Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 7 (1881)
Heft: 2

Artikel: Notice sur la consolidation du grand pont suspendu de Fribourg
Autor: Gremaud, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-8668

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: 16.07.2025

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

7e ANNÉE JUIN 1881 N° 2

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT 4 FOIS PAR AN

Prix de l'abonnement annuel : pour la SUISSE, 5 fr.; pour l'ÉTRANGER, 5 fr. 50.

Pour les abonnements et la rédaction, s'adresser à M. Georges Bridel éditeur, place de la Louve, à Lausanne.

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

Conformément au projet formé dans l'assemblée générale de Vevey, le 26 mars 1881, une douzaine de membres de notre Société vaudoise se sont rendus le 8 juin à Fribourg pour visiter les travaux de réparation du grand pont suspendu sur la Sarine.

Ces travaux font l'objet de la notice suivante et ont été exécutés par nos collègues MM. Chappuis et Wolf, ingénieurs à Nidau.

Nos collègues de Fribourg, sous la direction de MM. Bise, conseiller d'Etat, directeur des travaux publics, et Gremaud, ingénieur cantonal, ont pris à tâche de dissiper par leur bon accueil l'inclémence du temps. Ils se sont multipliés pour nous faire parcourir successivement le portique, les galeries d'amarre, éclairées aux feux de Bengale, les ateliers de filage, pour nous exposer les plans et les essais faits pour éprouver la résistance des matériaux, et pour nous accompagner sur la place du tir fédéral.

Cette journée, succédant à celle passée l'année dernière au pont du Javroz, laisse à chacun de ceux qui y ont participé un nouveau sujet de reconnaissance envers nos confédérés de Fribourg et d'admiration pour la hardiesse de leurs constructions.

NOTICE SUR LA CONSOLIDATION DU GRAND PONT SUSPENDU DE FRIBOURG

par M. A. Gremaud,
inspecteur des Ponts et Chaussées
du canton de Fribourg.

Pont actuel.

Avant de parler des travaux de consolidation, nous dirons quelques mots de la construction.

Le Grand-Pont suspendu de Fribourg, construit en 1835 par l'ingénieur français Chaley, traverse, d'une seule portée, la Sarine, à 51 mètres au-dessus de l'étiage.

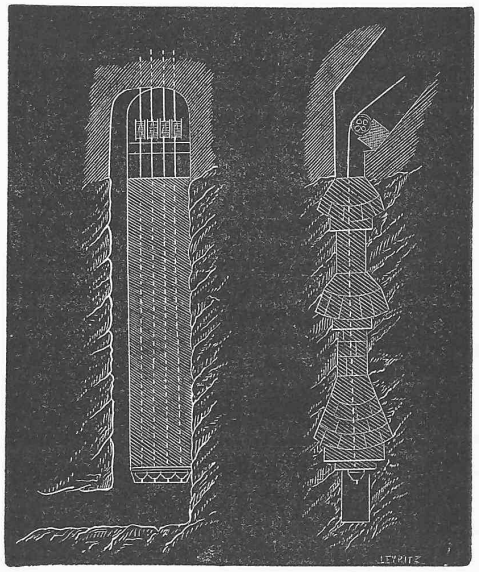
La longueur du pont, entre les portiques, d'une hauteur de $20^{m}20$, est de $265^{m}26$. De chaque côté du pont se trouvent deux câbles de suspension, ayant une corde de 273 mètres et une flèche de $19^{m}28$. Chaque câble (13 à 14 centimètres de diamètre) est formé de 1056 fils de fer N° 18, dont le diamètre est de 3.08 millimètres, la section de 7.44 millimètres carrés, le poids par mètre courant, 57 grammes, et la résistance, 82 kilos par millimètre carré.

La section totale des 4224 fils est de 31 426 millimètres carrés.

La longueur du fil de fer employé est de 1791 kilomètres et le poids total de 102 tonnes.

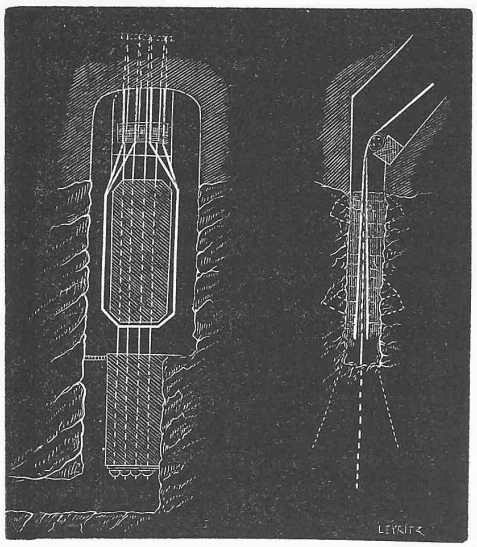
L'inclinaison sur l'horizon des tangentes aux points d'appui est de 17 degrés, celle des câbles de retenue de 20 degrés.

Les câbles d'amarre sont noyés dans un massif de maçonnerie disposé en plusieurs séries de voûtes renversées et arrêtées contre ce massif au moyen de clavettes. Les puits d'amarre ont $14^{m}20$ de profondeur.



Après les accidents arrivés en France à plusieurs ponts suspendus par suite des ravages causés par la rouille dans les parties murées, on renforça en 1852 les amarres par des câbles additionnels. Au lieu de creuser une arrière-galerie comme au pont de la Roche-Bernard, on utilisa le massif d'amarre qu'on enveloppa partiellement de nouveaux câbles dits *additionnels*, aussi forts que les anciens. A cet effet, et comme il existait déjà un puits d'un côté du massif, un second puits fut pratiqué de

l'autre côté. Vers le milieu du massif, les deux puits furent réunis par une galerie transversale, afin de donner passage aux nouveaux câbles formant un immense *écheveau* qui embrasse la partie supérieure du massif. De cette manière, les nouveaux câbles sont visibles et peuvent être examinés sur toute leur étendue.



Il est regrettable que ces câbles additionnels n'aient pas reçu une tension suffisante, car aujourd'hui ils ne remplissent pas encore bien leur but!

Les tiges de suspension, au nombre de 163 de chaque côté, sont formées chacune de 30 fils N° 17; les plus longues ont 16m60 et les plus courtes 0.18. Leur espacement est de 1m50 et elles sont comprises dans un plan incliné de 3°10′ sur le plan vertical. Cette disposition en forme de corbeille a pour effet de donner plus de rigidité au pont.

Chaque poutrelle est double, a 0m40 de hauteur au milieu et 0m30 aux extrémités, pour donner au plancher le bombement nécessaire à l'écoulement des eaux pluviales. La largeur de chaque demi-poutrelle est de 0m10. Le platelage longitudinal inférieur est formé de pièces dont la section a 0m09 de hauteur sur 0m11 de largeur. Le platelage transversal supérieur est en madriers de 0m05 d'épaisseur.

La largeur de la voie charretière est de 4m70 et celle des trottoirs de 0m88. La largeur totale est de 6m46. La longueur du tablier étant de 246m26, nous obtenons comme surface 1590.84 mètres carrés.

La hauteur du garde-corps, qui est en chêne et en croix de Saint-André, a 1m25 de hauteur.

La flèche du bombement longitudinal varie avec la température entre les limites 0m50 et 1 mètre. Les rouleaux de support ont 0m40 de longueur et de diamètre; leurs parois, qui ont 0m03 d'épaisseur, sont contrebutées à l'intérieur par des croisillons.

Le poids permanent du tablier est, d'après Chaley, de 300 tonnes; ce chiffre est un peu fort. La force absolue du fil de fer étant de 82 kilos par millimètre carré, la sécurité est donc triple. La surcharge est limitée à 100 kilos par mètre carré, soit en chiffre rond . . . . . 160 tonnes.

Tension maximale des quatre câbles . . . 846 »

M. Chaley a fait travailler le fil de fer comme suit :

Avec le poids permanent . . . . . 17,5 kilos.

Avec la surcharge, 100 kilos par mètre carré 26,9 »

Les frais de premier établissement se sont élevés à 600 000 fr., ce qui donne 2436 fr. par mètre courant et 377 fr. par mètre carré de tablier.

Consolidation.

Pour la consolidation, deux systèmes étaient en présence : l'un au moyen de haubans, soit des câbles inclinés partant du sommet des portiques et allant saisir le tablier à plusieurs points, à l'instar de ce qui se pratique en Amérique; l'autre système, usité en France, consistait dans l'addition de un ou deux câbles additionnels placés un peu au-dessus des anciens. C'est ce dernier système qui a prévalu, pour le motif qu'il est difficile d'arriver à une tension égale des haubans, dont la longueur et l'inclinaison varient beaucoup depuis les extrémités du pont vers le milieu. Pour obtenir plus d'uniformité dans le travail du fil de fer et exposer une surface moins grande aux influences atmosphériques, on a donné la préférence à un câble unique de chaque côté. Ce câble passe à environ 50 centimètres au-dessus des anciens.

Pour le calcul des nouveaux câbles, il a été admis une surcharge de 200 kilos par mètre carré et que ce poids accidentel, ainsi que celui du tablier, seraient supportés également par les deux systèmes de câbles et cela en ne faisant pas travailler le fil de fer au delà de 18 kilos par millimètre carré.

De ces conditions et des dimensions principales du pont, les données suivantes ont été déterminées :

Poids permanent après la consolidation, environ	180 tonnes.
Surcharge, 200 kilos par mètre carré . . .	318 »
Tension maximum des deux nouveaux câbles .	724 »
» » quatre anciens . . .	566 »

Pour les câbles, il a été fait usage du fil de fer français N° 18, ayant 3,4 millimètres de diamètre, 9,079 millimètres carrés de section, un poids de 70,82 grammes par mètre courant et une résistance absolue prescrite de 75 kilos par millimètre carré [1].

Le nombre des fils par câble est de 2238, et pour les deux câbles 4476, soit une section effective (utile) de 40 637,6 millimètres carrés. La longueur totale du fil de fer employé à la confection des câbles de suspension et de retenue (les câbles d'amarre ayant été remplacés par des chaînes) est d'environ 1700 kilomètres (350 lieues).

Comme le diamètre du fil de fer du nouveau câble est plus fort que celui de l'ancien câble, nous ajouterons que les 4476 fils nouveaux correspondent à 5462 fils anciens. Le diamètre des nouveaux câbles est de 19 centimètres et leur poids de 123 tonnes, non compris les ligatures au nombre de 374 pour chaque câble de suspension.

Au lieu de câbles d'amarre on a fait usage de chaînes en fer forgé, au nombre de huit, deux pour chaque câble, formées de neuf et dix chaînons de $^{120}/_{18}$. — Travail du fer, $9^k,3$ [2].

[1] Les expériences faites à Bienne ont donné jusqu'à 85 kg. par millimètre carré et celles faites à Zurich avec un faisceau composé de six fils 78 kg. par millimètre carré en moyenne.

[2] Les essais faits à Zurich sur les parties corroyées (têtes) ont donné 31,5 et dans la partie médiane $35^k,9$ par millimètre carré. Par le corroyage le fer aurait perdu environ le 10 % de sa force.

Chaque chaîne est soumise à une tension de 181 tonnes. Le poids des huit chaînes avec croupières d'assemblage (voir plus loin) est de 41 tonnes. L'ancrage a lieu contre 4 fers double T de $^{500}/_{139}$ à 136 kilos par mètre courant et de 3m50 de longueur, s'appuyant contre le roc au moyen de plaques en fonte de $^{1250}/_{1100}/_{17}$. L'extrémité des chaînes est arrêtée par une double clavette de réglage de $^{75}/_{75}$ millimètres s'appuyant contre les fers double T par l'intermédiaire de barres de fer plates de $^{1100}/_{170}/_{16}$ logées dans les intervalles des chaînons.

Le poids des fers et fonte de l'ancrage est de 26 tonnes. Les chaînons, au nombre de 776, sont assemblés par des boulons de jonction (axes) de 8 centimètres de diamètre (68 pièces), du poids de 18 kilos.

Aux points d'inflexion des chaînes à l'entrée des puits, les chaînes passent sur des sabots en fonte du poids de 1007 kilos pièce, lesquels reposent sur des blocs en calcaire de Saint-Triphon, scellés dans la molasse. Les chaînons (reposant sur le sabot), de 400 millimètres de longueur d'axe en axe des boulons, sont forgés suivant la courbure du sabot. Cette partie des chaînes ne travaille qu'à 7 kilos par millimètre carré.

L'appareil sur les portiques est formé d'un sabot en fonte du poids de 895 kilos, reposant sur 5 fers double T disposés en *secteurs oscillants* et reliés entre eux par deux tringles en fer de chaque côté. Le poids d'un appareil est de 2t,75.

La pression exercée par un nouveau câble sur l'appareil est de 245 tonnes.

Le poids total de la partie métallique (fil de fer, fer et fonte) est d'environ 215 tonnes.

L'assemblage des chaînes avec le câble est disposé comme suit : L'extrémité de la chaîne se bifurque en deux parties sous forme de V, de manière à recevoir une croupière à triple gorge du poids de 246 kilos ; autour de cette gorge s'enroulent les fils du câble, lequel est divisé, à cet endroit, en 12 brins, soit 6 pour chaque chaîne. La croupière s'appuie contre les clavettes d'une manière analogue aux fers double T dans l'ancrage.

Les frais de consolidation s'élèveront à :

1° Câbles et chaînes, fourniture et pose, peinture, rendus posés pour un prix à forfait (Chappuis et Ce à Nidau)	Fr.	121 000
2° Allongement et réglage des tiges, prix à forfait (les mêmes)	»	3 000
3° Excavation des nouveaux puits, élargissement des galeries de service et démolition de maçonneries (en régie)	»	12 220
Total,	Fr.	136 220
A ajouter pour imprévus et petits travaux accessoires	»	3 780
Dépense totale,	Fr.	140 000

Soit 88 fr. par mètre carré de tablier.

Les tiges pendantes sont alternativement fixées aux anciens et aux nouveaux câbles, de façon que le poids de la construction et celui de la surcharge sont supportés la moitié par les anciens et la moitié par les nouveaux câbles.

L'allongement des anciennes tiges s'est opéré au moyen d'un petit câble plié en deux et placé à cheval sur le nouveau câble ; entre les extrémités de ce petit câble munies de petites croupières vient s'adapter la croupière de la tige de suspension tournée dans le sens contraire. A travers ces trois croupières passe la clavette de réglage.

En terminant, nous dirons encore quelques mots de l'opération du réglage.

Il a été admis que les nouveaux câbles seraient posés parallèlement à 50 centimètres au-dessus des anciens. Mais comme les nouveaux câbles devaient s'abaisser (augmentation de la flèche) après la suspension du tablier et les anciens, déchargés de la moitié de ce poids, se relever, il a fallu donner au milieu un écartement tel, entre les deux systèmes de câbles, pour qu'après la répartition du poids cet écartement se rapprochât de 50 centimètres. Il a été admis éventuellement un écartement de 1m20 et, selon les prévisions actuelles, l'écartement des deux câbles après le réglage sera entre 45 et 50 centimètres. On peut bien calculer l'abaissement des nouveaux câbles ; par contre, le relèvement des anciens échappe à tout calcul, car on ne connaît pas de combien ils ont perdu de leur élasticité. Nous pensons beaucoup moins qu'on ne le suppose. Nous en avons une preuve indirecte dans la manière dont ils se comportent sous l'influence de la température.

LE TUBE ATMOSPHÉRIQUE DU PUITS HOTTINGUER

DANS LES HOUILLÈRES D'ÉPINAC

(*Suite.*)

Marche théorique. — Comme plus haut, nous considérerons dans ces calculs le cas d'un tube simple et d'un tube conjugué.

Cas d'un tube simple. — Soit un tube A de longueur L, de diamètre D et de section S, rempli d'air à la pression P. Il renferme à la partie inférieure le piston M du poids Q et la charge utile C qu'il supporte. Il communique avec l'atmosphère à la partie inférieure, et à la partie supérieure par l'orifice à robinet g. Par le sommet, il est relié avec la machine pneumatique par le tuyau I. (Pl. I, *fig.* 1 et 2.)

Période de raréfaction ou d'équilibre. — Sous l'action de la machine pneumatique l'air est raréfié au-dessus du piston, sa pression diminuant comme les termes d'une progression géométrique qui a pour raison le rapport du volume V du tube à ce même volume augmenté du volume W des cylindres de la machine. Ainsi P étant la pression atmosphérique, et p celle de l'air dans le tube après un nombre de coups de piston, on a l'équation :

$$p = P\left(\frac{V}{V+W}\right)^n, \qquad (1)$$

d'où vient

$$n = \frac{\log p - \log P}{\log V - \log (V+W)}. \qquad (2)$$

A un certain moment de la raréfaction, la pression de l'air est descendue de P à p_1 de telle sorte que le piston M et sa charge sont en équilibre dans le tube et on a :

$$p_1 + \frac{Q+C}{S} = P \qquad (3)$$

ou

$$Q + C = S\,(P - p_1). \qquad (4)$$

Ce qui indique que, sous une même dépression, le poids total élevé dans le tube est proportionnel à sa section ; que pour