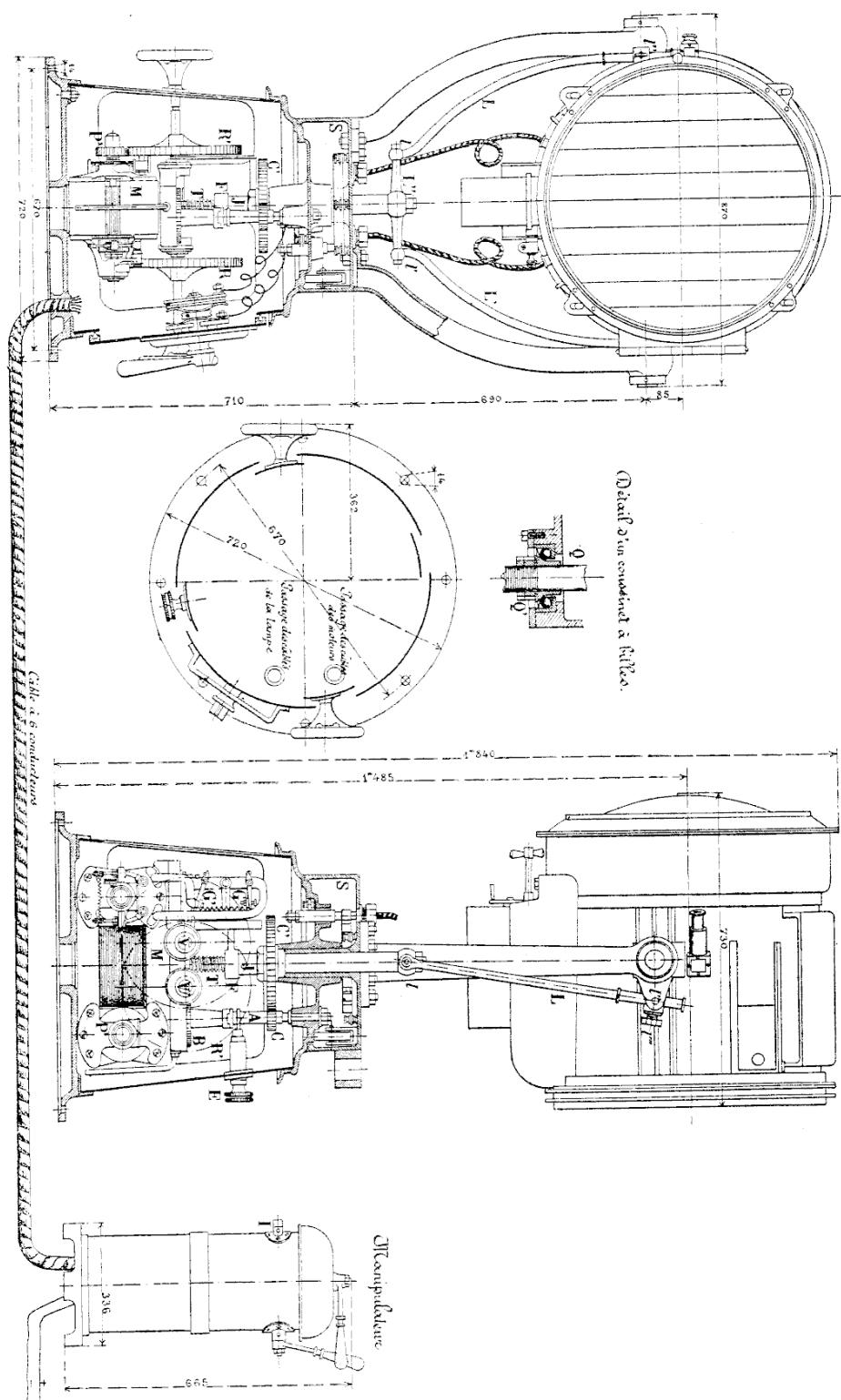


FIG. 21. — Projecteur Maquin avec commande électrique à distance.

Le manipulateur et le projecteur sont reliés par un câble à six conducteurs dont les extrémités sont repérées et qui se fixent dans les bornes des deux appareils. Ce câble est destiné uniquement à la commande à distance ; le câble pour la lampe est séparé.

Pour pouvoir allumer à distance la lampe du projecteur, on a installé un relais sur le fil négatif de la lampe à l'aide duquel on ouvre ou ferme le circuit en manœuvrant l'interrupteur I.

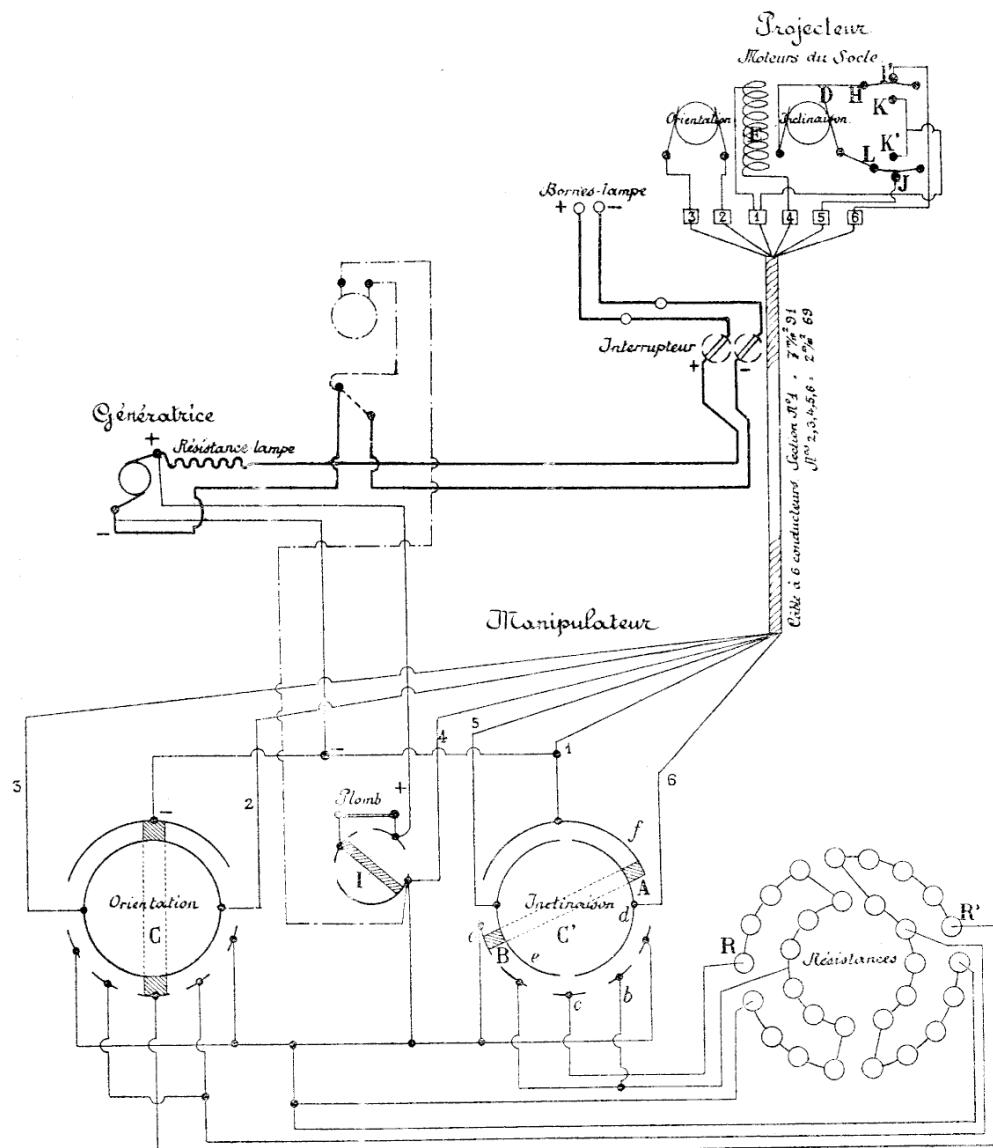


FIG. 22. — Schéma des connexions du projecteur Mangin avec son appareil de commande.

du poste de commande. Ce relais est branché, d'une part, sur l'interrupteur I et, d'autre part, sur le fil négatif de la lampe.

Les projecteurs à courte distance focale et à grand angle d'éclairement sont munis de lampes à charbons horizontaux ; quand la distance focale dépasse 60 pour 100 du diamètre, on emploie une lampe à charbons inclinés.

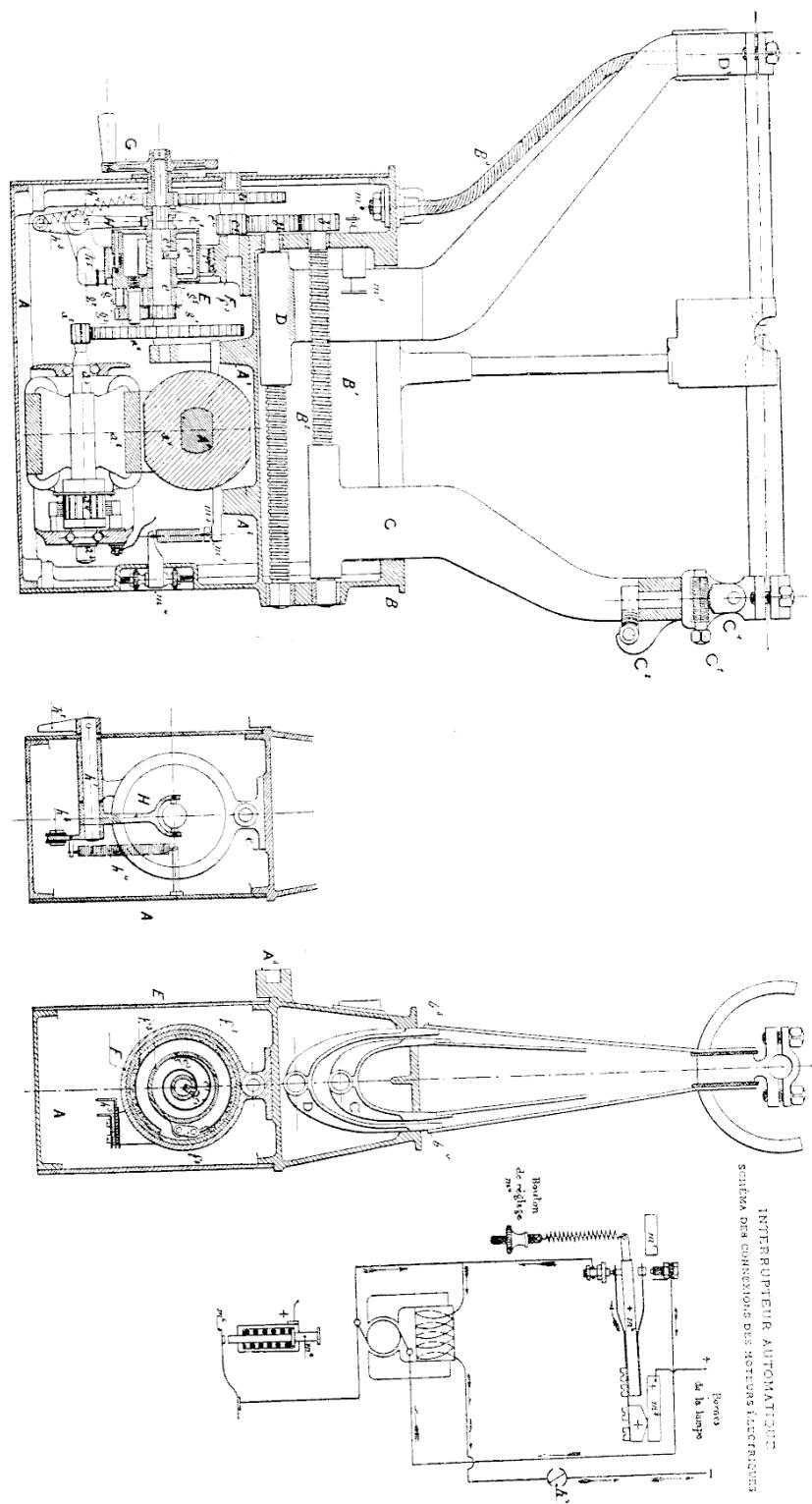


FIG. 23. — Détails de construction de la lampe du projecteur Manqui.

La lampe à charbons horizontaux se compose d'un petit moteur électrique placé en dérivation aux bornes du régulateur; il opère le rapprochement des charbons par action directe lorsque la différence de potentiel vient à dépasser une limite fixe. Ce moteur est également utilisé pour tendre un ressort qui sert à provoquer le mouvement d'écart des charbons à l'allumage. Ce ressort, qui est un simple accumulateur d'énergie, est constamment détendu lorsque le moteur ne fonctionne pas; quand la lampe est en marche, au contraire, sa réaction est toujours disponible à un moment quelconque de la course des charbons.

La figure 23 représente trois coupes, verticale, longitudinale et transversale de cette lampe.

Le levier h^2 étant sur la marche automatique (A) et les charbons écartés, si nous fermons le circuit de la lampe, l'induit a^2 du moteur 4 se met en mouvement et, par l'intermédiaire de l'arbre a^3 , du pignon et de la roue a^5 et a^6 , de l'axe e , de l'embrayage e^2 , du pignon e^4 , de la roue e , du pignon e^7 et des roues b^1 et b^2 , il entraîne les vis B^1 et B^2 en sens inverse, de façon à rapprocher les porte-charbons C et D. Pendant ce mouvement, la rotation de l'axe e tend le ressort e^1 qui est entraîné par son extrémité e^2 ; le pignon g^1 fait tourner les roues g^2 et g^4 , de façon qu'après un nombre déterminé de tours la dent de la roue g^4 vienne buter contre la partie saillante de la croix de Malte g^5 .

L'arbre e entraîne alors la boîte E non plus par l'effort du ressort e^1 , mais par l'intermédiaire des pièces que nous venons de mentionner et de l'arbre g^3 . L'effort est transmis par la boîte E du ressort f^1 , par la bielle f^2 , ainsi que son frotteur f^3 , qui glisse dans la couronne F. Le ressort e^1 se trouve ainsi bandé toujours à la même tension. Ce mouvement se continue jusqu'à ce que les charbons viennent en contact.

A ce moment, la différence de potentiel aux bornes de la lampe devient nulle, l'armature m^3 de l'interrupteur automatique supprime le courant de l'induit, dont le couple moteur s'annule. Le ressort e^1 agit alors par l'énergie qu'il a emmagasinée et fait tourner l'axe e en sens inverse.

Ce mouvement écarte les porte-charbons et provoque l'allumage.

Dès que l'arc est formé, la différence de potentiel aux bornes de l'électromoteur augmente et l'interrupteur automatique rétablit le courant dans l'induit. Le moteur se met en marche et rapproche les charbons en bandant le ressort e^1 ; le voltage baissant de nouveau, l'interrupteur automatique supprime le courant et le ressort e^1 écarte les charbons. Ces petits mouvements se succèdent ainsi et donnent à l'arc une fixité très grande.

La lampe peut fonctionner à une intensité quelconque.

Lorsque les crayons sont presque usés, le porte-charbon C bute sur le piston m^5 qui établit le contact avec m^6 , mettant ainsi l'induit du moteur en court-circuit et, par suite, arrêtant le fonctionnement de la lampe.

Pour manœuvrer la lampe à la main, on tourne le levier h^2 sur la lettre M; l'axe h^4 et la fourche H débrayent le manchon e^5 , tandis que l'interrupteur h^3 coupe le courant du moteur. Les mouvements de rapprochement et d'écartement des charbons se font alors en manœuvrant le volant G calé sur le pignon e^3 qui transmet son mouvement par l'intermédiaire des roues et pignons e^6 , e^7 , b^1 et b^2 .

La lampe à charbons inclinés a des propriétés identiques à la lampe à crayons horizontaux que nous venons de décrire.

Projecteurs de la Maison Breguet.— Ces projecteurs (fig. 24) sont construits de quatre types principaux, qui diffèrent entre eux par la dimension du miroir, qui a, suivant les cas, 30, 40, 60 ou 90 cm de diamètre. La lampe employée dans ces quatre types est la même, mais elle peut être réglée à des intensités de 45, 45, 75 ou 100 ampères, suivant le rhéostat introduit dans le circuit.

Le dispositif mécanique de manœuvre du projecteur ainsi que sa forme extérieure sont appropriés aux applications spéciales que l'on a en vue; mais les organes essentiels restent identiques dans tous les cas. Dans certains cas, ces projecteurs sont manœuvrés à distance par un servomoteur électrique.

Le miroir en forme de paraboloïde de révolution est en cristal de 10 mm d'épaisseur environ entièrement travaillé sur les deux faces par des procédés mécaniques. Il est argenté sur sa face postérieure et fixé dans une gaine métallique mobile au fond d'un cylindre en tôle d'acier qui est fermé, à sa partie antérieure, par une porte à glaces planes. Devant cette porte, on peut accrocher à volonté une porte à lentilles divergentes; dans certains modèles, ces portes amovibles sont remplacées par d'autres pourvues d'appareils à signaux que l'on fixe devant d'autres portes à systèmes optiques variés de façon à pouvoir, à volonté, soit étaler, soit concentrer, soit cacher le faisceau.

Le cylindre portant l'appareil optique est convenablement aéré pour éviter un trop grand échauffement quand la lampe, qui est placée dans la partie inférieure, est en fonctionnement. Ce cylindre est muni de deux tourillons par l'intermédiaire desquels il repose sur des bras fixés à un plateau circulaire mobile. L'un des tourillons porte une roue directrice en contact avec une vis tangente qu'un volant permet de faire tourner pour donner au projecteur l'inclinaison que l'on désire.

Sous le plateau mobile sont fixés des balais de prise de courant reliés à deux bornes qui permettent d'amener le courant à la lampe. Ce plateau est monté sur galets de façon à permettre de modifier l'orientation du projecteur.

Un plateau fixe porte le chemin de roulement des galets du plateau mobile, un interrupteur et deux bornes d'attache des câbles venant de la source du courant.

La manœuvre du plateau mobile se fait à l'aide d'une vis tangente qui engrène avec une roue hélicoïdale montée sur ce plateau.

La lampe à arc placée à l'intérieur du cylindre du projecteur est à charbons horizontaux.

Cette lampe (*fig. 25*) se compose de deux chariots montés sur quatre galets chacun. Le chariot supérieur A porte le charbon positif *a* et roule sur les deux rails *b*. Un petit volant permet de régler la mise au point du charbon positif.

Un des deux rails reçoit le courant par une bande de cuivre rouge attachée à la borne de prise de courant positif *P*.

Sur le chariot inférieur C est fixé le porte-charbon négatif *c* également monté sur quatre galets roulant sur deux rails *d*. Le courant y arrive par une bande de cuivre rouge qui est reliée à la borne *N*.

Le passage du courant entre les chariots et les rails est obtenu par des frotteurs. Les rails sont montés par deux sur la plaque supérieure *f*, mais bien isolés l'un de l'autre et de cette plaque.

Les chariots reçoivent leur mouvement chacun par un pignon engrenant avec une crémaillère du chariot. Chacune des deux crémaillères est isolée de son chariot. Les deux pignons sont montés sur le même arbre vertical *G*, à l'extrémité inférieure duquel est goupillée une roue dentée *H*.

Un petit moteur électrique *M*, disposé de telle sorte que l'arbre de son induit, taillé en

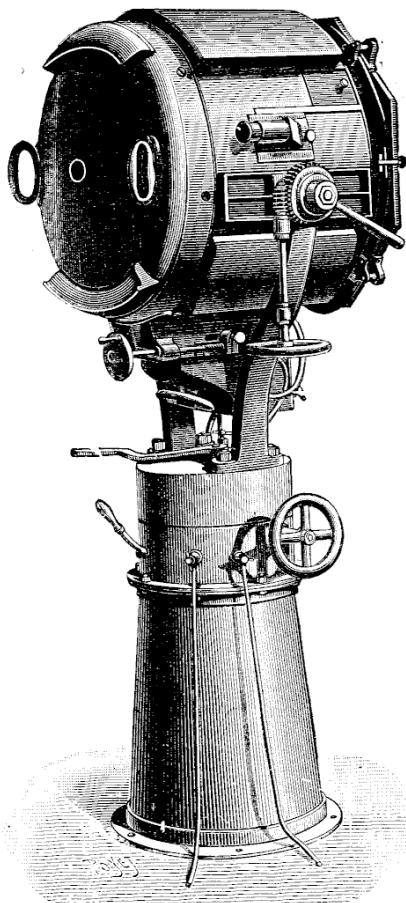


Fig. 24. — Projecteur Breguet.

pignon, pénètre librement dans l'arbre G, pivote dans la plaque de base de la lampe. Les mouvements de l'induit sont ainsi transmis par un intermédiaire *i* à la roue dentée H.

Il résulte de ce montage que les moindres mouvements de l'induit sont transmis à la roue dentée H et de là aux chariots A et C.

Le rapprochement des deux chariots est obtenu par le moteur, tandis que l'écartement est commandé par un ressort à spirale enfermé dans le bâillet B.

Sur l'enveloppe de ce bâillet est taillée une couronne dentée qui engrène avec une crémaillère taillée dans un côté du chariot C.

On peut régler la tension du ressort à spirale à l'aide d'une roue dentée et d'une vis tangente.

Quand le courant ne passe pas dans l'induit, le bâillet agit pour écarter les chariots : au contraire, si l'induit est traversé par le courant, il rapproche ces chariots.

Le relais R sert à envoyer ou à couper le courant dans l'induit du moteur M.

Cette lampe peut être manœuvrée soit à la main, soit automatiquement. A cet effet, dans la couronne dentée du bâillet, peut engrainer une vis tangente fixée sur un arbre K, sur lequel on peut agir de l'extérieur de la lampe en manœuvrant un volant. Cet arbre est monté dans un support articulé qui est maintenu écarté par un ressort en boudin. Si l'on veut manœuvrer la lampe à la main, il suffit de rapprocher ce support ; on engrène alors la vis tangente avec la couronne dentée au moyen d'un doigt et d'une petite poignée *l*, placée extérieurement, qu'on tourne sur la lettre M (main). En même temps qu'on engrène la vis tangente, on rompt automatiquement le circuit du moteur.

Au-dessus du porte-charbon positif est disposé un cendrier *m* surmonté d'un demi-cercle en fer doux ; celui-ci est destiné à diriger l'arc de façon à obtenir une taille régulière du charbon positif.

Le bouton *n* commande un cliquet qui sert à maintenir les charbons à une faible distance en cas d'extinction. Pour changer les charbons, on presse sur ce bouton et les porte-charbons s'écartent rapidement de toute leur course.

En plaçant la petite poignée *l* sur la lettre A, la lampe est disposée pour marcher automatiquement.

Au repos, les charbons sont écartés par le ressort du bâillet B d'environ 5 à 6 mm et le cratère du charbon positif doit être placé à fleur du fer doux en demi-cercle qui, alors, l'entoure. Quand on ferme l'interrupteur, un courant dérivé passe dans les bobines du relais, l'armature est attirée, le court-circuit du moteur établi sur la vis *r* est rompu et un autre courant dérivé passe au collecteur du moteur pour sortir par l'inducteur et retourner, par la masse, au pôle négatif.

La différence de potentiel étant maximum, l'induit du moteur tourne rapidement en sens contraire du mouvement du bâillet et rapproche les charbons par l'intermédiaire des roues dentées I et H qui ralentissent le mouvement.

Dès que les charbons se touchent, le relais lâche son armature, qui est rappelée par un ressort antagoniste ; le court-circuit de l'induit du moteur est rétabli en *r* et le moteur s'arrête brusquement.

Le ressort du bâillet, agissant seul, écarte les charbons en donnant à l'arc la longueur correspondant à une différence de potentiel déterminée à l'avance par le réglage du ressort antagoniste du relais.

En marche, comme le bâillet tend toujours à écarter les charbons, la moindre augmentation de longueur de l'arc a pour effet de provoquer l'attraction de l'armature du relais et, par suite, la mise en route du moteur qui rétablit la longueur normale.

S'il y a extinction de la lampe, les charbons s'écartent immédiatement.

On fait varier le régime de marche de la lampe en modifiant la tension du ressort antagoniste du relais.

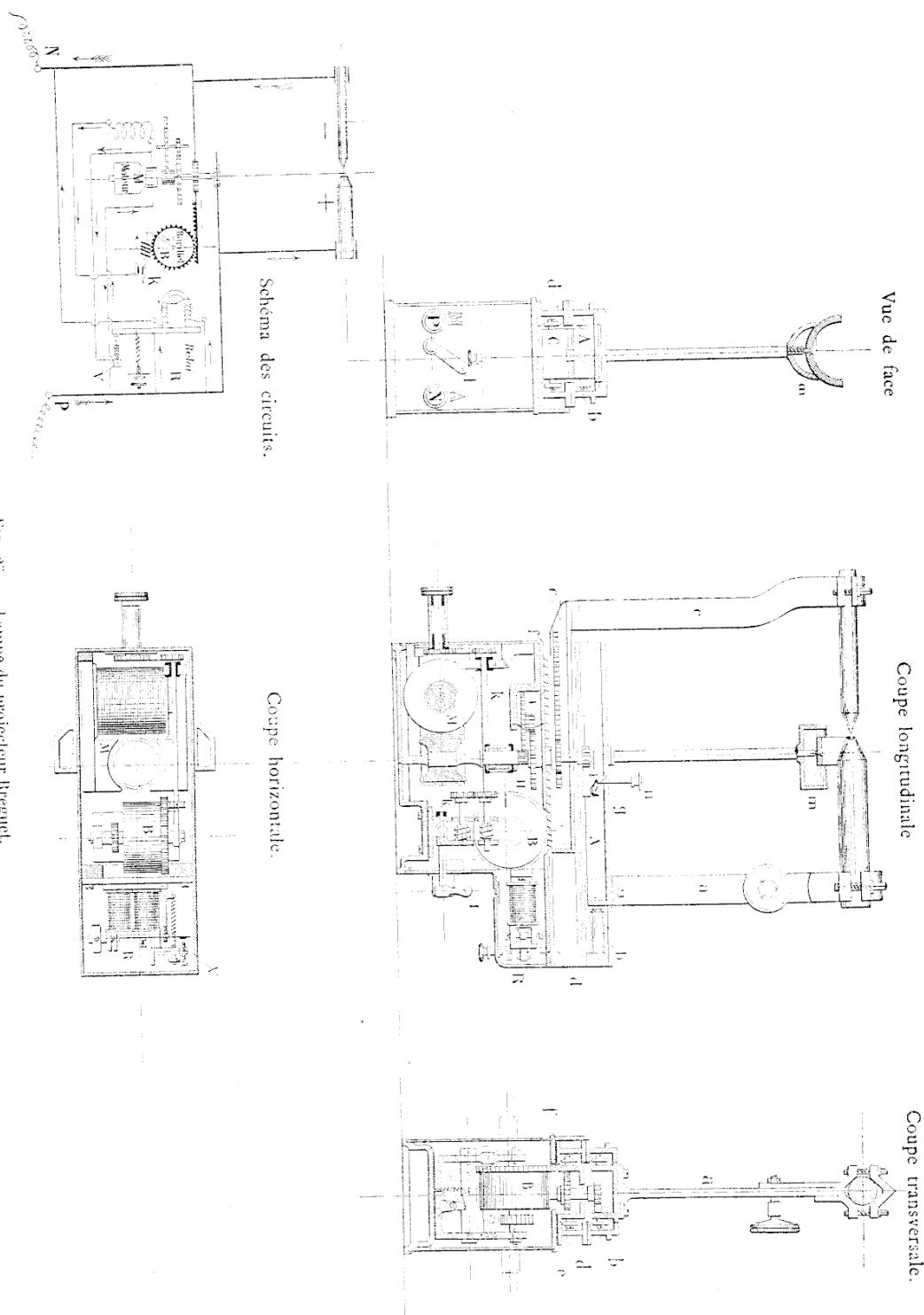


FIG. 25. — Lanterne du projecteur Breguet.

Projecteur Schuckert.— Ce projecteur (fig. 26), construit par la SOCIÉTÉ ANONYME D'ÉLECTRICITÉ DE NUREMBERG et qui figurait à l'Exposition de 1900, se compose d'une cage en tôle, suspendue sur tourbillons, qui contient le miroir, la lampe à arc et les différents appareils optiques, d'un tablier en fonte qui reçoit tous les engrenages et mécanismes nécessaires pour provoquer les mouvements de l'appareil, ainsi que les frotteurs qui amènent le courant à la lampe, et enfin d'un socle à billes qui supporte le tablier et dans lequel sont logés les électromoteurs. Les figures 28 et 29 montrent les détails de construction de ce projecteur.

La cage est en forme de cylindre à axe horizontal. Ce cylindre est fermé à sa partie postérieure par le miroir dont l'axe optique coïncide avec celui du cylindre ; la partie antérieure porte un diaphragme à iris et un disperseur double. La lampe est suspendue sous un évidement

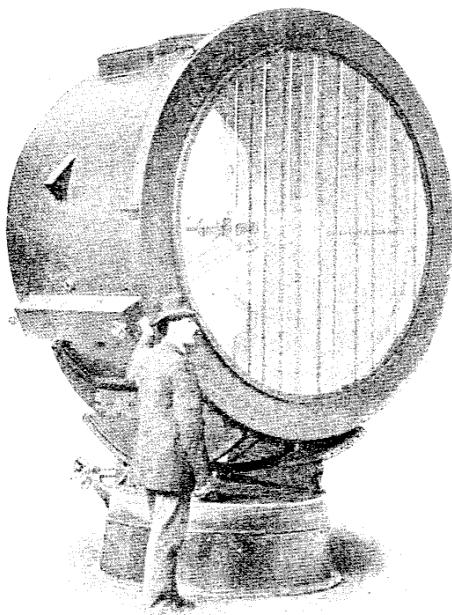


Fig. 26. — Projecteur Schuckert.

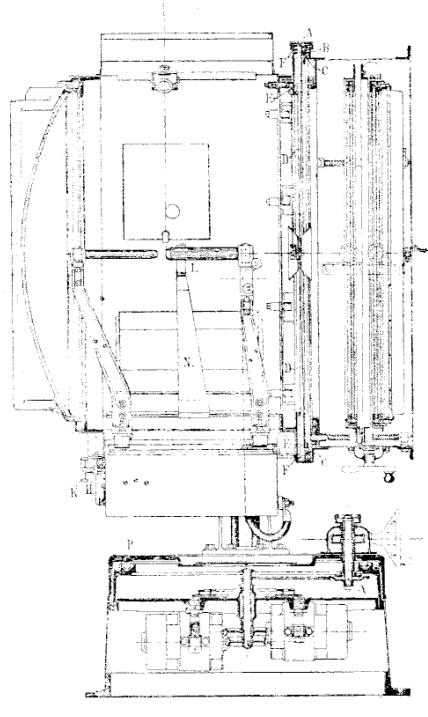


Fig. 27. — Détails de construction du projecteur Schuckert.

ménagé dans la paroi inférieure du cylindre : à cet effet, le corps de cette lampe porte des languettes qui viennent coulisser dans des rainures fixées sous le cylindre. Le coulissage qui se produit dans le sens de l'axe de la cage permet d'amener le cratère du charbon positif au foyer du miroir. Les mouvements de la lampe sont commandés par un volant à main.

La ventilation de la cage est obtenue par la combinaison d'une cheminée d'appel, placée à la partie supérieure, avec des ouvertures fermées par des jalousies percées dans la partie inférieure.

Pour amener le centre de gravité de l'appareil sur l'axe des tourbillons, les supports de ces tourbillons peuvent glisser chacun sur deux tiges d'acier solidaires de la cage.

Les mouvements d'inclinaison de la cage sont commandés par une roue dentée, actionnée mécaniquement, qui engrène avec un segment denté fixé à la partie inférieure de la cage, à droite.

Le miroir est en verre taillé sur les deux faces suivant une parabole et, par suite, d'épais-

seur uniforme. Il est argenté sur la face postérieure et il repose, par l'intermédiaire d'une feuille de carton d'amiante, dans une mouture de fonte.

La lampe est à réglage automatique et à réglage à la main à volonté; les crayons sont horizontaux. Le mécanisme de réglage automatique se compose de deux électro-aimants : l'un, monté sur le circuit principal, est destiné à l'allumage; l'autre, monté en dérivation, au réglage.

L'électro-aimant d'allumage 1 et 2 (fig. 30 et 31) comporte une armature mobile 3 reposant sur deux pivots, dont une des extrémités est reliée à deux ressorts en boudin fixés au corps de la lampe. La vis sans fin 4 suit les mouvements de cette armature. Sur l'axe vertical 5 sont fixées les deux roues 6 et 7, dont la dernière engrène avec les deux crémaillères 8 et 9 qui supportent les porte-charbons.

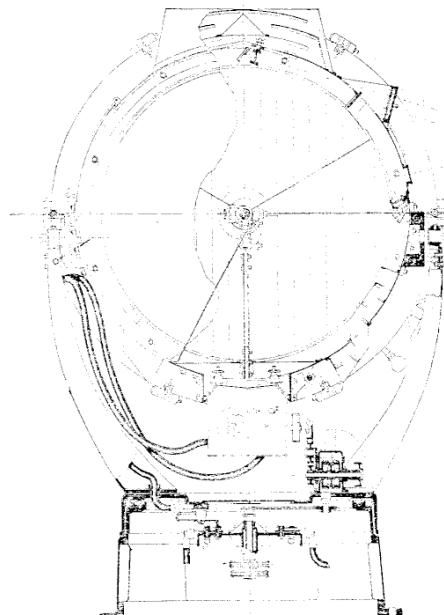


FIG. 28.
Détails de construction du projecteur Schuckert.

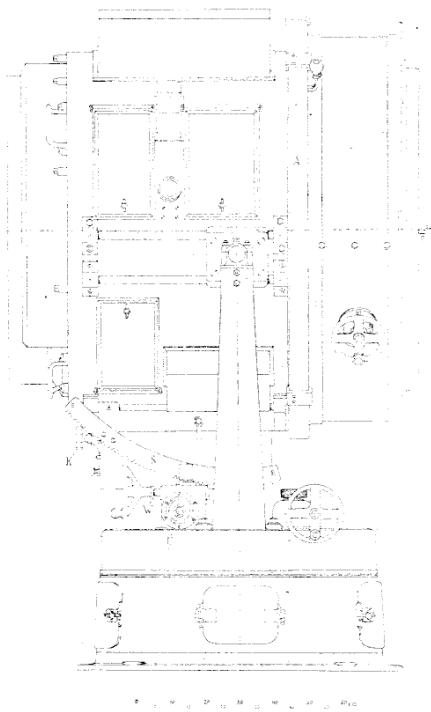


FIG. 29.
Détails de construction du projecteur Schuckert.

L'électro-aimant de réglage 10 est fixé sur le plateau inférieur de la lampe. L'armature 13 de cet électro-aimant se meut dans une équerre entre le contact 18 et les pôles de l'électro-aimant; elle est pourvue d'un contact élastique 12 et pressée sur la butée 17 par deux ressorts en boudin 16, à tension réglable par les vis 14 et 15. Le courant qui traverse l'enroulement est interrompu chaque fois que l'armature 13 est attirée et il est rétabli aussitôt par les ressorts antagonistes 16. Le cliquet 19, fixé à l'armature, glisse sur les dents du rochet 20, solidaire de l'axe 4, toutes les fois que l'armature s'abaisse; quand elle se relève, ce cliquet fait tourner la vis sans fin 4 et le mouvement est transmis aux crémaillères par l'intermédiaire des roues 6 et 7.

Si, au moment de la fermeture du circuit de la lampe, les carbons sont écartés, l'électro-aimant de réglage, qui est fortement excité, attire son armature, qui est rappelée aussitôt par les ressorts 16. Le mouvement de va-et-vient qui en résulte rapproche les carbons jusqu'au contact. L'électro-aimant d'allumage agit alors sur les crémaillères pour provoquer l'écart nécessaire.

saire à la formation de l'arc. Le réglage s'effectue dès que le courant dans l'électro-aimant en dérivation 10 est devenu suffisant pour que son armature puisse vaincre la tension des ressorts antagonistes 16. Le rapprochement qui se produit par l'intermédiaire de la vis sans fin 4 se fait par très petits déplacements à intervalles très rapprochés; il est par suite très régulier.

Le doigt 21, placé à l'extrémité de la crémaillère positive 9, en soulevant le ressort 22, rompt le courant dans l'électro-aimant 10 et arrête le fonctionnement de la lampe quand les charbons sont consumés jusqu'à une longueur déterminée.

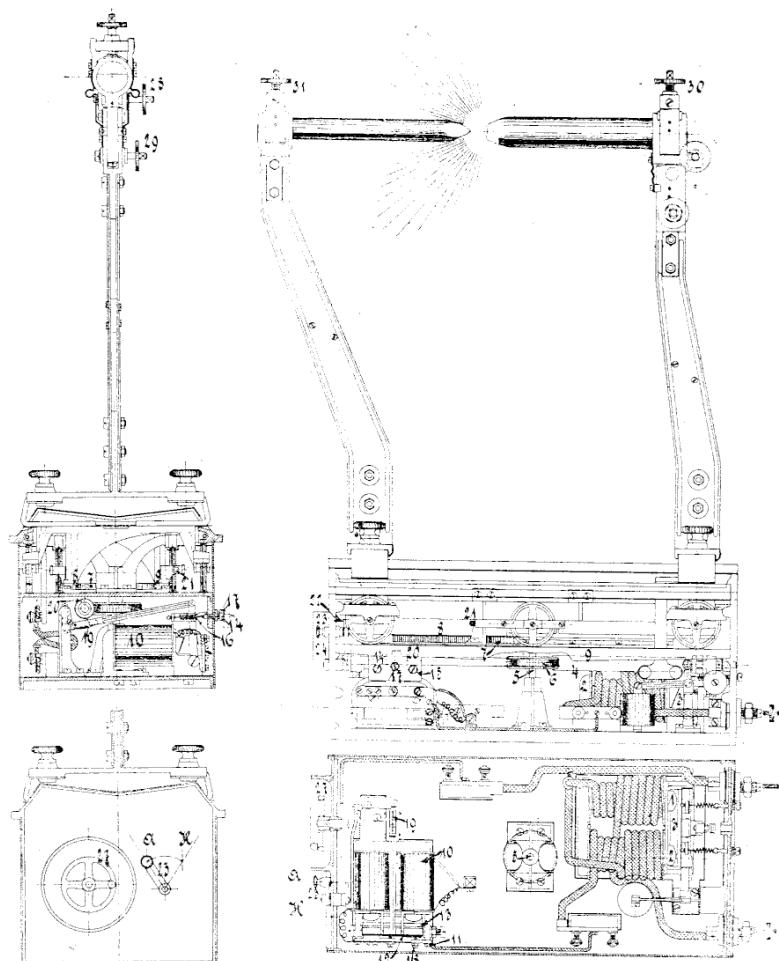


Fig. 30. — Lampe du projecteur Schuckert.

Le levier 23 est destiné à embrayer ou à débrayer le mécanisme de réglage automatique. Le réglage à la main se fait à l'aide du volant 27.

Pour redresser l'arc, qui tend à être dévié vers le haut par le courant d'air chaud qui circule dans la cage, on emploie un segment en fer doux, qui est placé à la partie inférieure et le plus près possible de l'arc et disposé concentriquement au charbon positif. Ce segment est aimanté par le courant qui produit l'arc et il a pour effet de ramener l'air vers le bas.

La cage peut être fermée à sa partie antérieure par un diaphragme à iris qui permet d'occulter plus ou moins le faisceau lumineux : l'occultation complète est obtenue par la jonction

des lames du diaphragme contre un disque central qui est fixé dans la portion du faisceau qui se trouve occulté par le charbon négatif.

A l'avant de la cage se trouve un disperseur double qui permet de réduire la portée du faisceau lumineux en l'étaillant plus ou moins. Ce disperseur se compose de deux systèmes de lentilles qui peuvent être écartés ou rapprochés l'un de l'autre, de façon à passer du faisceau concentré au faisceau divergent ou inversement.

Une jalouse, formée de lames d'acier verticales, sert à faire les signaux à grande distance par occultation du faisceau lumineux.

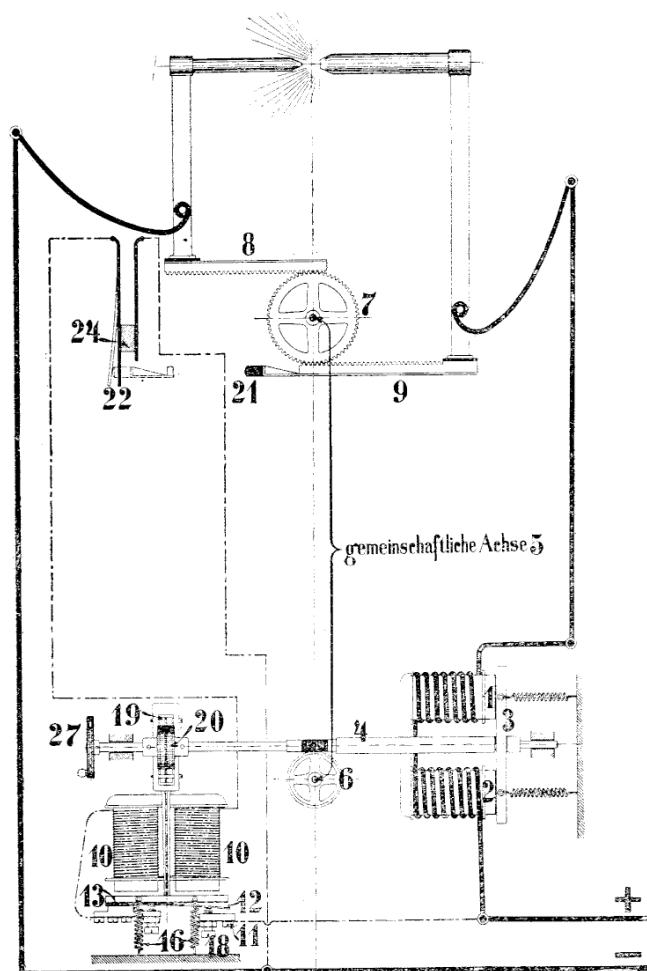


FIG. 31. — Schéma des connexions de la lampe Schuckert pour projecteur.

Pour pouvoir, à chaque instant, contrôler la forme du cratère, l'image de l'arc est projetée sur un écran en verre dépoli placé en haut et à droite de la cage et, en outre, deux regards circulaires, fermés par des verres foncés, sont disposés de chaque côté de cette cage vis-à-vis du foyer.

Le tablier en fonte, au-dessus duquel est placée la cage, est en forme de chapeau; il porte deux montants en bronze, à la partie supérieure desquels reposent les tourillons du projecteur. Il repose par sa partie inférieure sur des billes qui sont logées dans une rainure ménagée dans le socle; il est guidé et centré par une autre série de billes qui se trouvent entre la paroi de ce tablier et le socle.

Le tablier supporte tous les engrenages et mécanismes d'embrayage pour les mouvements d'inclinaison et d'orientation.

Les mouvements d'inclinaison sont commandés par un moteur placé dans le socle. Ce moteur actionne une roue dentée qui, par l'intermédiaire d'une chaîne et d'une autre roue dentée, entraîne un arbre portant une vis sans fin. Cette vis, qui traverse le tablier, engrène avec un pignon fixé sur un arbre creux ; sur cet arbre est fixée une roue dentée qui attaque le segment denté adapté à la cage. L'entraînement se fait par un plateau à friction, commandé par une tige actionnée par un écrou qui traverse l'arbre creux et vient serrer ce plateau contre une roue folle quand l'écrou est tourné vers la gauche.

Pour effectuer la manœuvre à la main, on tourne l'écrou vers la droite et le plateau est alors accouplé avec une seconde roue folle montée sur le même arbre creux : la manœuvre se fait alors par un volant à main. Entre les deux positions de l'écrou, la cage peut être mue à la main librement.

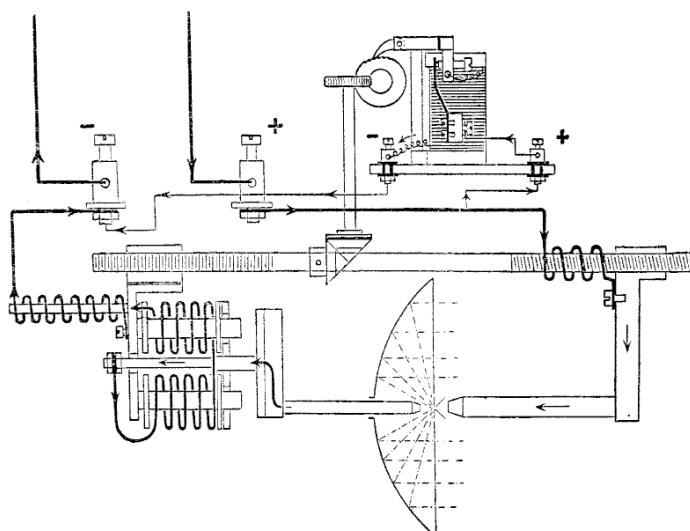


FIG. 32. — Projecteur Körting et Mathiesen.

Les mouvements d'orientation sont obtenus aussi par un plateau à friction contre lequel vient s'appliquer une roue dentée qui reçoit son mouvement d'un moteur électrique.

Le tablier porte les frotteurs qui amènent le courant à la lampe.

Le socle du projecteur se compose d'une couronne supérieure, d'un cône en tôle et de la couronne de base. Une traverse, fixée à la couronne supérieure, reçoit les bagues sur lesquelles glissent les frotteurs et supporte les électromoteurs avec leur mécanisme.

Ces projecteurs peuvent être commandés électriquement à distance à l'aide d'un commutateur à une ou deux manettes et de rhéostats. Comme les moteurs électriques employés sont à excitation séparée, leur vitesse se règle en faisant varier le courant dans l'excitation et dans l'induit à volonté. Pour arrêter les moteurs, les électro-aimants étant constamment en circuit, on coupe le circuit principal, puis on met l'induit en court-circuit.

Projecteurs de la maison Körting et Mathiesen. — Ces projecteurs sont de deux types : l'un comporte une lampe à réglage automatique ; dans l'autre type, le réglage de la lampe se fait à la main.

Dans tous ces appareils, les lampes à arc sont à crayons horizontaux ; les réflecteurs en métal blanc peuvent être manœuvrés de l'extérieur et l'ensemble de la partie optique peut tourner autour de deux axes, l'un vertical, permettant de placer l'instrument dans toutes les

orientations possibles, l'autre horizontal, pour obtenir le réglage de l'inclinaison. Ils peuvent être montés avec divers modèles de réflecteurs de courbures variables et être munis de disperseurs et de verres colorés.

Le schéma (*fig. 32*) représente le montage de la lampe à réglage automatique. Dans cette lampe, l'allumage est obtenu par un solénoïde en série, dont l'armature mobile est solidaire du porte-charbon négatif; le réglage se fait par une bobine à trembleur montée en dérivation. L'armature mobile de cet électro-aimant actionne, à chaque attraction, une roue à rochet qui commande par une série d'engrenages une vis à deux filets opposés. Sur cette vis sont montés d'un côté le porte-charbon positif, de l'autre l'électro-aimant d'allumage.

Projecteurs de la Stralsunder Bogenlampen Fabrick. — Cette maison exposait des projecteurs analogues à ceux que nous venons de décrire; mais nous n'avons pu nous en procurer une description exacte.

III

APPLICATIONS A L'HORLOGERIE

PAR Georges DARY

HORLOGE ÉLECTRIQUE THURY

Si nous en exceptons les mouvements pendulaires entretenus électriquement, nous savons que l'horlogerie électrique ne comprend que la construction de récepteurs actionnés par des courants que transmet à distance une horloge distributrice ordinaire; cette dernière est alors munie de contacts plus ou moins bien disposés.

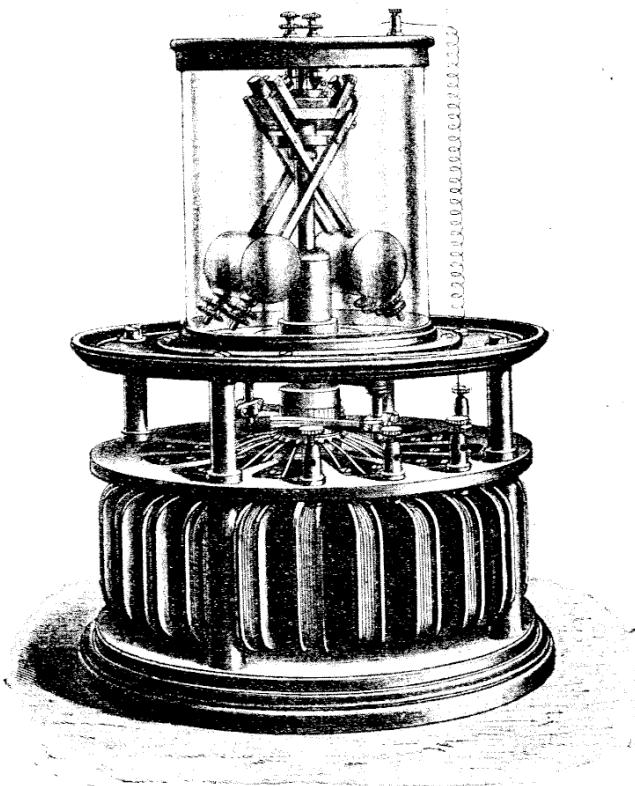


FIG. 1. — Horloge électrique Thury.

Tout autre est l'horloge exposée par M. R. THURY, de Genève. Son principe est exclusivement fondé sur les actions électriques; c'est une solution tout à fait nouvelle de la question.

Dans l'horloge de M. THURY (fig. 1), l'échappement est supprimé et remplacé par un

pendule conique; cette suppression permet à la fois de disposer d'une puissance motrice plus considérable que dans les horloges ordinaires et, en outre, d'obtenir un mouvement circulaire absolument uniforme, tandis que le transformateur du mouvement alternatif du pendule oscillant n'est jamais parfaitement réalisé, malgré la délicatesse des organes.

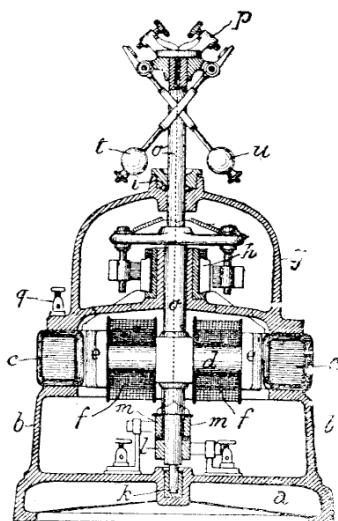


Fig. 2. — Horloge électrique type, système Thury. — Élevation.

Le principe de l'horloge électrique Thury consiste donc dans le réglage du moteur électrique à l'aide d'un pendule conique spécial. L'horloge-type ou centre horaire se compose (fig. 2 et 3) d'une dynamo-moteur électrique à axe vertical. L'induit fixe *c* est constitué par un anneau Gramme-Paccinotti, que supporte le socle *b* de l'appareil. L'inducteur, qui se compose d'un noyau de fer doux *d e*, est fixé en son centre par un axe vertical creux *o*; ce noyau porte deux enroulements distincts *f*, dont l'un sert au réglage; l'autre est constamment traversé par un courant continu fourni par une source d'énergie quelconque. Les deux enroulements sont bobinés en sens inverse. Le collecteur fixe est supporté par un plateau disposé au-dessus de l'anneau qui sert aussi à maintenir le coussinet supérieur *i* de l'arbre vertical; la partie inférieure de cet arbre porte sur une crapaudine *h* montée sur le socle *b* de l'appareil. Le courant continu est amené au moteur par deux bagues *m* et *e* fixées sur l'axe; il est ainsi distribué aux bobines inductrices et à deux balais mobiles reliés à l'armature fixe. Quant au pendule

conique à deux branches *t*, *u* et à bras croisés, il est monté sur le prolongement de l'arbre vertical et est construit de telle sorte que son isochronisme soit conservé sous un angle assez étendu.

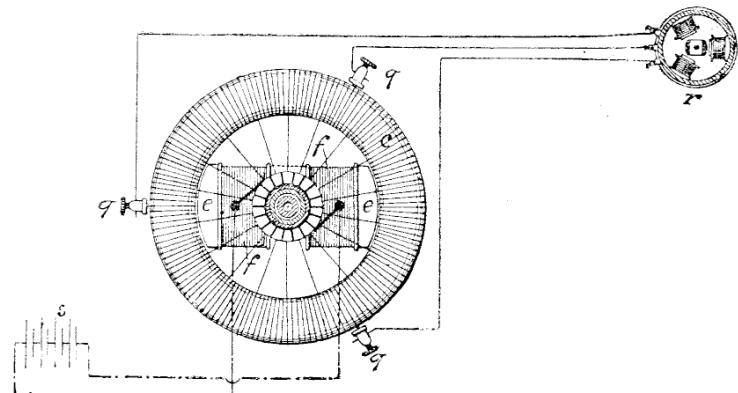


Fig. 3. — Horloge électrique type, système Thury. — Plan.

Les bras de ce pendule portent des contacts réglables *p* reliés à l'enroulement de réglage de l'inducteur; ces contacts se trouvent rompus dès que, par suite d'une augmentation de vitesse dans le moteur, l'écart du pendule dépasse une limite déterminée. L'interruption de courant s'effectue dans l'enroulement de réglage sans étincelle appréciable; il a pour effet d'augmenter l'intensité du champ magnétique du moteur et, par suite, de réduire sa vitesse; les masses du pendule ayant un poids considérable, leur force vive suffit à compenser les variations de vitesse qui tendent à se produire entre deux réglages consécutifs. Les récepteurs

sont commandés à distance au moyen du courant fourni par l'induit (fig. 3). A cet effet, trois prises de courant q se trouvent disposées à 120° l'une de l'autre sur le bobinage de l'induit et sont reliées à de petits moteurs triphasés synchrones composés d'un aimant permanent en fer à cheval monté sur pivot et de trois bobines induites reliées entre elles par un fil commun. Quand ces bobines sont traversées par les courants triphasés provenant de l'horloge-type régulatrice, le champ tournant qui se produit entraîne l'aimant mobile et ce dernier se meut alors synchroniquement avec l'horloge-type.

Ces récepteurs ont donc un mouvement absolument continu et uniforme; ils constituent, par suite, des horloges parfaites, tandis que les récepteurs électriques ordinaires fonctionnent par des émissions de courant plus ou moins espacées et ne donnent l'heure qu'avec une approximation correspondant à l'intervalle compris entre deux émissions successives.

La consommation de courant par l'horloge régulatrice et par les récepteurs est extrêmement faible, ce qui se conçoit aisément, puisqu'en dehors de la minuterie le mécanisme ne comporte qu'un petit aimant monté sur pivot.

PENDULE ENTRETENU ÉLECTRIQUEMENT, SYSTÈME CAMPICHE

Bien que M. H. CAMPICHE, de Genève, ait exposé son ingénieux appareil dans la classe 27 sous le nom de régulateur électrique, nous avons préféré lui donner le titre ci-dessus comme désignant mieux le problème que le savant constructeur a résolu d'une manière si simple et si élégante; ce titre définit en même temps l'invention et le classe immédiatement dans la foule déjà si nombreuse des horloges et des régulateurs électriques.

Nous savons qu'entretenir un pendule, c'est lui restituer, au fur et à mesure qu'il la perd, l'énergie absorbée par les frottements dans l'air et les résistances de la suspension, de manière à maintenir constante l'amplitude des oscillations; entretenir électriquement un pendule, c'est demander à une source électrique l'énergie complémentaire qui est nécessaire à ce travail. Il existe deux moyens principaux pour entretenir électriquement le mouvement d'un pendule :

Ou bien le pendule lui-même est soumis directement à l'influence de l'énergie électrique et alors il est muni, soit d'une armature en fer doux, soit d'une bobine de fil isolé qui, oscillant avec lui, sont, en certains points de sa course, soumis aux attractions ou aux répulsions d'organes magnétiques. Dans ce cas, ce sont des horloges électriques dites à réactions directes.

Ou bien l'énergie électrique a pour fonction de soulever à intervalles réguliers, souvent à chaque oscillation du pendule, de petits poids ou des ressorts qu'elle abandonne ensuite à eux-mêmes, et cela à un moment où ceux-ci, en s'appuyant sur des bras fixés au pendule, peuvent restituer à ce dernier la portion de force vive qu'il a perdue pendant l'oscillation. Ces horloges sont dites à réactions indirectes.

Le procédé employé par M. H. CAMPICHE rentre plutôt dans cette deuxième catégorie, mais en comportant d'utiles modifications. En effet, pour restituer à un pendule la force vive qu'il a perdue dans le travail effectué, il importe d'adopter une méthode qui ait le moins possible d'influence perturbatrice sur la loi de son mouvement et dont l'action soit indépendante de l'intensité du courant employé ainsi que de ses variations. Or le système à réactions indirectes a le grand avantage de rendre la marche du pendule indépendante de ces variations, puisque les impulsions qui lui sont communiquées sont dues à une force constamment égale à elle-même. Mais, comme le plus souvent les fermetures du circuit ont lieu à chaque oscillation du pendule, la consommation du courant est très grande, sans compter tous les inconvénients qui en dérivent. En outre, ces impulsions sont toujours accompagnées de chocs brusques plus ou moins accentués qui compromettent au plus haut degré la régularité de marche des organes et rendent alors illusoire la constance de la force appliquée à l'entretien du pendule.

M. CAMPICHE a évité soigneusement tous ces inconvénients et, comme on peut s'en convaincre en examinant la figure 4, il construit un régulateur électrique d'une simplicité et d'une précision absolument remarquables.

Sur le bâti *a* sont fixées les trois pièces principales du régulateur : les rouages *c*, le pendule *b* et l'organe électro-mécanique *h*. Le pendule *b*, qui bat la seconde, est muni d'une lamelle d'acier *d*, terminée par une ancre et dont la position est déterminée à volonté et réglée par l'intermédiaire d'un coulisseau et d'une vis de pression. A chaque oscillation du pendule vers la roue *c*, cette tige à ancre la fait avancer d'une dent et, comme il y en a soixante, la révolution totale de la roue *c* s'effectue exactement dans une minute.

Or cette roue *c* porte à l'extrémité d'un de ses rayons une mince goupille en platine qui, une fois par tour, vient toucher, pendant $8/10$ de seconde, les deux contacts également en platine *g*, disposés de part et d'autre de la roue. Le circuit de la source électrique affecté à l'entretien du pendule se trouve alors fermé pendant cette courte période sur l'électro-aimant *h*.

Une petite molette bien équilibrée et placée à la partie inférieure de la roue dentée *c* remplit le rôle de sautoir et maintient cette roue sans la charger.

Quant aux deux autres contacts *e* et *f*, ils peuvent être affectés à la distribution de l'heure à des lignes de cadrans secondaires.

L'électro-aimant *h* attire et fait basculer son armature *hm* et, par l'intermédiaire de pièces mobiles articulées *oq*, la lame flexible *vx* vient repousser le balancier *ab* et accentuer, s'il en est besoin, son oscillation pendant $8/10$ de seconde ; cette lame flexible revient immédiatement dans sa première position sous l'influence du ressort *p*, dont la tension est réglée à volonté. Le point où le poussoir flexible *vx* vient donner une nouvelle impulsion au balancier *n* n'est pas indiqué sur la figure ; d'ailleurs, il varie à volonté, car, au moyen de la vis *q*, on peut faire descendre ou remonter la lame flexible. De même le balancier est pourvu en un endroit convenable d'un petit coulisseau carré, tenu en place par une vis de pression, et sa surface plane, du côté de la lame flexible, est garnie d'une matière lisse et bien polie, de

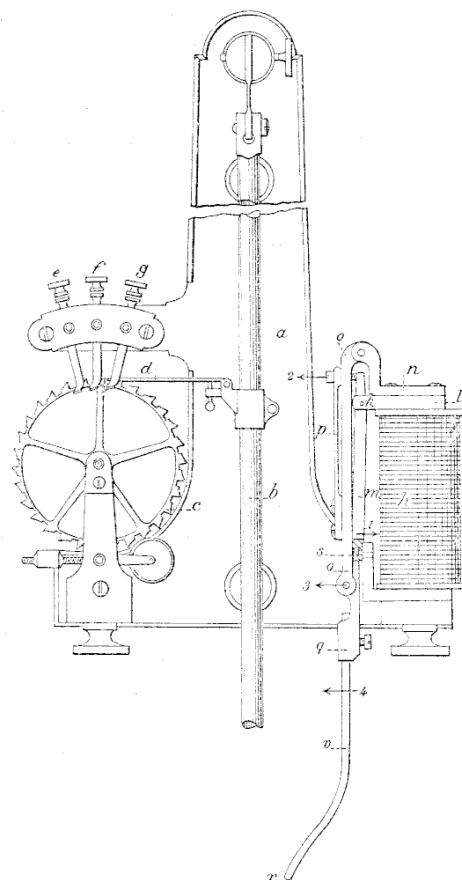


FIG. 4. — Pendule électrique. système Campiche.

manière que l'impulsion s'effectue normalement et sans chocs.

Voilà donc tout le mécanisme, très simple, comme on le voit, du régulateur électrique CAMPICHE. Le travail que l'on demande au pendule est extrêmement léger et, comme il est toujours constant et que la poussée électro-mécanique de la lame est toujours de même intensité, malgré les variations de courant qui peuvent survenir du fait de la source d'énergie, il est évident que la plus grande précision est nécessairement obtenue.

La synchronisation de plusieurs régulateurs ne présente plus aucune difficulté, puisque l'on pourra en brancher un nombre aussi grand que l'on voudra sur le même circuit. Tous les poussoirs électro-mécaniques agiront exactement ensemble et viendront donner leurs impulsions aux balanciers, qui battront rigoureusement la seconde tous ensemble. Dans la classe 27, M. CAMPICHE avait disposé trois régulateurs merveilleusement synchronisés, en dépit des vibrations excessives communiquées aux planchers par toutes les machines du rez-de-chaussée et

les allées et venues du nombreux public au premier étage. La démonstration des qualités préconisées par M. CAMPICHE n'en était que plus complète.

PENDULE A RESTITUTION ÉLECTRIQUE CONSTANTE DE M. FÉRY

M. FÉRY, dans le pendule qu'il avait exposé, classe 67, aux Invalides, a cherché à réaliser les conditions suivantes :

- 1^o Restituer au pendule sa force vive au moment où il a son maximum de vitesse, c'est-à-dire dans la verticale;
- 2^o Diminuer autant que possible le collage électrique, soit d'adhérence entre les points de rupture du circuit, phénomène qui a été constaté même pour des courants inférieurs à 0,005 ampère;
- 3^o Supprimer les troubles que cause, dans l'isochronisme du pendule, le contact qui amène le courant;
- 4^o Rendre la quantité d'énergie, restituée à chaque oscillation, constante et indépendante de l'état de la pile généralement employée comme source d'électricité.

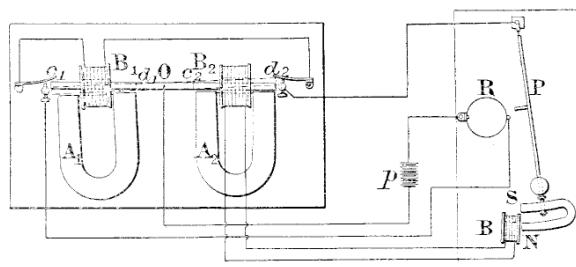


Fig. 3. — Pendule électrique, système Féry.

Pour satisfaire à cette dernière condition, M. Féry actionne son pendule par un transformateur spécial donnant des courants induits et fournissant une quantité d'électricité indépendante de la source d'énergie et réglable à volonté.

Ce transformateur comprend, en principe, deux aimants A_1 , A_2 (fig. 3), munis chacun d'une armature de fer doux c_1d_1 et c_2d_2 , solidaires l'une de l'autre et constituant une palette pivotant en O. Cette palette, mobile dans l'axe de deux bobines fixes B_1 , B_2 , donne naissance, par son déplacement limité et réglable, à des courants induits qui servent à actionner le pendule. L'une des bobines, B_1 , est motrice; elle reçoit les courants alternativement renversés de la pile P et produit ainsi un mouvement alternatif de la palette. La seconde bobine, B_2 , qui constitue le secondaire de ce transformateur, est parcourue également par des courants alternés produisant à chaque oscillation une quantité constante d'électricité qui est envoyée au pendule lorsqu'il passe par la verticale.

L'impulsion brusque qui entretient le pendule est donc due à la réaction de l'aimant NS, fixé au pendule sur la bobine fixe B, recevant les courants du transformateur restituteur.

Le calcul montre et l'expérience vérifie que, pour obtenir le maximum d'amplitude avec un restituteur donné, il faut rendre égal à celui de l'air et de la dispersion l'amortissement magnétique que le pendule éprouve dans l'oscillation de l'aimant NS dans la bobine B. M. Féry a également étudié l'influence du ressort circulaire R amenant le courant à l'appareil et il a trouvé qu'il était possible de lui donner un réglage tel que le pendule, qui avance normalement aux petits arcs et tarde aux grands, ait le retard maximum pour une amplitude moyenne. A ce moment du retard maximum, l'erreur due à une petite variation d'amplitude sera très faible; le pendule peut être ainsi rendu isochrone pour des arcs assez grands, ce qui augmente sa puissance régulatrice.

Il faut remarquer que la faible durée de passage du courant n'entraîne qu'une dépense très minime d'électricité correspondant à une intensité moyenne de 0,001 ampère sous 10 volts.

**DISTRIBUTEUR ÉLECTRIQUE DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DE L'AIR COMPRIMÉ
POUR HORLOGES PNEUMATIQUES**

Jusqu'ici la distribution de l'air comprimé dans les canalisations des horloges pneumatiques de Paris s'effectuait mécaniquement ; mais, la puissance étant limitée, la COMPAGNIE a bien vite compris quels avantages elle recueillerait en adoptant l'énergie électrique pour lancer dans ces diverses canalisations l'air comprimé parti d'un réservoir et qui doit agir sur les divers cadrons du réseau à des intervalles égaux. C'est donc un distributeur-relais fonctionnant électriquement qu'avait exposé cette Compagnie à la classe 96 de l'Horlogerie, aux Invalides. Il est simple et ingénieux à plus d'un point de vue.

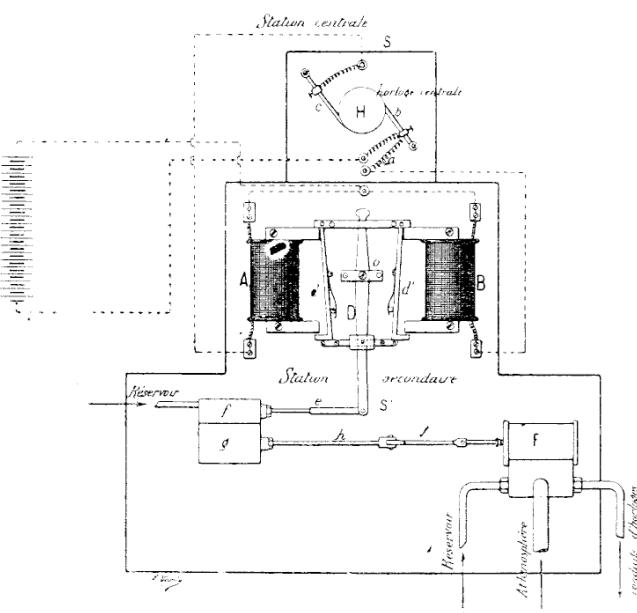


FIG. 6. — Schéma des connexions d'une station secondaire.

Pour bien faire comprendre le fonctionnement et l'utilité de cette commande électrique, il nous faut d'abord indiquer sommairement le principe du système à air comprimé employé actuellement par la COMPAGNIE PARISIENNE et desservant les I^{er}, II^e, III^e, IV^e, VIII^e, IX^e et X^e arrondissements. La distribution de l'heure dans des horloges multiples comporte nécessairement, quel que soit le mode adopté, une horloge centrale ; ici comme toujours ce principe a été respecté, et l'horloge-type en question est située rue Sainte-Anne. Elle est à remontage automatique et peut être considérée comme un régulateur, de la marche duquel dépendent tous les cadrons secondaires. Ce régulateur central actionne, par l'intermédiaire d'un système spécial de déclenchement à came, un arbre qui effectue deux demi-révolutions très rapides par minute. Sur cet arbre est calé un excentrique qui commande la tige du tiroir d'un cylindre à air comprimé dont le piston actionne à son tour un grand tiroir de distribution. L'air comprimé provenant des réservoirs est en charge sur les deux tiroirs, à une pression moyenne de 700 gr : cm².

Après la demi-révolution, le tiroir met en communication le réservoir d'air comprimé avec les canalisations des horloges secondaires. Quant au mécanisme qui actionne les aiguilles de ces

cadrans, il consiste simplement en petits soufflets, reliés aux rochets qui commandent les minuteries.

La deuxième demi-révolution de l'arbre a pour fonction de laisser l'air, qui se trouvait dans les conduites, s'évacuer librement dans l'atmosphère.

On comprend qu'un système semblable ne puisse assurer un service direct, sans relais, que dans un rayon limité. Ce rayon, dans le cas qui nous occupe, atteint un maximum de 3 km, à cause du temps pris nécessairement par l'alimentation et la vidange des canalisations, et à cause également des fuites inévitables et des pertes de charge inhérentes à toute conduite de quelque longueur, qu'elle soit pneumatique, hydraulique ou électrique. En conséquence, si l'on voulait distribuer l'heure pneumatique dans tout Paris, par exemple, il faudrait diviser la ville en zones de 3 km de rayon et pourvoir chacune de ces zones d'une horloge centrale et d'un distributeur. La COMPAGNIE PARISIENNE a donc évité cette difficulté en établissant son distributeur-relais électrique qui constitue une sous-station en quelque sorte et qui remplacera avantageusement ces stations centrales multiples qu'il faudrait d'abord mettre d'accord entre elles; difficulté quasi insurmontable!

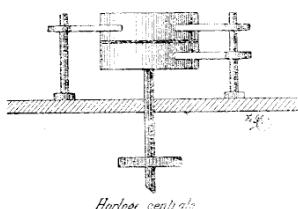


Fig. 7. — Détails des contacts de l'horloge centrale.

Dans le projet de la COMPAGNIE, il n'y a donc qu'une seule station centrale comprenant l'horloge régulatrice, pourvue toujours, comme précédemment, d'un arbre à déclenchement portant l'excéntrique de l'horloge et effectuant deux demi-révolutions par minute; sur cet arbre sont disposées autant de touches de contact que l'on a de stations secondaires à desservir et qui sont installées vers le milieu de chaque zone de 3 km.

Ces sous-stations sont reliées à la station centrale par un circuit alimenté par une batterie de piles primaires ou d'accumulateurs; elles comprennent chacune, comme matériel, deux électro-aimants, l'appareil de distribution et les réservoirs régulateurs d'air comprimé.

Examinons le fonctionnement d'une station secondaire S' reliée à la station centrale S (fig. 6). Sur l'arbre H de l'horloge régulatrice s'appuient deux balais frotteurs c et b, qui lancent alternativement le courant de la batterie soit dans un sens, soit dans l'autre, suivant qu'ils appuient soit sur la bande métallique de l'arbre, soit sur la bande d'ébonite (fig. 8), qui couvre une demi-circonférence; le frotteur a (fig. 7), toujours en rapport avec la masse métallique de l'arbre, complète le circuit.

A la première demi-révolution de l'arbre H, le courant est envoyé par le balai c dans l'électro-aimant A; l'armature d' est attirée et le levier D, auquel elle est fixée, suit son mouvement; la tige e et le tiroir f se déplacent vers la gauche et l'air comprimé, provenant du réservoir, agit dans le cylindre g sur la face antérieure du piston, commandant ainsi le tiroir de distribution F par la tige h et la bielle j; l'air comprimé est alors envoyé du réservoir dans la canalisation des horloges secondaires. Mais, avant la fin de la demi-révolution, les balais b et c touchent la bande d'ébonite (position 3 de la fig. 8); le courant est interrompu.

Alors se produit la seconde demi-révolution, le courant passe par l'intermédiaire du balai b dans l'électro-aimant B, qui attire son armature d'; le levier D suit encore ce mouvement inverse; le tiroir f se déplace en sens contraire; l'air comprimé agit sur la face postérieure du piston g et la tige h avec la bielle j fait reculer le tiroir F, qui laisse alors l'air des conduites s'écouler dans l'atmosphère par le tube d'évacuation. Avant la fin de cette seconde demi-révolution, les balais reprennent toujours la position 3 de la figure 8 et le courant est de nouveau interrompu.

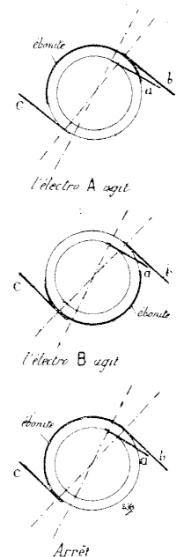


Fig. 8. — Détails des contacts de l'horloge centrale.

Ces diverses phases se produisent régulièrement toutes les minutes.

On voit donc la facilité avec laquelle une seule horloge centrale peut distribuer une heure unique à une infinité de cadrons pneumatiques disséminés dans toute une grande ville. Ce relais électrique ne va pas tarder à être appliqué à Paris. La COMPAGNIE PARISIENNE, cantonnée jusqu'ici sur la rive droite, va passer ces ponts et desservira une partie de la rive gauche, les V^e, VI^e, VII^e arrondissements.

C'est encore un succès pour l'électricité, puisqu'une distribution rivale ne peut étendre son exploitation qu'avec son aide.

APPLICATIONS AUX CHEMINS DE FER

PAR G. BAIGNÈRES ET F. RODARY

Nous n'étudierons dans cette partie que les applications de l'électricité aux appareils de protection et de contrôle utilisés sur les voies de chemin de fer, ainsi que quelques applications électro-mécaniques.

[1] APPAREILS DE PROTECTION POUR LIGNES A DOUBLE VOIE

Les appareils spécialement employés pour assurer la circulation des trains sur les lignes à double voie très fréquentées sont les appareils dits de block-système ou de cantonnement. Pour leur application, la ligne est divisée en un certain nombre de sections consécutives, de longueurs variables entre 1 500 m et 10 km, dans chacune desquelles on ne doit pas admettre plus d'un train à la fois. Il doit donc y avoir une porte à l'entrée de chaque section, que l'on ouvrira seulement lorsqu'il n'y aura plus de train dans cette section, c'est-à-dire après que la porte de la section suivante aura été ouverte, puis refermée derrière le dernier train passé. Ces portes successives constituent des postes de block-système ; ils manœuvrent les signaux qui autorisent ou interdisent l'entrée de la section et ces signaux, dits de cantonnement, sont eux-mêmes sous la dépendance du poste suivant, qui seul peut permettre, en envoyant un courant électrique, de remettre ces signaux à voie libre.

Appareils de block-système de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. — Le programme du block-système réalisé par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée est le suivant :

Soient trois postes consécutifs A, B et C :

1^o Le signal de cantonnement du poste A, mis à l'arrêt derrière un train qui continue sa marche sur B, s'enclenche automatiquement dans cette position et ne peut être libéré que par le poste suivant B ;

2^o Ce poste B ne peut rendre voie libre à A qu'après avoir couvert avec son propre signal le train allant de B vers C ;

3^o Ce poste B ne peut rendre voie libre à A qu'une seule fois par chaque opération du passage d'un train, c'est-à-dire mise successivement à voie libre et à l'arrêt du signal.

APPAREIL DE BLOCK-SYSTÈME, SYSTÈME RODARY. — Voici comment sont réalisées les trois conditions indiquées ci-dessus, en faisant intervenir deux signaux, l'un en avant du poste, qui est le signal du cantonnement, et l'autre à l'arrière, qui sert à protéger un train arrêté au poste.

La figure 1 représente un appareil double, c'est-à-dire établi en B et relié avec les postes A et C.

Condition 1. — Le levier qui manœuvre le signal de cantonnement est rattaché mécaniquement à la règle T.

Cette règle T est représentée immobilisée par le verrou V entré dans l'encoche t ;

or ce verrou peut être relevé par la bascule C, lorsque celle-ci se détache du noyau de la bobine B.

Cette action se produit lorsque la bobine B est parcourue par un courant électrique de sens convenable, qui crée aux deux extrémités de son noyau des pôles magnétiques de même nom que ceux de la fourchette C, polarisée d'une façon constante par l'aimant permanent A, d'où résulte une action de répulsion aidée du reste par le ressort R.

Après cela, la tige T peut être tirée vers la gauche pour mettre le signal à voie libre. Mais, dans son mouvement, cette tige a, grâce au profil de la platine D, relevé au passage le taquet E, qui applique C contre le noyau de la bobine B; lorsque T revient à sa première position, le verrou V, retombant dans l'encoche t, immobilise de nouveau la règle T et, par suite, le signal est rétabli à l'arrêt.

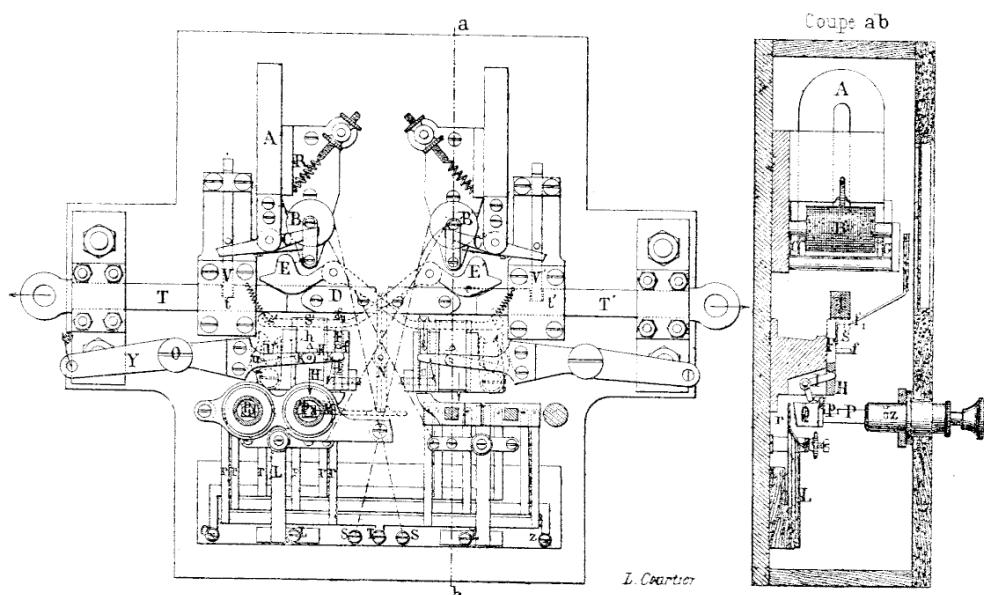


Fig. 1. — Appareil de block-système. système Rodary.

Condition 2. — Lorsque le signal d'entrée a été mis à l'arrêt, le balancier Y, qui est relié à son levier et oscille autour de l'axe O, occupe la position indiquée par la figure 1, et son autre extrémité K maintient soulevée la plaque H, mobile verticalement dans une glissière, en supportant la goupille h fixée sur cette plaque. Mais, lorsque le signal est effacé, Y se relève, K s'abaisse, H vient reposer dans l'encoche p du bouton-pressoir P (fig. de droite) et, par suite, empêche celui-ci d'arriver au contact des ressorts r pour envoyer le courant qui libérerait le signal de cantonnement du poste précédent.

On ne peut donc rendre voie libre que lorsque le signal d'entrée est à l'arrêt.

Récemment le balancier Y a été relié à la tige T, de façon que l'on puisse rendre voie libre seulement quand le sémaforo de cantonnement a été enclenché à l'arrêt.

Condition 3. — Ce signal venant d'être mis à l'arrêt derrière le train arrivé, la plaque H repose, comme on vient de le voir, par sa goupille h sur l'extrémité K, qui est à pied-de-biche avec articulation en k. Lorsqu'on pousse le bouton P pour rendre voie libre, sa saillie g (fig. de droite) vient appuyer sur l'articulation en équerre I qui abaisse la pièce F à glissière verticale, comme H.

Celle-ci, par sa goupille f, appuie sur K, qui s'incline autour de k en abandonnant la goupille h de la pièce H. Cette plaque, n'étant plus soutenue, tombe par son propre poids dans l'en-

coche p , lorsque le bouton est revenu à sa position normale, et immobilise celui-ci; on ne peut donc rendre une seconde fois voie libre.

Nous n'insisterons pas sur le mode d'émission des courants, qui sont obtenus au moyen des boutons-pressoirs P , terminés par une tête en ébonite Q portant des plaquettes métalliques susceptibles de relier électriquement, d'après une combinaison donnée, les ressorts r et L , de façon à envoyer sur la ligne des courants de sens convenable; P , qui n'est libre que sous certaines conditions indiquées précédemment, sert à émettre le courant négatif libérateur; P_1 envoie des courants positifs servant à des annonces et correspondances par sonneries conventionnelles.

Remarque. — On a été amené à solidariser la règle T avec le balancier Y , afin que ce soit finalement le mouvement de T qui, par l'intermédiaire de Y , libère le bouton P , seulement lorsque le sémaphore de cantonnement est lui-même bloqué à l'arrêt, au lieu que cet effet soit produit par le sémaphore d'entrée qui, lui, n'est pas bloqué; il en résulte une plus grande sécurité.

APPAREIL DE BLOCK-SYSTÈME, MODÈLE 1899. — Cet autre appareil, qui remplit d'ailleurs le même programme que le précédent, est plus simple et peut être placé en plein air sur un support quelconque et même sur le fût du sémaphore de cantonnement. Voici comment il remplit les trois conditions énumérées (fig. 2):

Condition 1. — La manette ou le levier de manœuvre du bras sémaphorique est relié à la manivelle M . Cette manivelle est goupillée sur l'axe O d'un secteur en fonte d'acier S , évidé et portant sur son contour extérieur une encoche E . Un verrou VV' , maintenu et guidé par deux coulisses G, G' , peut se mouvoir librement dans le sens vertical.

Lorsque le verrou tombe par son propre poids dans l'encoche E , le secteur S ne peut pas tourner autour de son axe O et la manivelle M est immobilisée dans sa position relevée. Le bras sémaphorique qui est relié à cette manivelle se trouve donc lui aussi immobilisé dans la position d'arrêt. Si, par suite du dispositif qui va être décrit, le verrou VV' est soulevé, l'encoche E est dégagée, le secteur S peut tourner et la manivelle M ainsi que le bras sémaphorique correspondant peuvent être abaissés.

Pour obtenir le relèvement du verrou VV' , on a fixé sur ce verrou un goujon a qui vient s'appuyer sur l'extrémité L d'une pièce $LL'_1L'_2$. Cette pièce se compose d'un corps en bronze terminé à l'une de ses extrémités par un bras L également en bronze et à l'autre extrémité par deux doigts L'_1 et L'_2 en acier. Chacun de ces doigts L'_1 et L'_2 est relié au moyen d'une articulation C à l'une des masses polaires d'un aimant permanent A en fer à cheval dont il constitue le prolongement.

La pièce $LL'_1L'_2$ pivote librement autour de l'articulation C : mais sa course est limitée par deux barreaux en fer doux DD' , $D'D'$, contre lesquels viennent les deux doigts L'_1, L'_2 , de telle sorte que, quelle que soit la position de la pièce $LL'_1L'_2$, l'aimant se trouve toujours armé.

Sur le barreau de fer doux D' est placée une bobine B , intercalée sur le fil de ligne. Un ressort R , fixé à la pièce $LL'_1L'_2$, tend à appliquer les doigts L'_1 et L'_2 sur le fer D ; mais sa tension n'est pas suffisante pour détacher ces doigts du fer doux D' lorsqu'ils s'appuient sur celui-ci.

Lorsque les doigts L'_1, L'_2 sont appliqués contre le fer doux D' , le bras L est abaissé et le verrou VV' s'engage dans l'encoche E . Le secteur S est immobilisé.

Si on envoie un courant négatif dans la bobine B , ce courant détermine dans le barreau de fer doux D' une aimantation de même sens que celle de l'aimant A . Comme les pôles de même nom se repoussent, les doigts L'_1, L'_2 ne sont plus alors maintenus par le barreau D' et la pièce $LL'_1L'_2$, rappelée par le ressort R , pivote autour de l'articulation C . Le bras L , en se relevant, soulève, au moyen du goujon a , le ressort VV' , qui dégage alors l'encoche E . Le secteur S est libre et la manivelle M peut être abaissée.

Si le courant envoyé est un courant positif, il détermine dans le barreau de fer doux D' une aimantation de sens contraire à celle de l'aimant A ; comme les pôles de nom contraire s'attirent,

les doigts L'_1 , L'_2 restent maintenus appliqués contre le barreau D' et le verrou n'est pas déclenché.

Lorsque l'on abaisse la manivelle M , le talon V' du verrou VV' suit le contour intérieur du secteur S . Le profil de ce contour présente, en p , un renflement qui a pour effet, lorsque le talon V' du verrou vient à son contact, d'exercer une pression de haut en bas sur le verrou et de le faire descendre. Dans ce mouvement de descente du verrou VV' , le goujon a s'appuie sur le levier L , fait basculer la pièce $L'_1L'_2$, et les doigts L'_1 , L'_2 viennent s'appliquer sur le barreau D' contre lequel ils restent maintenus jusqu'à ce qu'un nouveau courant négatif soit envoyé dans la bobine.

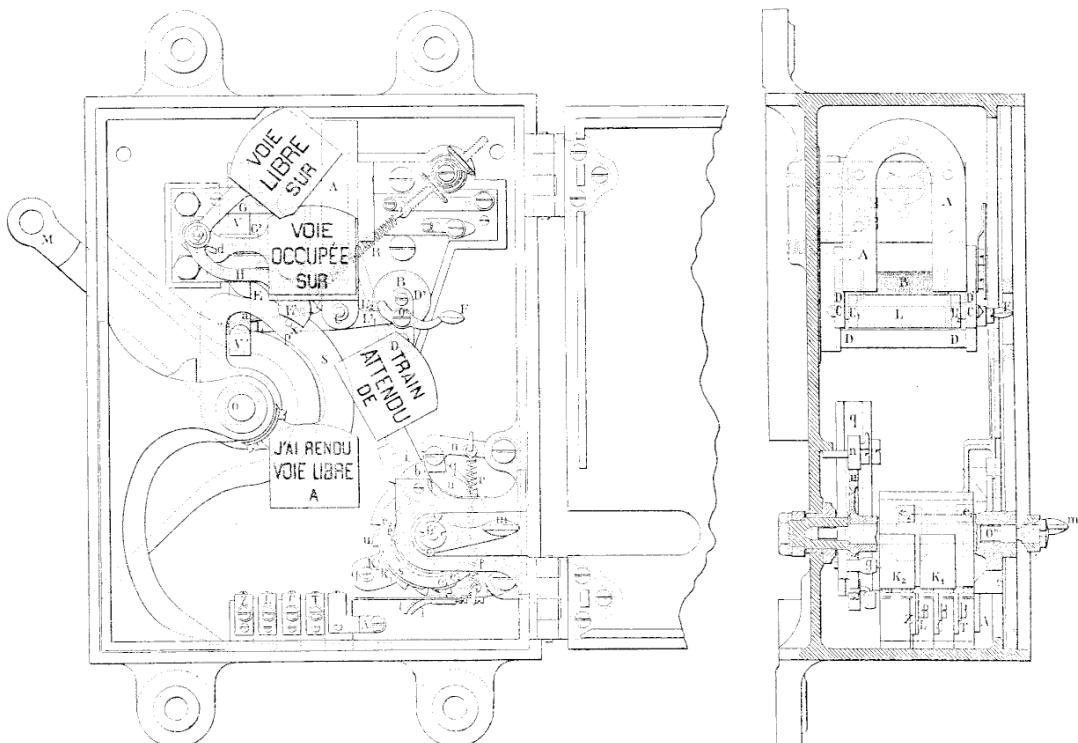


FIG. 2. — Appareil de block-système, modèle 1899.

Lorsque la manivelle M est relevée pour mettre le sémaphore à l'arrêt, le verrou VV' , n'étant plus maintenu relevé par le goujon a , vient par son propre poids s'appuyer sur le contour extérieur du secteur S et tombe dans l'encoche E , dès que celle-ci se présente.

Le bras sémaphorique mis à l'arrêt se trouve donc enclenché dans cette position, jusqu'à ce qu'un courant négatif soit de nouveau envoyé dans la bobine B , c'est-à-dire jusqu'à ce que C rende voie libre à B .

Condition 2. — L'appareil qui permet de rendre voie libre au poste précédent se compose d'une petite manivelle m , solidaire d'un secteur s recouvert d'une plaque d'ébonite, sur laquelle sont montées en saillie six lames d'argent e_1 , e_2 , e'_1 , e'_2 , K_1 , K_2 , susceptibles d'établir des contacts entre les cinq ressorts Z , C , L , T , A , montés sur un bloc d'ébonite fixé sur le fond de la boîte.

Lorsque la manivelle m est dans sa position normale, comme l'indique le dessin, les plaques e'_1 et e'_2 mettent en contact les ressorts L et A , c'est-à-dire la ligne et la bobine de l'appareil de block.

Un ressort de bariillet, enroulé sur l'axe O'' de la manivelle de voie libre, tend à faire tourner de droite à gauche cette manivelle et le secteur s , qui en est solidaire ; mais ce mouvement ne peut se produire que lorsque le cliquet t dégage les dents du plateau uu fixé sur le secteur.

Si l'on met le bras sémaphorique à voie libre, la manivelle M actionne, par l'intermédiaire d'une petite bielle placée derrière l'appareil, une pièce q , qui est munie d'un doigt isolé g . Ce doigt g , dans son mouvement de rotation autour de l'arbre O'' , vient soulever le cliquet t et le secteur tourne de droite à gauche sous l'action du ressort du bariillet.

Lorsque le secteur a terminé son mouvement de rotation, les ressorts L et A sont mis en contact par les plaques e_1 et e_2 . Une came n pénètre dans l'encoche f du plateau uu et empêche ainsi de ramener la manivelle m et le secteur s de gauche à droite.

En même temps, le doigt g soulève le cliquet t ; il appuie sur le talon l du ressort Z et isole celui-ci de manière à empêcher toute émission de courant sur la ligne dans le mouvement de droite à gauche du secteur s .

Tant que le bras sémaphorique reste à voie libre, c'est-à-dire tant que la manivelle M est abaissée, la manivelle m est immobilisée et on ne peut pas rendre voie libre.

Lorsque le bras sémaphorique est remis à l'arrêt, la manivelle M est relevée, la pièce q tourne de gauche à droite autour de l'axe O'' , soulève, par un plan incliné i , la came n , et l'encoche f est dégagée. On peut alors faire tourner à la main, de gauche à droite, la manivelle m et le secteur s . Dans ce mouvement, le goujon g dégage le talon l du ressort Z , la plaque K réunit les ressorts Z et L et la plaque K_1 les ressorts C et T ; c'est-à-dire que le courant négatif est envoyé sur la ligne pour libérer l'appareil du poste précédent et le courant positif est mis à la terre.

Condition 3. — Lorsque la manivelle m est ramenée à fond de course, le cliquet t empêche le secteur de revenir en arrière et l'immobilise dans cette position jusqu'à ce que le cliquet soit de nouveau soulevé par la manœuvre de la mise à voie libre du sémaphore de cantonnement.

La came n et le cliquet qui immobilisent m et n dans leurs positions extrêmes sont rendus solidaires l'un de l'autre par le ressort en boudin r .

Lorsque le bras sémaphorique a été manœuvré, pour que l'on ne puisse pas rendre voie libre plusieurs fois, en imprimant à la manivelle m des mouvements de va-et-vient avant de l'amener à fond de course, le plateau uu est muni d'un crochet dans les dents duquel pénètre le cliquet t .

BLOCK-SYSTÈME AUTOMATIQUE HALL. — Nous dirons ici quelques mots de ce système automatique que la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée a mis en essai, entre Laroche et Cravant, sur une longueur de 40 km environ.

Dans ce système, c'est la présence même d'un train sur les rails d'une section qui maintient à l'arrêt les signaux donnant accès dans cette section, puis les débloque lorsqu'il passe dans la section suivante. Ces signaux sont d'ailleurs combinés avec des verrous électriques placés aux aiguilles, de façon que ces aiguilles puissent être manœuvrées seulement lorsque les signaux sont à l'arrêt et que, réciproquement, pendant leur manœuvre, elles bloquent ceux-ci à la position d'arrêt.

Le fonctionnement du block Hall repose sur l'emploi de courants électriques circulant dans les rails de la voie, principe d'ailleurs appliqué à d'autres blocks automatiques, généralement d'origine américaine.

Un circuit de voie se compose des deux files de rails, isolées à chaque extrémité par des éclisses spéciales isolantes A , A en bois (fig. 3) ou à fourrures de carton, et dont chaque rail est relié au rail voisin par des fils métalliques B , B .

Si l'on établit de la façon indiquée figure 3, à une extrémité de la section, une pile P , et à l'autre un électro-aimant R , celui-ci est normalement parcouru par le courant de la pile et maintient attirée son armature formant relais : ce relais ferme une pile locale P_1 sur le circuit d'un moteur M , dont un frein magnétique maintient alors à voie libre le sémaphore S . Mais qu'un train vienne à franchir le signal S , chaque essieu T met en court-circuit la pile P , R abandonne

son armature et le courant de P_1 est coupé dans M , qui laisse le signal tomber à l'arrêt par l'effet d'un contrepoids ; le courant de P ne peut être rétabli dans R et le sémaphore ne peut s'effacer de nouveau que lorsque le dernier essieu a quitté la section AA' . Le train reste donc couvert par S tant qu'il se trouve entre A et A' , et ce n'est qu'en pénétrant dans la section suivante, où il se couvre pareillement, qu'il ouvre la section précédente.

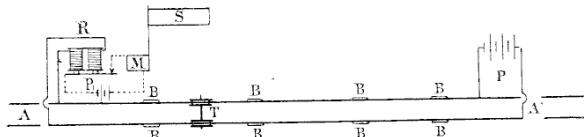


Fig. 3. — Block-système Hall.

Si une voie de manœuvre ou de garage aboutit dans la section, il faut empêcher deux trains de se prendre en écharpe à l'aiguille. A cet effet, on dispose les circuits comme l'indique la figure 4, avec des commutateurs C et C' et des isolations aux entretoises V des aiguilles. On voit alors que, si l'aiguille est disposée pour la voie principale, le courant de P arrive en R par la voie M et le commutateur C et revient par la voie N ; par suite, le signal reste effacé. Mais, si l'aiguille est faite pour la voie accessoire, le circuit est coupé en C , et, de plus, si l'éclisse I n'était pas suffisamment isolante, la pile serait mise en court-circuit par N , C' et la voie M . De même, si un train garé engage en T la zone dangereuse en dehors du garage franc, quand même l'aiguille serait faite pour la voie principale, la pile P est mise en court-circuit par $MC'dTN$ et toujours le sémaphore S est maintenu à l'arrêt.

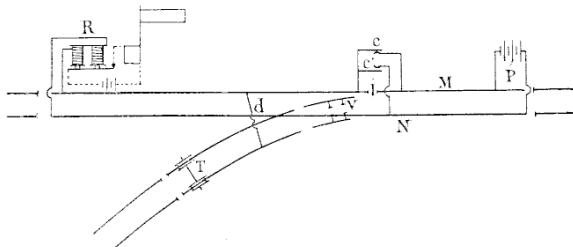


Fig. 4. — Block-système Hall. — Dispositif pour voie de garage.

Pour mettre sous la main du chef de gare la commande des signaux et des aiguilles, la gare possède un tableau, muni d'indicateurs et d'interrupteurs, auquel viennent aboutir le circuit, les signaux et les circuits de verrous électriques enclenchant les aiguilles à leur position normale.

Ce tableau, représenté figure 5, porte en haut les deux relais, dits de ligne, qui permettent le régime de la voie normalement fermée, tandis que, si on se bornait aux dispositions précédemment indiquées, chaque section serait ouverte normalement dès qu'elle ne serait plus occupée par un train ; on aperçoit ensuite les voyants qui marquent l'état libre ou occupé des deux voies en amont et en aval. Au-dessous sont des interrupteurs susceptibles de fixer à l'arrêt les signaux précédant la gare, disque et sémaphore d'entrée, ou bien, avec ces deux premiers, le sémaphore de sortie ou de cantonnement. Les boîtes intercalées portent des clés commutatrices qui ne peuvent être retirées qu'en mettant à l'arrêt les signaux de la voie 1 ou de la voie 2, ou des voies 1 et 2 ; ces clés sont nécessaires pour aller sur place déverrouiller les aiguilles correspondantes : on est donc bien sûr, avant de manœuvrer ces aiguilles, que les manœuvres exécutées sur elles sont protégées par les signaux. Mais, la nuit, si le service est interrompu à la gare, il faut cependant qu'un train puisse se garer ou manœuvrer. A cet effet, le soir, la clé de la boîte 4-2 est introduite dans la boîte portant l'indication automatique et alors tout conducteur de train, muni

d'une clé 1-2, peut déverrouiller sur place les aiguilles, en mettant du même coup les signaux à l'arrêt, mais sans avoir besoin de recourir au tableau de la gare. Par réciprocité, tant qu'une clé 1 ou 2 ou 1-2 est emprisonnée dans la boîte commutatrice d'une aiguille, les signaux correspondants ne peuvent être remis à voie libre. On conçoit facilement comment ces effets peuvent se produire, en considérant qu'un courant permanent est nécessaire, soit pour maintenir à voie libre les signaux, soit pour déverrouiller une aiguille, et, d'après le montage du tableau ou des boîtes commutatrices, lorsque l'on établit le courant sur l'un des circuits, on l'interrompt dans l'autre; donc toujours ou les signaux seront à l'arrêt ou les aiguilles verrouillées.

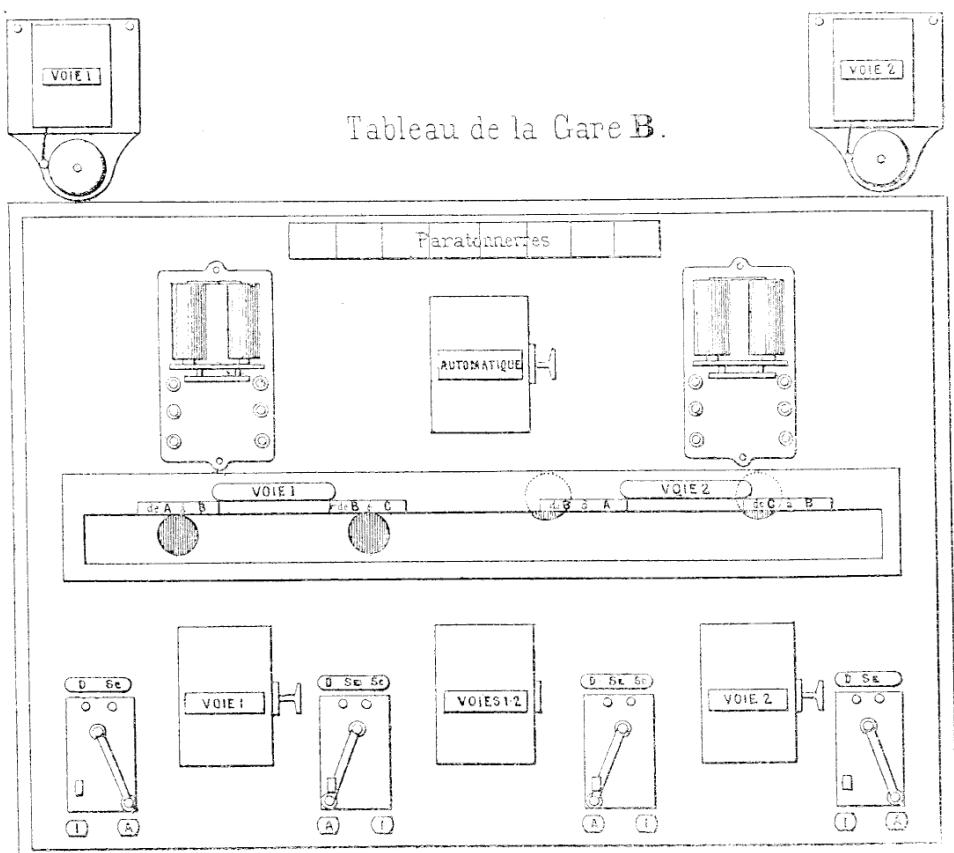


Fig. 5. — Tableau de gare pour block-système Hall.

Les moteurs des signaux sont de petites dynamos auxquelles le courant est fourni par des piles de grand débit à la potasse et à l'oxyde de cuivre. Le courant actionne la dynamo pour la mise à voie libre du signal, puis, à la fin du mouvement, passe de la dynamo à un frein magnétique qui maintient le signal à voie libre. C'est lorsque l'on interrompt ce courant que le frein, cessant d'agir, abandonne le signal, qui tombe à l'arrêt par l'effet d'un contrepoids.

Les circuits de voie sont alimentés par des piles au sulfate de cuivre de grand volume et trois éléments suffisent pour une longueur de 1 000 à 1 500 m de voie.

Nous avons parlé d'un seul sémaphore; dans la réalité, chaque gare possède pour chaque sens trois signaux: un disque avancé, un sémaphore d'entrée et un sémaphore de sortie ou de cantonnement; tous trois se mettent simultanément à voie libre dès qu'un train quitte la section précédente, puis tombent à l'arrêt successivement dès que le train les a franchis. Les signaux

qui fermaient l'entrée de la section précédente sont débloqués lorsque le train a passé le séma-phore d'entrée du poste suivant. On voit ainsi que, dans sa marche, un train est protégé en pleine voie par les trois signaux du poste précédent et, dans une gare, par le disque et le séma-phore d'entrée. D'autre part, les manœuvres sont couvertes par les deux mêmes signaux.

Appareils de block-système de la Compagnie du Nord. — Les appareils en usage sont les électro-sémaphores du système Tesse, Lartigue et Prudhomme avec certaines modifications destinées :

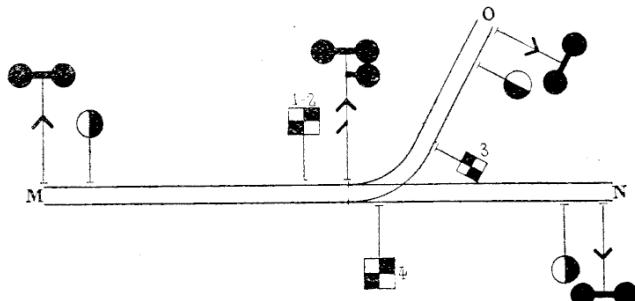


Fig. 6. — Enclenchement conditionnel pour bifurcation.

1^o A assurer la dépendance des sections successives de block par l'enclenchement des grandes ailes avec les petits bras dans la même direction;

2^o A enclencher le disque à distance avec la grande aile;

3^o A détruire la dépendance des sections encadrant une station, lorsqu'un train quitte la voie principale sans continuer immédiatement sa route.

Toutes ces modifications subsistaient en 1889 et nous n'y reviendrons pas.

Nous allons décrire sommairement les perfectionnements récents apportés aux électro-sémaphores dans la période de 1889 à 1900.

ENCLENCHEMENTS CONDITIONNELS. — *Passage d'un train à une bifurcation.* — Aux abords d'une bifurcation munie du block-système, lorsqu'un train vient du tronc commun M pour se diriger vers O (fig. 6), il est nécessaire non seulement de ne pouvoir débloquer en arrière avant d'avoir couvert le train à son passage, mais encore de ne pouvoir bloquer que dans la direction réellement suivie par le train.

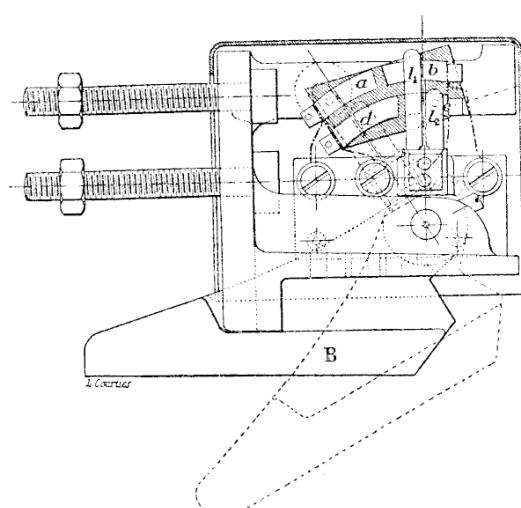


Fig. 7. — Commutateur à quatre plots du block-système de la Compagnie du Nord.

donc l'obligation de ne pouvoir lancer le courant de désolidarisation par la mise à l'arrêt de chaque grande aile que si les aiguilles donnent bien la direction couverte par chacune de ces grandes ailes.

Inversement, pour un train allant de O vers M, on ne doit pouvoir débloquer en arrière qu'au poste situé sur la branche d'où provient le train; cette condition est réalisée en intéressant à la fermeture du circuit de désolidarisation les positions d'aiguilles et de signaux donnant la direction correspondante.

En pratique, pour que les courants de désolidarisation ne passent que pendant le très faible temps nécessaire à leur action, les leviers d'aiguille préparent d'abord le circuit, qui n'est complètement fermé que par un contact électrique très court pendant la fermeture du signal d'arrêt correspondant.

On emploie à cet effet deux commutateurs :

L'un, dit à quatre plots (fig. 7), s'installe sur le levier intéressé ou sur la transmission qui en dépend ; il ferme alternativement un circuit dans telle ou telle direction suivant la position du levier.

L'autre, pour les enclenchements entre sémaphores et signaux d'arrêt, sert en même temps pour le contrôle de la position du signal (fig. 8) ; le contact *d* est relié à l'appareil de contrôle et le contact *c* à l'appareil d'enclenchement numéro 2 du séma-phore ; sur ces deux contacts glissent deux ressorts *r* et *R* en communication avec la terre. Le petit ressort *r* frotte seul sur le contact de contrôle *c* ; quant au ressort *R*, il ne frotte sur le contact *d*, relié à l'appareil d'enclenchement, que pendant l'instant très court du temps de la fermeture du signal arrêté ; pendant l'ouverture, il est écarté de ce contact par le petit plan incliné *p* et passe par-dessus lui, et ainsi de suite.

PÉNÉTRATION DES TRAINS DANS LES SECTION BLOQUÉES. APPAREIL MÉMENTO. — Type à jetons. —

Lorsqu'un train pénètre en section bloquée, l'autorisation n'est donnée que sur la remise d'un ordre écrit au mécanicien. Or il en résulte nécessairement que le garde-sémaphore doit compter le nombre des trains entrés en section bloquée, afin de remettre la grande aile du séma-phore à l'arrêt aussitôt après le déblocage, et cela autant de fois qu'il y a de trains entrés en section bloquée.

L'appareil mémento de pénétration a été établi dans le but de faciliter au garde-sémaphore le comptage des trains qui pénètrent successivement dans une section bloquée et de lui rappeler l'obligation de remettre la grande aile à l'arrêt, après sa mise à voie libre par le poste suivant, autant de fois qu'il a pénétré de trains dans la section bloquée. L'appareil présente, en outre, l'avantage d'intéresser les agents des trains à ce comptage : c'est en effet le mécanicien qui, sur la demande du conducteur chef du train, remet à celui-ci un de ces jetons, en échange d'un bulletin dit de pénétration, et c'est le conducteur qui introduit lui-même ce jeton dans l'appareil.

Cet appareil se compose d'une boîte en fonte divisée en deux compartiments ; le premier, ABCD (fig. 9 et 10), est accessible sur le côté par une porte spéciale et il communique par une goulotte *N* avec l'ouverture rectangulaire *O* ménagée sur le devant de l'appareil.

Le second compartiment est accessible, sur la face, par une porte *X* (fig. 11), sur laquelle

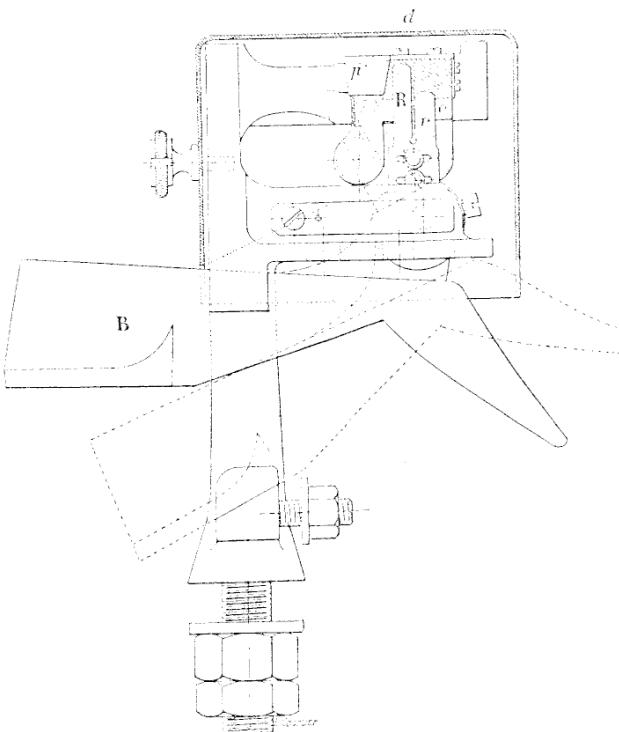


Fig. 8. — Commutateur d'enclenchement du block-système de la Compagnie du Nord.

est fixé un électro-aimant R, dont l'armature V, montée sur pivot à l'une de ses extrémités, est terminée à l'autre extrémité par une ancre destinée à laisser passer une à une les dents *a*, *a*, *a*, *a*, d'un échappement solidaire d'un disque en laiton K.

Le disque est divisé en sept parties égales, de 1 à 6 et une croix ; il est constamment sollicité en arrière par un ressort. Un isolant en ivoire v, dans la position de la croix, permet d'isoler entre eux deux ressorts de contact et d'interrompre ainsi le circuit d'une pile locale.

A l'aide d'une tige H, portant un cliquet à ressort x, on peut faire avancer le disque d'une division chaque fois que l'on tire sur le bouton. En même temps cette tige appuie, à fin de course, sur un levier mobile J terminé par un écran M qui dégage l'ouverture O par laquelle on introduit les jetons.

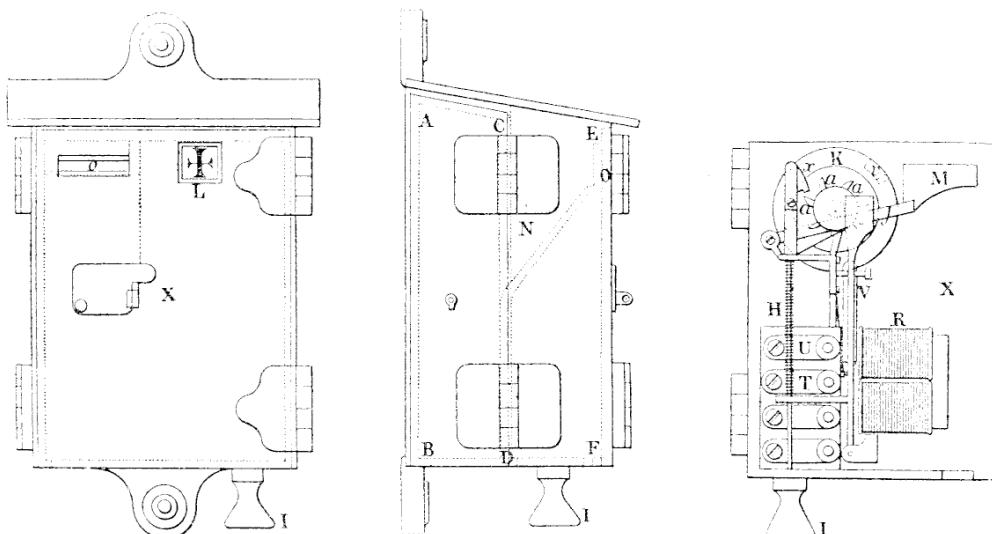


Fig. 9, 10 et 11. — Appareils mémento de la Compagnie du Nord.

L'introduction d'un jeton oblige à agir sur la tige de tirage H pour découvrir l'ouverture O ; par cette manœuvre, on fait avancer l'échappement d'une dent et, par suite, d'une division le disque K qui, au lieu de la croix, présente devant l'ouverture vitrée L le numéro 1. Il s'établit alors un courant local qui fait tinter une sonnerie.

Le retour en arrière et par numéro s'obtient par la mise à l'arrêt de la grande aile du sémaphore, autant de fois qu'il est nécessaire. A cet effet, l'appareil est intercalé (fig. 12) sur l'appareil d'enclenchement numéro 2, de telle façon que le courant électrique produit par la manœuvre de la grande aile enclenche le disque et actionne en même temps l'électro-aimant de l'appareil « mémento ».

Type sans jetons. — Dans certains cas, il n'est pas possible au conducteur d'accéder facilement et rapidement au poste de block pour y apporter le jeton de pénétration. Aussi la Compagnie du Nord a-t-elle transformé l'appareil mémento de manière à laisser la grande aile à l'arrêt tout le temps que la section qu'elle couvre est effectivement occupée et à suppléer au transport d'un jeton, tout en conservant le comptage mécanique des trains.

Au lieu de procéder à autant de blocages et de déblocages successifs, à l'aide des appareils numéro 1 et numéro 2 en correspondance, qu'il entre de trains dans la section bloquée, on suspend la manœuvre effective de ces appareils tant qu'il y a un train dans la section et on y substitue, durant cette période, la manœuvre de deux appareils spéciaux 1 bis et 2 bis enclenchés respectivement avec les appareils 1 et 2, qu'ils remplacent temporairement.

Lorsqu'un train pénètre dans la section bloquée, la manœuvre de l'appareil 1 bis a pour

effet de désolidariser les appareils ordinaires du poste, comme si le train était couvert effectivement, et de faire passer au nombre suivant le nombre indiqué sur les enregistreurs des deux postes.

Le poste de sortie, par la manœuvre de son appareil numéro 2 bis, fait décompter les compteurs, unité par unité, à la condition de libérer l'appareil numéro 2 bis lui-même, avant chaque manœuvre, par la mise à l'arrêt de la grande aile de ce poste ou une désolidarisation extérieure.

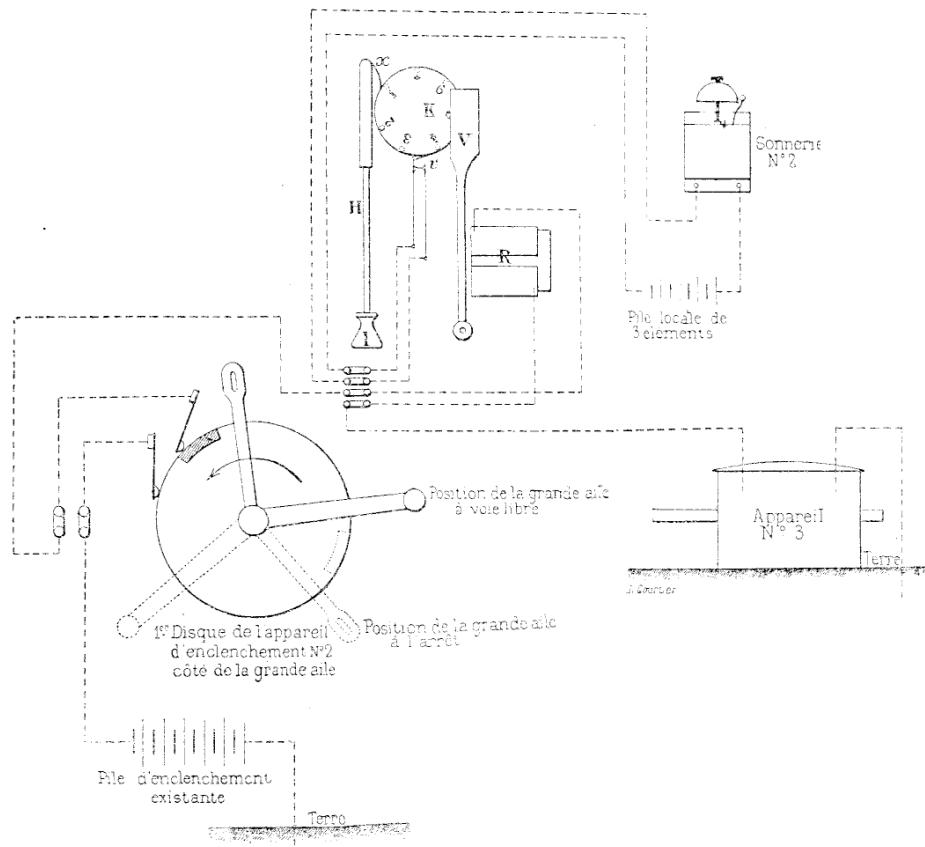


FIG. 12. — Connexions de l'appareil memento de la Compagnie du Nord.

Enfin, le garde du poste de sortie ne peut faire tomber la grande aile du poste d'entrée par la manœuvre de l'appareil numéro 2 ordinaire que lorsque l'enregistreur 2 bis a désenclenché l'appareil numéro 2 en revenant au zéro et que le dernier des trains introduits a dégagé la section.

Appareils de block-système des Chemins de fer de l'État. — Trois systèmes de block fonctionnent actuellement sur les chemins de fer de l'État : 1^o l'électro-sémaphore Lartigue ; 2^o le block-système Flamache ; 3^o le block-système Sarroste et Loppé.

Nous ne parlerons que de ce dernier, qui est spécial aux chemins de fer de l'État.

BLOCK-SYSTÈME SARROSTE ET LOPPÉ. — Cet appareil remplit le programme habituel avec l'adjonction d'une pédale. Ainsi le signal de cantonnement mis à l'arrêt s'enclenche automatiquement et ne peut être libéré que par le poste suivant ; ce second poste ne peut lui-même rendre voie libre au premier qu'après avoir mis à l'arrêt son propre signal et qu'après que le dernier train annoncé a rencontré une pédale placée sur la voie à proximité du poste.

Voici comment sont réalisées ces conditions :

Les leviers des signaux de cantonnement sont enclenchés par un verrou électrique qui sera décrit plus loin, avec commutateur K (fig. 13), et chaque poste comprend, comme appareils électriques, outre le verrou de signal et la pédale T, un commutateur à plateau circulaire, une sonnerie Jousselin J, une sonnerie trembleuse ordinaire et un microtéléphone.

Soient deux postes consécutifs I et II et un train sur voie I annoncé à I; celui-ci demande à II le déclenchement par sonnerie Jousselin. A ce moment, les deux commutateurs o_1 et o_2 sont sur la position oM , « attente sur sonnerie », qui met en communication les frotteurs A et Z par la bande métallique ab. Si le poste I appuie sur un bouton B, le courant de la pile P_1 est envoyé sur la ligne jusqu'à la sonnerie J_2 . Le poste II interpellé amène sa manivelle dans la position oM_1 (envoi de déclenchement), s'il le peut; or, pour qu'il le puisse, il faut que la saillie du plateau ait pu franchir le crochet de l'armature des bobines V; le circuit de celles-ci peut se

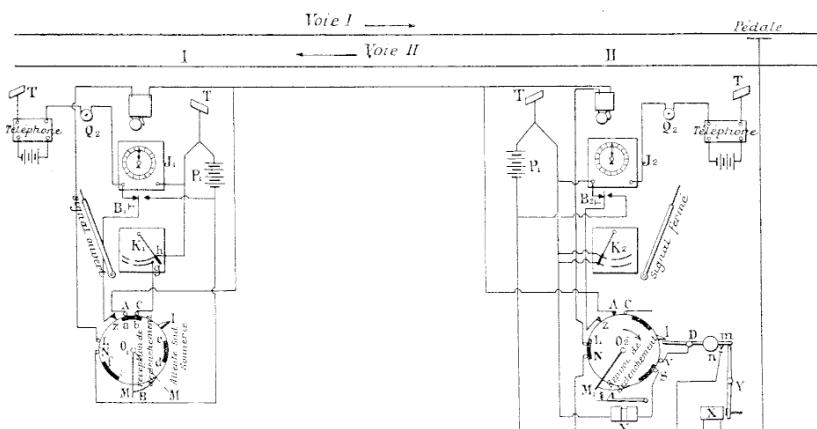


Fig. 13. — Block-système Sarroste et Loppé.

trouver coupé en trois endroits différents : au commutateur K_2 du levier du signal, aux frotteurs S et V du plateau, enfin aux contacts m et n . La continuité en K est établie lorsque le signal de cantonnement est à l'arrêt; les frotteurs S et V ont été reliés momentanément pendant le mouvement circulaire du plateau; enfin les contacts m et n se sont trouvés réunis lorsque le dernier train passant sur la pédale a excité la bobine X, qui, en attirant son armature Y, a laissé tomber le levier D. Lorsque le plateau continue son mouvement jusqu'à la position oM' de la manivelle, le doigt l ramène le levier D à sa position horizontale. Dans cette position oM' , un courant permanent partant de P_1 , au poste II, passe en NL, sonnerie trembleuse, ligne, puis au poste I, où il suit son commutateur sur la position oM , A, C, bandes g et h , actionne le verrou du levier L_1 et le libère. Le poste I, après avoir ouvert son signal, remet sa manivelle à la position oM (attente sur sonnerie) et le poste II en fait de même, ce qui arrête la sonnerie trembleuse.

Lorsque les deux postes veulent causer entre eux, ils appuient réciproquement et successivement douze fois sur le bouton, ce qui amène les aiguilles des deux cadrans Jousselin à une position qui, par les petits commutateurs Q_1 et Q_2 , met les téléphones sur le circuit de ligne.

SÉMAPHORE AUTOMATIQUE POUR L'ESPACEMENT DES TRAINS système Sarroste. — Le réseau de l'État exposait un type de sémaphore destiné à séparer les trains se suivant sur la même voie par un intervalle de temps et non par un intervalle de distance, comme le fait le block-système. Cet appareil est relié à une pédale et disposé de telle façon que, lorsqu'un train passe sur la pédale, un déclenchement électrique met en action un moteur spécial placé dans une boîte métallique fixée au bâti du signal et qui a pour effet de mettre aussitôt à l'arrêt le bras

sémaphorique destiné à couvrir le train, puis à le remettre automatiquement à voie libre après un temps déterminé.

Le moteur est constitué par une sorte de mouvement d'horlogerie à poids et le compteur de temps est actionné par un ressort qui est remonté automatiquement à chaque manœuvre du sémaphore.

B) APPAREILS DE PROTECTION POUR LIGNES A VOIE UNIQUE

Block-système de la Compagnie de l'Est. — La Compagnie de l'Est s'est proposé de réaliser un block-système de voie unique avec les électro-sémaphores Lartigue, qu'elle utilise sur les lignes à double voie.

Les sémaphores A et B (fig. 14) étant normalement à l'arrêt, il s'agissait, lorsque le séma- phore A avait été débloqué par l'agent du poste B, de ne rendre possible le déblocage du séma- phore B qu'autant que :

1^o Le train avait passé sur une pédale C placée près du séma- phore B;

2^o L'agent du poste B avait abaissé le petit bras du séma- phore au moment où le train quittant la station A passait devant lui.



Fig. 14. — Principe de l'électro-sémaphore Lartigue.

Pour réaliser ce programme, on a ajouté au séma- phore B une boîte dite de rupture dans laquelle passe le fil de ligne reliant la grande aile du séma- phore B au petit bras du séma- phore A.

Les organes de cette boîte sont disposés de façon que la communication électrique qui, dans la situation normale, permet au poste A de débloquer le poste B, se trouve coupée précisément au moment où le poste B débloque le poste A en manœuvrant sa boîte numéro 2.

La coupure du circuit se fait mécaniquement pour éviter tout raté.

La fermeture du circuit s'obtient électriquement par le passage du train sur la pédale C, à la condition, toutefois, que l'agent du poste B abaisse le petit bras de son séma- phore au moment où le train venant de A passe devant lui.

La même disposition est appliquée au séma- phore A, le circuit étant rétabli par le passage du train sur la pédale D placée près du séma- phore A.

Le montage des appareils ainsi que le détail des opérations successives et le schéma des organes intérieurs des boîtes de rupture sont représentés sur la figure 15 (planche).

Il y a lieu de remarquer que, les coupures du circuit se faisant mécaniquement, il est matériellement impossible de laisser pénétrer dans une même section deux trains de sens contraire. Par contre, le rétablissement du circuit se faisant électriquement, on a dû chercher un moyen permettant de parer aux ratés de la pédale électrique. A cet effet, chaque sémaphoriste possède un certain nombre de billes en plomb qu'il peut introduire dans la boîte de rupture pour obtenir le même effet que le passage du train sur la pédale et, par suite, le rétablissement du circuit. Ces billes ne peuvent être retirées que par un agent spécial, ce qui établit un contrôle de l'emploi des billes par le sémaphoriste.

Le schéma de la planche se rapporte à deux sémaphores de tête situés l'un à l'entrée, l'autre à la sortie d'une section de voie unique comprise entre deux stations; mais les mêmes appareils peuvent être utilisés pour les postes intermédiaires de pleine voie, de manière que l'on puisse, dans une même section, envoyer plusieurs trains successifs dans le même sens impairs par exemple et qu'il ne soit pas possible d'envoyer un train pair avant que le dernier des trains impairs soit sorti de la section.

Block-système de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. — Les appareils appliqués par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée pour assurer la sécurité des trains sur la voie unique sont, soit des appareils de block-système qui enclenchent les signaux dans des conditions déterminées, soit des cloches à forte sonnerie qui annoncent le départ du train à peu près dans toute la zone comprise entre les gares que doivent parcourir ces trains. Le premier système agit par les avis optiques que donnent les signaux de la voie, le second par des avertissements acoustiques.

APPAREILS DE BLOCK-SYSTÈME (SYSTÈME RODARY). — Cet appareil, qui est le même que celui de la figure 1, comporte en plus les pièces représentées en pointillé. Il fait le distancement non seulement entre les trains qui se suivent dans le même sens, mais encore entre ceux qui vont en sens contraire.

Aux conditions 1, 2, 3, énoncées précédemment, il ajoute les deux suivantes :

4° Le poste B ne peut « rendre voie libre » à A qu'après avoir enclenché son sémaphore de sens BA;

5° Lorsque B a « rendu voie libre » à A, il ne peut à son tour devenir « voie libre » qu'après avoir fait entrer et couvert le train expédié de A.

Voici comment ont été réalisées ces deux dernières conditions.

Condition 4. — Au poste B, le bouton P ne peut être pressé pour libérer le sémaphore de A et autoriser le départ d'un train venant de A en B que si le verrou M est retiré de l'encoche z grâce au levier N redressé par la tige T poussée à fond, c'est-à-dire si le sémaphore de B, couvrant le sens BA, est fixé à l'arrêt.

Lorsque la règle T est tirée, au contraire, un ressort en boudin, caché sur la figure, tend à incliner le levier N et, par suite, à pousser le verrou M dans l'encoche z .

Condition 5. — En rendant voie libre au poste A, l'agent du poste B, appuyant sur le bouton P, fait descendre la pièce à glissière F par l'effort de l'équerre I. Dans ce mouvement, cette pièce F, par sa partie supérieure recourbée en équerre f_1 , abaisse la queue S' du taquet E', et engage la goupille triangulaire s' , que celle-ci porte, sous la dent inférieure de l'ancre U; donc, à ce moment, l'extrémité S' de la pièce S'E' reste abaissée et, par suite, l'autre extrémité E' relevée. Le taquet E' ainsi maintenu soulevé empêche le levier C' de se détacher complètement de la bobine B' (il pourra s'en détacher de 1 ou 2 mm) et, par suite, de relever le verrou V, quand même le poste A rendrait indûment voie libre à B.

Pour que le sémaphore sens BA du poste A se trouve effectivement libéré, il faut que la goupille s' et, par suite, la queue S' aient été dégagées par une double oscillation de l'ancre U, oscillation provoquée par un double mouvement de rotation du balancier Y rencontrant la saillie u qui forme came. U, ayant repris sa position verticale par l'effet d'un ressort plat, S' s'est relevé sous l'action d'un ressort en boudin et E' ne cale plus C'.

Or le double mouvement de rotation nécessaire du balancier Y n'est produit que par la mise à voie libre, puis à l'arrêt du signal avancé pour l'admission en gare B et la couverture du train expédié du poste A.

La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée avait 9 postes de ce genre entre Nice et Vintimille ayant la transformation de cette ligne en double voie. Elle va appliquer les mêmes appareils en divers points de ses voies uniques.

Appareils à cloche des chemins de fer de l'État. — Le réseau de l'État emploie sur les plus importantes de ses voies uniques les signaux à cloche actionnés par des magnétos. Les dispositions plus spécialement à signaler sont les suivantes : usage de relais dans les gares qui interrompent leur service la nuit, adjonction dans les gares d'enregistreurs de signaux passés, application de cadrans indicateurs aux cloches de pleine voie.

Lorsqu'une gare se retire du service, elle introduit dans le circuit des cloches un relais (système Sarroste) qui, à chaque coup de cloche, est traversé par le courant émis de la gare qui annonce, et emprunte l'énergie d'une pile locale pour envoyer dans la section suivante le courant de cette pile et actionner ainsi les appareils.

L'enregistreur de gare (système Grégaré) consiste essentiellement en un mouvement d'horlogerie faisant dérouler une bande de papier, et en un style attiré par un électro-aimant et imprimant sur la bande le passage de chaque courant correspondant à un coup de cloche. Le déroulement de la bande est mis en train par la première émission de courant et s'arrête ensuite automatiquement; les indications marquées par le style sont recouvertes par une barre qui en assure l'inviolabilité, et laisse cependant sur la bande une place libre pour l'inscription à la main de l'heure de l'enregistrement du signal et le numéro des trains annoncés, s'il y a lieu.

L'indicateur des cloches de pleine voie a pour but de laisser subsister la trace du signal reçu. Il consiste en une aiguille reliée par engrenages au cylindre moteur des cloches et qui, s'avancant à chaque émission sur un cadran, y indique la nature du signal transmis; elle est ensuite ramenée au zéro par les soins des gardes-barrières.

Appareils de block-système de la Compagnie du Nord. — Sur les lignes à voie unique, les appareils de block-système n'ont pas seulement pour but de maintenir, entre les trains qui se suivent, un intervalle suffisant; ils doivent, en même temps, interdire l'expédition simultanée des trains de sens contraire entre deux points consécutifs de croisement.

Les électro-sémaphores de simple voie fonctionnent à *voie normalement fermée*.

Lorsqu'un train se présente au poste A d'une section AB, dont la grande aile est normalement à l'arrêt, le garde doit, s'il n'y a pas de train engagé dans la section, ouvrir d'abord la voie au train survenant par l'abaissement de la grande aile, puis refermer la voie en remettant à l'arrêt la grande aile après que le train a pénétré dans la section, cette dernière manœuvre ayant pour résultat de couvrir le train et de l'annoncer au poste suivant.

Le garde du poste A ne peut faire pénétrer un train dans la section que si la situation des appareils du poste B le permet, c'est-à-dire si le petit bras de l'appareil numéro 2 du poste B a bien été précédemment abaissé par le garde, position qui correspond à l'absence de trains circulant dans le même sens dans la section.

POSTES TERMINUS DE VOIE UNIQUE. — La circulation des trains étant ainsi réglée pour un seul sens, il devient évident que, pour empêcher, dans une section déterminée commandée par deux postes extrêmes, la circulation simultanée de deux trains de sens contraire, il faut et il suffit que l'annonce d'un train de A vers B, par exemple, par l'apparition du petit bras du poste B, enclenche à l'arrêt la grande aile commandant la circulation en sens opposé, c'est-à-dire la grande aile du poste B.

Cette condition a été réalisée mécaniquement, d'une manière simple: la tringle de manœuvre de la petite aile d'une direction, en passant de la position correspondant à l'horizontalité de l'aile à celle qui correspond à la position effacée, enclenche, sur la platine du carillon, la tringle de manœuvre de la grande aile correspondant à la direction opposée et l'immobilise absolument dans la position horizontale commandant l'arrêt, jusqu'à ce que, le train étant sorti de la section, le garde ait abaissé le petit bras et désenclenché ainsi la grande aile (fig. 16).

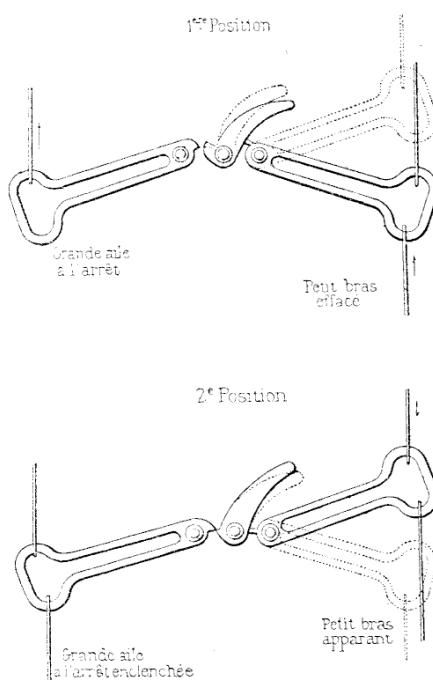


FIG. 16. — Poste terminus de la voie unique de la Compagnie du Nord.

En outre, et comme surcroît de précautions, un interrupteur électrique spécial est articulé à la contre-manivelle de l'appareil numéro 1.

Cet interrupteur a pour mission de couper le circuit électrique de l'appareil numéro 2 pendant tout le temps que la grande aile du même poste est effacée.

On ne peut donc, en aucun cas, annoncer en même temps deux trains se présentant simultanément chacun à un bout de la section et il résulte, en définitive, de ces dispositions, qu'une section ne peut jamais être ouverte en même temps, car l'annonce d'un train dans un sens condamne immédiatement l'entrée de la section dans l'autre sens, à l'autre extrémité, en calant à l'arrêt un signal qui s'adresse aux mécaniciens.

D'autre part, à chaque boîte numéro 2 est articulé un *commutateur répétiteur interrupteur* qui émet, pendant le développement du petit bras, le même courant que celui qui résulterait de la manœuvre du commutateur à déclic de la boîte numéro 1 de la même direction, c'est-à-dire qu'en même temps que le petit bras du poste B, par exemple, se développe en produisant l'effacement de la grande aile du poste A précédent le petit bras du poste suivant C se développe aussi horizontalement et efface la grande aile de même direction du poste B, et ainsi de suite.

En 1893, la Compagnie du Nord a trouvé préférable de produire l'annonce des trains par l'apparition du petit bras aux différents postes d'une section de voie unique, non plus *de poste en poste* par le jeu automatique du commutateur répétiteur dont il vient d'être question, mais *simultanément*, par l'envoi d'un courant lancé du premier poste terminus par le garde, au moyen du commutateur à déclic, à tous les autres postes.

Les services électriques de la Compagnie ont été amenés, pour réaliser plus facilement la double condition que doivent remplir les appareils de fonctionner tantôt embrochés sur un même circuit en vue d'une annonce simultanée, tantôt reliés par des fractions distinctes de ce circuit, à installer un fil de ligne par direction pour actionner les petits bras et les grandes ailes, et un fil spécial pour actionner les accusés de réception dans les deux sens ainsi que les sonneries de correspondance, soit au total trois conducteurs électriques.

Accessoirement, afin de parer à l'éventualité d'une manœuvre intempestive du petit bras, soit par suite d'une distraction du garde, soit même par suite de malveillance de la part de personnes étrangères au service, un cliquet spécial placé dans la boîte numéro 2 maintient le petit bras de chaque poste dans la position horizontale et s'oppose, par suite, à la libre rotation de la manivelle de l'appareil jusqu'à ce que le garde, auquel cette opération donne le temps de la réflexion, ait dégagé le cliquet à l'aide d'une clé spéciale dont il est seul porteur.

POSTES INTERMÉDIAIRES. — Entre les postes extrêmes, il peut exister un ou plusieurs postes intermédiaires, installés en des points où il n'existe ni voies de croisement ni voies d'évitement, et dont le rôle est d'augmenter la capacité de circulation de la ligne à voie unique.

Lorsqu'un train a quitté un point de croisement où existe un électro-sémaphore terminus, la voie doit rester fermée pour les trains de sens contraire jusqu'à ce que le train soit arrivé au point de croisement suivant; mais elle peut être rendue libre pour les trains de même sens dès que le premier train a atteint et franchi le premier poste intermédiaire.

Chaque électro-sémaphore intermédiaire du type étudié en 1892 par les services électriques du chemin de fer du Nord, comporte, en double, sur le même mât, les organes des sémaphores terminus précédemment décrits, à l'exclusion du commutateur articulé à la contre-manivelle de la boîte numéro 1, dont il a été question plus haut.

Les appareils électriques de manœuvre de 1892 ont subi les modifications suivantes :

A. *Poste terminus.* — Dans l'appareil numéro 1, le frotteur de *terre continue* du grand commutateur a été supprimé et remplacé par un commutateur spécial de terre manœuvré en même temps que le commutateur à déclic, auquel il est relié, ne donnant ainsi la terre qu'au moment opportun (*fig. 17*).

Le commutateur à déclic, lorsqu'on le manœuvre pour obtenir le déclenchement simultané de tous les petits bras, envoie le courant d'une forte pile dans le circuit de tous les appareils:

les bobines de l'électro-aimant Hughes, qui enclenche la grande aile, sont montées en dérivation, afin de diminuer la résistance totale du circuit des appareils de tous les postes.

Le garde, en tirant le commutateur à déclie, envoie un courant de très courte durée qui déclenche toutes les petites ailes; mais il a soin de maintenir tiré ce commutateur pendant assez de temps pour que le commutateur de terre, manœuvré du même coup, permette au courant de retour qui doit déclencher la grande aile de son poste de produire son effet. Lorsque le garde lâche la manette du commutateur à déclie, après la chute de la grande aile de son poste, la terre du circuit des ailes se trouve de nouveau coupée, ce qui réalise une excellente défense contre les courants atmosphériques.

L'appareil numéro 2 ne diffère de l'ancien que par la suppression d'une connexion (fig. 48), et par le groupage en dérivation des bobines de l'électro Hughes, pour les mêmes raisons que précédemment.

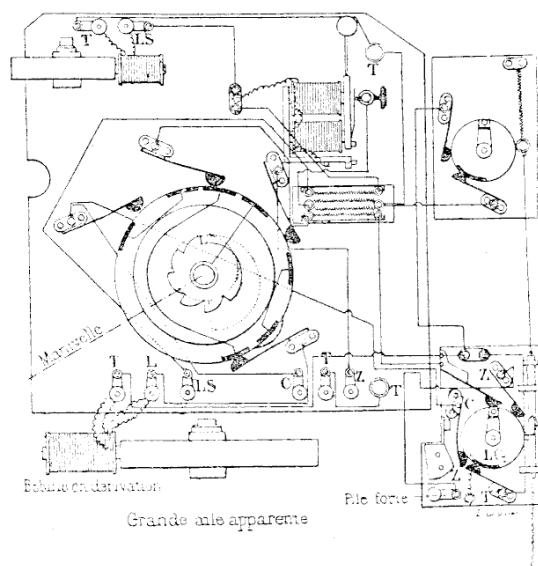


Fig. 47. — Commutateur spécial de terre des postes intermédiaires. — Appareil n° 1.

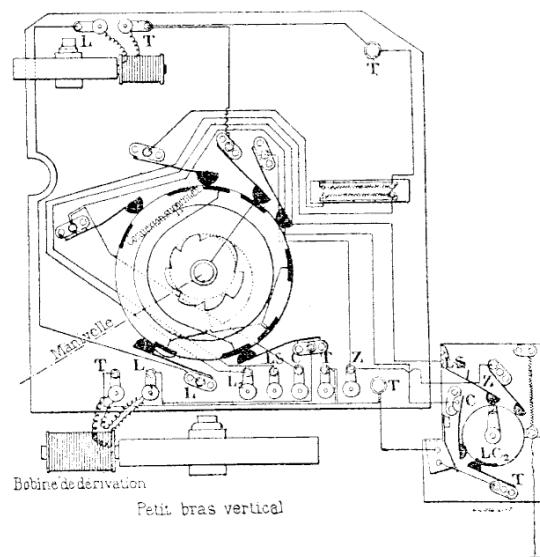


Fig. 48. — Commutateur spécial de terre des postes intermédiaires. — Appareil n° 2.

B. *Postes intermédiaires.* — L'appareil numéro 1 du poste intermédiaire ne diffère de l'appareil numéro 1 terminus précédent qu'en ce qu'il ne comporte pas le commutateur spécial de terre manœuvré en même temps que le commutateur spécial à déclie et qu'il est muni d'une terre spéciale en vue de la mise à la terre du cuivre de la pile, lors de l'annonce d'un train par le commutateur à déclie.

L'appareil numéro 2 ne diffère de l'appareil numéro 2 terminus que par les connexions aux piles du commutateur d'échange de sonneries qui fonctionnent à l'aide du pôle zinc aux terminus et à l'aide du pôle cuivre aux intermédiaires.

APPAREIL D'ENCLENCHEMENT. — Les appareils de poste intermédiaire, type 1893, comportent également un véritable enclenchement électro-mécanique des appareils numéros 1 et 2, analogue à celui des postes de double voie (fig. 49), et qui a pour but d'obliger le garde, dans le cas de la circulation de trains dans le même sens, à mettre la grande aile de son poste à l'arrêt avant de débloquer la position de section en arrière.

APPAREILS TYPE 1900. — Dans le dernier système, on a eu pour principal objectif de n'obtenir la chute d'aucune grande aile de différents postes de la section sans l'autorisation directe du poste terminus de l'autre extrémité.

Pour faire pénétrer un train, le garde du poste terminus agit sur le commutateur à déclie

et, par cette manœuvre, déclenche le petit bras du premier poste suivant, qui, à son tour, déclenche celui du second poste et ainsi de suite, par cascade, jusqu'au poste terminus de l'autre extrémité.

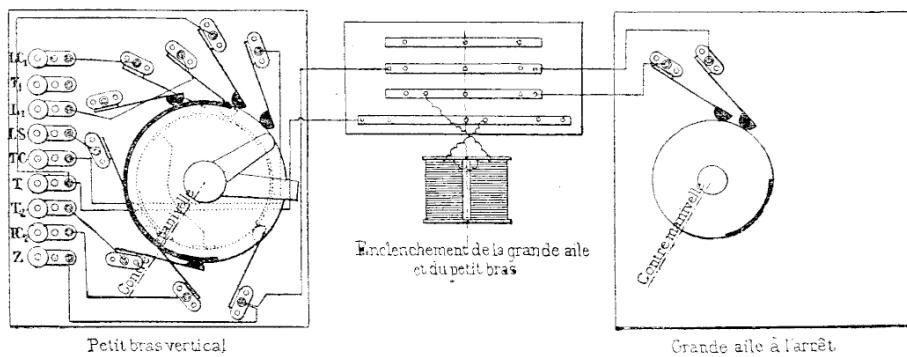


FIG. 19. — Appareil d'enclenchement de poste intermédiaire.

Mais, contrairement à ce qui se passe dans le système de 1892, l'annonce produite à chaque poste intermédiaire ne fait pas déclencher en retour la grande aile du poste précédent. Seul, le dernier petit bras, celui du poste terminus de l'autre extrémité, est muni d'un commutateur spécial destiné, lorsque le petit bras se développe, à envoyer en retour un courant de sens voulu pour faire tomber d'abord la grande aile du poste précédent, puis successivement, par cascade, la grande aile de tous les postes, jusques et y compris celle du premier poste terminus.

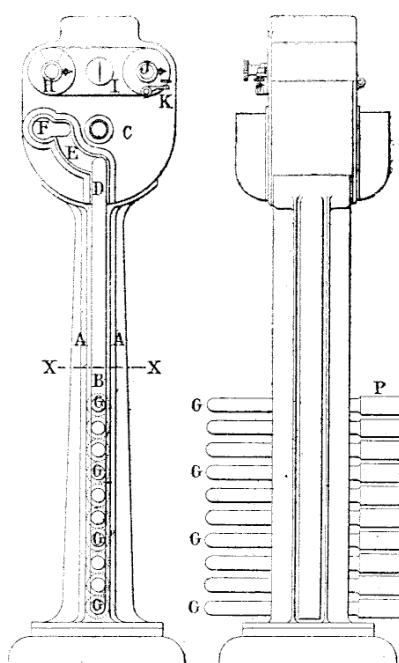


FIG. 20. — Bâton-pilote électrique.

mais alors on pourra prendre un bâton, soit en I, pour envoyer un train de même sens que le précédent, soit en II, pour envoyer un train de sens contraire.

Ce résultat est obtenu grâce à la forme spéciale du bâton qui porte des cannelures circulaires L, M, N, O (fig. 21), ne lui permettant de sortir de la rainure que par une ouverture supérieure plus large F (fig. 20), et grâce aux enclenchements électriques contenus dans la

Bâton-pilote électrique (système Webb Thompson) des chemins de fer de l'État.

— Cet appareil a pour but de ne permettre matériellement, par un bâton-pilote, l'accès qu'à un seul train d'une section de voie unique.

A cet effet, étant donné deux postes consécutifs I et II, chacun de ces postes possède un certain nombre de bâtons d'une couleur spéciale à la section considérée (fig. 20), et tous ces bâtons G sont enfilés et enclenchés dans la rainure BD d'une colonne de fonte, de façon que, si l'un d'eux vient à être retiré en I, par exemple, pour être remis au mécanicien d'un train, tous les autres soient immobilisés, en I et en II, jusqu'au moment où le bâton sera réintégré dans l'appareil du poste II :

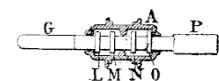
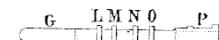


FIG. 21. — Détails du bâton-pilote électrique.

boîte G, arrêtant ou laissant passer, suivant le cas, le bâton lorsqu'on cherche à l'amener à l'ouverture F.

Lorsque le poste I veut expédier un train à II, il appuie sur la manette K et attend que II lui réponde par un coup de timbre; à ce moment, les deux postes tournent la clé J de leur appareil et le poste II, agissant sur sa manette K, donne au poste I la faculté de retirer un bâton, en envoyant un courant dans un électro-aimant.

Celui-ci, attirant son armature, permet à un disque de tourner. Or ce disque présente quatre encoches, dont l'une se trouve toujours au droit de la rainure AD. Lorsqu'on a remonté un bâton, si le disque est immobilisé, ce bâton ne peut aller au delà; mais, si le disque est libre, le bâton peut, en entraînant ce disque, s'engager dans la rainure circulaire E et arriver à l'ouverture F par laquelle il est retiré.

La manette K et la clé J ont pour rôle de manœuvrer des commutateurs qui sont au nombre de six, et leur combinaison avec diverses autres pièces ne produit ce résultat que lorsqu'un bâton est déhors; on ne peut même demander la voie, car les deux fils de ligne cessent d'être reliés entre eux. Seule la remise du bâton dans l'appareil de l'un des deux postes rétablit les communications coupées.

Le jeu de ces combinaisons et enclenchements est trop compliqué pour être exposé ici tout au long; nous nous sommes bornés à expliquer la manœuvre de l'appareil et la fonction des organes principaux.

Ce système est installé à titre d'essai sur la section de Joué-lès-Tours, au poste du Pont-du-Cher, près Tours.

C] APPAREILS DE PROTECTION DE CERTAINS POINTS PARTICULIERS

Appareils de passages à niveau de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. — Certains passages à niveau sont placés dans des conditions telles qu'il est utile de prévenir de l'approche des trains les agents chargés de la manœuvre des barrières. Il y a aussi intérêt à ne pas laisser trop longtemps fermées les barrières pour des trains qui ont du retard et que la disposition du terrain ne permet pas de voir arriver.

La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée emploie à cet effet deux systèmes : les appareils en correspondance et les appareils automatiques.

1^o Les appareils en correspondance dont il est fait usage sont basés sur le principe des appareils Tyer. Ils fonctionnent par inversion de courant et donnent les indications voulues par le mouvement d'une aiguille qui est attirée d'un côté ou de l'autre, suivant le sens du courant qui a été envoyé dans la bobine sur l'axe de laquelle elle est montée.

Les boutons-poussoirs du Tyer sont remplacés par des leviers qui, suivant leur position, envoient au poste correspondant un courant positif ou négatif suivant le cas, qui incline l'aiguille de ce dernier poste vers l'indication voulue.

On place un appareil récepteur au passage à niveau même et un appareil dit avertisseur en un point d'où l'on peut signaler l'arrivée des trains.

A chacun de ces appareils récepteurs ou avertisseurs est adjointe une sonnerie qui appelle l'attention des gardes sur les signaux échangés.

Avec ces deux appareils, le passage à niveau demande au poste avertisseur s'il peut ouvrir la barrière. Celui-ci répond, si le train n'est pas en vue : « Ouvrez. » Le garde ouvre et en avise télégraphiquement le poste avertisseur par le signal : « J'ouvre. »

Lorsque le train est en vue, l'avertisseur donne électriquement au passage à niveau l'ordre de fermer; celui-ci répond : « Je ferme », et il tient la barrière fermée jusqu'à ce que ce train ait dépassé son poste.

2^o Les appareils avertisseurs automatiques ont pour but d'avertir de l'arrivée des trains certains passages à niveau exceptionnellement fréquentés ou placés dans des conditions de visibilité défavorables.

Ils se composent d'une pédale coupe-circuit, appelée « pédale Sourot » (fig. 22), renfermée dans une boîte métallique. La pédale est fixée à l'intérieur de la voie et est actionnée par le boudin des roues des véhicules. Elle se place en amont du passage à niveau (à une distance de 1 500 à 1 800 m).

La pédale se compose d'un ressort en spirale ayant la forme d'un ressort de sonnette, qui est normalement en contact avec un plot en cuivre fixé sur un étrier relié au fil de ligne.

L'appareil fonctionne à courant continu; au passage d'un train ou d'une machine, le ressort est écarté et quitte le contact et il en résulte une interruption de courant et le tintement d'une sonnerie-avertisseur au passage à niveau.

A cet effet, à l'extérieur de la maison de garde se trouve un annonceur dont le volet, maintenu par une armature normalement attirée par un électro-aimant, tombe quand le courant

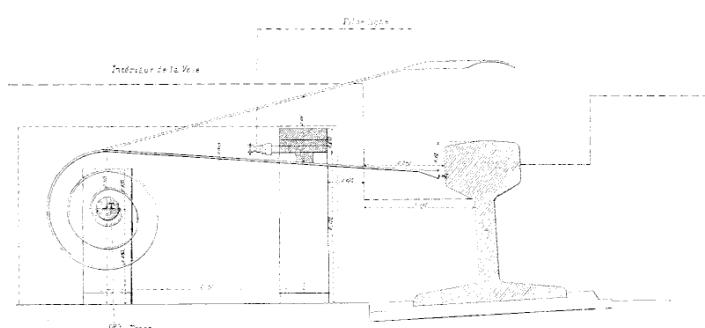


FIG. 22. — Pédale Sourot.

cessé et, en tombant, ferme le circuit d'une pile locale et fait tinter une sonnerie intercalée dans ce circuit jusqu'à ce que le garde-barrière ait relevé ce volet.

Disque électrique système Rodary de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. — Sur certains points où des circonstances locales, éloignement du signal, interposition de tunnels, action de la neige et de la gelée, rendaient difficile et irrégulière la manœuvre des disques par les moyens mécaniques, on y a substitué la manœuvre électrique.

Le disque électrique comprend un disque ordinaire A (fig. 23) et un appareil moteur B déclenché électriquement, suivant le cas, par un commutateur C ou par une pédale D placée sur la voie.

Le disque tourne de 90° sous l'effort d'un câble en fil de fer T passant sur une poulie R fixée sur son axe, et qu'il met alternativement à la position d'arrêt et de voie libre.

L'appareil moteur (fig. 24), enfermé dans une boîte en tôle, comprend un tambour A enroulé d'une corde T_2 avec poids moteur P, et susceptible d'entrainer dans son mouvement de rotation le plateau B à profils spéciaux, puis deux leviers L et L' qui, par l'intermédiaire de leurs galets g et g', reçoivent du plateau un mouvement de va-et-vient; ce mouvement est ensuite communiqué au moyen du câble en fil de fer T à la poulie R.

Le mouvement est suspendu par la butée de l'une des cames D, D₁, D₂ sur la partie pleine p ou p' de l'axe partiellement évidé o; que celui-ci vienne à s'incliner en présentant son creux, le doigt D échappe et l'ensemble du tambour et du plateau se met à tourner; mais le maneton M vient bientôt buter sur le doigt s et soulever le contrepoids z; puis M₁ vient buter sur s' et soulever h et, par suite, le levier H s'abaisse et réenclenche tout le système dans la position indiquée par la figure.

En l'état de la figure, aucun courant ne passe dans l'électro-aimant E et la position correspondante du disque marque l'arrêt. Si un courant passe, l'armature F est attirée; la goupille l du levier H, sollicitée par un contrepoids en h, passe de la dent f à la dent f'; le doigt e de l'axe

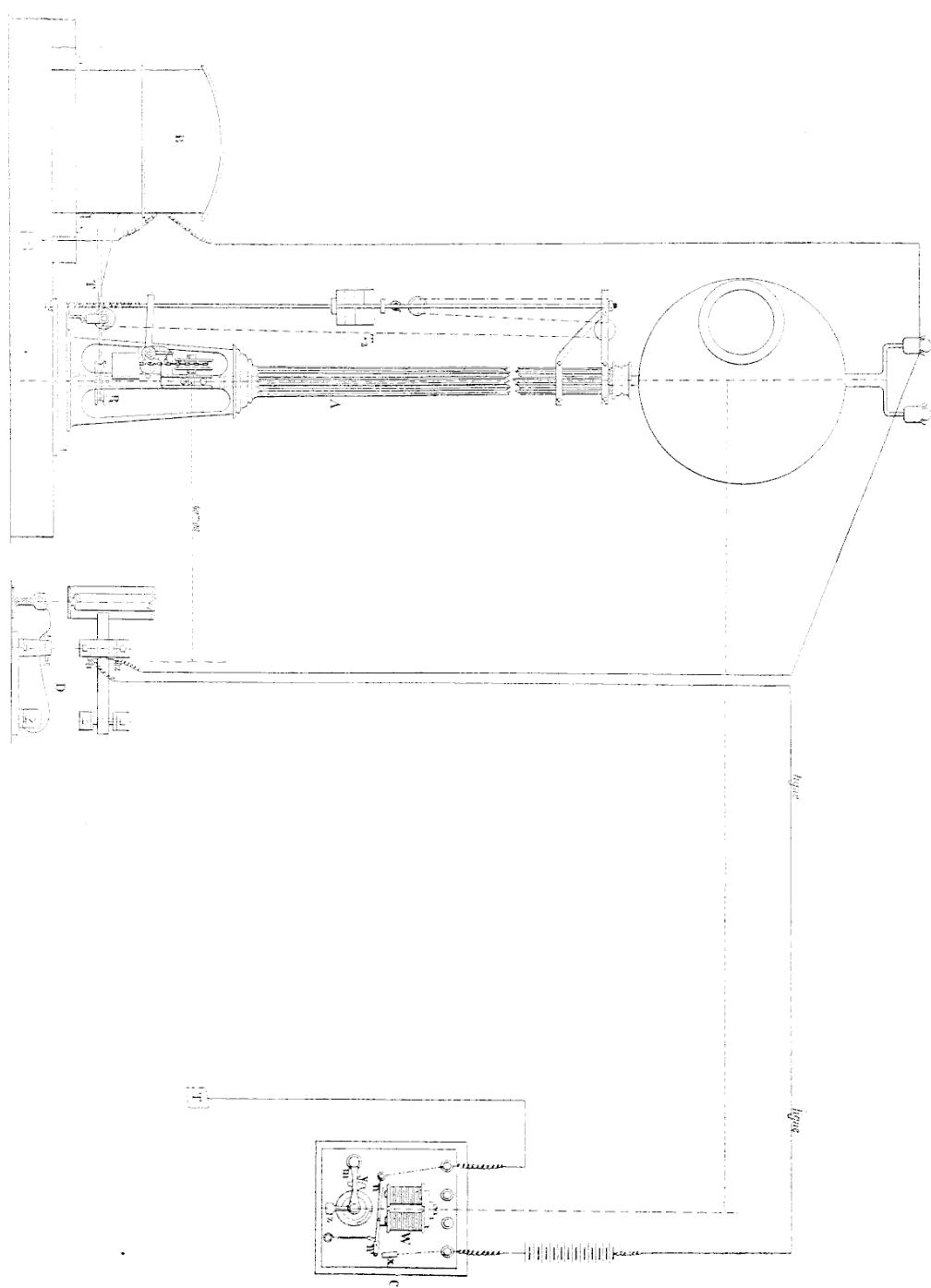


FIG. 23. — Disque électrique Rotary.

évidé o vient sur le premier repos K, D échappe p et le plateau entraîné par le poids moteur se met à tourner, le levier L vient vers la droite, L' vers la gauche, et le signal passe à voie libre. Alors, la came suivante D_1 , qui n'est pas dans le même plan vertical que D, rencontre l'autre partie pleine p' de o et arrête de nouveau le mouvement. Lorsque le courant cesse de passer, la goupille I échappe la dent f' sous l'action du contrepoids h , le doigt C passe du repos K au repos K', D échappe p' et le plateau se met à tourner de nouveau ; le levier L revient vers la gauche, L' vers la droite et le disque se remet à l'arrêt ; l'action successive des mannetons M et M₁ réenclenche tout le système dans la position indiquée sur la figure, comme il vient d'être expliqué.

On voit ainsi que la position du signal est fixée à *voie libre* par la présence d'un courant électrique et à *l'arrêt* par l'absence de courant.

Donc une rupture du fil de ligne ou une faiblesse de pile ou toute autre cause affaiblissant ou supprimant le courant a pour conséquence la mise à l'arrêt du disque.

L'influence perturbatrice des courants atmosphériques ou de tout fonctionnement accidentel et anormal du signal est annulée par l'artifice des butées inégales p et p' de o , h et h' de K et les deux repos f et f' du levier H à des hauteurs différentes.

Prenons, par exemple, le cas du disque à l'arrêt représenté sur le dessin :

Qu'un courant atmosphérique ou un choc très violent vienne à faire osciller la fourchette F, la goupille I échappe f , mais aussi f' , puisque l'action perturbatrice momentanée n'a pu retenir indéfiniment l'armature F contre l'électro-aimant E. Donc, si D a pu échapper p , D échappera aussi p' , car le doigt e, n'ayant plus trouvé la butée h , est venu jusqu'en h' , repoussant p' à sa position extrême vers la gauche. Au passage de D, le disque a bien été entraîné à *voie libre* ; mais immédiatement après, au passage de D_1 , il est revenu à sa position initiale d'arrêt.

On verrait un effet analogue se produire si la position initiale du disque marquait *voie libre*.

Ainsi : un courant atmosphérique ou un accident perturbateur ne peuvent modifier la position donnée au signal.

Reste à parer à une négligence dans le remontage ou à une rupture du câble portant le poids moteur.

Pour le premier cas, le câble portant le poids est fixé sur le tambour A par l'intermédiaire d'un arc de cercle S rigide, mais articulé en U et normalement appliqué sur la surface du tambour. A la fin de la course, cet arc se développe, de façon que sa corde soit horizontale, et alors il va buter par son extrémité en saillie du reste, qui a abandonné la surface du tambour, contre un obstacle fixe V, lequel arrête alors le mouvement dans une position correspondant au signal à l'arrêt.

En cas de rupture du câble, le poids P (qui glisse le long de la colonne du disque) vient faire basculer le levier λ qui arrache la goupille β maintenant suspendu le poids δ ; le poids δ entraîne alors par l'intermédiaire de la chaîne μ , passant par la poulie σ , la goupille de clavetage α de la poulie R. Le disque n'est plus alors soumis à l'action du câble T, et la chaîne μ dans son mouvement fait tourner la tige ϵ de 90° en entraînant le disque dans la position d'arrêt. Donc, que le poids n'ait pas été remonté ou ait rompu son câble, le signal vient toujours se fixer à l'arrêt.

Dans la pratique, avec un poids de 50 kg et une chute de 3 m, on peut obtenir 200 manœuvres consécutives et un seul fil de ligne suffit pour actionner l'appareil.

Pour la manœuvre simple, un commutateur ordinaire ouvrant ou fermant le circuit permettrait de mettre à l'arrêt ou à *voie libre* le signal ; les appareils C et D (fig. 23) décrits ci-après ne sont employés que lorsqu'on veut obtenir la mise à l'arrêt automatique du signal au passage même du train.

Le commutateur C se compose d'une manivelle m portant deux came y et z placées dans deux plans différents en arrière de la manivelle m . Dans le mouvement de rotation, la came y vient appliquer l'armature nn' contre l'électro-aimant W et, n' venant au contact du ressort ω , le circuit électrique est fermé et le disque est mis à *voie libre*.

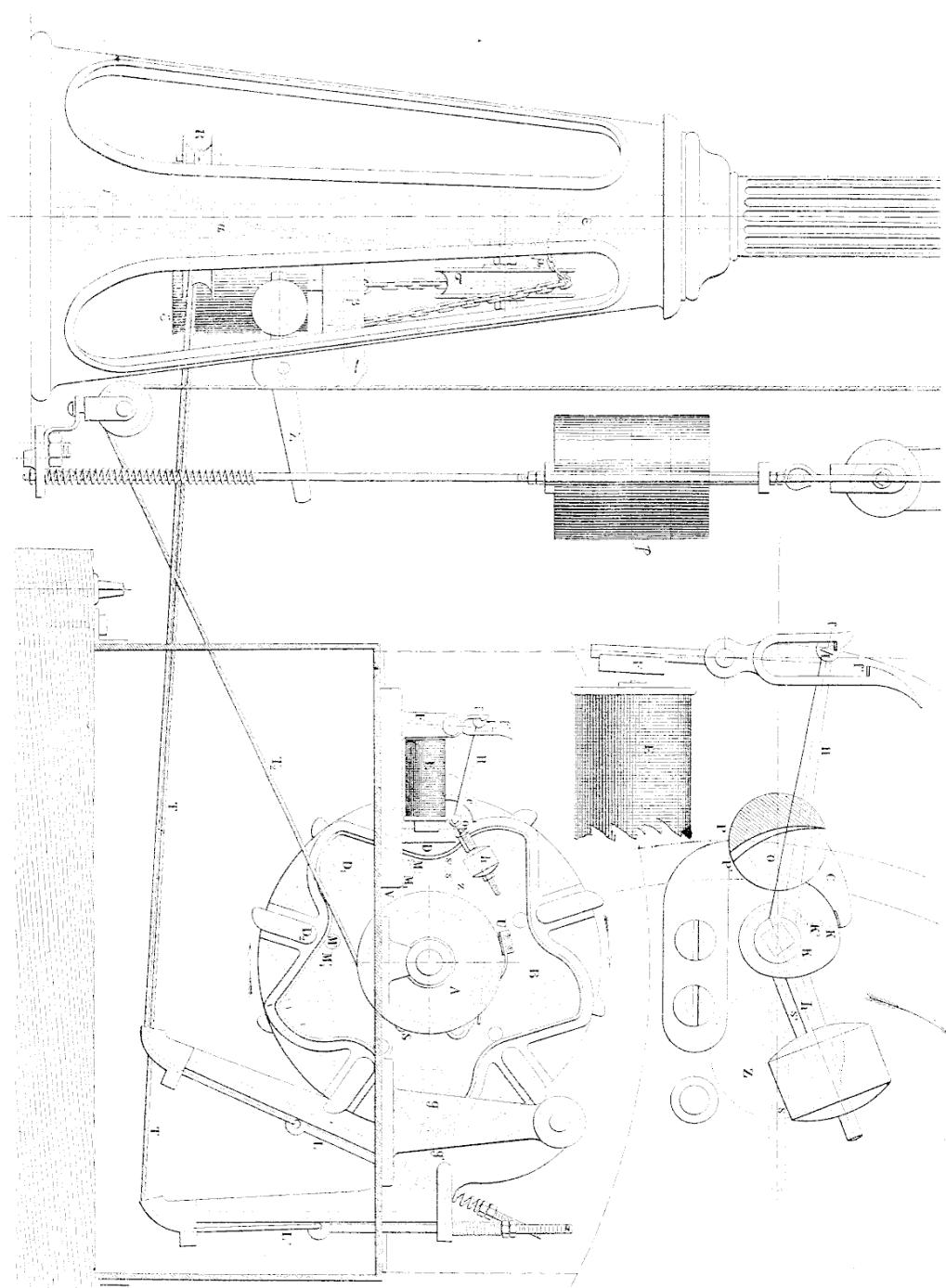


FIG. 24. — Appareil moteur du disque électrique Kodary.

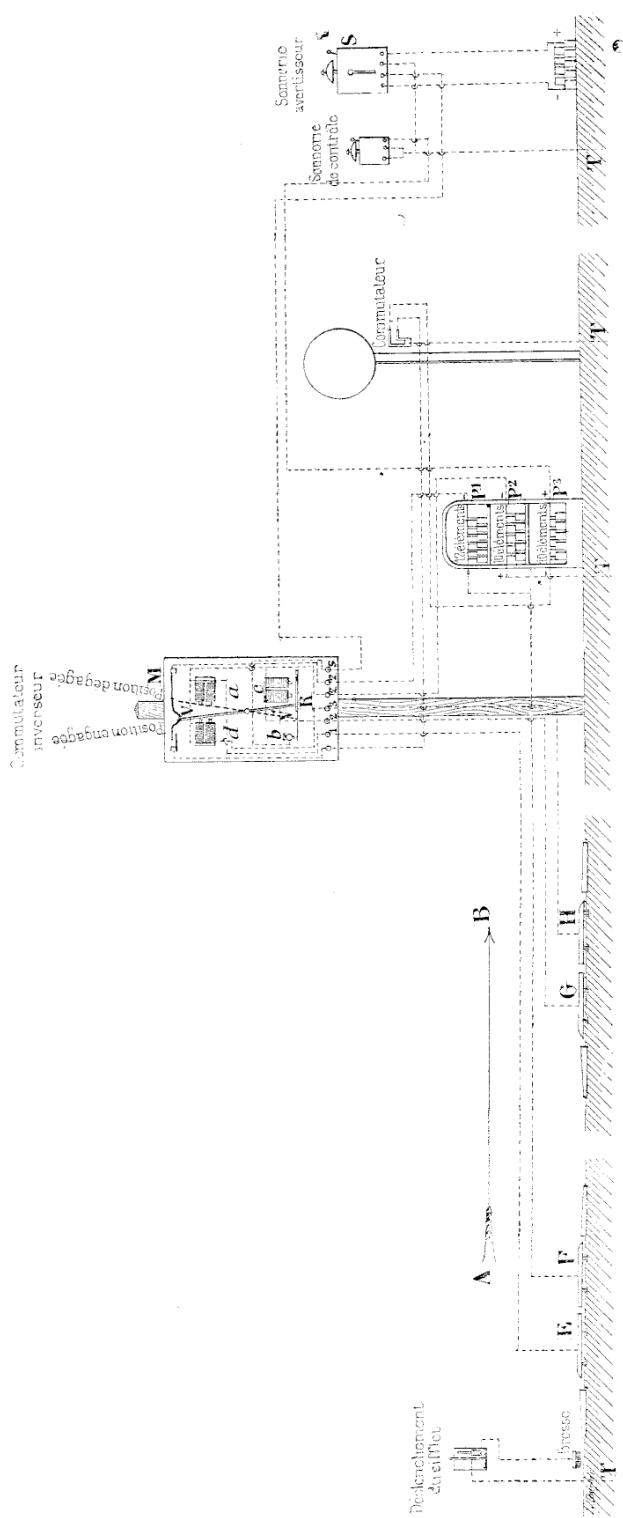
En continuant le mouvement de rotation, la came z évadée vient, par le moyen du téton i et l'action du ressort de rappel, détacher l'armature de l'électro et rompre le contact de n' avec x ; le circuit électrique est coupé et le disque revient à l'arrêt.

Le disque, mis à voie libre par le commutateur décrit ci-dessus, est remis automatiquement à l'arrêt par le passage du train au moyen de la pédale D.

Le ressort l de cette pédale, placée près du rail en dedans de la voie, fléchit sous l'action du boudin des roues du train et, par l'éloignement du contact t , qui réunit le plot 1 au plot 2, le circuit se trouve coupé et le disque se met à l'arrêt.

Dans ces conditions, l'armature nn' du commutateur C quitte l'électro W sous l'influence du ressort de rappel et le circuit est également coupé en $n'x$ et y reste coupé, de sorte qu'après le passage du train la pédale, en reprenant sa position initiale, ne rétablit pas le courant, ce qui aurait pour effet de remettre le signal à voie libre ayant que la gare n'ait mis son commutateur dans la position *arrêt*.

FIG. 25. — Appareil avertisseur à crocodile de la Compagnie du Nord.



Appareil avertisseur à crocodile pour voie unique de la Compagnie du Nord. — Depuis longtemps déjà la Compagnie du Nord a adopté, sur ses lignes à double voie, le système avertisseur à crocodile, destiné à avertir les mécaniciens dès qu'un train a franchi un signal à l'arrêt et à aviser en même temps les agents des gares de l'approche de ces trains.

Ce système vient d'être étendu aux lignes à voie unique et voici comment le problème a été résolu:

En plus des deux crocodiles F et G (fig. 25) servant sur la double voie, l'un au déclenchement du sifflet des machines, l'autre à l'annonce des trains, on a installé deux autres crocodiles E et H qui ont pour but,

lorsque les trains circulent dans le sens où ils doivent actionner les appareils, le premier de provoquer la mise en charge des crocodiles F et G; le second, de remettre les appareils dans leur situation normale.

Dans l'autre sens de circulation, les crocodiles E et H provoquent, au contraire, l'inertie des crocodiles F et G.

Un commutateur inverseur M, intermédiaire entre les groupes E, H et F, G de crocodiles, prépare les circuits sous l'action de chacun d'eux de façon à obtenir les effets précédents pour chaque sens de circulation.

Examinons maintenant, sur la figure 23, ce qui se produit pour chaque sens de circulation.

1^o **SENS DE CIRCULATION AB.** — En passant sur le contact E, la brosse des machines ferme le circuit d'une pile P₂ sur l'électro-aimant *a* qui provoque le renversement de l'armature de l'inverseur.

Le ressort V, qui était relevé, s'abaisse et rétablit la communication électrique entre le crocodile F et le commutateur spécial du disque. Lorsque ce dernier est fermé, la brosse, en passant sur le crocodile F, complète le circuit de la pile P₁ qui se ferme sur le sifflet de la locomotive.

Au passage sur le crocodile G, l'armature R, qui n'est plus enclenchée par l'armature de l'inverseur, est attirée par l'électro C et établit une communication électrique avec la sonnerie avertisseuse S, qui déclenche.

Enfin, la brosse, en passant sur le crocodile H, ferme le circuit de la pile P₂ sur l'électro *d*, qui attire l'armature de l'inverseur et la replace dans la position indiquée sur la figure: l'armature R se trouve de nouveau enclenchée.

2^o **SENS DE CIRCULATION BA.** — Le passage de la brosse d'une machine sur le crocodile H ne produit aucun effet.

En passant sur le crocodile G, un courant est bien envoyé dans l'électro *c*, mais il ne produit aucun effet, puisque l'armature correspondante R est calée.

La brosse, en arrivant sur le crocodile F, ne peut plus produire le déclenchement du sifflet des machines, puisque le circuit se trouve interrompu en V, qui est relevé.

Enfin, le passage sur le crocodile E a pour effet de fermer le circuit de la pile P₂ sur l'électro-aimant *a* et, par suite, de renverser l'armature de l'inverseur; ce déplacement ne présente aucun inconvénient, car: ou bien un train se présente immédiatement dans le même sens BA et la brosse, en passant sur le crocodile H, remet l'armature de l'inverseur sur la position «engagée», qui est celle de la figure, et la replace ensuite dans l'autre position en passant sur E; ou bien un train se présente dans le sens AB et, l'armature de l'inverseur se trouvant dans la position dégagée, les connexions sont préparées pour fournir une annonce.

Porte-pétard électrique de la Compagnie du Nord. — La Compagnie du Nord a étudié et appliqué un dispositif électrique qui permet de faire placer, à telle distance qu'on veut du commutateur, un pétard sur les rails, au point où on désire avertir le mécanicien et indépendamment de la manœuvre des leviers de signaux, tout en enclenchant, s'il y a lieu, le cas échéant, la manœuvre du commutateur avec celle des signaux.

L'appareil porte-pétard est enfermé dans une boîte en fonte AA' *fig.* 26, placée parallèlement à la voie. Un noyau de fer doux DD' se meut dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'il est sollicité par la bobine B ou par la bobine C. Ce noyau commande un axe vertical à l'extrémité duquel est fixé horizontalement le porte-pétard, qui peut, par suite, occuper deux positions à 90° l'une de l'autre.

Trois fils sont nécessaires pour l'envoi du courant dans le sens voulu: un pour une extrémité de chaque bobine, l'autre servant de retour commun pour les deux autres extrémités.

Le commutateur de manœuvre est à deux directions. Pour que la durée du courant soit fonction de la manœuvre de l'appareil porte-pétard, celui-ci est muni d'un interrupteur automa-

tique V calé sur l'axe vertical FF' et composé d'un tambour isolant muni de deux touches métalliques et de quatre frotteurs QQ'. Les deux touches sont, d'ailleurs, disposées de manière que,

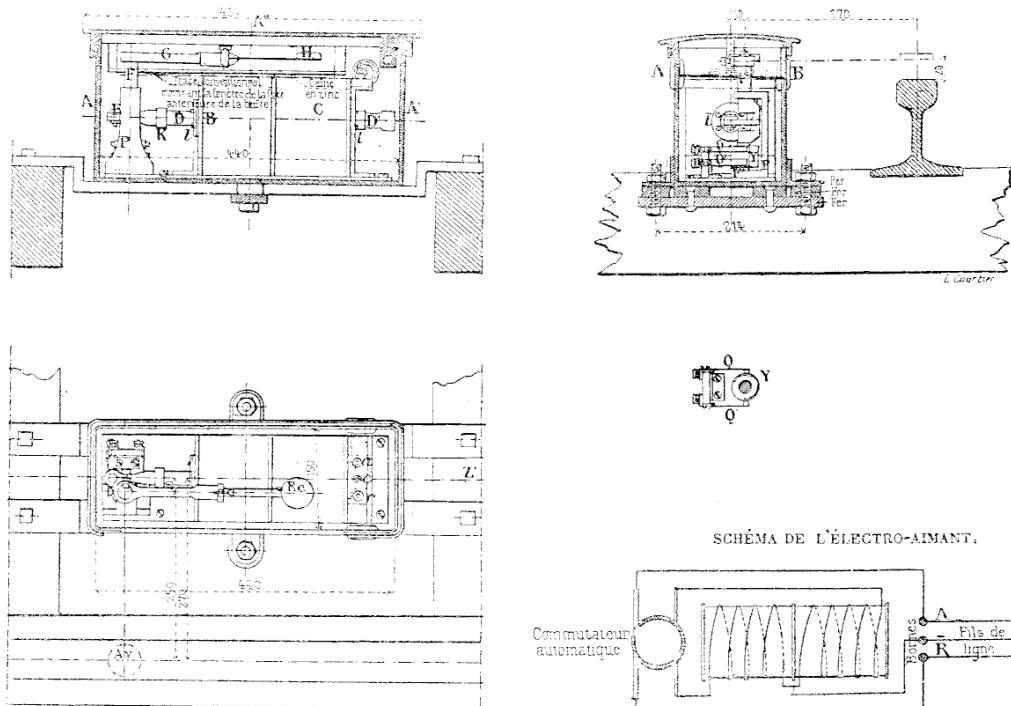


Fig. 26. — Porte-pétard électrique de la Compagnie du Nord.

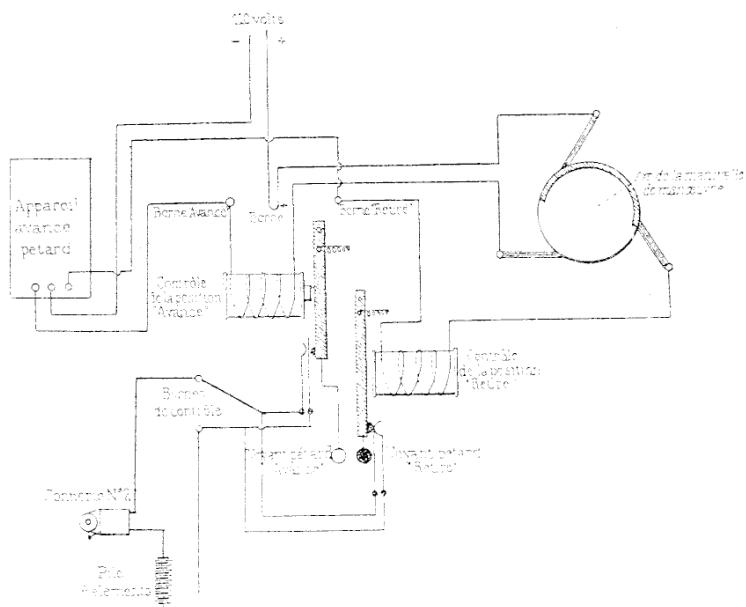


Fig. 27. — Connexions du porte-pétard électrique monté avec le circuit de lumière.

lorsque l'une provoque la rupture du circuit de l'une des bobines, l'autre prépare la fermeture du circuit de l'autre bobine, et réciproquement.

Deux verrous placés sur les joues extrêmes du solénoïde sont destinés à empêcher le pétard de se déplacer intempestivement. Dès qu'un courant passe dans le solénoïde, le verrou engagé dans l'encoche est immédiatement, grâce à sa faible masse, soulevé par l'attraction du noyau et permet ainsi à celui-ci de se mouvoir. Au contraire, dès que ce courant est interrompu, les verrous retombent dans les encoches et immobilisent le pétard.

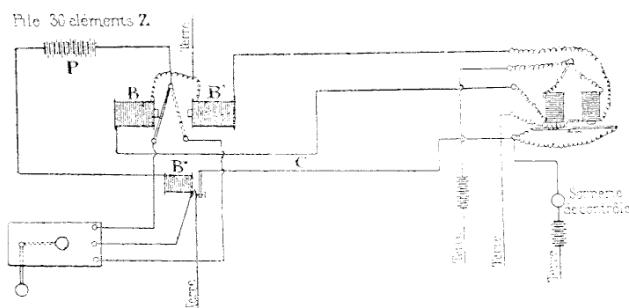


Fig. 28. — Schéma des connexions du porte-pétard électrique monté avec une pile.

Le commutateur de manœuvre permet également de contrôler la position des pétards (fig. 27). Pour cela, on a placé, dans le circuit de chaque solénoïde de manœuvre, des électro-aimants qui actionnent des voyants indicateurs de la position que prend le pétard après chaque manœuvre ; en même temps, un courant local, fermé par l'armature de ces électros, actionne une sonnerie qui tinte jusqu'à ce que la manœuvre ait été réellement terminée.



Fig. 29. — Connexions du porte-pétard électrique actionné par le signal.

Lorsqu'on se sert d'une pile pour la manœuvre du porte-pétard, la pile principale, montée en gros éléments peu résistants, est actionnée à distance à l'aide d'un relais et de quelques éléments ordinaires (fig. 28). Le courant de la pile locale passe également dans un électro-aimant B qui attire son armature tant que le courant qui circule dans l'appareil porte-pétard ne s'est pas interrompu de lui-même ; c'est alors l'armature B' qui actionne la sonnerie de contrôle du poste de manœuvre. L'armature de relais BB' conserve toujours la position qu'on lui a fait prendre en dernier lieu. Enfin, quand l'appareil porte-pétard doit être actionné soit par le signal lui-même, soit par la transmission de ce signal, il y a lieu d'installer un commutateur spécial fig. 29.

Le contrôle est encore effectué au poste de manœuvre par le commutateur à manivelle, à l'aide duquel on fait faire un demi-tour, de manière à réunir en permanence les trois frotteurs.

On a recours à cette dernière solution : 1^o quand le porte-pétard est commandé par plusieurs leviers d'une même cabine ou de cabines différentes ; 2^o quand le signal à doubler d'un pétard est muni d'une pédale Aubine : le pétard n'est alors placé que lorsque l'aiguille confirme, par la manœuvre de son levier, la mise à l'arrêt automatique du signal.

D] APPAREILS DE CONTRÔLE

Répétiteur de sémaphore de la Compagnie de l'Est. — Il est souvent utile de connaître la position des grande et petite ailes d'un sémaphore.

A cet effet, les services techniques de la Compagnie de l'Est ont établi des appareils qui répètent, à l'aide de petits bras en miniature, les positions des ailes de sémaphore. La figure 30 donne le schéma des communications.

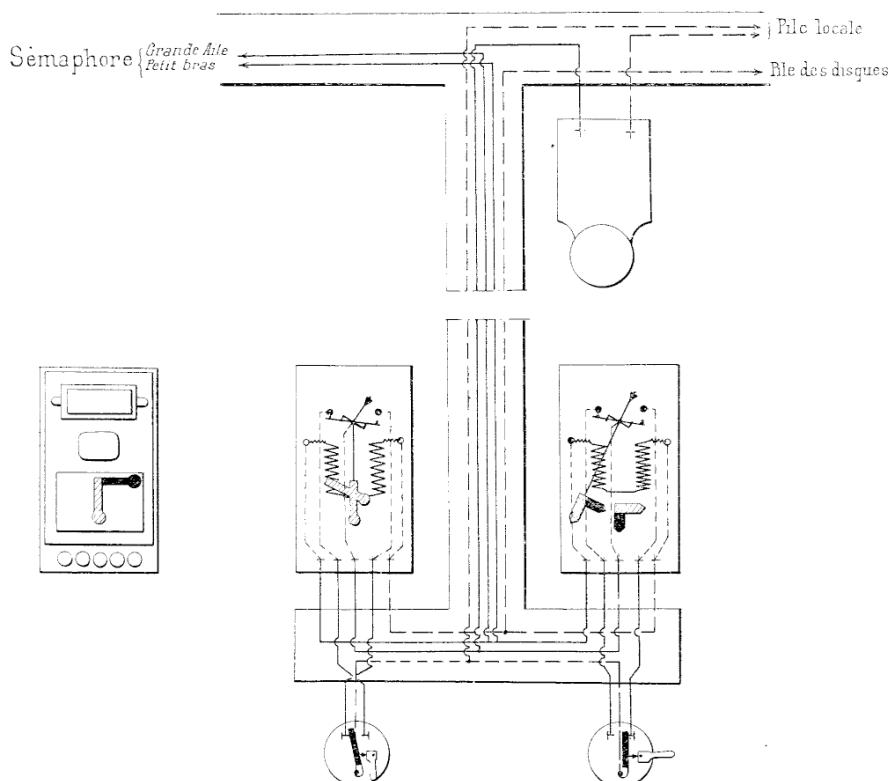


Fig. 30. — Répétiteur de sémaphore.

Les répétiteurs sont constitués par des armatures en forme de Z qui sont attirées lorsque le courant passe dans les électro-aimants. A chaque changement de position d'une aile, une sonnerie continue se fait entendre jusqu'à ce qu'on inverse la position du commutateur à levier correspondant.

Les commutateurs appliqués aux sémaphores se composent d'un secteur S, mobile autour d'un axe (fig. 31). Trois ressorts viennent frotter sur ce commutateur. Lorsque le petit bras est vertical, le circuit de pile se trouve fermé et le courant passe ; lorsque le petit bras est horizontal, le courant est au contraire interrompu.

S'il s'agit de la grande aile, le courant est interrompu pour le répétiteur lorsque cette aile est verticale ; mais, par contre, le circuit se trouve fermé sur une sonnerie lorsque, comme le cas se présente, on veut, à un poste éloigné, connaître la position de la grande aile avant d'expédier un train dans la section de bloc. Si la sonnerie ne tinte pas, c'est que la section est bloquée ou qu'il y a un dérangement, et alors il faut se renseigner auprès du sémaphoriste sur

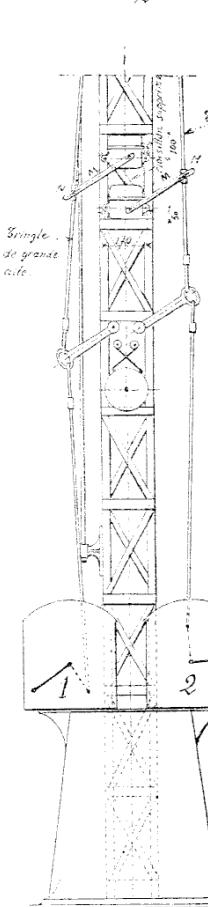
les dispositions à prendre; il convient d'ajouter que ces postes éloignés sont toujours reliés aux sémaphoristes par appareils de correspondance Jousselin.

Le secteur S est actionné par une manivelle M, dont la coulisse peut recevoir un doigt de conduite N qui se fixe par une vis de pression au point convenable de la tringle de manœuvre, soit de la grande aile, soit du petit bras de sémaphore. Suivant qu'on utilise deux ou trois ressorts, on réalise toutes les combinaisons de circuit nécessaires dans les divers cas prévus.

Installations des commutateurs sur le sémaphore

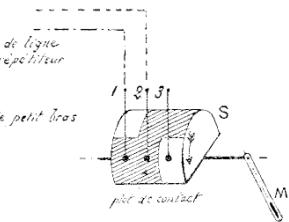
Grande aile horizontale
Petit bras horizontal.

Echelle: 1/20

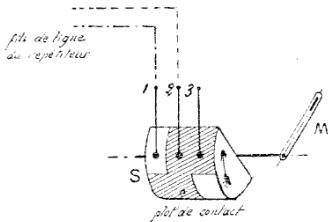


Commutateur appliquée à un petit bras

Petit bras vertical



Petit bras horizontal



Commutateur appliquée à une grande aile

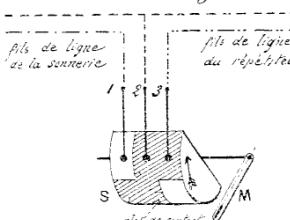
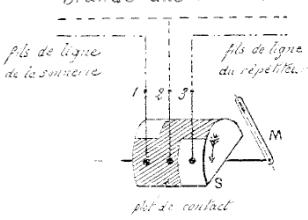


FIG. 31. — Commutateurs pour répétiteurs de sémaphore.

Contrôleur-enregistreur électrique de la vitesse des trains (type Est). — Cet appareil portatif est contenu dans une boîte en bois renfermant également la pile sèche qui l'actionne.

Il se compose d'un mouvement d'horlogerie faisant dérouler, d'une vitesse uniforme, un tambour T. Une sonnerie S dont le marteau porte une pointe placée à faible distance du tambour complète cet ensemble (fig. 32).

Lorsque le tambour a été mis en mouvement par la manœuvre du déclie D et que le circuit électrique de l'enregistreur est fermé, la pointe perfore le papier suivant une ligne dont la longueur est proportionnelle à la durée de fermeture du circuit, c'est-à-dire au temps que met

un train à parcourir la distance entre deux pédales placées sur la voie à 20 m l'une de l'autre. Après le passage du train, on lit la vitesse du train au moyen d'une échelle graduée que l'on place sur la bande de papier.

Pour obtenir des indications exactes, il est essentiel de remonter le mouvement d'horlogerie après chaque expérience.

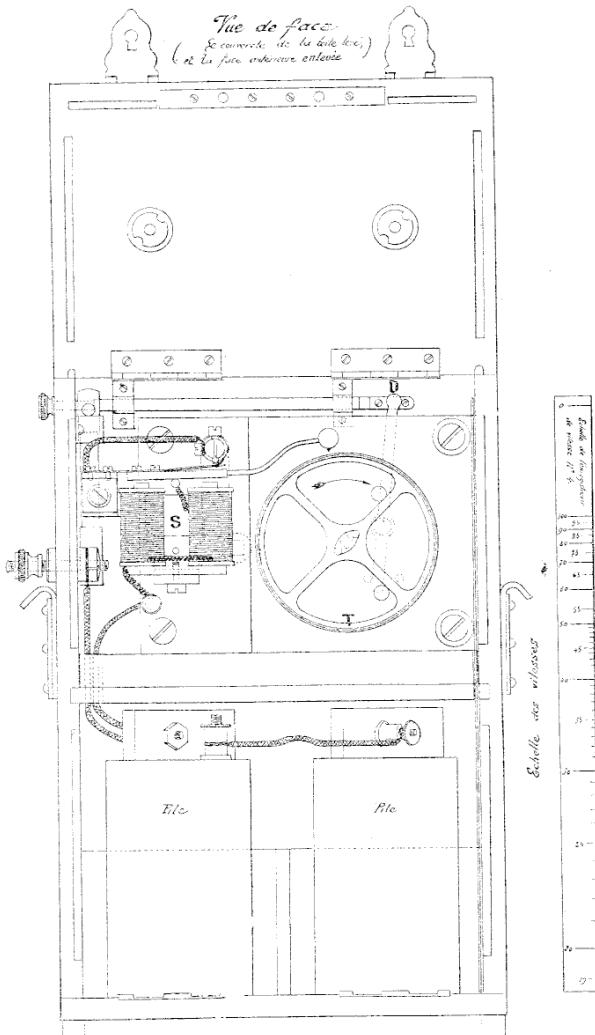


FIG. 32. — Contrôleur-enregistreur électrique de la vitesse des trains.

Le support de la pédales numéro 1 (Voir fig. 33) porte un ressort isolé et reçoit l'axe de la pédales, dont le doigt supérieur doit dépasser de 0.02 m le rail. Dans cette position, le ressort isolé porte sur la partie isolée de la pédales.

Pour la pédales numéro 2, le ressort porte, au contraire, sur un plot d'argent. Les deux pédales sont reliées entre elles et à l'enregistreur par un fil à deux conducteurs et un fil simple B.

Le passage d'un train sur la première pédales fait abaisser le doigt supérieur et ferme le circuit de l'enregistreur. Ce circuit est coupé au moment du passage du train sur la deuxième pédales.

Les pédales se fixent sur le patin du rail à l'aide de ressorts.

Ces appareils enregistreurs sont employés à la Compagnie de l'Est par le service de la voie depuis 1894.

Contrôleur de signaux de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. — Ces appareils ont pour but d'indiquer si un signal que l'on ne peut voir est bien à l'arrêt ou à voie libre.

Ils se composent essentiellement d'un commutateur placé sur une des parties mobiles du signal, l'axe en général, et d'une sonnerie ou bien d'un répétiteur à voyant semblable à celui qui est représenté figure 34 et qui est très sensible. — Il est constitué par

Montage des pédales sur les rails de 30-36 et 44⁵

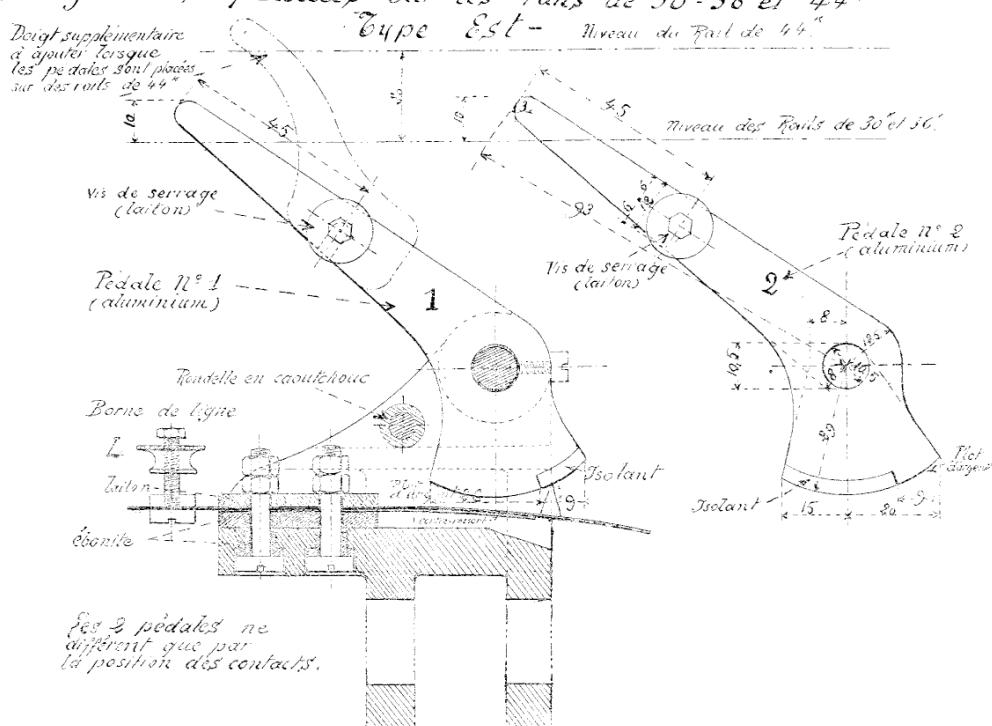


FIG. 33. — Montage des pédales du contrôleur-enregistreur de la vitesse des trains.

un électro-aimant dont les épanouissements polaires A et B embrassent une armature *cc*, en forme de Z, qui porte un voyant rouge V; ce voyant tend à s'écarte de la verticale sous l'influence du contrepoids P; il reprend cette position W lorsqu'un courant actionnant les électro-aimants attire les deux branches du Z.

Lorsque le signal correspondant est bien à l'arrêt, son commutateur ferme le circuit d'une pile sur le répétiteur ou la sonnerie et l'on voit apparaître le voyant rouge dans le guichet du répétiteur, ou l'on entend un tintement persistant de la sonnerie.

Contrôleur d'allumage de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. — Cet appareil, appelé photoscope, sert à indiquer, la nuit, si la lanterne des signaux reste bien allumée. C'est une sorte de thermomètre métallique formé par une spirale S (fig 35), composée de deux métaux d'inégale dilatation, cuivre et acier, que l'on dispose à la partie supérieure de la cheminée de la lanterne. La chaleur fait ouvrir la spirale qui, par pression de son extrémité *a*, met en contact deux ressorts, fermant ainsi le circuit de la sonnerie de contrôle, qui tinte d'une

façon continue et s'arrêterait si la flamme venait à s'éteindre, la spirale se resserrant par le froid et cessant de presser l'un contre l'autre les ressorts qui, alors, coupent le circuit.

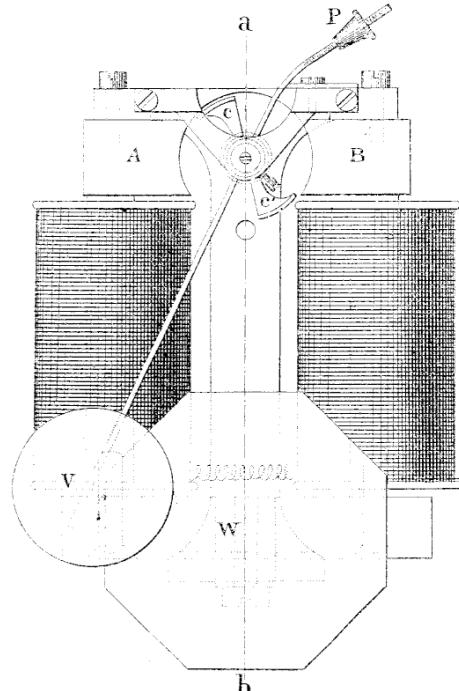


FIG. 34. - Contrôleur de signaux.

l'aiguille ne sont pas bien appliquées contre le rail; il sert aussi à marquer la direction donnée par l'aiguille.

Il se compose d'un commutateur à secteur B (fig. 36), susceptible de tourner autour de l'axe O sous l'action, soit du contrepoids Q, soit de la tige e qui traverse le rail, lorsque celle-ci est repoussée par la lame d'aiguille voisine; le secteur S réunit électriquement ou isole deux ressorts qui se profilent en r sur la figure.

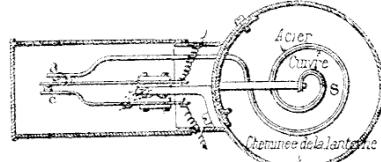


Fig. 35. — Photoscope.

scope, il faut retirer celui-ci du circuit et rétablir la continuité de ce circuit. Cet effet est obtenu au moyen de deux petits appareils accessoires dits patins et disjoncteurs.

Contrôleur d'aiguilles, système Chaperon, de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. — Cet appareil a pour but d'indiquer, par le tintement d'une sonnerie, les cas où les lames de

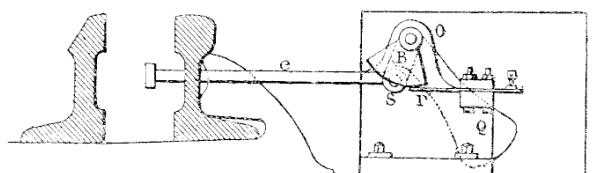


Fig. 36. — Contrôleur d'aiguilles système Chaperon.

Pour vérifier simplement la position d'une aiguille, il suffit de placer un seul appareil du côté de la lame qui doit se trouver normalement appliquée contre le rail et dont on peut vérifier la position.

Pour contrôler la jonction des deux lames, on dispose un contrôleur à chaque lame, de façon à ce que, dès que l'aiguille est entre-baillée en quittant le contact du rail de 4 mm, une sonnerie se fasse entendre, sonnerie qui s'arrêtera, du reste, lorsque la lame sera de nouveau appliquée contre l'un ou l'autre rail.

E) APPAREILS ÉLECTROMÉCANIQUES

Chariot électrique transbordeur sans fosse de la Compagnie d'Orléans. — Cet appareil est installé à la gare de Paris sur un chemin de roulement de 150 m de longueur et dessert 20 voies.

Il se compose de deux chariots proprement dits : l'un est un chariot porteur du type employé aux Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée, sauf pour les galets, qui sont munis de boudins s'engageant dans une ornière ménagée entre deux rails Vignole qui constituent le chemin de roulement, et sauf aussi le mode d'arrêt, qui consiste en crochets, susceptibles de s'abattre contre des entretoises et d'immobiliser ainsi le chariot ; ces crochets (fig. 37) servent à réunir les deux chariots.

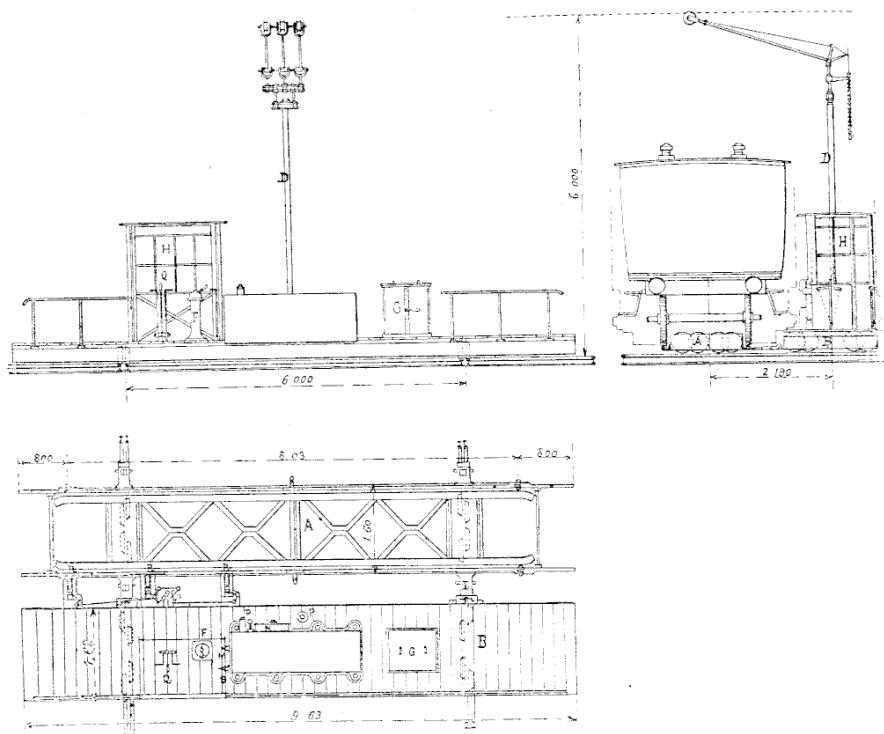


Fig. 37. — Chariot électrique transbordeur.

L'autre chariot constitue le tracteur ; il porte aussi un tambour pour le halage des véhicules.

Le moteur électrique conduit, par l'intermédiaire d'engrenages réducteurs et d'un limiteur de force, l'arbre des embrayages. Cet arbre est susceptible d'actionner soit un second arbre à pignon double portant des chaînes de Galle qui, finalement et par deux essieux intermédiaires du truck, transmettent le mouvement aux galets ; soit, par vis sans fin, une grande roue qui entraîne le tambour du cabestan de halage.

Tous ces organes sont portés par un châssis-caisse en fonte qui repose sur le truck par l'intermédiaire de rondelles Belleville.

Le conducteur, abrité dans une cabine vitrée, commande :

1° Par le levier M, l'embrayage du moteur sur l'un des deux mouvements, translation ou halage :

2^o Par la manette du combinateur F, la marche avant ou arrière avec cinq vitesses progressives ; cette manette abandonnée revient d'elle-même au zéro;

3^o Par les trois leviers Q agissant sur les trois cales R, l'immobilisation de la voiture sur le chariot;

4^o Par le levier S actionnant un verrou, le calage du chariot au droit de chaque voie transversale.

Le combinateur porte un certain nombre de touches reliées électriquement à cinq commutateurs à relais magnétique du système de la maison Sautter et Harlé, et ce sont ces derniers qui, en s'abattant automatiquement, coupent et ferment les circuits très rapidement sur contacts en charbon, supprimant ainsi les inconvénients des étincelles de rupture.

La prise de courant s'effectue sur une ligne aérienne par un trolley.

Appareils d'enclenchement électriques de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. — Ces appareils ont pour but de réaliser, entre des signaux et aiguilles éloignées et manœuvrées sur place, les mêmes enclenchements que ceux qui sont établis, dans les postes Viguier et Saxby, entre des leviers de manœuvre réunis sur un même bâti; notamment, par exemple, ils réalisent l'enclenchement réciproque entre l'aiguille d'un embranchement particulier situé en plein air et les signaux de protection placés en un poste éloigné, de telle façon que l'aiguille ne puisse être ouverte que si les signaux ont été préalablement enclenchés à l'arrêt et que ces signaux ne puissent être effacés que si l'aiguille a été remise à sa position normale. Ils servent aussi parfois plus simplement à faire commander une aiguille ou un signal par un poste, de façon que ces appareils ne puissent être manœuvrés qu'avec l'autorisation de ce poste.

La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée emploie à cet usage un petit verrou s'adaptant à son type de leviers Saxby, un autre susceptible de s'appliquer à un levier quelconque et enfin des commutateurs-répétiteurs manœuvrés à la main et indépendants des leviers.

Verrou de poste Saxby. — Le verrou, spécialement destiné aux postes Saxby, se compose d'une boîte en fonte A, que l'on fixe sur la traverse supérieure du bâti qui supporte les grils d'enclenchement (fig. 38), et d'un secteur B boulonné sur le gril même du levier à commander. La boîte A constitue une véritable serrure avec son mécanisme, dont le secteur B est la gâche. Le mécanisme consiste en une tige L qui peut se déplacer verticalement en suivant les oscillations d'un balancier auquel elle est rattachée comme une bielle. Le balancier se compose de deux bras, t et t', mobiles autour des axes o et o' et réunis entre eux à leur extrémité par une bielle t''. Cette disposition a pour but d'augmenter la course de la tige L par rapport au mouvement de l'armature. L'axe o' est taillé en couteau, de façon à diminuer les frottements et à rendre l'appareil plus sensible. Le bras t porte une armature en fer doux D, susceptible d'être attirée par un électro-aimant E quand on fait passer un courant dans celui-ci.

Au repos, c'est-à-dire quand aucun courant ne passe, la tige L agit seule, par son propre poids, sur le balancier; l'armature se trouve alors éloignée des pôles de l'électro-aimant et la tige L pénètre, à travers une ouverture-guide e, dans un trou F ménagé dans le secteur B qui est ainsi rendu solidaire de la pièce A. En d'autres termes, le pêne pénètre dans la gâche et la serrure est fermée; le gril ne peut plus tourner et le levier correspondant ne peut plus être manœuvré.

Si un courant est envoyé dans l'électro-aimant, l'armature D est attirée, le bras inférieur t du balancier s'incline du côté de l'armature et la tige L, relevée dans ce mouvement, dégage le trou F du secteur qui est alors libéré. La serrure est ouverte, le gril peut tourner et la manœuvre du levier correspondant est possible.

Pour pouvoir régler l'attraction de l'armature, le bras t porte un goujon o qui s'engage entre les deux branches d'une fourchette H, mobile autour d'un axe o'' et munie à son extrémité g d'un ressort en boudin actionné par un bouton moleté. Des poids p, dont on charge l'extrémité du levier t, permettent de contre-balance l'action du ressort quand cela est nécessaire.

Une tige l, soudée sur la fourchette H, porte, à la partie supérieure, un voyant V peint en

blanc, que l'on peut apercevoir à travers une ouverture triangulaire ménagée dans la boîte en fonte qui contient l'appareil et dont le fond est rouge. Quand la tige L est abaissée, c'est-à-dire quand elle enclenche le secteur, le voyant V est invisible; si, au contraire, la tige L est relevée par suite de l'attraction de l'armature D, le voyant blanc apparaît, ce qui indique que le secteur est devenu libre et que le levier correspondant peut être manœuvré.

Tel qu'il est décrit, l'appareil permettrait d'opérer l'enclenchement d'un levier de Saxby, car il suffirait de faire passer ou d'interrompre le courant dans les bobines au moyen d'un

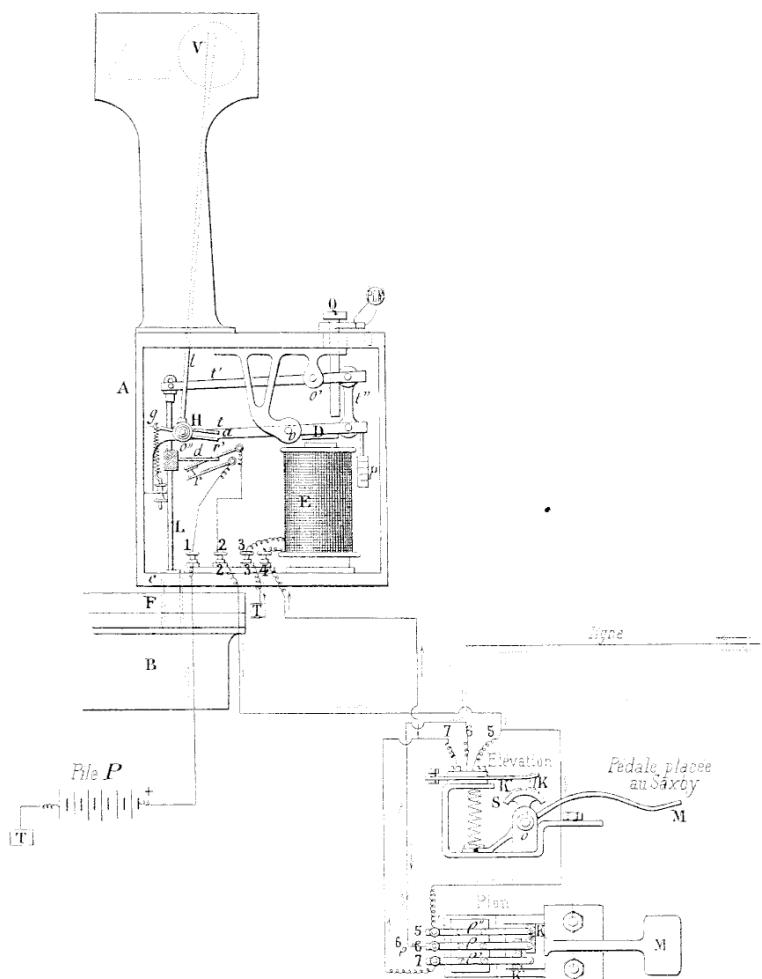


FIG. 38. — Verrou de poste Saxby.

commutateur pour libérer ou immobiliser le gril. Mais, en général, il est nécessaire que les enclenchements électriques soient réciproques, c'est-à-dire qu'il faut que l'appareil au moyen duquel le courant a été établi pour permettre la manœuvre se trouve lui-même enclenché lorsque le levier auquel est appliqué le verrou a été manœuvré.

De cette façon, l'agent qui a autorisé la manœuvre du levier d'un poste peut se rendre compte si cette manœuvre est bien effectuée.

Pour obtenir ce résultat, sur la tige L est fixé au moyen d'une matière isolante un doigt d qui, dans le mouvement de descente, vient buter contre deux petits ressorts r et r', qui sont mis en contact quand la tige est à fond de course, c'est-à-dire quand le gril est immobilisé.

En outre, une pédale, placée entre les leviers de manœuvre du Saxby, permet de ne fermer qu'au moment voulu le circuit dans lequel se trouvent les bobines du verrou. Cette pédale se compose d'un secteur en fonte *S*, recouvert d'ébonite et pouvant osciller autour d'un axe *o* lorsqu'on appuie le pied sur le levier *M*. Un ressort en boudin rappelle dans sa position primitive le secteur quand le pied abandonne le levier *M*. Sur l'ébonite du secteur sont ajustées deux lames d'argent *K* et *K'* qui font communiquer entre eux, soit les ressorts φ et φ'' , soit les ressorts φ et φ' , suivant la position du secteur.

Un bouton *Q*, placé sous scellé, permet d'annuler le verrou en cas de dérangement; il suffit, pour cela, de briser le scellé, de dégager le crochet qui maintient le bouton relevé, d'appuyer sur celui-ci et de le caler avec le crochet. La tige du bouton vient alors appuyer sur l'armature *D* et maintient la tige *L* relevée.

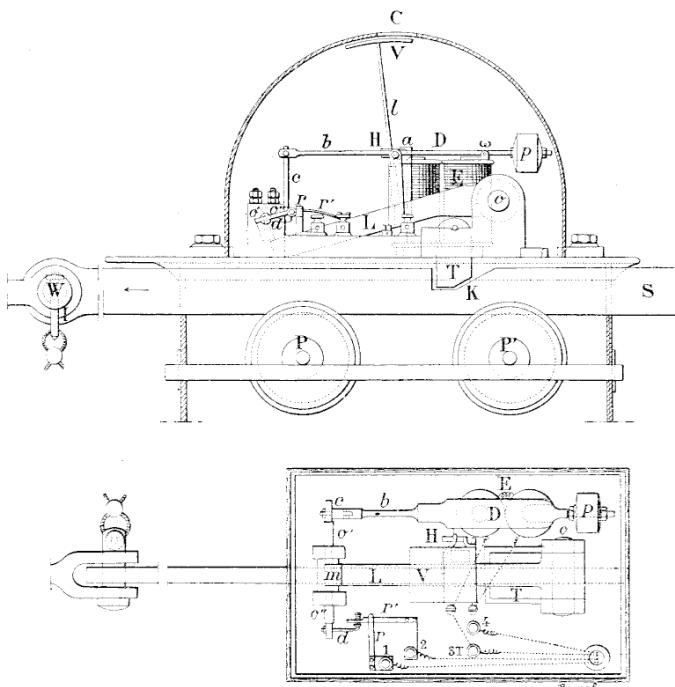


FIG. 39. — Verrou universel système Rodary.

Verrou universel système Rodary. — Il se compose (fig. 39) d'une boîte en fonte dans laquelle peut glisser, sur la gorge de deux poulies *P* et *P'*, une règle rectangulaire *S*. Cette règle porte une entaille *K* présentant d'un côté un plan incliné sur lequel peut glisser un pène *T*. La tête de ce pène vient buter contre un levier *L* mobile à l'une de ses extrémités autour d'un axe *o*. L'autre extrémité s'engage sous la came *m* d'un axe évidé *o'o''*, commandé par l'intermédiaire de la bielle *c* par l'armature *D* d'un électro-aimant *E*. Quand l'armature est attirée, la bielle *c* fait tourner l'axe *o'o''* et la came *m* dégage l'extrémité du levier *L*. Si, alors, on exerce une traction sur la règle *S*, le pène *T* glisse sur la partie inclinée de l'entaille *K*, relève le levier *L* et la manœuvre du levier auquel est adapté le verrou est possible.

Un contrepoids, que l'on peut rapprocher plus ou moins de l'axe de rotation *o* de l'armature, permet de régler l'attraction de cette dernière.

Une tige *l*, rendue solidaire par la fourchette *H* des mouvements de l'armature, porte un voyant *V* blanc et rouge.

Ce voyant est aperçu à travers une fenêtre *C* pratiquée dans le couvercle en fonte de l'appareil. Lorsque l'armature *D* est attirée, la came *m* dégage l'extrémité du levier *L* par suite de la

rotation de l'axe $o'o''$, la partie blanche du voyant est visible et le levier est libre: si, au contraire, l'armature n'est pas attirée, la came m cale le levier L et la partie rouge du voyant apparaît, ce qui indique que le verrou ne peut pas être manœuvré.

Un doigt *a*, solidaire du levier *L*, maintient le voyant au blanc et l'armature *D* appliquée sur les pôles de l'électro-aimant tant que le levier *L* est relevé, c'est-à-dire tant que le pène *T* n'est pas revenu dans son entaille *K*.

Tel qu'il est décrit, l'appareil permettrait d'opérer l'enclenchement d'un levier, car il suffit de faire passer ou d'interrompre le courant dans les bobines pour libérer ou immobiliser le levier L; mais, comme nous l'avons vu, il faut que l'appareil au moyen duquel le courant est établi pour permettre la manœuvre se trouve lui-même enclenché lorsque le levier correspondant au verrou a été manœuvré. Pour obtenir ce résultat, l'axe *o'o'* porte un doigt *d* qui, dans

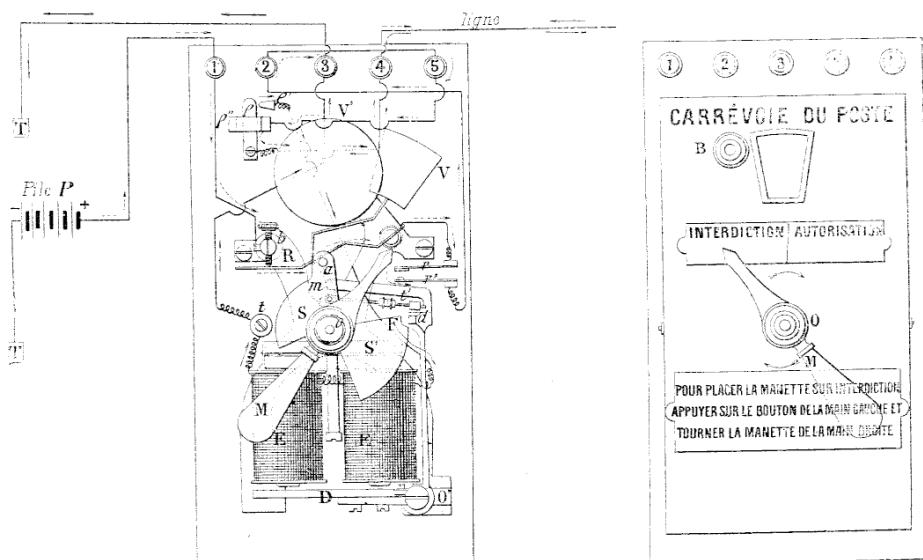


Fig. 40. — Commutateur-répétiteur.

le mouvement de rotation de cet arbre, interrompt le contact entre deux petits ressorts r et r' , contact qui n'a dès lors lieu que lorsque la came m enclenche l'extrémité du levier L . En outre, une pédale semblable à celle employée pour le verrou précédent permet de ne fermer qu'au moment voulu le circuit dans lequel se trouvent les bobines du verrou.

Commutateur-répétiteur. — Le commutateur-répétiteur est destiné à verrouiller à distance soit des leviers isolés, soit des leviers faisant partie d'un poste d'enclenchement. Cet appareil est manœuvré à la main. Il se compose d'une manette M (fig. 40), que l'on peut incliner, soit dans la position « Autorisation », soit dans la position « Interdiction ». Cette manœuvre fait mouvoir deux secteurs S et S' fixés sur son axe; lorsqu'on amène la manette sur « Autorisation » en la faisant tourner de droite à gauche, un goujon a fixé sur le secteur S soulève un ressort R qui vient s'appuyer contre un contact b et fermer le circuit de la pile P. Si, au contraire, la manette est mise sur « Interdiction », le ressort R revient à sa position primitive et le circuit est coupé.

Le poste qui a la manœuvre de cet appareil doit pouvoir se rendre compte que la manœuvre du verrou qu'il a autorisée est bien effectuée et ne doit pas pouvoir remettre la manette sur « Interdiction » tant que le levier du verrou commandé est dans la position autorisée. Dans ce but, le secteur S porte une encoche F dans laquelle peut venir se loger un doigt d'un bras fixé au grand bras *l* d'une équerre mobile autour d'un axe O'. Le petit bras de cette équerre porte l'armature D d'un électro-aimant E. Si la manette est mise sur « Autorisation » et si aucun

courant ne passe, ce qui a lieu lorsque le levier commandé, dont la manœuvre a été autorisée, a été manœuvré, l'armature D, n'étant pas attirée, fait par son propre poids pivoter l'équerre autour de l'axe O; le doigt d'arrêt *d* pénètre dans l'encoche F du secteur S' et la cale dans cette position. Si, au contraire, un courant est envoyé dans les bobines de l'électro-aimant, l'armature D est attirée, le doigt *d* dégage l'encoche F et la manette peut être remise dans la position d'interdiction.

Les mouvements de l'armature sont rendus visibles au moyen d'un voyant blanc V que l'on aperçoit à travers une fenêtre percée dans le couvercle de la boîte et qui est rendu solidaire de la tige *l* par une articulation *m*. Lorsque la manette est sur « Interdiction », le voyant V est blanc, et, lorsque aucun courant ne passe dans les bobines, le voyant V disparaît et laisse voir à travers la fenêtre un voyant rouge fixe V'.

Pour que le verrou du poste commandé ne puisse être manœuvré que si le secteur S' est bien enclenché par le doigt *b* et, par suite, que si la manette est bien calée dans la position « Autorisation », une tige *l'*, fixée à l'articulation *m*, porte une masse isolante qui vient buter sur les ressorts *r* et *r'*, qui sont alors mis en contact. Ces ressorts sont placés sur le circuit de la pile P qu'emprunte le verrou commandé pour être manœuvré. Lorsque l'on a amené la manette sur « Autorisation », si le doigt *d* n'a pas pénétré dans l'encoche F, les ressorts *r* et *r'* ne sont pas en contact ; le circuit de la pile P est coupé et le verrou commandé ne peut être manœuvré, car aucun courant ne passera dans ses bobines quand on appuiera sur la pédale.

En outre, un bouton B placé sur le couvercle de l'appareil permet de ne fermer le circuit dans lequel se trouvent les bobines du commutateur qu'au moment voulu. Ce bouton est fixé à une tige qui vient appuyer sur une barre de ressort *z* en communication habituelle avec un pont *z'*.

Lorsqu'on presse sur le bouton B, le ressort *z* quitte *z'* et vient s'appuyer sur une butée *z''* reliée à la terre par l'intermédiaire des bobines de l'électro-aimant.

Manœuvre électrique à distance des électro-sémaphores de la Compagnie du Nord. — Voici le programme indiqué et réalisé par la COMPAGNIE DU NORD :

PREMIER CAS. — *Manœuvre exclusive d'un point extérieur.* — 1^o Le commutateur électrique de manœuvre à distance doit être enclenché avec le levier du disque à distance, afin de réaliser l'enclenchement entre le disque et les appareils numéro 1;

2^o On ne doit pas pouvoir manœuvrer ce commutateur tant que la grande aile n'est pas retombée;

3^o Quand la grande aile retombe, une sonnerie doit tinter jusqu'à ce que le garde ait remis le commutateur dans sa position normale;

4^o On ne doit pouvoir manœuvrer le commutateur actionnant l'appareil numéro 2, pour débloquer la section en arrière, que si le petit bras s'est bien effectivement développé et si le commutateur de manœuvre de la grande aile a bien été successivement manœuvré et renversé à sa position normale, ou encore si la désolidarisation a été obtenue par la manœuvre du commutateur spécial de désolidarisation;

5^o L'enclenchement entre les commutateurs de manœuvre des boîtes numéros 1 et 2 doit se reproduire autant de fois que l'on fait entrer de trains dans la section, même la grande aile étant à l'arrêt;

6^o Il faut, enfin, si un train a été garé et si l'on a pu débloquer en arrière sans bloquer en avant, qu'on ne puisse pas, après avoir expédié ce train et l'avoir couvert, supprimer l'annonce d'un train venant du poste précédent avant que la grande aile étant effacée, on l'ait remise à l'arrêt pour couvrir le deuxième train lorsqu'il passe, ou bien avant qu'on ait pu faire usage du commutateur spécial de désolidarisation, si ce deuxième train doit se garer ou rebrousser.

DEUXIÈME CAS. — *Manœuvre sur place et à distance d'un ou plusieurs postes.* — Outre les conditions ci-dessus, on doit réaliser les conditions complémentaires suivantes :

7^e La mise à l'arrêt de la grande aile ne doit être possible de l'un quelconque de

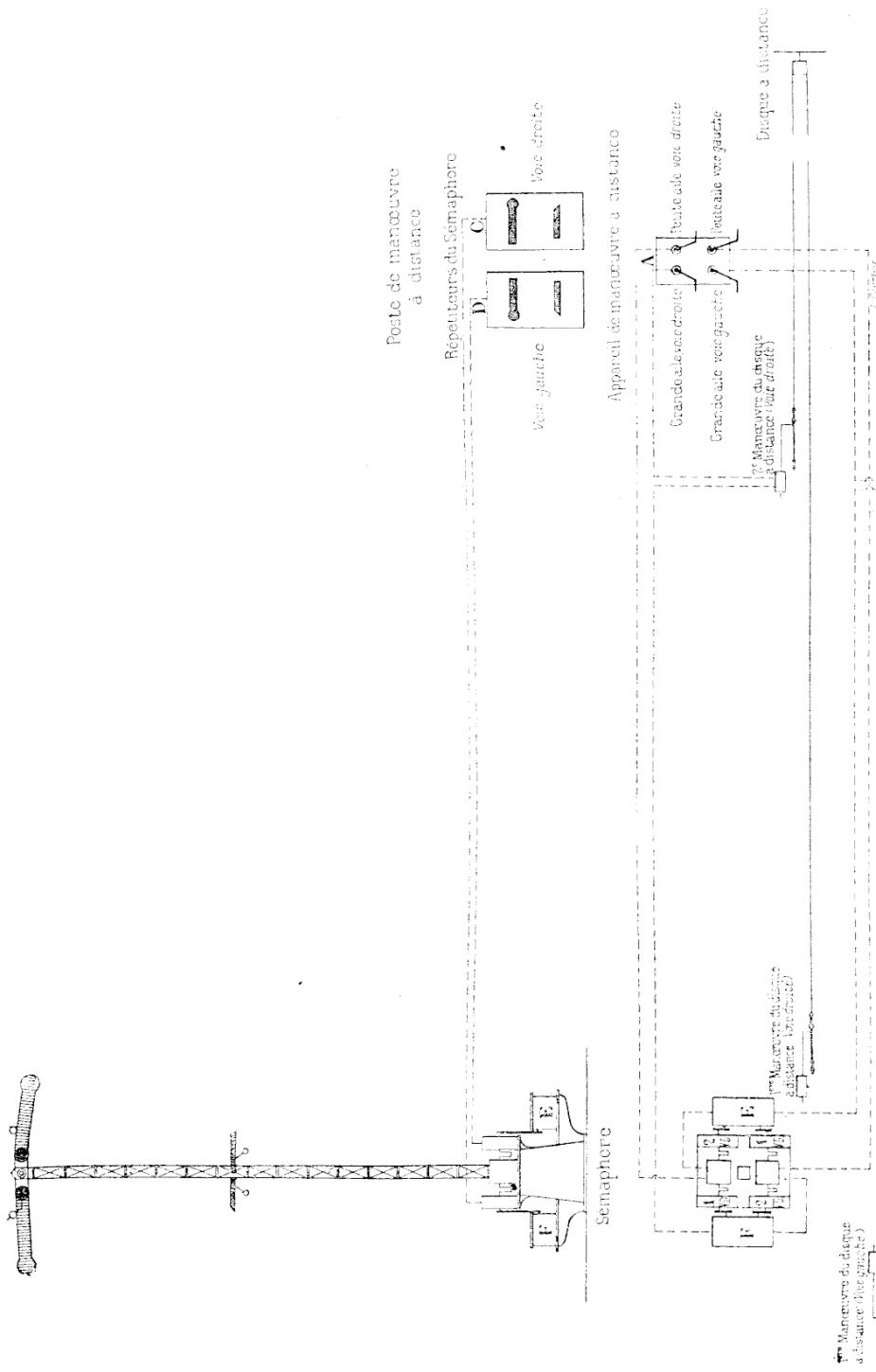


FIG. 41. — Manœuvre électrique à distance des électro-sémaphores.

ces postes de manœuvre que si le disque à distance a été préalablement mis à l'arrêt. Si l'

n'existe pas de levier de disque à l'un des postes, le commutateur de manœuvre de la grande aile située à ce poste doit être enclenché avec le levier de l'un quelconque des autres postes, de manière qu'on ne puisse, d'un poste quelconque, manœuvrer la grande aile que si le disque a bien été mis à l'arrêt et qu'on ne puisse effacer ce disque tant que la grande aile est horizontale;

8^e Une fois la grande aile manœuvrée par l'un quelconque des postes, ni celui-ci, ni aucun autre poste ne doit pouvoir effectuer une seconde manœuvre du commutateur de manœuvre de la grande aile tant que la section n'est pas devenue libre par la chute de cette grande aile, provoquée par le poste suivant;

9^e Quand la grande aile tombe, une sonnerie doit tinter jusqu'à ce que l'agent ait remis le commutateur de manœuvre en position normale, si le retour à la position initiale ne s'est pas produit automatiquement;

10^e L'annonce d'un train par le poste précédent doit être répétée à tous les postes.

Le programme ci-dessus a été réalisé comme suit :

Les appareils E et F sont installés au pied du mât sémaphorique (*fig. 41*). La commande se fait à l'arbre de la manivelle de chaque boîte de sémaphore par chaîne de Galle.

L'appareil moteur se compose d'une boîte en fonte contenant un petit moteur dont l'axe porte, à l'une de ses extrémités, une vis sans fin engrenant avec une roue hélicoïdale : sur cette dernière roue est calé un arbre en connexion, par un embrayage système Bovet, avec l'axe de la roue à dents sur laquelle engrène la chaîne Galle d'entraînement, agissant sur la roue dentée de la boîte de manœuvre. Le même moteur commande les trains d'engrenages de deux boîtes contiguës 1 et 2 de manœuvre sémaphorique.

L'énergie électrique est fournie par une batterie d'accumulateurs de 36 ampères-heure composée de 8 éléments à 9 plaques, pouvant débiter 10 ampères sous 12 volts aux bornes du moteur.

Le courant est envoyé au moyen de commutateurs disjoncteurs automatiques en relation avec un commutateur automatique, à double effet, placé dans l'appareil moteur.

Ce commutateur est identique à l'appareil d'enclenchement numéro 2 placé sur le bâti même du sémaphore entre les boîtes numéros 1 et 2. Ces appareils d'enclenchement du type numéro 2, situés aux postes de manœuvre à distance et sur le sémaphore même, sont reliés électriquement entre eux, de manière qu'ils assurent exactement les mêmes enclenchements et déclenchements. Le courant envoyé par le poste de manœuvre à distance traverse donc à la fois le moteur et l'embrayage de Bovet ; la grande aile est mise dans la position horizontale.

A ce moment, le courant cesse de passer, le moteur électrique s'arrête et l'embrayage se décolle de la roue hélicoïdale : celle-ci tournant alors folle sur l'arbre, lorsque la grande aile retombe automatiquement à voie libre il ne se produit aucun effet que celui de faire tourner d'un peu plus d'un demi-tour la roue hélicoïdale.

Pour la manœuvre du petit bras, les opérations sont les mêmes, mais les mouvements sont inverses.

La manœuvre durant quatre secondes, la dépense d'énergie est de 1,8 de watt-heure environ : la capacité de la batterie étant d'environ 1,2 kilowatt-heure, on peut effectuer plus de 3 000 manœuvres sans changer la batterie.

Serrure électrique spéciale d'enclenchement réciproque des aiguilles et des disques de la Compagnie du Nord. — L'appareil d'enclenchement électrique (*fig. 42*) comprend : une règle en fer forgé CC', munie de 4 encoches d, d, d, d et terminée par une chape qui permet de la relier soit à la tringle de manœuvre de l'aiguille, soit au levier du disque. Cette règle porte un doigt avec galet qui transmet le mouvement au cylindre à rainures hélicoïdales M : la course de la règle est limitée par une butée N. Deux cames O, O, solidaires du cylindre M, actionnent les secteurs m, m, m, m, qui sont munis de contacts d'enclenchement et de déclenchement. Le support avec secteur Q est réservé à l'enclenchement, et l'autre, Q', au déclenchement. Une

roue à rochet P et un cliquet P' empêchent tout mouvement en arrière du cylindre. En cas de manœuvre intempestive d'une des aiguilles enclenchées, il s'établit des contacts avec le disque T et les ressorts c, c', c'' qui ferment les circuits de sonneries spéciales.

L'appareil comporte, en outre, 8 électro-aimants EE'. Chaque électro-aimant inférieur E commande une armature F pouvant osciller sur l'axe f et pourvue d'un rochet d'enclenchement. L'armature F a une tendance, par son propre poids, à s'éloigner constamment de l'électro-aimant. Chaque électro-aimant supérieur E' commande une armature F', solidaire d'un levier H, pouvant

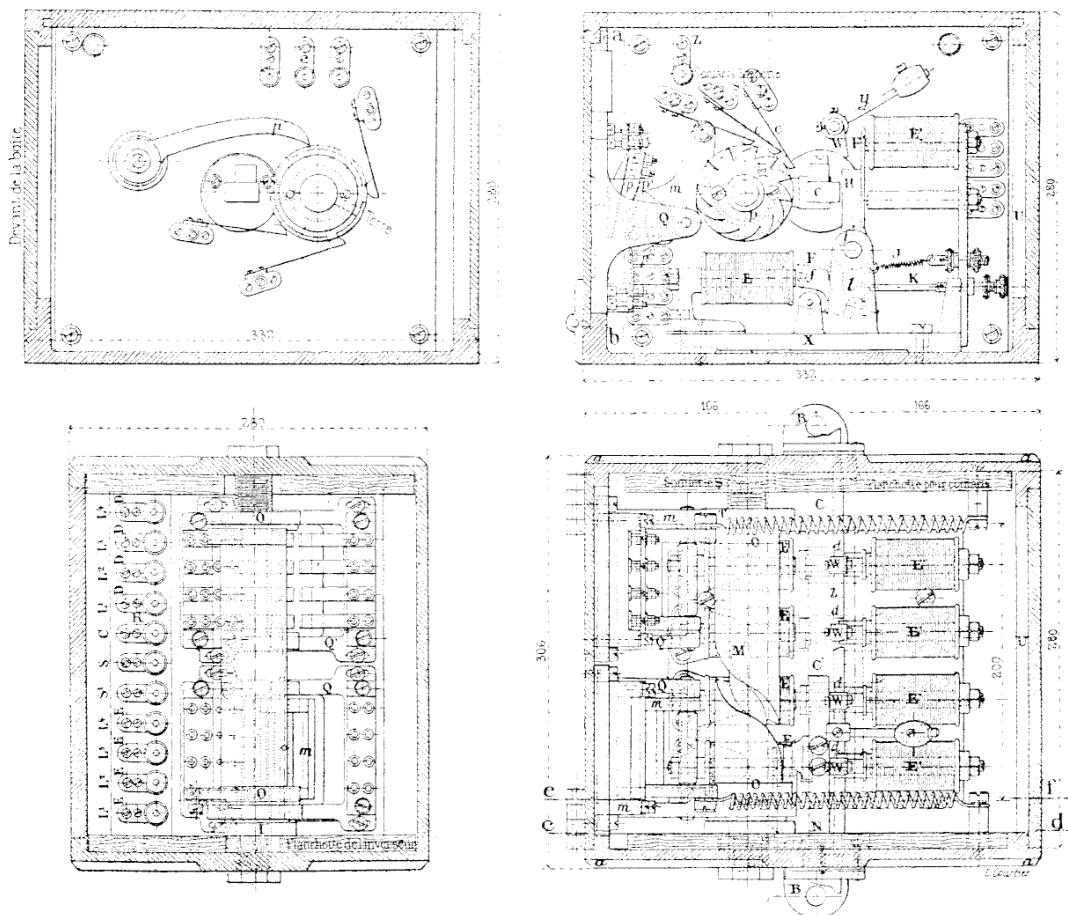


Fig. 42. — Serrure électrique spéciale d'enclenchement de la Compagnie du Nord.

osciller sur l'axe f'; le levier porte à son extrémité inférieure une patte l en acier, ayant une boutonnière dans laquelle est engagé le rochet. Le levier H est normalement éloigné de l'électro-aimant par le ressort J et sa course est limitée par la tige K.

Lorsqu'on envoie un courant dans la bobine de l'électro-aimant inférieur E, l'armature F est attirée et le rochet se trouve dégagé de la boutonnière de la patte l. Au même moment, le levier H, sollicité par le ressort J, oscille et s'engage dans l'encoche correspondante de la règle CC'. Celle-ci se trouve alors enclenchée et immobilise l'aiguille ou le levier de disque avec lequel elle est reliée.

En faisant passer un courant électrique dans l'électro-aimant supérieur E', l'armature F' est attirée, la règle C se trouve dégagée et la patte l se remet en prise avec le rochet.

Dans toute autre position que sa position normale, l'aiguille envoie le courant négatif d'une

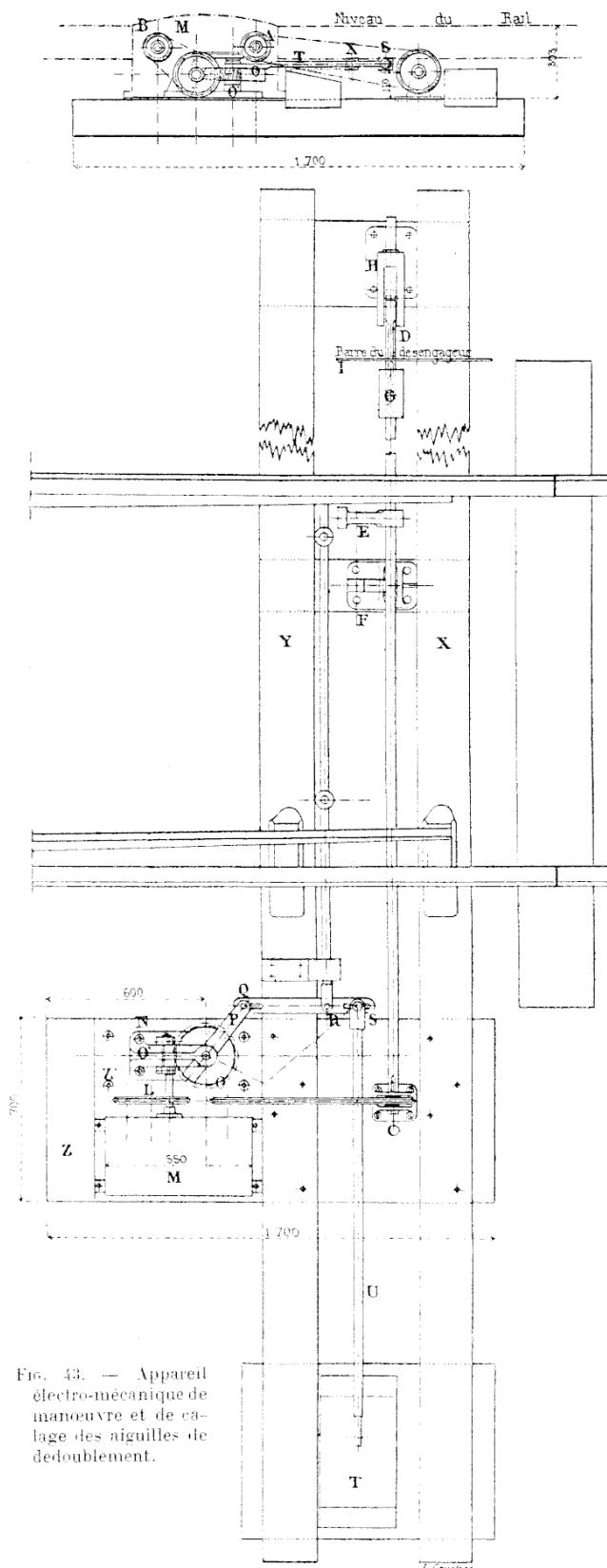


Fig. 43. — Appareil électro-mécanique de manœuvre et de calage des aiguilles de dédoublement.

L'ÉLECTRICITÉ À L'EXPOSITION

pile spéciale dans l'une des deux sonneries par les contacts c , c' , c'' et le tambour T. Dans toute position autre que celle du signal à l'arrêt, le disque envoie un courant positif dans une sonnerie par les contacts c , c' , c'' et le tambour T de son appareil d'enclenchement.

Divers appareils accessoires ont été installés dans le but de renseigner les postes éloignés sur les opérations du poste de commande et, par suite, d'éviter des manœuvres intempestives qui détruirait les organes des appareils.

D'autre part, afin d'éviter que le poste de commande n'ouvre intempestivement le disque dans le court intervalle pendant lequel les aiguilles auraient été remises momentanément en position normale, on a intercalé sur le circuit deux commutateurs spéciaux à chacun des postes, de commande et commandé, jouant un rôle analogue à celui des désengageurs.

Appareil électro-mécanique de manœuvre et de calage des aiguilles de dédoublement de la Compagnie du Nord. — Cet appareil a été imaginé dans le but de permettre au personnel de manœuvrer à distance et de caler les aiguilles de dédoublement de voie unique, et de faciliter ainsi aux agents l'application des prescriptions réglementaires concernant la visite des aiguilles isolées.

La figure 43 montre la disposition d'ensemble des appareils installés près de l'aiguille.

Le moteur électrique M peut actionner alternativement les arbres A et B munis de pignons Galle. Le pignon A attaque directement l'arbre CD, porte-agrafe qui supporte l'agrafe E et qui passe sous la voie. Cet arbre est guidé par un support à galets F et se termine, en D, par un joint universel le reliant à un

contrepois de rappel GH, dont un des balanciers agit sur la barre I du désengageur.

Le pignon B du moteur M attaque, par chaîne Galle, une roue dentée intermédiaire, clavetée sur un arbre LN muni d'une vis sans fin engrenant avec une roue O, dont l'axe vertical est maintenu dans une chape O'. Le bras P, fixé sur cette roue, s'articule sur le balancier QRS, dont le point R est rattaché à l'aiguille. Le point S de ce balancier est relié par la tringle U au levier à lentille T, qui permet la manœuvre à la main de l'aiguille.

Quand l'aiguille est manœuvrée par le moteur M, le point S reste fixe et l'extrémité du bras P décrit un arc de cercle. Le point R se déplace en entraînant l'aiguille dans un sens ou dans l'autre, suivant le sens de rotation de l'arbre B du moteur. Lorsque au contraire l'aiguille est manœuvrée à la main, par le levier à lentille T, le point Q reste fixe et sert de pivot au balancier ORS.

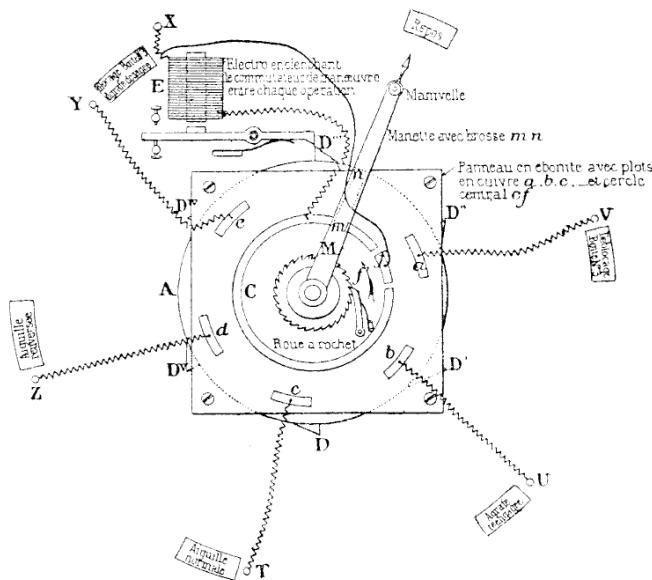


Fig. 44. — Commutateur spécial de manœuvre.

Pour effectuer les manœuvres, on fait tourner le moteur dans un sens en embrayant l'arbre A, l'arbre B étant débrayé. L'agrafe s'efface. On actionne ensuite l'arbre B, l'arbre A restant immobile, ce qui a pour effet de manœuvrer l'aiguille. L'arbre B étant mis en mouvement en sens contraire, l'aiguille reprend sa position primitive.

On replace l'agrafe pour caler l'aiguille en actionnant en sens inverse l'arbre A.

Le moteur reçoit le courant d'une batterie de 6 à 8 éléments d'accumulateurs. Les arbres A, B sont coupés par des embrayages magnétiques de Bovet, de telle sorte que le moteur, en tournant, entraîne l'un ou l'autre de ces deux arbres, suivant que le courant est envoyé dans l'un ou l'autre de leurs embrayages magnétiques respectifs. Le moteur comporte des organes accessoires qui sont : 1^o sur chaque arbre A, B, un interrupteur automatique qui coupe le courant quand la manœuvre à produire est terminée; 2^o quatre relais à double enroulement ayant pour effet de fermer le circuit du moteur pour le faire tourner dans un sens ou dans l'autre et lui faire actionner soit l'arbre A, soit l'arbre B.

Le premier enroulement des relais est en fil fin: il reçoit le courant de pile envoyé par le commutateur spécial de manœuvre placé dans le bureau du chef de gare. Ce premier enroulement ferme le circuit à gros fil du relais, lorsque le courant de pile l'excite. Le courant des accumulateurs arrive alors au moteur, lui fait exécuter la manœuvre, le moteur coupant de lui-même le courant à la fin de l'opération. De cette manière, chaque opération ne peut être exécutée qu'une fois.

Le commutateur spécial de manœuvre se compose (fig. 44) d'une caisse hermétiquement fermée d'où partent 6 fils X, Y, Z, T, U, V. Un axe manœuvré par une poignée M qui sort seul de la boîte porte : 1^o une roue à rochet qui ne permet la rotation que pour le seul sens indiqué par la flèche f' ; 2^o une came A munie de 6 dents D, D', D'', D''', D^{IV}, D^V.

Ces dents peuvent passer successivement devant la butée constituée par l'armature et l'électro-aimant E, ou être arrêtées par cette butée, suivant que l'armature de l'électro n'est pas ou se trouve attirée. La manette M porte un contact isolé *mn* qui peut venir réunir le cercle métallique C avec les plots *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*.

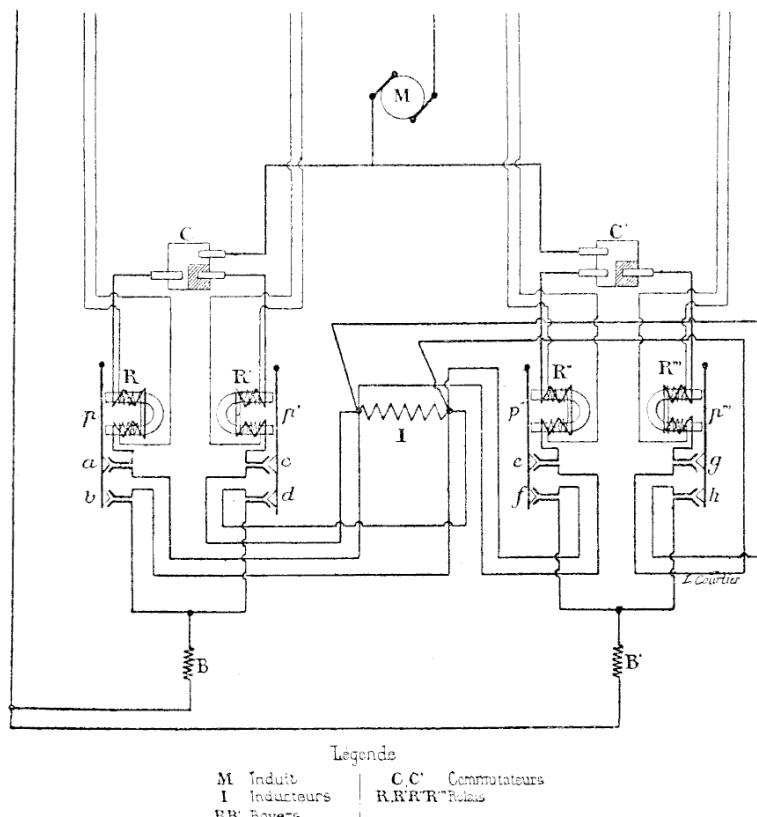


FIG. 45. — Moteur électrique de l'appareil électro-mécanique de manœuvre et de calage des aiguilles.

La manette M porte une aiguille située près de la manivelle de manœuvre et qui indique la position occupée par le contact *mn*. Le courant partant de la pile se rend tout d'abord à la serrure électrique solidaire du levier de manœuvre du disque à distance. Le courant ne peut passer qu'autant que le levier et, par suite, le disque se trouvent mis à l'arrêt. En sortant de la serrure électrique, le courant arrive dans l'électro-aimant E, puis de là au cercle C. Si on amène la manette M sur le plot *e*, le courant de la pile est envoyé, en passant de C par *e*, à l'électro de blocage de la serrure du disque, qui est ainsi enclenché dans la position d'arrêt. De là, le courant arrive dans un des 4 relais de la boîte du moteur électrique M (fig. 45). Celui-ci se met en marche, actionne l'arbre A et l'agrafe est dégagée; une grosse sonnerie, placée dans le bureau du chef de gare, se met alors à tinter.

Pendant ce temps, l'électro E a attiré son armature et a bloqué la came A, qui ne peut plus être manœuvrée ni dans un sens ni dans l'autre. Quand l'agrafe est dégagée, les courants sont interrompus, l'électro E devient inactif et la manette M peut être amenée sur le plot d. Le

second relais fonctionne; le moteur tourne en entraînant cette fois l'arbre B qui renverse l'aiguille. La manivelle M, qui restait bloquée par l'électro E pendant cette manœuvre, redevient libre, par suite de la rupture automatique du courant dans le moteur électrique.

Les manœuvres se continuent dans l'ordre suivant : aiguille replacée normalement; agrafe engagée calant l'aiguille; déblocage de la serrure du disque; mise de la manette du commutateur spécial à la position de repos.

Pendant toute la manœuvre, la grosse sonnerie dont il a été question tinte et ne s'arrête que lorsque l'agrafe est venue de nouveau caler l'aiguille.

Afin d'éviter que l'électro-aimant E n'intervienne au moment du déblocage de la serrure, ce qui aurait pour effet d'enclencher la manivelle en l'empêchant de revenir sur la position « repos », le plot f est relié directement à l'entrée X de l'électro E et, par suite, le courant ne peut passer dans ce dernier.

La caractéristique de ce commutateur est de s'enclencher de lui-même pendant les manœuvres et de ne permettre de faire une opération avant que la précédente n'ait été terminée.

La figure 45 représente la disposition schématique du moteur électrique, des quatre relais et des embrayages magnétiques de Bovet.

Manœuvre électrique d'aiguille et de signal (Système Ducouso et Rodary) de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. — Le but de ces appareils est d'actionner les aiguilles et signaux des

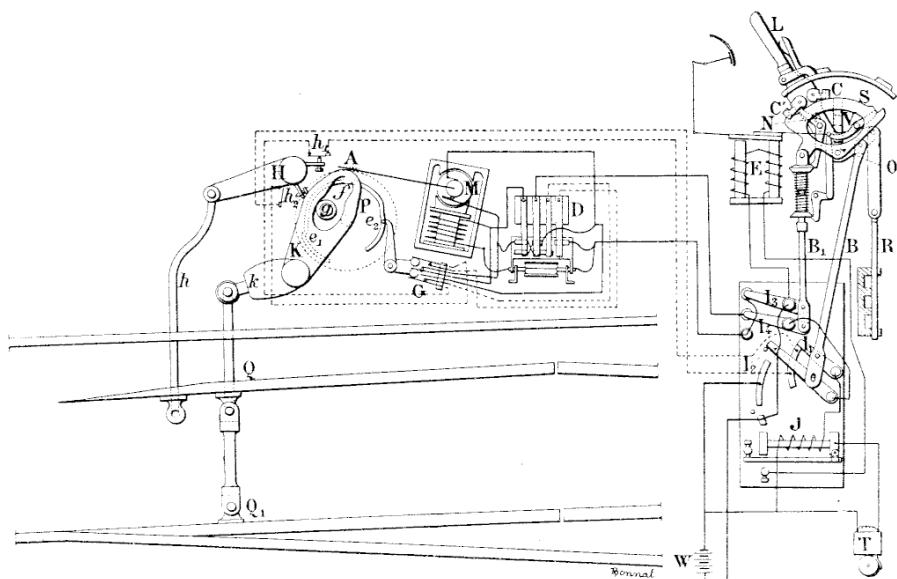


Fig. 46. — Manœuvre électrique d'aiguille et de signal, système Ducouso et Rodary.

gares, au moyen de moteurs électriques, dans un rayon étendu et pour ainsi dire indéfini, avec contrôle impératif du bon fonctionnement de ces organes et leur dépendance réciproque par le moyen d'enclenchements. Ils permettent aussi par là de donner d'un seul coup un itinéraire complet, de façon que toute traversée, tout passage puisse être obtenu par la manœuvre d'un seul levier.

Le principe de leur fonctionnement est le suivant : le levier commutateur de commande envoie, dès le commencement de sa course, le courant au moteur, puis se trouve arrêté en une station intermédiaire, jusqu'à ce que l'organe commandé, aiguille ou signal, ait bien pris la position correspondante. Si, par exemple, l'aiguille est restée entre-baillée ou si elle n'est pas calée

dans la situation voulue, le levier ne peut achever sa course et, par suite d'enclenchements mécaniques avec les autres leviers qui sont dans sa dépendance, empêche la manœuvre de ceux-ci, c'est-à-dire toute opération sur la voie pouvant présenter quelque danger. Ces conditions sont réalisées de la manière suivante (*fig. 46*) :

La manette L, mobile autour de l'axe O, entraîne directement par une bielle B les commutateurs I_1 et I_2 qui servent à l'envoi du courant moteur et au retour du courant de contrôle, puis, par l'intermédiaire du secteur S, également mobile autour de O et susceptible d'être entraîné dans un sens ou dans l'autre, par les crochets C et C' et la bielle B₄, l'inverseur I_3I_4 .

Le courant provenant d'une source W (accumulateurs par exemple) passe par le distributeur D et le commutateur G dans le moteur M qu'il actionne. Celui-ci, au moyen de la vis sans fin A, commande le plateau P portant le galet g ; ce dernier, se déplaçant dans le profil g , entraîne le levier K, qui, par son extrémité k , manœuvre l'aiguille QQ₁. Le même plateau P actionne par une nervure e_1e_2 le commutateur G, qui, en fin de course de l'aiguille, met l'induit du moteur M en court-circuit, produisant ainsi un freinage énergique.

Lorsque l'on commence à manœuvrer le levier L, celui-ci, déplaçant les commutateurs I_1 et I_2 , envoie le courant au moteur M, qui met l'aiguille QQ₁ en mouvement. Mais la course du levier L est arrêtée par la butée de son doigt N contre la partie pleine du verrou V.

Or, dès que l'aiguille QQ₁ a quitté le contact du rail, la tringle h entraîne le commutateur H, qui rompt en h_1 le circuit aboutissant par G à la bobine J, placée dans le bâti des leviers de manœuvre; son armature, en tombant, ferme le circuit de l'électro-aimant E, et l'armature de celui-ci, soulevant le verrou V, permet au doigt N de passer dans une encoche de celui-ci et, par suite, au levier L de poursuivre son mouvement, jusqu'à ce que le crochet C' vienne buter contre l'extrémité supérieure alors en saillie de ce même verrou V, ce qui arrête une seconde fois la course du levier L. Mais l'aiguille, ayant achevé sa course, rétablit en h_1 le circuit de la bobine J, qui, attirant son armature, coupe le circuit de l'électro-aimant E; le verrou V retombe et le crochet C₁ et le levier L achèvent leur course. On voit donc que, pour que le levier L passe entièrement d'une position à une autre, il faut absolument que l'aiguille correspondante effectue son mouvement complet en quittant le contact de l'un des rails, pour reprendre le contact de l'autre.

Ainsi le levier est arrêté dans sa course et, par la barre K, enclenche les autres leviers qui sont dans sa dépendance. Si l'aiguille est entre-bâillée, une sonnerie T se fait entendre.

Chaque levier n'occupe qu'une largeur de 6,3 cm.

Manœuvre électrique des signaux, aiguilles et appareils de la voie au moyen d'électro-aimants, système Guénée. — MM. GUÉNÉE ET C^{ie} ont imaginé une nouvelle disposition d'électro-aimant ayant pour but de permettre de régler à volonté la force en chaque point de la course. On peut donc ainsi, ou régulariser l'effort sur toute la course, ou modifier en chaque point l'effort en suivant un graphique donné pour un même travail total développé par l'électro.

L'électro est, en outre, construit de manière à augmenter le plus possible le flux produit par la force magnétomotrice de la bobine en réduisant à sa plus simple expression l'entrefer existant entre l'armature et la pièce polaire. Par la position de l'armature, la plus grande partie du flux est utilisée pour produire l'effort.

L'électro se compose d'une cuirasse en métal magnétique (*fig. 47 et 48*) formée de deux parties boulonnées ensemble après la pose de la bobine.

Ces pièces servent de passage au flux magnétique en formant cuirasse; les deux expansions polaires qui les terminent sont très développées, de façon à diminuer la réluctance de l'entrefer.

Le noyau glisse dans un tube de laiton serti dans la carcasse. La modification de l'effort en chaque point de la course est obtenue par la réluctance variable de la partie du noyau se présentant en regard de la pièce polaire. Grâce à cette réluctance, que l'on fait varier à volonté, on gradue le flux magnétique produit selon l'effort à obtenir. L'accroissement

du flux pendant la marche du noyau suit alors une loi dépendant du graphique de marche à obtenir.

Plusieurs artifices ont été employés pour modifier la réluctance du noyau. Celui adopté pour les électros de manœuvre des signaux de la Compagnie de l'Ouest consiste à sectionner le noyau et à interposer des rondelles isolantes d'épaisseur variable.

Grâce à la disposition des expansions polaires et du noyau cylindrique, l'entrefer est réduit le plus possible et presque tous les ampères-tours sont utilisés pour accroître l'effort sur l'armature. Celle-ci se trouve ainsi portée à une induction magnétique voisine de la saturation.

Les électros sont généralement réglés pour un effort constant ou pour un effort un peu supérieur au début de la course, de façon à vaincre les efforts de démarrage. On peut, du reste, rapprocher le diagramme de l'électro d'une courbe quelconque donnée et proportionner ainsi dans les diverses applications l'effort moteur à l'effort résistant.

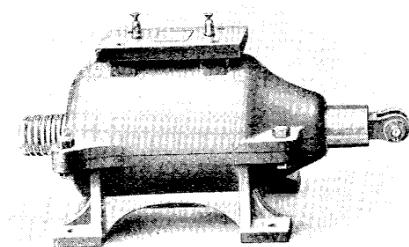


Fig. 47. — Électro-aimant Guénée.

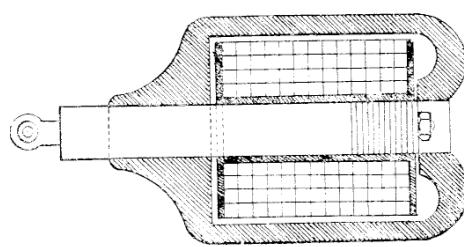


Fig. 48. — Coupe de l'électro-aimant Guénée.

On peut produire, par exemple, un effort de 300 kg, sur une course de 30 cm, sans balais collecteurs ni rouages mécaniques; on réalise ainsi un véritable piston magnétique comparable à un piston hydraulique se déplaçant dans un cylindre sous une pression donnée. Cette solution est même plus simple, puisqu'il n'y a ici ni garniture, ni joint à constituer et à entretenir.

On conçoit que cette disposition réalisant le véritable électro-aimant industriel se prête à un certain nombre d'emplois, tels que la manœuvre des signaux, les commandes de vannes, servomoteurs, débrayages et freins.

Les différents types d'électro-aimants actionnant les signaux et aiguilles de la ligne Courcelles-Invalides ont les caractéristiques suivantes :

	Force en kg	Course en cm	Ampères	Volts
Aiguilles.....	200	10	12	90
Pédales.....	100	8	9	90
Signaux.....	80	8	8	90
Porte-pétards.....	35	8	6	90

Ces électros sont réglés pour donner un effort uniforme dans toute leur course; l'intensité du courant qu'ils utilisent en marche normale est bien inférieure à celle donnée au tableau, à cause de la force contre-electromotrice qu'ils développent. Ainsi la manœuvre d'une aiguille nécessite 3 ampères environ pendant 1/2 seconde.

Le courant devant être coupé en fin de course des électro-aimants, on a été conduit à créer deux types d'interrupteurs actionnés par les noyaux mêmes. Ces interrupteurs, pour des raisons que nous n'avons pas à examiner, n'ont, paraît-il, pas donné les résultats qu'on en attendait et on a dû les modifier.

Pour les pédales, on a utilisé la flexion des rails pour actionner, par l'intermédiaire d'un relais, des interrupteurs qui réalisent différentes manœuvres de signaux.

Chaque signal est manœuvré soit par un, soit par deux électros.

Les aiguilles sont actionnées par deux électro-aimants produisant l'effort nécessaire à la manœuvre dans les deux positions.

A l'extrémité de chaque électro se trouve placé un interrupteur d'un type spécial qui coupe automatiquement le courant à fin de course.

Comme les deux électros d'un même signal sont reliés mécaniquement ensemble, un de ceux-ci se trouve toujours prêt à être actionné.

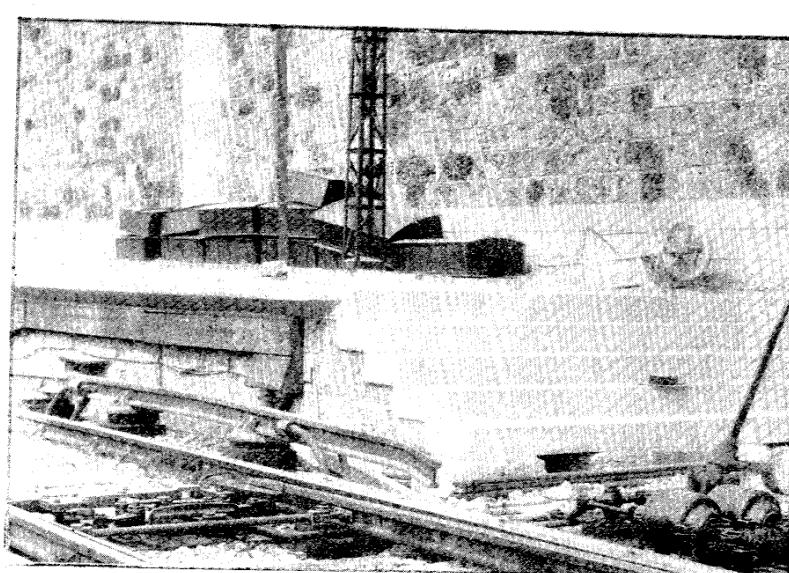


Fig. 49. — Application des électro-aimants Guénée à la manœuvre des aiguilles.

Deux fils de commande et un fil de retour relient chaque appareil au poste de manœuvre.

Celui-ci comprend un combinateur permettant l'enclenchement mécanique des leviers de commande du poste et l'enclenchement électrique des différents circuits de la section ou des sections voisines, en vue de réaliser les conditions du block-système.

Le courant n'est jamais rompu dans le combinateur ni dans le poste, puisque, comme on l'a vu plus haut, l'électro coupe lui-même son courant à fin de course.

Pour les aiguilles, on a dû adopter des rhéostats dont le commutateur permet de couper le courant sur la ligne au moment où le verrouillage se trouve en partie effectué. A ce moment, l'électro-aimant est mis en court-circuit.

Les appareils de la voie comprennent :

Aiguilles. — Les électros actionnent un système de leviers qui permet d'obtenir, successivement et par une seule course de l'armature, le déverrouillage de l'aiguille, son changement de position, puis le verrouillage (fig. 49).

L'avantage du système est que tout le mécanisme, à l'exception du contrepoids, est enfermé dans une boîte et qu'il suffit d'atteler la tige de manœuvre d'aiguille à la chape fixée à la tige sortant de la boîte. L'effort de l'électro-aimant se fait directement sur la tige de manœuvre sans qu'aucun frottement d'axe ou de glissement se fasse sentir, autre que celui dû au poids des pièces.

Deux interrupteurs, mis chacun à une fin de course, permettent de rompre le circuit lorsque l'aiguille est arrivée à sa place. Ces interrupteurs sont commandés par les verrous et ne peuvent donc rompre le circuit que lorsque l'aiguille est verrouillée. La position des verrous est assurée par un contrepoids qui produit un effort suffisant pour empêcher tout mouvement de l'aiguille en temps normal, mais qui céderait forcément sous la pression énorme produite par les jantes des roues, lorsque l'aiguille est prise en talon.

Signaux, disques avancés, signaux carrés, signaux de position, etc. — Suivant les cas, les électros sont placés verticalement ou horizontalement et commandent les appareils par l'intermédiaire de leviers produisant le calage du signal à fin de course.

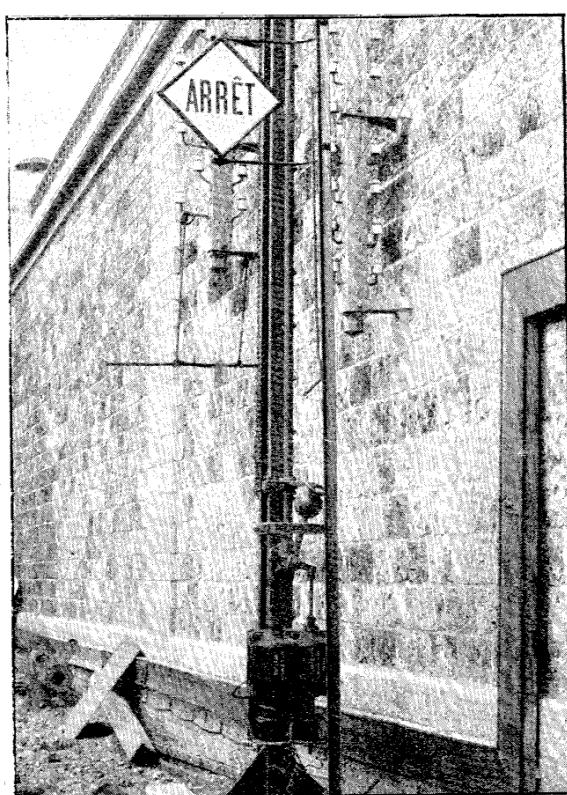


FIG. 50. — Application des électro-aimants Guénée à la manœuvre des signaux.

La figure 50 représente la partie inférieure d'un signal. Sur le mât sont fixés les deux électros de manœuvre avec leurs interrupteurs. Ces noyaux sont prolongés par des tiges qui se raccordent à un levier pivotant sur un axe horizontal. Perpendiculairement à ce levier se trouve une tige terminée par un poids.

C'est ce poids, dans ses mouvements à droite et à gauche, qui imprime à l'arbre vertical du signal un déplacement angulaire de 90°. La transmission de mouvement se fait très simplement par l'intermédiaire d'une chape calée sur l'arbre dans un plan horizontal.

Pour certains signaux, on a employé un seul électro pour l'ouverture, la mise à l'arrêt étant obtenue à l'aide d'un contrepoids. Cette disposition a été prise dans le but de placer automatiquement le signal dans la position « arrêt » au cas où un dérangement quelconque, électrique ou mécanique, viendrait à se produire.

Signaux acoustiques. — *Porte-pétards.* — Deux électrods placés en regard actionnent la tige qui avance ou recule les pétards au-dessus du rail (fig. 31).

Pédales. — On utilise la flexion du rail pour agir sur un levier commandant un relais; ce relais actionne les divers interrupteurs qui produisent la mise à l'arrêt du signal placé immédiatement dans le voisinage de la pédale, ainsi que l'ouverture du signal précédent. On réalise

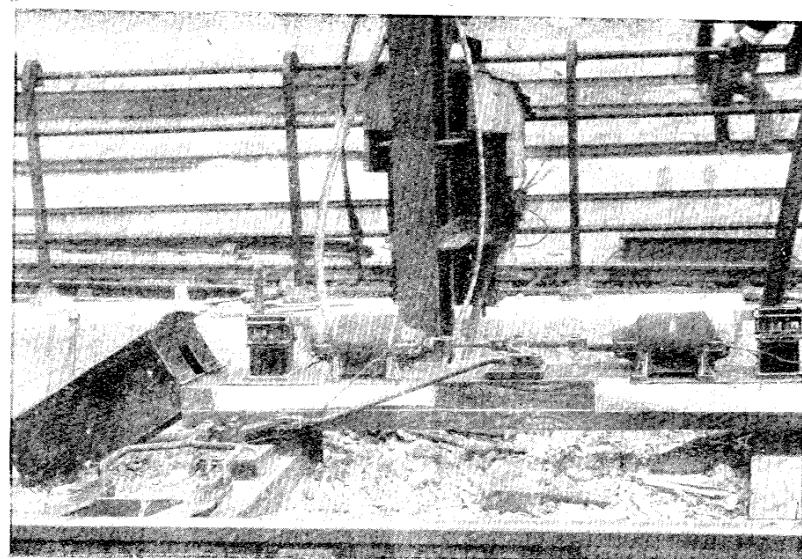


Fig. 31. — Application des électro-aimants Guénée à la manœuvre des porte-pétards.

ainsi un block-système automatique. Lorsque le signal est mis à l'arrêt par la pédale, l'aiguilleur est averti du changement de position de ce signal et il doit à ce moment manœuvrer son commutateur pour effectuer la mise à l'arrêt, autrement il y aurait blocage de la section, l'ouverture du signal ne pouvant être obtenue lorsque le train passe sur la pédale suivante.

L'énergie nécessaire à toute l'installation est fournie par plusieurs batteries d'accumulateurs Tudor à 120 volts réparties dans divers postes de commande.

La ligne Courcelles-Invalides comporte plus de mille appareils commandés par une vingtaine de postes; mais certaines difficultés matérielles n'ont pas permis de mettre tout le système en exploitation normale; seul, le tronçon Invalides-Champ-de-Mars fonctionne régulièrement et, à bref délai, il en sera de même pour tout le reste de l'installation.

APPLICATIONS AU THÉATRE

PAR A. BAINVILLE

JEUX D'ORGUE

Ces appareils sont, comme on sait, destinés à produire les différents effets de lumière nécessaires sur les scènes de théâtre. Aussi quelques exposants français, désirant montrer leurs appareils en fonctionnement, les avaient installés sur de petites scènes pourvues de décors avec portants, herses et rampes éclairées par des lampes commandées par ces appareils.

Tous ces appareils doivent réaliser certaines conditions que nous allons énumérer rapidement pour l'intelligence des descriptions qui vont suivre.

Nous savons que les jeux de lumière sont obtenus à l'aide de lampes diversement colorées. On a reconnu qu'avec des lampes blanches, bleues et rouges, il était possible de réaliser toutes les combinaisons nécessaires. Il faut, tout d'abord, que la puissance lumineuse de ces lampes puisse être modifiée de façon à passer insensiblement de sa valeur normale à l'extinction ou inversement, c'est-à-dire, par exemple, de la nuit au plein jour, sans que le spectateur observe de brusques variations; ces modifications doivent être obtenues d'ailleurs, suivant les cas, avec une plus ou moins grande vitesse; d'autre part, il est quelquefois nécessaire aussi de procéder à l'extinction ou à l'allumage brusque en partant d'un éclairement quelconque. Enfin, chaque appareil, portant, herse, rampe ou lustre, doit être indépendant, de sorte que des modifications faites sur l'un d'eux n'affectent en aucune façon les autres.

Il est superflu d'ajouter que le jeu d'orgue doit présenter toute sécurité dans son fonctionnement et que sa manœuvre doit être facile, de façon à ne nécessiter qu'un personnel très réduit.

Jeu d'orgue de MM. Mornat et Langlois. — Comme dans tous les systèmes similaires, le jeu d'orgue de MM. MORNAT ET LANGLOIS se compose d'une série d'éléments identiques correspondant chacun à un appareil d'éclairage et commandant par suite un certain nombre de lampes.

L'élément (*fig. 1*) se compose d'un rhéostat dont les touches, au nombre de 100, sont disposées de façon à constituer un collecteur rectiligne N; sur ce collecteur se déplace un frotteur P dont les mouvements sont solidaires de ceux d'un bouton B dit bouton de réglage. Ces deux organes sont rendus solidaires par une cordelette métallique tendue par deux contrepoids Q et J, placés à ses deux extrémités.

Le bouton B est guidé dans une coulisse rectiligne graduée en cent parties. La cordelette métallique passe sur les poulies de renvoi que l'on voit sur la figure et fait un tour complet sur le pignon à gorge E. Ce pignon est fixé sur son axe et est monté dans une chape qui, fixée à une de ses extrémités, peut être déplacée par un levier venant buter contre l'autre extrémité. Aux deux points de commande de ce levier sont fixés des galets G destinés à réduire les frottements; F est une came que l'on commande par un doigt et qui sert à la manœuvre du levier.

Un ressort de rappel H ramène le levier à sa position de repos. C'est une roue dentée qui est montée sur un arbre attaqué soit à la main, soit par moteur. Enfin le contrepoids J porte une rainure longitudinale dans laquelle vient s'engager la tige du bouton d'arrêt I.

Pour obtenir sur le circuit commandé par un élément les jeux de lumière que l'on désire, on opère de la façon suivante : l'un ou l'autre des boutons d'arrêt A ou I est serré sur sa coulisse en regard de l'indication qui correspond au résultat final à atteindre, c'est-à-dire à l'intensité lumineuse qu'on désire obtenir des lampes montées sur ce circuit. A l'aide de la came F, que

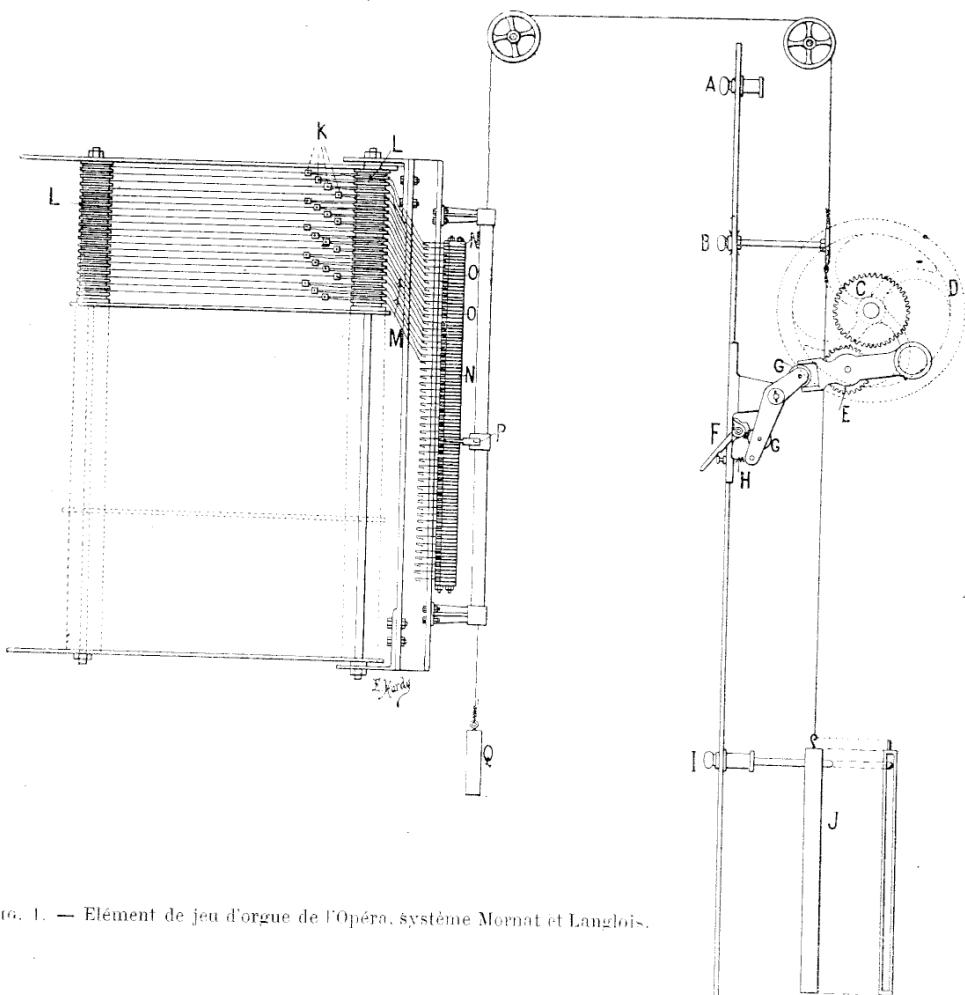


FIG. 1. — Élément de jeu d'orgue de l'Opéra, système Mornat et Langlois.

l'on déplace en soulevant son doigt de commande, on met le pignon E en prise avec la roue dentée C : cette roue entraîne le pignon, qui communique son mouvement à la cordelette. En effet, cette cordelette, tendue par les deux contrepoids, agit comme un frein sur la gorge du pignon E. Le frotteur P est donc entraîné le long du collecteur et il s'arrêtera à la position correspondant à l'un des boutons d'arrêt A ou I, qui, comme on le sait, peuvent être immobilisés en un point quelconque. A la descente du balai P sur le collecteur, l'arrêt se produit quand le bouton mobile B vient buter contre le bouton fixe A ; ces deux boutons, en effet, sont montés dans la même coulisse. A la montée, l'arrêt est provoqué par le bouton I, qui est placé dans une coulisse indépendante et dont la tige, pénétrant dans la rainure du contrepoids J, limite dans ce sens les mouvements de ce contrepoids. Cet arrêt du contrepoids J détend la cordelette et, par

suite, la rend indépendante du pignon E. Le frottement du contact P sur le collecteur suffit alors à provoquer l'arrêt de ce contact.

Afin que le travail que doit effectuer le moteur pour entraîner la cordelette de manœuvre du contact mobile P soit très faible, les contrepoids Q et J sont équilibrés; cependant, en pratique, Q est un peu plus léger que J, de façon à donner une adhérence suffisante à la cordelette de commande. Le travail du moteur consiste donc à vaincre les résistances passives qui sont réduites au minimum et à entraîner un ensemble qui est presque équilibré, comme nous venons de le voir.

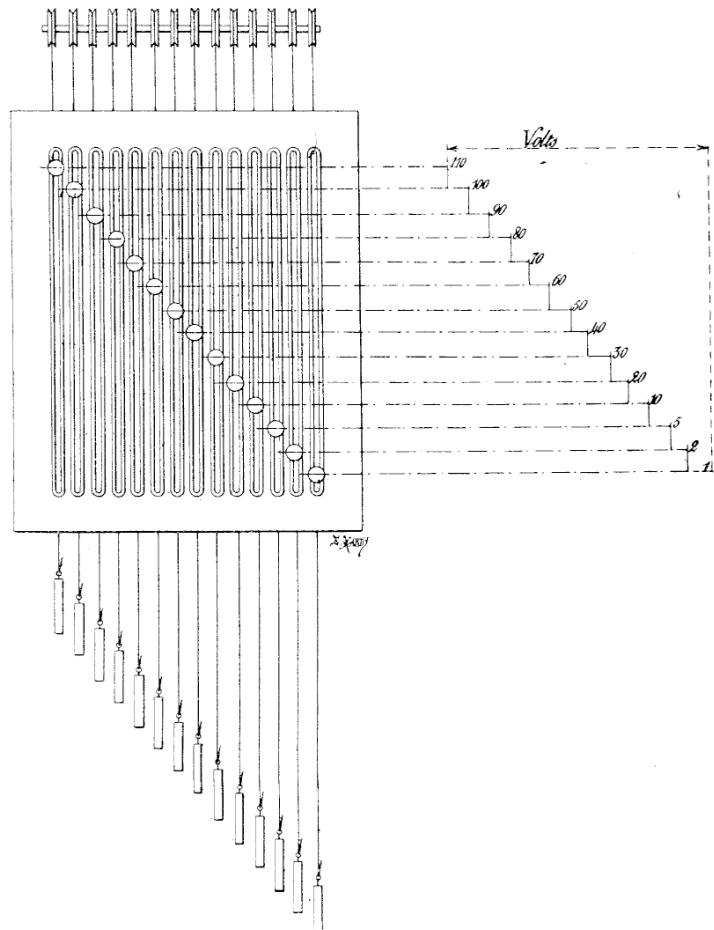


FIG. 2. — Disposition schématique du jeu d'orgue de l'Opéra.

Les moteurs de commande n'attaquent pas directement les arbres sur lesquels sont clavetées les roues dentées C. Afin de pouvoir modifier à volonté la vitesse de chaque arbre, on a intercalé deux cônes intermédiaires, à axes parallèles, mais dont les sommets sont opposés; l'un d'eux, attaqué directement par le moteur, vient à son tour commander le second, qui est relié par une courroie à un petit arbre placé entre les deux cônes. C'est par ce dernier arbre que se fait l'attaque. On peut, avec une vis sans fin, munie d'un volant, faire varier la position de la courroie qui réunit les deux cônes et, par suite, obtenir des vitesses quelconques entre deux limites convenablement choisies. En cas de besoin, chaque groupe peut facilement être mis à la main à l'aide d'un volant monté sur l'arbre des roues dentées.

L'appareil que nous venons de décrire est complété par une série de tableaux réunissant les

interrupteurs à deux directions des différents circuits. Chaque tableau comporte une couleur de lampe.

Chacun des circuits d'un tableau peut à volonté être branché sur le circuit général correspondant ou bien être rendu indépendant des autres; on peut ainsi, sur l'une des trois couleurs employées, en supprimer une portion sans inconvénient pour le reste de cet éclairage.

Avec ce modèle de jeu d'orgue, l'électricien est loin de la scène et a tout loisir pour surveiller ses appareils et exécuter les ordres qui lui sont transmis. La figure 2 représente schématiquement un jeu ainsi préparé.

La manœuvre destinée à obtenir le jeu de lumière demandé consiste, comme nous l'avons vu, à placer convenablement les boutons d'arrêt et à faire l'embrayage des éléments intéressés en amenant le moteur à la vitesse qui correspond à la durée de l'effet. Après quoi, on n'a plus qu'à abandonner l'appareil à lui-même pour qu'il exécute fidèlement les variations de lumière qui ont été ainsi déterminées à l'avance.

Jeux d'orgue de la Compagnie générale d'Éclairage et de Force. — Cet appareil se compose de deux parties mécaniquement indépendantes, le rhéostat proprement dit, qui est placé en un endroit quelconque convenablement choisi, et l'appareil de commande électrique à distance.

Nous allons décrire séparément ces deux appareils, puis expliquer le fonctionnement de l'ensemble.

Le rhéostat est constitué par un fil de ferro-nickel de section variable, fixé en zigzag sur deux couronnes maintenues à distance par des entretoises; il présente l'aspect d'une cage d'écuréuil. Cette cage doit pouvoir tourner autour de son axe à des vitesses différentes; à cet effet, elle est actionnée par un petit moteur électrique dont nous reparlerons plus loin, car il fait partie de l'appareil de commande à distance.

Sous le rhéostat est disposée une cuve en fonte d'une faible profondeur contenant un bain de mercure d'environ 7 mm d'épaisseur.

La cuve est placée à une distance telle du tambour sur lequel sont enroulés les fils que, lorsque ce tambour est mis en mouvement par le moteur dans un sens ou dans l'autre, les fils viennent successivement plonger dans le mercure de la cuve.

Étant donnée la disposition en zigzag de ces fils, chacun d'eux vient toucher le bain d'une façon progressive, de sorte que le ménisque de contact parcourt toute la longueur de chaque élément de résistance et que, pendant la rotation du rhéostat, cette résistance varie, par suite, d'une façon insensible. Le fil métallique a, bien entendu, un diamètre variable, ce qui permet de réduire sa longueur, et les spires sont disposées de façon à rendre les variations de la puissance lumineuse proportionnelles aux déplacements angulaires de la cage.

Le cylindre ne peut effectuer une révolution complète; il ne peut parcourir que 340° d'un bout à l'autre de sa course totale, laissant ainsi un intervalle suffisant entre les deux extrémités de la résistance. Pour un parcours complet du rhéostat, les lampes passent de l'extinction à leur éclat normal, c'est-à-dire de la pleine nuit au plein jour ou inversement.

La course totale de 340° est divisée en sept parties égales, qui correspondent à sept valeurs intermédiaires de la puissance lumineuse.

La manœuvre à distance s'effectue par un manipulateur destiné à actionner les moteurs, qui, comme nous le savons, entraînent les rhéostats, à provoquer l'arrêt de ces moteurs au point voulu, à modifier leur vitesse de rotation et à changer leur sens de marche.

Le moteur employé, qui n'a à vaincre que les résistances passives et la résistance opposée par la couche mince de mercure, est de très petite dimension et on a pu le loger à l'intérieur de la cage que forme le rhéostat, de telle sorte que l'encombrement de l'ensemble ne se trouve pas accru et que le moteur est parfaitement protégé. Ce moteur est à excitation indépendante, de façon à en simplifier la construction et par suite à en réduire le prix.

Pour répondre aux conditions imposées que nous avons énumérées, le rhéostat doit pouvoir tourner à une vitesse choisie d'avance en parcourant dans un sens ou dans l'autre une fraction également déterminée de sa course totale, c'est-à-dire des 7/8 d'un tour. Chaque rhéostat doit pouvoir être ainsi actionné indépendamment des autres ou, au contraire, avoir un mouvement solidaire d'un nombre quelconque d'appareils semblables.

La commande à distance doit permettre à l'électricien chargé de ce service de disposer à l'avance le jeu à obtenir, qui se réalise automatiquement dès la mise en route, et de faire également toutes les manœuvres d'allumage et d'extinction des différents circuits à un moment quelconque.

Ces conditions sont réalisées par les différents organes du manipulateur, qui comporte :

- 1^o Un dispositif d'arrêt à fin de course;
- 2^o Un inverseur pour le changement de marche;
- 3^o Un commutateur pour régler la vitesse;
- 4^o Un interrupteur pour l'arrêt des moteurs en un point quelconque;
- 5^o Un commutateur permettant l'extinction ou l'allumage du circuit correspondant, soit directement, soit en passant par le rhéostat.

Nous allons suivre sur le schéma (*fig. 3*) les différentes manœuvres et voir comment elles sont effectuées en principe.

Nous remarquerons tout d'abord que les circuits de commande des rhéostats sont complètement indépendants des circuits de lumière.

Les moteurs, qui sont, avons-nous dit, à excitation indépendante, sont groupés par séries comprenant les rhéostats de commande des circuits d'éclairage, qui peuvent, à un moment donné, fonctionner simultanément. Les inducteurs d'un tel groupe de moteurs sont montés en série, tandis que les induits sont en dérivation. Un interrupteur E, dit interrupteur d'excitation, sert à fermer le circuit sur le groupe des inducteurs. Sur chaque dérivation d'induit se trouve une manette d'arrêt et de marche Q de ce moteur. Les moteurs d'un même groupe, dont les manettes Q sont sur la marche, peuvent être mis en mouvement en même temps, au moyen de l'interrupteur D ou « démarreur » qui est monté en série avec l'interrupteur d'excitation E, pour éviter que le courant ne puisse être envoyé dans les induits, tant que le circuit des inducteurs est ouvert. Sur chaque circuit d'induit sont intercalés un coupe-circuit P et une lampe témoin L qui permettent à l'électricien de constater si le circuit du moteur est fermé; cette précaution est nécessaire, puisque les moteurs sont placés à distance. S est un coupe-circuit général, branché sur l'ensemble de la canalisation spéciale des moteurs. Le circuit de chaque induit comporte une série d'appareils reliés mécaniquement entre eux : les inverseurs C et F, qui ont pour mission de changer le sens de rotation, et les commutateurs H, destinés à mettre les moteurs en court-circuit, c'est-à-dire à provoquer leur arrêt.

Ces différents appareils peuvent être placés dans 7 positions différentes qui correspondent aux 7 graduations de la puissance lumineuse des lampes, considérées comme suffisantes en pratique. Ils sont commandés mécaniquement par une manette à crans G qui est mise en mouvement à la main par l'électricien.

A cet effet, la manette G est solidaire de la manette de commande H qu'elle entraîne dans son mouvement; les deux autres manettes des inverseurs C et F sont entraînées par G, à l'aide d'un goujon qui coulisse dans une tringle reliant ces deux manettes.

Le commutateur K, identique à H, est entraîné par le moteur.

Quand l'électricien met la manette G sur le cran 4, par exemple, il entraîne la manette H et les manettes C et F qui se placent également en 4 sur les plots correspondants. Mais, cependant, la position de ces deux dernières manettes C et F dépend du sens de rotation de G: si G est entraîné dans le même sens que pendant la manœuvre qui a précédé immédiatement celle que nous considérons, les manettes C et F franchissent une distance proportionnelle au déplacement de G. Si, au contraire, le mouvement actuel de G est inverse du mouvement antérieur, il y a un retard dans la marche des manettes, retard égal à la longueur de la coulisse

où peut glisser le goujon j ; ce retard est employé à changer la polarité dans le moteur et, par

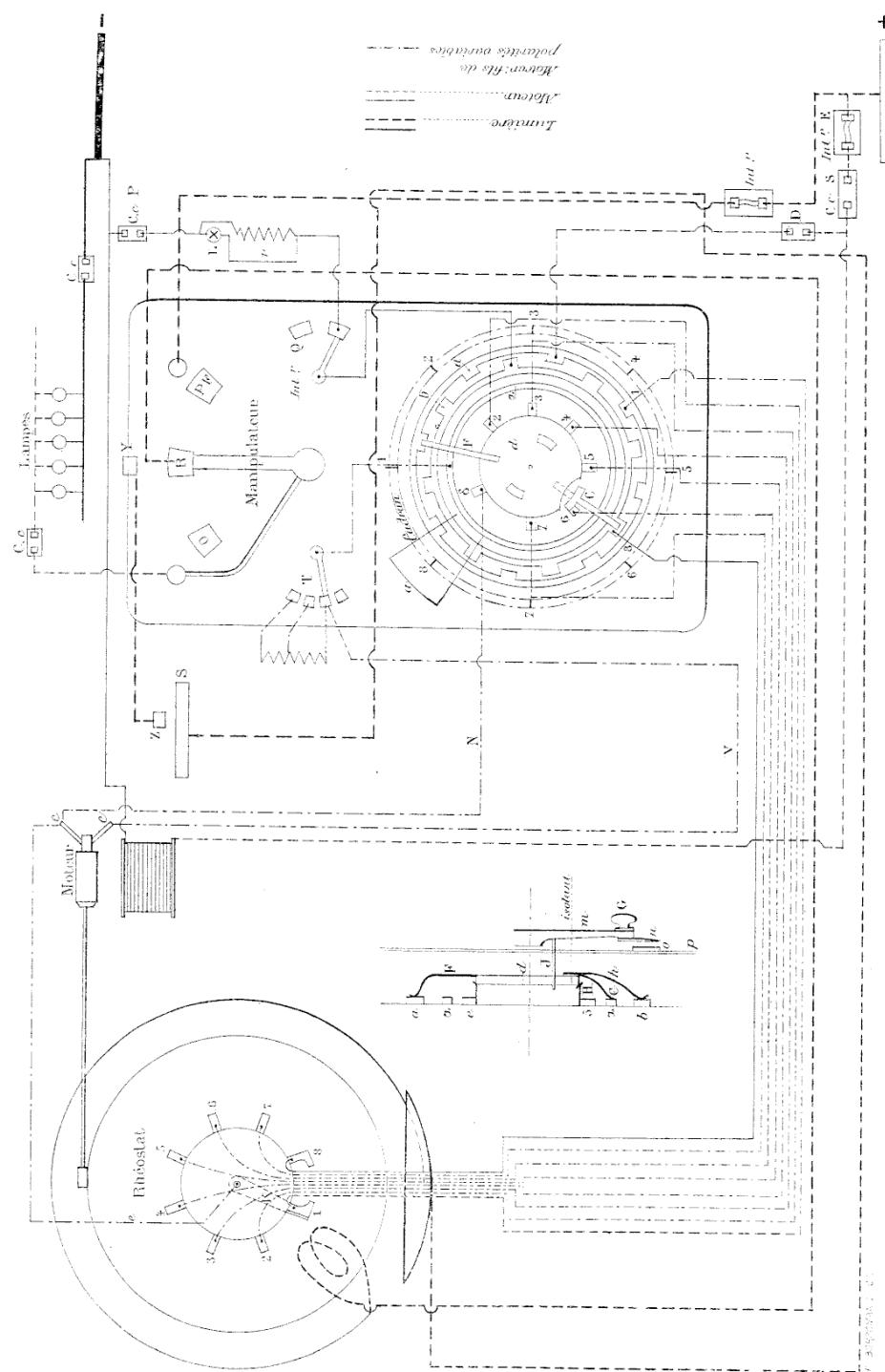


Fig. 3. — Schéma théorique d'un élément de jeu d'orgue de la Compagnie générale des Travaux d'Éclairage et de Force.

suite, à inverser sa rotation, grâce à la disposition suivante que l'on peut suivre sur le schéma : les inverseurs C et F sont munis de deux séries de plots, reliés alternativement aux deux pôles ;

les plots adjacents sont l'un positif, l'autre négatif, et placés à une distance égale à la longueur de la coulisse; comme la distance que franchissent les manettes de ces interrupteurs, entre deux positions successives du manipulateur G, est égale à deux fois cette valeur quand il n'y a pas glissement dans la coulisse, les positions successives des manettes des inverseurs, dans ce dernier cas, correspondront toujours à des plots reliés au même pôle, tandis que le changement de sens dans la manœuvre du manipulateur G ayant pour effet d'introduire un glissement égal à la distance de deux plots successifs des inverseurs, les manettes de ces appareils viendront toujours se placer, dans ce cas, sur leur plot relié au pôle inverse.

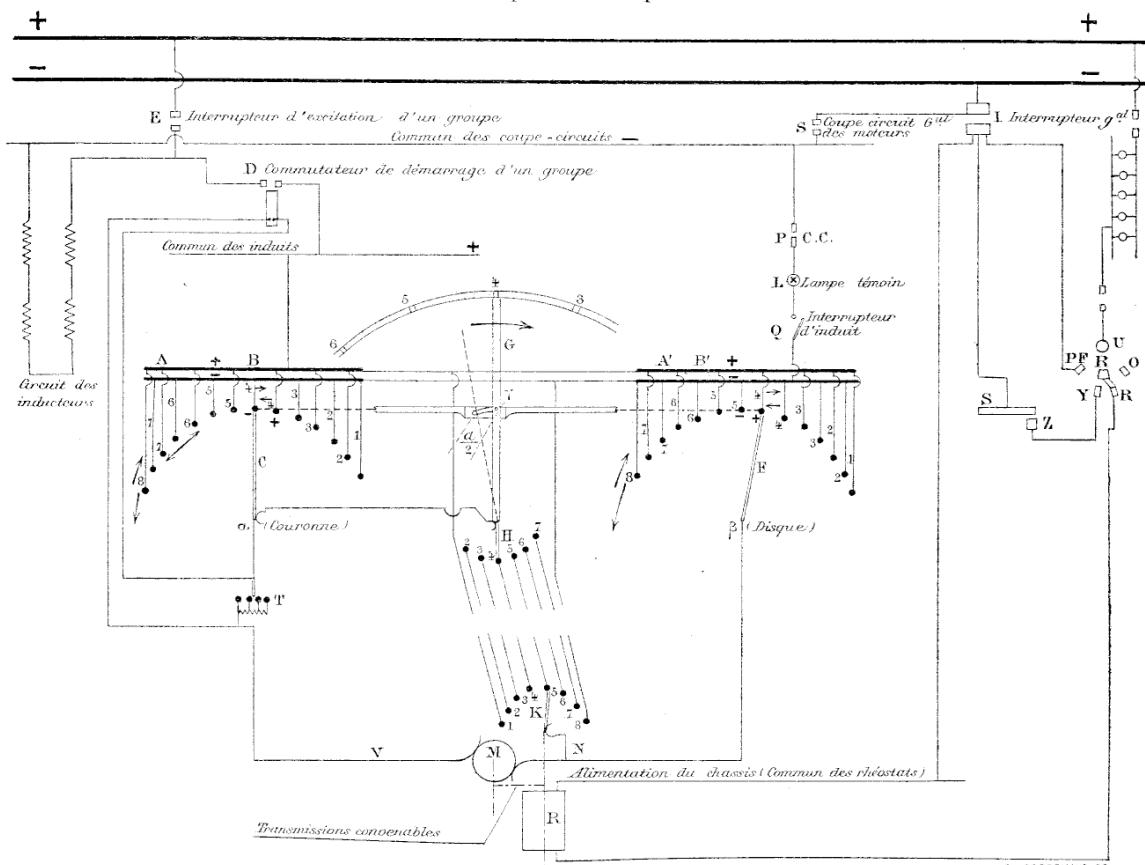


FIG. 4. — Connexions du jeu d'orgue de la Compagnie générale des Travaux d'Éclairage et de Force.

Si donc la manette G est antérieurement en 3, par exemple, et les manettes des inverseurs C et F sur 3 + et 3 — respectivement, quand on avancera le manipulateur sur 4, ces manettes viendront se placer sur les plots 4 + et 4 —; d'autre part, la manette K, commandée par le moteur, qui était restée sur 3, sera entraînée par le moteur jusqu'à ce qu'elle atteigne le plot 4, position pour laquelle le moteur est en court-circuit par le fil qui réunit les plots 4 des commutateurs H et K et par les frotteurs qui relient les manettes de ces commutateurs, l'une avec V, l'autre avec N, sur les fils aboutissant à l'induit du moteur. Si, maintenant, on revient de la position 4 à la position 3 avec le manipulateur, les manettes des inverseurs C et F subiront un retard dans leur entraînement, qui les mettra finalement en contact avec les plots 3 — et 3 +, en inversant le courant dans le moteur.

On voit donc que les mouvements du manipulateur G, dans l'un ou l'autre sens, sont fidèlement transmis au rhéostat et que l'ensemble des appareils que nous venons de décrire réa-

lise une commande à distance parfaite. On remarquera que les extrémités de course ne peuvent être atteintes que dans un seul sens pour chacune d'elles, c'est-à-dire que la mise en court-circuit du moteur pour ces deux points est indépendante de la manœuvre de l'inverseur; c'est une condition évidente, puisque le rhéostat ne fait jamais un tour complet, mais bien des mouvements alternatifs. Le plein jour (position 8) correspondant toujours aux connexions $V +$ et $N -$ et la pleine nuit (position 1) aux connexions inverses $V -$ et $N +$, la liaison des plots 1 et 8 est donc faite directement sur les pôles correspondants et ce dispositif présente l'avantage d'arrêter sûrement le mouvement du moteur en fin de course, même si cet arrêt ne s'était pas produit au point intermédiaire choisi, par suite d'un dérangement quelconque.

Le commutateur T sert à la commande du rhéostat de vitesse du moteur.

Chaque circuit de lampe, tel que celui que commande un rhéostat tournant, est alimenté par un commutateur à 3 directions U correspondant à l'extinction (plot 0) ou à l'allumage (plot PF) du circuit sans passer par le rhéostat, ou enfin aux diverses manœuvres obtenues par le rhéostat (plot R).

Le coupleur SZ permet de mettre en court-circuit les rhéostats d'une série de circuits groupés sur ce coupleur pour réaliser un effet déterminé. Pour pouvoir effectuer cette manœuvre, le plot R du commutateur précédent est relié au plot Y par une fiche et ce plot peut, d'autre part, par le bloc Z , auquel il est réuni électriquement, être branché sur la barre du coupleur S . Les circuits à grouper seront représentés sur le coupleur par des plots, tels que Z , qu'il suffira de réunir avec S au moment opportun.

L'ensemble des appareils dont nous

Fig. 3. — Châssis de 6 rhéostats avec leurs moteurs.

venons de donner la description réalise toutes les conditions du programme posé au début, savoir :

1^o Dispositif d'arrêt à fin de course par mise en court-circuit du moteur à l'aide des plots 1 et 8 du commutateur K ;

2^o Changement de marche par les inverseurs F et C ;

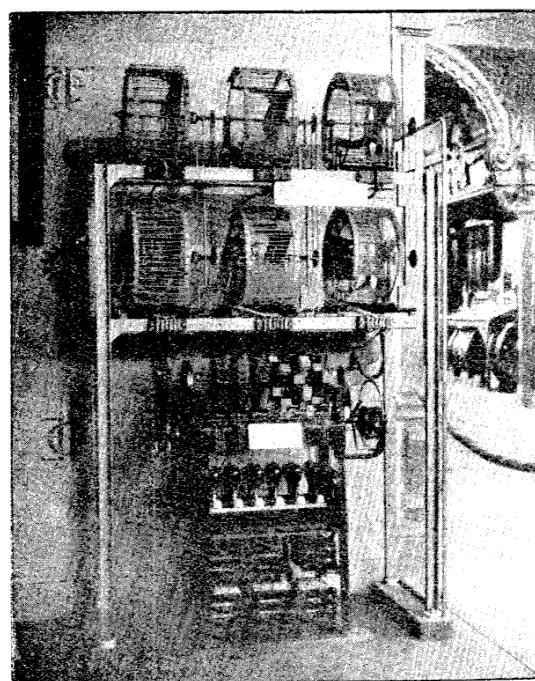
3^o Réglage de la vitesse par le rhéostat que commande le commutateur T ;

4^o Arrêt en un point quelconque par les commutateurs H et K ;

5^o Allumage et extinction indépendants par le commutateur V ou, en passant par le rhéostat, par les deux extrémités de sa course.

Nous allons voir maintenant la réalisation pratique de ces divers appareils.

Le schéma figure 4, qui reproduit les dispositions que nous venons de décrire, nous montre le combinateur G monté avec les manettes C et F sur un axe commun; cette disposition, qui réduit l'encombrement, est facilement réalisable; les plots sont, en effet, placés symétriquement devant chacune des manettes C et F , et ces manettes n'occupent jamais une position semblable sur ces plots; il suffit, par suite, d'isoler les deux manettes entre elles; les pôles communs à ces deux manettes, AA' et BB' , sont représentés par deux couronnes superposées, isolées entre elles et munies d'encoches placées à l'intérieur sur une couronne, à l'extérieur sur l'autre, qui correspond au plot du schéma figure 3.



La manette F est fixée sur le disque β et reliée au pôle N du moteur d'une façon permanente. La manette C est entraînée, comme F, par la couronne α dont elle est isolée électriquement et elle est en connexion constante avec le pôle V par l'intermédiaire du commutateur de vitesse T et de la couronne α , sur laquelle elle vient continuellement frotter. La manette H, au lieu d'être entraînée directement par le combinateur G, comme dans le schéma figure 3, est solidaire de C; aussi on a dû augmenter la surface des plots du commutateur que commande cette manette, de façon à ce que le contact soit assuré quand la manette C subit le retard correspondant à l'inversion du courant. Ces plots sont représentés par des lamelles numérotées 1 à 7,

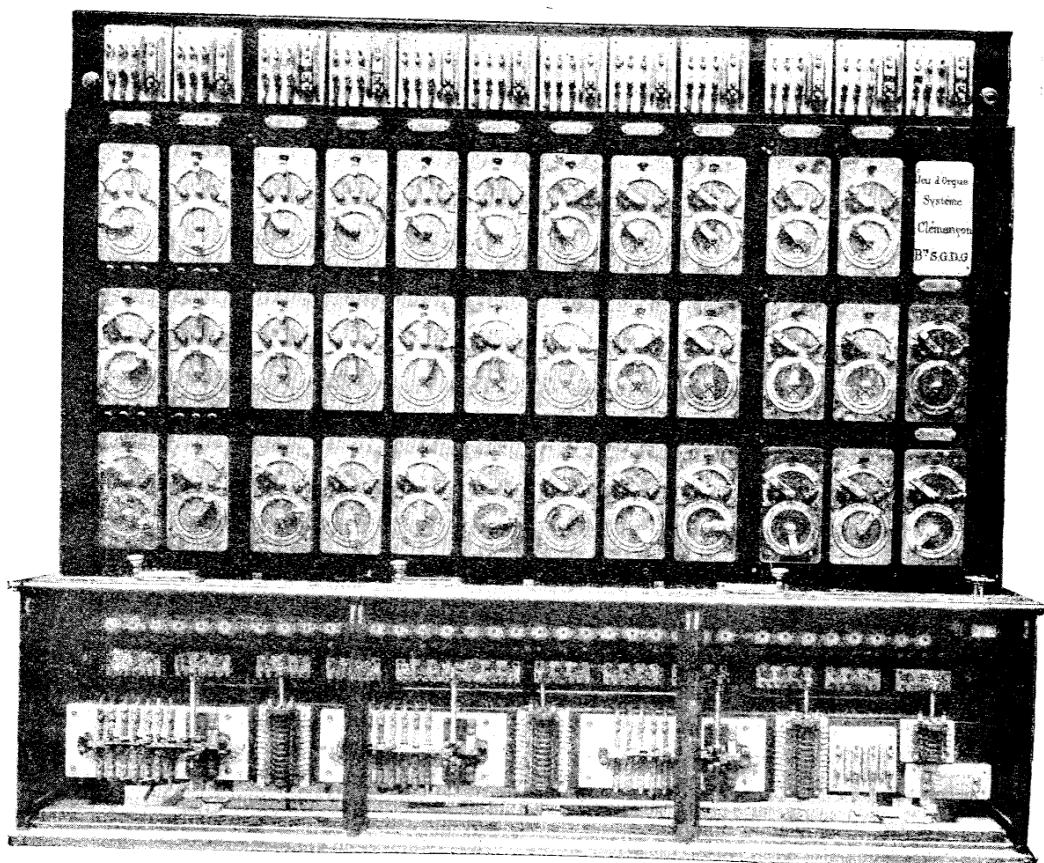


Fig. 6. — Ensemble du jeu d'orgue de la Compagnie générale des Travaux d'Eclairage et de Force.

qui sont disposés autour du disque β ; les plots du commutateur correspondant K sont fixés sur un autre disque calé sur l'axe de rotation du rhéostat et tournent, avec ce rhéostat, devant la manette K, qui est fixe et reliée au pôle N du moteur.

À l'heure du démarrage, le démarreur D met le rhéostat de vitesse T en court-circuit pendant un instant pour être assuré d'un démarrage franc à toutes les vitesses.

Les 10 fils qui réunissent le manipulateur au moteur sont groupés sous une tresse qui contient, en outre, les deux fils du circuit d'éclairage.

L'ensemble que nous venons de décrire constitue une unité et commande un circuit.

Tous les circuits de même couleur sont réunis sur un même coupleur, de façon à pouvoir être manœuvrés simultanément.

La figure 3 montre un châssis de 6 rhéostats avec leurs moteurs.

La figure 6 représente un ensemble complet qui figurait à l'Exposition dans le stand de la **COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ ET DE FORCE**.

Dans cet appareil, les trois couleurs sont disposées sur trois rangées horizontales; on peut voir, au bas de la figure 6, les coupleurs et les commutateurs de mise en marche des moteurs de chaque groupe: blanc, bleu et rouge; les coupe-circuits généraux des moteurs; les bornes de connexions des manipulateurs aux coupleurs et aux commutateurs de mise en marche des moteurs; les coupe-circuits individuels des moteurs et les lampes témoins de chaque unité. A la partie supérieure sont disposés les coupe-circuits pour les circuits de lumière.

Quand les rhéostats peuvent être placés dans le voisinage immédiat des manipulateurs, l'entraînement peut être réalisé mécaniquement; dans ce cas, les manipulateurs sont légèrement modifiés dans leur disposition mécanique, mais la manœuvre reste exactement la même.

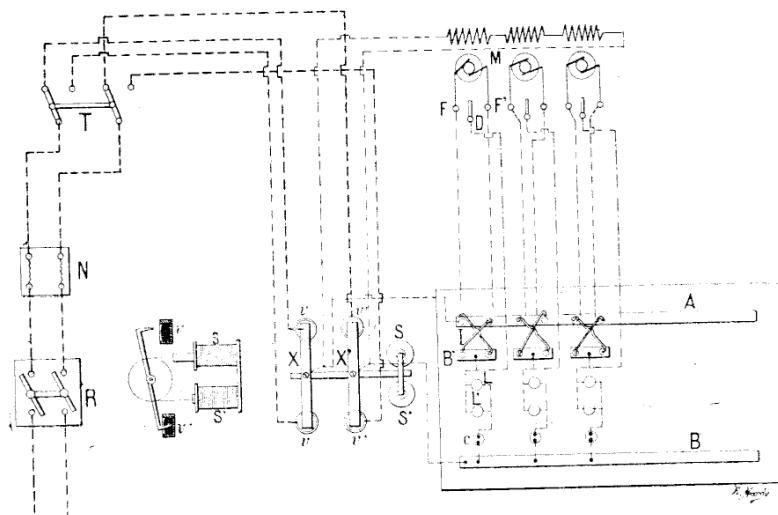


FIG. 7. — Commande automatique des rhéostats du jeu d'orgue du panorama transatlantique.

Un autre modèle de jeu d'orgue complètement automatique était également présenté par la **COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ ET DE FORCE** et était appliquée, pour réaliser les effets de lumière, au panorama transatlantique et au Maréorama d'Hugo d'Alési.

Ce jeu d'orgue se compose de rhéostats identiques à ceux employés dans le jeu d'orgue précédemment décrit, mis chacun par un petit moteur dont la mise en marche et les arrêts sont commandés par un appareil rotatif spécial qui effectue un tour dans le temps correspondant à la durée de l'effet. Chaque tour de cet appareil reproduit, bien entendu, dans le même ordre et dans le même temps, les mêmes jeux de lumière qui, par suite, peuvent être répétés indéfiniment.

Les figures 7 et 8 représentent schématiquement les dispositifs employés pour réaliser la commande automatique des rhéostats.

M représente un moteur de rhéostat avec son excitation séparée montée en série avec deux autres moteurs semblables. Le circuit de ces inducteurs de moteurs forme un circuit spécial tout à fait indépendant.

Les mises en marche, arrêts ou renversements du moteur, nécessaires pour réaliser les jeux de lumière, sont obtenus en agissant uniquement sur l'induit de chaque moteur.

A et B sont les barres d'alimentation de ces induits. A est une barre de fer qui porte un nombre approprié de paires de godets destinés à contenir du mercure. B est une barre de cuivre sur laquelle sont disposées des bornes d'attache qui permettent de relier cette barre aux coupe-

circuits *c* et, par l'intermédiaire des lampes témoins *L'*, aux barrettes *B'*. Chacune de ces barres intermédiaires *B'* est affectée à un moteur et porte deux godets à mercure semblables à ceux montés sur les barres *A*.

Entre la barre *A* et les barrettes *B'* sont disposés des inverseurs de courant *I*, à l'aide desquels on peut faire tourner les moteurs dans l'un ou l'autre sens. Ces inverseurs sont constitués par deux tiges en fer coudées à angle droit à leurs extrémités et disposées en croix, comme le montre la figure 7. Ces tiges sont isolées électriquement entre elles et chacune est reliée par un fil isolé à une des bornes de l'induit. L'ensemble du croisillon de l'inverseur *I* peut osciller autour d'un axe horizontal perpendiculaire à la direction des barres *A* et *B*, de façon à ce que les extrémités des deux tiges viennent plonger simultanément dans les deux godets de droite des barres *A* et *B'* ou dans ceux de gauche. On voit facilement, en examinant le schéma, que, suivant le cas, le courant traverse l'induit des moteurs, soit dans un sens, soit dans le sens opposé. Si le croisillon *I* reste dans la position intermédiaire, auquel cas les quatre extrémités plongent dans les quatre godets correspondants, l'induit est en court-circuit.

Le jeu de cet inverseur commande, par suite, le sens de marche de ces moteurs, la mise en marche et l'arrêt.

D est une lamelle de cuivre montée sur l'arbre du rhéostat tournant, de telle manière qu'elle vienne buter sur l'une des bornes *F* ou *F'* du moteur de commande quand ce rhéostat est à fin de course. Cette lamelle, étant reliée à *B*, sert à provoquer l'arrêt du moteur par mise en court-circuit de son induit.

La manœuvre automatique de l'inverseur *I*, dont dépendent la mise en marche dans l'un ou l'autre sens et les arrêts du moteur entre les deux positions extrêmes du rhéostat, est obtenue, comme nous l'avons dit, par un appareil spécial.

Cet appareil est constitué par une série de disques *J* embrochés sur un axe horizontal parallèle aux barres *A* et *B* (fig. 8). Chacun de ces disques est percé de trous à sa périphérie, dans lesquels on peut introduire des fiches *K* qui émergent de la surface du disque sur l'une ou l'autre de ses faces.

La commande des inverseurs *I* par les fiches *K* se fait de la façon suivante : L'axe d'oscillation de chaque inverseur porte une butée *H* ayant la forme indiquée par la figure et qui est disposée pour venir se présenter sous les fiches *K*. Quand le disque *J* tourne dans le sens de la flèche, par exemple, et qu'une fiche *K* se présente, celle-ci, en franchissant le plan incliné taillé sur la pièce *H*, repousse cette pièce en provoquant ainsi une rotation de l'arbre de l'inverseur. Le sens de cette rotation est différent, suivant que la fiche est sur l'une ou l'autre face du disque correspondant, et, par suite, la position de cette fiche suffit à déterminer le sens de rotation du moteur que commande le disque *J*.

Quand aucune fiche n'appuie sur la pièce *H*, un ressort ramène cette pièce dans sa position de repos ; l'induit du moteur est alors en court-circuit.

Avec une série de disques tels que *J*, garnis de fiches *K* convenablement réparties, nous pouvons donc commander un nombre égal de circuits de lampes qui seront soumises aux variations d'intensité lumineuse désirées pendant une durée déterminée et au moment prévu : il faut que nous puissions maintenant prolonger ou arrêter un effet quand il est nécessaire et aussi arrêter l'ensemble de l'appareil.

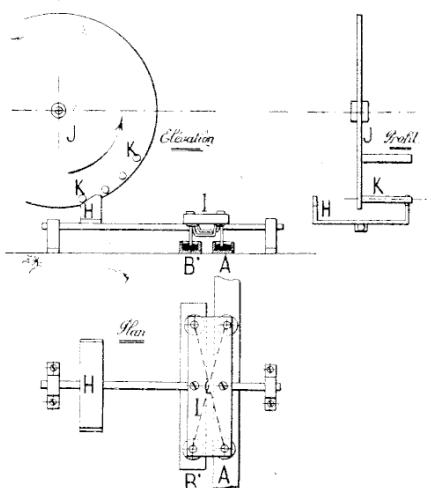


Fig. 8. — Appareil pour la manœuvre automatique de l'inverseur du jeu d'orgue.

Ce résultat est obtenu en agissant sur le circuit qui amène le courant aux moteurs.

Ce courant passe successivement par un interrupteur principal R (fig. 7), un coupe-circuit bipolaire N et un commutateur bipolaire à deux directions T, avant d'arriver aux barres de distribution A et B.

Pour réaliser l'automaticité de la fermeture et de la rupture de ce circuit, on a intercalé, entre le commutateur T et les barres, un commutateur à bascule constitué par quatre godets en fer v , v' , contenant du mercure, et deux tiges X, X', qui peuvent osciller autour d'un axe horizontal : les godets v , v' sont reliés chacun à l'un des quatre plots du commutateur bipolaire à deux directions T, et l'axe qui commande les tiges X, X' porte une poulie sur laquelle s'enroule une cordelette supportant les deux noyaux de fer du solénoïde SS'.

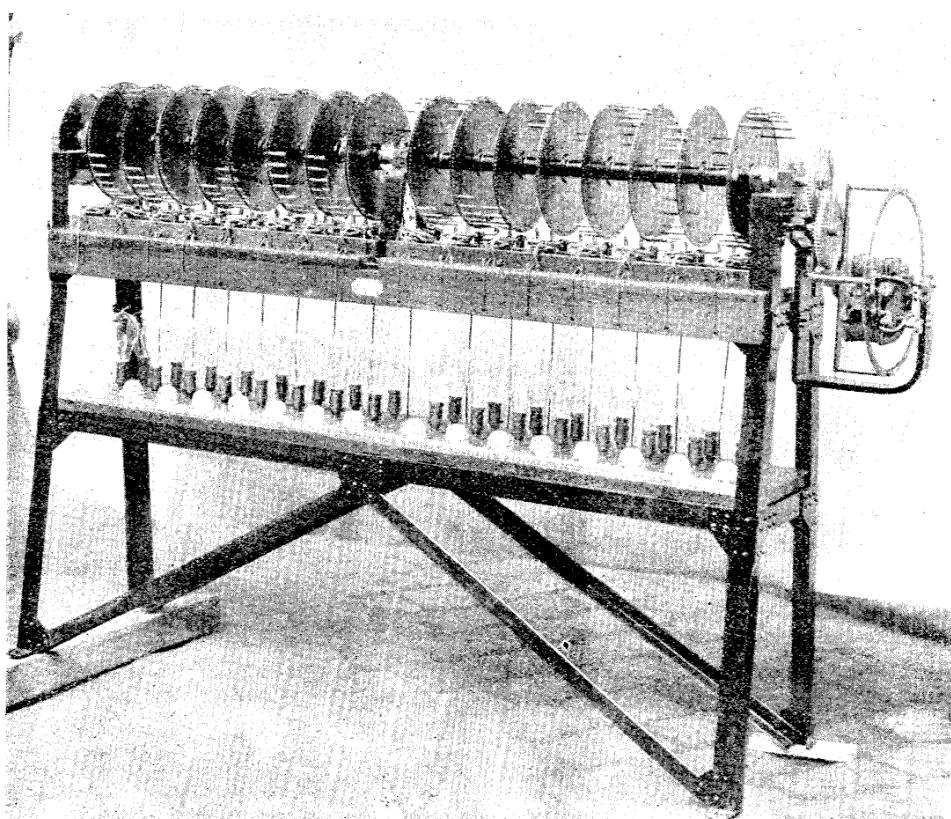


Fig. 9. — Vue d'ensemble des commutateurs inverseurs du jeu d'orgue.

Si les tiges X, X', qui alimentent également le moteur de l'arbre des disques J, plongent dans les godets reliés au circuit, les inducteurs des moteurs qui entraînent les rhéostats ainsi que les barres A et B d'alimentation des induits seront branchés sur ce circuit ; si elles sont, au contraire, plongées dans les deux autres godets, le circuit sera rompu et les moteurs s'arrêteront, quelle que soit la position des inverseurs I.

Pour obtenir ces deux positions, il suffit d'envoyer un courant dans l'un ou l'autre des deux solénoïdes S et S'. A cet effet, un disque spécial est monté sur le même arbre que les disques J qui commandent les inverseurs I ; il agit au moment voulu sur des cames qui actionnent l'un ou l'autre des solénoïdes.

Quand l'appareil est ainsi arrêté par la manœuvre automatique de l'interrupteur à bascule XX', il suffit, pour le remettre en marche, de manœuvrer à la main le commutateur T

de façon à relier au circuit les godets de l'interrupteur XX qui sont opposés à ceux précédemment branchés ; tout l'ensemble se mettra en marche de nouveau jusqu'à ce que le deuxième solénoïde, actionné à son tour, provoque l'arrêt en ramenant les différents organes de l'appareil à leur position primitive.

Le commutateur bipolaire à deux directions T, qui peut être placé en un endroit quelconque, réalise donc la commande à distance de l'appareil.

Pour prévenir de l'arrêt de l'appareil l'agent chargé de la manœuvre de ce commutateur, il suffit de disposer une lampe témoin entre les deux barres A et B.

La figure 9 est une vue d'ensemble des disques J et des commutateurs inverseurs I qu'ils commandent. On voit sur la droite le moteur qui entraîne les disques ; à gauche, le disque qui porte les contacts destinés à fermer le circuit sur les solénoïdes S ou S' ; en avant des disques J sont les inverseurs I et en dessous sont disposées les lampes témoins.

Jeu d'orgue de la Compagnie générale de Constructions électriques. — Ce jeu d'orgue est du système VEDOVELLI ; la figure 10 représente un élément complet, dans lequel

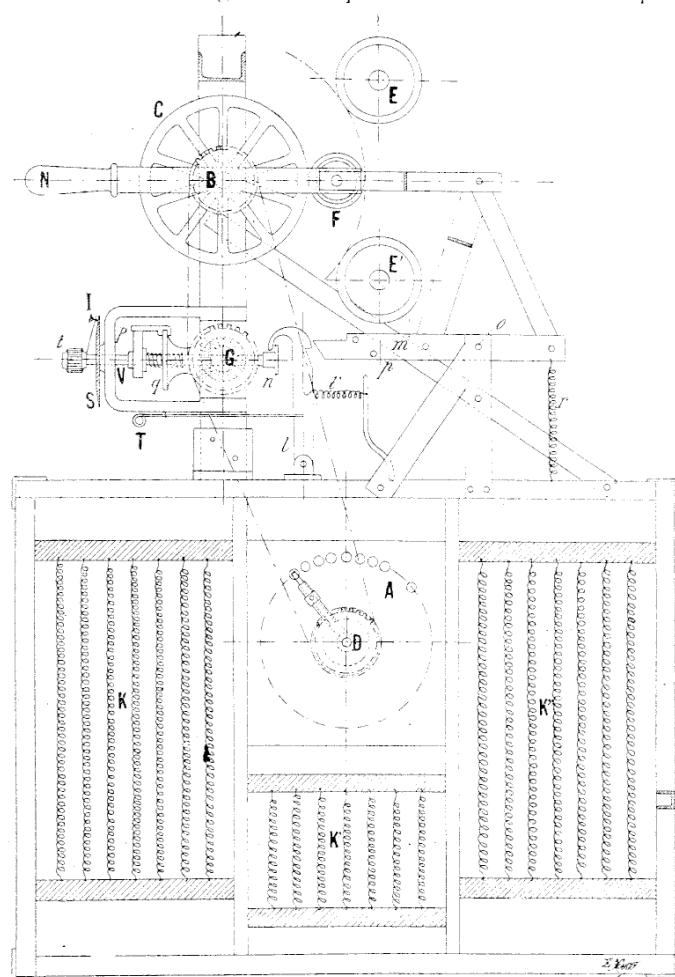


Fig. 10. — Élément de jeu d'orgue, système Vedovelli.

le rhéostat et son manipulateur ont été superposés pour faciliter la lecture du dessin. La figure 11 montre un ensemble d'éléments composant un jeu d'orgue complet.

A (fig. 10) est le commutateur du rhéostat, dont les plots successifs sont disposés sur une circonference. Sur ces plots peut se placer la manette du commutateur calée sur un axe qui porte également une roue dentée D.

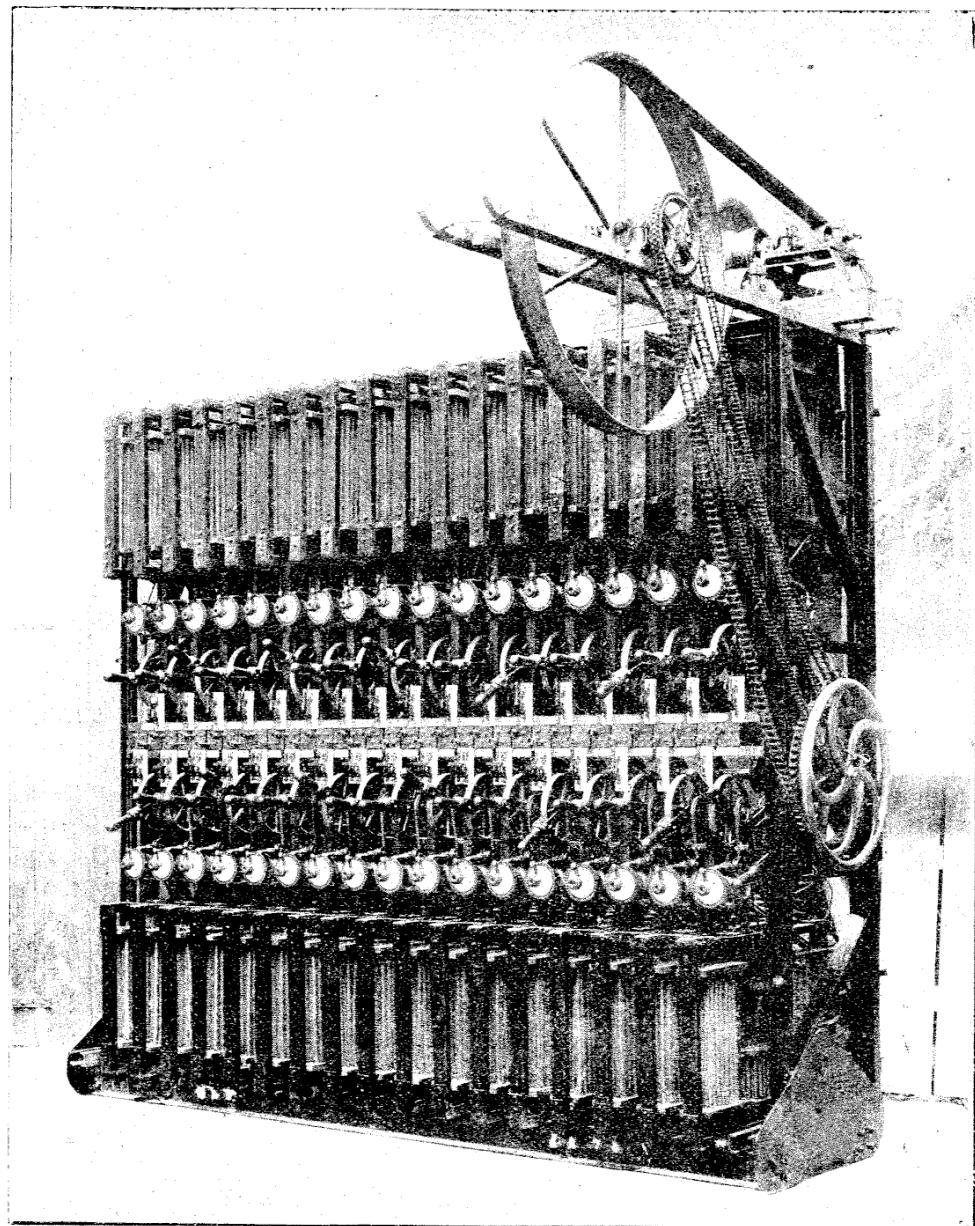


Fig. 11. — Jeu d'orgue, système Vedovelli.

Une chaîne de commande permet de relier cette roue ; d'une part, au manipulateur à main C ; d'autre part, à un pignon G, rendant ainsi solidaires les trois axes G, B et D.

Le pignon G actionne, à l'aide d'engrenages coniques, un arbre perpendiculaire sur lequel est fixé un index I qui se déplace devant un cadran S, et il fait tourner cet index d'un angle

égal à celui dont se déplace la manette du commutateur A. Il suffit donc, pour faire varier l'éclairage des lampes branchées sur le circuit qui commande un élément, de manœuvrer convenablement la manette N du manipulateur, cet éclairage augmentant quand on tourne la manette dans un sens et diminuant si on la tourne en sens inverse.

Pour obtenir la manœuvre simultanée d'un nombre quelconque d'éléments semblables dans l'un ou l'autre sens, il faut rendre solidaires ces différents éléments.

A cet effet, deux arbres horizontaux sont disposés le long de l'ensemble et devant chaque élément; chacun d'eux porte un galet; E, E' représentent les deux galets correspondant à l'élément figuré. Les deux arbres et, par conséquent, les deux galets tournent en sens inverse, de telle sorte que, si le galet de friction fixé sur le prolongement de la manette N du manipulateur est entraîné dans un sens ou dans l'autre par l'intermédiaire de la chaîne, il en est de même des axes D et G.

D'autre part, on voit sur la figure 10 que la manette N se prolonge au-delà du galet de friction pour s'articuler à un levier m mobile autour du point o. Dans sa position d'équilibre, ce levier est maintenu horizontalement par le ressort de rappel r; mais, quand la manette N est inclinée, le ressort r se tend, le bec du levier s'abaisse et vient s'engager dans le crochet l qui le maintient en position par suite de la tension du ressort t'. Le levier m reste dans cette position tant que le crochet l n'est pas déclenché, soit par la tige T qu'on ne peut manœuvrer à la main, soit par un mouvement convenable de la rondelle n que porte l'extrémité de l'arbre V.

Cette dernière manœuvre, qui constitue le déclenchement automatique, se produit à un moment choisi à l'avance de la façon suivante :

Sur l'arbre V est calée une pièce p qui porte un talon glissant sur le plateau q; un cran est ménagé sur la périphérie de ce tableau pour permettre au talon de la pièce p de dégager le plateau; ce dégagement a lieu quand, le talon de la pièce p se trouvant vis-à-vis du cran, on vient à pousser en arrière, à l'aide du bouton t, l'arbre V. A ce moment, l'arbre V est fou et peut tourner à la main; par conséquent, on peut placer l'index I sur l'encoche convenable du plateau S, c'est-à-dire sur le point correspondant à la position de la manette du rhéostat A où l'on désire fixer l'éclairage. L'index I, ainsi engagé dans une encoche, immobilise l'arbre V et la rondelle n solidaire de cet arbre; par suite du mouvement de recul qu'on lui a imprimé, il repousse le crochet l et lui permet de s'engager dans le bec du levier m; si on fait tourner alors les arbres de commande, le volant C est entraîné soit par E, soit par E', suivant la position du galet de friction F; la roue dentée G et le plateau q participent à ce mouvement, qui se continue jusqu'à ce que le cran du plateau q se présente devant le talon de la pièce p. A ce moment, la pièce p étant dégagée, l'arbre V est rappelé par un ressort et il reprend sa position primitive; la rondelle n étant rappelée en même temps entraîne avec elle le crochet l; par conséquent, le levier m, qui n'est plus maintenu, reprend sa position d'équilibre; il s'ensuit que le galet F n'est plus en contact ni avec le galet E, ni avec le galet E', et que le levier du commutateur A s'arrête.

On a donc obtenu l'intensité lumineuse convenable sur le circuit correspondant à l'élément considéré, puisqu'on a arrêté la manette du rhéostat A sur la touche convenable.

En manœuvrant de la même façon les différents autres éléments, on parvient donc à obtenir, sur les différents circuits, l'intensité lumineuse demandée.

Toute autre disposition relative des rhéostats des manipulateurs, comparable avec la commande par chaîne, peut être obtenue et on peut, par exemple, éloigner l'une de l'autre ces deux parties de l'appareil.

Jeu d'orgue de la maison Siemens et Halske. — Le jeu d'orgue que la maison SIEMENS ET HALSKE présentait à l'Exposition de 1900 se compose d'un appareil mécanique qui commande à distance, par câble, les rhéostats intercalés sur les circuits des lampes à incandescence.

Le jeu d'orgue comporte une série plus ou moins grande, suivant l'importance de l'installation, d'appareils ou éléments identiques, qui sont groupés de façon convenable pour pouvoir être commandés ensemble ou séparément (*fig. 12*).

Chaque élément comprend l'appareil de commande et son rhéostat.

L'appareil de commande est constitué (*fig. 13*) par une coulisse D qui porte un bouton E qui saillit au dehors du bâti dans lequel est logée la coulisse; celle-ci se prolonge de part et d'autre par une tige; à la tige du bas est attaché un contrepoids F; la tige du haut est fixée à l'extrémité d'un câble qui, par une série de renvois convenablement disposés, va s'attacher à la manette P du rhéostat et supporte, à son autre extrémité, un autre contrepoids Q qui sert à équilibrer le premier et à tendre le câble.

Le bouton E, qui ne peut être déplacé que dans la direction de la coulisse qui lui sert de guide, peut être manœuvré à la main.

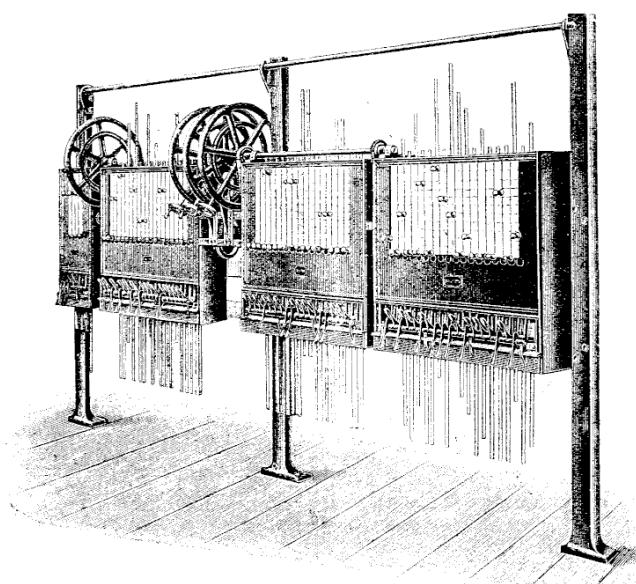


FIG. 12. — Ensemble de l'appareil de commande du jeu d'orgue Siemens et Halske.

Devant la coulisse D se trouve un levier à trois bras G; le bras horizontal est tiré par un puissant ressort H; le bras inférieur repose sur le nez d'un taquet J qui peut osciller autour d'un axe horizontal quand on vient à appuyer sur l'extrémité qui saillit du bâti des coulisses.

Quand on appuie sur ce taquet J, du haut vers le bas, il se déplace autour de son axe de façon à dégager le bras inférieur du levier G. Par conséquent, ce levier obéit alors à l'action du ressort H et oscille autour de son axe de rotation, qui est placé à la jonction des trois bras; il en résulte que le bras vertical supérieur s'incline vers la coulisse, qu'il presse énergiquement contre un cylindre mobile B.

La coulisse est donc entraînée par friction dans l'une ou l'autre direction, suivant le sens de rotation du cylindre mobile. Son mouvement se continuera jusqu'au moment où le bouton E, solidaire de la coulisse, viendra buter contre l'une ou l'autre extrémité de la rainure dans laquelle il est engagé: la résistance qu'il opposera alors sera suffisante pour provoquer le débrayage de la coulisse D.

Chaque bâti comporte un certain nombre de coulisses montées côte à côte qui peuvent être embrayées ou non par la manœuvre des taquets sur un cylindre commun B. Ce cylindre est manchonné sur l'arbre A et cet arbre est commandé par un volant à main C. La manœuvre

peut également se faire à l'aide du petit volant L. A cet effet, ce volant est monté sur un axe radial M qui peut se déplacer dans la direction du centre du grand volant C; cet axe porte un pignon denté qui, lorsque l'arbre M est à fond de course, vient engrener sur une couronne à denture conique, solidaire du grand volant C; la manœuvre obtenue par le petit volant L peut être parfaitement régulière. Dès qu'on lâche ce petit volant, il retombe et se débraye automatiquement.

Les rhéostats intercalés sur chaque circuit de lampes sont en fil métallique, bien isolés des cadres en fer sur lesquels ils sont enroulés.

Un commutateur N, formé de lamelles de cuivre isolées, sert à fractionner la résistance totale de chaque rhéostat. Ce commutateur est soutenu par un support en fonte solidement vissé au cadre du rhéostat.

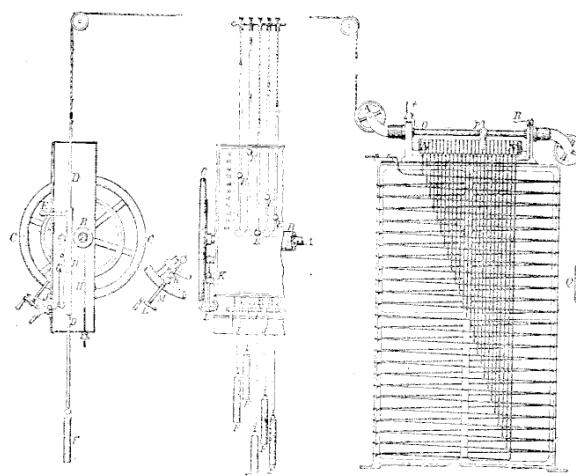


FIG. 43. — Détails de l'appareil de commande du jeu d'orgue Siemens et Halske.

Sur ce commutateur se déplace un curseur P, guidé par un tube O, dont il est isolé. Les déplacements du curseur sont, comme nous l'avons dit déjà, commandés par le câble métallique fixé à la coulisse D, et sont, par conséquent, solidaires des déplacements de la coulisse. R est un interrupteur à rupture brusque qui est manœuvré par le curseur P si, par une cause accidentelle, celui-ci vient à franchir la dernière touche du commutateur N.

Les cadres de résistance sont groupés côté à côté sur un fort bâti.

Sur le devant du bâti qui contient les coulisses D et le long des rainures où se déplacent les boutons solidaires E, on a tracé une graduation qui correspond à la valeur de la différence de potentiel aux bornes des lampes quand la portion du rhéostat, correspondant aux différentes positions des boutons, est intercalée dans les circuits des lampes.

Les jeux de lumière peuvent être préparés à l'avance en mettant en position convenable les boutons des coulisses; on peut, en effet, passer d'une valeur initiale de l'éclairement des lampes à la pleine lumière ou à la nuit, suivant le sens de rotation de l'arbre A. On peut, en outre, embrayer ou débrayer un nombre quelconque de coulisses pendant la rotation de l'arbre A et, par conséquent, faire varier l'éclairement sur chaque circuit, indépendamment des autres ou, au contraire, maintenir cet éclairement à une valeur constante.

TABLE DES MATIÈRES

QUINZIÈME PARTIE

APPLICATIONS DIVERSES

I

Applications aux mines

1. — Stations centrales génératrices et installations électriques.....	4
Installations des mines de Nœux.....	4
Installations électriques des mines de Carmaux	6
Installations électriques du siège Esperance (Belgique)	11
Installations électriques des mines de Frongoch (pays de Galles)	14
2. — Principales applications de l'électricité à l'industrie minière.....	16
a) ÉPUISEMENT.....	16
Pompes Ganz, de Budapest.....	18
Pompes des mines, de Carmaux.....	18
Pompe Galland, de Chalon-sur-Saône.....	18
Pompe express Riedler.....	19
Pompe Ehrhardt et Sehmer.....	22
Pompe Haniel et Lueg.....	22
b) EXTRACTION	22
c) PERFORATION MÉCANIQUE	26
Perforatrice électrique à percussion.....	28
Perforatrice de la General Electric C°.....	30
Inconvénients des perforatrices électriques à solénoïdes.....	31
Perforatrice Dulait-Forget.....	33
Perforatrice à came-manivelle Siemens et Halske.....	35
Perforatrice Borne.....	36
Avantages et rendements des perforatrices électriques.....	37
Haveuses électriques.....	37
d) TRACTION PAR LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES	39
Locomotive de la General Electric C°.....	40
Locomotive de la Elektricitäts Aktiengesellschaft.....	40
Locomotive de Nœux.....	40

II

Applications à la marine

Tourelle électrique Schneider-Canet.....	43
Compas avertisseur et enregistreur de route, système Heit.....	46
Fermeture des cloisons étanches à bord des navires.....	49
Transmetteurs d'ordres, système Vialet-Chabrand.....	50
Transmetteurs d'ordres de MM. Siemens et Halske	56
Le bateau électrique de MM. Smit et Zoon.....	61

Projecteurs,	63
<i>Projecteurs de la maison Sautter-Harlé et C°,</i>	64
<i>Projecteurs de la maison Breguet,</i>	70
<i>Projecteurs Schackert,</i>	74
<i>Projecteurs de la maison Kortling et Mathiesen,</i>	78
<i>Projecteurs de la Stralsunder Bogenlampen Fabrik,</i>	79
III	
Applications à l'horlogerie	
Horloge électrique Thury,	81
Pendule entretenu électriquement, système Campiche,	83
Pendule à restitution électrique constante de M. Féry,	85
Distribution électrique de la Compagnie parisienne de l'air comprimé pour horloges pneumatiques,	86
IV	
Applications aux chemins de fer	
<i>A. — Appareils de protection pour lignes à double voie,</i>	89
Appareils de block-système de la Compagnie P.-L.-M,	89
<i>Appareil système Bodary,</i>	89
<i>Appareil modèle 1899,</i>	91
<i>Block-système automatique Hall,</i>	93
Appareils de block-système de la Compagnie du Nord,	96
<i>Enclenchements conditionnels,</i>	96
<i>Appareils mémonto,</i>	97
Appareils de block-système des chemins de fer de l'Etat,	99
<i>Block-système Sarruste et Loppé,</i>	99
<i>Sémaphore automatique Sarruste,</i>	100
<i>B. — Appareils de protection pour lignes à voie unique,</i>	101
Block-système de la Compagnie de l'Est,	101
Block-système de la Compagnie P.-L.-M,	102
<i>Appareils Rodary,</i>	102
Appareils à cloche des chemins de fer de l'Etat,	102
Appareils de block-système de la Compagnie du Nord,	103
<i>Poste terminus de voie unique,</i>	103
<i>Postes intermédiaires,</i>	104
<i>Appareil d'enclenchement,</i>	105
<i>Appareils type 1900,</i>	105
Baton-pilote électrique des chemins de fer de l'Etat,	106
<i>C. — Appareils de protection pour certains points particuliers,</i>	107
Appareils de passage à niveau de la Compagnie P.-L.-M,	107
<i>Disque électrique système Rodary,</i>	108
<i>Appareil avertisseur à crocodile de la Compagnie du Nord,</i>	112
<i>Porte-pétard électrique de la Compagnie du Nord,</i>	113
<i>D. — Appareils de contrôle,</i>	116
Répétiteur de sémaphore de la Compagnie de l'Est,	116
Contrôleur-enregistreur électrique de la vitesse des trains (type Est),	117
Contrôleur de signaux de la Compagnie P.-L.-M,	119
Contrôleur d'allumage de la Compagnie P.-L.-M,	119
Contrôleur d'aiguilles, système Chaperon,	120
<i>E. — Appareils électromécaniques,</i>	121
Chariot électrique transbordeur sans fosse,	121
Appareils d'enclenchement électrique de la Compagnie P.-L.-M,	122
<i>Verrou de poste Saxby,</i>	122
<i>Verrou universel système Rodary,</i>	124
<i>Commutateur répétiteur,</i>	125
Manœuvre électrique à distance des électro-sémaphores,	126
Serrure spéciale d'enclenchement réciproque des aiguilles et des disques de la Compagnie du Nord,	128
Appareil électromécanique de manœuvre et de calage des aiguilles de dédoublement,	130

TABLE DES MATIERES

15-159

Manœuvre électrique d'aiguille et de signal, système Ducouso et Rodary.....	133
Manœuvre électrique des signaux, aiguilles et appareils de la voie au moyen d'électro-aimants système Guénée.....	134

V

Applications au théâtre

Jeux d'orgue.....	139
Jeu d'orgue de MM. Mornat et Langlois.....	139
Jeu d'orgue de la Compagnie générale d'éclairage et de force.....	142
Jeu d'orgue de la Compagnie générale de constructions électriques.....	151
Jeu d'orgue de la maison Siemens et Halske.....	153