

PONT-RAILS TOURNANT D'HOFSTADE

A MANŒUVRE HYDRO-ÉLECTRIQUE PAR BASCULEMENT

POUR

LE PASSAGE DE LA LIGNE A DOUBLE VOIE SCHAEARBEEK-MUYSEN

AU-DESSUS DU CANAL MALINES-LOUVAIN

DESCRIPTION, CONDUITE ET ENTRETIEN

PAR

Eug. FRANÇOIS

Ingénieur conseil, Professeur à l'Université de Bruxelles.

Pl. VI à XI.

Cet ouvrage d'art a été conçu et étudié par M. l'architecte principal Cosyn, des Voies et Travaux, et réalisé par nous, sous la haute direction de M. Motte, actuellement inspecteur général des Voies et Travaux, et de M. Charles, ingénieur en chef, directeur du Service spécial des Travaux et d'Études. M. Golard, ingénieur principal, a été chargé de la direction des travaux.

La partie métallique a été exécutée par la Compagnie centrale de Construction de Haine-Saint-Pierre,

La partie mécanique, par la Société anonyme des Forges, Usines et Fonderies de Haine-Saint-Pierre,

Et la partie électrique, par la compagnie belge d'électricité Siemens-Schukert.

Le présent mémoire nous a été demandé par l'Administration des Chemins de fer pour les besoins de son service d'entretien.

CHAPITRE I^{er}. — DESCRIPTION.

§ 1. Situation.

Le pont tournant d'Hofstade est situé à l'intersection du chemin de fer à double voie « Schaerbeek-Muysen », et du

canal « Malines-Louvain » lequel forme, en cet endroit, la ligne de séparation des communes de Hofstade et de Muysen.

L'ouvrage se trouve à une distance de 1 1/2 kilomètre de la voie ferrée de la gare de Muysen et de 3 1/2 kilomètres de celle de Malines, par la route longeant le canal.

Les planches VI à XI représentent l'ensemble de l'ouvrage avec ses appareils de manœuvre.

§ 2. Dispositions générales.

La flotaison du canal est à la cote	+	10.01
Le chemin de la rive sur Muysen, à		10.64
— — — Hofstade, à		10.75
Le chemin de fer (niveau supérieur du rail), à		16.50

Ces cotes conduisent, en égard au mode de construction des tabliers, à une hauteur libre de 5^m.100 pour la passe navigable, de 4^m.500 pour le chemin sous la partie tournante (rive Muysen), et de 4^m.70 pour le chemin sous le viaduc fixe (rive Hofstade).

Les figures 2 et 3 représentent schématiquement l'ouvrage en plan et en élévation.

La hauteur perdue, 16.50—10.64—4.50 = 1.36, est nécessitée par la hauteur du tablier du pont tournant, comprenant celle du rail, de l'entretoise et des brides des longerons.

Le pont comporte : un viaduc métallique de 5^m.50 de largeur libre, au-dessus du chemin côté Hofstade, et un pont tournant métallique dissymétrique dont la partie au-dessus du canal (volée) a 23^m.733 de rayon extérieur, et celle du côté du chemin (culasse) 18^m.835.

Ces deux portées laissent libres en largeur, d'une part, une passe navigable de 13 mètres avec chemin de halage de 2^m.30 de largeur minimum et, d'autre part, un chemin de 7^m.500.

Comme le montre la figure 2, le chemin de fer traverse le canal suivant un biais de 76° 13', ne nécessitant ainsi qu'une rotation de même angle pour l'ouverture complète du pont; mais les extrémités du tablier du pont tournant ont été exécutées droites et non biaises, pour éviter les gauchissements que produirait, au cours de la gyration, l'excentricité du poids des extrémités. Les piles et culées sont également d'équerre avec la voie ferrée.

Pour plus de brièveté dans les explications ultérieures, nous désignerons :

la pile pivot, par P. P.

la pile culasse (ou enlée vers Muysen), par . . . P. C.
la pile volée (entre-pont tournant et viaduc), par . P. V.
et la culée extrême du viaduc (côté Hofstade), par . C. H.

Les machines et appareils pour la manœuvre du pont sont installés, au niveau de la rive côté Muysen, dans un bâtiment accolé à P. C., communiquant par un escalier avec l'abri du pontier placé au niveau de la voie ferrée.

Tous les massifs ont été exécutés au mortier de ciment. Il a été fait emploi de briques de Boom. (Klampsteen à l'intérieur et Klinkaert aux parements).

§ 3. Fondations.

Les fondations de P. P. et de P. V. sont exécutées en maçonnerie reposant sur un massif en béton exécuté à l'air comprimé. Le couteau des caissons a été descendu à la cote 0^m.75. Ces fondations ont reçu des dimensions telles que, en tenant compte de toutes les charges, surcharges et poussées horizontales, le terrain, aux endroits les plus chargés, n'a à porter par centimètre carré que 4^k.200 au maximum.

P. C. et C. H. sont fondés sur pieux en béton armé et fretté, dont les figures 4 et 5 donnent le détail. Les pieux ont 37 centimètres de diamètre et sont répartis pour recevoir au maximum chacun 38 tonnes, les poussées latérales sont combattues par l'inclinaison, à 70 degrés, d'un certain nombre d'entre eux, proportionnellement à l'importance de ces poussées, suivant ce que montre la figure 6, qui est une coupe transversale de P. C.

Le chemin de halage aux abords du pont a été conçu de manière à ne pas empiéter sur la passe navigable et à permettre éventuellement l'abaissement du plafond du canal de la cote actuelle 6.17 à la cote 4.51.

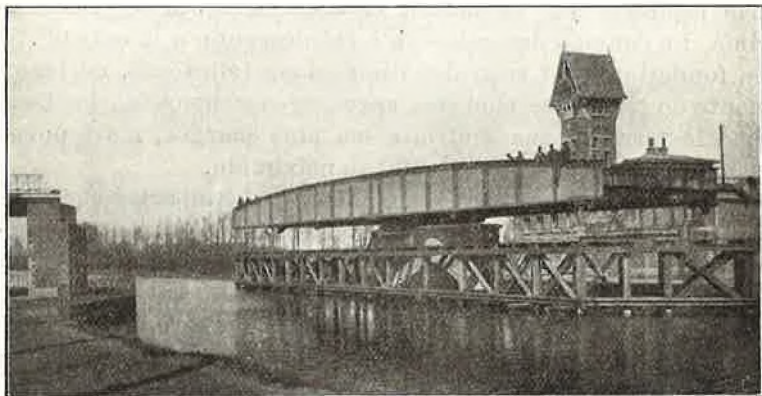
Le mur de soutènement est constitué par un massif de béton de 2^m.25 d'épaisseur, qui a été coulé sous eau à l'abri de deux parois de pieux et palplanches; ce massif est supporté par des pieux en béton armé. La stabilité de ce mur est assurée par des tirants en acier de 35 ^m/_m de diamètre entourés de béton, ancrés, les uns dans le massif de C H, les autres dans un plateau de grande surface en béton armé, noyé dans le terrain. Les figures 7 et 8 donnent les détails de ce mur.

Les fondations du bâtiment des machines sont établies sur

pieux en béton, de 0^m.34 de diamètre, répartis sous les murs d'après l'importance des charges. Les têtes de ces pieux sont enrobées dans des poutres sous murs, constituées par une épaisseur de 0^m.80 de béton armé et d'une épaisseur de 1^m.40 de béton ordinaire sur lequel prend naissance la maçonnerie de briques des murs du bâtiment des machines. La figure 9 donne une coupe transversale de ces fondations.

§ 4. — Superstructure

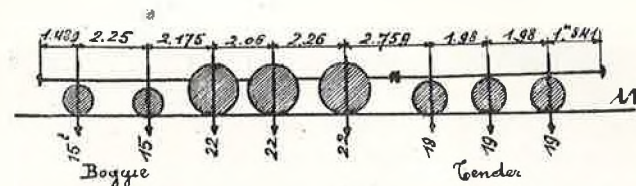
Partie métallique du pont tournant. — Le pont tournant a une longueur de 42^m.568, comportant une volée de 23^m.733, et une culasse de 18^m.835. Le tablier est supporté par deux longerons distants de 8^m.50 d'axe en axe, pour permettre



Le pont ouvert.

l'inscription du gabarit de construction pour la double voie. La préférence a été donnée au tablier unique à deux longerons au lieu du tablier dédoublé porté par quatre longerons, dans le but de réduire la largeur qui n'est que de 8^m.50, dans le premier cas, contre 11 mètres dans le second. Cette dernière largeur eût nécessité des culées plus larges, des remblais plus importants, une déviation des axes des deux voies pour passer de l'écartement de 6 mètres au pont, à l'écartement normal de 3^m.50 en pleine voie, — et enfin, l'ouvrage étant en biais, une augmentation d'environ 2,500 mètres de longueur de tablier. Il faut remarquer aussi que le tablier à 4 longerons,

perd ses avantages connus, quant aux facilités de renouvellement, celui-ci avec tablier tournant devant se faire simultanément aux deux voies. En outre, le type de tablier à 4 longerons demande l'adjonction à la partie centrale, de poutres transversales et longitudinales reportant le poids des 4 longerons sur la lentille. Ces poutres sont plus compliquées et plus lourdes que les deux entretoises porteuses renforcées du type adopté.



Quand le pont est fermé, chaque longeron porte sur 3 appuis; quand il est ouvert, il porte sur un pivot et sur 4 galets. Les longerons sont à âme pleine simple.

L'ouvrage est calculé pour le passage du train type imposé par la circulaire du 7 juin 1904, dont le croquis ci-dessus donne la répartition des charges. Les longerons d'entretoises sont des poutres à âme pleine; les longrines sont des poutrelles laminées. Les longrines traversent aux deux bouts du tablier les entretoises extrêmes, pour donner appui aux rails près des battées. Ce dispositif est préférable aux consoles généralement utilisées dans ce but et dont l'attache à l'entretoise est toujours trop faible.

Le travail maximum de l'acier doux laminé a été limité à
 8 kg par mm² dans les longerons;
 6 kg 75 par mm² dans les entretoises;
 6 kg par mm² dans les longrines,
 et aux quatre cinquièmes de ces taux pour le cisaillement des rivets.

L'écartement des entretoises a été fixé à 2^m.50, dans le but de restreindre la consommation de métal, de réduire le plus possible la hauteur des longrines et de pouvoir utiliser un profilé pour celles-ci. Les détails de la construction du tablier sont indiqués à la planche n° VI. Les calculs de résistance de la partie métallique ont été faits au moyen des formules du « Traité pratique des constructions métalliques » de M. Cosyn.

Partie métallique du viaduc. — Le viaduc est constitué de deux tabliers formés par quatre longerons sous rail à âme pleine, sur lesquels portent directement la voie.

La largeur entre culées est de 5^m.50 et la portée des longerons est de 6^m.50. Leur extrémité du côté du pont tournant est ancrée dans CH, alors que l'autre peut se dilater sur ses appuis.

Le plancher du pont tournant et du viaduc est constitué de tôles striées raidies par des cornières longitudinales, tirefonnées directement sur les billes. Ces tôles recouvrent une largeur de 7 mètres sur le pont et de 6^m.10 sur le viaduc; de chaque côté du viaduc, on a juxtaposé une petite passerelle métallique de 1,400 de largeur, permettant la circulation du personnel pendant le passage des trains

Maçonneries. — La PP est exécutée en maçonnerie de briques au mortier riche jusque la cote 10,635, et au mortier ordinaire jusque la cote 13,425. Des barres d'acier de 40 millimètres de diamètre ancrent le dessus de cette maçonnerie. Cette pile PP a une largeur relativement faible; les galets de gyration du tabier portant sur deux encorbellements en béton armé.

Un tuyau en grès de 0.20 de diamètre noyé dans la maçonnerie, permettant l'introduction des fils conducteurs électriques, part du pied de la pile à environ 0^m.50 sous le sol pour aboutir à proximité du centre. A partir du niveau 10.50, les PC, PV et CH sont exécutées en maçonnerie de briques au mortier ordinaire.

Les appuis des extrémités du pont tournant, de même que le verin, portent sur des dés en béton armé auxquels ils sont ancrés. Ces blocs sont noyés dans la maçonnerie. Les appuis du viaduc, de moindre importance, portent sur des sommiers en pierre.

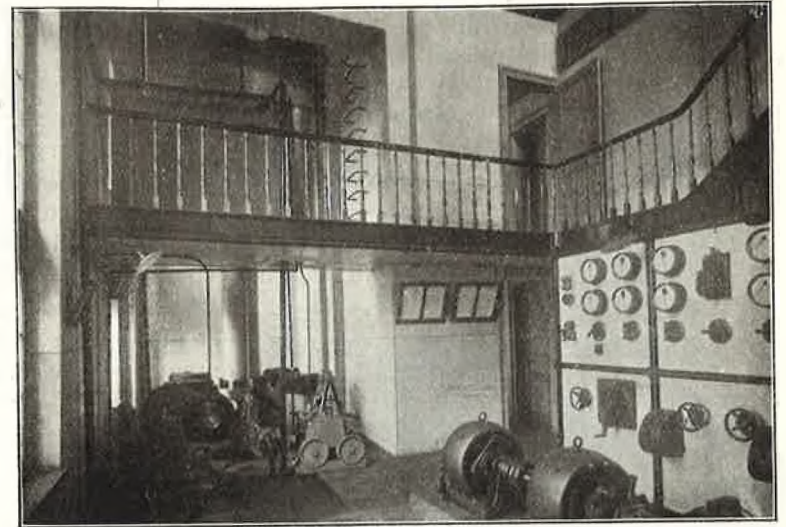
Les battées sont couronnées par de fortes traverses en chêne ancrées solidement dans la maçonnerie et servant d'appui aux rails.

Les faces postérieures de PC et CH, en contact avec les terres du remblai, sont recouvertes d'un enduit de 15 millimètres au mortier de ciment goudronné à chaud dans les parties quasi-verticales et asphalté à la partie supérieure.

Dans l'axe et à la partie supérieure de PV se trouve solidement encastrée la gâche du verrou d'orientation

Contre la face transversale de PC est édifié l'abri du verin et contre l'un de ses murs de retour, le *bâtiment des machines*; celui-ci comprend :

1° La salle des machines proprement dite, qui communique par un escalier avec la cabine du pontier, placée au-dessus de PC. En outre, cette salle donne accès par un couloir à la cave du distributeur du verin, logée dans le massif PC; cette salle renferme,



Salle des machines.

a) le groupe transformateur rotatif système Léonard, comprenant un moteur, une dynamo de démarrage et une dynamo d'excitation servant aussi à abaisser la tension.

b) le tableau de distribution.

c) la pompe électrique avec moteur et rhéostat.

d) le réservoir filtre.

e) la pompe à bras.

f) les tuyauteries hydrauliques.

g) le caniveau pour les tuyauteries allant au verin.

h) la galerie donnant accès au réservoir-filtre et à l'échelle de la tour de l'accumulateur.

2° La tour de l'accumulateur hydraulique dont la hauteur permet de retirer le plongeur et le cylindre. Un treuil à main

de 6,500 kilogrammes avec moufflage à 8 brins pour 52 tonnes est, dans ce but, placé à demeure en haut de la tour ;

3° La salle contenant les pièces de rechange et l'outillage d'entretien et de réparation ;

4° Au-dessus de cette dernière, la salle des accumulateurs électriques ;

5° Un vestibule et une cage d'escalier ;

6° La cave à charbon et le W.C. superposés ;

7° La citerne à glycérine ;

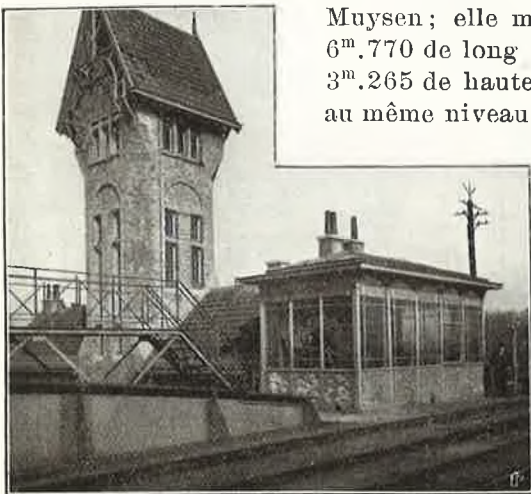
8° Le puits et la pompe ;

9° La fosse d'aisance.

La cabine du pontier est située à l'entrée du pont du côté de

Muysen ; elle mesure intérieurement 6^m.770 de long × 2^m.890 de large et 3^m.265 de hauteur ; son plancher est au même niveau que le dessus du rail, soit à la cote 16.50.

Une de ses parois est constituée par le pignon du bâtiment des machines auquel on a accès par une porte donnant sur un escalier ; à côté de cette porte est ménagée une grande fenêtre donnant vue de la cabine sur tous les appareils de la salle



Cabine du pontier

des machines.

Les trois autres parois sont constituées d'une ossature métallique avec remplissage en briques Klinkaert sur 0^m.80 de hauteur. La partie supérieure est vitrée jusqu'au plafond. La disposition et l'emplacement de la cabine ont été spécialement étudiés pour assurer au pontier une vue facile sur la ligne de chemin de fer et sur le canal.

La cabine centrale renferme tous les appareils de commande, ainsi que les enclenchements automatiques des phases de la manœuvre du pont.

Une petite passerelle métallique de service permet au personnel de se rendre sur le pont quand il est tourné.

Des ducs d'Albe protègent PP et le pont dans la position ouverte, contre le heurt éventuel des bateaux déviés de l'axe de la passe navigable.

§ 5 — Phases et temps d'une manœuvre.

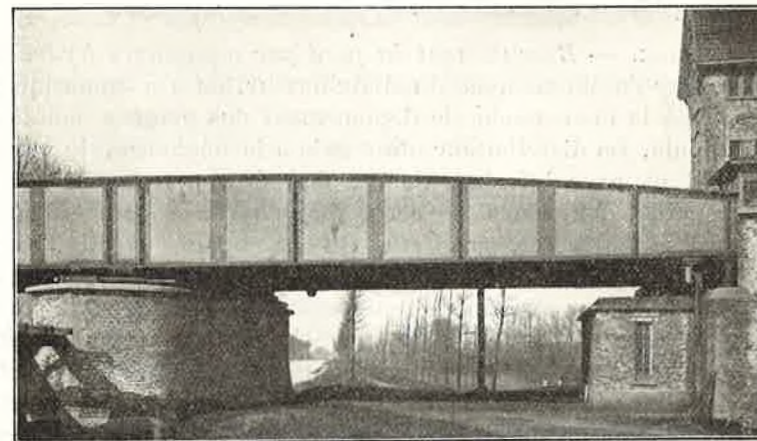
Nous donnons ci-après les différentes phases de la manœuvre d'ouverture et de fermeture du pont et à la figure 10 le schéma des positions du tablier pendant son basculement.

Situation normale : Le pont est de niveau sur ses 3 paires d'appuis, les signaux à distance et les signaux à palettes sont à l'arrêt, mais peuvent être mis au passage libre et, dans ce cas, toutes les commandes de manœuvres sont indistinctement enclenchées.

Ouverture du pont.

1^{re} PHASE. — *Mise à l'arrêt des signaux* du chemin de fer, par manœuvre électrique. Quand cette manœuvre est complètement terminée, elle libère l'enclenchement qui permet la manœuvre suivante.

2^e PHASE. — *Effacement, par manœuvre électrique, des 8 éclisses mobiles des rails aux 2 bouts du pont.*



Crochets d'arrêt.

A son début, cette manœuvre cale la commande des signaux et quand elle est finie, c'est-à-dire, après que les 8 éclisses

considérées individuellement ont effectivement accompli l'entière de leur course, elle libère celle de la manœuvre suivante.

3^e PHASE. — *Soulèvement de la culasse* du pont par verin hydraulique. En libérant cette commande, lors de la phase précédente, on a automatiquement immobilisé l'éclissage des rails dans sa nouvelle situation. On actionne alors le distributeur du verin hydraulique qui soulève la culasse jusqu'à ce que les crochets d'arrêt, fixés aux deux angles de l'extrémité de la culasse, s'agraffent à la culée et opèrent le redressement éventuel du tablier, exposé à se déformer en paraboloïde.

A la fin de cette manœuvre, il y a un jeu suffisant aux appuis de PC et PP et le pont porte uniquement sur la tige du verin et sur les deux appuis de PV qui ont fait office de rotule et enfin un déclanchement électrique libère la commande de la phase suivante.

4^e PHASE. — *Enlèvement, par manœuvre électrique des plaques d'appui mobiles de PP et PC.* Les quatre plaques d'appui mobiles, dont la hauteur est déterminée à cette fin, sont retirées pour créer à l'endroit de ces appuis, un jeu permettant la gyration du pont après qu'il aura préalablement basculé sur son pivot, ainsi qu'il va être dit.

5^e PHASE. — *Basculement du pont par manœuvre hydraulique.* Par l'actionnement du distributeur, on a automatiquement calé le mouvement de déplacement des plaques mobiles des appuis. Le distributeur étant mis à la décharge, le verin descend et avec lui, la culasse, chargée dans ce but d'un contrepoids. Au cours de cette manœuvre, le pont touche d'abord sa lentille et, par l'effet du contrepoids précité, bascule ensuite jusqu'à ce que les galets de gyration viennent en contact avec leur chemin de roulement. Ce mouvement a pour but de créer à l'extrémité de la volée, un jeu suffisant au-dessus de ses appuis fixes, tout en maintenant un jeu équivalent à l'extrémité de la culasse. La descente du plongeur du verin continue jusqu'à ce qu'un jeu suffisant ait pris naissance entre la tête du verin et le pont. Le pont étant dissymétrique, il pourrait pivoter sous l'effet du vent pendant que s'effectue le basculement. Pour l'en empêcher, un coin ou verrou d'orientation, placé dans l'axe et à l'extrémité du pont, est engagé

dans une gâche en acier moulé, solidement ancrée dans la maçonnerie de PV, dont il a déjà été question. Ce verrou ne peut être libéré que quand le verin est complètement descendu.

6^e PHASE. — *Effacement du verrou d'orientation par manœuvre électrique.* En actionnant le moteur du verrouillage, on immobilise la commande du distributeur hydraulique. Quand le verrou est complètement retiré de sa gâche, il libère la commande du mécanisme de gyration. Remarquons que ce mécanisme est en tout temps calé par un frein magnétique automatique, sauf pendant la gyration et pendant le basculement, comme il sera expliqué plus loin.

7^e PHASE. — *Gyration par manœuvre électrique.* A l'instant où l'on actionne le mécanisme de gyration, le mécanisme du verrouillage est calé et le frein magnétique automatiquement desserré. Le pont est complètement ouvert quand il a tourné d'un angle de 76°13'. A ce moment se produit la libération de la commande des signaux de navigation, mais seulement après que le mécanisme de gyration est immobilisé.

8^e PHASE. — *Signaux de navigation.* Le signal de navigation est mis sur passe libre.

Fermeture du pont.

Pour la fermeture du pont, on procède dans l'ordre inverse, savoir :

9^e PHASE. — *Signaux de navigation.* Mise sur passe fermée.

10^e PHASE. — *Gyration.*

11^e PHASE. — *Verrouillage du pont.*

12^e PHASE. — *Soulèvement de la culasse.*

13^e PHASE. — *Remplacement des plaques d'appui mobiles.*

14^e PHASE. — *Abaissement de la culasse* jusqu'à ce que le pont porte sur ses trois jeux d'appuis.

15^e PHASE. — *Eclissage des rails.*

16^e PHASE. — *Mise au passage des signaux de la voie ferrée, si c'est nécessaire.*

Les enclenchements sont combinés pour faire en sorte que pendant tout le temps qu'une phase est possible, toutes les autres phases sont enclenchées et irréalisables. Le déclanchement d'une phase est de plus produit par le dernier organe mécanique qui effectue la phase précédente. En cas de dérangement aux appareils, les enclenchements sont combinés pour

ne pas gêner leur remise en bon état ou leur fonctionnement à la main. En cas de dérangement aux enclenchements, les manœuvres sont possibles sans leur concours.

Temps d'une manœuvre complète.

Les 16 phases d'une manœuvre complète (ouverture et fermeture) se font normalement en un temps très court, décomposé comme suit :

Ouverture.

1 ^{re} PHASE.	Mise à l'arrêt des signaux de chemin de fer.	6"
2 ^e	id. Effacement des 8 éclisses	3"
3 ^e	id. Soulèvement de la culasse.	25"
4 ^e	id. Enlèvement des plaques d'appui	6"
5 ^e	id. Abaissement de la culasse	50"
6 ^e	id. Effacement du verrou	4"
7 ^e	id. Gyration	75"
8 ^e	id. Mise sur passe libre des signaux de navigation.	1"
	Temps d'ouverture	170"

Fermeture.

9 ^e PHASE.	Mise sur passe fermée des signaux de navigation.	1"
10 ^e	id. Gyration	75"
11 ^e	id. Engagement du verrou d'orientation	5"
12 ^e PHASE :	Relèvement de la culasse.	25"
13 ^e	— Placement des plaques d'appui	6"
14 ^e	— Abaissement de la culasse	15"
15 ^e	— Eclissage des rails	3"
16 ^e	— Mise au passage des signaux de chemins de fer	5"
	Temps de fermeture.	135"
	Temps normal d'une manœuvre complète	305"
	Soit.	5'5"
	Un opérateur habile fait couramment la manœuvre en.	4'14"
	On a même abaissé ce temps à.	3'35"

A part le basculement du pont, qui se fait au moyen du vérin hydraulique, toutes les autres phases sont exécutées par des appareils mécaniques qu'actionnent des moteurs électriques. Les mécanismes sont combinés pour pouvoir être aussi manœuvrés accidentellement à la main.

Le courant continu d'alimentation est amené des ateliers centraux de l'Etat à Malines, par une ligne aérienne de 5 kilomètres, constituée par 10 fils de 6 millimètres de diamètre, dont 5 pour l'aller et 5 pour le retour. La tension de service à Malines est de 440 à 460 volts. La perte de tension dans la ligne étant d'environ 40 volts, la tension au point d'utilisation est de 400 à 420 volts.

Ce courant est amené à une batterie d'accumulateurs « Tudor pour 400 volts, composée de 236 éléments à décharge rapide, du type	804 B.
Capacité utilisable	64 AH.
Courant normal de déchargement	64 A.
Courant maximum instantané de déchargement	100 A.
Courant de chargement.	40 A.

Cette batterie peut effectuer à elle seule plus de dix manœuvres complètes du pont, tout en assurant l'éclairage de la cabine et de la salle des machines. Elle a pour but principal d'assurer le service du pont pendant un certain temps, au cas où le courant de Malines vient à manquer, ce qui se présente fréquemment. Un interrupteur automatique évite le renversement de courant et un interrupteur simple permet la mise en parallèle de la batterie d'accumulateurs avec la ligne venant de Malines.

Une petite batterie spéciale pour courant continu à 25 volts, comportant 13 éléments « Tudor » type 807, capacité	240 AH.
courant de déchargement.	24 A.
— chargement	40 A.

fournit le courant de faible tension pour le contrôle constant des signaux.

Le vérin est actionné par pression hydraulique. Une pompe électrique foule le fluide moteur incongelable dans un accumulateur.

L'emploi d'un convertisseur s'imposait pour obtenir les différentes tensions exigées pour le service, à savoir :

120 volts pour l'alimentation des appareils de manœuvre

Siemens et Halske actionnant les appuis mobiles, le verrou et l'éclissage des rails.

220 à 320 volts pour le chargement de la batterie principale, en deux séries parallèles.

24 à 35 volts, pour le chargement de la petite batterie. Celle-ci est protégée par un coupe-circuit contre l'élévation accidentelle de la tension. Puisqu'il fallait une dynamo dont la tension puisse varier dans d'aussi larges limites, il était tout naturel de l'adapter au démarrage des moteurs de gyration suivant le système Léonard ; c'est ainsi que le convertisseur a été construit pour développer graduellement toutes les tensions voulues, de 0 à 420 volts. Dans le système Léonard, le moteur et la génératrice sont tous deux à excitation indépendante ; il en résulte de grands avantages dans le cas où il s'agit d'accélérer et de freiner graduellement et avec douceur, sans le moindre à-coup, de lourdes masses en mouvement et demandant, comme ici, des puissances très variables pour leur gyration.

Un contrôleur peut être construit avec environ 7 plots de réglage pour la marche avant et 7 pour la marche arrière ; s'il comporte une position de freinage intermédiaire, ce nombre se réduit à 6. De plus, dans le cas des contrôleurs, c'est toujours la pleine intensité de courant qui entre en jeu, c'est-à-dire dans ce cas-ci, 60 ampères au minimum, lesquels montent souvent jusqu'à 120 ampères, et même plus.

Les appareils de réglage dans le cas des connexions Léonard admettent facilement 29 contacts. Il s'ensuit donc un réglage bien plus sensible, avantage auquel s'ajoute celui d'une intensité de courant très faible. Le réglage du champ magnétique du transformateur Léonard permet en outre d'obtenir un réglage régulier de la vitesse du moteur et d'amener la tension jusqu'à 0. Les moteurs tendent à tourner de plus en plus lentement et fonctionnent à l'arrêt comme générateurs, à cause de la grande inertie du pont qui a une tendance à continuer à tourner, ce qui produit un freinage automatique.

Au dernier moment, les interrupteurs de fin de course entrent en action. Ceux-ci toutefois, avant de faire agir les freins, insèrent des résistances dans le circuit d'excitation de la dynamo de démarrage, diminuent par conséquent la tension, et font freiner ainsi automatiquement, comme déjà dit, les moteurs, pour le cas où le machiniste, par inattention, aurait oublié de le faire.

Dans le but de charger également les deux moteurs de rotation, nous avons employé l'excitation compound.

C'est la première fois que le système Léonard est appliqué aux ponts tournants. Il avait été spécialement conçu pour les machines d'extraction, de laminoirs, certains ascenseurs à grande vitesse et pour les machines continues servant à la fabrication du papier.

Les schémas de la figure 11 montrent les différentes connexions résultant de cette installation, la figure 12 représente le tableau de distribution, et la figure 13, le schéma de cette distribution.

La mise en action du transformateur Léonard et du moteur de la pompe peut se faire de trois manières :

- 1° Par la batterie seule.
- 2° Par la ligne aérienne seule.
- 3° Par la batterie et la ligne aérienne mises en parallèle.

Les petits appareils de manœuvre du tablier sont actionnés de deux façons :

- 1° Par la dynamo d'excitation du groupe transformateur.
- 2° Par une dérivation de la batterie.

§ 7. — Vérin et appareils hydrauliques.

Vérin. — Comme nous l'avons vu précédemment, le vérin et les appareils hydrauliques n'ont pour but que de soulever la culasse, afin de permettre le retrait des plaques mobiles des appuis de PC et PP. Les schémas 14 à 24 montrent la position du tablier et du vérin correspondant aux phases de la manœuvre. La course normale totale du vérin est de 400 millimètres, mais le cylindre avait été prévu avec une réserve permettant de porter cette course jusque 650 millimètres au montage, dans le cas où la flexibilité du tablier aurait été plus grande que celle prévue. Un tracé de la courbe élastique du pont avait donné 33 millimètres comme flèche du tablier portant sur vérin et sur l'appui de PV, correspondant à une levée du vérin de 65 millimètres. Lors des essais, on a constaté que cette levée était en réalité de 42 millimètres, correspondant à une flèche de 21 millimètres. Mais par suite de petits gauchissements dans le tablier, on a dû augmenter quelque peu cette levée, tel que le montre le schéma de la figure 10.

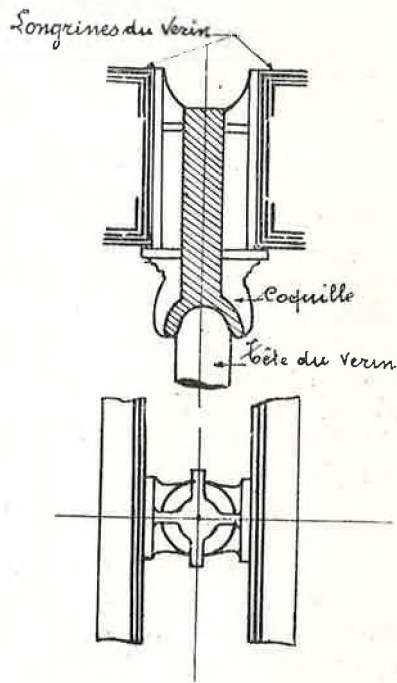
Le piston a 700 millimètres de diamètre, la tige a 200 millimètres. La pression de marche de 45 atmosphères, fournie par l'accumulateur hydraulique, agit dans la 3^e phase et dans la finale de la 12^e sur la face inférieure du piston, la face supérieure étant à la décharge. Le vérin a, dans ce cas, une force brute disponible d'environ 700 tonnes.

A la 12^e phase, au début et pendant à peu près la moitié de sa course, le vérin n'a qu'une charge très petite à lever, correspondant au poids propre du piston avec sa tige, plus la résistance due aux frottements. Afin d'économiser l'eau sous pression, la force du vérin a été considérablement diminuée pendant cette période, en mettant en communication les deux faces du piston. Le vérin n'a plus ainsi qu'une puissance de levage correspondant à la pression sur la section de la tige. Ce changement de régime est produit automatiquement par un distributeur que commande la tige du vérin.

La descente à la 5^e et la 14^e phase s'opère en mettant le vérin en communication avec la décharge; le poids du piston et le contrepoids fixé à la tige sont calculés pour vaincre aisément les résistances dues aux frottements.

Un peu avant le contact des crochets d'arrêt, dont il a déjà été question, et un peu avant que le piston ne porte sur une bague placée dans le fond du cylindre, le vérin est arrêté à fin de course, en haut et en bas, par des soupapes commandées automatiquement par la tige du piston.

Les schémas 14 à 24 montrent le fonctionnement du vérin, des soupapes de fin de course et de changement de régime, pendant la manœuvre du pont. Par la suite, il a été reconnu que si la soupape du distributeur de commande venait accidentellement à fuir dans



la position du pont fermé, le vérin se soulèverait. Pour y obvier, le levier du distributeur de commande a été verrouillé à la descente contrairement aux schémas 14 à 24; en conséquence, à ces figures le piston doit être considéré à fond de course en bas.

Le piston est parfaitement guidé. La partie supérieure de la tige est articulée de manière à permettre les allongements et raccourcissements du tablier, dus au levage, à la descente et à la dilatation du pont. Deux guides verticaux empêchent cette articulation de tourner horizontalement.

La tête du vérin, de forme semi-sphérique, s'emboîte dans une coquille en acier moulé, fixée au tablier du pont, entre les deux entretoises extrêmes. La charge qu'elle reçoit est transmise aux deux entretoises et de là aux deux longerons, par l'intermédiaire de deux longrines spéciales très robustes. Le démontage complet ou partiel du vérin est possible, même quand le pont est basculé et que le tablier est au-dessus du vérin.

Le liquide employé est un mélange égal en poids d'eau pure et de glycérine dont le point de congélation est -32° . Son action sur le vérin est réglée par un distributeur que le pontier manœuvre de sa cabine.

Afin d'avoir toujours en réserve une certaine quantité de liquide, une citerne est ménagée sous le pavé, à proximité de la pompe. Elle peut aussi être utilisée pour recueillir le liquide en cas de vidange complète de tous les appareils hydrauliques.

Accumulateur hydraulique et pompes. — Le liquide sous pression est emprunté à un réservoir filtre par une pompe électrique qui le foule dans un accumulateur à contrepoids, contenant du liquide pour quatre manœuvres complètes. Un dispositif automatique arrête ou met en marche le moteur de cette pompe, selon que l'accumulateur est rempli ou qu'il se vide. Si, par suite d'accident ou de dérangement à ce dispositif, la pompe continuait à marcher quand l'accumulateur est en haut, un autre dispositif mettrait automatiquement en communication le refoulement de la pompe avec la décharge dans le réservoir filtre.

Au moyen de robinets placés dans les tuyauteries, la pompe électrique peut alimenter directement le vérin, l'accumulateur étant isolé.

Une pompe à bras montée sur roues put servir au besoin :
1^o à alimenter l'accumulateur;

2° à alimenter directement le vérin, l'accumulateur étant isolé;

3° à vider les appareils en foulant l'eau dans le réservoir-filtre ou dans la citerne ;

4° à envoyer du liquide sous pression directement en dessous ou au-dessus du vérin, tous les autres appareils étant isolés.

Tuyauterie et robinetterie. — Une soupape placée directement sur la tubulure de sortie de l'accumulateur empêche la chute violente de la caisse de l'accumulateur en cas de bris d'un tuyau de pression. Des robinets, des soupapes de sûreté, de retenue et de choc, des robinets d'air, de vidange et des manomètres sont prévus partout où cela est nécessaire ou utile.

L'arrivée du fluide sous pression au vérin, se fait par une tuyauterie de 50 $\frac{m}{m}$ de diamètre intérieur; le liquide de décharge est récupéré dans un réservoir-filtre, où il est amené par une tuyauterie de même diamètre.

Deux petites presses hydrauliques à main permettent de soulever la culasse en cas de dérangement accidentel au vérin.

§ 8. — Appuis.

Les deux appuis à rotule de PV pendant la manœuvre, n'ont d'autre fonction que de former charnière pendant le basculement. La situation exacte du tablier dans le sens transversal, s'obtient et se vérifie à sa remise en place, par le verrou d'orientation placé du côté de P.V., dans l'axe longitudinal de l'ouvrage.

Un jeu suffisant est prévu avec des rayons de roulement assez grands pour que la volée puisse se dilater librement sans que l'excentrage qui en résulte à la rotule produise une réaction longitudinale appréciable.

Les deux appuis de PC sont en trois parties : une est fixée au tablier, une autre mobile coulisse dans la première et une troisième est scellée dans la maçonnerie.

Quand le pont est fermé, la plaque mobile qui est maintenue au tablier par ses coulisses, s'appuie sur la partie fixée à la maçonnerie par une face en forme de chevron dont l'arête est parallèle à l'axe longitudinal du pont. Cet appui permet à la culasse de se dilater librement en long et il ramène exactement,

à chaque manœuvre, le bout du tablier dans l'axe longitudinal de l'ouvrage, grâce au chevron précité.

La hauteur et la course de la plaque mobile sont calculées pour que, pendant la rotation du pont, il y ait un jeu suffisant entre les parties saillantes fixes et mobiles.

Les deux appuis de PP sont aussi en trois parties, mais l'arête du chevron est perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'ouvrage, afin de maintenir en tout temps l'axe transversal du tablier dans l'axe de PP tout en permettant au pont de se cintrer horizontalement si les températures différentes des deux longerons l'exigent.

Comme il est dit précédemment, les plaques mobiles des appuis de PP et de PC doivent être retirées pour permettre le basculement et la gyration. Cette opération s'effectue au moyen d'appareils de manœuvre Siemens-Halske, du type adopté par l'Etat belge, pour la manœuvre électrique des aiguillages et des signaux.

Comme le montre la fig. 31, cet appareil consiste en un petit moteur électrique qui actionne, par deux engrenages, une vis sans fin commandant une couronne dentée. Par l'intermédiaire d'une bande de friction, maintenue tendue par un ressort réglable, cette couronne est rendue solidaire d'un pignon qui attaque une crémaillère. Cette friction remplit l'office de limiteur d'effort. Tout ce mécanisme, y compris le moteur, est renfermé dans une boîte métallique étanche qui contient aussi les commutateurs, électros et connexions.

A la crémaillère sont reliés les leviers et tringles de manœuvre des plaques mobiles.

Comme l'indique la planche, les deux plaques mobiles de PP sont retirées ou remises en place par un seul et même appareil de manœuvre. Les deux plaques mobiles de PC, plus lourdes, possèdent chacune un appareil distinct. La manœuvre à main s'opère au moyen d'une manivelle amovible, que l'on place sur un des bouts carrés de l'arbre à vis.

§ 9. Mécanisme de gyration.

La lentille et le grain du pivot sont noyés dans un bain d'huile et ne viennent en contact que quand le pont doit tourner. Le diamètre des surfaces en contact est de 240 $\frac{m}{m}$, mais il a été porté, pour les lentilles de rechange, à 320 $\frac{m}{m}$. Les pre-

mières lentilles de 240 $\frac{m}{m}$ de diamètre sont encore en parfait état, sans avoir réclamé le moindre entretien; ce résultat provient de ce que le contact ne s'opère que par des surfaces abondamment lubrifiées.

Le poids propre du tablier tournant y compris ses mécanismes et son contrepoids d'équilibre étant d'environ 240 tonnes, la pression unitaire entre les deux faces des lentilles de 240 $\frac{m}{m}$ de diamètre est, en tenant compte des congés et rainures de
570 kg par cm^2 ,
à celles de rechange, cette pression n'est plus que de
330 kg par cm^2 .

La lentille inférieure est en acier spécial, fondu au creuset et trempé, la lentille supérieure en bronze spécial phosphoreux GMLBP 4. Les faces des lentilles ont été parachevées avec précision et rectifiées à l'huile.

Le pivot support de lentille, en fonte spéciale aciérée extra-forte, est ancré dans le béton armé de PP. Sa partie supérieure est terminée en forme de godet faisant office de réservoir à huile, dont le niveau, qui peut être contrôlé par un tube en verre bien en vue, est plus haut que les faces frottantes.

Lorsque le pont est fermé, il existe un jeu d'environ 4 $\frac{m}{m}$ entre les deux lentilles, assurant une lubrification certaine et abondante, lors de la gyration et mettant les faces portantes à l'abri des pressions et des chocs dus aux surcharges roulantes.

Une traverse en acier moulé, épousant en profil l'espace laissé libre par le gabarit de double voie, reçoit par 8 boulons de 80 $\frac{m}{m}$ de diamètre, la charge des deux entretoises porteuses pour la transmettre au pivot. Il a été fait emploi d'acier moulé pour cette traverse, parce que l'acier laminé et rivé ne permet pas d'obtenir à la rivure la résistance voulue au glissement longitudinal.

Galets. — Le pont est muni, du côté de la culasse, de 4 galets A de gyration, qui viennent porter sur le chemin de roulement, (voir fig 35 et 36). Ces 4 galets reçoivent l'excès de poids de la culasse, excès nécessaire pour basculer le tablier.

Deux galets B de sûreté n'ont d'autre but que d'empêcher le pont, par suite d'une cause accidentelle imprévue, de basculer du côté contraire. Ces deux galets peuvent servir de galets de rechange aux précédents.

Deux autres galets C maintiennent le pont latéralement lors du basculement et aussi pendant la gyration dans le cas de vent très violent.

Couronne dentée de roulement. — Les galets dont il vient d'être question roulent sur une couronne en acier moulé solidement ancrée et en partie noyée dans le béton armé de PP. Sur cette couronne est venue de fonderie, la denture correspondant aux deux pignons coniques de gyration.

Pour parer aux difficultés résultant du basculement du tablier sur sa lentille placée à un niveau sensiblement plus élevé que celui du chemin de roulement, les pignons ont été placés horizontalement et dans l'axe transversal du tablier. Il s'ensuit qu'au lieu d'avoir, comme d'habitude, une couronne avec denture verticale, il a été adopté une couronne à denture horizontale conique. La position des pignons est réglée de telle manière que l'engrènement est normal quand le pont est basculé. Cet engrènement est encore suffisant au soulèvement de la culasse pour que les dentures des pignons et crémaillères restent toujours engagées.

Le basculement du pont occasionne une légère rotation du pont. Celle-ci est permise, à ce moment, par le desserrage automatique des freins magnétiques.

Mouvement. — La gyration est effectuée électriquement par deux moteurs shunt de 13 HP., actionnant chacun, par trois rapports d'engrenages, un des pignons dont il vient d'être fait mention. La vitesse en régime, à l'extrémité de la volée, est de 1 mètre par seconde, même sous un vent de 100 kilos par mètre carré.

La commande à main s'opère du plancher du pont par deux manivelles amovibles, dont le bout emboîte le carré d'un arbre vertical à ce destiné.

Pour absorber plus rapidement la force vive du pont, à la fin de la gyration, chaque mécanisme est muni d'un frein magnétique automatique, qui agit lorsque le courant est coupé au moteur. Son but est aussi de maintenir le pont dans sa position d'ouverture ou de fermeture. En cas d'absence de courant, le frein peut être maintenu desserré par une chaînette spéciale.

§ 10. — Butoirs.

Pour éviter dans les deux sens des chocs à la fin de la gyration, ce qui pourrait rester de force vive au tablier tournant,

près d'atteindre son point d'arrivée, est complètement absorbé par des butoirs hydro-pneumatiques. Leur puissance est telle qu'ils peuvent, même sans le concours des freins, amortir la force vive du tablier lancé à une vitesse de 1^m.50 par seconde à l'extrémité de la volée.

Deux de ces butoirs, placés symétriquement, l'un sur PC, l'autre sur PV, servent à la fermeture du pont; les deux autres, placés symétriquement sur PP, servent à l'ouverture. Ils sont montés sur des châssis en acier laminé, solidement ancrés et noyés dans la maçonnerie, de manière à permettre le démontage des butoirs sans toucher à leurs assises. Des talons avec cales permettent un réglage facile et forment une fixation inébranlable.

Les schémas 37, 38 et 39 montrent la construction et le fonctionnement des butoirs. Le tampon est constitué d'un tube en acier fermé aux deux bouts. La tête reçoit la poussée du tablier; l'autre bout forme piston, glissant dans un cylindre, dont le fond est garni d'une butée en caoutchouc. Le tampon est guidé à son extrémité par un support fixé au bâti. Une cale de section rectangulaire d'épaisseur croissante est vissée dans le bas du cylindre; une rainure correspondant à la plus grande section de la cale est pratiquée dans le piston et communique avec le creux du tampon par un trou foré dans la partie inférieure du corps du tampon, près du piston.

Pour armer le butoir, on place le piston à fond comme l'indique la figure 37; on dévisse le bouchon A de l'indicateur et le bouchon de remplissage B; on verse le liquide incongélable et auto-lubrifiant dans le cylindre jusqu'à ce qu'il déborde en *f* et on replace ensuite les deux bouchons. Le liquide, composé par moitié, en poids, d'eau et de glycérine, n'a pu pénétrer dans le creux du tampon, attendu que l'air qui s'y trouve emprisonné n'a pu s'en échapper, faute d'issue. Naturellement avant le remplissage, on doit s'assurer que tous les joints sont bien serrés, et qu'il n'y a pas de fuite au raccord C.

Au moyen d'une petite pompe semblable à celles utilisées pour gonfler les pneus d'automobiles, on comprime, jusque 1/2 ou 1 atmosphère, l'air emprisonné dans le creux du tampon. Cette compression n'a pour but, comme on le verra plus loin, que de ramener automatiquement le butoir dans la position I. La pompe étant dévissée de la valve du raccord C, une soupape de retenue empêche l'air comprimé de s'échapper. Le butoir

est alors prêt à fonctionner. Cette opération ne doit se faire qu'une fois à la mise en marche et lorsque le liquide ou l'air s'échappe à la longue par les joints ou les bourrages.

Quand la gyration touche à sa fin, une console fixée au tablier, vient pousser contre la tête du plongeur. Pour que celui-ci puisse s'enfoncer, il faut que le liquide incompressible, passe du cylindre dans le creux du plongeur. Or, le passage à ce destiné, ménagé entre la cale et le fond de sa rainure, a été calculé pour provoquer un étranglement du liquide se traduisant par une résistance à l'enfoncement du butoir, d'autant plus grande que la vitesse du pont est considérable. Au fur et à mesure que le plongeur s'enfonce, la vitesse du pont diminue. Afin que le butoir conserve, pendant toute sa course, son intensité d'origine, la section de passage du liquide se rétrécit au fur et à mesure de l'enfoncement du piston, par suite de la conicité de la cale.

Ce butoir présente les particularités suivantes :

1° Sa résistance est toujours en rapport avec la force vive à amortir;

2° Cette résistance est uniforme pendant toute la course;

3° Elle est presque nulle quand il n'y a pas de mouvement;

4° Après avoir fonctionné, il se remet de lui-même en batterie, autrement dit, dans la situation lui permettant d'agir à nouveau. En effet, le liquide, en pénétrant dans le creux du tampon a comprimé l'air qui s'y trouvait. Cet air, en cherchant à se détendre agit alors, par l'intermédiaire du liquide, sur la face arrière du piston, qui reprend automatiquement sa place primitive, lorsque la console du tablier a abandonné la tête du plongeur.

Un manomètre permet de constater la pression, un indicateur de niveau renseigne quand il y a eu fuite de liquide, un indicateur de course indique la position du piston dans le cylindre et un tampon en caoutchouc limite l'enfoncement du butoir.

§ 14. Verrou d'orientation.

Il est placé à l'extrémité et dans l'axe longitudinal de la volée et il est actionné par un appareil de manœuvre Siemens et Halske semblable à ceux employés au déplacement des plaques mobiles d'appuis, décrits au § 8. La crémaillère enfonce

ou retire le verrou dans sa gâche, par l'intermédiaire d'un balancier et de deux bielles.

Là manœuvre à main s'effectue au moyen d'une manivelle amovible comme pour les plaques mobiles.

Ainsi que le montrent les figures 40 et 41, le verrou coulisse dans deux guides fixés au tablier qui le maintiennent horizontalement et verticalement. Quand le verrou est enfoncé dans la gâche, il y est tenu latéralement dans une rainure, mais il peut s'y déplacer verticalement lors du basculement du tablier.

Son rôle consiste :

1° à empêcher la gyration du tablier sous l'action d'une poussée horizontale, pendant l'opération du basculement. Rappelons qu'à ce moment, les freins automatiques du mécanisme de gyration sont desserrés ;

2° à donner la certitude absolue, dès l'introduction de cet organe, que l'extrémité de la volée occupe, dans le sens transversal, sa position exacte. Notons qu'à l'extrémité de la culasse, le même effet s'obtient par le chevron des plaques mobiles de P.C. ;

3° à servir d'organe d'enclenchement.

§ 12. — Éclissage des rails.

Les rails posés sur le tablier mobile sont mis, à chaque extrémité du pont, en parfaite concordance avec ceux établis sur les parties fixes, à l'aide d'éclisses spéciales. Chaque éclisse, comme le montrent les figures 42, 43 et 44, est constituée par une forte tige carrée emboîtée dans deux gâches formant plaques d'assises et d'attache des deux bouts de rails. Pour effectuer la levée et la gyration du pont, cette liaison doit être libérée. A cet effet, à chaque bout du pont, un appareil de manœuvre Siemens et Halske, semblable à ceux du verrou d'orientation et des plaques mobiles, retire simultanément les quatre verrous des deux voies, par l'intermédiaire de quatre bielles et de quatre leviers calés sur un même arbre, commandé à son tour par la crémaillère de l'appareil de manœuvre, auquel il est relié par un levier et une tringle, ainsi que le montrent les figures 42, 43 et 44.

Chaque extrémité du pont est ainsi pourvue d'un mécanisme d'éclissage, commandé par un appareil de manœuvre distinct, mis en action l'un immédiatement après l'autre. Quand, à la

fin de la manœuvre du pont, le tablier a repris sa position fermée, les deux appareils Siemens et Halske, en agissant en sens inverse, poussent les huit éclisses à fond.

La manœuvre à main, comme pour le verrou d'orientation et les plaques mobiles, s'opère en actionnant le bout d'arbre de la vis au moyen d'une manivelle amovible.

Ces éclissages ont ici peu d'utilité, vu l'existence du verrou d'orientation et du verrou des plaques mobiles de PC et de PP, qui assure d'une façon parfaite et certaine l'exactitude de position du tablier. On peut dire que ces éclisses n'ont d'autre but que de donner une garantie supplémentaire à ce sujet, garantie plutôt illusoire, du reste, vu la nécessité à ces organes, par les dénivellations inévitables de la voie fixe.

§ 13. — Signalisation.

La sécurité du service du chemin de fer est assurée, aux abords du pont, par une signalisation électrique qui couvre le pont lors de l'ouverture et qui est représentée schématiquement à la figure 45.

Ces signaux comprennent :

1° Deux « homes » qui sont en même temps des signaux de block, situés à environ 150 mètres du pont ;

2° Deux « distants », répétiteurs des premiers, placés à environ 1,000 mètres de ceux-ci.

Des signaux de navigation indiquent aux bateaux la position du pont. A cet effet, chaque bout d'estacade porte, sur un mât, un faisceau de lampes électriques indiquant par une lumière verte que le pont est ouvert et par une lumière rouge qu'il est fermé.

Ces différents signaux sont commandés de la cabine du pontier, de la même manière que ceux des gares d'Anvers et de Bruxelles-Nord.

§ 14. — Enclenchements et connexions électriques.

Les divers organes de commande sont centralisés dans la cabine décrite précédemment. Cette concentration permet de réaliser la rapidité des manœuvres. Le pontier étant bien protégé contre les intempéries, peut facilement porter son attention sur les quelques appareils qu'il doit manier. La concen-

tration a aussi l'avantage de pouvoir établir facilement, par des organes de grande simplicité et de peu d'emplacement, des enclenchements entre les différents appareils de manœuvre, de façon à ne permettre leur actionnement que dans un ordre déterminé.

Les organes d'enclenchement sont renfermés dans un appareil central portant extérieurement les manettes de commande. Cet appareil est du même type que ceux employés dans la centralisation des signalisations électriques de chemin de fer.

La figure 46 en donne la forme et les dimensions.

Comme on le voit, les champs suivants sont actuellement occupés :

1 et 2. Commutateur pour les signaux de navigation.

Un axe à manette actionne le commutateur bipolaire à mouvement saccadé : ce commutateur insère, suivant la position de la manette, le courant sur les lampes à incandescence rouges ou vertes qui constituent les signaux de navigation. Un verrou électrique placé dans la tige de raccordement, entre l'axe et le commutateur, rend la marche de ces signaux dépendante de la position du pont.

5 et 6. Champs des signaux du chemin de fer, côté de Muysen.

14 et 15. Champs des signaux du chemin de fer, côté d'Hofstade.

20. Commutateur des électro-moteurs actionnant l'éclissage des rails.

21. Dispositif libérant le levier du distributeur hydraulique placé à droite de l'appareil.

22. Commutateur des électro-moteurs actionnant les plaques mobiles des appuis.

23. Commutateur actionnant le verrou d'orientation.

24. Dispositif libérant le rhéostat de gyration du pont.

Treize champs ont été réservés pour la centralisation ultérieure d'une installation d'aiguillage et de signalisation, correspondant au dédoublement de la voie ferrée.

On appelle champ, une portion de l'appareil, de 0^m.10 de largeur et comprenant extérieurement une manette et des petites fenêtres rondes. A la partie supérieure d'un champ et dans la caisse de l'appareil central, se trouvent des leviers avec les barres d'enclenchement mécanique qui les relient. Le schéma 47 montre le dispositif de ces enclenchements mécaniques.

Les champs renferment, en outre, les appareils d'enclenchement électrique, basés sur le principe Siemens. Ils sont constitués de telle façon que la commande mécanique d'une phase (mouvement de la manette correspondante) ne libère la commande mécanique de la phase suivante que quand la première est complètement et effectivement terminée.

Chaque phase comporte en général trois parties :

1° La commande du mécanisme par la manette ;

2° L'action du mécanisme ;

3° Le déclenchement de la commande de la phase suivante qui ne se produit que quand le 2° est complètement et réellement terminé.

La petite fenêtre supérieure placée sous la manette commandant une phase, indique par une couleur bleue, que la manœuvre électrique précédente est terminée. Un timbre avertisseur de contrôle, placé dans l'appareil central, sonne aussi longtemps que les électromoteurs commandés par les champs 20, 22 et 23 n'ont pas complètement obéi au mouvement des manettes. Le timbre ne sonne normalement que cinq secondes. Une sonnerie plus longue indique un dérangement aux moteurs correspondants ou aux organes du pont qu'ils actionnent. Tant que le timbre retentit, l'organe à actionner est ensuite verrouillé électriquement dans l'appareil central. Au moment où la sonnerie cesse, la fenêtre inférieure (fenêtre de contrôle) du champ correspondant redevient blanche, après être passée au noir pendant le temps d'action du moteur.

Nous allons décrire, avec les schémas 48 et 49 à l'appui, comment s'effectuent les manœuvres et enclenchements électriques, les directions de courants, etc., correspondant aux seize phases de la manœuvre du pont.

Ouverture du pont.

1^{re} PHASE. — Position normale des champs 5, 6, 14 et 15 (mise à l'arrêt des signaux de chemin de fer). La fenêtre supérieure du champ 20 devient bleue.

2^e PHASE. — Par le renversement de la manette 20 de droite à gauche, les leviers d'itinéraire 5, 6, 14 et 15 sont verrouillés à l'arrêt et le courant est donné aux deux moteurs des appareils de manœuvre d'éclissage des rails. Le courant d'accou-

plement des signaux est coupé. Lorsque les deux moteurs d'éclissage ont cessé de tourner et que, par suite, les éclisses sont tirées, la fenêtre supérieure du champ 21 devient bleue. (Cours du courant : plomb fusible champ 20, contacts 12120, 31-1/2-20, 12920, 021320, 021620, 12220; contacts de contrôle aux éclisses, contacts 12222, 022222, 022322, 025221, 025321, 12221; touche auxiliaire 6, contact 82521; aimant de verrouillage II, champ 21, terre.)

3^e PHASE. — Renversement de la manette 21 de droite à gauche; la manette 20 est verrouillée, le levier du distributeur pour levage du pont, placé à droite de l'appareil central, est rendu libre.

Par la manœuvre de ce levier le pont commence à lever. Un contact adapté à la tige du piston du vérin hydraulique est fermé lorsque le pont arrive à sa position la plus élevée. La fenêtre supérieure au champ 22 devient bleue. (Cours du courant : plomb fusible champ 21; contacts 12121, 021321, 021621, 025222, 025322, 12722; contact pour levage du pont, contact 12820, touche auxiliaire 7, contact 82522, aimant de verrouillage II, champ 22, terre.)

4^e PHASE. — Renversement de la manette 22 de droite à gauche; les 3 moteurs des appareils de manœuvre des plaques mobiles des appuis reçoivent du courant : d'abord simultanément les moteurs I et II (pour les deux plaques de PC) puis le moteur III (pour les deux plaques de PP).

5^e PHASE. — Lorsque les 4 plaques sont retirées, le pont est descendu par la manœuvre du levier de commande du distributeur. Quand le pont est arrivé à sa position la plus basse, un contact adapté à la tige de piston du vérin, se ferme : la fenêtre supérieure du champ 23 devient bleue (cours du courant ; plomb fusible champ 22- contacts 12322, 31 1/2 22, 12422, 021322, 021622- contact de descente du pont- contacts aux 4 plaques mobiles d'appui- contacts 12523, 025223, 025323, 12723- touche auxiliaire 8- contact 82523- aimant de verrouillage II champ 23- terre).

Afin de pouvoir renverser la manette 23, il faut d'abord ramener la manette 21 de gauche à droite, ce qui a pour effet de verrouiller le levier du distributeur hydraulique dans sa position médiane et de libérer mécaniquement la manette 23.

6^e PHASE. — Renversement de la manette 23 : le moteur de l'appareil de manœuvre du verrou d'orientation reçoit

du courant et retire le verrou d'orientation, les champs 21 et 22 sont verrouillés, le champ 24 est verrouillé. Lorsque le verrou d'orientation est tout à fait retiré, la fenêtre supérieure du champ 24 devient bleue, (cours du courant : plomb fusible champ 23- contact 12123, 31 - 1/2 - 23, 12223, 021323, 021623, 12423- contact au cône de contact 12524, 00102, 00202, 12424, 025224, 025324, 12324- contact auxiliaire 9- contact 82524- aimant de verrouillage II champ 24, terre).

7^e PHASE. — Renversement de la manette 24 de droite à gauche; le rhéostat de gyration du pont qui se trouve à gauche de l'appareil central est libéré le champ 23 est verrouillé.

Par la manœuvre du controller, le pont est tourné. A la fin du mouvement, le pont ferme le contact disposé sur PP pour le contrôle de sa position.

Ramener la manette 24 de gauche à droite pour verrouiller le rhéostat de gyration dans sa position médiane. Simultanément la fenêtre inférieure, champ 2, devient blanche (cours du courant : plomb fusible champ 24- contact 12124, 021324, 021224, 12224- contact pour rotation du pont, pont ouvert- contact 12923, 022323, 022623, 12823- contact-auxiliaire 10- contact 12922- aimant de verrouillage champ 2- terre).

8^e PHASE. — Renversement de la manette champ 2 de droite à gauche, champs 23 et 24 sont verrouillés; le courant des lumières des signaux de navigation est commuté des lampes rouges aux lampes vertes.

Fermeture du pont.

Les manœuvres s'exécutent en sens inverse.

9^e PHASE. — Position à droite de la manette 2.

10^e PHASE. — Position à gauche de la manette 24.

Maniement du controller de fermeture du pont et position à droite de la manette 24.

11^e PHASE. — Position à droite de la manette 23.

12^e PHASE. — Position à gauche de la manette 21, maniement du levier de levage du pont.

13^e PHASE. — Position à droite de la manette 22.

14^e PHASE. — Maniement du levier de descente du pont et position à droite de la manette 21.

15^e PHASE. — Position à droite de la manette 20, qui libère les signaux de chemin de fer.

16^e PHASE. — Mise au passage des signaux de chemin de fer en actionnant les manettes 15, 14, 6, 5.

Les contacts auxiliaires 5 à 10 déjà mentionnés sont placés au mur derrière le pontier, en face de l'appareil central. Normalement ces contacts sont sous fermeture plombée. Ils ont pour but de libérer électriquement le champ correspondant de l'appareil central, si par suite d'un dérangement quelconque, le déclenchement automatique du verrouillage électrique faisait défaut. Ils ne peuvent être utilisés que si le pontier s'est convaincu *de visu* que l'organe du pont en action se trouve effectivement dans la position qui correspond à la position de sa manette dans l'appareil de réglage. Dès que le dérangement est éliminé, le contact doit immédiatement être plombé. Le courant de tous les contacts auxiliaires commence au plomb fusible 20; il ne traverse jamais que les touches auxiliaires, l'aimant de verrouillage correspondant et la terre.

La touche auxiliaire 5 sert pour aimant de verrouillage, champ 20.

La touche 6 sert pour aimant de verrouillage, champ 21.

La touche 7 sert pour aimant de verrouillage, champ 22.

La touche 8 sert pour aimant de verrouillage, champ 23.

La touche 9 sert pour aimant de verrouillage, champ 24.

La touche 10 sert pour aimant de verrouillage, champ 2.

Les appareils utilisés hors de la cabine figurent au schéma 50 et comprennent :

1. Les électromoteurs pour :
 - a) l'éclissage des rails (2 pièces);
 - b) le verrou d'orientation (1 pièce);
 - c) les plaques mobiles d'appui (3 pièces).
2. Les contacts de contrôle ;
 - a) pour levage du pont (1 pièce);
 - b) pour descente du pont (1 pièce);
 - c) verrou d'orientation (1 pièce);
 - d) fin de l'éclissage (2 pièces);
 - e) plaques mobiles d'appui (4 pièces).

Ces contacts sont à pression avec galets très solidement construits, enfermés dans des caisses de bois munies de couvercles de protection en zinc.

3. Les contacts pour la gyration du pont consistent en 2 pièces fixes montées sous un angle de 90° sur PP et en une pièce mobile montée sur un longeron du pont. Cette dernière arrive en contact avec l'une ou l'autre des pièces fixes suivant la position du pont et ferme ainsi le courant pour l'un ou l'autre circuit, de fermeture ou d'ouverture.

§ 15. — Avantages.

Le pont de Hofstade présente les avantages suivants :

1. Quand le pont est fermé, chaque longeron repose sur trois appuis fixes, inébranlables, exactement comme un pont fixe: il est aussi rigide que ce dernier, même sous les surcharges saccadées les plus fortes produites par le passage des trains lourds; il en résulte cette conséquence remarquable que les trains ne se ralentissent pas pour passer sur cet ouvrage.

2. Dans sa position de fermeture, le tablier, étant soulevé de son pivot, il existe un jeu entre la lentille et son grain, de sorte que ces organes sont absolument soustraits à tous les effets des charges, surcharges, poussées latérales, trépidations, chocs, etc. Il en résulte une conservation presque indéfinie du bon état de ces importants organes.

3. Ce jeu a encore pour effet, en permettant à l'huile de s'introduire librement entre les faces séparées de la lentille noyée, d'assurer le graissage effectif de ces faces lorsqu'elles viennent en contact lors de la gyration. Dans beaucoup de ponts tournants, ce graissage est défectueux, parce que l'huile ne peut pénétrer entre le grain et la lentille. Il en résulte des grippages qui mettent rapidement ces organes en mauvais état et finalement hors service. L'expérience a bien des fois confirmé l'inefficacité absolue, à cette fin, des pattes d'araignée.

4. La forme et la disposition des appuis, décrites au § 8, permettant au tablier de se dilater librement en long et en travers tout en maintenant en concordance parfaite, à chacune des extrémités, les huit bouts des rails. La dilatation transversale est la déformation en arc de cercle qui se produit dans le plan horizontal, lorsque les maîtresses poutres sont différemment exposées aux rayons du soleil. Toute poussée latérale sur les éclissages d'abouts et sur le pivot, est ainsi supprimée. D'autre part, il n'est pas nécessaire d'avoir recours,

comme au pont de Velsen, à des tronçons de voie mobiles à l'instar d'aiguillages, créant des coudes brusques dans la voie, précisément à l'entrée du pont.

5. Le système adopté à Hofstade, en permettant de placer sur une culée les machines et appareils hydrauliques, ainsi que les organes de commande, réduit la PP à sa plus simple expression, rend la surveillance, l'accessibilité, l'entretien et, éventuellement, le démontage des mécanismes on ne peut plus aisés. On écarte par là les inconvénients de certains types de pont tournants nécessitant, comme, par exemple, le pont tournant de Laeken, une PP de grandes dimensions pour y concentrer la machinerie, dont une partie est à 5^m.50 en contre-bas du niveau de l'eau. Les évidements à l'intérieur d'une telle pile, sont forcément restreints, rendent difficiles la surveillance, l'accessibilité et l'entretien, ainsi que pratiquement impossible le remplacement du pot de presse constituant la lentille de pivotement.

D'autre part, cette concentration, dans l'axe, des organes principaux d'énergie, comme à Velsen et à Laeken, rend plus fréquentes les circulations du personnel sur le pont, plus difficiles les réfections en cas de dérangement de ces organes, surtout si ce dérangement se produit quand le pont est ouvert, et l'immobilise dans cette position.

6. A Hofstade, toutes les manœuvres d'ouverture et de fermeture du pont s'opèrent à la main par les mêmes mécanismes qu'actionnent les moteurs, ce qui est indispensable, car des mécanismes qui ne sont appelés à servir qu'accidentellement, bien souvent refusent de fonctionner quand leur intervention est requise. Ce n'est pas le cas pour d'autres ponts, entre autres :

A Velsen, où la manœuvre des coins de calage aux appuis, se fait à la main par un mécanisme distinct de celui à commande hydraulique.

A Laeken, où la gyration hydraulique se fait par deux pistons tirant sur la circonférence extérieure du pivot, tandis que celle à main nécessite un autre mécanisme, consistant en plusieurs harnais d'engrenage et un pignon engrenant avec un secteur denté. Quand la levée hydraulique du pont ne peut se faire au moyen des pompes de l'accumulateur, elle est remplacée par une descente de tablier sur le fond du pot de presse

et un basculement du pont. Ces opérations nécessitent les mécanismes ou organes supplémentaires suivants, qui ne sont utilisés que dans ce cas : 4 presses hydrauliques avec pompe à main placées sur une culée ; 4 appuis à rotule placés sur le chevêtre, dans l'axe transversal du pivot ; 8 appuis intermédiaires d'équilibre avec plaques amovibles par boulons placés sur les extrémités du même chevêtre ; les dispositifs de descente par vis et coins, appliqués aux 4 appuis sous chevêtre ; 8 plaques mobiles aux appuis d'une des culées avec leur mécanisme à main ; 1 dispositif pour effectuer, par le mécanisme précité, le déplacement des galets d'orientation du même bout et 1 dispositif pour basculer les galets similaires de l'autre bout.

On comprend que l'adjonction d'autant d'organes, dans l'unique but de permettre la commande à bras d'homme, majore dans une forte proportion le coût des mécanismes.

7. De la centralisation de toutes les commandes dans un local abrité, des genres d'enclanchements, du type des mécanismes et du mode des commandes employés, il résulte une grande facilité, rapidité et une sûreté absolue des manœuvres. A première vue, on pourrait croire qu'un excès de précaution a été pris — pour réaliser un tablier fixe au passage des trains — pour rendre impossible une fausse manœuvre de la part du pontonnier — et pour obtenir une signalisation électrique des plus rigoureuses aux abords de l'ouvrage. En réalité, quand on réfléchit, on arrive à cette conclusion, que pas un ouvrage ne justifie plus de mesures de sécurité qu'un pont-rail tournant. Rappelons qu'aucun ralentissement n'est imposé au passage des trains sur l'ouvrage qui nous occupe et que ce résultat n'a pu être atteint que grâce à ces multiples précautions. Ajoutons, enfin, que depuis sa mise en service, le pont d'Hofstade n'a cessé de fonctionner avec la plus parfaite régularité et sans qu'on ait eu à signaler le plus petit mécompte ou accroc.

8. Par les dispositions prises, les risques d'accident et conséquemment d'interruption du trafic sur la voie ferrée ou navigable sont réduits à leur plus simple expression, de même que les frais d'exploitation et d'installation.

9. La cabine du pontier est en même temps un poste de bloc ; les signaux couvrant la section et le pont ainsi que tous les mécanismes sont enclenchés de telle manière, qu'une manœuvre

n'est possible, qu'après que le dernier organe mécanique du mouvement précédent a effectivement accompli l'entièreté de son déplacement.

Le même procédé a présidé à l'étude des ponts-rails tournants de Cappelle, Ruysbroek et Willebroeck, sur le canal maritime de Bruxelles, que nous avons étudié et qui sont actuellement en construction. Ces ouvrages se distingueront cependant du pont d'Hofstade par certains perfectionnements de détails. Nous avons encore étudié le pont-rail tournant pour le détournement de la ligne de Bruges à Blankenberghe, sur le canal de Bruges à Ostende. Ce pont fonctionne également par basculement, mais d'après un dispositif simplifié imaginé par M. l'ingénieur en chef directeur Denys et M. l'ingénieur Molle.

CHAPITRE II. — CONDUITE.

§ 1. Manœuvre électrique.

Manière d'exécuter les différentes phases d'une manœuvre complète.

I. — OUVERTURE.

1^{re} PHASE. — Agir sur les 4 manettes se trouvant aux champs n^{os} 5, 6, 14, 15, pour mettre à l'arrêt les deux signaux à palettes et, par suite, de leurs répéteurs, tous les signaux couvrant le pont.

Quand les signaux sont faits, la fenêtre supérieure du champ 20 devient bleue.

2^e PHASE. — Renversement à gauche de la manette au champ 20, au-dessus de l'inscription : *Verrouillage des rails*. Les leviers précédents sont verrouillés à l'arrêt; il est donné du courant aux deux moteurs des arbres d'éclissage des rails. Quand l'éclissage est terminé, la fenêtre supérieure du champ 21 devient bleue.

3^e PHASE. — A. Renversement à gauche de la manette du champ 21, au-dessus de l'inscription *Distributeur du vérin hydraulique*, pour libérer le levier de commande du distributeur hydraulique.

B. Puis, relèvement de la culasse du tablier par vérin

hydraulique, en poussant le levier de commande du distributeur hydraulique vers l'inscription *Levée*; cette phase est entièrement réalisée lorsque les crochets d'arrêt placés en dessous du tablier se trouvent en contact avec leurs butées; à ce moment, un contact électrique déclanche la manœuvre suivante et en même temps la fenêtre supérieure du champ 22 devient bleue.

Nota. — Le levier de commande du distributeur doit rester poussé à fond, dans la position *Levée*, jusqu'à la fin de la 4^e phase.

4^e PHASE. — Renversement à gauche de la manette au champ 22 au-dessus de l'inscription : *Plaques mobiles*, pour mettre en mouvement les moteurs de commande des plaques d'appui.

5^e PHASE. — A. Abaissement de la culasse du tablier jusqu'à ce que les galets soient en contact avec le rail de roulement en tirant le levier de commande du distributeur vers l'inscription : *Descente*. L'intervalle entre cette phase et la phase suivante est assez long (35 à 40 secondes) puisqu'il faut attendre que le piston du vérin hydraulique soit descendu à fond de course en bas; c'est à ce moment que la fenêtre supérieure du champ 23 devient bleue.

B. Remise en position « Repos » du levier du distributeur hydraulique, et

C. Verrouillage de ce levier en poussant la manette de la distribution du vérin, champ 21, fond de course à droite. Cette manœuvre libère mécaniquement la manette 23.

6^e PHASE. — Renversement à gauche de la manette au champ 23, au-dessus de l'inscription *Verrou d'orientation*. Le moteur du verrou d'orientation reçoit du courant et déverrouille le pont. Quand le verrou est complètement retiré, la fenêtre supérieure du champ 24 devient bleue.

7^e PHASE. — A. Renversement à gauche de la manette au champ 24, au-dessus de l'inscription *Gyration du pont*. On enlève ainsi la tringle verrouillant le levier du controller de rotation du pont.

B. Puis, gyration du tablier (aller) par moteurs électriques, en poussant ce levier vers l'inscription « Ouvrir ». Le courant électrique envoyé aux moteurs de gyration se coupe automatiquement par un interrupteur placé sous le tablier et fonctionnant lorsque ce dernier a terminé sa course.

C. On remettra alors le levier du rhéostat en position « repos ».

D. Ramener ensuite la manette 24 de gauche à droite ; ceci a pour effet de verrouiller le contrôleur de rotation du pont dans sa position médiane ou « repos ».

8^e PHASE. — Renversement à gauche, de la manette champ 2 au-dessus de l'inscription « Signaux lumineux ». Le courant des lumières du canal est commuté des lampes rouges aux lampes vertes.

II. — FERMETURE.

9^e PHASE. — Remettre à droite la manette 2.

10^e PHASE. — A. Pousser à gauche la manette 24.

B. Tirer vers l'inscription « fermer », le levier du contrôleur de gyration.

C. Remettre le levier du rhéostat au repos.

D. Remettre à droite la manette 24.

11^e PHASE. — Remettre à droite la manette 23.

12^e PHASE. — A. Pousser à gauche la manette 21.

B. Pousser vers l'inscription « levée », le levier du distributeur hydraulique.

13^e PHASE. — Remettre à droite la manette 22.

14^e PHASE. — A. Tirer vers l'inscription « Descente » le levier du distributeur hydraulique.

B. Rétablir le levier dans sa position « repos ».

C. Remettre à droite la manette 21.

15^e PHASE. — Remettre à droite la manette 20.

16^e PHASE. — Remettre à droite les manettes 5, 6, 14, 15, si toutefois le passage doit être rendu libre.

Remarque pour toutes les manœuvres commandées par l'appareil central de la cabine. En général, toutes les phases sont enclenchées entre elles mécaniquement et électriquement. Le déclenchement mécanique d'une phase s'opère en agissant sur la manette commandant la phase précédente. Le déclenchement électrique s'opère par un contact placé à fin de course du dernier organe à manœuvrer. On doit toujours attendre, avant d'attaquer une phase qu'elle soit déclenchée électriquement. On s'assurera de cela en regardant le voyant supérieur sous la manette commandant cette phase ; il doit marquer *bleu*. Toute manœuvre irrégulière est signalée par l'avertisseur électrique (sonnerie) de l'appareil central.

Le courant électrique utilisé jusqu'au moment de la gyration du tablier est fourni par les 25 volts d'une petite batterie utilisée pour les enclenchements et par une dérivation à 120 volts prise directement sur les 60 éléments de la grande batterie utilisée pour les moteurs autres que ceux de gyration. Avant d'entreprendre la gyration, à l'aller et au retour, il appartient à l'électricien de mettre en marche le groupe électrique et de disposer le tableau de distribution de manière à mettre en circuit le rhéostat pour la gyration du tablier. Cette manœuvre peut naturellement être exécutée avant même d'avoir attaqué la 1^{re} phase.

Précautions à observer pour manœuvrer le rhéostat de gyration. — Le levier du rhéostat sera manœuvré très lentement et sans mouvement brusque, afin d'éviter les à-coups aux moteurs électriques.

On surveillera la position du tablier pendant la gyration et lorsqu'il sera sur le point d'avoir terminé sa course, on remettra doucement le levier du rhéostat vers sa position « repos », de manière à ralentir la marche des moteurs et éviter ainsi un choc trop vif du tablier sur les butoirs.

Sur la fin de la phase de fermeture du pont, une aiguille placée dans la cabine, bien en vue du pontier reproduit, amplifiée, la rotation du tablier. Il est ainsi facile à l'opérateur d'arrêter au moment précis le tablier dans sa position axiale, c'est-à-dire lorsque le verrou d'orientation se trouve exactement devant sa gâche.

Il importe naturellement d'allumer les signaux de navigation, la nuit, en temps sombre ou de brouillard.

Tous les mouvements à faire par le pontier, pour effectuer les différentes phases d'une manœuvre décrites ci-dessus, sont résumés dans le tableau pl. XI.

Afin de faciliter le bon entretien et de s'assurer du parfait fonctionnement de tous les appareils, il est recommandé à l'électricien de faire au moins journallement une manœuvre complète du tablier.

§ 2. — Manœuvres à main et dispositions à prendre en cas d'accident.

Ce n'est qu'exceptionnellement, dans le cas d'accident aux appareils électriques ou hydrauliques, que l'on doit manœuvrer à la main l'organe immobilisé.

Appareils électriques. — Si l'un ou tous les organes commandés électriquement sont dérangés, leur manœuvre à main s'opère comme suit :

1° La signalisation du chemin de fer par les moyens généralement prévus ;

2° La manœuvre de l'éclissage des rails, des plaques mobiles d'appuis et du verrou d'orientation, en actionnant le bout carré de l'arbre à vis de chaque appareil, par une manivelle à main prévue pour ce cas ;

3° Si la manœuvre doit s'opérer la nuit, les signaux de navigation se feront par deux lampes portatives ;

4° Pour effectuer la gyration, deux manivelles sont prévues. Il suffit de les emboîter sur les carrés des deux petits arbres verticaux à ce destinés, après avoir préalablement embrayé les pignons qui terminent ces arbres. Pour cela on enlève, à chaque mécanisme, la bague à charnière qui maintient le pignon débrayé, l'arbre descend alors de lui-même et on replace la bague à charnière entre le support et le pignon.

Il faudra aussi, pendant la gyration, maintenir les freins desserrés au moyen des chaînettes à ce destinées.

Appareils hydrauliques. — Nous donnons ci-après les dispositions à prendre et les manœuvres à faire pour tous les cas de dérangement aux appareils hydrauliques.

Pour faciliter les recherches, tous les robinets sont pourvus d'une plaque sur laquelle est poinçonnée une lettre-repère se rapportant au schéma suivant :

A. Robinet d'isolement à bout carré de l'accumulateur ; il est placé entre ce dernier organe et les tuyauteries de pression.

B. Robinet à bout carré isolant la pompe électrique des conduites de pression ; il est placé sur la tuyauterie près de cette pompe.

C. Même robinet que B, mais isolant la pompe à main des conduites de pression (placé près de cette pompe).

D. Robinet à bout carré, sur tuyauterie de décharge de la pompe à bras dans le réservoir-filtre.

E. Robinet à trois voies, suivant figure 52, mettant en communication l'aspiration des deux pompes avec le réservoir-filtre (placé au palier sur le bas du réservoir).

F. Robinet à bout carré sur la tuyauterie de vidange allant du réservoir-filtre à la citerne à glycérine (placé sous le réservoir-filtre dans une ouverture laissée dans le gîtage du palier).

G. Robinet-soupape sur les tuyauteries d'aspiration de la pompe à bras dans la partie la plus basse des conduites.

H. Robinet à bout carré sur les tuyauteries d'aspiration de la pompe à bras dans la citerne à glycérine.

I. Robinet à bout carré, mettant en communication l'aspiration de la pompe à bras dans les parties les plus basses des conduites de pression (placé dans la cave à côté du distributeur de commande).

J. Robinet à bout carré, mettant en communication l'aspiration de la pompe à bras dans les parties les plus basses des conduites de décharge (placé à côté de I).

K. Deux robinets sur le vérin hydraulique, servant à y raccorder la pompe à bras.

L. Robinets d'air ou de vidange.

Marche normale. — La pompe électrique alimentant l'accumulateur, il faut :

A Ouvert.

B Id.

E envoyant la glycérine à la pompe électrique. Tous les autres robinets doivent être fermés. Les robinets d'air ne servent qu'à laisser échapper l'air qui pourrait se trouver dans les appareils et doivent toujours être hermétiquement fermés. Lorsqu'on entend un léger sifflement aux bourrages, avec bouillonnement, il est bon de les faire fonctionner ; recueillir autant que possible la glycérine qui pourrait s'échapper.

1^{er} CAS. — *Il faut remédier aux soupapes.* — (Par exemple à celle du distributeur de commande.)

Avant de commencer cette opération, il convient de renvoyer toute la glycérine des tuyauteries et du cylindre du vérin, au réservoir-filtre.

Pour cela il faut :

D Ouvert.

G Id.

I Id.

J Id.

Tous les autres robinets doivent être fermés.

Actionner ensuite la pompe à bras jusqu'à ce que le vide à réaliser soit parfait.

Les soupapes étant remises au point, remettre en marche normale.

2^e CAS. — *La pompe électrique est hors de service.*

Il faut : fermer les robinets B et E, enlever la pompe détériorée et la remplacer par celle de rechange qui est en magasin. Il est aussi prudent de fermer le robinet A, si accumulateur hydraulique n'est pas à fin de course en bas. Recueillir autant que possible la glycérine.

Pendant cette opération, l'électricien doit prendre des dispositions pour envoyer la glycérine à l'accumulateur au moyen de la pompe à bras. Pour cela, il faut :

A Ouvert.

C Fd.

E envoyant la glycérine à la pompe à bras. Tous les autres robinets fermés.

Remettre en marche normale aussitôt que l'on peut fonctionner avec la pompe électrique.

3^e CAS. — *L'accumulateur hydraulique est hors de service.*

Il faut d'abord veiller à perdre le moins de glycérine possible. Si le cylindre de l'accumulateur doit être enlevé, il faut renvoyer toute la glycérine au réservoir-filtre en opérant comme dans le premier cas, sauf que le robinet A doit être ouvert. Pour les réparations à exécuter à l'accumulateur, exigeant le déplacement soit de la caisse à contre-poids, soit du cylindre, on utilisera le treuil placé dans le haut de la tourelle.

Pendant ces opérations il faut prendre des dispositions pour envoyer la glycérine sous pression directement au vérin hydraulique au moyen de l'une des deux pompes. Toutefois, cette manœuvre exécutée au moyen de la pompe électrique, exige beaucoup d'attention.

Pour opérer avec la pompe à bras, il faut :

C. Ouvert.

E. envoyant la glycérine à la pompe à bras.

Tous les autres robinets fermés. Actionner ensuite la pompe à bras jusqu'à ce que les crochets d'arrêt placés sous le tablier soient en contact.

Remettre en marche normale, aussitôt que la réparation est terminée.

4^e CAS. — *Les tuyauteries de pression, partant de l'accumulateur hydraulique et aboutissant au vérin, sont hors de service.*

Il faut alors enlever la pompe à bras de la salle des machines, la conduire dans l'abri du vérin et la raccorder sur ce dernier au moyen d'un des deux tuyaux en bronze se trouvant en magasin (voir fig. 53) et par le robinet K.

Enlever les soupapes de fin de course et les remplacer par le robinet K se trouvant sur la tubulure du haut du vérin. Ce robinet doit être fermé pendant la montée. Alimenter la pompe à bras par un des bouchons se trouvant sur le dessus du réservoir. La manœuvre peut alors s'exécuter en refoulant la glycérine directement sous le corps du piston du vérin.

Pour opérer la descente, il suffira d'ouvrir le robinet de décharge K, en recueillant la glycérine. Afin d'éviter une trop grande perte de liquide (glycérine), on pourrait faire cette manœuvre avec de l'eau bien propre; on peut au besoin la passer dans une flanelle ou un linge fin. Avoir soin, dans ce cas, de vider complètement les appareils immédiatement après l'opération si la gelée est à craindre.

5^e CAS. — *Le vérin est hors de service.*

Il faut alors se servir des deux crics hydrauliques (force 200 tonnes chacun) se trouvant en magasin et opérer comme le montre la figure 54. Avoir soin de placer les crics hydrauliques aussi près que possible des longerons, sous la première entretoise. Faire fonctionner les crics et caler successivement. Il est strictement interdit de placer les crics, ainsi que les calages, en dehors de l'alignement de la pile, c'est-à-dire sur la toiture en béton de l'abri du vérin.

Pour la descente, opérer lentement au moyen des crics et enlever successivement les calages. Pendant la montée et la descente, faire fonctionner les crics ensemble de manière que le tablier se déplace dans une position bien horizontale pour empêcher qu'il se déjette d'un côté ou de l'autre. Les pièces pour calages se trouvent en dépôt dans l'abri du vérin.

Pour effectuer des réparations au vérin hydraulique, soit enlever le piston, soit remplacer le cylindre, on opère avec le pont ouvert et au moyen d'une grue de cinq tonnes amenée par une des voies, à proximité de la pile-culasse.

CHAPITRE III. — ENTRETIEN.

§ 1. — Appareils électriques.

Accumulateurs électriques. — L'électricien observera pour la charge et la décharge des batteries d'accumulateurs toutes

les instructions remises par la maison « Tudor », inscrites sur deux tableaux affichés dans la salle des machines et en outre contenues dans une brochure plus détaillée sur l'entretien des batteries d'accumulateurs stationnaires (1903). Cette brochure a été remise à l'électricien. Celui-ci aura soin de tenir constamment fermée la porte d'entrée de la salle d'accumulateurs; cette salle sera au besoin aérée, en évitant toutefois l'introduction des corps étrangers. Il veillera également à avoir en magasin un approvisionnement d'eau distillée et d'acide à 20° B. (Au minimum, quatre touries d'eau et une tourie d'acide.)

Groupe transformateur. — La propreté doit être surveillée; éviter les poussières, surtout les limailles de fer ou de cuivre. Ne pas placer des outils légers en fer dans le voisinage des inducteurs pendant la marche. Le graissage des paliers doit être assuré et l'électricien doit en outre veiller à ce que, pendant la marche, ils ne chauffent pas. Il faut chercher à avoir une usure égale des collecteurs, les polir à l'aide de papier verre très fin, fixé sur un tampon en bois épousant exactement la forme des collecteurs. On peut passer sur ces derniers quelques traces de vaseline pour éviter les étincelles. La mise en marche du groupe transformateur s'effectuera lentement et progressivement sur le volant du rhéostat, de manière à éviter les à-coups au moteur. L'électricien aura soin de maintenir dans un grand état de propreté les coupe-circuits et les différents appareils de mesure du tableau. Pendant la charge des accumulateurs, il surveillera les rhéostats d'excitation, ainsi que les différents appareils de mesure, afin de s'assurer que la charge s'effectue dans des conditions normales.

L'électricien veillera à avoir constamment en magasin, en suffisance, des plombs fusibles de rechange; il lui est absolument interdit de remplacer un fil fusible par un autre de diamètre supérieur, et surtout par un fil d'un autre métal. Il doit toujours chercher à connaître le défaut qui cause la fusion des plombs. L'électricien ne doit jamais travailler aux machines lorsqu'elles sont en marche ni aux connexions et appareils du tableau de distribution, sans couper autant que possible toute communication avec les batteries ou la ligne aérienne.

Il aura toujours en magasin un certain nombre de lampes à incandescence de rechange.

Pour réduire au minimum le travail d'entretien, il est indispensable de recouvrir soigneusement tous les appareils à l'aide des couvercles

L'appareil central sera épousseté tous les deux ou trois mois au moyen d'un soufflet; on frotera légèrement aussi les surfaces de contact avec du papier verre très fin, puis on les essuiera avec une peau. Les parties frottantes sont légèrement graissées au moyen d'huile d'horloger de la meilleure qualité.

Les attaques électromotrices seront époussetées une fois par mois environ, au moyen du soufflet; les contacts seront nettoyés, les parties glissantes huilées, le collecteur du moteur sera passé à l'émeri, les vis du contact seront resserrées. Pour les contacts de contrôle, l'entretien est limité au nettoyage des surfaces de contact (environ tous les six mois).

Pour le surplus: consulter le tableau spécial de la Compagnie Siemens-Schuckert: « Instructions sur la mise en marche et l'entretien des machines à courant continu, » affiché dans la salle des machines.

Tous les appareils, les enroulements, les bobines, etc., doivent être entretenus soigneusement et bien protégés contre la poussière; à cet effet, il sera fait usage d'un soufflet énergique, dont on enverra le courant d'air dans tous les endroits inaccessibles autrement. Tous les contacts quelconques doivent être l'objet de soins continuels de propreté; il faut éviter toutefois de les froter au papier de verre et d'émeri rude ou de les limer, de façon à ne pas déformer les surfaces de contact. Les connexions, les vis de pression, les raccords, etc., seront visités périodiquement pour s'assurer que les contacts restent parfaits.

Il est prudent, de temps en temps, de faire l'inspection de tout le câblage et d'en mesurer l'isolement de manière à prévoir toute perte trop importante.

Toutes les parties flottantes quelconques seront toujours lubrifiées suffisamment et doivent rester brillantes.

§ 2. — Appareils hydrauliques.

Les joints des appareils et tuyauteries hydrauliques seront vérifiés périodiquement; il en sera de même des bourrages. Ceux-ci devront être resserrés et rechargés au besoin, de manière qu'il n'y ait aucune perte de liquide.

Le mécanicien observera très souvent la hauteur de glycérine qui se trouve dans le réservoir-filtre, quand l'accumulateur, ainsi que le piston du vérin, sont à fond de course en bas.

Dès qu'il s'apercevra que le niveau du liquide baisse, il vérifiera tous les joints des tuyauteries, les bourrages ainsi que tous les robinets d'air des différents appareils; il peut en effet avoir omis de fermer hermétiquement un de ceux-ci.

Les boulons des coussinets des biellettes de la pompe électrique seront souvent examinés et serrés au besoin; ces coussinets seront rectifiés aussitôt que l'on observera le moindre jeu.

Il est strictement défendu de laisser ouverte la porte de visite du carter de cette pompe.

Les soupapes des appareils seront rôdées sur leur siège aussitôt que l'on s'apercevra qu'elles laissent passer du liquide. Cette opération s'effectuera au moyen de la poudre d'émeri. Elles seront rectifiées au besoin; elles peuvent en effet s'abîmer au passage d'un corps étranger; ainsi, par exemple, un ressort de ces soupapes peut se casser et les débris s'introduire dans les tuyauteries.

Quand on rôde les sièges des soupapes de fin de course du vérin, du distributeur automatique et du distributeur de commande, bien s'assurer si, quand la soupape est remise en place, elle porte bien sur son siège dans la position qui exige cette condition.

Pour s'en assurer, on placera l'arbre du distributeur dans les positions reprises aux croquis 55 et 56. Il faut alors qu'il y ait en A, un jeu d'environ 3 à 4 millimètres. Si ce jeu n'existerait plus, il faudrait le rétablir en limant ou en burinant la face B, figure 57 de la soupape qui vient en contact avec le plat de l'arbre du distributeur.

Tous les robinets en général s'appuyant sur siège, devront être serrés avec prudence, de manière à ne pas exercer un effort trop grand sur le couvercle. Cette prescription est surtout applicable au robinet A, isolant l'accumulateur.

Le treuil se trouvant dans le haut de la tourelle doit être visité assez souvent; il peut en effet s'oxyder sous l'effet des émanations acides qui pourraient venir de la salle des accumulateurs électriques.

Butoirs hydro-pneumatiques. — Le cylindre des butoirs sera nettoyé journellement. L'électricien devra toujours avoir en magasin deux verres indicateurs de rechange pour ces pièces.

Les instructions relatives aux butoirs sont les suivantes :

Pour remplir le cylindre *a* de glycérine, il faut d'abord reculer le piston *b* à fond de course avant (position indiquée au croquis), puis enlever le bouchon d'air *f* et, par le trou du bouchon *e*, verser le liquide jusqu'à ce qu'il déborde en *f*. (La glycérine ne pénétrera pas dans le creux du piston *b*, attendu que l'air de celui-ci n'aura pas d'issue.)

Le piston *b* est muni d'un tube formant réservoir à air comprimé, dans lequel, au moyen de la pompe *d* raccordée au point *c*, on donne une pression initiale de $1/2$ à 1 atmosphère effective. Cette pression doit être la plus faible possible; elle sera suffisante dès que l'on aura constaté expérimentalement que le piston *b* refoulé plus ou moins dans le cylindre *a* revient de lui-même à fond de course avant (position indiquée au croquis). Il sera nécessaire de faire cette vérification de temps à autre et pour diverses positions du piston.

Le niveau du liquide est constaté par l'indicateur *g*, lorsque le piston *b* est à fond de course avant (position du croquis).

§ 3. — Appareils mécaniques.

Instructions générales. — Toutes les pièces mécaniques en général qui ont été travaillées à l'outil (tournées, rabotées, etc.), en un mot parachevées, seront maintenues en parfait état de propreté, exemptes de toute trace d'oxydation. Cette prescription est surtout applicable aux pièces métalliques qui, par leur contact, doivent transmettre l'énergie électrique.

Les graisseurs Stauffer, à pression élastique, seront rechargés à temps voulu, de telle sorte que la tige du piston ne soit jamais moins de 5 millimètres du fond de course (graisseur *vtde*).

Les graisseurs Stauffer à pression, ordinaires, seront également rechargés en temps utile; on en resserrera le couvercle au moins deux fois par semaine. On s'assurera aussi périodiquement s'il y a de l'huile en suffisance dans le réservoir des paliers à graissage continu, si la bague entraîne bien l'huile aux coussinets; on en vérifiera aussi les verres indicateurs.

Graissage des lentilles. — Un point très important est le graissage des lentilles: elles doivent toujours se trouver dans un bain d'huile. Pour s'assurer du graissage, on observera le verre indicateur placé sur le côté du pivot; le trait qui est marqué sur ce verre est tracé 10 millimètres plus haut que le joint des lentilles.

Le niveau de l'huile ne peut jamais descendre plus bas que cette cote (voir fig. 59).

Il se peut également que de l'eau s'introduise dans le réservoir à l'huile, chassant celle-ci par le dessus. Le cas échéant il suffira d'enlever le bouchon E, laisser écouler toute l'eau et la remplacer par de l'huile. On constatera facilement la présence de l'eau par le verre indicateur. On emploiera pour les lentilles de l'huile de toute première qualité et bien grasse; l'huile doit affleurer le dessus du verre indicateur.

Le mécanicien est tenu de visiter le pivot au moins deux fois par semaine; il doit toujours posséder en magasin un verre indicateur de rechange. Dimensions de ce verre : 100 millimètres de longueur sur 30 millimètres de diamètre extérieur.

Verrou d'orientation, éclissage des rails et plaques mobiles.
— Le verrou d'orientation ainsi que les tiges d'éclissage des rails seront nettoyés journellement. S'assurer que les contacts électriques de fin de course fonctionnent normalement.

Pour l'éclissage des rails, vérifier périodiquement le calage des leviers sur l'arbre de commande (voir croquis 60.)

Pour les plaques mobiles, nettoyer et huiler toutes les parties frottantes et s'assurer aussi que les contacts électriques de fin de course, fonctionnent normalement.

Mouvement de gyration. — On resserrera au besoin les boulons des supports et paliers, on vérifiera leur calage. On aura soin d'enlever des planchers supportant les appareils et mécanisme de gyration, les poussières et autres corps étrangers qui pourraient s'y introduire.

L'électricien veillera à avoir toujours en magasin un sabot de frein de rechange en bois d'orme. Il s'assurera que l'entrée et la sortie de l'air du cylindre des électros actionnant les freins soient tout à fait libres. Il se peut en effet que cette admission d'air étant obstruée, le piston de l'électro fonctionne difficilement. L'entrée et la sortie d'air se produisent par une vis sur laquelle on a limé un plat et qui se trouve vers le haut du cylindre de l'électro.

Les dentures recevront comme lubrifiant de la graisse consistante additionnée de plombagine; celles hors carter seront nettoyées à vif de temps à autre, afin de faire disparaître les poussières et autres corps étrangers qui pourraient y adhérer.

Le mécanicien aura soin de ne pas laisser ouvertes les portes de visite des carters et enveloppes en tôle.

Le pontier veillera toujours à ce qu'aucun corps étranger ne repose sur la crémaillère, soit par oubli, soit par accident.

Le mouvement de gyration est exécuté à l'aide de deux moteurs électriques placés sur tablier; les manchons d'accouplement de ces moteurs avec le mouvement de gyration devront être vérifiés périodiquement.

NOTA. — Il est strictement défendu à l'électricien de s'occuper du graissage des pièces mécaniques de la gyration pendant la manœuvre du tablier. L'espace libre entre les parties fixes du pont et ces différents organes ne permet pas cette manœuvre.

§ 4. — Pièces de rechange.

Les pièces de rechange seront maintenues dans un parfait état de propreté; veiller surtout aux crics hydrauliques, que l'on devra de temps en temps faire fonctionner afin de pouvoir nettoyer la tige du piston.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I ^{er} . — DESCRIPTION.	
§ 1. — Situation	219
§ 2. — Dispositions générales	220
§ 3. — Fondations	221
§ 4. — Superstructure	222
§ 5. — Phases et temps d'une manœuvre	227
§ 6. — Force motrice	230
§ 7. — Vérin et appareils hydrauliques	233
§ 8. — Appuis	236
§ 9. — Mécanisme de gyration	237
§ 10. — Butoirs	239
§ 11. — Verrou d'orientation	241
§ 12. — Éclissage des rails	242
§ 13. — Signalisation	243
§ 14. — Enclanchements et connexions électriques	243
§ 15. — Avantages	249
CHAPITRE II. — CONDUITE.	
§ 1. — Manœuvre électrique	252
§ 2. — id. à main	255
CHAPITRE III. — ENTRETIEN.	
§ 1. — Appareils électriques	259
§ 2. — id. hydrauliques	261
§ 3. — id. mécaniques	263
§ 4. — Pièces de rechange	265