Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 29 (1903)
Heft: 2

Artikel: Le viaduc du Viaur
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-23475

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: 27.12.2025

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

29me Année. 25 janvier 1903. N° 2.

Bulletin technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES. — Paraissant deux fois par mois.

Rédacteur en chef : M. P. HOFFET, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

SOMMAIRE : *Le viaduc du Viaur.* — *Installations électriques de la Commune de Lausanne* (suite), par M. A. de Montmollin, chef du Service de l'Electricité. — **Divers :** Le futur Musée des Beaux-Arts de Zurich. — Nécrologie : Charles Dufour. — Tunnel du Simplon. Etat des travaux au mois de décembre 1902. - Section vaudoise de la Société suisse des Ingénieurs et Architectes. Commission du béton armé. Réserves de M. de Mollins. — Société fribourgeoise des Ingénieurs et Architectes. Rapport de la Commission du béton armé. — Concours pour le plan d'extension de la ville d'Yverdon. — Errata.

Le viaduc du Viaur.

On a ouvert à l'exploitation, en France, le 18 décembre dernier, la ligne de Carmaux à Rodez (dans le Département du Tarn), qui comporte sur son parcours un ouvrage d'art remarquable par sa hardiesse et sa conception originale. Cet ouvrage sert à la nouvelle ligne à franchir d'un seul bond de 220 m. une de ces larges et profondes vallées, comme on en rencontre tant dans cette région de la France.

C'est à la suite d'un concours ouvert en 1887 par le Ministère des Travaux Publics, concours auquel ont pris part les constructeurs les plus renommés, que l'ouvrage que l'on vient d'inaugurer fut adjugé à la Société des Batignolles, dont le projet différait complètement de ceux qui avaient été présentés par les autres constructeurs. Son principe était celui des « *arcs équilibrés* ». L'ouvrage se composait d'une travée centrale de 250 m. d'ouverture et de 45m,45 de flèche, articulée à la clef et aux naissances, et de deux travées de rive formant encorbellement de 54m,60 de longueur, reliées aux culées extrêmes par deux poutres de raccordement.

Ce projet, étudié par M. E. Godfernaux, ingénieur en chef du Service des Constructions métalliques de la Société, avec la collaboration de M. Bodin, ingénieur du même Service, a servi depuis de type pour l'établissement d'un certain nombre d'autres ponts, et nous allons en exposer le principe.

Principe des arcs équilibrés.

Dans les ponts métalliques en arc, pour rendre calculables par la statique les efforts supportés par l'arc, et pour supprimer les efforts supplémentaires dus aux variations de température, on emploie trois articulations, une à chacune des naissances et une à la clef (fig. 1) ; mais, quand l'ouverture devient très grande, il se produit dans l'arc, sous l'influence des charges et des surcharges roulantes, un effort considérable qui nécessite un renforcement de celui-ci, ce qui l'alourdit beaucoup ; de plus, les culées prennent une importance considérable.

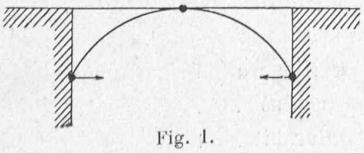

Fig. 1.

Pour réduire cette poussée, on établit un contre-poids au demi-arc principal, toujours articulé à la clef et aux naissances, en arrière de la pile-culée formant point d'appui, au moyen d'une seconde demi-travée métallique faisant corps avec la première (fig. 2). La poussée de la travée centrale, due au poids permanent et aux surcharges, peut ainsi être aussi diminuée qu'on le veut, en donnant aux encorbellements la longueur et le poids nécessaires.

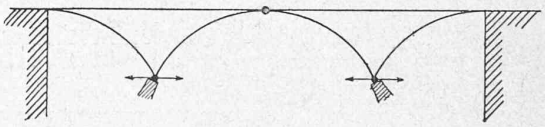

Fig. 2.

Par suite de l'emploi de 3 articulations les principes de la statique suffisent pour le calcul des différentes pièces de l'ouvrage, et, de plus, les changements de température n'ont aucun effet sur les efforts dans les différentes barres des fermes.

Mais, une difficulté se présente. Au passage des charges roulantes et sous l'influence des changements de température, il se produit à la clef et à l'extrémité de l'arc en encorbellement, formant contre-poids, un abaissement ou un relèvement du niveau de la voie qui produirait un ressaut brusque entre la culée qui est fixe et la partie métallique qui est mobile. On pourrait éviter cet inconvénient en fixant l'extrémité de l'encorbellement à la maçonnerie de la culée ; mais, alors, les règles de la statique ne suffisent plus pour le calcul et il faut recourir aux lois de l'élasticité, ce qui complique les calculs. Pour éviter cette complication, on a renoncé pour le viaduc du Viaur à cette liaison et on a relié l'extrémité de l'encorbellement à la culée par une poutre métallique de raccordement, dont les variations d'inclinaison compensent

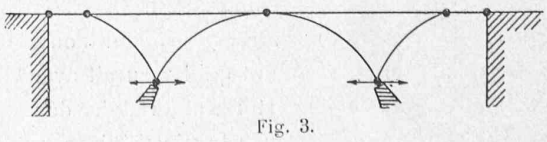

Fig. 3.

les mouvements verticaux et horizontaux de l'extrémité de l'encorbellement. Tel est le principe qui a servi de base à l'étude du projet présenté au concours par la Société des Batignolles, qui a pris un brevet pour ce dispositif nouveau (fig. 3).

Modifications apportées au projet primitif.

Par suite de quelques modifications demandées par le constructeur au cahier des charges, les études définitives subirent un certain retard, et le projet d'exécution ne put être déposé que le 20 septembre 1892. Entre temps avait paru le nouveau règlement du 29 août 1891 qui stipulait pour les constructions métalliques des conditions différentes de celles du règlement du 9 juillet 1877 qui avait servi de base à l'étude du projet.

Les surcharges à admettre (surcharge roulante et vent) n'étaient plus les mêmes et le coefficient de travail du métal était tout autre.

Description de l'ouvrage. — Le viaduc du Viaur (fig. 4) a une longueur totale, entre les culées, de 410 m. Il se compose d'une travée centrale en arc de 220m,00 d'ouverture avec flèche de 53m,73. Cette travée centrale est articulée à la clef et chacun des demi-arcs qui la constitue est équilibré en arrière, suivant le principe que l'on a indiqué précédemment, par un demi-arc formant encorbellement, de 69m,60 de portée. L'extrémité arrière de ce dernier arc est reliée aux culées en maçonnerie par une travée métallique à grandes mailles de 25m,40 de portée, formant raccordement. Les deux travées latérales ont donc une ouverture de 95m,00. Les rails sont à une hauteur de 116 m. au-dessus du fond de la vallée.

Cette travée centrale de 220m,00 d'ouverture est la plus grande travée métallique *en arc,* portant des voies de chemins de fer, construite à l'heure actuelle, tant en France qu'à l'étranger.

Nous donnons comme comparaison, dans le tableau

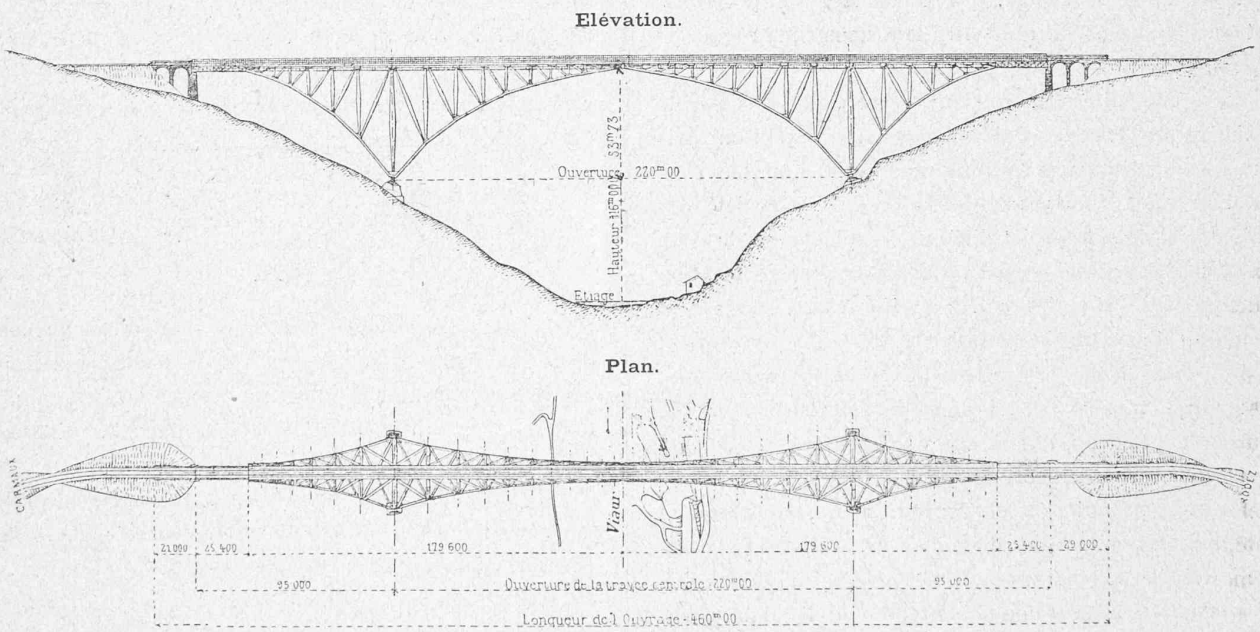

Fig. 4. — Viaduc du Viaur.

Le coefficient de travail de l'acier (métal employé pour l'ouvrage) pour les fermes principales devait être déterminé par la formule $R = 8 + 4\,\frac{A}{B}$ du nouveau règlement.

L'administration supérieure prescrivit donc d'établir le projet définitif sur ces nouvelles bases, tout en conservant les mêmes dispositions d'ensemble que celles du projet de concours, avec une travée centrale de 250 m. d'ouverture. Mais dans la suite on reconnut qu'il y aurait avantage à modifier le rapport des ouvertures et à réduire de 250 m. à 220 m. la portée de la grande travée médiane, en augmentant la flèche; cette modification fut donc apportée, puis, après approbation par l'Administration supérieure, les projets d'exécution et de détail furent dressés.

ci-dessous et par ordre de grandeur décroissante, l'ouverture des plus grandes travées en arc construites actuellement, tant pour voie de chemins de fer que pour voie charretière.

1° Viaduc du Viaur	220m,00
2° Pont sur le Rhin, à Bonn	187m,20
3° Pont sur le Rhin, à Dusseldorf	181m,30
4° Pont sur le Niagara (en remplacement du pont suspendu)	167m,40
5° Viaduc de Garabit	165m,00
6° Pont de Levensau, sur la canal de la Baltique	160m,20
7° Pont sur le Douro, près de Porto	160m,00
8° Viaduc de Mungstein	160m,00

9° Pont de Grunenthal, sur le canal de la Baltique 156m,50
10° Viaduc sur l'Adda, près de Paderno . . 150m,00
11° Pont sur le Rhin, à Worms (ch. de fer). 116m,80
12° Pont sur le Rhin, à Worms (pont route). 105m,60
13° Pont Alexandre III sur la Seine . . . 107m,50

L'ouverture de 220 m. de la travée centrale du viaduc du Viaur n'a été dépassée jusqu'ici qu'au pont en arc construit dernièrement sur le Niagara et dont la portée est de 256m,10. Ce pont ne sert d'ailleurs qu'à la circulation de voitures et de tramways électriques.

Le viaduc du Viaur est construit pour une seule voie et, dans son ensemble, l'arc et les deux encorbellements sont formés de deux fermes principales supportant la voie à la partie supérieure et butant à la partie inférieure, au moyen d'articulations, contre des piles-culées en maçonnerie fondées sur le rocher. Chacune de ces fermes principales est divisée en deux parties symétriques par l'articulation de clef.

Chaque demi-ferme est formée d'une semelle supérieure rectiligne et d'une semelle inférieure polygonale, reliées entre elles par des barres obliques et des montants formant tympans. Il n'existe aucune barre surabondante. De plus, les axes neutres des barres aboutissent à chaque nœud au même point, ce qui permet d'admettre l'articulation à chacun de ces nœuds.

La figure 5 représente l'élévation d'un des panneaux de ferme.

Les semelles supérieures et inférieures sont en forme de caisson, dont l'ouverture est dirigée, pour l'une vers le bas, et pour l'autre vers le haut. L'espacement des âmes du caisson est constant et de 0m,80; quant aux sections, elles sont variables suivant l'effort à supporter. Pour les semelles supérieures, les âmes ont une hauteur qui va en croissant de l'articulation de clef, ou de l'extrémité de l'encorbellement vers le montant qui se trouve à l'aplomb de la pile-culée.

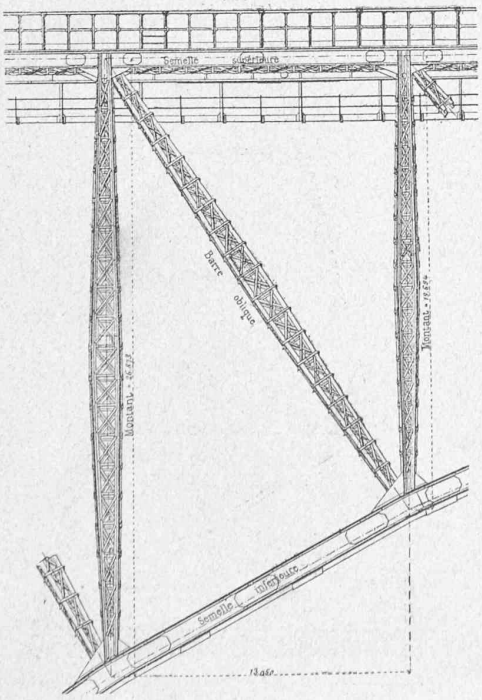

Fig. 5. — Panneau de ferme.
Elévation.

Les barres obliques et les montants verticaux ont, suivant leur longueur et les efforts à supporter, des sections en forme I ou en forme de caisson avec paroi en treillis. Dans le but de résister au flambement, les barres obliques et les montants ont leurs faces longitudinales allant en s'élargissant des extrémités vers le milieu. Ils ont, en élévation, l'aspect d'un fuseau.

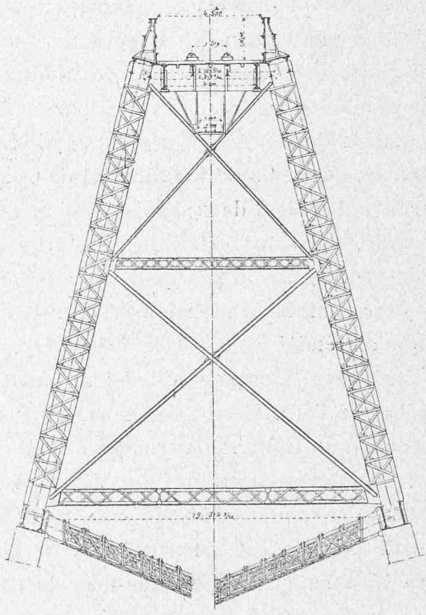

Fig. 6. — Coupe transversale d'un panneau.

En coupe transversale (fig. 6 et 7), les fermes principales sont inclinées de 25 % sur la verticale. A la partie supérieure elles sont écartées de 5m,89 d'axe en axe et, aux retombées sur les piles-culées, de 38m,89.

Pour assurer la solidarité des fermes principales, les montants, et un certain nombre de barres obliques, sont reliés par un système de contreventement, composé de croix de St-André et d'entretoises, et par la pièce de pont correspondante. Le système triangulé ainsi constitué est indéformable.

Quant aux semelles inférieures des arcs (fig. 8), leur liaison est assurée par un système de contreventement en croix de St-André qui, avec les entretoises qui relient les parties inférieures des montants, forment un système triangulé très rigide, permettant de résister aux efforts du vent, et de reporter cet effort sur les articulations des piles-culées.

Le tablier est formé de pièces de pont fixées aux mon-

tants verticaux des fermes principales (fig. 6). Ces pièces de pont sont simples ou doubles, suivant que les montants sont en forme I ou de caisson. Elles sont reliées, dans le sens longitudinal, par des longerons principaux et des longerons secondaires, comme il est indiqué sur la figure, et c'est sur cet ensemble, qui forme le tablier, que repose le platelage, composé de fers zorès transversaux, rivés aux longerons principaux et aux longerons secondaires et raidis, à la partie inférieure, par trois cours de zorès longitudinaux, placés au-dessous des premiers et rivés à chacun d'eux.

Des tôles striées de $0^m,80$ de largeur, placées de chaque côté de la voie, assurent la sécurité des agents.

De chaque côté du viaduc (fig. 5 et 6) et sur toute sa longueur est établi un garde-corps en acier de $1^m,80$ de hauteur au-dessus du platelage, et suffisant pour résister au choc des locomotives ou des wagons, en cas de déraillement. Ce garde-corps est composé de montants principaux et de montants secondaires reliés par des lisses.

L'articulation de clef est formée d'un cylindre en acier coulé et tourné, de $0^m,95$ de longueur et de $0^m,20$ de diamètre, sur lequel roulent deux demi-coussinets également en acier coulé, fixés aux extrémités des arcs, et dont le diamètre de $0^m,205$ est un peu plus grand que celui de la rotule, pour faciliter le mouvement de rotation.

A chaque extrémité de la rotule sont fixées, au moyen d'œillets, des tiges d'ancrage rivées à leur autre extrémité sur les abouts de l'arc. Ces ancrages ont pour but d'assurer la sécurité de l'ouvrage, en cas de diminution de la poussée, quoique cette crainte ne soit pas à redouter, puisque dans le cas de poussée *minimum* (avec surcharge et vent), cette poussée est encore par ferme de: $153^t,7$, c'est-à-dire bien suffisante pour assurer la stabilité de l'ouvrage. L'ancrage apporte un supplément de résistance de: $155^t,4$, ce qui donne une sécurité totale, par ferme, de : $309^t,1$.

Le travail *maximum* de la rotule est de: 333 kg. par centimètre carré de surface diamétrale.

L'appareil d'appui sur les culées se compose : à la partie inférieure, de deux plaques, l'une en fonte, l'autre en acier coulé, superposées et de forme rectangulaire, munies de coins de réglage; à la partie supérieure, de deux plaques en acier coulé formant l'articulation, dont le rayon est de $0^m,35$; ces pièces, renforcées par des nervures, relient l'articulation au plateau inférieur reposant sur l'appui, ou au plateau supérieur supportant la charpente métallique.

L'ancrage des fermes sur les piles-culées en maçonnerie est obtenu au moyen de deux barres rondes en acier pour chaque appui. L'une relie une partie du massif de maçonnerie à la charpente du pont pour augmenter la stabilité; l'autre relie la plaque d'appui à l'arrière de la culée, et empêche le glissement de la plaque sur la maçonnerie, quand l'action du vent décharge en partie ces dernières.

La résultante maximum des pressions agissant normalement à la surface de roulement de la rotule de chaque articulation étant, en chiffre rond, de 1800 tonnes, la pression par centimètre carré de surface diamétrale est de 384 kg.

Sous l'influence d'une pression du vent de 270 kg. par mètre carré agissant sur l'ouvrage, le coefficient de stabilité transversale est de: 1,23 et, sous l'influence d'une pression du vent de 170 kg., il est de: 1,69. Ce coefficient de stabilité transversale est donc bien suffisant. Les ancrages des appuis avec la maçonnerie apportent un supplément de sécurité qui porte le coefficient de stabilité transversale à 1,71 et 2,25, suivant l'intensité du vent.

Chaque culée est composée de deux massifs isolés en maçonnerie de moellons couronnés par trois assises de pierre de granit.

Le dessus des pierres recevant les plaques d'appui est incliné suivant un plan normal à la position moyenne de la résultante des charges.

La pression au contact de la plaque de fonte inférieure avec la pierre est, dans les circonstances les plus défavorables du vent, en moyenne de 25,3 kg. et, au maximum, de 35,7 kg. par centimètre carré.

La travée de raccordement est formée de deux poutres à treillis en N, à grandes mailles, avec contre-diagonales dans les panneaux du milieu. La hauteur des poutres est de $3^m,16$ et la longueur d'axe en axe des appuis de $26^m,40$. L'espacement d'axe en axe des poutres est de $5^m,10$. Cette travée n'offre rien de particulier.

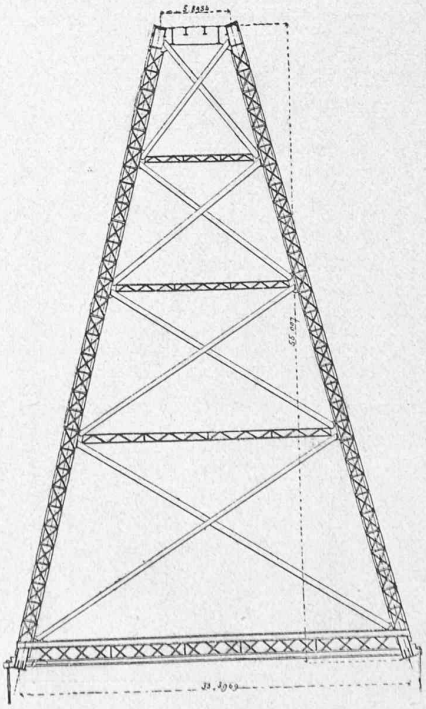

Fig. 7. — Coupe transversale de la travée centrale au droit d'un des montants principaux.

Les appareils de visite et d'entretien (fig. 7 et 8) se composent: d'une voie longitudinale disposée sous le plancher et qui règne sur toute la longueur du viaduc; cette voie porte un chariot roulant;

D'échelles de meunier placées à l'intérieur des semelles inférieures des fermes, en forme de caisson;

D'échelles ordinaires, fixées à la partie supérieure des montants à parois en treillis et qui permettent d'accéder à l'intérieur de ces montants.

Le métal employé pour la charpente du pont est l'acier doux, sauf pour les travées de raccordement, les rivets et quelques autres pièces où le fer a été préféré.

Le poids total du métal ayant servi à la construction est d'environ 3800 tonnes, ce qui, par mètre courant de pont, représente environ 9300 kg.

Les dépenses totales, y compris les maçonneries, ont été estimées à 2 700 000 francs.

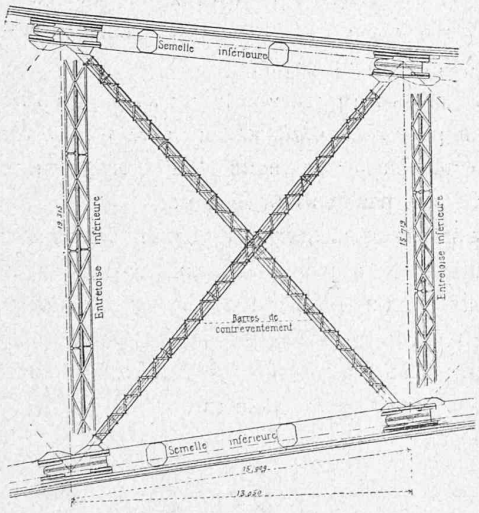

Fig. 8. — Semelles inférieures.

Montage du viaduc. — Les travées de rive, encorbellement et poutres de raccordement ont été montés au moyen d'échafaudages en sapin. Ces échafaudages, qui enveloppent la charpente métallique, donnent les points d'appui et les amarrages nécessaires pour le levage et la mise en place des pièces de l'ossature métallique. Une grue roulante, placée à la partie supérieure, aide à ce travail.

L'échafaudage se compose, en réalité, de cinq pylones isolés, reliés seulement à la partie supérieure.

Comme, pendant un certain temps du montage, la résultante des pressions doit rester entre l'arrière-culée et la pile-culée, et que la travée de rive a tendance à s'incliner vers le sol, on a installé, indépendamment des pylones, de fortes palées d'appui, destinées à supporter l'encorbellement pendant le montage.

Quant à la travée centrale, elle a été montée en porte à faux, et, pour maintenir l'équilibre lorsque la résultante des pressions passe entre la pile-culée et la clef, on a relié l'extrémité de l'encorbellement, au moyen de tirants, d'une part, à un massif de maçonnerie disposé convenablement et, d'autre part, à un second massif de maçonnerie placé au niveau du sol, à l'aplomb de l'extrémité arrière de la poutre d'encorbellement.

Les tirants sont terminés, à leur partie inférieure, par des filetages qui, par le serrage ou le desserrage des écrous, permettent le déplacement vertical des extrémités de l'encorbellement; il est ainsi possible de corriger les erreurs qui pourraient se produire en cours de levage et d'amener, au moment du clavage, les extrémités des deux fermes se faisant face, exactement à la même hauteur. A l'aide de cette disposition on put également relever ou abaisser l'articulation de clef, suivant la température le jour du clavage.

Installations électriques de la Commune de Lausanne.

(Suite) [1]

Tableaux de distribution.

I. Lumière et force.

Le schéma adopté pour le service du courant triphasé (fig. 24) répond aux conditions suivantes :

Chacun des alternateurs doit pouvoir être connecté à volonté, soit sur les rails collecteurs d'où part la distribution de lumière, soit sur les rails de force motrice; c'est pourquoi chaque unité est pourvue de deux interrupteurs principaux permettant de la connecter à l'un ou l'autre réseau, ou même simultanément aux deux à la fois.

Les rails collecteurs pour chacun des deux services sont construits en boucle. On peut ainsi isoler complètement le champ de chaque unité au moyen d'interrupteurs sans interrompre le service; les réparations aux appareils peuvent donc être faites sans danger. Un interrupteur spécial permet de réunir en un seul les deux services de lumière et de force.

Le travail de chaque unité est contrôlé par un ampèremètre calorique et par un wattmètre dynamométrique, avec point neutre artificiel. La tension de chacun des réseaux est mesurée par l'une des deux aiguilles d'un voltmètre double, dont l'autre aiguille indique la tension de chaque génératrice par l'intermédiaire d'un commutateur de voltmètre. Des transformateurs de mesure sont reliés aux circuits des machines et aux rails collecteurs. Ces transformateurs sont triphasés. Ils servent aussi à actionner les lampes de phases et les voltmètres oscillants pour la mise en parallèle des machines; ils sont connectés entre eux de telle manière que les lampes de phases, au nombre de six par réseau, en s'allumant ou s'éteignant successivement, forment sur un cadran en verre

[1] Voir N° du 10 janvier 1903, page 1.