

Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 23 (1897)
Heft: 3

Artikel: Pathologie des constructions métalliques
Autor: Elskes, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-19785>

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: 10.02.2026

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

L'espace compris entre les deux pistons du cylindre central est sans cesse occupé par de l'huile en pression puisée à la source que nous connaissons. Le piston différentiel tend donc constamment à se transporter du côté de la plus grande de ses deux surfaces (à droite, dans notre figure). Mais entre le grand piston et le fond du cylindre se trouve un second espace rempli d'huile, la pression de ce fluide pouvant varier, au gré du régulateur, entre celle de l'atmosphère et celle du réservoir à 15 atmosphères. Il suffit pour amener ces variations, que la rotation du régulateur s'accélère ou se ralentisse un peu ; immédiatement son manchon soulève ou abaisse un balancier dont l'extrémité actionne un petit organe qui opère la distribution du cylindre servo-moteur. Le manchon monte-t-il, l'huile comprimée par le grand piston s'échappe dans l'atmosphère, le piston différentiel se rapproche du fond de son cylindre et étangle l'arrivée de l'eau ; descend-il au contraire, le piston cède à la pression croissante de l'huile et ouvre le vannage. Dans l'un et l'autre cas, le mouvement du servo-moteur prend fin dès que son distributeur a repris sa position moyenne, à laquelle il est infailliblement ramené (plus ou moins promptement suivant que le manchon du régulateur s'est lui-même déplacé peu ou beaucoup) par l'intermédiaire d'un plan incliné fixé sur la tige du piston différentiel et mobile horizontalement avec ce dernier.

Tel est l'ensemble de mécanismes ingénieux qui constitue le réglage automatique de chacun des groupes moteurs de cette remarquable installation.

Nous ne saurions clore cette étude sans rendre un sincère hommage aux capacités et aux énergies qui ont collaboré à l'œuvre si grandiosement conçue et si activement menée à chef par la ville de Genève. Nos éloges s'adressent indistinctement au président du Conseil administratif de la ville, M. Th. Turrettini, et au personnel du service des forces motrices, au constructeur des turbines et de leurs régulateurs, la maison Escher-Wyss et Cie à Zurich, à celui des parties métalliques du barrage, M. Schmiedt, à Genève, et à celui des appareils de levage des vannes, la maison Piccard et Pictet, à Genève également.

Bien que les installations électriques de l'usine ne rentrent pas dans le cadre restreint de cette notice, nous associerons aux noms qui précèdent ceux de la Compagnie de l'industrie électrique, à Genève, et de la Fabrique d'Oerlikon, près Zurich.

NOTA. — Les clichés des fig. 1 et 2 ont été mis obligatoirement à la disposition du *Bulletin* par M. E. Imer-Schneider, ingénieur-conseil à Genève. Ces figures font partie des illustrations d'une fort intéressante brochure publiée par ses soins à l'occasion de l'Exposition nationale, sous le titre « Notes et Croquis techniques sur Genève. »

Les fig. 3 à 7 sont empruntées à la *Schweizerische Bauzeitung*, tome 28, pages 167-169 (article de M. le prof. Prasik sur « les Turbines à l'Exposition nationale suisse de 1896. »)

PATHOLOGIE

DES CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES

par E. ELSKES, Ingénieur des ponts métalliques à la Compagnie des chemins de fer Jura-Simplon.

Nous avons exposé, il y a trois ans¹, l'histoire d'un assez grand nombre de catastrophes de ponts, histoire suivie de quelques conclusions toutes pratiques et devant elle-même servir de préface à une étude plus théorique, celle de la pathologie des constructions en fer, c'est-à-dire des divers défauts que peuvent avoir les édifices métalliques, défauts innés provenant d'une conception erronée ou d'une fabrication malhabile, défauts dus à l'âge ou à l'usure, ou encore à des circonstances accidentnelles.

Avant de passer à cette étude, dont nous n'avons d'ailleurs qu'un premier chapitre à offrir pour le moment, qu'on nous permette de rectifier et d'expliquer certains détails de notre première communication, et de compléter celle-ci par le récit de quelques nouveaux cas de rupture, car on continue — il fallait s'y attendre — à laisser choir des ponts ; bien plus, on en force à s'effondrer, pour mieux s'instruire, puisque c'est bien sur certains cas qu'on reconnaît le mieux les causes et même les phases de la mort.

Les détails que nous sommes en mesure de fournir sur ces cas récents ont plus de saveur et plus de valeur que ceux de notre premier travail, car ils n'ont pas été recueillis dans les souvenirs parfois hésitants des témoins oculaires, ou, pis encore, des amis de ces témoins, ou compilés dans le silence des bibliothèques ; nous les tenons au contraire, pour la plupart, de source authentique et il nous a été donné de prendre part à quelques unes de ces dissections.

D'abord une rectification : elle a trait à un cas de rupture dont notre statistique de 1894 donnait mal la définition : c'est le n° 41, l'avant-dernier de notre liste, le pont d'Optucha, en Russie, nom accompagné d'ailleurs d'un point d'interrogation.

Il s'agit en réalité du pont sur la Khevda, chemin de fer de Morschansk à Syrran, en Russie, pont effondré en 1875, peu de temps après sa mise en service, et dont les *Annales des ponts et chaussées* de septembre 1894² contiennent l'image ; c'était un pont de 32 mètres d'ouverture, à tablier ouvert, avec des poutres de près de 4 mètres de haut, insuffisamment raidies à leur partie supérieure. Le passage d'un train de marchandises a fait tomber le tablier sur le pont de montage qui s'y trouvait encore ; cette circonstance a évité un plus grand malheur.

Les ingénieurs russes tiennent surtout à constater qu'il n'y a pas eu mort d'homme, ce dont nous leur donnons acte avec plaisir.

Ensuite, une explication : nous avons dit et nous maintenons d'ailleurs ce qui suit :

« On voit qu'une fatalité paraît attachée aux ponts nés de 1871 à 1878, » celui que nous venons de citer s'ajoute à nos preuves. « C'était, il est vrai, l'époque où l'on construisait encore, bien que l'argent vînt à manquer, mais c'était aussi et surtout, il faut le reconnaître, la période où s'épanouissaient les méthodes élégantes de la statique graphique et, avec elles, une foi trop

¹ *Rupture des ponts métalliques*. Bulletin 1894, page 137.

² Jasinsky. *Recherches sur la flexion des pièces comprimées*.



Fig. 1. — Pont sur la Niede, à Praunheim.

aveugle dans l'excellence des calculs et l'inaffabilité de la théorie.»

Cette assertion a été mal comprise, notamment par ceux auxquels notre langue n'est pas très familière ; on a cru y voir le mépris de la théorie en général et de la statique graphique en particulier, alors que c'est seulement à la foi aveugle que nous en voulons !

Loin de nous l'idée de décrier la méthode graphique ! Ancien élève de Culmann, nous aimons et apprécions à leur valeur, pour nous en être souvent servi, ses innovations aussi pratiques qu'ingénieuses. Mais il n'en est pas moins vrai que l'abus des meilleures choses est nuisible, et qu'on a abusé de la statique graphique ; nous nous expliquons :

Tout d'abord, constatons que les procédés graphiques sont aisés à comprendre et à appliquer ; c'est si vrai qu'ils sont accessibles aux ignorants : c'est une de ces flûtes dont les ânes arrivent à jouer assez proprement leur petit air. Comme il est, en somme, très facile de dessiner un polygone des forces, même correctement, et d'arriver ainsi à déterminer les dimensions à donner à une charpente en fer, plus d'un s'est cru constructeur qui savait tout juste tirer ces quelques lignes, et ils sont nombreux, les ouvrages bâtarde, issus de la sorte des amours d'un sot avec dame théorie : il n'est pas surprenant qu'il en tombe par ci par là : il serait moins étonnant qu'ils tombassent tous !

Mais il y a plus : parmi les ingénieurs, parmi ceux qui comprennent réellement, combien y en a-t-il qui comprennent juste ? Combien y en a-t-il qui ne confondent pas leur épure avec l'image du pont et ne prennent leurs diagrammes pour la représentation à une échelle donnée de ce qui se passe en réalité dans les barres ?

Il n'y faut voir, au contraire, qu'une hypothèse, résultat d'autres hypothèses, dont quelques unes fort hasardées. Les épures, comme les formules, comme les remèdes, et comme les plats de cuisine, ne contiennent absolument que ce qu'on y a mis ; mais il est beaucoup plus facile de l'oublier en tirant des lignes qu'en calculant par l'analyse. Or ce sont ceux-là, surtout, qui l'oublient et qui, à défaut de bon sens, ont une foi aveugle dans les résultats de leur épure, qui ont jeté le discrédit sur les constructions en fer.

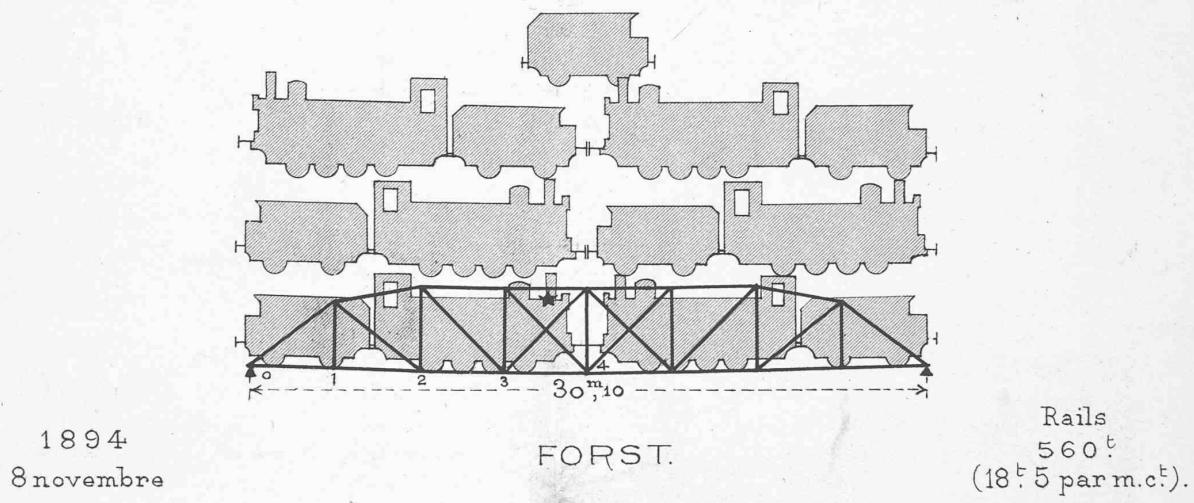
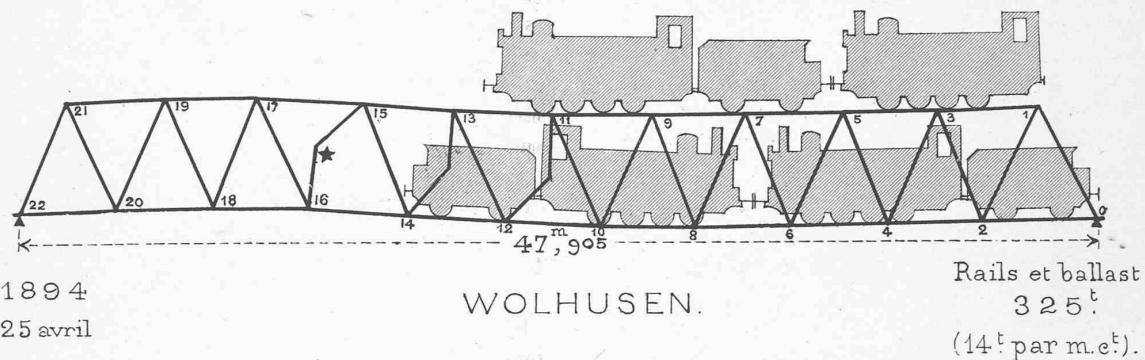
De ceux-là, il y en a malheureusement encore, et il y en aura encore longtemps, vu qu'il est plus facile de dessiner et même d'assembler des barres de fer, que d'avoir du bon sens, mais il est à espérer que leur nombre diminuera peu à peu, et que les ponts métalliques retrouveront leur ancien crédit !

* * *

Un pont au sujet duquel notre mémoire de 1894 ne donnait pas beaucoup de détails, est le pont sur la Niede, à Praunheim, non loin de Francfort-sur-Mein ; le mémoire déjà cité des *Annales des ponts et chaussées* donne une idée sommaire du tablier, ainsi que du cylindre à vapeur qui l'a terrassé, en août 1892. Notre figure 1 représente cette ruine intéressante, sur laquelle nous reviendrons dans un chapitre spécial de notre pathologie. Nous reviendrons aussi au cas non moins instructif de la Khevda, et au remarquable mémoire de M. Jasinsky sur la flexion des pièces comprimées.

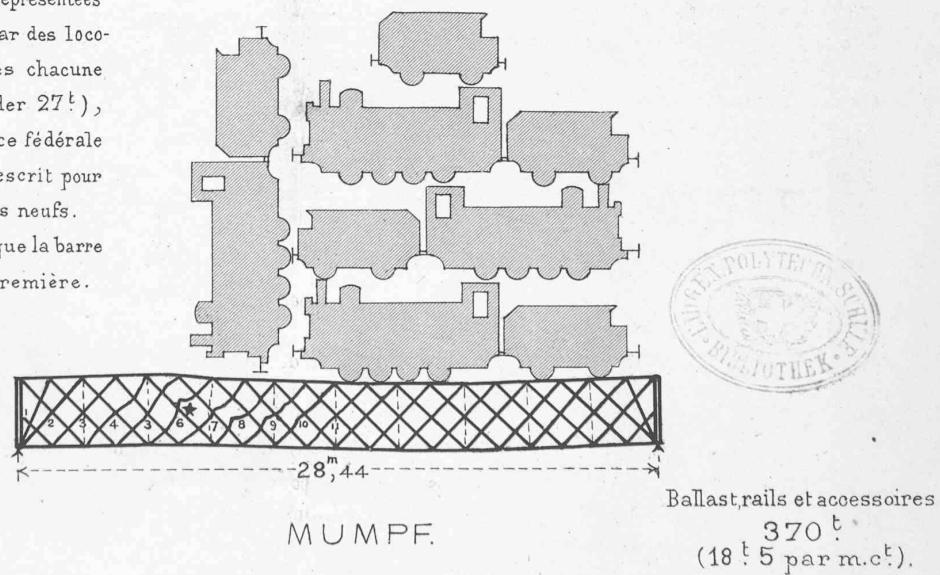
Nous nous bornons à faire observer pour le moment qu'il s'agit ici de deux cas bien caractérisés de flambage des membrures supérieures. On remarquera comme elles ont flambé, au milieu exact de la portée, ce que nous constaterons encore ailleurs.

TABLEAU COMPARATIF
DES SURCHARGES FATALES À TROIS PONTS DE CHEMIN DE FER
REBUTÉS ET ESSAYÉS JUSQU'A LA RUPTURE.



Les surcharges sont représentées approximativement par des locomotives de 87 tonnes chacune (machine 60^t, tender 27^t), telles que l'ordonnance fédérale suisse de 1892 les prescrit pour le calcul des ouvrages neufs.

L'astérisque ★ marque la barre qui s'est rompue la première.



Seite / page

leer / vide /
blank

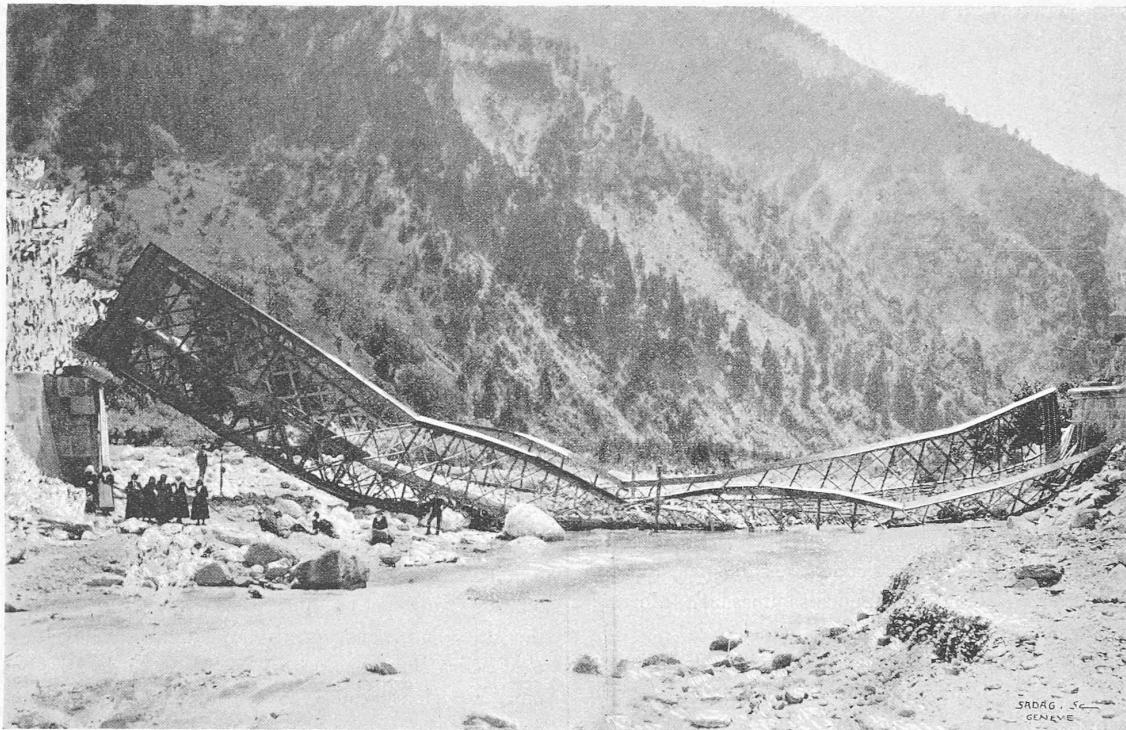


Fig. 2. — Pont sur le Chiarso, à Paularo.

A propos du pont sur la Niede, ou de Praunheim, il n'est pas sans intérêt de noter, à l'appui de ce qui précède, qu'un de ces ingénieurs — nous tairons son nom — qui jugent d'après des chiffres, et non d'après le bon sens, a écrit un article dans un journal sérieux pour prouver par $a+b$ que le pont était tombé par suite de la rupture d'une petite poutre du tablier, un des longerons secondaires, une poutrelle laminée, parce qu'elle travaillait à raison de 24 kg. par millimètre carré.

M. Jasinsky, ingénieur des voies de communication et professeur à l'Ecole des ingénieurs de Saint-Pétersbourg, par un calcul infiniment plus judicieux, démontre au contraire que le pont s'est rompu à cause d'un défaut de raideur des membrures supérieures des poutres, défaut manifeste pour qui examine attentivement les ruines du pont, et que le constructeur avisé reconnaîtra au premier coup d'œil jeté à la coupe en travers du tablier.

Nous venons de dire que la plupart des ruptures récentes avaient été utiles, et même scientifiques; malheureusement il y a toujours de mauvais ponts qui s'effondrent, et font des victimes. Tel est le cas du pont de Paularo.

C'était un ouvrage de 43^m40 d'ouverture, un pont-route sur le torrent de Chiarso, près du village de Paularo, dans le Frioul italien, aux confins de l'Autriche.

Cet ouvrage, dont notre figure 2 représente les ruines, a été projeté et exécuté par la Société vénitienne de construction, à Padoue, pour la commune de Paularo, probablement avec le subside de l'Etat, à raison de l'importance stratégique des voies de communication dans cette région.

Il s'est effondré pendant les essais le 21 juillet 1894.

C'était un pont excessivement léger : il ne pesait, paraît-il, que 27 tonnes, soit 140 kg. seulement par mètre carré de tablier : la commune n'a-t-elle dépensé que le subside de l'Etat, sans délier sa propre bourse, ou l'entrepreneur a-t-il exploité la crédulité de la commune et du gouvernement, c'est ce que notre enquête n'a pas réussi à démêler ; peut-être y a-t-il eu un peu des deux.

Voici quelques dimensions de ce pont de Paularo :

L'ouverture était de 43^m40, la longueur de 46^m50 environ la largeur d'axe en axe des poutres principales 4^m35 ; la distance d'axe en axe de deux entretoises consécutives 1^m55. Les zorès portaient sur cette longueur et faisaient eux-mêmes l'office de longerons.

Hauteur des poutres principales 4^m80, dont 3 mètres environ libres au-dessus des entretoises. Sur cette grande hauteur, il n'y avait, pour raidir un treillis très tenu et en partie plat, que des montants composés d'une âme de 60/6 et de deux cornières de 60.60.7 ; le treillis se composait de deux cornières, 60.60.7 ou d'un plat 120/10 sur les culées ; au milieu il n'y avait plus qu'une cornière 50.50.6 ou un plat 50/5.

On voit que, précisément au milieu, où les membrures supérieures, larges de 300 mm. seulement, avaient besoin de toute la raideur possible, le constructeur n'avait pas mis grand'chose.

Mais il y a plus : les entretoises, composées d'une âme de 350/6 et de quatre cornières de 50.50.6, n'étaient pas, elles non plus, faites pour raidir le tablier et aider aux immenses parois des poutres à demeurer à peu près dans leur plan ; le constructeur les avait bien pourvues de deux minuscules arba-

létriers faits d'une cornière 50.50.6, mais il avait négligé l'en-trait A B (fig. 3).

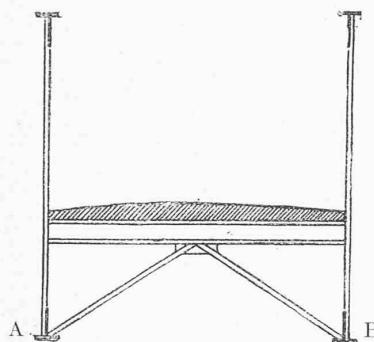


Fig. 3.

On avait déjà mis sur le pont les deux tiers environ de la surcharge prescrite (350 kg. par mètre carré), en grosses pierres du lit du torrent, et la flèche n'était que de 8 mm., mais les membrures supérieures s'étaient sensiblement rapprochées l'une de l'autre, de 10 cm. si nous sommes bien informé; d'aucuns ajoutent même qu'elles tremblaient.

Tout à coup, la poutre amont se replia sur le tablier, l'autre en fit autant presque immédiatement après, et voici, telle que nous l'avons relevée (fig. 4), la coupe en travers au milieu du pont après la catastrophe.

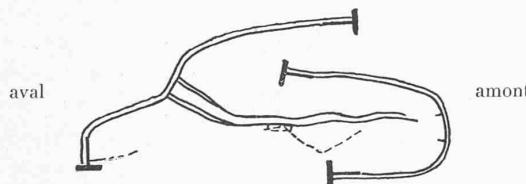


Fig. 4.

Un ingénieur du gouvernement, qui surveillait l'essai depuis la culée, fut culbuté par l'extrémité des zorès, qui remonta pendant la chute, puis, tombant malheureusement par le trou ainsi formé, vint se casser la tête au fond du torrent ; il mourut une heure plus tard.

Quatre ouvriers, occupés sur le pont, n'eurent à souffrir que d'une violente commotion et se sauvèrent à travers les mailles du treillis.

C'est au milieu d'un superbe cadre de hautes montagnes, pour le moins aussi imposantes que nos Alpes du Haut-Valais ou des Grisons, qu'après un voyage de onze heures de chemin de fer depuis Chiasso, plus six bonnes heures de carriole, que nous avons fini par apercevoir, au fond de la vallée, devant le petit village et sa grande église à coupole claire, la triste ruine qui nous avait attiré.

Couché au fond du torrent, délivré de la charge qui l'avait écrasé et de sa cuirasse en fers zorès, nu, froissé, souillé, lapidé, en un mot, ce pont n'était plus qu'une carcasse lamentable ; les poutres prétendues maîtresses, repliées sur elles-mêmes au milieu comme deux feuilles de papier, mais tenant encore aux maçonneries des culées, qu'elles n'avaient abandonnées que d'un côté, étaient dans un désordre inextricable.

Les pièces de pont faisaient au contraire, à la surface, du moins, l'effet d'une troupe mieux ordonnée.

Exactement au milieu des deux poutres maîtresses, une brisure violente attirait les regards : c'est là que la lutte s'était livrée, sans que la flèche du pont traduisit rien d'inquiétant, et c'est là, exactement au milieu, qu'elles avaient reçu le coup de grâce.

Notre fig. 5 représente la brisure de la poutre amont :

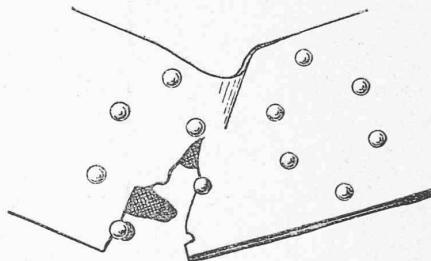


Fig. 5.

Il s'agit, comme on voit, et il sera à peine besoin de le dire à quiconque regardera de près la coupe en travers (fig. 3) du pont de Paularo et les dimensions que nous venons d'indiquer, il s'agit d'un nouveau cas de flambage de poutres libres, c'est-à-dire d'un pont couvert comme celui de Miramont, dont nous rappelons l'image caractéristique et la violente brisure du milieu des poutres.

(A suivre).

REVISION DE LA LOI SUR LA POLICE DES CONSTRUCTIONS

Supplément au *Bulletin* N° 3, brochure de 19 pages.

Rapport adressé à la Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes par une commission composée de MM. Barraud, président, Deladoey, ingénieurs et Th. van Muyden, H. Verrey, Isoz, architectes.

La révision de la loi sur la police des constructions a été étudiée à diverses reprises par la Société. Voir, en dernier lieu, le rapport sur un *projet de réglementation des canaux de fumée*, du 7 janvier 1896 (*Bulletin* 1896, page 324), et le *Rapport sur la révision de la loi sur la police des constructions*, du 3 novembre 1896 (*Bulletin* 1896, page 330).

Les propositions du premier rapport avaient trouvé place dans le projet de loi du Conseil d'Etat, portant la date du printemps 1896, mais elles ont été modifiées par la commission du Grand Conseil au point d'en dénaturer complètement la portée. Les propositions du second rapport ont été discutées et écartées par la même commission.

Le rapport ci-dessus, du 24 avril 1896, répond aux objections faites au précédent par la commission du Grand Conseil, insiste sur l'utilité des dispositions recommandées par la Société et prend, en outre, l'initiative de questions d'une portée plus générale. La Société, estimant qu'il lui appartient de s'intéresser au sort d'un projet de loi aussi important, qu'elle est bien placée pour envisager sous diverses faces, a fait imprimer ce rapport et l'a adressé à MM. les membres du Conseil d'Etat et du Grand Conseil.

(Rédaction.)