Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 35 (1909)
Heft: 24

Artikel: Le viaduc de l'Assopos (suite et fin)
Autor: Bodin, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-27606

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: 01.07.2025

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

balanciers équilibrent le poids de la tôle. L'immersion des flotteurs auxiliaires est, pour ainsi dire, constante, car les frottements, qui naissent dans les couteaux des balanciers ou dans la tôle obturatrice qui n'a pas de contacts métalliques, sont, pour ainsi dire, nuls. Il en résulte que, quand le niveau du réservoir baisse, les petits flotteurs auxiliaires baissent aussi d'autant, tandis que le grand flotteur, par les divers frottements, reste un peu en arrière en sorte que, d'une part, la lame déversante diminue de hauteur totale, mais, d'autre part, le mouvement antagoniste, transmis par les balanciers, relève la tôle et agrandit l'orifice laissé libre devant chaque déversoir, ce qui contrebalance la diminution de hauteur totale de la lame d'eau arrivante et maintient la fixité du débit.

Usine proprement dite. — Elle est représentée par la fig. 7. Elle comporte 3 groupes de turbines avec alternateur de 500 chevaux chacun. Les maçonneries et le tableau sont préparés pour 5. La fig. 8 représente une turbine à grande échelle.

Les turbines et toute la partie hydraulique ont été fournies par les Ateliers de constructions mécaniques de Vevey. Les alternateurs et toute la partie électrique ont été livrés par les Ateliers d'Oerlikon.

Les turbines du genre Pelton ont un distributeur avec orifice rectangulaire dont la languette obturatrice est commandée par un régulateur à servo-moteur hydraulique utilisant l'eau motrice qui est très pure et très propre, puisqu'elle sert d'eau potable pour Lausanne. La précision du fonctionnement de ces régulateurs est réellement remarquable.

Les turbines font 450 tours par minute ; le diamètre de la roue atteint 1,700 m. Elles sont en bronze. Le rendement garanti de 75 % a été contrôlé par les essais de réception en novembre 1902.

La particularité à signaler consiste dans les précautions prises pour empêcher la contamination accidentelle de l'eau à son passage à travers les turbines. Elles sont closes de toute part et l'huile des paliers est soigneusement éliminée. Même à l'origine, elles étaient si bien enfermées que l'air, entraîné par l'eau au sortir du distributeur et de la turbine, ne pouvait être remplacé par de l'air nouveau pénétrant dans la bâche, en sorte que les turbines étaient noyées au bout de fort peu de temps. Une prise spéciale d'air avec toile métallique disposée dans le haut de la bâche, a paré à l'inconvénient.

L'action de cette prise d'air s'est cependant montrée insuffisante pour le cas où deux turbines marchaient simultanément. Il a fallu compléter son action par l'adjonction d'une seconde conduite de fuite placée parallèlement à la première et reliant à double les fosses métalliques dans lesquelles tombe l'eau motrice immédiatement au-dessous des turbines.

Cette conduite supplémentaire se voit en coupe sur la figure 8 et en plein sur la figure 7.

Le viaduc de l'Assopos.

(Suite et fin [1]).

Mode de montage. — Toute la partie métallique du viaduc a été exécutée par la Société de Construction des Batignoles, dans ses ateliers de Paris. Avant l'expédition, on a procédé à des montages d'essais, afin d'avoir la certitude que, lors du montage sur place, les pièces s'assembleraient sans aucune difficulté.

Les terrains traversés par la ligne en cet endroit étant de rocher calcaire assez compact, on avait reconnu la possibilité d'y établir des ancrages provisoires, par puits et galeries, et l'on a adopté le mode de montage suivant :

Une galerie d'ancrage a été préparée dans le rocher de chaque côté de l'ouvrage. Du côté Dadi, elle était en pente et dans le prolongement des travées droites ; du côté Lianokladi, elle était horizontale et dans l'axe de la travée en arc. Des ancrages aboutissant à des tirants prenaient appui sur la paroi de ces galeries par l'intermédiaire de poutres transversales. Entre ces poutres et le rocher, on avait prévu des dés en pierre dure, destinés à reporter, par un calage en bois, la pression sur le rocher et à l'y répartir assez régulièrement (Fig. 4 et 5).

Ces galeries préparées, on a procédé au montage. Les pièces arrivant jusqu'au tunnel, côté Lianokladi, étaient transportées à l'aide d'une voie provisoire, dans ce tunnel, jusqu'à pied d'œuvre, sur une plate-forme préparée à cet effet, au niveau de la voie future. Là, on les attachait à un palan suspendu à un petit chariot, qui courait sur un câble transbordeur lancé d'un côté à l'autre du ravin, dans l'axe moyen de l'ouvrage. Par un second câble tracteur, on pouvait amener chaque pièce au droit de sa position définitive, où on la descendait à l'aide du palan.

La première travée, côté Dadi, a été construite sur échafaudage, à l'aplomb de sa position définitive, mais à un niveau légèrement supérieur. Puis elle a été rattachée, au droit de la culée, au tirant d'ancrages dont nous avons parlé, tandis qu'à son autre extrémité, l'on plaçait des pièces provisoires de liaison à la travée suivante. Ces pièces se composaient simplement de deux plates-bandes à la partie supérieure de chaque poutre, et, à la partie inférieure, d'une plate-bande et d'un cadre, les premières devant résister à un effort de traction, les secondes à un effort de compression.

On a commencé ensuite le montage en porte à faux du premier panneau des poutres de la deuxième travée, en rivant immédiatement les pièces de liaison, au droit de la pile n° 1, pour pouvoir installer sur cette pile un calage en bois. Ce calage comportait deux points d'appui, afin d'éviter tout effort tranchant dans le cadre de liaison.

On a chargé, alors, l'autre extrémité de la première travée, puis, on a achevé le montage en porte à faux de la deuxième. Des calages, semblables aux précédents, ont soutenu l'extrémité de cette travée, au droit de la pile n° 2, et, après interposition des liaisons entre la deuxième et la troisième travée, on a continué le montage de la troisième travée, suivant le même mode.

Pour la quatrième travée, on n'a mis en place que les huit premiers panneaux des poutres et quelques pièces transversales seulement, pour que ces pièces puissent rester en porte à

[1] Voir N° du 25 octobre 1909, page 232.

faux sans que leur poids engendre de trop grands efforts au droit de la pile. Toutefois, le premier panneau a été totalement monté et rivé pour pouvoir recevoir les attaches des tirants, tant horizontaux que verticaux, nécessaires au montage de la partie en arc du viaduc.

Montage de la travée en arc. — Le montage de cette travée a été fait en porte à faux (fig. 3 à 5).

A la base des deux massifs des appuis, côté Dadi, on a construit un petit échafaudage destiné à supporter la tôlerie des naissances et les premiers tronçons de l'arc. On a posé les appareils d'appui sur les massifs de maçonnerie, puis les pièces en tôlerie des naissances, qui ont été réunies immédiatement entre elles par leurs entretoises, et aux culées par les tiges d'ancrage.

On a pu continuer la construction, sans autre échafaudage, sur une certaine longueur, en mettant en place toutes les pièces de tôlerie, telles que semelles, barres obliques, montants et contreventements, tant horizontaux que verticaux.

Dès que ces pièces ont été rivées, on a placé, pour soutenir la suite de la construction, des tirants inclinés, attachés, d'une part, au premier panneau de la quatrième travée, et, d'autre part, à l'arc, par l'intermédiaire d'une pièce forgée biaise, formant coussinet, et d'un axe reposant sur cette dernière pièce.

C'était là une partie délicate de l'opération, car il importait de s'assurer que l'axe reposait bien également sur les deux épaulements du coussinet.

A ce moment, par excès de sécurité et pour éviter tout basculement, on a chargé les naissances, puis continué le montage de cette partie de l'arc jusqu'à la hauteur du dessous des travées droites.

On a alors ancré l'extrémité supérieure de cette partie de l'arc par un tirant sensiblement horizontal, fixé au premier panneau de la quatrième travée.

Par suite de la liaison des travées droites, dont nous avons parlé, on avait ainsi un tirant continu transmettant les efforts jusqu'au sommier d'ancrage dans le rocher Dadi.

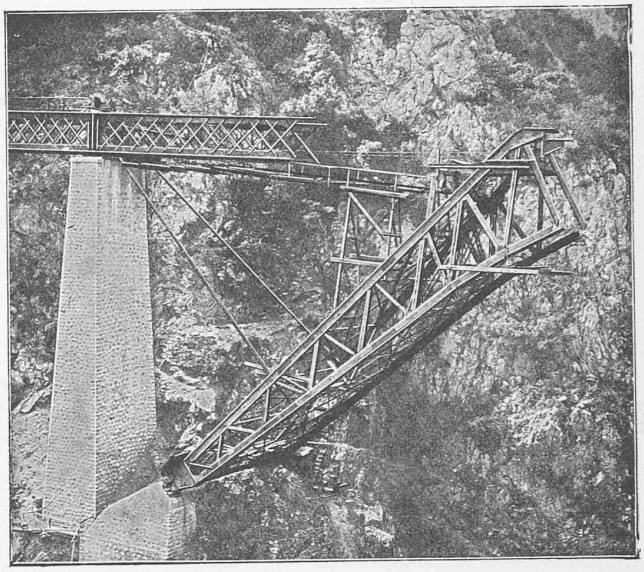

Fig. 3. — Montage d'une partie de l'arc.

Avant de poursuivre les opérations, on s'était assuré que les poutres des travées droites portaient bien sur leurs calages et ne pouvaient se déplacer horizontalement sous l'effort oblique de traction de l'arc, dont la direction n'est pas en prolongement de celle des travées droites. On a soutenu la partie flottante du tirant par des cordages attachés sous la quatrième travée droite, et après avoir donné à ce tirant la tension nécessaire, pour soulager le tirant incliné et en permettre la suppression, on a terminé le montage de cette demi-travée.

La demi-travée, côté Lianokladi, a été montée de même; toutefois, on a dû soutenir le tirant horizontal par un échafaudage qui, établi avec des dispositions convenables, a servi, dans la suite, au montage de la cinquième travée droite.

Les longerons, tôles de platelage et garde-corps n'ont été

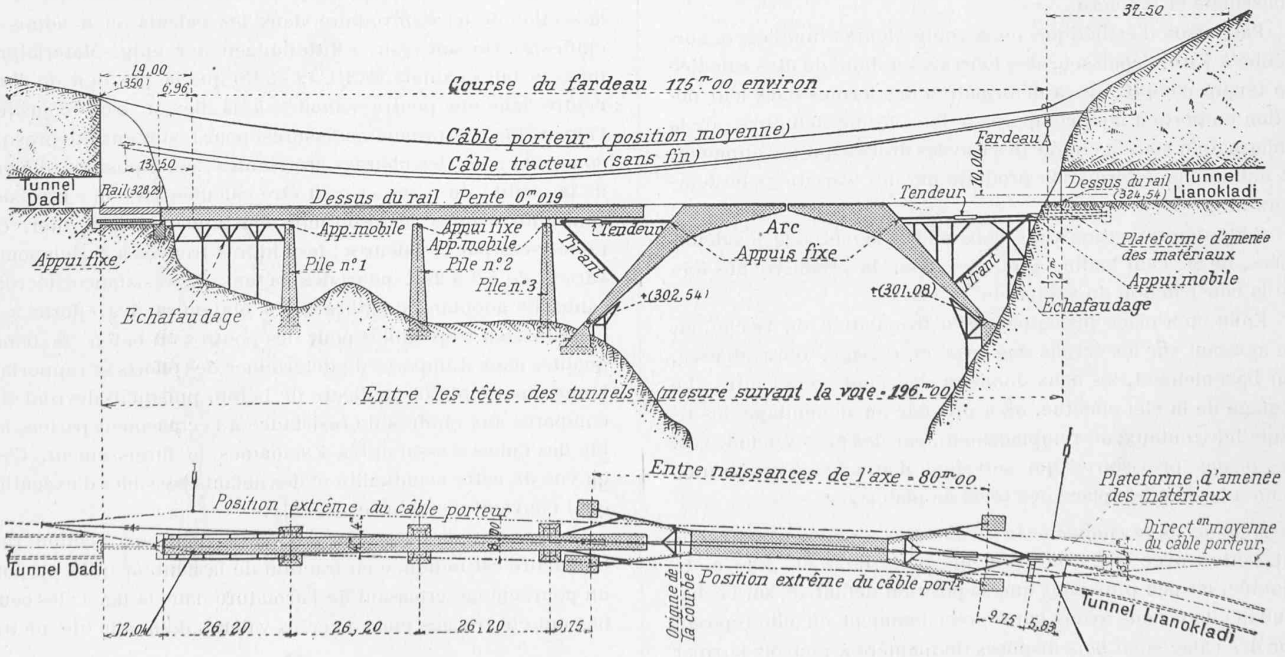

Fig. 4 et 5. — Elévation et plan du viaduc pendant les travaux de montage.

placés qu'après clavage, afin de ne pas augmenter inutilement les efforts dans les tirants.

Clavage. — On a réglé les positions respectives des deux demi-travées en faisant varier la longueur des tirants. Dans ce but, on avait muni ces derniers de tendeurs dits *lyres de réglage* (fig. 6).

La lyre de réglage est composée de deux séries de balanciers ABC, à bras égaux, qui sont reliés les uns aux autres par des tiges rigides.

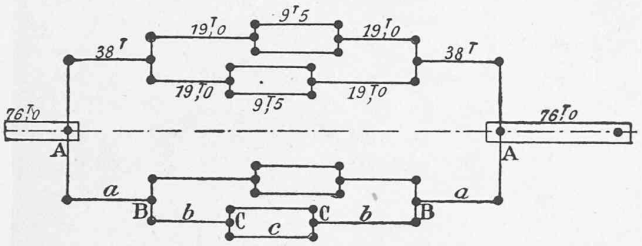

Fig. 6. — Schéma d'un tendeur. — Lyre de réglage.

Les tiges *ab* sont formées respectivement de plats de largeur décroissante, ayant 11, 9 et 8 millimètres d'épaisseur ; les tiges *c* sont rondes et ont 50 millimètres de diamètre. Ces tiges sont filetées sur une courte longueur, à l'une de leurs extrémités (simplement pour permettre leur mise en place à l'aide d'un écrou), tandis qu'à l'autre extrémité, leur filetage s'étend sur une longueur de 700 millimètres, afin que les écrous placés à cet endroit aient une course suffisante pour que l'on puisse faire varier la longueur des tirants suivant les nécessités du montage.

On conçoit qu'à l'aide d'un tel appareil on puisse faire varier très exactement cette longueur, d'une quantité aussi faible qu'on le désire, et sans un grand effort, vu la multiplicité des tiges *c*.

Les positions des quatre fermes ayant été d'abord réglées pour les amener un peu au-dessus de leur position définitive, on a déterminé les épaisseurs des fourrures à placer entre les coussinets et la tôlerie.

Par raison d'esthétique on a voulu donner une légère surflèche à l'arc, l'épaisseur des fourrures a donc dû être calculée en tenant compte : de la déformation des fermes dans leur position en porte à faux comparée à leur forme définitive, de la déformation sous la charge des travées droites qui s'y appuient, et enfin de la déformation produite par les variations de température.

Cette détermination a été obtenue par la méthode des déformées, de M. Paul Bodin, appliquée pour la première fois lors de la construction du viaduc du Viaur.

Enfin on a placé les appareils d'articulation de la clef, et, en agissant sur les écrous des lyres de réglage, on a abaissé, par basculement, les deux demi-travées l'une vers l'autre. Le réglage de la clef effectué, on a procédé au démontage des tirants horizontaux, au remplacement, par des pièces définitives, des pièces provisoires qui servaient d'attaches à ces tirants, enfin à la mise en place des tôles de platelage.

Montage de la cinquième travée droite. — Comme nous l'avons dit, cette travée fait, avec l'arc, un angle de 5°39'. Elle a été montée, un peu plus haut que sa position définitive, sur l'échafaudage dont nous avons parlé précédemment où elle reposait sur des calages en bois disposés de manière à pouvoir la riper et la descendre sur ses appuis.

En même temps, on a abaissé les quatre autres travées droites pour les faire reposer sur leurs appareils d'appui, on a fixé les garde-corps qui sont à des écartements différents, sur l'arc et sur les travées droites, enfin on a posé la voie.

Calculs. — Les fermes étant à trois articulations, on a pu déterminer très exactement par des épures les efforts qui se produisent dans toutes leurs barres pour les divers cas de surcharge et du vent, sans avoir à tenir compte de l'élasticité du métal ni des variations de température.

On a observé, pour les calculs de la partie métallique, les prescriptions de la circulaire ministérielle française du 29 août 1891, et adopté pour les maçonneries les pressions limites suivantes :

Pression maximun sur le terrain par centimètre carré	8 kg.
» » dans la maçonnerie de mœllons par centimètre carré	10 »
Pression maximun sur la pierre de taille des dés d'appui par centimètre carré	25 »

G. Bodin.

Notice explicative du Règlement sur les constructions en béton armé établi par la Commission suisse du béton armé.

(Suite. [1]*)*

4. *Pièces sollicitées à la flexion.* — Le calcul des forces et tensions intérieures dans les poutres fléchies indiqué à l'art. 7 diffère entièrement de celui prévu dans les prescriptions provisoires de 1903 ; il n'est plus tenu compte du béton dans la zône de traction.

Aussi bien la considération du retrait et des efforts intérieurs qui en résultent, que les résultats des nombreux essais faits à Zurich et à l'étranger dans ces dernières années, ont conduit à cette modification qui répond du reste au mode de calcul généralement admis aujourd'hui. Pour le multiple n de la section de fer à introduire dans les calculs on a admis le chiffre 20. On sait (voir « Mitteilungen der eidg. Materialprüfungsanstalt » cahiers N° 10, 12 et 13) que la position de l'axe neutre dans une poutre sollicitée à la flexion s'élève jusqu'à l'apparition des premières fissures, pour rester ensuite presque constante sous des charges croissantes ; cette position dépend de la qualité du béton et peut être calculée avec une précision suffisante d'après les propriétés élastiques de ce dernier, caractérisées par la valeur n ; les chiffres trouvés à Zurich pour n varient de 4,3 à 29,2 pour des bétons de résistance décroissante. En adoptant le chiffre 20 on obtiendra des efforts à la compression trop faibles pour des poutres en béton de bonne qualité, mais il importe de déterminer des efforts se rapportant à une qualité plutôt médiocre de béton, puisqu'ils devront être comparés aux chiffres de résistance à l'écrasement parfois faible des cubes d'essai après 4 semaines de durcissement. C'est en vue de cette éventualité et des défauts possibles d'exécution qu'il convient d'établir les calculs.

La position de l'axe neutre dans les poutres à section rectangulaire est indiquée en fraction de la hauteur utile et pour un pourcentage croissant de l'armature dans la fig. 1 ; les courbes ont été tracées pour diverses valeurs de n afin de mettre

[1] Voir N° du 10 décembre 1909, page 269.