

# Reconstruction du viaduc de la Paudèze

Autor(en): **Jambé, C.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **51 (1925)**

Heft 20

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-39536>

## **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

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN  
 ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES  
 ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Reconstruction du viaduc de la Paudèze*, par C. JAMBÉ, ingénieur (suite et fin). — *La construction des turbines hydrauliques aux Etats-Unis*. — SOCIÉTÉS : *Cercle mathématique de Lausanne*. — *Groupe genevois de la G. e. P.* — BIBLIOGRAPHIE. — *Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne*. — *Service de placement*.

## Reconstruction du viaduc de la Paudèze

par C. JAMBÉ, ingénieur.

(Suite et fin.)<sup>1</sup>

*Programme de travail.* — Le nouveau pont devait occuper exactement la place de l'ancien, de manière à éviter des remaniements dispendieux de la plate-forme du chemin de fer aux abords de l'ouvrage.

Il ne pouvait être question d'autre part, d'interrompre durant les travaux la circulation des trains que sur l'une des deux voies.

L'on décida, pour satisfaire à ces exigences d'édifier tout d'abord la moitié aval (côté lac) du pont en maçonnerie, après ripage à l'amont du tablier métallique pour libérer l'emplacement nécessaire à cette construction.

A ce moment, la voie lac du tablier était amenée en regard de celle de gauche de la plateforme sur laquelle la circulation des trains était maintenue.

Le demi-pont aval achevé et la circulation sur voie lac rétablie, l'on procéda à un deuxième ripage à l'amont du tablier métallique, pour dégager complètement l'emplacement de la moitié amont du nouveau viaduc que l'on put ainsi parachever (fig. 7).

Sur ces données l'exécution des travaux se poursuivit dans l'ordre suivant :

1<sup>o</sup> Blocage de la galerie de mine.

2<sup>o</sup> Fouilles de fondations, exécution des maçonneries des piles jusqu'au niveau des naissances des voûtes (fig. 8).

3<sup>o</sup> Pendant ce temps, préparation des installations pour le ripage à l'amont du tablier métallique pour deux voies.

Nous n'entrerons pas dans le détail de cette opération de ripage, très délicate et des plus intéressantes, exécutée par les *Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey* sous la direction de M. Robert, ingénieur, chef du bureau des Ponts du 1<sup>er</sup> Arrondissement des C. F. F.; elle fera l'objet d'une communication spéciale au *Bulletin technique*.

Nous ajouterons cependant qu'elle s'effectua sans accroc, dans la nuit du 6 au 7 octobre 1922, entre le passage des

trains réguliers Nos 1385 et 1368 ; dans l'espace de trois heures et demie, le pont de 600 tonnes environ avait été déplacé latéralement de 3 m. 50.

Après ce ripage, le tablier métallique reposait par moitié sur les piles et culées anciennes et sur les appuis métalliques montés à cet effet au droit de chacune d'elles (fig. 9 et 10).

4<sup>o</sup> L'opération de ripage accomplie, l'on procéda à la démolition de la partie supérieure aval des piles et culées pour permettre la pose des cintres et la construction des voûtes, du tympan et du faux-tympan de la moitié lac du nouveau viaduc.

5<sup>o</sup> A l'achèvement de cette première moitié du pont la circulation définitive des trains fut rétablie en simple voie également, côté lac, et le tablier métallique ripé à nouveau à gauche pour libérer complètement l'emplacement de la moitié amont du nouveau viaduc.

A ce moment, la construction métallique était entièrement dégagée de ses anciens appuis et ne reposait plus que sur les palées provisoires ayant servi au ripage (fig. 11).

6<sup>o</sup> L'on put alors procéder à la démolition des anciennes piles et à l'achèvement de la moitié amont de l'ouvrage, puis rétablir enfin la marche régulière en double voie.

La construction métallique servit quelque temps encore comme pont de service à l'usage de l'entreprise Bellorini, puis sa démolition fut adjugée, ensuite d'un concours, à la S. A. de constructions métalliques *C. Wolf et Cie*, à Nidau, pour le prix à forfait de 31 200 francs, la ferraille étant rendue franco sur wagons en gare de Lutry. Pour le garage des wagons en chargement, les C. F. F. avaient posé, à leurs frais, une voie provisoire de 30 m. de longueur utile, aiguillée sur la voie montagne.

Les poutres continues constituant le tablier métallique en autorisèrent la démolition en porte à faux, moyennant certains dispositifs spéciaux indiqués par le calcul.

La démolition commencée le 30 août 1923 à l'extrémité côté Pully du tablier, fut poursuivie régulièrement dans la direction de Lutry et la première travée de 35 m. de longueur put être entièrement démontée en porte à faux sans nécessiter d'appuis nouveaux.

Pour chacune des deux travées médianes, de 45 m. de longueur, l'on dut avoir recours à une palée intermédiaire de construction très légère ; enfin la dernière travée, côté

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 29 août 1925, p. 217.

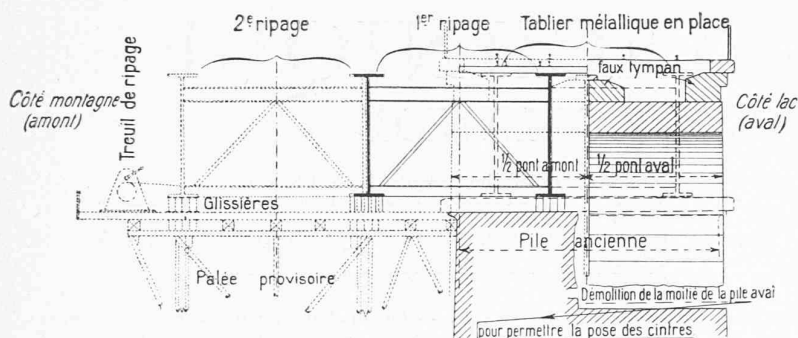


Fig. 7. — Ripages du tablier métallique.

Lutry, de 35 m. de longueur, fut soutenue par deux appuis nouveaux et par un platelage monté aux abords de la culée ; travail achevé le 1<sup>er</sup> février 1924.

Les pièces détachées du pont étaient chargées sur wagonnet par une grue roulante de quatre tonnes puis transbordées sur wagon normal et acheminées à Lutry.

Le démontage du pont se fit soit au chalumeau soit en faisant sauter les têtes de rivets, suivant la nature des pièces à détacher (fig. 12 et 13).

En fin de compte, nous avons un viaduc constitué par une série de demi-voûtes indépendantes avec tympan et faux-tympan, reposant sur des culées et piles communes, le vide de 10 m. entre les deux faux-tympan intérieurs étant recouvert d'une dalle en béton armé.

*Délais.* — Les délais imposés à l'entreprise Bellorini pour la marche des travaux, par convention du 11 jan-

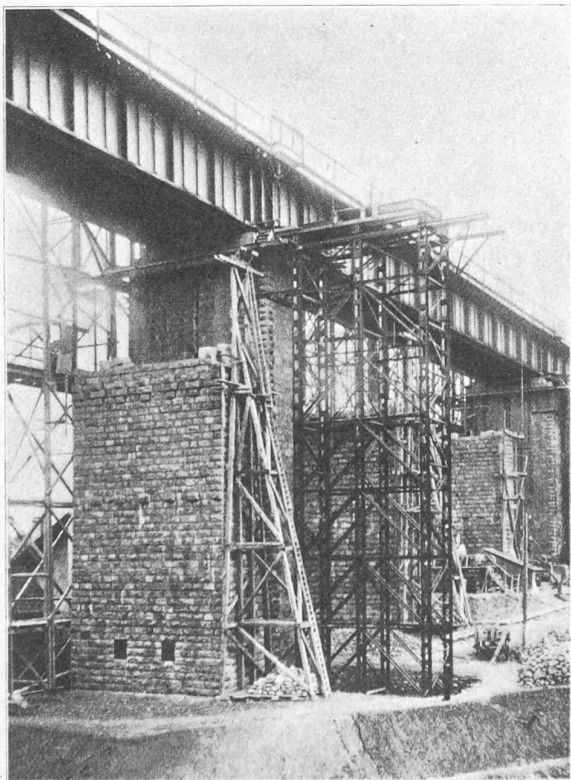


Fig. 8. — Etat d'avancement des travaux avant les ripages du tablier métallique.

vier 1922, étaient plutôt serrés, soit sept mois à partir de l'adjudication des travaux pour la construction des piles ; douze mois dès cette même date pour la construction de la moitié aval du viaduc ; cinq mois après l'enlèvement du tablier métallique, pour le parachèvement du viaduc, soit de la moitié amont de l'ouvrage.

Grâce aux mesures prises et à l'habile organisation du chantier, que nous aurons occasion de décrire plus loin, ces délais furent tenus.

Voici, au surplus, les dates essentielles des diverses étapes du travail :

Début des travaux, 13 mars 1922.

Piles terminées le 30 septembre 1922.

Premier ripage du tablier métallique, nuit du 6/7 octobre 1922.

Achèvement de la moitié aval du viaduc, prête à recevoir le ballastage et la voie, le 26 février 1923.

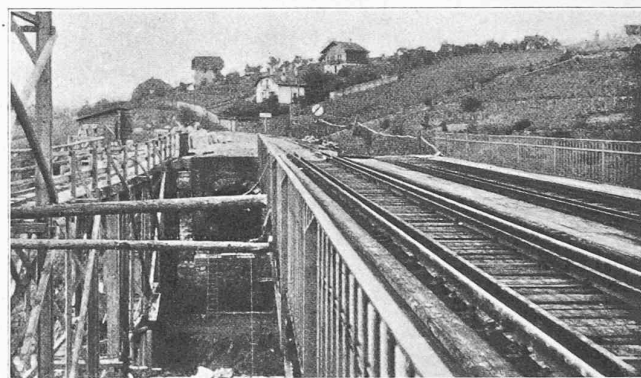


Fig. 9. — Premier ripage du tablier métallique.

Passage du premier train sur cette moitié du pont, le 15 mars 1923.

Deuxième ripage du tablier, le 16 mars 1923.

Mise en service du pont complètement fini, le 1<sup>er</sup> août 1923.

Parachèvement de l'ouvrage, rejointoiement, etc., 18 août 1923.

La durée des travaux avait ainsi été de dix-huit mois environ, malgré la grève du personnel ouvrier du 14 avril au 3 mai, qui désorganisa temporairement le chantier.

*Organisation du chantier.* — L'organisation du chantier comportait les diverses installations suivantes :

a) Un pont de service en bois, à l'aval, sur toute la longueur de l'ouvrage, soit sur 180 m. ; largeur libre, 2 m. 16, sauf entre piles 6-7 où elle était de 2 m. 90, pour donner la place à une voie de croisement. Ce pont de service avait trois étages, l'inférieur sur les berges du torrent, l'intermédiaire à niveau des naissances et le supérieur à la hauteur des voies C. F. F. (fig. 14).

b) Un funiculaire établi à l'aval, sur rive gauche, pour le service des différents étages de la passerelle en bois ; pente 60% ; il était calculé pour une charge sur chariot de deux wagonnets de deux tonnes chacun.

c) Un ascenseur de deux tonnes adossé à l'aval du pont de service, entre les piles 3-4, permettant d'établir en liaison avec le funiculaire un circuit complet de wagonnets.

d) Deux estacades d'approvisionnement de 100 m. de longueur chacune, sur 3 m. de largeur, aux extrémités du pont de service et en bordure des voies C. F. F.

e) Deux chariots électriques roulants, de deux tonnes, se déplaçant normalement à l'axe du pont et installés aux points à fort débit de matériaux.

f) Une bétonnière type « Rondez » de 500 litres, à rendement de 100 m<sup>3</sup> par jour.

g) Un certain nombre de grues pivotantes de deux tonnes en applique contre les montants de la passerelle de service.

En deuxième période de travaux soit pendant la construction du demi-pont amont, le tablier métallique ripé hors de l'emprise du nouveau viaduc fut utilisé comme pont de service auxiliaire, nous l'avons déjà dit, et les deux chariots roulants électriques de deux tonnes, mentionnés sous lettre *e* ci-haut, posés à cheval sur la voie normale près de chacune des culées, servaient à l'approvisionnement du chantier amont depuis la passerelle de service à l'aval.

Ces installations de chantier, rationnellement conçues,

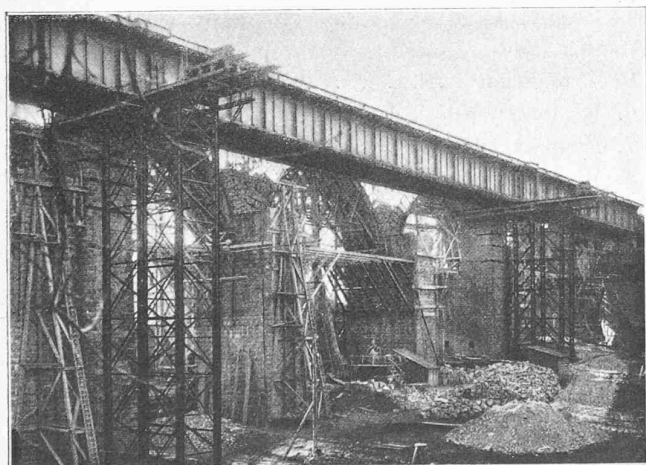


Fig. 10. — Premier ripage du tablier métallique et construction du demi-pont, côté lac.

ont permis un gros rendement, en même temps que l'accès aisé à tous les points du chantier, ce que l'on n'eût pas obtenu par le moyen d'un téléféragé.

Tous les matériaux nécessaires à la construction du viaduc, à l'exception du ciment, ont été amenés à pied d'œuvre par wagons C. F. F.

Les déblais des fouilles de fondation des piles et culées furent déposés sur les rives de la Paudèze, aux abords immédiats du pont et pour la grande partie à l'amont.

A signaler tout spécialement les fouilles de la pile N° 5, à cause de la reprise en sous-œuvre des fondations de l'ancienne pile N° 2. Cette reprise s'effectua sans trop de difficultés et la stabilité de l'ancienne pile n'en fut nullement compromise.

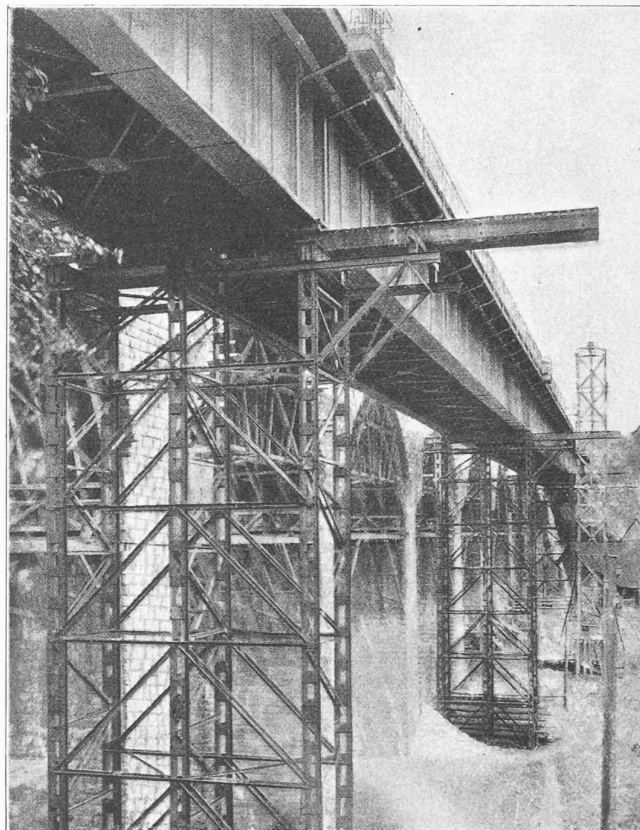


Fig. 11. — Tablier métallique après le deuxième ripage.

*Cintres.* — Vu les courts délais impartis à l'entreprise, les neuf voûtes du viaduc durent être cintrées simultanément sur la moitié aval de la largeur ; le cintrage de l'autre moitié s'obtint par simple ripage des cintres.

L'entreprise adopta le cintre triangulé à quatre fermes (fig. 15) pour cinq des voûtes et, ensuite d'offre favorable, le cintre Hetzer, (fig. 16) à cinq fermes, pour les quatre autres ; ces cintres étaient calculés pour la charge entière de la voûte.

Un plancher établi à niveau des naissances en facilita grandement le montage, le réglage, le ripage et le décintrement.

Ils furent tenus au montage, en surélévation de 15 mm. pour parer aux tassements ; un système de coins placés sous les boîtes à sable permettait un réglage minutieux.

Les observations faites en cours des travaux n'ont

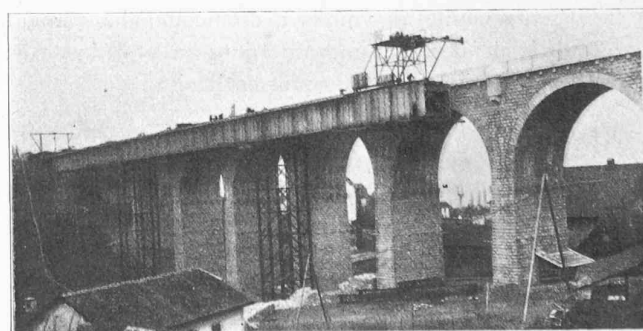


Fig. 12. — Démolition du pont métallique.



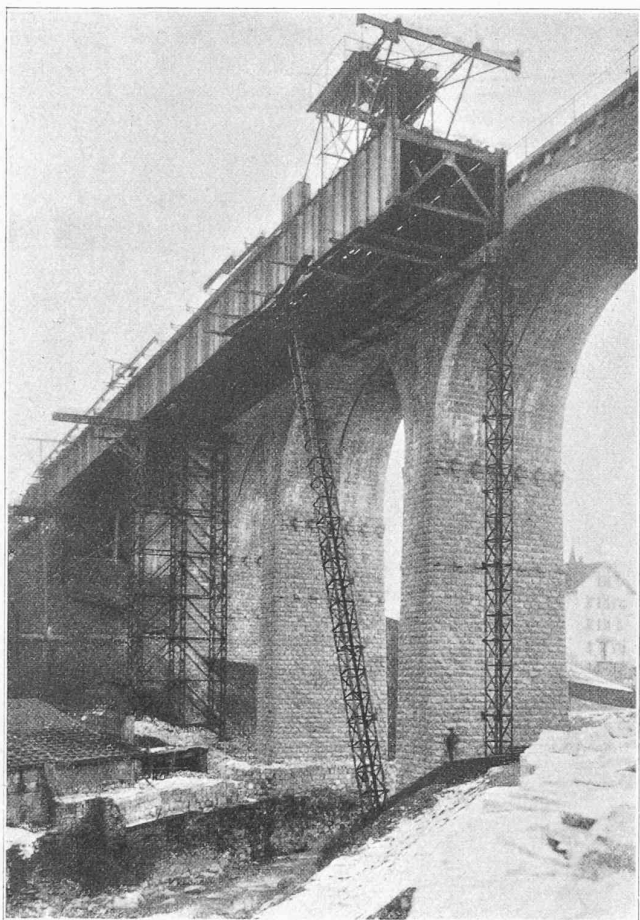


Fig. 13. — Démolition du pont métallique.

révélé aucune différence appréciable dans la déformation ou le tassement des cintres de l'un ou l'autre système ; voici au reste quelques résultats moyens de ces observations :

	Surélévation donnée à la clef	Tassement total	Position de la clef au-dessous de la cote du projet
Cintre triangulé voûtes 1.2.7.8.	15 mm.	23 mm.	8 mm.
Cintre Hetzer voûtes 3.4.5.6.	15 mm.	24 mm.	9 mm.

Le décintrement des voûtes a donné un abaissement moyen de la clef de 0,07 mm. sans allongement de la corde. Ces constatations sont des plus satisfaisantes.

*Main-d'œuvre et matériaux employés.* — L'ensemble du personnel de l'entreprise Bellorini consacra 248 652 heures à l'édification de l'ouvrage, avec un prix moyen de l'heure de 1 fr. 41. A ces prestations, il faut ajouter celles des autres entreprises, qui y ont collaboré aussi :

M. A. Koller, pour le blocage des galeries de mine et la fondation des palées de ripage.

Les Ateliers de Vevey pour le ripage du pont.

La S. A. Wolf à Nidau pour sa démolition, 14765 heures de travail.

M. C. Margot, serrurier à Lausanne, pour la pose du garde-corps.

Et, enfin, les journées de travail des ouvriers C. F. F. pour ballastage et pose de voies, pour installations de conduites télégraphiques et téléphoniques et modifications aux appareils de signaux, enclenchements, etc.

Aucun accident grave ne s'est produit, fort heureusement.

Les matériaux suivants ont été employés ou mis en œuvre pour la construction du viaduc :

#### 1. Bois.

Pour le pont de service . . . . .	261 m <sup>3</sup>
Pour les estacades d'approvisionnement . . . . .	48 m <sup>3</sup>
Pour les cintres . . . . .	377 m <sup>3</sup>
Pour le monte-charge, les chevalets, etc. . . . .	44 m <sup>3</sup>
Pour le blindage des fouilles, bois ronds . . . . .	135 m <sup>3</sup>
Pour le blindage des fouilles, plateaux . . . . .	165 m <sup>3</sup>
Soit au total . . . . .	<u>1030 m<sup>3</sup></u>

2. Ciments . . . . .	1600 T.
3. Sable pour maçonnerie . . . . .	2750 m <sup>3</sup>
4. Gravier pour béton . . . . .	4700 m <sup>3</sup>
5. Pierre à maçonner provenant des carrières d'Arvel et de St-Triphon . . . . .	4130
Pierre à maçonner provenant de démolition . . . . .	970 5100 m <sup>3</sup>
6. Moellons têtus . . . . .	2850 m <sup>2</sup>
7. Angles têtus avec ciselures . . . . .	400 m <sup>1</sup>
8. Moellons piqués . . . . .	1250 m <sup>2</sup>
9. Bandeaux en granit . . . . .	205 m <sup>3</sup>
10. Granit du Tessin pour couronnements et corbeaux . . . . .	115 m <sup>3</sup>
11. Chaille pour blocages . . . . .	700 m <sup>3</sup>

Dans ces quantités ne figurent pas les matériaux employés au blocage de la galerie de mine, ni le gravier de ballastage.

Le cube des matériaux mis en œuvre correspond assez exactement à ceux du métré à la base du devis initial, sauf pour les bétons de fondation dont les quantités sont en sensible augmentation.

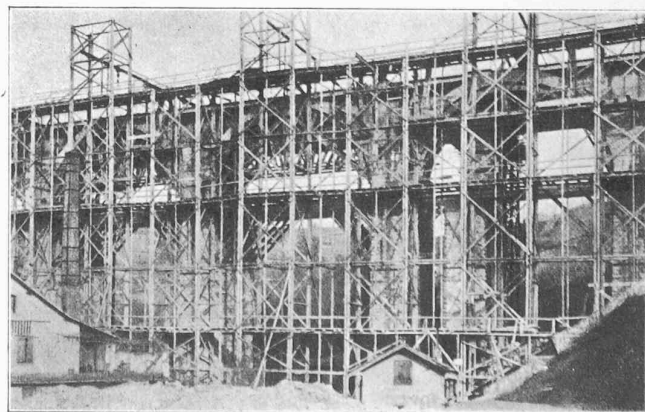


Fig. 14. — Pont de service.

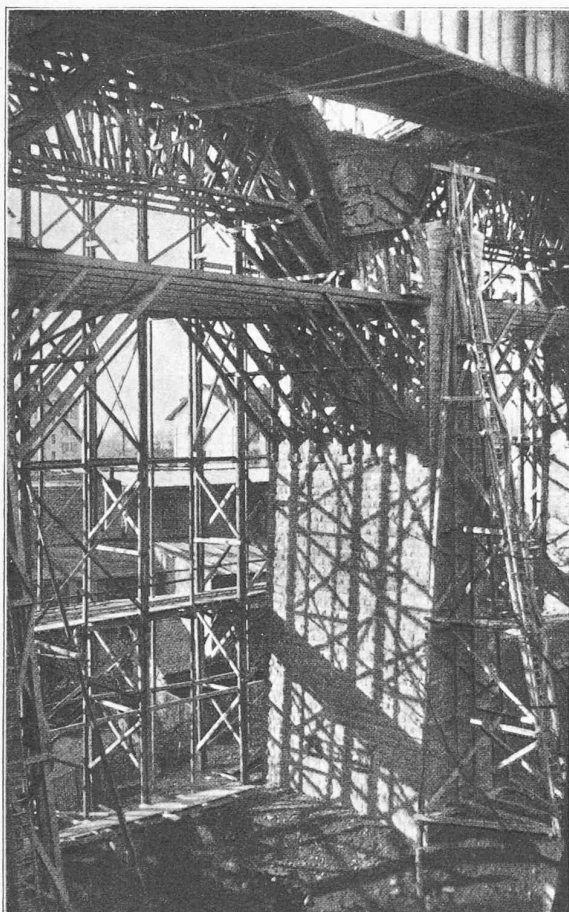


Fig. 15. — Cintres triangulés sous le demi-pont aval et pont de service.

*Devis et coût de la construction.* — Le devis général de reconstruction du viaduc s'élevait à 1 516 000 francs plus 503 100 francs pour les amortissements.

Les dépenses effectives sont résumées ci-dessous :

1. Acquisition de terrain et indemnités	Fr.	1 535,30
2. Sondages du sol de fondation (Entreprise Werder, à Zurich)	»	21 805,05
3. Etudes et surveillance	»	38 570,55
4. Épuisement de l'eau, blocage de la galerie de mine (Entreprise A. Koller)	»	76 226,80
5. Fondation des palées pour le ripage (Entreprise A. Koller)	»	12 871,25
6. Ripage du tablier métallique, installation et main-d'œuvre (Ateliers de constructions mécaniques de Vevey)	»	85 700,00
7. Démolition du tablier (S. A. Wolf et C <sup>ie</sup> à Nidau)	»	31 200,—
8. Construction du Viaduc (Entreprise E. Bellorini)	»	1 032 255,80
9. Travaux d'approche, ripage et pose de voie, ballastage, conduites électriques, signaux et enclenchements, etc. (Par les soins des C. F. F.)	»	32 254,40

A reporter Fr. 1 332 419,15

	Report	Fr. 1 332 419,15
10. Garde-corps métallique (Entreprise C. Margot, serrurier)	»	4 458,95
11. Frais de gardiennage (C. F. F.)	»	23 688,70
12. Intérêts du capital d'établissement	»	26 325,20
Total		Fr. 1 386 892,—
A déduire le produit de la vente de la ferraille de démolition	»	27 742,80
Reste, comme dépense totale		Fr. 1 359 149,20
L'amortissement des anciennes maçonneries démolies et du tablier métallique était estimé	Fr.	490 100,—
Somme qui doit être diminuée de la valeur des matériaux vendus et de recettes diverses, par	»	40 600,—
Reste, pour les amortissements	Fr.	449 500,—

Le coût de construction de l'ouvrage proprement dit, si l'on en déduit la dépense pour épuisement d'eau et blocage de la galerie de mine, est de Fr. 1 359 149,20 — 76 226,80, soit de Fr. 1 283 000,— en chiffres ronds.

*Renseignements généraux.* — Soient  $L$  la longueur totale du viaduc = 179 m. 50.

$l$  sa largeur entre bords extérieurs du couronnement = 8 m. 40.

$S$  La surface vue en élévation, comprise entre rails et terrain = 3370 m<sup>2</sup>.

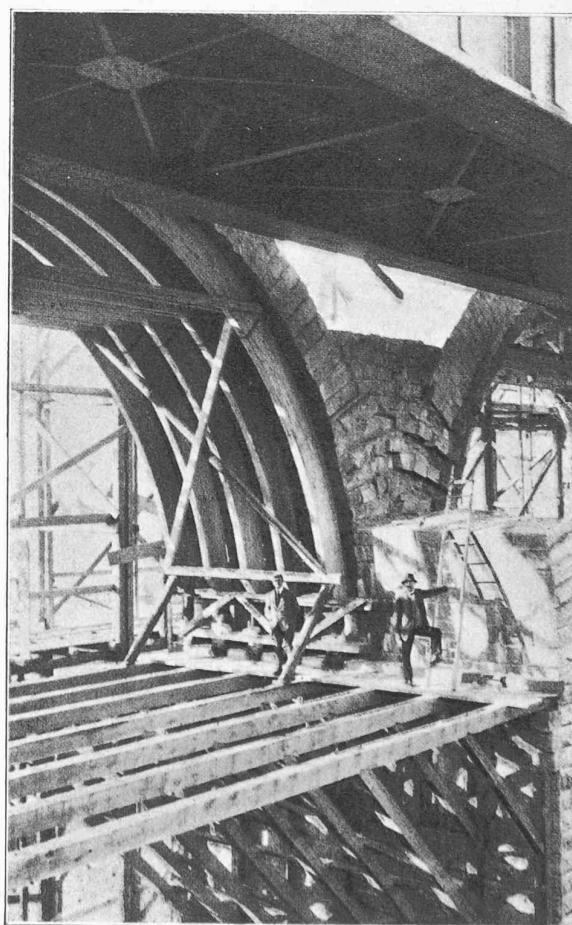


Fig. 16. — Cintre « Hetzler » sous le demi-pont aval.

- $p$  La surface des pleins en élévation, 990 m<sup>2</sup>.
- $V$  La surface des vides en élévation, 2380 m<sup>2</sup>.
- $Q$  Le cube des maçonneries à mortier du viaduc = 11 560 m<sup>3</sup>.
- $D$  La dépense = (Fr. 1 359 000 — 76 000) = 1 283 000 francs.

Avec ces données, nous avons les résultats ci-après :

$$\frac{Q}{S} = \text{le cube de la maçonnerie par m}^2 \text{ de surface en élévation} = \frac{11\,560}{3370} = 3,45.$$

$$\frac{V}{S} = \text{rapport des vides à la surface vue} = \frac{2380}{3370} = 0,71.$$

$$\frac{p}{S} = \text{rapport des pleins à la surf. vue} = \frac{990}{3370} = 0,29.$$

$$\frac{V}{p} = \text{rapport des vides aux pleins} = \frac{2380}{990} = 2,40.$$

$$\frac{D}{S} = \text{dépense par mètre carré de surface vue} = \frac{1\,283\,000}{3370} = 380 \text{ fr.}$$

$$\frac{D}{L} = \text{dépense par mètre courant de viaduc} = \frac{1\,283\,000}{179,50} = 7150 \text{ fr.}$$

$$\frac{D}{L \times l} = \text{dépense par mètre carré de surface horizontale} = \frac{1\,283\,000}{179,5 \times 8,40} = 850 \text{ fr.}$$

$$\frac{D}{Q} = \text{prix moyen de la maçonnerie} = \frac{1\,283\,000}{11\,560} = 110 \text{ fr.}$$

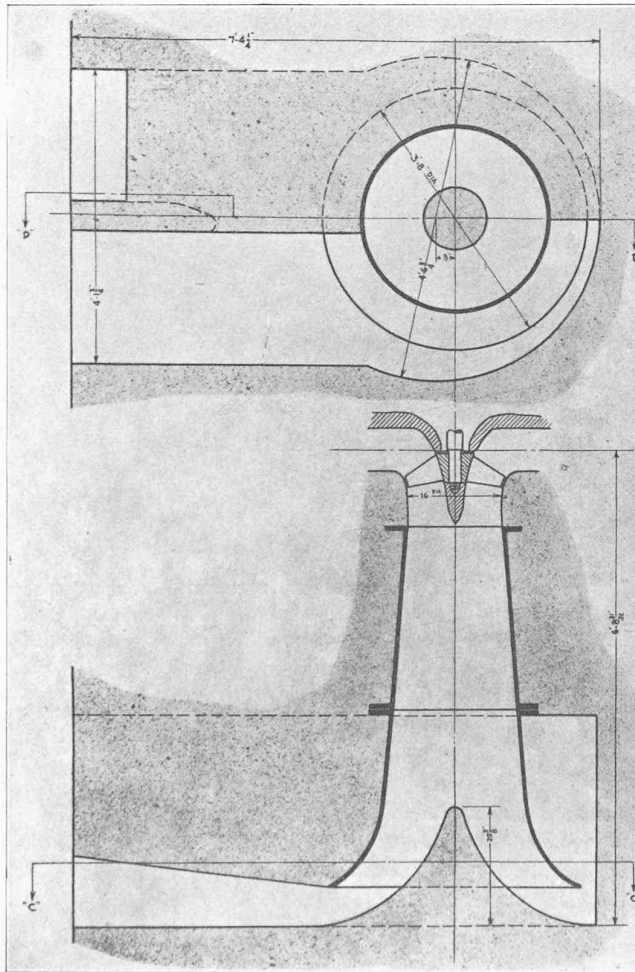
Si le prix moyen de la maçonnerie est aussi élevé, cela provient de la hausse des prix subséquente à la guerre, de la démolition de l'ancien ouvrage, des divers ripages du tablier métallique et des multiples sujétions dues au maintien du service de l'exploitation des trains.

Nous tenons à dire en terminant que les travaux ont été dirigés et surveillés sur place avec beaucoup de compétence et d'activité par M. Ch. Chapuis, fonctionnaire technique aux C. F. F.

LA CONSTRUCTION DES TURBINES HYDRAULIQUES AUX ÉTATS-UNIS

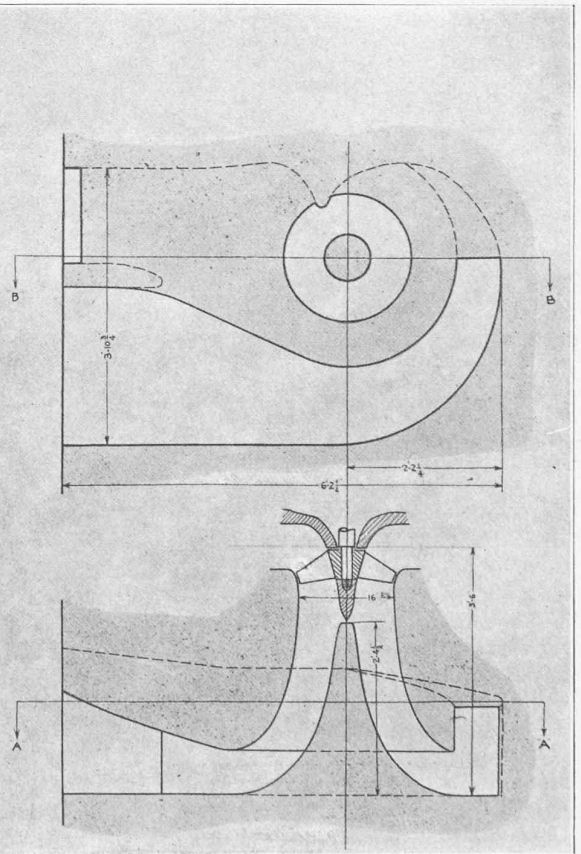
Coupe C-C

Coupe A-A



Coupe D-D

Fig. 1. — Spreading draft tube No 4.



Coupe B-B

Fig. 2. — Spreading spiral draft tube No 16.

Fig. 1 et 2. — Deux variantes du tube d'aspiration système Moody, branchées sur la même turbine à hélice.