Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 2 (1936)

Artikel: Quelques constructions métalliques exécutées en France de 1932 à 1936

Autor: Icre, L.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2985

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

VIIa 5

Quelques constructions métalliques exécutées en France de 1932 à 1936.

Einige in den Jahren 1932 bis 1936 in Frankreich ausgeführte Stahlbauten.

Some French Steel Structures executed during 1932—1936.

Colonel L. Icre,
Directeur de l'Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier, Paris.

I. — Considérations générales.

Les années 1932 à 1936 marquent la période de stabilisation de la crise qui a effecté toutes les branches de l'industrie et en particulier de la métallurgie. Après les années exceptionnelles de 1929 et 1930, les chiffres de production reculent, mais moins brutalement. A partir de 1932, ils se stabilisent, avec une légère tendance à reprendre. C'est là un soupçon d'indice de la reprise de quelque activité.

L'un des caractères les plus nets qui se dégagent de l'activité des constructeurs métalliques français est la recherche et le développement de techniques améliorées ou nouvelles qui s'efforcent de diminuer le prix de revient en tirant mieux parti des possibilités de l'acier.

Parmi ces techniques, il faut donner une place à part à la Soudure à l'Arc électrique, que des progrès continus ont portée à un degré de perfectionnement qui lui confère une grande sécurité, en même temps qu'elle ouvre un nouvel horizon à la construction métallique.

La soudure par résistance a réalisé concurremment des progrès sensibles, étendant ses applications jusque dans la grosse charpente.

La recherche de la légèreté des constructions, sans rien enlever à leur solidité, a conduit à l'emploi de plus en plus étendu des aciers à haute résistance, et même dans certains cas, des aciers inoxydables qui trouvent, malgré leur prix plus élevé, la possibilité d'être utilisés avec avantage.

Cette même recherche de la légèreté a fait apparaître des solutions nouvelles originales, particulièrement dans les planchers d'immeubles, dans les ponts et dans les hangars d'aviation.

Il n'entre pas dans le cadre de ce rapport de décrire toutes les conceptions imposantes qui ont vu le jour en ces quatre dernières années et dont la plupart sont encore en pleine évolution. Nous nous contenterons de décrire brièvement les réalisations les plus essentielles.

II. — Ossatures métalliques d'immeubles.

Un grand nombre d'immeubles à ossature métallique ont été construits entre les années 1932 et 1936 et nous sommes obligés de faire un choix en citant seulement cinq des plus importants qui représentent, dans des domaines différents des réalisations où l'acier est apparu comme particulièrement adapté au but que l'on désirait atteindre.

1° — *L'immeuble de la société Shell, à Paris* (fig. 1).

Cette construction, édifiée par les Etablissements *Borderel et Robert,* et les Etablissements Baudet, Donon et Roussel, occupe une superficie de 8000 m² et elle est remarquable non seulement par son architecture, mais encore par les aménagements qui y ont été réalisés.

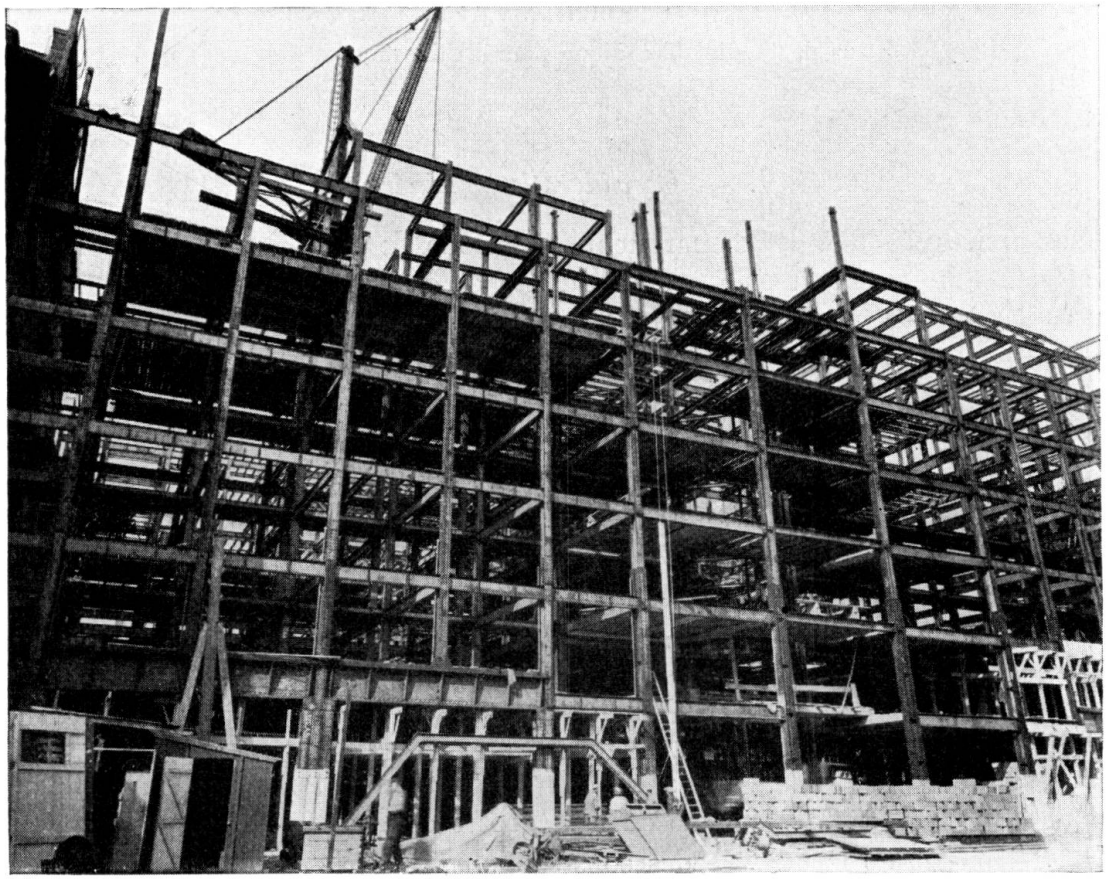

Fig. 1.
Immeuble de la Société Shell. Vue générale de l'ossature.

L'immeuble comporte des fondations et trois étages en sous-sol en béton armé. Puis au-dessus une ossature métallique d'environ 5000 tonnes enrobée de béton pour diminuer les risques d'incendie. Tout a été étudié et calculé pour obtenir le meilleur rendement aux conditions les plus avantageuses. C'est ainsi que pour l'ossature on s'est attaché à l'emploi d'éléments à très larges ailes jusqu'à 500×300 en n'ayant recours à aucun élément métallique composé; l'ossature étant entièrement enrobée en béton armé pour être à l'abri du feu.

Les façades, suivant les nouveaux procédés de construction, sont accrochées sur l'ossature. La composition architecturale de ces façades est sobre et assez particulière. Elle est caractérisée par de hautes piles accusant les lignes verticales et qui se terminent en pinacles. La grande longueur des façades est rompue par des avancées en légère saillie, plus hautes et portant à leur fronton le nom de la «Shell» en grands caractères.

2° — *La faculté de médecine de Lille* (fig. 2).

La première étape de la Construction de la Cité hospitalière de Lille comportait l'édification de la nouvelle Faculté de Médecine.

Cet immeuble est constitué par un groupe de constructions symétriques s'étendant sur un front de 140 m environ et sur une longueur développée de 230 m.

La partie centrale et les ailes comportent 6 étages, chacun d'eux ayant une surface de 3100 m².

Les amphithéâtres d'enseignement Est et Ouest, avec leurs locaux annexes, ont chacun une surface de 360 m² et leur hauteur correspond à 2 étages des parties voisines.

L'ossature est métallique; solives, poutres principales et secondaires, ainsi, que les poteaux. Ceux-ci prennent en général appui sur le plancher du 1er étage

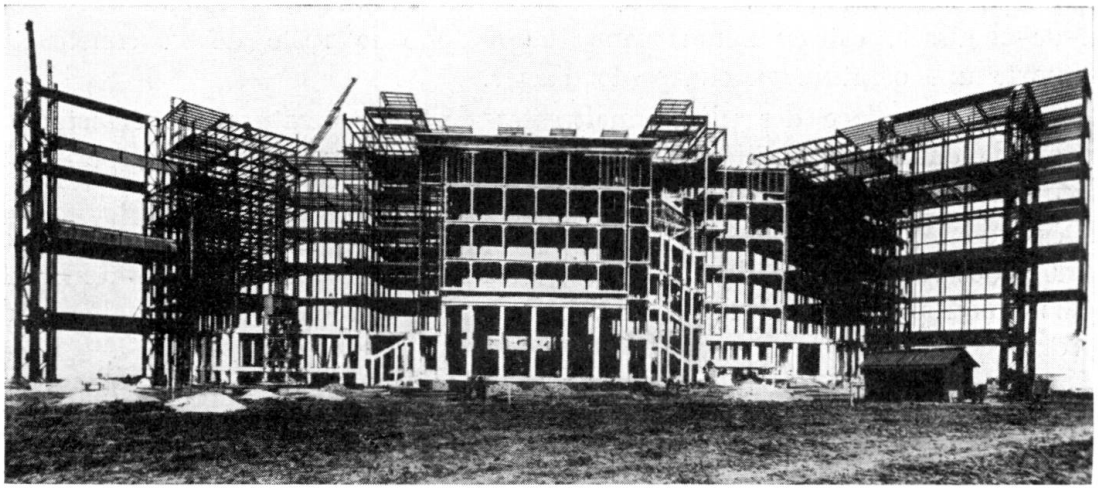

Fig. 2.

Faculté de Médecine de Lille. Vue générale de l'ossature.

lequel est en béton armé. 2000 tonnes d'acier ont été employées pour l'ensemble de la charpente.

Au 7e étage, sur toute la longueur de 90 mètres de la construction comprise entre les amphithéâtres Est et Ouest, se trouve une construction en sheeds métalliques recevant tous les animaux.

Dans ces constructions, nous retrouvons en charpente métallique, l'ossature des gradins du Grand Amphithéâtre de 600 places, les combles en sheeds de la Salle de Dissection et ceux de la Salle de Démonstration opératoire.

Cette imposante ossature métallique a surgi de terre en quelques semaines

à l'aide d'engins et grues-mâts commandés électriquement. En façade notamment, une puissante grue électrique roulante et pivotante, à trois moteurs, dont la flèche pouvait s'élever à 42 mètres de hauteur et s'allonger horizontalement sur une portée de 20 mètres, a attiré l'attention des visiteurs, à la fois par son élégance et sa robustesse.

Nous signalons, au point de vue technique, une particularité intéressante de cette superstructure.

A la demande de la Commission des experts, présidée par *M. Dautry,* Directeur des Chemins de fer de l'Etat, les «Etablissements *Baudon & Cie*», à qui furent confiés les travaux de charpente métallique, ont réalisé le principe des cadres continus et superposés. Ce dispositif assure par des assemblages particulièrement étudiés la liaison verticale et horizontale des poteaux et des poutrages recevant les planchers.

En outre, les poteaux sont exécutés en acier à haute resistance, de façon à alléger l'ossature métallique, tout en augmentant sa résistance.

3° — *Le cinéma Rex, à Paris* (fig. 3).

Edifié sur un terrain d'environ 1900 m², de forme trapézoïdale, le cinéma Rex a été construit par les Etablissements *Baudon* en collaboration avec les Etablissements *Venot-Peslin.*

La salle de spectacle a 34 mètres de largeur moyenne sur 31, 50 mètres de profondeur suivant l'axe. L'infrastructure du bâtiment, jusqu'au niveau du rez-de-chaussée, est en béton armé, tandis que le reste de la construction comporte une ossature en charpente d'acier.

La mise en place des pièces maîtresses de cette ossature fut effectuée au moyen de deux grands mâts de levage, de 36 mètres de hauteur, permettant chacun de lever séparément 15 tonnes.

Dès que l'ossature générale fut en place, on exécuta les remplissages des murs et des voiles pleins, destinés à isoler les bâtiments voisins, en cas d'incendie, tandis qu'on procédait, à l'intérieur, à la pose de la charpente métallique des balcons.

Les remplissages furent montés avec une très grande rapidité, au moyen de blocs creux en béton, préparés d'avance sur le chantier, posés sur plusieurs lits consécutifs au coulis de ciment, avec une armature dans chaque joint, puis liaisonnés et armés par des aciers ronds verticaux placés dans les vides, dans lesquels on coule du béton; l'ensemble constituant, après prise, un véritable monolithe.

Fermes. — Les fermes principales du comble, au nombre de sept, ont été construites en treillis. Elles ont été établies de façon à n'occasionner aucune poussée sur les poteaux d'appui, qui sont de sections relativement faibles. D'autre part, on devait conserver, après mise en charge, l'horizontalité absolue de la membrure supérieure, qui porte les planchers des bureaux, ce qui obligea de donner à la fabrication une contre-flèche appropriée.

La partie médiane de la membrure supérieure est horizontale sur une douzaine de mètres, pour recevoir les planchers des bureaux, qui surplombent la salle sur toute sa longueur. La membrure inférieure est horizontale sur la majeure

partie de la portée, relevée des deux côtés vers les points d'appui et renforcée aux extrémités par de larges goussets servant également à la fixation sur les poteaux-supports; en chaque point de jonction des éléments obliques, s'assemble un bracon, contrefiche destinée à contreventer transversalement la charpente et servant également à accrocher les tirants de suspension de la partie marginale de la coupole de la salle; c'est pourquoi l'on a soulagé ce bracon en son milieu, par deux diagonales. Dans la dernière ferme, la plus petite, le bracon

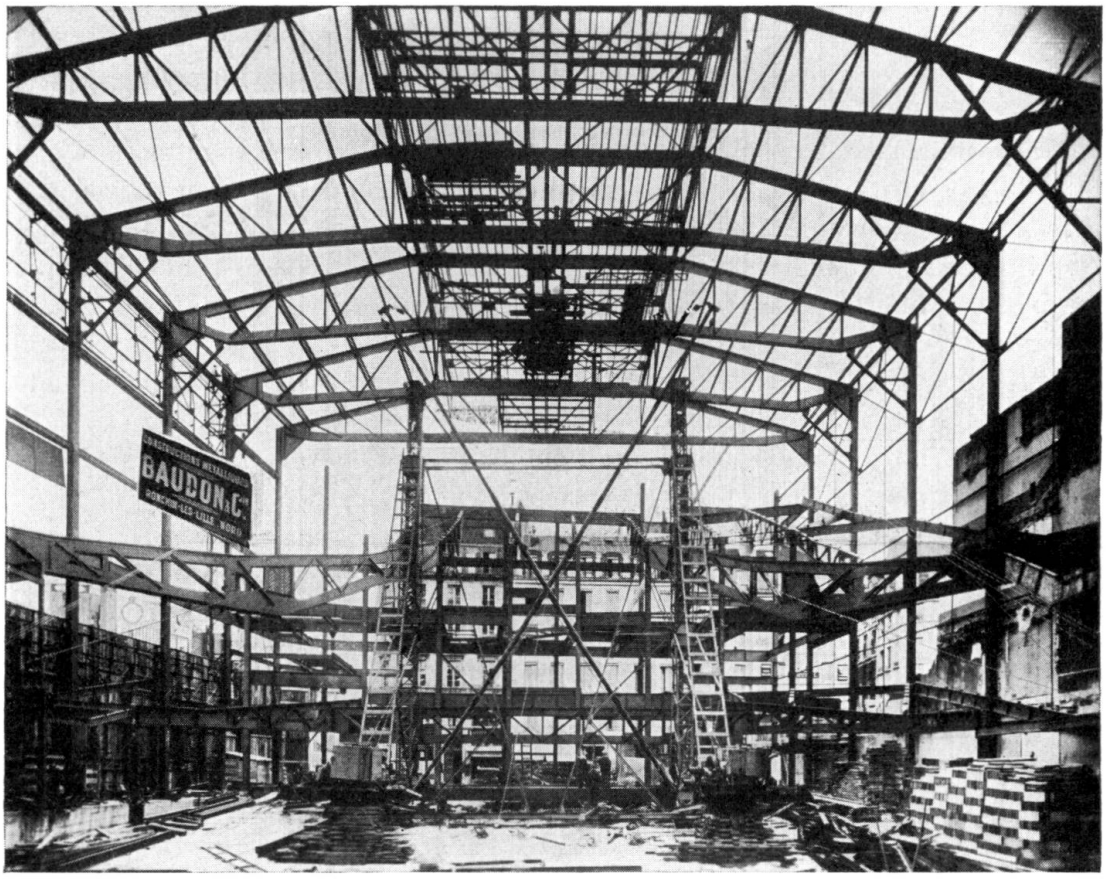

Fig. 3.

Cinéma «Rex». Vue de l'ossature.

est remplacé par une barre horizontale assemblée sur le poteau, prolongeant la ligne horizontale de la membrure inférieure et servant également de contreventement transversal.

Il est à signaler qu'aucun des axes des fermes ne coïncide avec le milieu de la portée, et que la différence de longueur entre les deux demi-éléments atteint 1,40 m pour la plus grande ferme.

L'assemblage du bracon, de ses diagonales et du poteau, réalisé par trous de boulons ovalisés, n'a été définitivement effectué sur place qu'après mise en charge du comble, de façon que, la ferme ayant pris sa flèche, on ne risque plus de créer des poussées partielles sur les poteaux aux points de jonction.

Le plan du bâtiment étant trapézoïdal, les sept fermes ont des portées différentes, s'échelonnant entre 33,90 m et 38,60 m; leurs hauteurs varient

également, de 3,50 m à 6 m. La plus grande, dont le poids dépasse, 24 tonnes, et qui supporte une charge totale approximative de 200 tonnes, est la plus voisine de la scène.

La hauteur disponible entre le plancher des bureaux qui surmontent le théâtre et la voûte de la salle, varie ainsi d'un bout à l'autre de la construction; elle est minimum au-dessus des gradins supérieurs de l'amphithéâtre. Cette hauteur est utilisée pour le logement d'une partie de l'appareillage, et notamment des conduits de ventilation.

Balcons. — Sur l'ossature générale viennent prendre appui les charpentes métalliques des deux balcons, qui ne sont supportés par aucune colonne intermédiaire.

On a fait porter les balcons par des consoles assemblées en arrière à un poteau de l'ossature et on a diminué le porte à faux de celles-ci au moyen d'une poutre intermédiaire parallèle au devant de scène, formant chevêtre, qui les soutient vers le milieu de leur longueur, cette poutre reposant à son tour sur deux poutres biaises qui prennent appui sur deux poteaux de l'ossature. En outre, on a équilibré, dans la mesure du possible et pour les conditions moyennes de surcharge, la travée entre appuis et la travée en encorbellement de chaque console.

Les deux poutres biaises qui supportent la poutre-chevêtre de chaque balcon, dont elles permettent de réduire la portée à moins des deux tiers de la largeur de la salle, prennent appui, extérieurement, sur un poteau métallique des murs de pourtour et, intérieurement, sur un poteau de la paroi courbe séparant la salle des foyers. Chacune de ces poutres biaises est constituée par deux poutres en treillis jumelées, formant caisson, de silhouette pentagonale, presque triangulaire, dont la hauteur maximum est dans le plan d'appui de la poutre-chevêtre.

La poutre-chevêtre, qui supporte les bascules de chaque balcon, est également une poutre-caisson en treillis, mais de hauteur constante.

Les poutres-consoles ou bascules, au nombre de huit, qui reçoivent le plancher des balcons, sont en treillis, de forme presque triangulaire. Elles sont adossées en arrière à un des poteaux de la paroi courbe des foyers; six d'entre elles, dans chaque balcon, venant prendre appui sur la poutre intermédiaire, tandis que les deux extérieures s'appuient directement sur les poutres biaises, à leur intersection avec celles-ci. Ainsi soutenues vers le milieu de leur portée, les consoles-bascules forment de véritables cantilevers, dont la partie haute, entre appuis, équilibre la partie en porte à faux.

Les consoles balcons ont été calculées et éprouvées pour une surcharge mobile de 500 kg/m^2.

4° — *Les nouvelles usines Citroën à Paris* (fig. 4).

Signalons enfin, l'ensemble de charpentes métalliques construites en un seul bloc par la Compagnie *Saint-Quentinoise de Construction* pour la Société *Citroën.*

Cette charpente d'usine, édifiée sur le quai de Javel, à Paris, comporte un hall central de 24 mètres de portée et de 228 m de longueur, avec une hauteur sous entrait de 12 mètres. Les poteaux de ce hall supportent des chemins de roulement qui peuvent recevoir un pont roulant de 10 tonnes.

Fig. 4.
Usine Citroën.

A droite et à gauche de la nef centrale, 5 nefs de 16 m de portée ont été accolées. Elles comportent des planchers métalliques avec surcharge de 500 kg/m².

L'ensemble de l'ossature représente 8000 tonnes d'acier et il est intéressant de noter que la livraison et le montage se sont effectués au rythme de 1000 tonnes par mois.

III. — Ponts rivés.

Parmi les nombreux ponts édifiés de 1932 à 1936 par les constructeurs français, nous en signalerons trois, dans des types différents, qui sont remarquables par leur importance et la netteté de leur conception.

5° — *Pont basculant de Dunkerque* (fig. 5).

Cet ouvrage, est un pont mixte permettant à la fois le passage des véhicules et des trains. Il a été construit par les Etablissements *Daydé* sur la nouvelle écluse du pont de Dunkerque.

Il comporte une chaussée de 5,00 m de largeur avec voie ferrée de largeur normale établie dans l'axe et deux trottoirs de 1,25 m.

C'est un pont basculant roulant du type *Scherzer*.

Son ouverture totale correspond à une rotation de 85° et à une translation de 11,84 m.

Le basculement du pont permet de dégager une passe de 42,00 m entre les bajoyers de l'écluse.

La travée basculante comprend:

— Une volée, portant la chaussée, la voie ferrée et les trottoirs, constituée par deux poutres à treillis à hauteur variable de 45 m de portée, espacées de 8,20 m d'axe en axe et reliées par des pièces de pont, espacées de 5,50 m supportant le tablier.

— Une culasse constituée par deux poutres circulaires, reliées entre elles au-dessus de la chaussée par une ossature métallique.

— Un contrepoids supporté par cette ossature.

La culée côté culasse, porte deux chemins de roulement de 12,80 m de longueur sur lesquels roulent les poutres circulaires pendant l'ouverture ou la fermeture du pont et deux chevalets supports des crémaillères d'engrènement des pignons dentés de commande du mécanisme de manoeuvre.

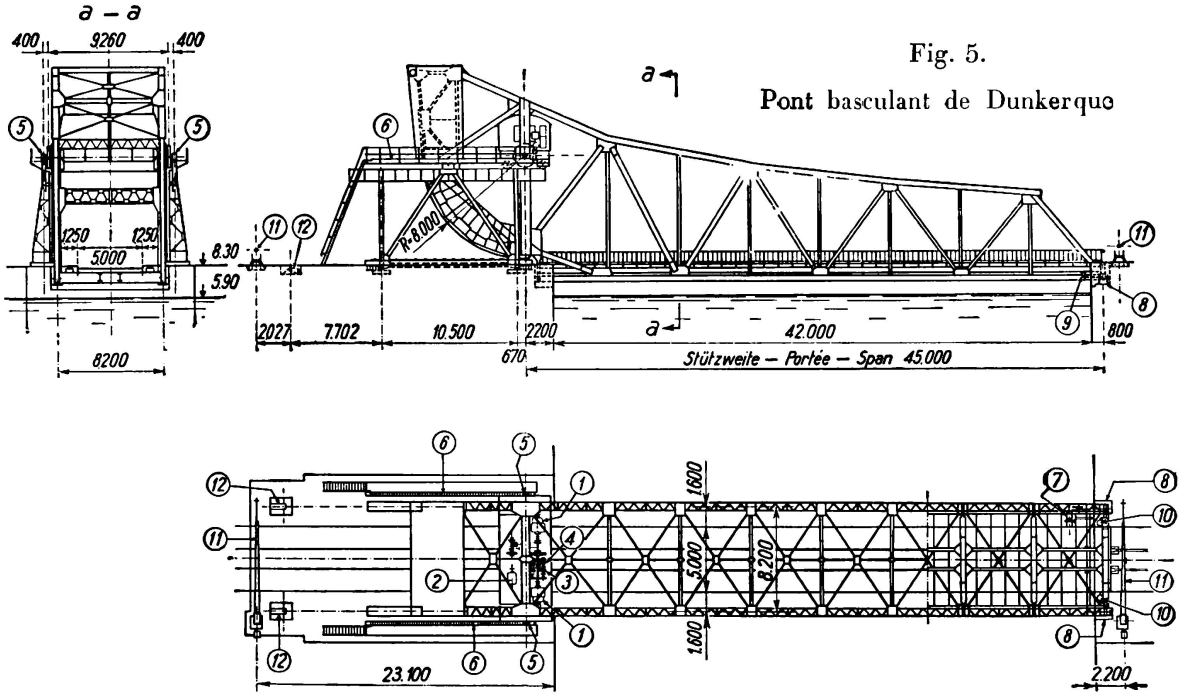

Fig. 5.
Pont basculant de Dunkerque

1) Moteur électrique 162 C. V.
2) Moteur à essence. Renault 46 C. V.
3) Frein Mégy.
4) Frein électro-magnétique.
5) Pignon d'attaque de la crémaillère.
6) Crémaillère.
7) Moteur du verrouillage.
8) Appui-guidage.
9) Tringlerie du verrouillage.
10) Amortisseur de fin de course.
11) Barrière oscillante.
12) Accrochage du pont levé.

Mécanismes de manoeuvre.

Tous les mécanismes de manoeuvre sont montés sur un chariot à plateforme horizontale guidée, suivant un dispositif breveté, système *Daydé,* qui se déplace horizontalement pendant le basculement.

Le mouvement est obtenu à l'aide d'un moteur électrique à courant continu de 162 CV alimenté par un groupe convertisseur *Léonard* disposé dans la cabine de manoeuvre. Ce groupe est alimenté en courant alternatif triphasé à 50 périodes sous 380 volts entre phases.

Un moteur de rechange placé vis-à-vis du précédent peut être mis en service en cas de besoin.

Deux freins électromagnétiques immobilisent le pont dans toutes les positions lorsque le courant se trouve coupé sur le moteur.

Un frein automatique s'oppose à tout instant à ce que le pont devienne moteur sous l'action du vent.

Un moteur à essence de secours est installé sur la plateforme des mécanismes, ainsi qu'un dispositif de manoeuvre à main, commandé par chaînes pendantes.

L'ouverture ou la fermeture du pont peut s'effectuer en 100 secondes par un vent contraire de 50 kg/m².

Verrouillage.

L'extrêmité de la volée porte un verrou commandé électriquement de la cabine du pontier, et dont la commande est conjuguée avec celle du basculement.

Ancrage du pont ouvert.

Le pont peut être ancré dans sa position d'ouverture complète au moyen de bielles en acier reliant la caisse du contrepoids à un socle métallique scellé dans un massif de fondation.

Cet ancrage est prévu pour résister à un vent de 150 kg/m².

Amortisseurs.

Deux amortisseurs placés à l'extrêmité de la volée permettent d'amortir les chocs en fin de fermeture du pont.

Barrières de fermeture.

A l'entrée du pont, sur les deux culées, sont placées deux barrières levantes commandées électriquement de la cabine du pontier, et comportant une signalisation sonore et optique.

Cet ouvrage est le quatorzième pont levant du même type exécuté par les Etablissements *Daydé.*

6° — *Pont de Moissac* (fig. 6).

Pour remplacer l'ancien pont de Moissac, sur lequel la ligne de chemin de fer de Bordeaux à Sète franchissait le Tarn et qui s'était effondré à la suite de l'affouillement de ses piles, causé par une crue importante et subite de la rivière les Etablissements *Daydé* ont construit un nouvel ouvrage, à 3 travées continues de hauteurs variables, dont les portées respectives sont les suivantes:

120,00 m pour la travée médiane
95,70 m pour les travées de rive

et qui reposent sur deux piles en rivière et deux culées.

Les poutres principales, à treillis, de hauteur variable, sont écartées de 9,50 m d'axe en axe.

Les membrures inférieures sont horizontales, les membrures supérieures polygonales, avec une partie horizontale à l'aplomb de chacune des piles.

Ce profil résulte de la suppression des montants verticaux sur piles, il contribue à donner à l'ouvrage un aspect de grande légèreté.

La hauteur des poutres, sur les piles est de 18,50 m; elle diminue graduellement jusqu'à 10,50 m au milieu de la travée médiane et à 8,50 m aux extrêmités sur culées.

Les membrures doublées des poutres principales sont réunies par une triangulation simple en V, avec montants verticaux aboutissant aux noeuds de treillis supérieurs.

Les pièces de pont dont l'écartement varie de 5,40 m à 7 m sont reliées par quatre files de longerons à section en forme d'I, disposées à l'aplomb des rails.

Le contreventement est constitué par des entretoisements transversaux placés dans le plan des diagonales comprimées, et par une triangulation horizontale en croix de Saint André disposée dans le plan des semelles des membrures inférieures.

Les entretoisements transversaux forment, avec les diagonales et les pièces de pont correspondantes, des cadres rigides qui assurent la transmission des efforts du vent sur la partie supérieure du pont, au contreventement horizontal inférieur.

Les appareils d'appui sont à rotule, fixes sur une des piles et à rouleaux sur l'autre pile et les deux culées.

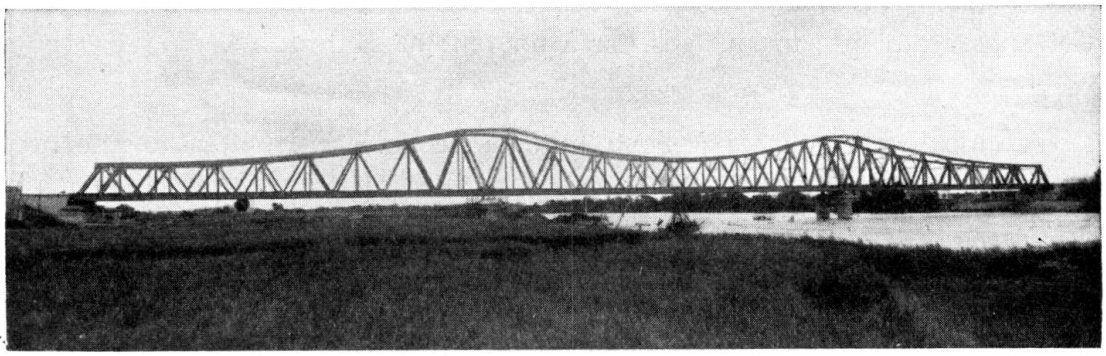

Fig. 6.

Pont de Moissac.

Montage et mise en place du tablier métallique.

La nature du sous-sol à l'emplacement de l'ouvrage ne permettant pas de battre des pieux avec une fiche suffisante, on ne pouvait envisager le montage sur échafaudage, aussi les constructeurs ont-ils préféré, bien qu'il s'agisse d'un pont à grandes mailles, recourir à la mise en place du tablier métallique par voie de lançage.

Chaque moitié du tablier a été montée sur une plateforme aménagée sur chaque rive et halée au-dessus de son emplacement définitif par un treuil électrique sur des appareils à galets disposés sur la plateforme de montage, les culées et les piles.

Afin de réduire les efforts dans les éléments des poutres principales, on dut renforcer ces poutres par une triangulation provisoire supplémentaire.

Un avant bec métallique de 40 m de longueur permettait, d'autre part, de réduire l'importance des efforts au moment du porte à faux maximum.

Une fois le lançage des deux moitiés du pont terminé, on procèda au raccordement, de façon que les efforts intérieurs fussent bien conformes aux efforts calculés dans l'hypothèse de la continuité des travées.

A cet effet, on abaissa les extrêmités sur culées d'une quantité calculée de façon à amener les membrures inférieures au milieu à être horizontales, puis on procéda au rivetage des parties ainsi raccordées.

Le tablier fut ensuite descendu sur ces appuis, les membrures inférieures étant ramenées de niveau.

Par cette façon d'opérer, on est absolument certain que les efforts dans toutes les barres sont exactement les mêmes que si le pont avait été monté sur échafaudage.

L'ensemble de l'ossature métallique du Pont de Moissac représente un poids de 2714 tonnes.

Cet ouvrage par la simplicité de ses lignes et son aspect de plus heureux, témoigne du souci de l'esthétique qui anima les Constructeurs, auteurs du projet.

7° — *Viaduc de La Rochelle-Pallice* (fig. 7).

Le môle d'escale actuellement en cours de construction au large du port de La Rochelle-Pallice sera relié au rivage par un viaduc à travées métalliques supporté par des piles en béton.

Ce viaduc, dont la construction a été entreprise en premier lieu, est aujourd'hui entièrement terminé.

Il comporte, en partant de la terre ferme:

1° Deux groupes de chacun six travées continues, en alignement droit, d'une longueur totale de 840 m.

2° Six travées indépendantes, dont les axes longitudinaux forment en plan un polygône circonscrit à un arc de cercle de 192,50 m de rayon, et de 280 m

Fig. 7.
Viaduc d'accès au môle d'escale de La Rochelle-Pallice.

de développement. La travée la plus au large prend appui sur le môle d'escale lui-même.

La description qui suit concerne les travées continues de l'alignement droit, qui ont été construites par les Etablissements *Daydé*.

La portée de chacune des travées est de 70,00 m d'axe en axe des appuis.

Elles sont établies pour une double voie charretière et une voie ferrée normale placée sur le côté de la chaussée.

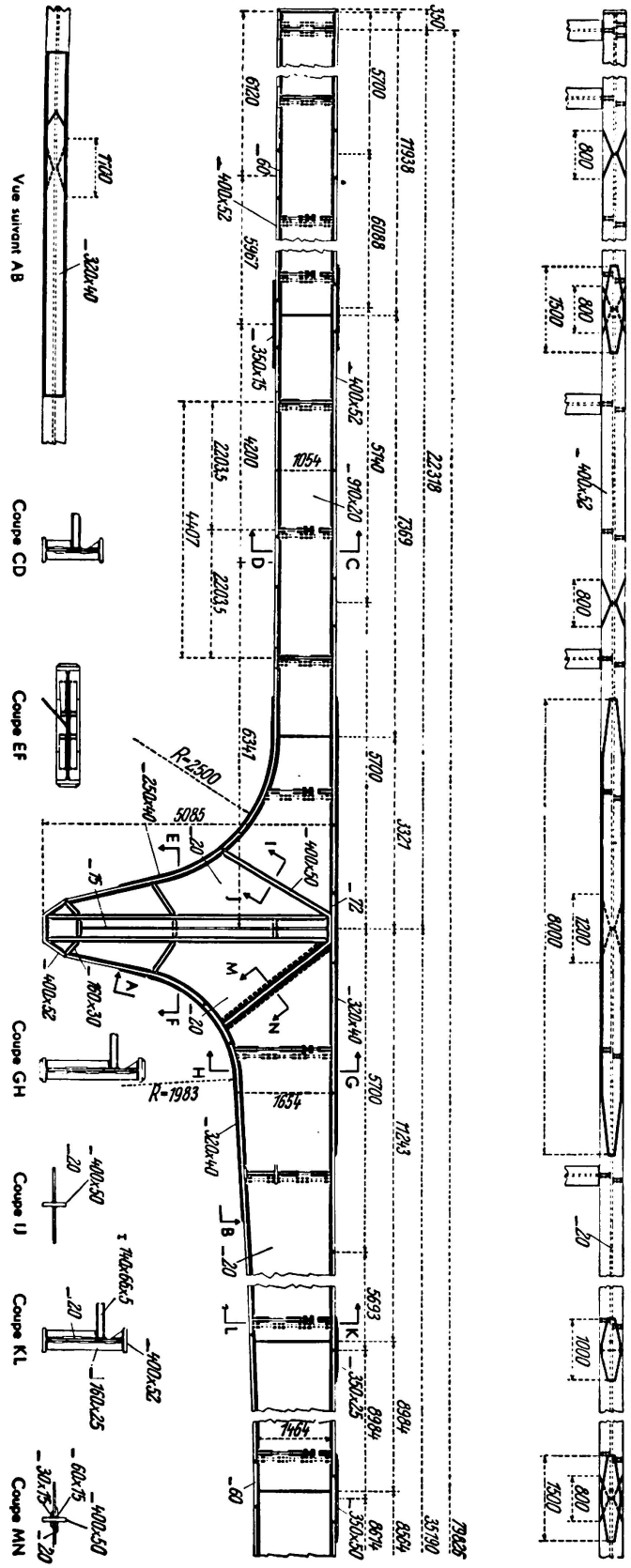

Fig. 8.
Pont de la Porte de la Chapelle à Paris.
Plan de détail.

La largeur libre entre les poutres principales est de 10,00 m.
Deux trottoirs de 1,50 m de largeur sont établis en encorbellement.
Les poutres principales sont à membrures parallèles de 9,50 m de hauteur

hors cornières, avec treillis en croix de St. André, complété par des demi-montants verticaux entre les membrures inférieures et les croisements des diagonales.

Les membrures des poutres sont doubles.

Le tablier sous chaussée, placé à la partie inférieure, est constitué par des pièces de pont, espacées de 7,00 m d'axe en axe, reliées par 7 cours de longerons, dont deux disposés à l'aplomb des rails de la voie ferrée.

Les poutres sont réunies à la partie supérieure par des entretoises transversales à treillis, et par un contreventement horizontal.

Un second contreventement horizontal est disposé dans le plan des semelles des membrures inférieures.

Le tablier comporte un platelage en béton armé.

Les trottoirs sont également constitués par une dalle en béton armé, supportée par deux cours de longerons reposant sur des consoles métalliques assemblées sur les montants verticaux.

Les deux groupes de travées continues ont été montées sur le terre-plein d'enracinement du viaduc, et amenées à leur emplacement définitif par des lançages successifs.

Le poids total des 12 travées droites est de 5600 tonnes, de sorte qu'à la fin du lançage de chaque groupe de six travées, la masse totale en mouvement atteignait près de 3000 tonnes.

IV. — Ponts soudés.

Dans ces 4 dernières années, la construction soudée a connu une évolution considérable. Les constructeurs métalliques, réservés au début, se sont peu à peu rendu compte des possibilités et des avantages qu'apportait la soudure dans le domaine des charpentes et des ponts en acier.

Parmi les nombreuses réalisations d'ossatures soudées, nous avons choisi les trois ponts suivants qui montrent le mieux la capacité de résistance et la souplesse du nouveau procédé de liaison.

8° — *Pont de la Porte de La Chapelle à Paris* (fig. 8).

Les travaux entrepris par la Ville de Paris en vue d'améliorer la circulation à la sortie de la Porte de La Chapelle nécessitèrent, pour le passage des voies ferrées qui se trouvent à cet endroit, le remplacement des ouvrages existants par un pont-rail, biais 41° environ.

La nouvelle construction a été exécutée par les Ateliers de constructions *Schwartz-Hautmont,* sur un plan d'ensemble établi par la Compagnie des Chemins de fer du Nord.

L'ouvrage comporte deux tabliers métalliques placés l'un à côté de l'autre, pratiquement identiques. Chaque tablier prend appui sur deux poutres maîtresses; chacune d'elles à deux béquilles dont les abouts reposent librement sur les culées par l'intermédiaire d'appareils d'appui à dilatation (réactions verticales).

Les béquilles reposent sur le sol par appuis à rotules.

Le pont a une portée totale de 79,80 m en 3 travées, dont une centrale, de 35,20 m et deux latérales, de 22,30 m.

Les deux poutres maîtresses de chaque tablier, écartées l'une de l'autre de 4,05 m, d'axe en axe, sont réunies entre elles par des entretoises orthogonales, qui supportent deux files de longerons, sur lesquels sont fixées les traverses de la voie, au moyen de boulons à crochet. Aux abouts des tabliers, des entretoises tronquées reposent sur la culée sous jacente par l'intermédiaire de sabots en acier moulé (fig. 9).

La voie étant courbe, les longerons de chacun des tabliers sont disposés suivant un tracé polygonal sans aucun décalage, à l'assemblage des longerons aux entretoises.

Des accotements sont supportés par les poutres maîtresses extérieures, sur lesquelles ils sont fixés, à l'aide de consoles reliées à leurs extrêmités par des poutrelles de rive.

Les tabliers devant être étanches, un platelage en tôles unies de 8 mm d'épaisseur, est fixé sur les poutres, entretoises, longerons et poutrelles de rive.

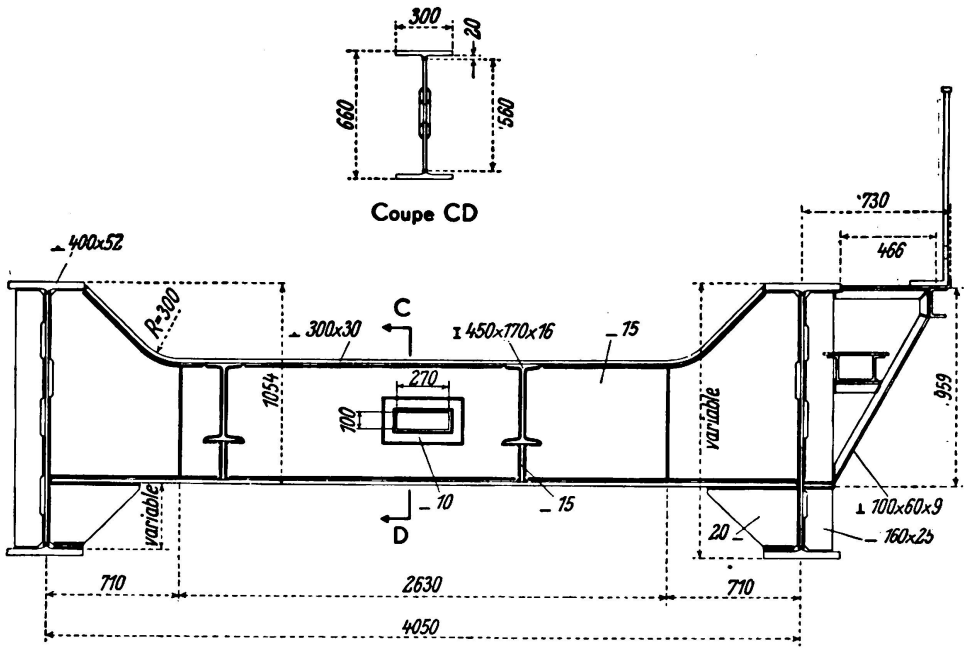

Fig. 9.

Pont de la porte de la Chapelle à Paris. Coupe du tablier.

Les eaux pluviales tombant sur le pont sont amenées, pour chaque tablier, aux caniveaux des chaussées sous-jacentes, par un système de conduits et de gouttières.

Les poutres à béquilles comportent une âme en plat, de 20 mm d'épaisseur, sur laquelle sont soudées deux semelles constituées chacune par des profils spéciaux à téton, qui permettent la soudure bout à bout. Ces semelles ont 400 mm de large et 52 mm d'épaisseur; celles qui sont à la partie inférieure se raccordent de manière continue aux ailes des béquilles.

Les joints d'âmes ont été effectués bout à bout, mais certains joints de semelles, pour répondre aux Instructions Ministérielles de juin 1935, ont dû être réalisés en X.

Les poutres maîtresses de la travée centrale ont, en leur milieu, une hauteur d'âme de 1,32 m qui va en croissant jusqu'à 1,51 m, à la naissance des béquilles. Les travées de rive ont une hauteur d'âme constante de 0,91 m. Des raidisseurs disposés à l'intervalle de 2,20 m environ renforcent ces âmes. Ils sont soudés

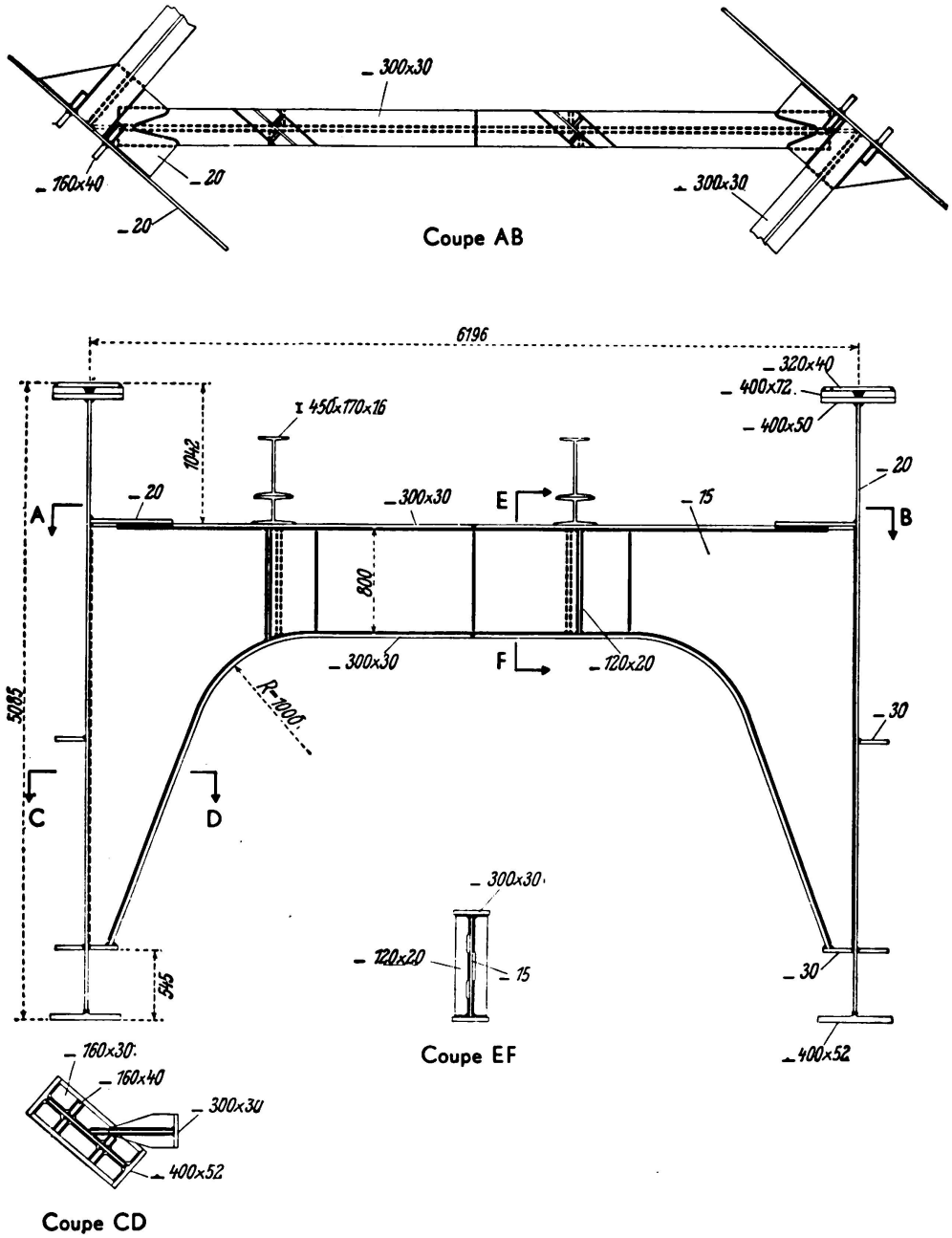

Fig. 10.

Pont de la Porte de la Chapelle à Paris. Contreventement.

sur l'âme et sur les deux ailes, de part et d'autre de l'âme; raidisseurs intérieurs et extérieurs étant légèrement décalés les uns par rapport aux autres.

Les béquilles, qui forment nécessairement un tout continu avec les poutres, sont constituées par une âme de 20 mm d'épaisseur, sur le pourtour de laquelle ont été soudés:

1° en angle, à la partie supérieure, un plat lié, de 50 mm d'épaisseur, sur lequel est fixée l'âme de la poutre horizontale.

2° bout à bout — le profil à téton qui continue l'aile inférieure de cette poutre horizontale.

Des raidisseurs, convenablement disposés, donnent la rigidité nécessaire à ces béquilles qui sont terminées au sol par un appui à rotation.

Les béquilles sont réunies deux à deux par des portiques transversaux qui assurent la verticalité des poutres maîtresses et contreventent le pont. Ces portiques sont constitués eux-mêmes par des cadres à béquilles qui comportent une âme de 15 mm, convenablement découpée, sur laquelle sont soudées, à angle droit, des semelles de 0,30 m de largeur, et de 30 mm d'épaisseur (fig. 10).

Le contreventement transversal du pont, est complété par des entretoises constituées par des âmes de 15 mm d'épaisseur, soudées bout à bout sur des semelles à tétons de 30 mm d'épaisseur. L'âme de ces entretoises, soudée intérieurement aux âmes des poutres maîtresses, sert de raidisseur à ces poutres. Un entretoisement intermédiaire en I laminé de 14 accroît encore le contreventement.

Les longerons, disposés sous rails, sont des IPN de 45. Ils sont assemblés par soudure sur les entretoises.

Il a été fait usage de la soudure, à la fois à l'atelier et sur le chantier. Cependant certaines pièces secondaires furent rivées.

9° — *Pont de Soissons* (fig. 11 et 12).

A la sortie de Soissons (Aisne), la Compagnie des Chemins de Fer du Nord a construit un pont-rail à deux travées jointives, biais, avec trottoir latéral sur console en porte à faux. L'exécution de cet ouvrage a été confiée aux Etablissements *Paindavoine Frères,* d'après un plan d'ensemble établi par la Compagnie des Chemins de fer du Nord.

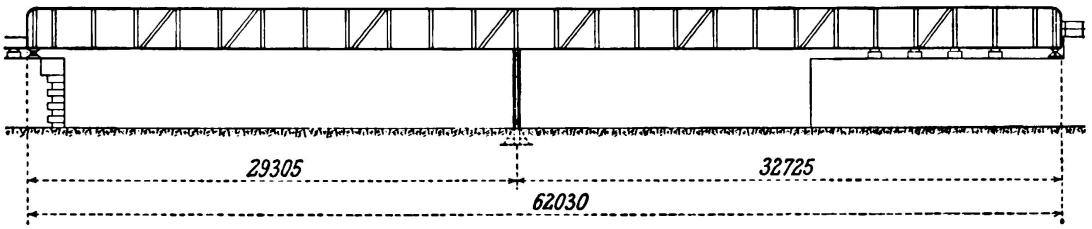

Fig. 11.

Pont de Soissons. Croquis d'ensemble.

Le pont est du type à poutre droite à âme pleine. Il comporte deux travées solidaires dans chacune desquelles les deux poutres principales sont espacées de 4,90 m d'axe en axe.

Les portées des deux travées ont respectivement 62,95 m et 62,03 m.

Chaque poutre maîtresse, de 2,25 m de hauteur, est supportée, vers son milieu, par un poteau de 4,49 m de hauteur, articulé en bas et en haut, d'une part, sur un appui en acier soudé et, d'autre part, sur la poutre elle-même.

Aux abouts du tablier, les poutres reposent sur des culées, par des appuis à rotules et à dilatation.

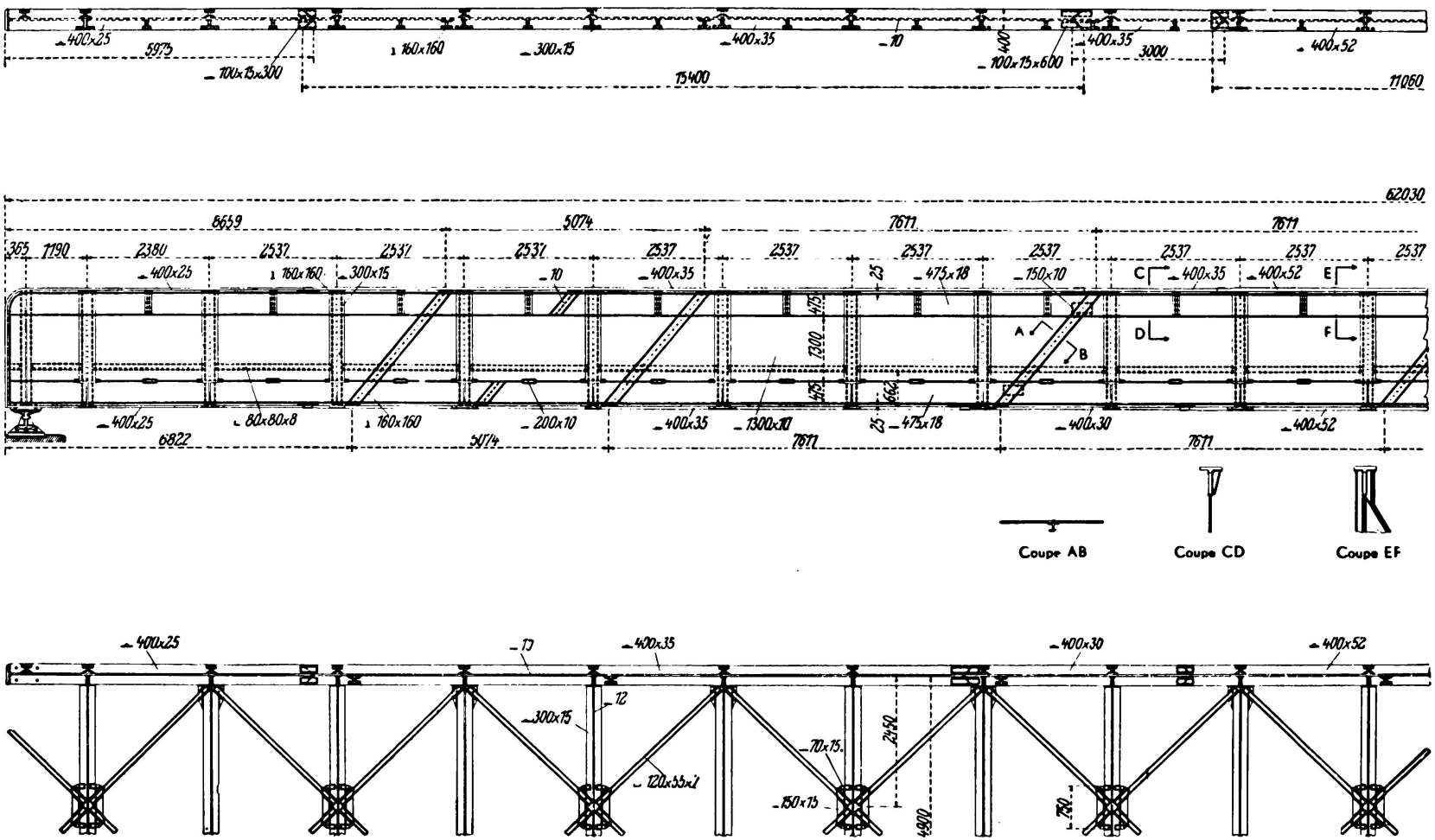

Fig. 12.

Pont de Soissons. Plan de détail.

Les poutres maîtresses comportent une âme en plats de 10 et 18 mm d'épaisseur; sur laquelle sont soudées, bout à bout, deux semelles constituées par des profils spéciaux à téton. Ces semelles ont une largeur uniforme de

400 mm; et des épaisseurs variables, suivant la valeur des moments, de 25 mm, 35 mm et 52 mm avec joints de semelles bout à bout, en V, et couvre-joints.

L'âme est constituée par trois largeurs de plats successifs superposées verticalement et mesurant respectivement 0,475 m, 1,300 m et 0,475 m, soudés bout à bout, sur toute la longueur. Les plats extrêmes ont 18 mm d'épaisseur, le plat médian 10 mm. Les joints des tronçons successifs sont bout à bout et inclinés sur la verticale; les jonctions des plats extrêmes étant décalées, par rapport aux jonctions des plats intermédiaires.

Des raidisseurs, en forme de T, sont disposés à intervalles réguliers de 2,537 m. Ils sont soudés sur l'âme et sur les deux ailes du côté extérieur du pont. D'autres raidisseurs obliques, constitués par des I laminés, renforcent les joints longitudinaux de l'âme.

Du côté intérieur, des entretoises transversales, en forme de portique renversé servent également de raidisseurs aux âmes des poutres maîtresses. Ces entre-

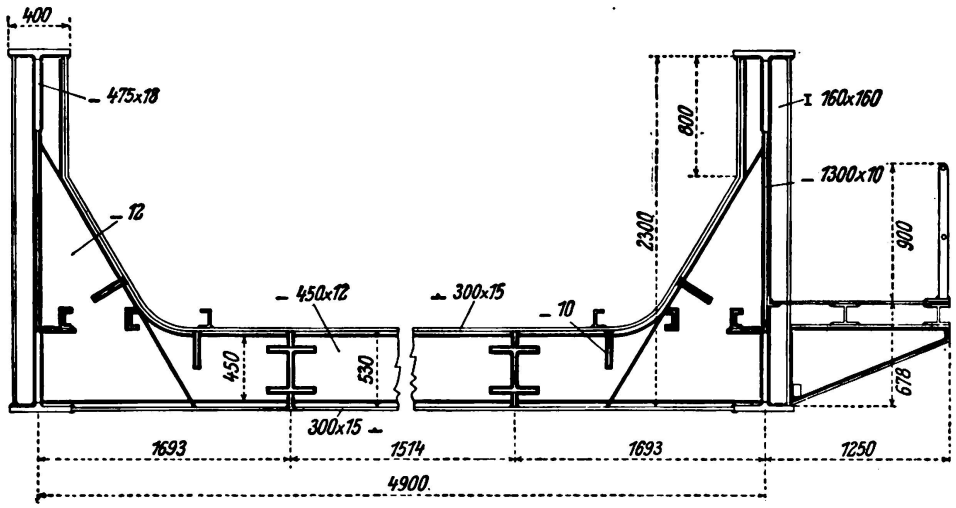

Fig. 13.
Pont de Soissons. Coupe du tablier.

toises sont constituées par une âme de 12 mm d'épaisseur et de 0,45 m de hauteur soudées sur deux semelles, constituées par des profils à bosse de 0,30 m de large et de 15 mm d'épaisseur.

Les longerons, disposés sous rails, sont des I laminés très larges ailes de 30×30. Ils sont assemblés par soudure sur les entretoises (fig. 13).

Les poteaux du milieu du pont sont constitués par un I à larges ailes 36×30, brut de laminage sur l'âme duquel on a soudé, de part et d'autre, deux I laminés à larges ailes 15×15. Les extrémités hautes et basses comportent des assemblages soudés qui permettent de recevoir des rotules d'articulation (fig. 14).

La base du poteau est une charpente soudée d'aspect pyramidal, constituée par des tôles entretoisées et raidies.

A chaque bout du tablier, chaque poutre maîtresse repose sur une articulation. L'appui est fixe d'un côté et mobile de l'autre. Ce dernier appui comporte une rotule et une pièce de roulement, toutes deux supportées par un assemblage dont la soudure a facilité la fabrication.

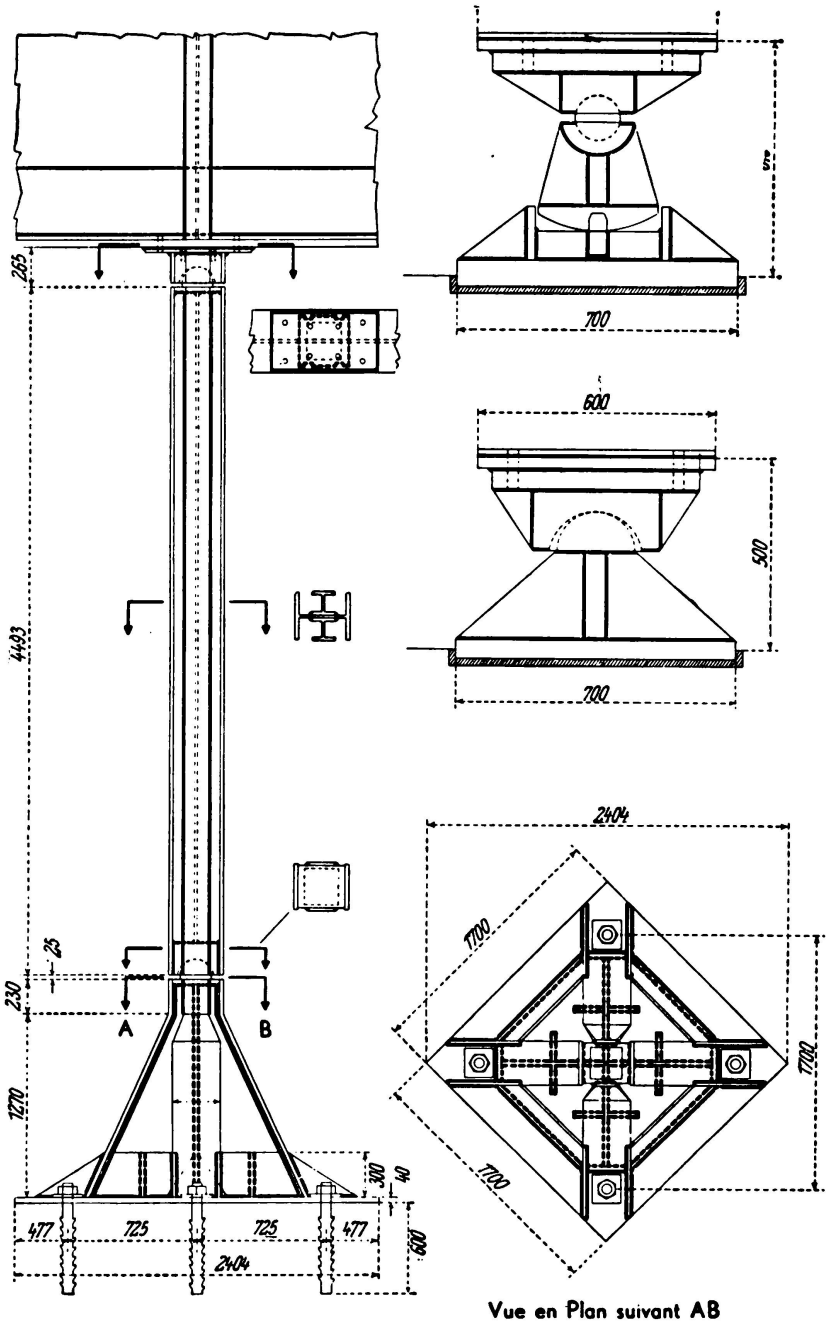

Fig. 14.

Pont de Soissons. Poteau intermédiaire et ses articulations.

10° — *Pont de Neuilly* (fig. 15).

Pour franchir les deux bras de la Seine à Neuilly, près Paris, l'Administration des Ponts et Chaussées a décidé la construction d'un pont soudé dont l'exécution a été confiée aux Etablissements *Baudet, Donon, Roussel.*

Ce pont, comporte deux arches, une pour chaque bras du fleuve. L'une à 67 m d'ouverture d'axe en axe des rotules, l'autre 82 m. Les deux arches étant de construction sensiblement identique, aux dimensions près, nous ne décrirons ici que celle de 82 m.

Le tablier repose sur 12 arcs à 2 articulations de 6,08 m de flèche espacés de 3,22 m d'axe en axe.

Chacun des arcs est constitué par un profil caisson de 1,18 m $\times$ 0,60 m, obtenu par soudure de 4 plats perpendiculaires les uns aux autres. Ce caisson

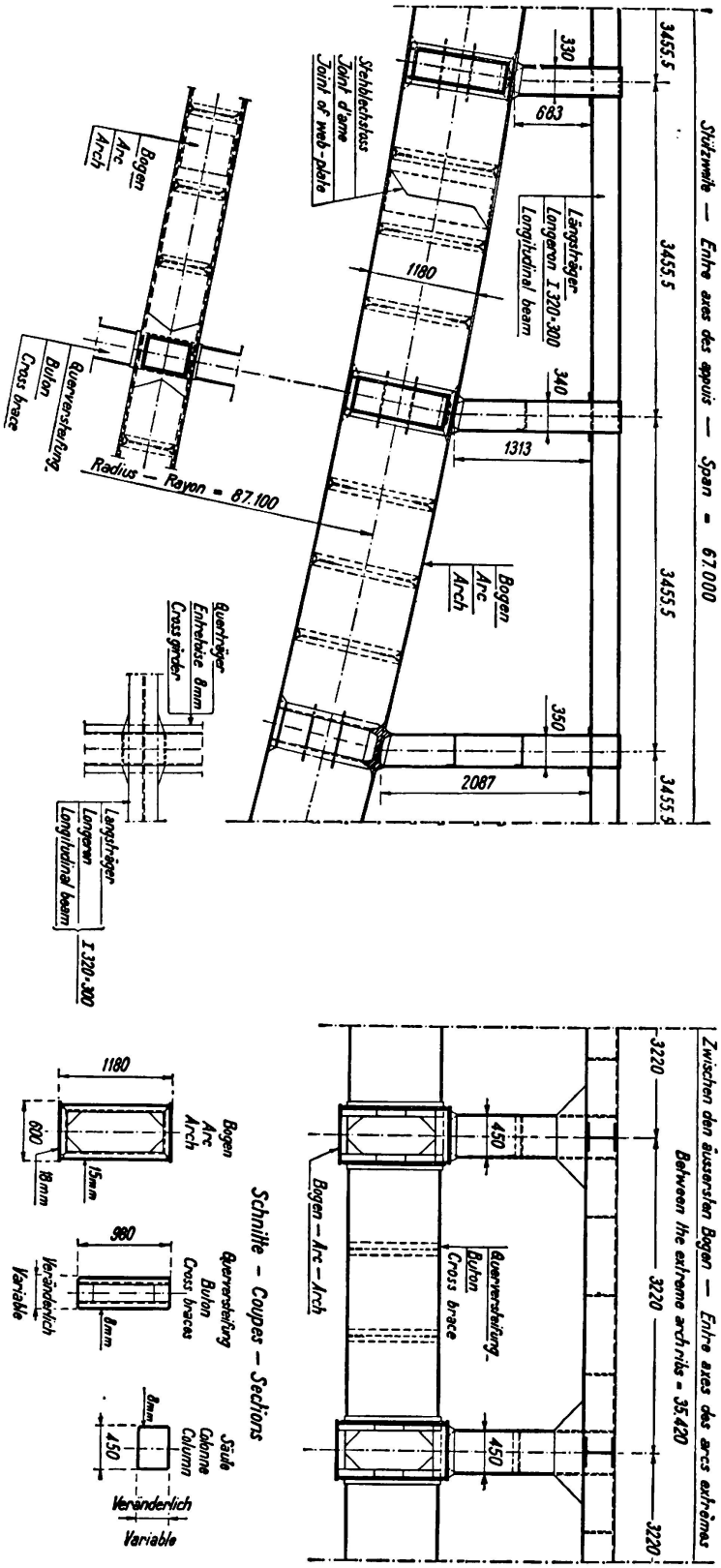

Fig. 15.
Pont de Neuilly.

est nervuré à son intérieur par des cornières et des plats soudés, constituant des cadres.

Les cornières raidisseuses sont soudées par leur deux bords extrêmes et espacées de mètre en mètre.

La jonction des différents tronçons de chaque arc est effectuée par soudure bout à bout, mais un manchon est disposé à l'intérieur, sur lequel viennent s'emboîter les deux morceaux consécutifs.

Les arcs sont reliés entre eux par des entretoises en forme de caisson, nervurées intérieurement de la même façon que les arcs eux-mêmes. Ces entretoises ont 0,98 m de hauteur d'âme et sont constituées par assemblage par soudure de deux âmes de 8 mm et de deux semelles de 10 mm.

Les montants verticaux sont également du type en caisson, constitué par soudure de 4 plats perpendiculaires de 8 mm d'épaisseur: leurs sections droites ont 0,45 m de largeur dans un sens et dans l'autre une longueur variable, entre 0,32 et 0,39 m. Ces montants sont espacés de 3,45 m d'axe en axe. Ils prennent appui sur les arcs par des pièces en acier moulé spéciales qui sont encastrées dans la semelle supérieure de ces arcs.

Sur têtes des poteaux, prennent appui les longerons. Ce sont des I laminés de 320×300. L'appui s'effectue par l'intermédiaire de l'entretoise qui joint les poteaux entre eux. Cette entretoise est constituée par une tôle pliée de 8 mm d'épaisseur qui coiffe les poteaux qu'elle est chargée de contreventer. Elle est raidie intérieurement par des plats perpendiculaires.

V. — *Ouvrages divers.*

11° — *Passerelle de raccord des voies ferrées pour ferry-boat, à Dunkerque.*

La Compagnie de *Fives-Lille* a réalisé pour le service direct des voyageurs Paris-Londres, une passerelle de raccord de la voie ferrée au bateau, au port d'embarquement Dunkerque (fig. 16).

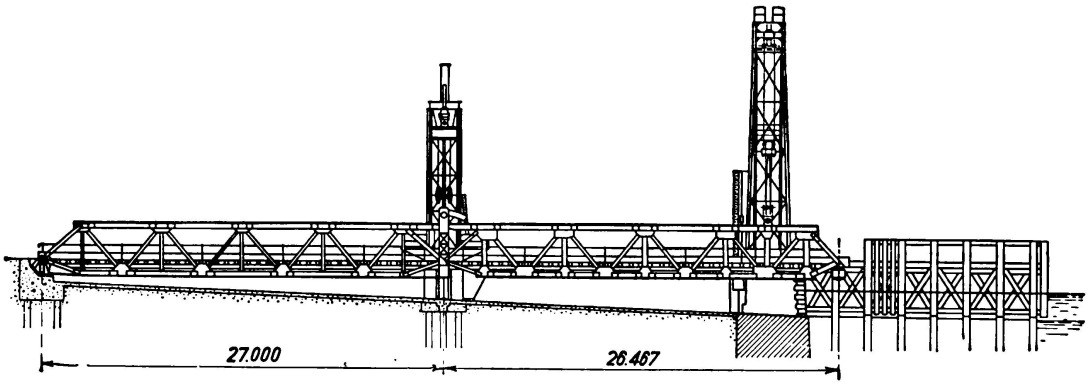

Fig. 16.
Passerelle de raccord pour Ferry-Boat à Dunkerque. Elévation.

Le problème posé par l'accostage du ferry-boat et le passage des wagons-lits de la terre au navire présentent des difficultés spéciales en raison de certaines conditions particulièrement rigoureuses de l'exploitation:

Forte différence de niveau à compenser en raison de l'amplitude des marées, inclinaisons transversales accentuées à cause du vent et de l'agitation de l'eau,

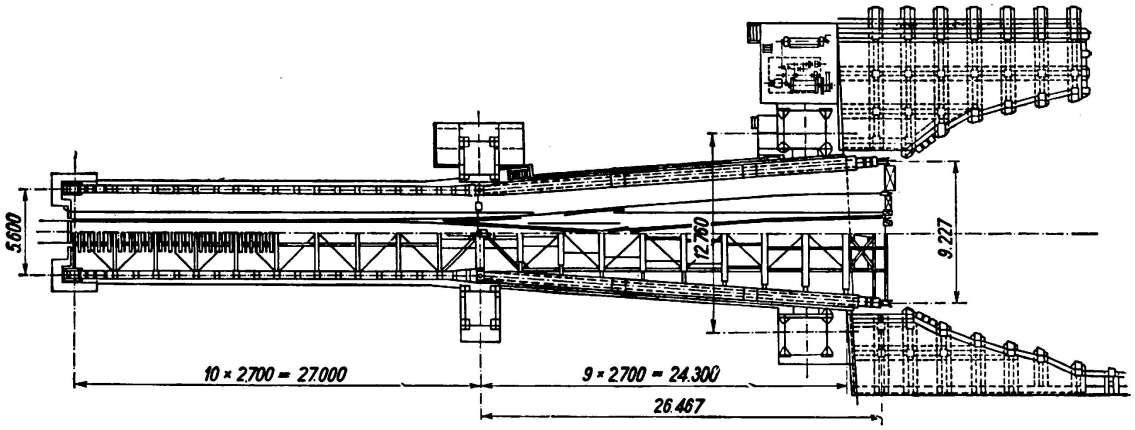

Fig. 17.

Passerelle de raccord pour Ferry-Boat à Dunkerque. Plan.

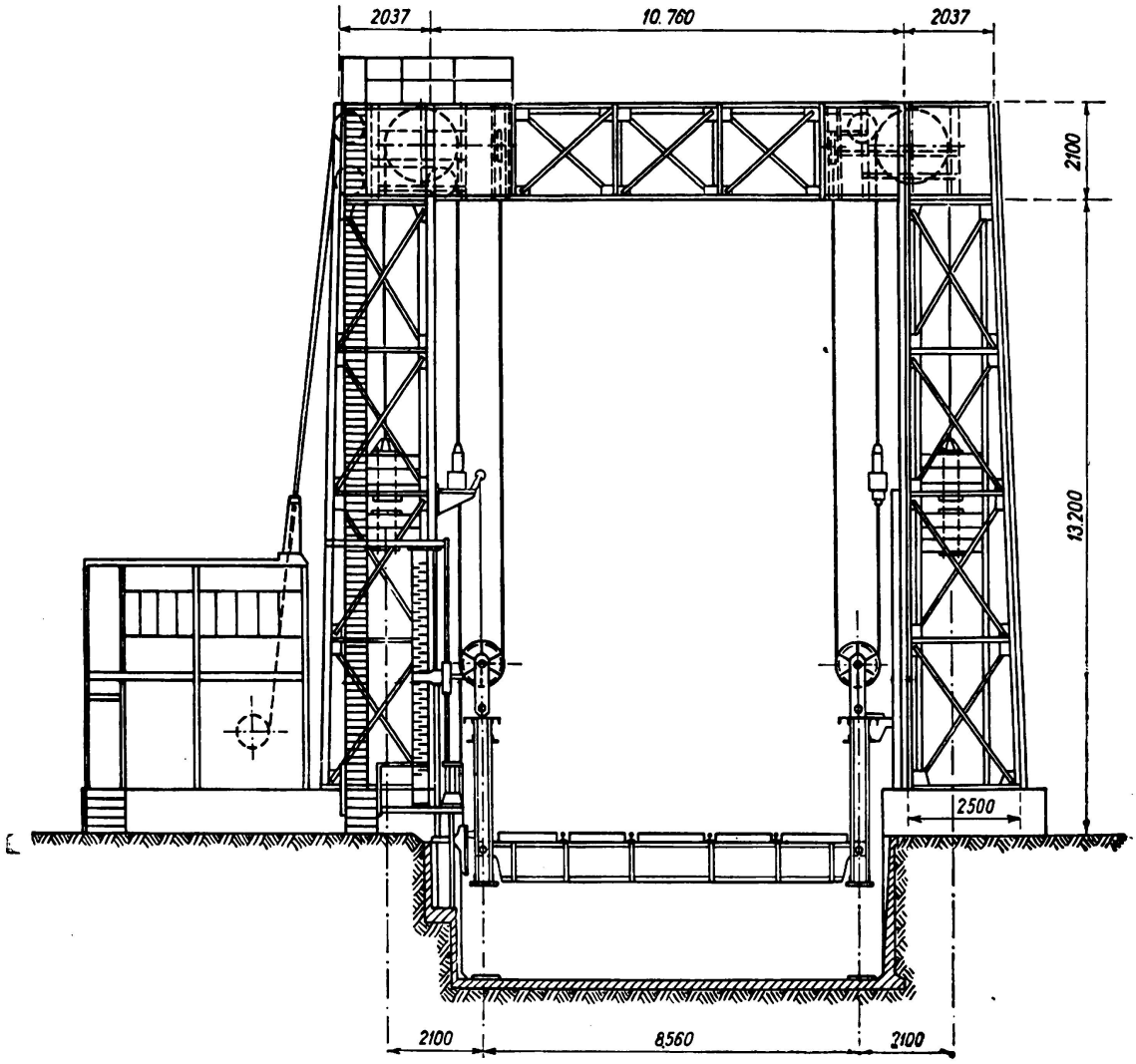

Fig. 18.

Passerelle de raccord pour Ferry-Boat à Dunkerque. Portiques d'extrémités.

même dans les bassins à flot; enfin, nécessité de manoeuvres rapides et absolument sûres, la nuit comme le jour, les horaires étant très serrés.

Il a été résolu par l'installation sur un bassin à flot existant, d'une passerelle articulée, d'un type déjà réalisé dans les pays nordiques, mais auquel on a apporté un ensemble de perfectionnements.

On a même prévu en bout de la passerelle côté mer, un avant-bec amovible destiné à permettre, le cas échéant l'accostage du ferry-boat, qui fait actuellement le service des marchandises entre Calais et l'Angleterre et qui est d'un tout autre modèle.

Les dimensions générales de l'ouvrage sont les suivantes (fig. 16, 17 et 18):

Longueur de la travée de terre	27,000 m
Longueur de la travée du large	26,467 m
Longueur totale	53,467 m
Largeur entre axes des poutres de la travée de terre	5,600 m (pour une voie)

Largeur entre axes des poutres de la travée du large, variant de:

5,600 m à 9,227 m — pour deux voies —

Différence de niveau du plan d'eau à compenser 2,400 m.

Cette différence est portée au maximum à 3,90 m en y comprenant l'enfoncement du bateau au fur et à mesure de son chargement et les mouvements oscillatoires dûs à la gite, qui est supposée pouvoir atteindre la valeur considérable de $\pm 7^0$.

Les essais avec le ferry-boat, effectués le 8 septembre 1935, ont donné entière satisfaction.

12° — *Slipway de Lorient* (fig. 19).

Les Etablissements *Joseph Paris* ont réalisé pour le port de pêche de Lorient (Bretagne) un important slipway qui permet de sortir de l'eau, en les halant le long d'un plan incliné, des chalutiers pouvant mesurer jusqu'à 55 m de longueur et d'un tonnage de 650 tonnes et de les déposer dans l'un des chantiers de réparation ou garages, au nombre de dix, prévus à cet effet.

L'installation comprend essentiellement: un plan incliné, des chariots ou bers de halage, en nombre égal à celui des garages; un treuil de halage principal, un pont basculant ou pivotant; enfin un treuil de halage dans chaque garage.

Pont basculant et pivotant.

A la partie haute du plan incliné et lui faisant suite, existe une cuve circulaire de 45 m de diamètre, dans laquelle se meut un pont spécial; ce pont peut à la fois basculer et pivoter, et son tablier porte également des rails pouvant recevoir le ber. Quand ce dernier arrive au point haut du plan incliné, le pont est dans une position telle que son tablier est en prolongement du chemin de roulement du ber, et également incliné à 6,25 %. Le mouvement de halage se poursuivant, le ber s'engage sur le pont jusqu'à l'occuper complètement. A ce moment, le pont bascule et redevient horizontal.

En vue de ce mouvement de basculement, les poutres maîtresses du pont reposent sur leur couronne de pivotement par l'intermédiaire de rotules à roulement, disposées sous ces poutres maîtresses, et dont le patin inférieur est fixé sur l'infrastructure pivotante. Ce mouvement de basculement est commandé par des pistons hydrauliques, qui soulèvent une poutre horizontale mobile supportant l'extrémité avant du pont. Dans son mouvement de montée et de descente, cette poutre mobile est guidée par des glissières latérales; à sa position haute, elle est maintenue par des verrous latéraux et vient s'enclaver dans un chemin de roulement circulaire, dont elle ferme la circonférence. Le pont se

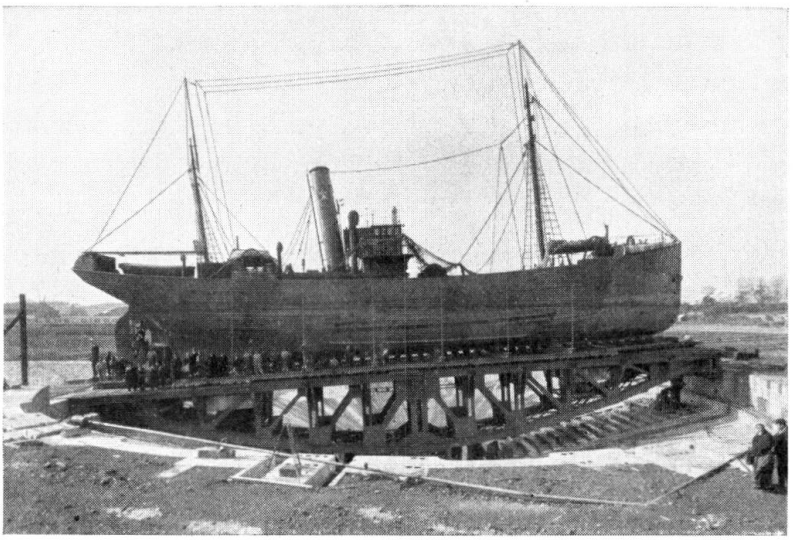

Fig. 19.
Slipway de Lorient.

trouve alors, prêt à pivoter dans les mêmes conditions qu'une plate-forme tournante pour dépôt de locomotives. Le poids total du pont, à vide, est de 450 tonnes.

Autour de la cuve et rayonnant autour d'elle ont été prévus dix terre-pleins horizontaux, formant voies de garages, avec des rails identiques à ceux du plan incliné et du pont; l'infrastructure de ces terre-pleins est en béton armé. Aucun des garages n'est dans l'axe du plan incliné; ils sont distribués symétriquement, cinq de chaque côté.

Le pont en pivotant est amené en prolongement d'un de ces garages. Le pivotement est commandé par un mécanisme spécial placé sur le pont lui-même, actionné par un moteur de 15 CV qui actionne un pignon disposé à l'extrémité aval du pont; ce pignon engrène dans une crémaillère solidaire du chemin de roulement périphérique. Le pivot est réalisé par une couronne circulaire en charpente, reposant sur une série de galets coniques rayonnants, et centrés par une tige de pivot fortement scellée dans la maçonnerie.

Une fois amené dans le prolongement de l'un des garages, le pont est assujetti, et réglé à cette position au moyen de verrous qui s'engagent dans des logements pratiqués sur l'encuvement, assurant, ainsi, la concordance exacte des niveaux des abouts de rails. Au sortir du bateau du garage, les manoeuvres du pont s'affectuent dans l'ordre inverse.

VI. — Pylônes.

13° — *Pylônes de T.S.F.* (fig. 20 et 21).

L'Administration française des P.T.T. a procédé, il y a 2 ans, à un programme de rénovation totale de ses Stations régionales de radiodiffusion.

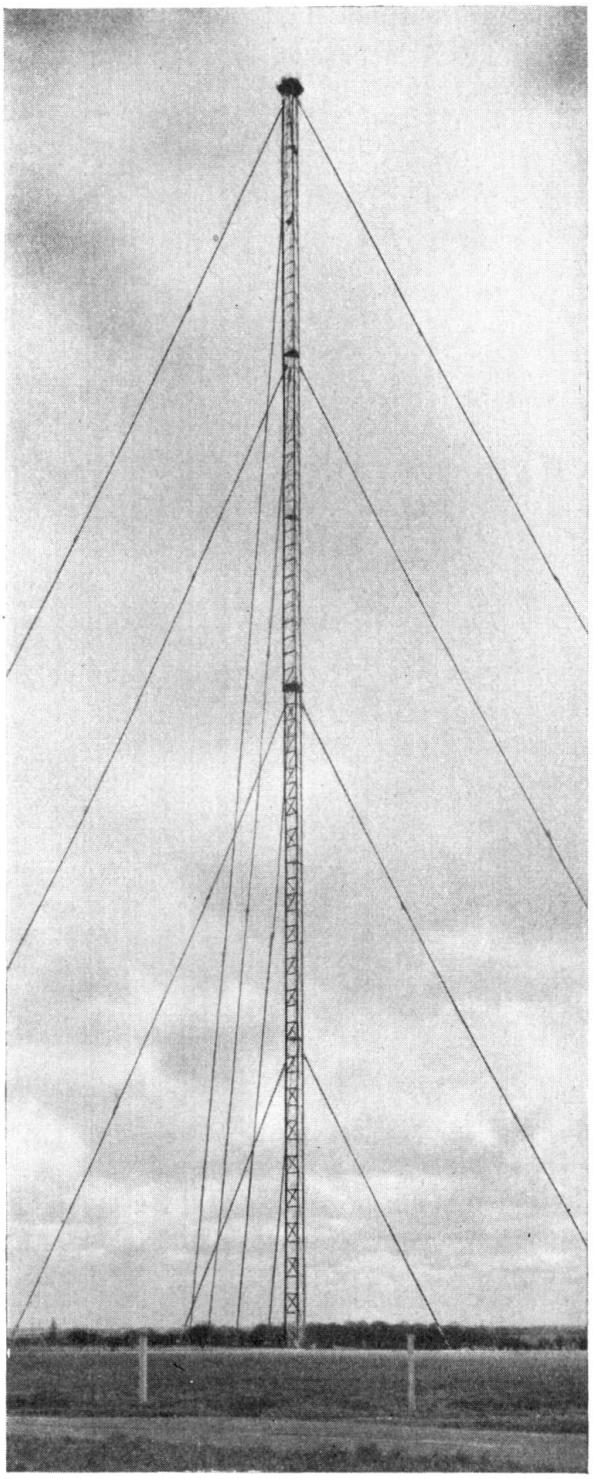

Fig. 20.

Pylône de radio.
Vue générale.

La puissance de ces stations qui n'était que de quelques kilowatts, a été portée à 100 et même 200 kilowatts pour certaines stations.

Il a donc été nécessaire de procéder à la construction d'aériens rayonnant à la puissance haute fréquence de station avec un excellent rendement. L'Administration a donc ouvert un concours pour la fourniture de 6 pylônes dont les caractéristiques imposées dans l'appel d'offres étaient les suivantes:

— hauteur 220 m
— effort horizontal au sommet du pylône 2 tonnes.
— isolation des pylônes à la base et en leur milieu,

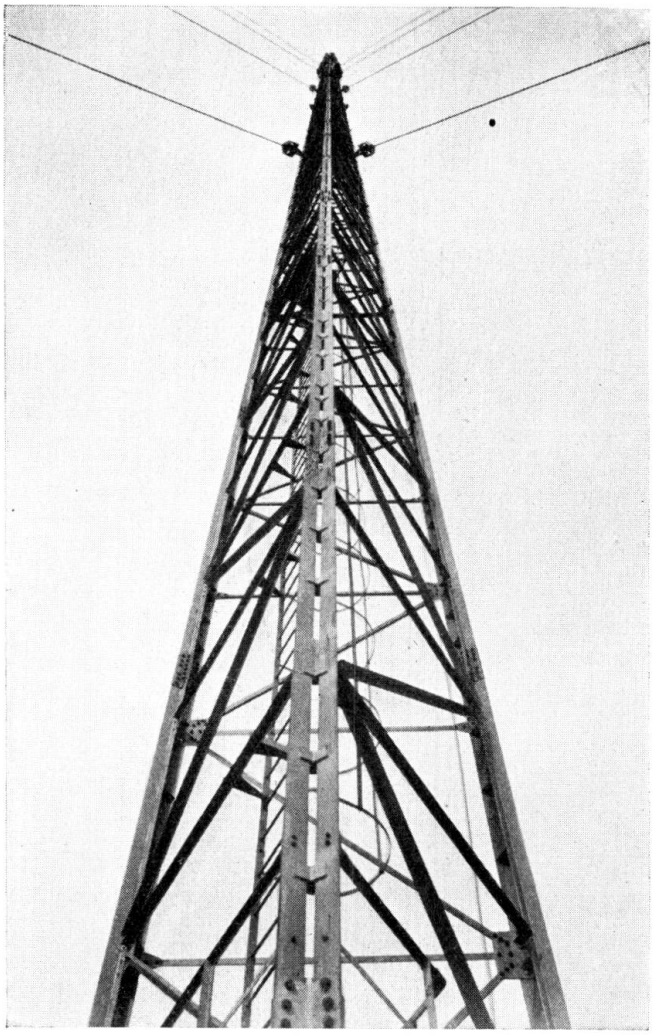

Fig. 21.
Pylône de radio.
Détail du treillis.

cette isolation étant prévue pour supporter une différence de potentiel alternative de 20 000 volts et dont la fréquence était de 10 0 périodes, ce qui correspond à une longueur d'onde de 300 m.

Les Ateliers de Construction *Schwartz-Hautmont* à qui cette commande fut confiée, avaient, avant de remettre leur offre à l'Administration, fait une comparaison rapide entre les pylônes tours et les pylônes haubannés.

Ayant constaté que la solution haubannée était la plus économique, l'étude de cette solution fut poussée à fond et il fut proposé, à l'Administration, des pylônes construits soit en acier 54 au chrome-cuivre, soit en acier qualité Ponts et Chaussées 42 K° — 25 % d'allongement.

Le prix des pylônes exécutés en acier 54 se révéla plus intéressant que le prix de ceux exécutés en acier 42. Le gain des poids obtenus était d'environ 10,4 %. Le prix de revient en usine d'un pylône était sensiblement le même pour les 2 qualités d'acier, mais l'économie sur le transport donna finalement l'avantage aux pylônes en acier 54.

Leur réalisation fut faite dans les Ateliers du Constructeur à Hautmont, dans le Nord, et sous la Direction de *M. Pigeaud,* ex-Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, en retraite.

Conduite des calculs.

Les taux de travail de l'acier 54 fixés par le cahier des charges des Ponts et Chaussées ont été pris égaux respectivement à:

$$R\ 1 = 18\ kg/mm^2$$
$$R\ 2 = 19\ kg/mm^2.$$

La valeur du vent, considérée dans les calculs, était de 200 kg/m².

La détermination des efforts dans le pylône dûs au vent a été faite en traitant le pylône comme étant une poutre continue sur 5 appuis.

On a supposé tout d'abord que le vent soufflait sur une face du pylône et dans une direction normale à cette face, puis que le vent soufflait sur deux faces du pylône dans une direction médiane à ces deux faces.

Le calcul des câbles a été conduit en 3 stades successifs:

1° — pylône sans vent,

2° — pylône avec vent, mais avec points d'appui supposés bloqués,

3° — pylône dans lequel on a relâché progresssivement les liaisons, qui dans le stade précédent étaient capables de maintenir en place le centre de gravité des sections d'attache et de permettre également au pylône de tourner autour de sa rotule inférieure.

Pour ce calcul il a été avantageusement fait usage du coefficient d'élasticité du câble dans sa situation initiale (voir: *Pigeaud* — «Résistance des matériaux et élasticité» —).

Réalisation (fig. 22).

Le fût du pylône a une section triangulaire constante de 2,80 m de côté entre points d'épure, le pylône, reposant à sa base sur un pivot sphérique en acier moulé, est maintenu par 12 haubans répartis en 3 nappes orientées à 120 degrés les unes des autres.

L'inclinaison des haubans sur l'horizontale est de 63 degrés.

Les trois arêtiers de chaque pylône sont constitués de cornières dont les échantillons varient suivant les efforts. Il a été employé des cornières variant de 120×120 à 80×80.

Pour obtenir une rigidité et une bonne résistance au flambage de ces arêtiers, ils ont été entretoisés par des diaphragmes et des plats pliés, soudés électriquement (procédé au cordon avec métal d'apport).

Les haubans sont composés de câbles de 27 à 32 mm de diamètre, ce sont

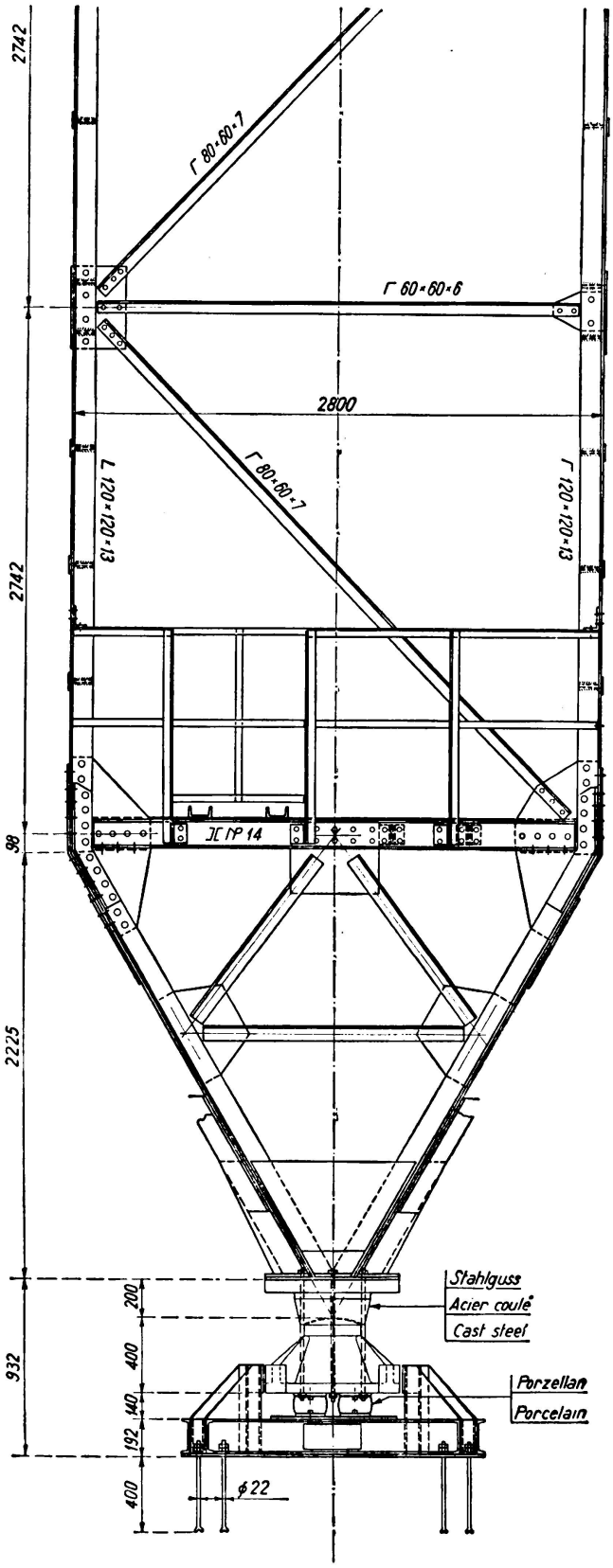

Fig. 22.

Pylône de radio.
Base de pylône.

des câbles du type Mines — le câble de 32 est composé de 52 fils de 3,52 mm en acier galvanisé et goudronné. La résistance de l'acier employé pour les câbles est de 180 à 200 kg/mm².

Les jonctions des haubans et du pylône ont été réalisées de façon à obtenir une disposition se rapprochant le plus possible de l'hypothèse des calculs.

Il a été prévu, à cet effet, au niveau des jonctions des câbles et du pylône, un plancher composé de poutres qui matérialisent les hauteurs du triangle équilatéral qui forme la section; les haubans viennent s'accrocher à un axe situé à 220 mm de l'axe vertical du pylône et cette disposition diminue ainsi considérablement les moments résultants des variations de tension dans les haubans d'une même couronne et les composantes verticales des efforts, dans les câbles d'une même couronne sont répartis à peu près également, grâce à ce dispositif sur les 3 arêtiers.

L'isolation à la base a été réalisée par des tonnelets de porcelaine de 90 mm de hauteur, comme on peut le voir sur la figure 25. Chaque porcelaine peut supporter un effort maximum de 90 tonnes; leurs dimensions ont été calculées avec le coefficient de sécurité 3.

Pour reprendre les efforts latéraux, des consoles ont été prévues ainsi que des porcelaines horizontales.

A la cote de 110 m, pour obtenir l'isolation avec la porcelaine comme matériau, des dispositions spéciales ont dû être prises, étant donné que la porcelaine résiste uniquement à des efforts de compression.

La figure 22 donne une idée de la complexité des assemblages de charpente qui en résultent.

Tous les 50 mètres, les haubans sont coupés par un dispositif isolant, avec blocs de porcelaine transformant la traction des haubans en compression sur la porcelaine; seul mode de résistance de ce matériau.

Enfin, pour compléter l'isolement électrique, l'échelle d'accès à la plateforme supérieure du pylône repose elle-même sur des porcelaines et est coupée en tronçons réunis par des porcelaines.

Montage. — Après avoir été montés à blanc à l'atelier, les pylônes ont été expédiés par tronçons. Le montage des différents tronçons les uns au-dessus des autres s'est fait à l'aide d'un mât tubulaire de 10 m de hauteur fixé au centre du fût par des câbles qui le suspendaient aux trois arêtiers. Ce mât se déplaçait d'étage en étage à l'intérieur du fût.

Les pièces ont été levées à l'aide d'un treuil à moteur.

Au fur et à mesure du montage, le fût était maintenu, verticalement par des câbles provisoires dont la tension était contrôlée par des dynamomètres pour éviter les efforts obliques sur les porcelaines, puis dès qu'il était possible, par les haubans définitifs qui recevaient une tension initiale imposée par les calculs, dans le but de réduire les oscillations du pylône sous les efforts du vent. Cette tension fût vérifiée par des dynamomètres d'une force de 30 tonnes.

Fondations. — La fondation sous la dalle du pivot est réalisée par une dalle en béton fortement armée.

La traction de 30 tonnes existant dans chaque hauban est absorbée par un ancrage type «Malône» constitué par un pieu incliné dans la direction du hauban, de longueur proportionnée à la traction de celui-ci et à la résistance du terrain.

A la base du pieu on constitua par explosion une chambre sphérique qu'on

remplit ultérieurement de béton, ainsi que le pieu. Dans le béton, on noya les fers sur lesquels s'attache le hauban.

Le volume de terre compris entre la chambre sphérique et la surface du sol joue ainsi le rôle de massif poids.

VII. — Barrages.

14° — *Barrage de Chatou (Seine).*

L'Administration des Ponts et Chaussées ayant ouvert un concours pour la reconstruction d'un barrage sur un bras de la Seine, à Chatou, en aval de Paris, les Ateliers *Moisant-Laurent-Savey,* qui furent désignés pour sa construction, réalisèrent une installation moderne particulièrement intéressante par les diverses dispositions nouvelles et les améliorations qu'elle comporte.

L'ouvrage comporte trois passes semblables de 30,50 m de largeur entre le nu des piles ou culées; la largeur des piles étant de 4,50 m, il s'ensuit que la largeur totale du barrage, entre le nu des deux culées, est de 100,50 m. La portée des vannes entre appuis est de 32,40 m.

Le seuil des trois passes est arasé à la cote 15,50.

Chaque passe est fermée par une bouchure composée d'une vanne inférieure et d'une vanne supérieure pouvant être déplacées verticalement par des engins mécaniques. La vanne supérieure, qui est munie d'un coursier peut être abaissée pour augmenter progressivement la lame déversante dans le cas de faible crue. Au contraire, dans le cas de crue importante, on effectue le relevage de l'ensemble des deux vannes.

Les vannes complètement levées laissent les passes entièrement libres jusqu'au niveau 31,00, permettant ainsi la navigation qui est normalement prévue en temps de crue jusqu'à la cote 25,00.

Un pont de service supérieur s'étend à l'aval sur toute la longueur de l'ouvrage et, tout en servant d'abri aux engins mécaniques de manoeuvre des vannes, constitue l'un des chemins de roulement d'un double pont-roulant dont il sera parlé ci-dessous.

Pour permettre la circulation à l'amont des vannes, lorsque la retenue est tendue, il est prévu trois passerelles mobiles s'appuyant sur les piles et culées à 0,80 m au-dessus de la retenue 23,22; ces passerelles, qui sont automatiquement élevées ou abaissées par les vannes inférieures, dégagent complètement les passes quand le barrage est levé. Ces passerelles prévues primitivement en acier ordinaire ont été construites en acier de haute résistance, à titre d'essai de ce matériau nouveau.

A l'amont des vannes, il a été réservé, dans les piles et culées, des rainures verticales recevant éventuellement un batardeau métallique mobile en une seule pièce pour remplacer momentanément les vannes d'une passe en cas d'avarie et en permettre l'enlèvement et la réparation.

La manoeuvre du batardeau est effectuée au moyen d'un double pont roulant circulant, d'une part, sur le pont de service aval et, d'autre part, à l'amont, sur un chemin constitué par une poutre-caisson en béton armé. Ces deux chemins se prolongent par une travée supplémentaire sur la rive gauche dans l'île de Chatou pour permettre d'y prendre le batardeau qui s'y trouve normalement

en dépôt. Le double pont roulant peut également, pour une réparation, prendre une vanne quelconque ou une passerelle et les déposer sur le terre-plein de l'île.

A l'aval de chaque vanne, il a été prévu des feuillures permettant de recevoir un batardeau en quatre éléments qui est normalement en dépôt sur le terre-plein de l'île de Chatou; il est manoeuvrable également au moyen du double pont-roulant.

Ce batardeau aval, étant mis en place dans une passe quelconque, permet concurrement avec le batardeau amont, de constituer un sas à l'intérieur duquel il serait possible, après épuisement, d'effectuer les réparations des vannes, des rainures ou du radier.

Les manoeuvres sont effectuées soit par des treuils électriques, soit par des vérins hydrauliques.

Le pont de service aval est constitué par une galerie s'étendant sur toute la longueur de l'ouvrage (trois passes courantes plus une travée dans l'île).

Au droit des piles et culées, cette galerie est surélevée pour constituer les cabines renfermant les vérins hydrauliques; le toit et la face amont de chaque cabine sont complètement amovibles pour le montage et le démontage des appareils à l'aide du pont roulant.

Le pont amont est constitué par une poutre tubulaire recevant une voie de 1,28 m pour les boggies du pont roulant.

Les ponts aval et amont sont reliés à leurs deux extrémités par des entretoises horizontales constituant, avec leurs piédroits, des portiques transversaux extrêmes.

Entre les deux ponts, les piles et culées sont échancrées jusqu'au niveau 30,50 pour permettre le passage des vannes et du batardeau lors de leur transport avec le pont roulant.

La travée dans l'île, servant normalement de garage du pont roulant, présente une ouverture libre de 35 m de façon à loger facilement, au niveau du sol entre ses piles, le batardeau amont ou les vannes; à l'aval de cette travée, le batardeau aval en quatre éléments est également placé en dépôt sur des supports appropriés.

Les vannes sont du type Stoney en acier. Le poids de la vanne supérieure est de 100 T.

Le sommier en charpente métallique terminant chaque vanne est muni d'un chemin de roulement en acier moulé boulonné et disposé de façon à permettre la flexion horizontale de la vanne sous la poussée de l'eau. Ce chemin s'appuie sur un train de rouleaux reportant les pressions sur un autre chemin en acier moulé scellé dans la maçonnerie de la rainure. Le train de rouleaux est suspendu à une poulie supportée par les deux brins d'un câble métallique, l'un des brins étant fixé sur la maçonnerie, l'autre à la tête du sommier de la vanne; c'est la disposition classique de la vanne Stoney dans laquelle le frottement est minimum, étant un frottement de roulement.

Le train de rouleaux se déplaçant à une vitesse moitié de celle de la vanne, il arrive un moment, dans la partie haute de la course, où la vanne ne trouvant plus l'appui des rouleaux est guidée par des galets fixes scellés dans la maçonnerie.

Du côté amont, le guidage est assuré au moyen de galets fixés aux deux

extrémités du sommier et roulant sur un chemin vertical en I maintenu par des supports horizontaux scellés dans le béton.

Pour permettre la sortie de la vanne en cas de réparation, le chemin amont en I comporte des parties démontables pour laisser le passage libre aux galets saillants du sommier, pendant le déplacement transversal de la vanne suspendue au pont roulant.

La vanne inférieure est suspendue à chaque extrémité, au moyen d'une chaîne double en acier avec mailles en plat; les deux brins de chaîne sont réunis à la partie inférieure par un balancier relié par un axe à une chape solidaire du sommier de la vanne.

A la partie supérieure, les deux brins sont accrochés aux verrous d'un vérin hydraulique.

La vanne supérieure est suspendue au moyen d'une tige rigide ayant son accrochage en tête du sommier d'about, mais susceptible de coulisser à l'intérieur du sommier quand la vanne reçoit son mouvement par l'intermédiaire de l'autre vanne.

Cette tige rigide est terminée au sommet par un mouflage pour une chaîne Galle dont l'un des brins est attaché sous le pont de service supérieur, l'autre brin s'enroule sur une noix faisant partie du treuil mécanique.

Le mécanisme de levage comprend deux dispositifs distincts, l'un pour le levage isolé de la vanne supérieure, l'autre pour le levage de la vanne inférieure ou le levage simultané des deux vannes accouplées.

Pour la vanne supérieure, le mécanisme comprend un moteur électrique de 30 C.V. actionnant par un arbre transversal deux treuils de 100 tonnes. La vitesse de levage est de 0,20 m par minute.

Pour la vanne inférieure, le dispositif de levage est constitué par deux vérins hydrauliques de 175 tonnes de puissance.

VIII. — Hangars d'aviation.

15° — *Hangars de Bordeaux-Teynac* (fig. 23 et 24).

Les hangars métalliques construits par les Etablissements *Daydé* aux Aérodromes de Bordeaux-Teynac et de Lanvéoc-Poulmic font partie d'un ensemble de 27 hangars, système breveté dont la construction a été confiée aux Forges et Ateliers de Construction Electrique de *Jeumont* et aux Etablissements *Daydé*. Ils ont une ouverture libre de 70 m et une profondeur de 66 m à Bordeaux-Teynac, de 55 m à Lanvéoc-Poulmic.

La hauteur libre à l'intérieur est de 10,00 m.

L'ossature repose sur des fondations en béton dépassant le sol sur une hauteur de 1,50 m.

Elle se compose, pour un hangar de 66 m, de 6 arcs intermédiaires à tirants de 71 m de portée, espacés de 11 m d'axe en axe, assemblés sur des piliers verticaux, de 2 arcs pignons d'extrémité de même portée, d'entretoisements et contreventements, d'une couverture en tôle, des pièces de remplissage et tôles de bardage des deux longs pans et du pignon fermé, et des portes roulantes permettant l'obturation du pignon ouvert.

La constitution d'un hangar de 55 m est la même, avec suppression d'un des arcs intermédiaires et d'une travée de 11 m.

Les arcs sont constituées par une poutre à treillis à fibre moyenne circulaire, dont la section est un rectangle de 1,50 m de hauteur et la largeur de 0,80 m.

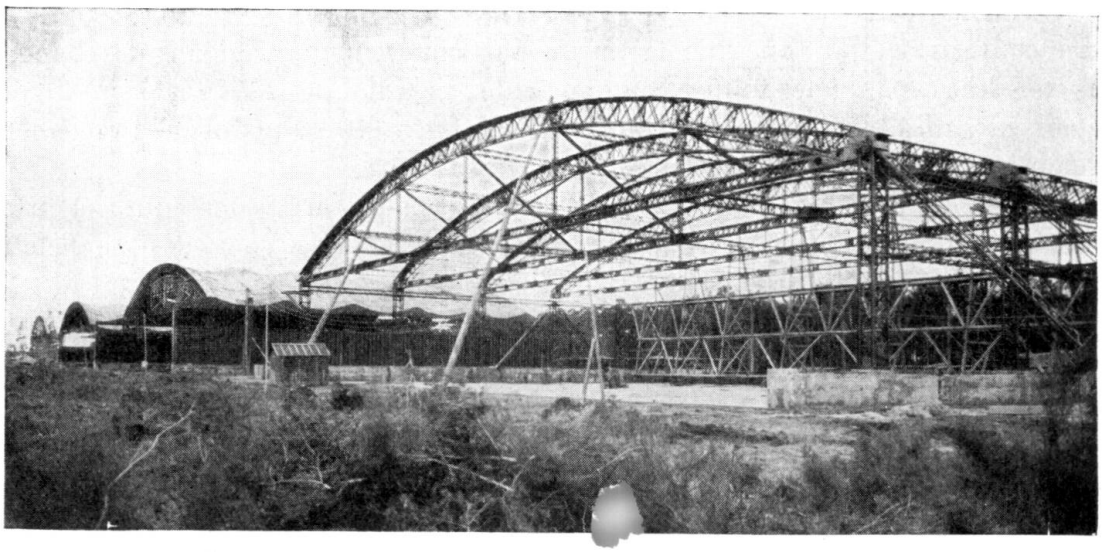

Fig. 23.

Hangars d'aviation de Bordeaux-Teynac. Ossature.

La flèche de la fibre moyenne est de 7,60 m.

Les tirants sont des poutres en caisson de 0,50 m $\times$ 0,58 m, dont les parois verticales sont à treillis et les faces horizontales sont en tôle pleine.

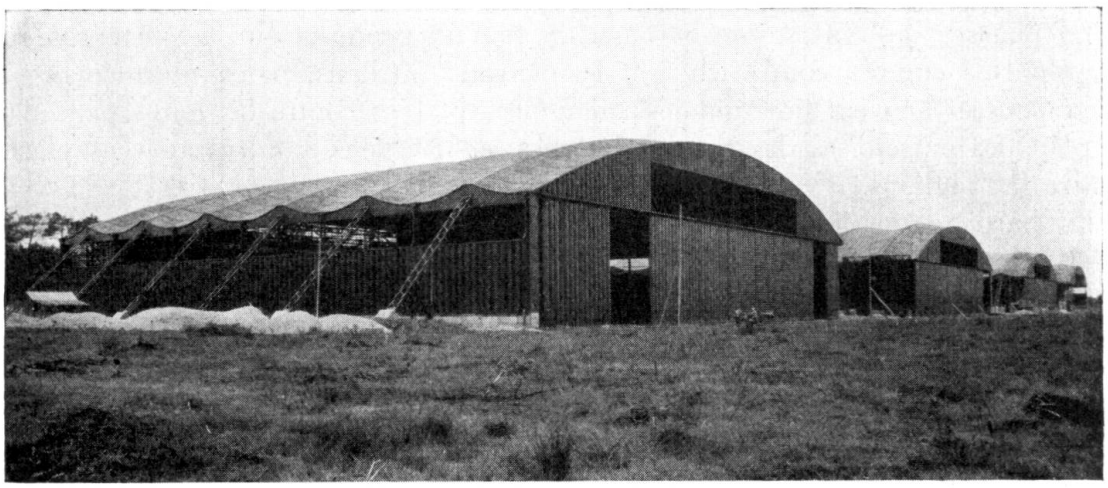

Fig. 24.

Hangars d'aviation de Bordeaux-Teynac. Vue des hangars terminés.

Chaque tirant est relié à l'arc par 5 suspentes à treillis. Les tirants sont entretoisés par 5 cours de poutres à caisson qui s'opposent au flambement transversal et solidarisent les deux poutres au vent des pignons, dont il est question ci-après.

Chacun des arcs et son tirant s'assemblent aux naissances, par un axe d'articulation, sur deux piliers de 9,10 m de hauteur. L'un de ces piliers sert de balancier permettant la libre dilatation de l'arc et du tirant, sous l'action de la température et des charges. L'autre est stabilisé par une contrefiche oblique dont la base est écartée de 10 m de celle du pilier, placée soit à droite soit à gauche du hangar.

La couverture, qui constitue la partie particulièrement originale des hangars est constituée par une toiture autoportante en tôle de 14/10 de millimètre d'épaisseur, mise en oeuvre par bandes de 2,50 m $\times$ 10,20 m formées d'éléments assemblés par soudure.

Chaque bande est pendue par ses extrémités à deux arcs consécutifs et prend une flèche de 1 m avec une forme d'hyperbole, donnée par des pannelettes raidisseuses de 0,160 m de hauteur.

La toiture est ainsi constituée par une succession de voiles en tôles, en forme de segments d'hyperboloïde ayant un axe horizontal commun parallèle aux longs pans du hangar.

Les tractions exercées sur les arcs par les bandes de tôle s'équilibrent deux à deux sur les arcs intermédiaires.

Aux deux extrémités d'un hangar les tôles de couverture sont arrêtées suivant les cercles de gorge des deux hyperboloïdes correspondants. Les tractions exercées par ces tôles sur les arcs de rive sont équilibrées par 5 cours de butons placés sous la couverture.

Les entretoisements et contreventements comprennent d'abord les butons supérieurs qui entretoisent les arcs.

La stabilité, dans le sens longitudinal, est assurée par deux contrefiches obliques réunissant le sommet du pilier médian de chaque long pan aux pieds des deux piliers adjacents.

La poussée du vent sur le bardage du pignon fermé et sur la porte roulante est reportée sur ces contrefiches et les poteaux médians, par l'intermédiaire de deux poutres au vent horizontales triangulées placées contre les longs pans dans le plan des entretoises des tirants des arcs, et des deux poutres au vent placées contre les pignons.

Le bardage des longs pans est constitué par des profils en tôle pliée de 14/10 de millimètre d'épaisseur, les plis ayant 240 millimètres de hauteur.

Ces profils reposent sur des murets en béton armé de 1,50 m de hauteur. Ils s'arrêtent, à la partie supérieure, contre une bande vitrée de 2,70 m de hauteur.

Le bardage du pignon fermé, est constitué de la même manière que celui des longs pans, avec partie vitrée dans le tympan sur 35,50 m de longueur.

Le pignon ouvert est obturé par une porte roulante à 15 vantaux de 10 m de hauteur, dont les chemins de roulement inférieurs sont scellés dans un massif de fondation, et dont les chemins de guidages supérieurs sont fixés à la charpente du hangar.

Ces hangars sont entièrement construits en acier à haute résistance Ac. 54.

Ils ont été montés sur échafaudages roulants à l'aide d'une grue électrique pivotante de 3 tonnes et de 9,50 m de portée, roulant elle-même sur la partie supérieure de l'échafaudage.

Le montage d'un hangar, pesant 540 tonnes, était effectué en 24 jours.

16° — *Autre type de hangar d'aviation* (fig. 25).

Les Etablissements *Delattre & Frouard,* ont mis au point un nouveau procédé de construction de couvertures autoportantes en tôle de faible épaisseur, sans charpente de support. Trois hangars conçus d'après ces nouveaux procédés ont été commandés par le Ministère de l'Air.

1° — Caractéristiques générales.

La surface utilisable (gabarit intérieur) est de 67,50×67,50 m (4556 m²).

La hauteur utile est de 8,50 m.

Les hangars sont entièrement démontables. En dehors des assemblages démontables, boulonnés, tout le reste de la construction est assemblé par soudure électrique par cordons.

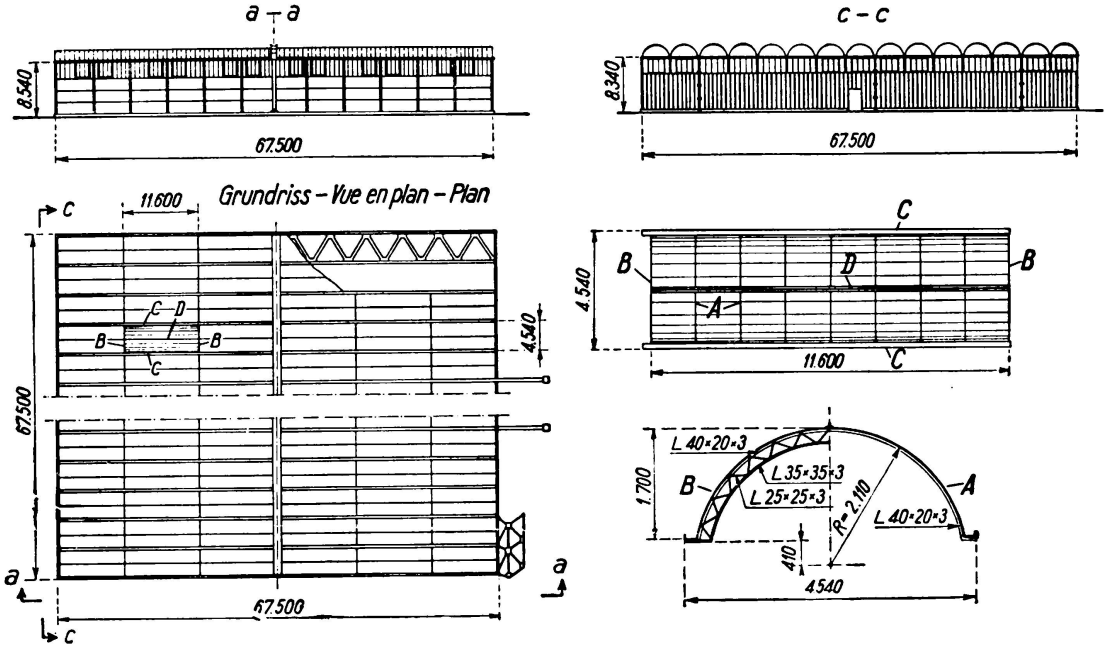

Fig. 25.

Hangars d'aviation des établissements Delattre et Frouard.

a) Couverture.

Elle est formée de 15 éléments semblables, formant poutres continues sur 3 appuis; l'appui intermédiaire est réalisé par une poutre centrale s'appuyant sur un poteau intérieur placé à 22,50 m de la façade et sur un poteau situé dans le long pan arrière; les appuis extrêmes sont formés par les poteaux de long pan (réalisés par des I.P.N. de 220 mm). L'élément de couverture est un demi-tube en tôle de 3 mm d'épaisseur, cintrée au rayon de 2,10 m, accompagné par deux chêneaux latéraux (soudés au demi-tube) en tôle de 3 et 4 mm. Le demi-tube n'est pas complet (angle au centre 150°; flèche: 1,70 m). Les chêneaux latéraux ont 20 cm de largeur; l'ensemble d'une voûte avec chêneaux a une largeur de 4,54 m. Chaque tronçon démontable (de 11 m de longueur environ) est constitué par 8 tôles soudées bout à bout; deux tronçons accolés par leur génératrice supérieure commune formant un élément de couverture complet avec ses chêneaux. 6 éléments de ce type forment une poutre complète sur trois appuis.

Des raidisseurs espacés d'environ 75 cm, formés par des cornières cintrées de $40 \times 20 \times 3$ sont soudés sur la tôle. Un raidisseur sur 4 est remplacé par une panne à treillis courbe (soudée sur la tôle) formée d'une membrure haute en cornière $40 \times 20 \times 3$, d'une membrure basse en cornière $35 \times 35 \times 35$ et de treillis à 45° en cornière $25 \times 25 \times 3$. Les éléments de façade avant et arrière portent, dans le plan des chênaux, des poutres-caissons, formant treillis en V et refermant le demi-tube, qui sert alors de poutre au vent.

b) Poutre centrale.

La poutre centrale est formée par deux poutres à âme pleine de 2,10 m de hauteur et distantes de 80 cm.

L'âme de 5 mm est raidie par des cornières $60 \times 40 \times 5$ et $60 \times 60 \times 6$, distantes de 30 à 50 cm. Les tables sont formées par des demi I très larges ailes de 280×280, renforcés par des plats atteignant 260×24 au point de moment maximum.

Les deux poutres sont entretoisées, d'une part, par les voûtes qui continuent à travers les âmes (éléments soudés des 2 cotés des âmes), d'autre part, par des plans de treillis écartés de 4 m l'un de l'autre, en moyenne.

Le poteau avant est en V, formé de deux poutres caissons, avec articulation au pied. Le poteau arrière est en caisson, articulé dans les 2 sens à la tête et au pied.

c) Longs pans.

Ils sont réalisés avec de la tôle ondulée de $^8/_{10}$ mm fixée sur des lisses (I.P.N. de 80) appuyées sur les poteaux. Le haut des longs pans (sur 2,50 m) est vitré, avec $^1/_3$ de châssis ouvrants. Les longs pans sont portés par des murettes de 50 cm de hauteur en béton armé.

d) Stabilité générale.

Elle est assurée par deux contrefiches latérales (pente $^7/_8$) et par la poutre centrale tenant la stabilité en profondeur.

e) Portes.

Ce sont des portes formées de panneaux roulant sur le sol et se logeant dans un garage latéral. Les panneaux sont réalisés avec des tôles pliées.

f) Poids total.

Sans portes roulantes: 283 000 kg soit 62 kg/m^2.

g) Matériaux utilisés.

Le hangar est entièrement réalisé avec des tôles et des laminés en acier Ac. 54 (limite élastique 36 kg/mm^2, limite de rupture 54 kg/mm^2). Les tôles ondulées de bardage ($^8/_{10}$ mm) sont seules en acier doux.

Résumé.

L'un des caractères les plus nets qui se dégagent de l'activité des constructeurs métalliques français est la recherche et le développement de techniques améliorées ou nouvelles qui s'efforcent de diminuer le prix de revient en tirant mieux partie des possibilités de l'acier. Ce souci est mis en relief dans la communication, par la description de réalisations récentes qui, dans différents domaines, représentent une évolution nette de la technique.

En sept sections distinctes, le rapport décrit d'une manière détaillée, 15 ouvrages en acier:

1° — *Charpentes Métalliques:*

Immeuble de la Société *Shell* à Paris, Faculté de médecine de Lille, Cinéma *Rex* à Paris, Nouvelles usines Citroen à Paris.

2° — *Ponts rivés:*

Pont basculant de Dunkerque, Pont de Moissac, Viaduc de la Rochelle-Pallice.

3° — *Ponts soudés:*

Pont de la Porte de La Chapelle à Paris, Pont de Soissons, Pont de Neuilly.

4° — *Ouvrages divers:*

Passerelle de raccord des voies ferrées pour ferry-boat à Dunkerque, Slipway de Lorient.

5° — *Pylônes:*

Pylônes de T.S.F. des P.T.T.

6° — *Barrages:*

Barrage de Chatou (Seine).

7° — *Hangars d'aviation:*

Hangars de Bordeaux-Teynax, Hangars d'aviation à tôles autoportantes.

Leere Seite
Blank page
Page vide