

Le pont-rail de la Jonction à Genève

Autor(en): **Bauty, J. / Colomb, J.-P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **72 (1946)**

Heft 10

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-54623>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 17 francs

Etranger : 20 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 14 francs

Etranger : 17 francs

Prix du numéro :

75 centimes

Pour les abonnements
s'adresser à la librairieF. Rouge & C^{ie}, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. EPITAUX, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg* : MM. L. HERTLING, architecte ; P. JOYE, professeur ; *Vaud* : MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. ELSKES, ingénieur ; † E. JOST, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. MARTIN, architecte ; E. ODIER, architecte ; *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte ; R. GUYE, ingénieur ; A. MÉAN, ingénieur ; *Valais* : M. J. DUBUIS, ingénieur ; A. DE KALBERMATTEN, architecte.

REDACTION : D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

Publicité :

TARIF DES ANNONCES

Le millimètre

(larg. 47 mm.) 20 cts.

Tarif spécial pour fractions
de pages.

En plus 20% de majoration de guerre

Rabais pour annonces
répétées.

ANNONCES-SUISSSES S.A.

5, rue Centrale

LAUSANNE

& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE

A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; R. NEESER, ingénieur.

SOMMAIRE : *Le pont-rail de la Jonction à Genève*, par J. BAUTY, ingénieur au bureau des ponts de la Direction générale des C. F. F., et J.-P. COLOMB, ingénieur, directeur des travaux. — *Nouvelles locomotives légères pour trains directs des Chemins de fer fédéraux*. — *Société vaudoise des ingénieurs et des architectes : Rapport du président sur l'exercice 1945*. — BIBLIOGRAPHIE. — COMMUNIQUÉ : III^e Congrès des urbanistes suisses. — CARNET DES CONCOURS : Rectification. — SERVICE DE PLACEMENT.

Le pont-rail de la Jonction à Genève

par J. BAUTY, ingénieur au bureau des ponts de la Direction générale des Chemins de fer fédéraux, et J.-P. COLOMB, ingénieur, directeur des travaux du consortium S. A. Conrad Zschokke et entreprises réunies Pulfer-Olivet, de Genève.

Les calculs et les plans du projet d'exécution du pont de la Jonction ont été élaborés par les ingénieurs du Bureau des ponts de la Direction générale des C. F. F. à Berne, sous la direction de M. Bühler, ingénieur en chef, et de M. Frölich, ingénieur, chef de section.

La surveillance locale des travaux a été assurée par le Bureau de construction C. F. F. de Genève, sous la conduite de M. Petitat, ingénieur, chef de bureau, et sous la direction de M. Jatton, ingénieur en chef à la Direction du 1^{er} Arrondissement C. F. F. de Lausanne.

La construction de l'ouvrage a été adjugée par la Direction générale des C. F. F., par voie de soumission publique, en deux lots, aux entreprises suivantes :

Le premier lot, comprenant la culée de la rive droite, a été confié aux Entreprises réunies, H. & F. Pulfer et Victor Olivet S. A. Le deuxième lot, embrassant l'ensemble de l'ouvrage, a été exécuté par un consortium composé des entreprises ci-dessus désignées et de la S. A. Conrad Zschokke, qui assumait la direction des travaux.

L'étude et l'exécution des cintres ont été faites par l'Entreprise Locher & C^{ie} de Zurich.

Les mesures de contrôle de la mise en charge des voûtes et les essais de réception ont été faits par le personnel technique des C. F. F. avec la collaboration des Entreprises

sous le contrôle de M. Meyer, ingénieur, deuxième chef de section à la Direction générale des C. F. F., avec les instruments de mesure de la Section des ponts.

1. Introduction.

La ligne de raccordement de la gare de Cornavin à la future gare de la Praille traverse le Rhône et l'Arve réunis, à la Jonction, sur un viaduc dont les C. F. F. viennent d'achever la construction.

L'histoire de la ligne de raccordement des deux gares genevoises de Cornavin et des Eaux-Vives, en passant par celle de la Praille, est bien connue¹. Elle remonte au début des chemins de fer dans le pays de Genève et à la convention du 7 mai 1912, qui fixait le commencement des travaux au 1^{er} janvier 1918 et stipulait que les frais d'établissement de cette ligne seraient supportés à parts égales par la Confédération, le canton de Genève et les C. F. F.

On se rappelle que le tracé de la ligne partait d'une gare centrale en cul-de-sac prévue à Beaulieu, au nord-est de Cornavin, pour franchir le Rhône à l'emplacement actuel du pont Butin. Lorsqu'il fut décidé de reconstruire la gare de Cornavin sur son emplacement actuel, le détour du raccordement par le pont Butin n'offrait plus aucun avantage, aussi la préférence fut-elle donnée à un tracé, plus court d'environ deux kilomètres, passant à la Jonction.

La nouvelle ligne quitte celle de Genève-La Plaine au quartier de Saint-Jean, traverse un tunnel du même

¹ Voir *Bulletin technique* du 14 juin 1941, p. 139.

nom, longe le vallon remblayé du Nant Cayla et atteint le pont de la Jonction sur la rive droite du Rhône. A la sortie du pont, elle pénètre dans un tunnel, de 1076 m de longueur, situé sous le plateau de la Bâtie, qui la conduit à l'emplacement de la future gare de la Praille près de Carouge.

A l'heure actuelle, seul le tronçon Cornavin-la Praille est en construction.

2. Description générale.

a) Géologie.

L'étude géologique du sous-sol a été faite en 1936, à la demande de la Direction générale des C. F. F., par M. *Augustin Lombard*, géologue, au moyen de trois sondages tubés situés approximativement dans l'axe du pont. Deux d'entre eux ont été forés sur chacune des deux rives et le troisième au milieu du lit du Rhône et de l'Arve réunis.

Ces sondages révèlent en trois points du terrain la présence de trois couches presque parallèles d'âge différent, à savoir l'« Alluvion ancienne »¹, l'interglaciaire et la moraine rissienne. Dans l'alluvion ancienne on a observé, sur les deux rives, une nappe d'eau souterraine dont la base repose sur les argiles interglaciaires et dont le niveau correspond étroitement à celui du Rhône.

Si l'on compare ces résultats avec les observations faites lors de la construction du pont Butin, situé à quelque 800 m en aval, on constate que la base des graviers de l'alluvion ancienne s'abaisse de quelques mètres entre le pont Butin et le pont de la Jonction. En outre, on n'a plus rencontré à la Jonction les gros blocs qui étaient nombreux dans les argiles morainiques rissiennes du pont Butin.

Des essais de charge ont été faits à divers niveaux dans chacun des sondages.

Les résultats de l'étude du sous-sol permettaient de conclure que l'emplacement du pont à la Jonction était favorable du point de vue géologique et que le terrain présentait des couches régulières presque horizontales sans accidents tectoniques pouvant compromettre sa stabilité. On avait donc toute latitude dans le choix de l'emplacement définitif des fondations du pont.

b) Etudes et avant-projets.

Des diverses variantes étudiées par le Bureau des ponts de la Direction générale des C. F. F., il s'en trouvait deux qui auraient pu convenir comme projet d'exécution et dont l'étude a été particulièrement poussée.

La première était un viaduc en béton comportant trois voûtes principales en anse de panier, de portées croissant avec la hauteur du tablier, des piliers secondaires et des voûtes d'élévage supportant le tablier. L'une des piles centrales était placée sur la ligne de

¹ Ancien terme local désignant un ensemble épais de gravier plus ou moins sablonneux cimenté par place et formant les falaises du Rhône et de l'Arve à la Jonction.

séparation des eaux du Rhône et de l'Arve qui, à cet endroit, est bien caractéristique, tandis que l'autre s'appuyait sur la rive gauche de l'Arve et marquait le bord du futur canal de navigation. On avait choisi les dimensions des voûtes de telle sorte qu'elles puissent être exécutées sans armature, les fers étant rationnés à cette époque. Seul le tablier, avec ses petits encorbellements en béton armé, nécessitait quelques fers ronds d'armature.

La deuxième variante, en revanche, était prévue, à titre de comparaison, en charpente métallique et consistait en une poutre continue à âme pleine et membrures parallèles, reposant sur cinq appuis disposés symétriquement à une pile centrale située sur la ligne de jonction du Rhône et de l'Arve. A cette époque on ne pouvait cependant pas songer à exécuter une construction métallique d'une telle importance, bien que du point de vue économique elle ait pu en temps normal concurrencer le projet massif.

Ces deux variantes furent présentées comme projets officiels des C. F. F. au concours qui fut ouvert en décembre 1940.

c) Résultats du concours.

Un extrait des résultats du concours de projets a été publié dans le *Bulletin technique* de 1941, pages 230 à 238, qui contient également des données sur les deux projets officiels des C. F. F. Le programme prévoyait qu'il n'était pas nécessaire de tenir compte de la situation précaire du marché du fer et laissait ainsi aux concurrents la liberté de présenter, à leur choix, des projets en maçonnerie, béton armé ou charpente métallique. Sur vingt-sept projets remis au jury à la clôture du concours, quatre prévoyaient un ouvrage en charpente métallique et vingt-trois des constructions massives en béton ou en béton armé. Dix-sept projets dignes d'intérêt furent primés ou achetés. La tendance générale des concurrents était de franchir les deux rivières par une seule arche d'une centaine de mètres de portée avec deux travées latérales d'accès ou par deux arcs d'environ 90 m d'ouverture. L'examen approfondi des projets primés a incité le jury à conclure que, pour un pont-rail, aucun d'eux ne se prêtait à l'exécution sans modifications. En conséquence, les études devaient être poursuivies en s'inspirant du projet classé en premier rang et du premier projet officiel des C. F. F.

Les membres du jury qui représentaient le canton de Genève, MM. *E. Lacroix*, ingénieur cantonal, *A. Bodmer*, chef du Service d'urbanisme, et *A. Lozeron*, architecte, se sont constitués en commission consultative pour suivre le développement des études et l'exécution du pont jusqu'à son achèvement.

d) Choix du projet définitivement adopté.

On a repris en principe l'idée du premier projet officiel des C. F. F., dont l'esthétique a été entièrement modifiée et améliorée suivant les propositions de M. Lozeron, architecte (fig. 1, page 133, et fig. 2.)



Fig. 2. — Le pont achevé. Avril 1946.

Les voûtes en anse de panier furent remplacées par des voûtes beaucoup plus élancées dont la forme se rapproche de celle d'une parabole et dont les naissances, nettement marquées, ont été abaissées à un mètre au-dessus du plan des hautes eaux extraordinaires du Rhône. Elles prennent appui directement sur les chapeaux des piles, qui ont été démunis de toute moulure jugée superflue. Les ouvertures des grandes voûtes furent conservées dans un ordre croissant de la rive gauche à la rive droite, mais l'on est cependant parvenu à donner à l'ensemble de l'ouvrage un caractère de symétrie, en reculant dans le terrain le mur en retour de la rive gauche.

La largeur du tablier, prévue à l'origine pour deux voies de chemin de fer exclusivement, fut augmentée en amont par un encorbellement supportant un passage public de 1,50 m, qui relie le chemin du Nant Cayla à celui du bois de la Bâtie.

Deux facteurs, coût et aspect, ont été déterminants dans le choix des matériaux employés à la construction du pont. Les offres faites lors de la soumission des travaux avaient montré qu'un ouvrage entièrement exécuté en maçonnerie de moellons coûtait 50 % de plus qu'en béton naturel tandis que, si l'on se contentait d'un revêtement de pierre naturelle sur les parements vus d'amont ou d'aval, le supplément de prix n'était que de 12 %. Cette dernière solution, également très satisfaisante du point de vue esthétique, fut adoptée pour l'exécution. Les piles sont revêtues de granit d'Uri, les trois voûtes principales d'un moellonnage de gneiss du Tessin. Les piliers secondaires, les voûtes d'élégissement, les tympans et les murs en retour ont un revêtement de moellons de calcaire d'Arvel (Villeneuve). La différence de teinte de ces deux pierres fait ressortir avantageusement les bandeaux des voûtes principales, plus clairs que le parement de la superstructure.

On a fixé les dosages des bétons en tenant compte de la rareté du ciment. Ces dosages parcimonieux ont été d'ailleurs compensés par une granulométrie choisie,

le soin apporté à la mise en œuvre et une vibration appropriée. A part quelques ancrages assurant avec des redans la liaison des deux rouleaux des voûtes principales et quelques armatures introduites dans les joints de fermeture des clefs de voûtes, seuls les encorbellements du tablier ainsi qu'une partie de la culée rive droite ont nécessité l'emploi de fers.

e) Description de l'ouvrage.

La longueur totale de l'ouvrage est de 218,35 m, sa largeur de 10 m et sa hauteur moyenne au-dessus de l'eau de 25,0 m environ. La fondation la plus basse descend à

16,35 m sous le plan d'eau moyen (369,3). Le tablier du pont a une pente générale de 12 ‰.

Les trois voûtes, de portée croissante et de largeur constante égale à 7,80 m, reposent sur deux piles fondées sur caissons pneumatiques et sur deux culées massives. Leurs caractéristiques sont données dans le tableau de la figure 3. D'après la classification de M. Séjourné¹, le surbaissement des trois voûtes correspond à celui des arcs « peu surbaissés » et le coefficient empirique α défini par M. Séjourné serait légèrement au-dessous de la « bonne moyenne » ($\alpha = 0,19$) sans avoir cependant le caractère d'une construction « hardie » ($\alpha = 0,15$).

Le pont est raccordé au terrain, de part et d'autre des culées, par des ouvrages d'approche ; par ses dimensions importantes, celui de la rive droite (fig. 4) a nécessité une construction en béton armé en forme de caisse remplie de terre et renforcée dans le sens transversal par une paroi et un sommier de raidissement. A l'amont, cet ouvrage est bordé par un talus remblayé.

Les superstructures sont constituées par quatorze

¹ P. SÉJOURNÉ : *Grandes voûtes*.

Voûte	N°	Portée théorique l m	Ouverture libre $2a$ m	Montée f m	Surbaissement $\sigma = \frac{f}{2a}$	Epaisseur		Coefficient α ¹⁾
						à la clef e_1 m	à la naissance e_2 m	
Sur le Rhône :	1	60,45	57,90	19,82	0,343	1,50	2,80	0,169
Sur l'Arve :	2	54,65	52,30	19,19	0,367	1,40	2,60	0,167
Rive gauche :	3	48,02	45,90	18,44	0,402	1,30	2,40	0,165



¹ Formule empirique de Séjourné : $e_0 = \alpha(1 + \sqrt{2a})\mu$

Pour les arcs : $\mu = \frac{4}{3}(1 - \sigma + \sigma^2)$.

Fig. 3. — Caractéristiques des voûtes.

piles secondaires, très élancées, dix-huit voûtelettes de 4,20 à 5,0 m d'ouverture, des murs-tympan et le tablier du pont. L'espace compris entre l'extrados des voûtelettes est rempli avec du béton maigre P. 80 sur lequel on a posé une chape d'isolation. La couche étanche qui comprend une feuille de plomb de 2/10 mm (fig. 5) intercalée entre deux couches de feutre collées au bitume, est protégée par une chape superficielle de 3 cm d'épaisseur, en mortier de ciment, armée d'un treillis. Six tuyaux de chute passant au travers des grandes voûtes assurent l'écoulement des eaux de pluie.

L'encaissement entre les bordures du tablier est rempli par un blocage en pierres cassées et en gravier rond. Deux puits de visites, placés entre les voies, permettent de descendre sur les grandes voûtes.

Enfin, trois caniveaux ont été prévus sous les dalles du trottoir amont et deux en bordure du ballast pour abriter divers câbles et conduites.

Les deux garde-corps extérieurs et le garde-corps séparant les voies du trottoir, sont tous trois de construction métallique.

3. Exécution.

Les installations du chantier du pont ont été placées sur la rive gauche du fleuve, sur un terre-plein d'environ 35 m de largeur, destiné à disparaître ultérieurement pour faire place à un futur canal navigable devant relier le Rhône au port fluvial de la Praille. On accédait au chantier par un chemin carrossable, qui longe l'Arve en aval du pont de Saint-Georges.

Des baraquements abritaient les bureaux de la Direction des travaux et de l'Entreprise, les vestiaires des ouvriers et des chefs d'équipe, les magasins à outillage et à ciment, l'atelier avec sa forge et trois compresseurs. Deux d'entre eux fournissaient au chantier l'air comprimé à haute pression, le troisième, à basse pression, était spécialement destiné à alimenter les caissons ; il pouvait, en cas de panne, être doublé d'un compresseur auxiliaire, fonctionnant au mazout. Un atelier de charpente avec un plancher à épures complétait ces installations.

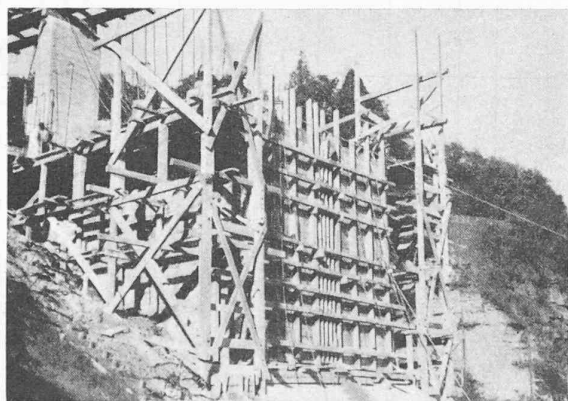


Fig. 4. — Ouvrage d'approche de la rive droite.

Dès le début des travaux de terrassement, on s'aperçut que les sables et graviers provenant des déblais étaient d'excellente qualité et qu'il était rationnel de les utiliser pour la confection des bétons. Une installation spéciale, comprenant un concasseur et une machine laveuse-trieuse, fut aménagée à cette fin. Les matériaux ainsi traités étaient déversés, par ordre de grosseur, en trois composantes, dans des silos de 400 m³ de contenance totale ; au pied de ces silos, ils étaient repris par des élévateurs qui desservaient deux bétonnières de 500 litres chacune. La composition granulométrique des bétons fut fixée, après de nombreux essais, à 40 % de sable 0-12 mm, 30 % de gravillon 12-35 mm et 30 % de gravier 35-70 mm.

Une des installations essentielles du chantier a été la passerelle de service qui traversait le Rhône en amont du pont. Longue de 130 m et large de 7,50 m, elle était constituée par un platelage en traverses de bois, reposant sur des poutrelles longitudinales métalliques, DIN 100, supportées par huit palées. Six d'entre elles étaient formées d'une enceinte de palplanches remplie de gravier et de béton, une autre était faite de pieux DIN. Enfin, une pile médiane était exécutée en béton et fondée sur pilotis.

La passerelle supportait les voies Décauville et les voies de roulement de deux grues à tour, de 20 m de portée. Tous les travaux de bétonnage, la pose de la maçonnerie, ainsi que le montage des cintres, des échafaudages et des coffrages, ont été exécutés à l'aide de ces engins de levage.

Si la culée gauche, implantée assez loin de la rive, a pu être exécutée à ciel ouvert sans protection spéciale, il n'en a pas été de même de la culée droite, fondée sur la couche inférieure de l'alluvion ancienne, à proximité immédiate du bord de l'eau. Pour protéger la fouille pendant les travaux, une caisse de havage en béton, de 4,00 × 10,0 m a été foncée jusqu'à une profondeur de 6 m au-dessous du niveau de la rivière, les eaux d'infiltration étant épuisées par pompage (fig. 6). Une fois le fonçage terminé, la caisse a été remplie de béton coulé sous l'eau et la fouille a été creusée à l'abri de ce batar-

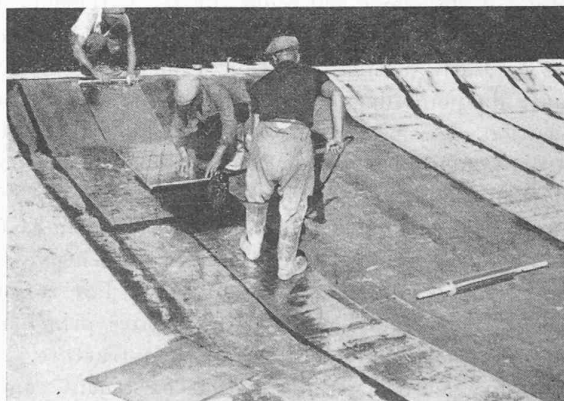


Fig. 5. — Pose de la chape d'isolation du tablier.



Fig. 8. — Vue générale du chantier.

Cliché « Hochbau und Tiefbau ».

Batardeau de la pile I. Fonçage de la pile II. Construction de la passerelle de service.

deau. La caisse de havage a été englobée dans le massif de la culée, lors du bétonnage de celle-ci.

Les piles ont été fondées sur des caissons en béton armé foncés à l'air comprimé (fig. 7). Ces caissons avaient les dimensions suivantes : pile I, $16,50 \times 10,50$ m et pile II, $16,50 \times 9,50$ m. La grande imperméabilité de la couche argileuse a permis d'arrêter le fonçage des caissons à deux et trois mètres au-dessus du niveau de fondation prévu. La partie inférieure de la fondation, excavée sous couteau, s'évase vers le bas et offre, de ce fait, une surface portante supérieure à celle des caissons,

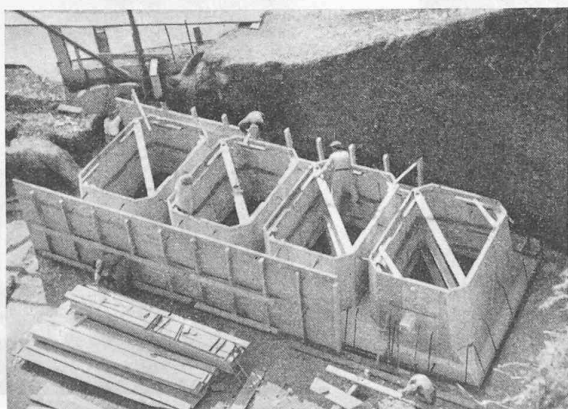


Fig. 6. — Coffrages de la caisse de havage sur la rive droite.

soit $18,50 \times 12,20$ m pour la pile I, et $18,25 \times 11,50$ m pour la pile II. Ce procédé de travail particulier a permis de créer un épanouissement progressif et rationnel des massifs de fondation et de réaliser ainsi une notable économie de déblais et de maçonnerie.

Le caisson de la pile I, situé au milieu du fleuve, a été construit sur un flot de matériaux graveleux, rapportés sur un fond variable de deux à six mètres de profondeur et contenus dans un batardeau de palplanches métalliques, du type Lackawanna, battues à refus jusque dans l'argile (fig. 8). Les serrures de ce type de palplanches

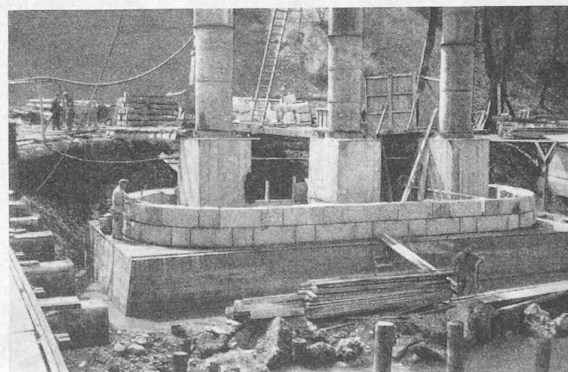


Fig. 7. — Fonçage de la pile II.

résistant à la traction, il fut possible de réaliser ce batardeau par un simple rideau de palplanches, de forme elliptique, sans aucun étai ; il était en quelque sorte tendu, comme une ceinture, sous l'action de la poussée des terres noyées formant l'ilot. Comme prévu, cette enceinte n'a subi aucune déformation, pas même pendant l'abaissement du niveau d'eau par pompage, pour permettre de construire le caisson à sec. Les venues d'eau furent d'ailleurs peu importantes.

Le terre-plein de la pile II, située en bordure de la rive gauche, était constitué par un remblai protégé du côté du fleuve, par une double rangée de pieux en bois et par des enrochements.

Tous les travaux de battage de pieux et de palplanches ont été exécutés à l'aide d'une sonnette de 18 m de hauteur munie d'un marteau trépideur de deux tonnes fonctionnant à l'air comprimé, le tout monté sur une batterie flottante.

Les caissons ont été foncés successivement, en commençant par la pile II sur la rive gauche. Les mêmes installations pneumatiques, comportant un sas pour le personnel et deux ou trois sas à matériaux, ont servi à la construction des deux piles.

Le béton des piles, dosé à 180 kg de C. P. par m³, a été serré à l'aide de pervibrateurs à air comprimé de 120 mm de diamètre et d'une fréquence de 6000 vibr./min.

Le montage des cintres des grandes voûtes a suivi immédiatement le fonçage des piles.

Chaque cintre (fig. 9 et 10) se composait de six arcs assemblés provisoirement en atelier, puis amenés en pièces détachées sur le chantier.

Les membrures supérieures et inférieures étaient constituées, par des lamelles cintrées et collées, reliées entre elles par des diagonales croisillonnées. Tout le système, assemblé au moyen de boulons et d'anneaux d'assemblage, était solidement entretoisé et contre-

venté. La hauteur de construction de tous les arcs était de 2,50 m environ et leur distance entre axes de 1,56 m. Les joints entre les divers éléments de membrure ont été bourrés de mortier de ciment pour assurer un meilleur contact et une bonne transmission des efforts de compression sur le bois de bout.

Un double platalage supportait le béton des voûtes ; la première couche de 4 cm d'épaisseur était placée en diagonale et la deuxième, en planches rabotées de 3 cm, était posée perpendiculairement à l'axe du pont formant ainsi le contreventement transversal de la construction.

De chaque côté des voûtes, un escalier permettait l'accès à toutes les parties de l'ouvrage.

Les cintres reposaient, par l'intermédiaire de coins en bois dur, (fig. 11), sur des appuis provisoires en béton armé ancrés dans les piles ; ce dispositif permettait le réglage et facilitait le décintrement.

Le montage des six arcs d'une ouverture s'est effectué d'après le schéma de la figure 12. Les éléments de cintre, de 6 à 20 m de longueur, étaient assemblés au sol sur un plancher à épures, puis une grue à tour les plaçait bout à bout, alternativement depuis chaque appui. Les segments des deux arcs médians étaient successivement ancrés, au moyen de câbles métalliques, à des tours de montage érigées sur les piles et les culées. Une fois ces deux arcs clavés et entretoisés, de fortes traverses étaient boulonnées sous leurs membrures inférieures. Les segments des quatre arcs extérieurs (deux à l'amont et deux à l'aval), étaient alors posés et assemblés sur ces traverses ; ainsi, les premiers arcs construits supportaient les suivants.

Le réglage de leur position et de leur forme était contrôlé d'une façon très précise. Pour garantir l'exactitude rigoureuse de leur contour, les membrures supérieures ont été surmontées d'une liste dont on a déterminé l'épaisseur sur tout le périmètre, en tenant compte

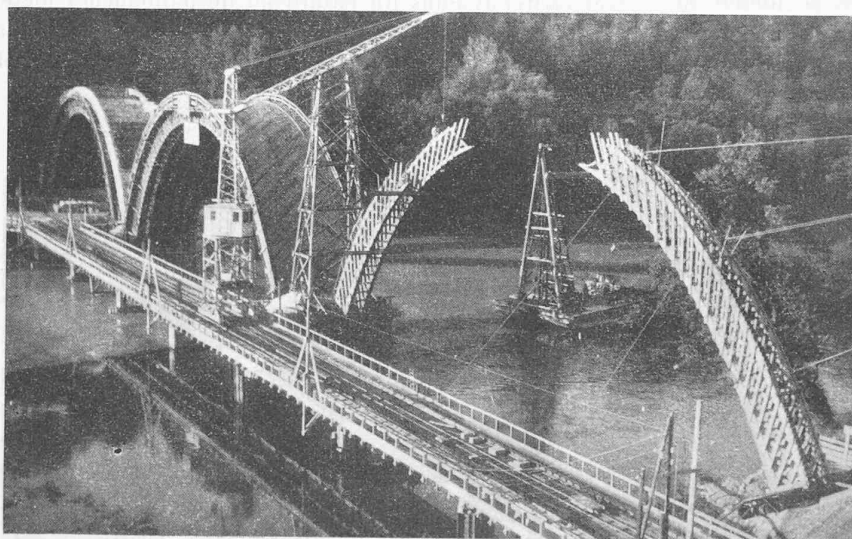


Fig. 9. — Construction des cintres.

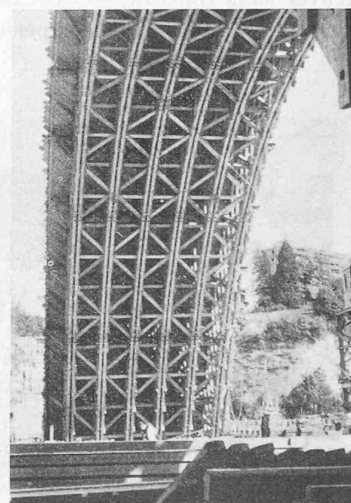


Fig. 10. — Entretoisement des cintres.

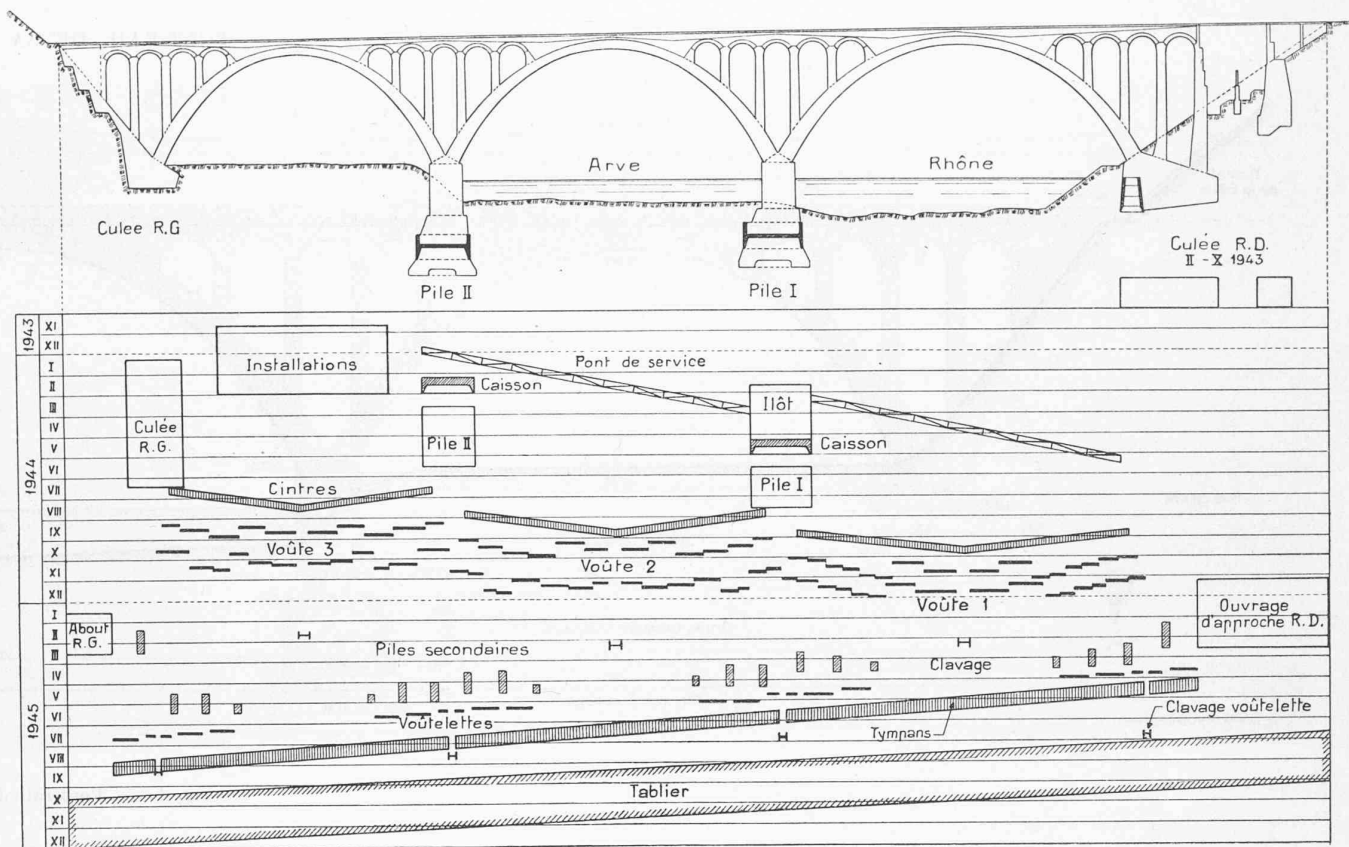


Fig. 13. — Programme des travaux.

des inexactitudes de montage, d'une part, et des déformations probables du cintre pendant la construction des voûtes, d'autre part.

Pour le démontage on a procédé à l'opération inverse du montage. Le dernier arc du cintre fut démonté, alors qu'il était soutenu par des ancrages fixés dans le béton de la voûte.

Toutes ces opérations se sont effectuées avec précision et dans un temps remarquablement court comme on en jugera par le programme des travaux (fig. 13).

Les cintres ont été prévus pour supporter la moitié du poids total des voûtes seulement. Elles ont donc été bétonnées successivement en deux rouleaux concentri-

ques. Quand le béton du premier rouleau, clavé provisoirement, fut suffisamment durci, on a coulé le deuxième rouleau qui était supporté solidairement par le premier rouleau et le cintre, à raison de 90 % par le béton et 10 % par le cintre, ainsi que l'ont démontré les observations faites au cours de l'exécution. On en avait d'ailleurs tenu compte, dans des proportions analogues, dans le calcul du cintre en faisant en sorte que le total des fatigues provenant des deux rouleaux, ne dépasse pas les contraintes admissibles du bois.

Le béton des voûtes, dosé à 225 kg de C. P. par m³ et ceux de la superstructure ont été traités au moyen de pervibrateurs électriques de 100 mm de diamètre d'une

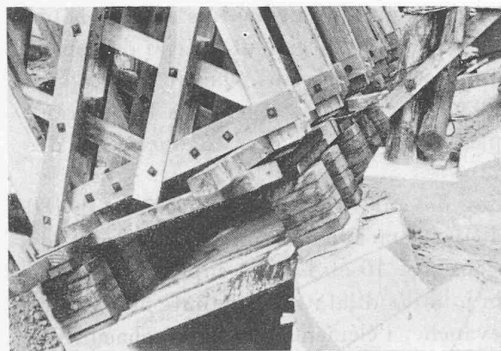


Fig. 11. — Détail de l'appui d'un cintre.

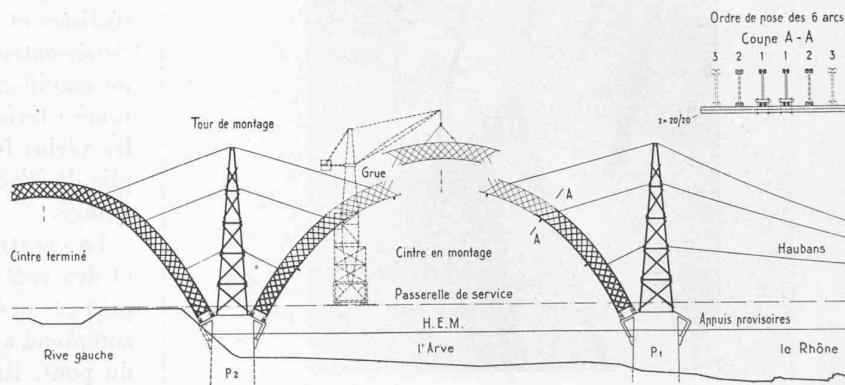


Fig. 12. — Schéma de montage d'un cintre.

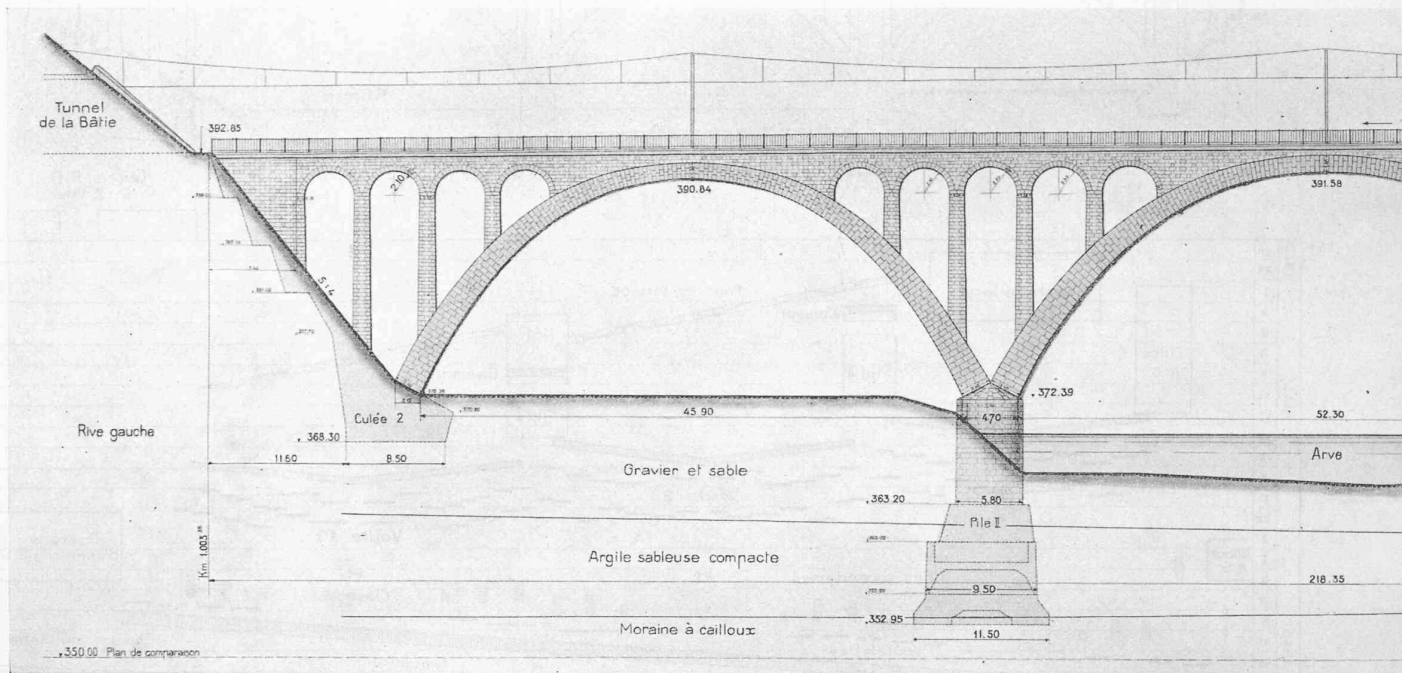


Fig. 1. — Pont-rail de la Jon

fréquence de 13 000 vibr./min. et mis en œuvre par éléments de volumes correspondant au débit journalier des installations. Les joints ménagés entre ces éléments (fig. 14) furent bétonnés après un délai de quatre à six semaines, suffisant pour éliminer en grande partie l'influence du retrait. La liaison entre les deux rouleaux était assurée par des fers cornières et par des redans disposés le long de l'extrados du premier rouleau.

Le clavage des trois voûtes a été réalisé à la fin de la saison froide. La température ayant une influence appréciable sur les fatigues des voûtes, l'époque de la mise en

charge était fixée d'une façon impérative entre la fin de février et le début de mars, c'est-à-dire à une saison où les grands froids ne sont plus à craindre, mais où les températures sont encore basses. Pour cette opération, des vérins avaient été placés à la clé des voûtes, dans des évidements appropriés. Des calculs très poussés, dont on verra plus loin le résultat, ont permis de fixer le point d'application et l'amplitude de la force des vérins de manière à obtenir la répartition des efforts la plus favorable, de la clef à la culée, ainsi qu'une certaine précontrainte de la voûte. La poussée maximum exercée à la clef de la voûte la plus sollicitée (voûte sur le Rhône) était de 950 tonnes. Cette force fut obtenue par la combinaison de huit vérins de 100 t, 150 t et 200 t disposés dans cinq logements, comme le montre la figure 15.

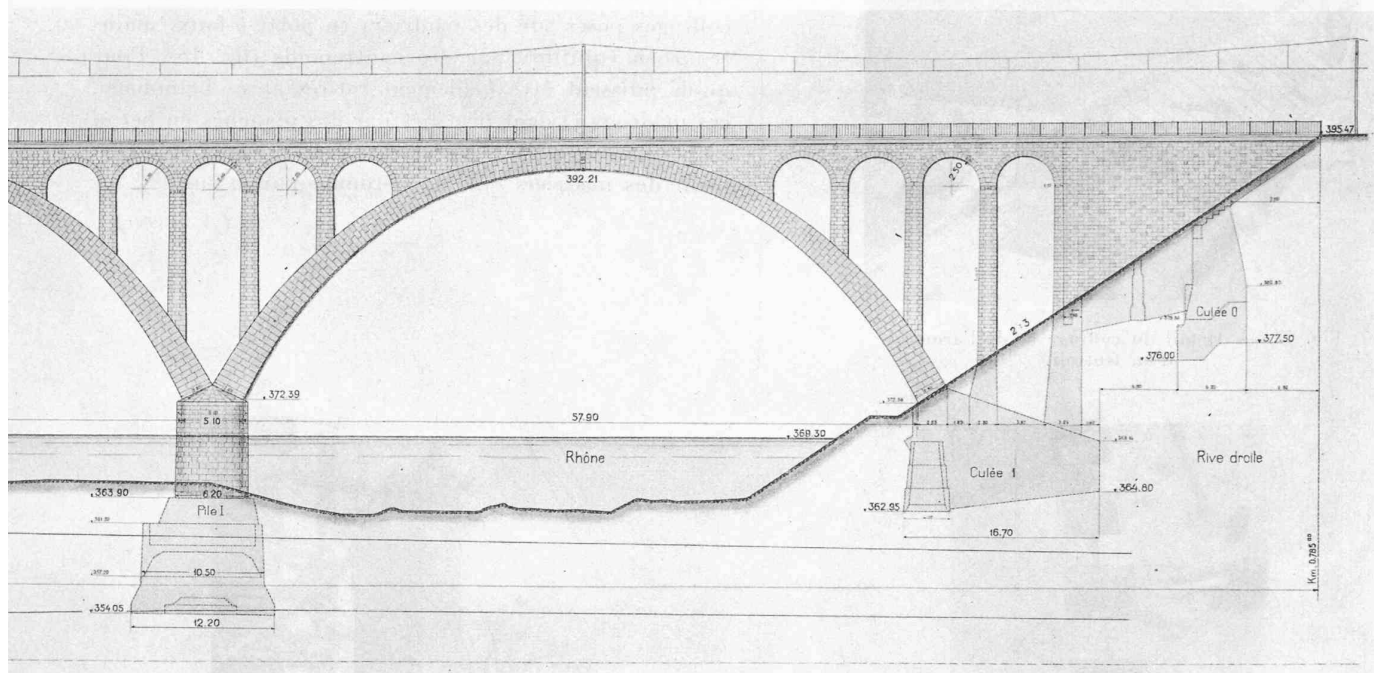
Lorsque les conditions de mise en charge furent réalisées et que le cintre fut décollé et abaissé, les joints situés entre les évidements furent bourrés avec un béton de gravillon dosé à 300 kg de ciment spécial de consistance « terre humide », damé à refus. Quatre jours après, les vérins furent enlevés et leurs logements furent remplis de béton pervibré de même qualité que celui des voûtes.

La construction des piles secondaires en béton P. 180 et des voûtes d'élégissement en béton P. 225 a suivi de près ces opérations (fig. 16 et 17). La superstructure ne comprend aucun joint de dilatation sur toute la longueur du pont. En revanche, l'élément central de chacun des quatre groupes de voûtes secondaires a été mis en charge au moment du clavage de la même façon que les voûtes



Fig. 14. — Détail d'un joint de retrait d'une voûte.

JONCTION, A GENEVE



à Genève. Vue d'ensemble.

principales ; ainsi l'effet du retrait a été compensé par une précontrainte de la superstructure. Pour empêcher la formation de fissures dans les piles secondaires au cours de cette mise en pression, des joints provisoires hori-

zontaux formant articulations avaient été ménagés dans les piles les plus courtes, les autres étant par elles-mêmes assez élastiques pour supporter sans dommage des petits déplacements de leur tête.

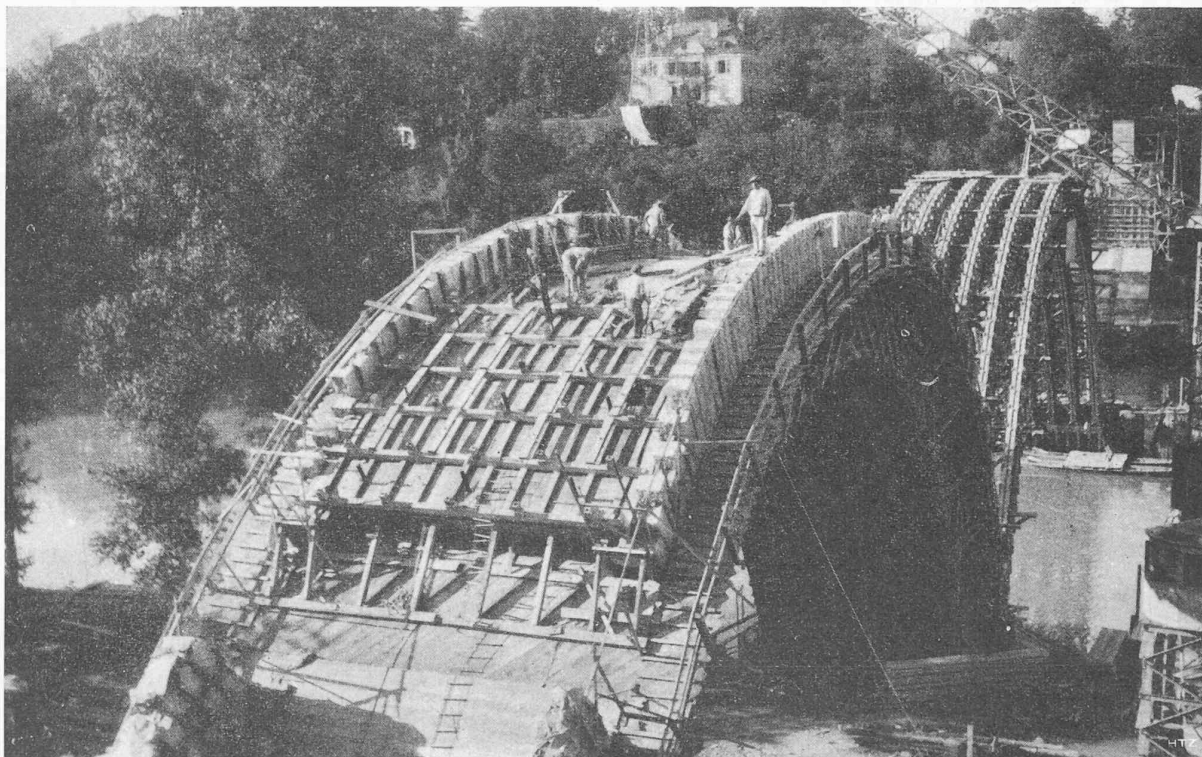


Fig. 14 bis. — Coffrage des éléments du rouleau de la voûte 1.

Cliché « Hochbau und Tiefbau ».

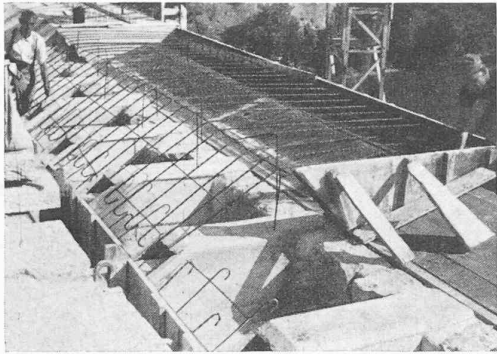


Fig. 18. — Détail du coffrage et de l'armature d'un trottoir.

Les trottoirs en encorbellement, en béton P. 300 avec adjonction de Plastiment, ont été exécutés dans des coffrages posés sur des madriers en porte-à-faux, maintenus en équilibre par des contrepoids (fig. 18). Pour qu'ils puissent être facilement retirés après bétonnage, ces madriers étaient protégés par des planches en béton moulé d'avance. Les évidements laissés après l'éloignement des madriers ont été bétonnés par la suite.

(A suivre.)

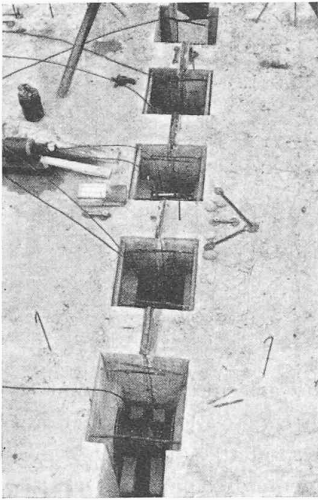


Fig. 15. — Logements des presses de la voûte sur le Rhône. On distingue les plateaux de chêne dans les joints et les barres en attente qui seront soudées après le clavage.

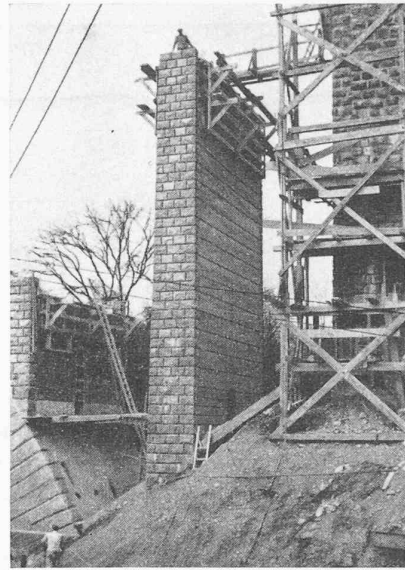


Fig. 16. — Construction d'une pile secondaire.

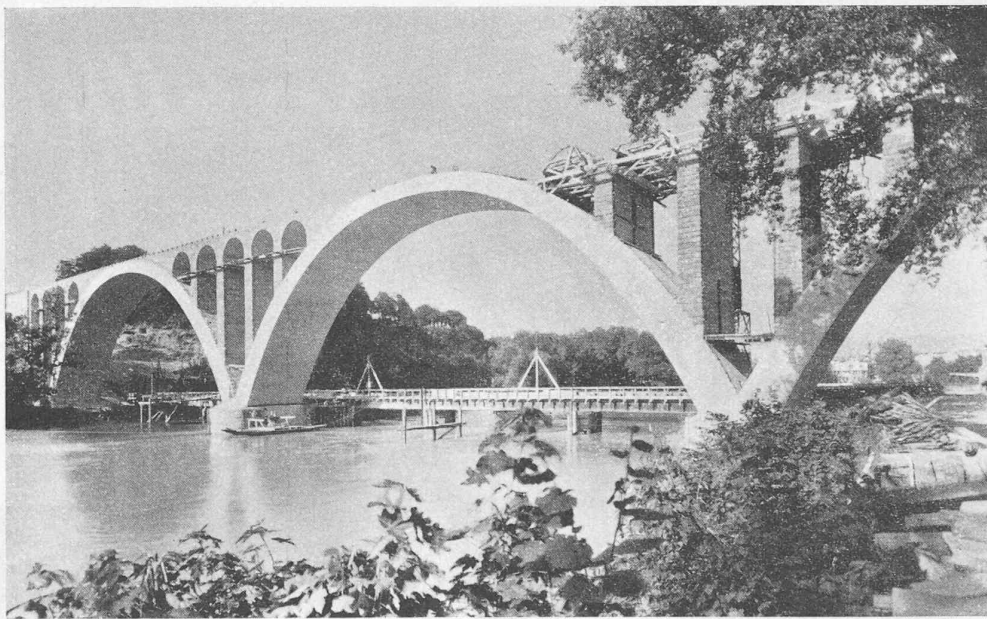


Fig. 17. — Vue générale de la superstructure en construction.