Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 128 (2002)
Heft: 05

Artikel: Les grands ponts de Fribourg
Autor: Francey, Laurent / Francey, Olivier
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-80263

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: 09.07.2025

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

Fig. 1 : Situation générale. Extrait de la carte nationale, reproduit avec l'autorisation de l'Office fédéral de la topographie, Wabern (BA023972)

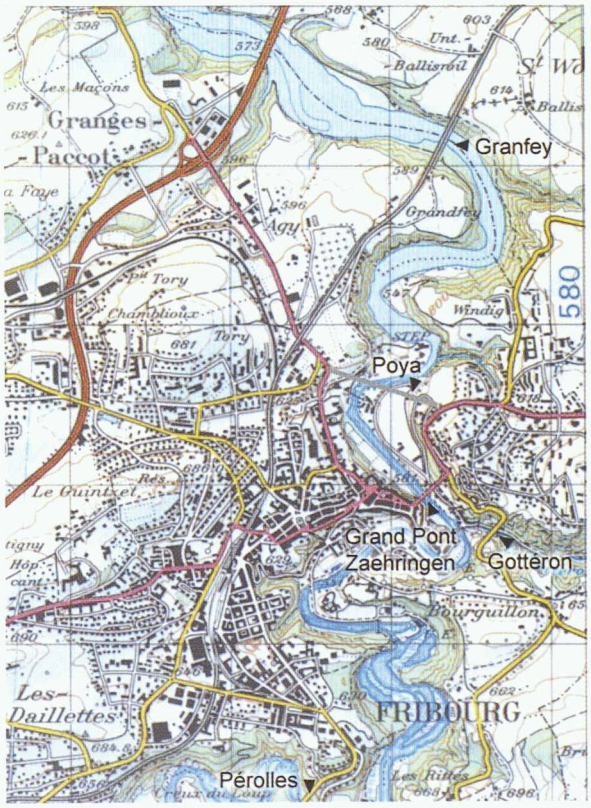
Laurent Francey: Candidat au diplôme d'architecte au Département d'Architecture de l'EPFL
Olivier Francey: Candidat au diplôme d'ingénieur au Département de Génie Civil de l'EPFL

Les **grands ponts** de Fribourg

En fondant en 1157 une cité sur les bords de la Sarine, le duc Berthold IV de Zaehringen ne poursuit pas uniquement des buts politiques en la situant sur l'un des principaux axes Est-Ouest. Son ambition se double de sentiments généreux: pour alléger la condition d'esclavage réservée aux serfs et celle guère plus enviable des vassaux, il crée une ville libre et indépendante, Frei Burg. On comprend dès lors l'engouement pour cette liberté, qui s'avéra génératrice d'initiative et favorable à l'esprit d'entreprise.

Au XVI^e siècle cependant, l'étiolement des grandes foires commerciales en Europe et l'isolement causé par la réforme entraînent le déclin de la ville; au XVII^e, l'industrie fribourgeoise est en ruine et il faut attendre le début du XIX^e pour que l'économie locale aborde un courageux redressement. C'est à partir de ce moment-là que la cité entreprend d'importantes transformations dans sa morphologie, notamment par la mise en œuvre d'un réseau de circulation moderne.

Les ponts ont évidemment joué un rôle essentiel dans le développement de Fribourg: à l'origine favorable comme protection naturelle, la topographie du lieu s'est en effet muée en gros handicap par la suite, un obstacle auquel les ouvrages d'art ont remédié en créant avec les régions avoisinantes des liens bénéfiques à l'épanouissement économique de la ville (fig. 1).



1

Le Grand Pont

Au bord de l'asphyxie en 1834, la ville de Fribourg sort de l'impasse grâce à l'ingénieur français Joseph Chaley qui lui donne le Grand Pont au sujet duquel on peut lire [1][1]:

«Joseph Chaley parvient à faire passer la solution la plus audacieuse de pont sur la Sarine avec beaucoup d'habileté. Il fait un pari à la fois technique et financier et gagnera tous les deux. L'argument financier aura été déterminant. A titre de comparaison, quand dix ans plus tard, Berne choisit une solution en maçonnerie pour le pont de la Nydegg, le projet écarté de pont suspendu revenait exactement moitié moins cher.

S'étant réservé par contrat le choix entre un pont avec une pile intermédiaire et un pont à une seule travée, Chaley opte pour la deuxième solution "contre le vœu du public fribourgeois et des actionnaires" relève-t-on alors. Il va donc battre un record de longueur, mais surtout, en poussant jusqu'au bout l'application d'une technique nouvelle, il va éviter la construction d'une très haute pile intermédiaire, réalisant une énorme économie et un gain de temps appréciable. [...]»

La construction de cet ouvrage est en effet remarquable à plus d'un titre et son concepteur a laissé à son sujet un rap-

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

port, paru en 1832 sous forme de notice, à Paris [11] dont s'inspire notre encadré consacré à la technique de réalisation du Grand Pont (fig. 2).

Auteur d'un premier projet finalement non retenu pour cet ouvrage (fig. 3), le colonel Guillaume-Henri Dufour ne tarit pas d'éloges pour la réalisation de Chaley : « En moins de trois années, cet habile ingénieur a accompli l'œuvre la plus extraordinaire qui ait jamais été tentée : un pont de 265 m, d'un seul jet, entre deux montagnes. À peine eût-on osé pousser jusqu'à la limite du possible, M. Chaley a montré ce que peut le génie uni à la persévérance [1] ».

Dès son inauguration et durant toute son existence, le Grand Pont a représenté un sujet de grande fierté pour les Fribourgeois - le fait qu'il ait été l'un des premiers ponts suspendus et le plus long pendant plus de quinze ans y contribuant sans doute. Reste que la pureté de sa ligne, qui s'élançait littéralement dans l'espace, représentait sans conteste le point fort de l'ouvrage : les principes conjugués d'une haute technologie et d'une économie de moyens et de matériaux avaient offert une nouvelle image de ce que pouvait être un franchissement. Alors que les ponts affichaient jusque-là un fort rapport au sol, le Grand Pont se jetait en effet dans le

LA CONCEPTION DU GRAND PONT

La construction du Grand Pont est l'une des premières applications des ponts suspendus au franchissement d'obstacles importants. En effet, jusqu'à cette période, l'évolution de ce type d'ouvrage était encore au stade de l'expérience et au tâtonnement empirique. Le record d'ouverture était alors de 167 m pour le pont suspendu (en chaînes) du Menai. Avec 265 m de portée, Chaley multipliait par 1,5 le plus long pont suspendu réalisé jusqu'alors.

Ce n'est qu'en 1823 que l'ingénieur français Navier développe les premières théories pour le calcul de ce type d'ouvrage. Lors des études du Grand Pont, Chaley n'a évidemment pas connaissance de ces écrits et réalise sa prouesse en se basant essentiellement sur son expérience.

Le porteur principal (les câbles)

Le manque de connaissances, notamment sur la dynamique et l'utilisation d'acier puddelé ne permet pas à l'ingénieur de concevoir son ouvrage de manière optimale. Chaley dira d'ailleurs avoir intentionnellement doublé les sections des câbles par sûreté. Les fils de fer employés ont été fabriqués près de Bienne. Tous les bouts sont en moyenne de 140 à 150 m. Les essais multiples sur les fils réalisés durant toute la durée de la fourniture ont donné une contrainte moyenne à la rupture de 82 kg/mm^2 (820 N/mm^2 !).

En calculant la charge ultime que la structure était susceptible de supporter, il ressort que le pont était vraiment surdimensionné pour l'époque. En effet, la charge que pouvaient reprendre les quatre câbles doubles composés au total de 1056 fils était d'environ 24 500 kN ce qui permet une charge utile plus poids propre de 15,2 kN/m^2 sur la totalité du tablier.

Ancrages des câbles

L'ancrage des câbles (fig. 4) se fait dans la molasse par un système de puits et d'éléments en maçonnerie qui permettent de transférer l'effort de traction dans le terrain. Le puits vertical offre un percement plus facile et une mise en place plus aisée de la maçonnerie, puisque les charges de poids propre et les charges utiles sont symétriques. Les ouvertures de puits sont dans la ligne du pont à 53 m en arrière des portiques. Des galeries rampantes viennent aboutir au sommet des puits verticaux et sont entièrement creusées dans la roche. Les sabots de renvois sont composés de rouleaux qui autorisent le déplacement du câble, que ce soit pour la mise en place, pour la dilatation thermique ou sous charge utile.

Les portiques

S'ils servent avant tout à soutenir les câbles, les portiques de part et d'autre du pont marquent aussi l'entrée du passage. Construits en maçonnerie, ils sont l'un des éléments onéreux du projet et prennent de la place. Du côté ville, le dégagement de l'espace nécessaire a d'ailleurs nécessité des démolitions. La molasse ou le grès sont très abondants dans le canton, mais pour obtenir une qualité homogène et meilleure, tout le grès qui constitue les deux tiers des maçonneries du pont a été tiré des carrières en exploitation à environ un kilomètre à l'ouest de la ville.

Le tablier

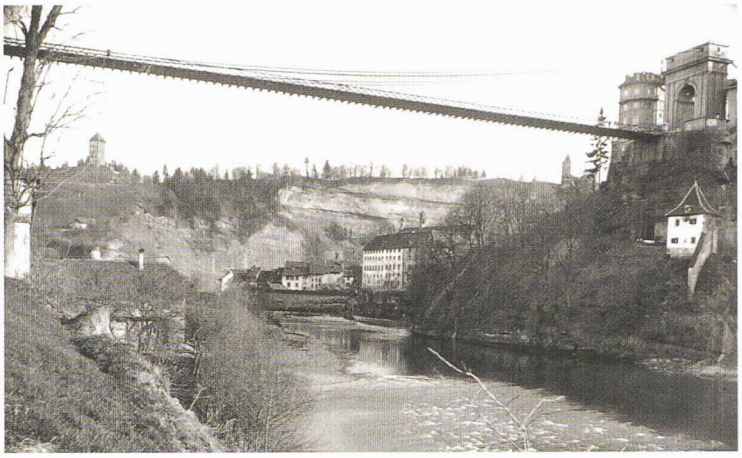
A l'époque où la construction des ponts fait surtout appel à la maçonnerie, la réalisation d'un tablier en bois n'est plus une chose courante. Le système utilisé s'inspire de ce qui se fait dans le bâtiment, avec un système de poutres et de pannes croisées suspendues aux câbles par un système de suspentes.

Fig. 2 : Le Grand Pont (Document Pro Fribourg)

Fig. 3 : Projet de Dufour pour le Grand Pont (Document Pro Fribourg)

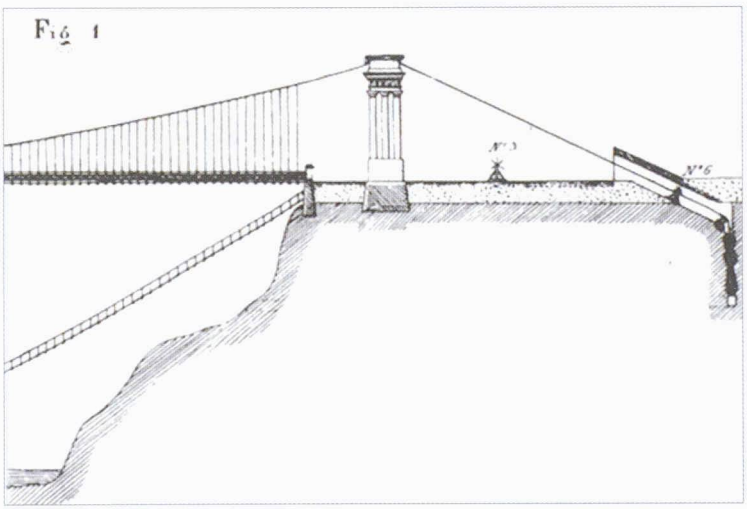
Fig. 4 : Ancrages du Grand Pont (Document tiré de «Pont suspendu de Fribourg: Notice», Joseph Chaley)

Fig. 5 : Pont du Gottéron I (Document Pro Fribourg)

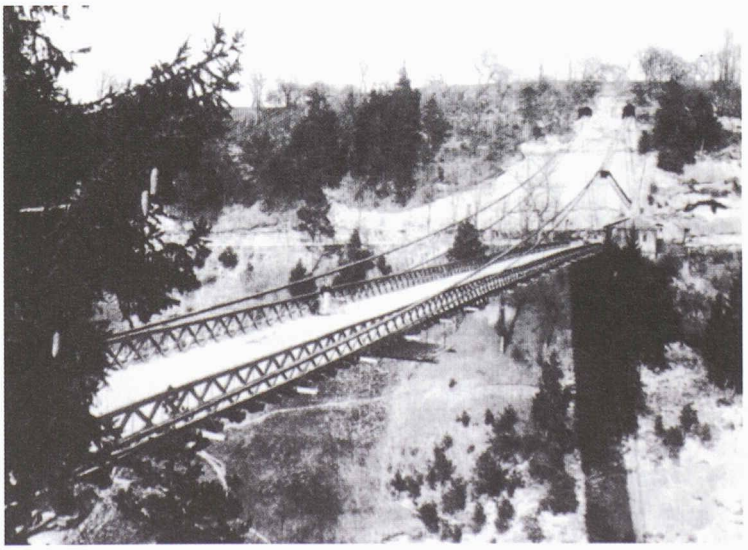


2

3



4



5

vide de manière aérienne, révélant au spectateur un paysage extraordinaire. D'apparence fragile et éphémère, la finesse de la ligne mettait en évidence l'important vide de la vallée.

Tandis que le système porteur de l'ouvrage apparaît en filigrane, ses extrémités sont clairement marquées par les portiques qui le flanquent, et le caractère urbain de ces éléments les rattache à la cité dont ils signalent l'entrée. Côté ville, le portique affirme son urbanité en s'inscrivant dans la continuité des édifices accrochés à la falaise - ce qui crée l'impression que le pont pénètre dans l'environnement bâti – tandis que le portique côté opposé figure une forme de prolongement de la ville sur l'autre rive. La finesse du Grand Pont ne saurait toutefois occulter l'important bouleversement que cette réalisation a représenté pour l'urbanisme fribourgeois : en créant un axe à travers ce qui était le centre de la ville, on lui redonnait une importance digne de son statut.

L'histoire est ainsi ponctuée par des édifices et des œuvres qui indiquent le degré d'avancement des moyens techniques propres à chaque époque, et le Grand Pont est un exemple d'ouvrage qui a marqué le milieu du XIX^{e} siècle par son audace et sa haute technologie. Autre caractéristique qui n'a pas manqué de frapper les esprits de l'époque : la grande subtilité de son expression, à l'évocation de laquelle on ne peut se garder d'un certain regret.

Le pont du Gottéron

Toujours dans l'optique de développer l'accès à la ville, le pont du Gottéron fut construit dans la foulée du Grand Pont en 1840. Datant de la même période et conçu par le même ingénieur, il présentait des caractéristiques structurelles similaires à celles de son aîné, malgré les contraintes financières plus importantes liées à cette seconde réalisation.

Comptant d'abord reconduire à l'identique le modèle retenu pour le Grand Pont, Chaley dut finalement se rabattre sur une solution plus simple, mais assez ingénieuse, en remplaçant la construction onéreuse des portiques par une astucieuse géométrie des câbles. Sur la rive droite, les câbles s'ancraient directement dans la molasse, facilement accessible sur ce versant, tandis que des massifs d'ancrage situés au niveau du tablier reprenaient les réactions d'appuis essentiellement horizontales sur la rive opposée (fig. 5).

Si la géométrie du câble n'était de ce fait pas optimale, le gain lié à la suppression des portiques compensait largement ce défaut. Evoquant l'idée d'un pont de fortune dont l'asymétrie montrait à quel point il se pliait à la morphologie du terrain, ces particularités mettaient l'ouvrage sur un pied d'égalité avec son environnement.

LE VIEUX FER CONVERTI EN BÉTON ARMÉ

L'ancien pont de Granfey présentait l'avantage de permettre l'intégration de ses piliers aussi bien que de son tablier, comme armature d'une nouvelle construction bétonnée. Les piliers ainsi que leurs socles furent bétonnés jusqu'à la hauteur de l'ancrage des voûtes. Les arcs entre les piliers furent à leur tour bétonnés, sans ancrage dans la partie supérieure métallique, selon le « système Melan ». Il s'agit là d'une sorte de jeu de construction où les éléments des arcs sont montés un à un, les coffrages pouvant être fixés directement à l'échafaudage métallique converti en armature. Le bétonnage se fit par phases, selon des calculs précis de résistance de la structure. La partie supérieure des piliers dut être sacrifiée par les ingénieurs (à regret, selon eux) pour des raisons esthétiques. Afin de remplacer ces parties, le tablier fut soulevé et soutenu par un échafaudage en bois. Les parois inférieures métalliques du tablier furent remplacées par une lignée de 61 petites arcades, dont les ouvertures forment actuellement les fenêtres du passage piétonnier (situé deux mètres plus bas que l'ancien) : elles préservent la vue des deux côtés sur la Sarine et le lac de Schiffenen.

L'art des ingénieurs: le respect du travail de leurs prédécesseurs

A la fin de 1926, le gros œuvre était terminé : en raison des grands froids, on avait reporté les finitions au printemps suivant. Le 1er juin 1927, les derniers ouvriers pouvaient quitter le chantier terminé. Pendant toute la transformation de l'ouvrage, les trains avaient continué à circuler, même de nuit. Une performance due au concept même de l'opération autant qu'à une conduite des travaux irréprochable. L'ingénieur en charge, Adolph Bühler (chef de section pour la construction des ponts à la direction générale des CFF) pouvait affirmer que tout s'était passé « mieux que prévu », ce que la durée limitée à deux ans du chantier confirmait et grâce au fait que les assises et une partie des superstructures de l'ancien ouvrage avaient pu être réutilisées, dans la mesure où elles étaient encore en bon état: « Lors de telles transformations, l'art de l'ingénieur rejoint celui du médecin: sauver tout ce qui peut l'être ».

Malheureusement, le 9 mai 1919, un camion chargé de dix tonnes de bois au lieu des six admises s'engage sur le pont du Gottéron, rompt le tablier et bascule dans le vide (fig. 6). Les câbles avaient tenu, mais le spectaculaire accident remit en question la sécurité des deux ponts suspendus.

Les prouesses technologiques réalisées par les bâtisseurs de l'époque n'avaient en fait qu'un seul défaut, celui de n'être pas suffisamment durables. Le trafic motorisé allait sceller leur sort. En 1905, des études proposent le remplacement du Grand Pont par un ouvrage rigide appelé, entre autres, à recevoir une ligne de chemin de fer électrique devant desservir la Singine. Le Grand Pont sera remplacé en 1924 par la construction du pont de Zaehringen, tandis que le pont du Gottéron sera reconstruit en 1960.

Le pont de Granfey

Fruits de son accessibilité accrue, les premiers signes de redressement économique de la cité sont toutefois bientôt remis en question par l'envoi de nombreux mercenaires dans les guerres européennes, ce qui prive la ville de sa force ouvrière, puis par le Sonderbund qui plonge le canton dans l'isolement.

Dans les années 1850, la bataille du chemin de fer commence. Fribourg y voit l'occasion de reprendre la voie de l'industrialisation et se bat pour que le train passe chez elle. Le comité des chemins de fer fribourgeois, responsable des travaux de la voie ferrée en direction de Berne, mandate en février 1856 l'ingénieur L. Blotnitzki pour l'établissement des plans de cette voie. Ceux-ci incluaient le projet d'un pont sur la Sarine près de Fribourg.

Six mois plus tard, Blotnitzki présente trois projets. Le premier propose un pont en maçonnerie à dix arches, avec un passage piéton suspendu alors que les deux autres, qui prévoient un tablier en fer forgé grillagé en forme de couloir, posé sur des piles maçonnées, se distinguent par leur aménagement. L'un utilise la paroi supérieure du couloir-caisson pour la voie de chemin de fer et la paroi inférieure pour une grande route à chars reliant les deux rives de la Sarine, tandis que l'autre variante réduit la grandeur du passage sous voie à l'usage des piétons et des charrettes présentant ainsi une économie de près de 10%. C'est cette dernière variante qui servit de base aux plans définitifs.

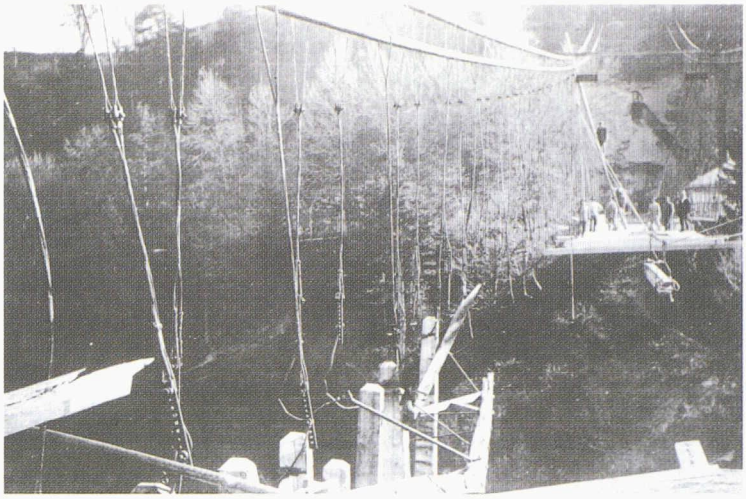
En 1862, le pont de Granfey est construit. Si les portées commencent à dépasser celles des ponts en maçonnerie, les connaissances sur le comportement des matériaux sont en revanche limitées, voire inexistantes. La structure du pont de Granfey est emblématique des premiers ponts poutre en métal dont certains exemples sont arrivés jusqu'à nous. Une des particularités de ce pont concerne ses piles puisque, même à cette époque, leur construction autrement qu'en maçonnerie était exceptionnelle (fig. 7).

Situé sur l'axe ferroviaire Est-Ouest qui traverse la Suisse, le pont de Granfey devait prendre une importance capitale dans le développement économique de la ville, mais sa construction ne fut pas acquise sans peine. C'est à la suite d'un long combat avec la Confédération, que les autorités fribourgeoises réussirent à faire passer cet axe à travers leur canton et par-dessus le fossé de Granfey jusqu'alors jugé infranchissable. Les apparentes difficultés d'une telle réalisation n'en furent pas moins surmontées de manière très sub-

Fig. 6 : L'accident au pont du Gottéron I (Document Pro Fribourg)

Fig. 7 : Pont de Granfey, état à l'origine (Document Pro Fribourg)

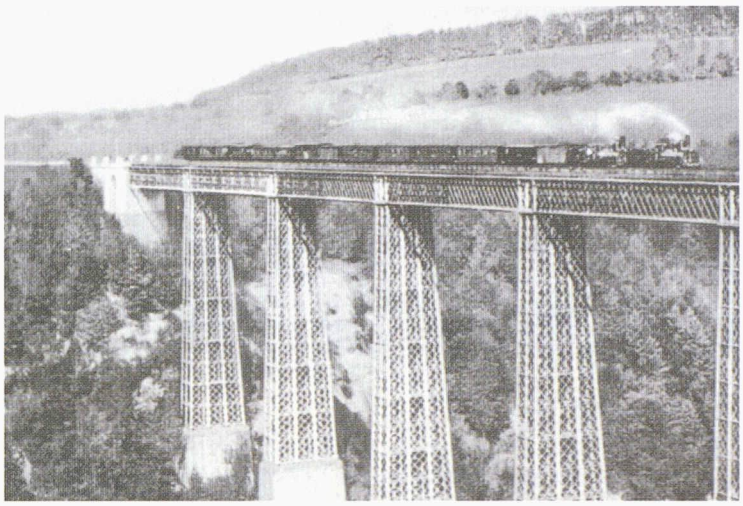
Fig. 8 : Pont de Granfey après transformation (Document Ed. Fiduconsult, *photo Jean-Luc Cramatte)*



6

tile, pour aboutir à un ouvrage surprenant par la profondeur du franchissement et l'image qu'il dégage.

Cependant, l'électrification du réseau des chemins de fer dans les années vingt condamne ce colosse de fer: l'accroissement des vitesses et le poids des nouvelles locomotives, allié à un mauvais entretien et à des problèmes de fatigue, pousse les autorités à demander son remplacement. La marge de manœuvre laissée aux concepteurs du nouvel ouvrage est minime, car les besoins du trafic excluent toute fermeture prolongée. La construction d'un pont entièrement nouveau se trouvant rapidement écartée pour des raisons financières, l'intégration de la structure existante devient donc un atout pour le projet qui en tient compte et un terrible désavantage pour celui qui la néglige. Dans un esprit de respect du travail accompli par leurs aïeux et pour des questions de facilité et de rapidité de mise en œuvre, les constructeurs ont donc gardé le pont existant en l'intégrant à la nouvelle réalisation, l'ancienne structure métallique ayant été littéralement enrobée dans du béton. Le détail des travaux de reconstruction de cet ouvrage est présenté dans l'encadré de la page précédente.



7

Si la transformation du pont de Granfey modifie radicalement son image d'origine par une conception plus classique avec des arcs (fig. 8), le nouvel ouvrage garde néanmoins son aspect de pont ferroviaire grâce à la finesse de son tablier et la série de petits arcs qui reposent sur de plus grands, comme si un pont en soutenait un autre.

Traversant la vallée avec beaucoup de sérénité en évitant de la couper violemment en deux, l'ouvrage se comporte en maître des lieux, sans pour autant manquer de respect pour son environnement.

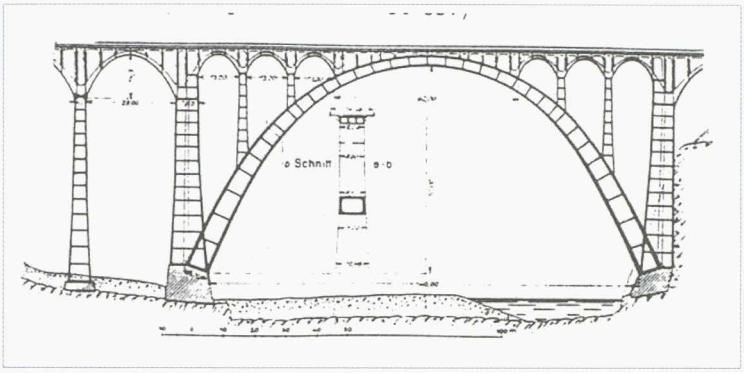
8

Le pont de Pérolles

À la fin du XIX^{e} siècle, l'ingénieur Guillaume Ritter propose un projet visant à introduire massivement l'industrie à Fribourg. Il investit alors le plateau de Pérolles, poussant à la construction du pont du même nom en 1919. Cette réalisation créera un lien au-delà de la Sarine en permettant l'épanouissement économique des régions de la Haute-Singine et de la Sarine campagne.

Le pont de Pérolles est le résultat d'un concours d'idées ouvert en 1908 par la direction cantonale des travaux publics. Ce concours aboutit à l'établissement de 59 projets faisant appel à des techniques variées (métal, pierre ou béton) et le premier prix fut attribué à Jules Jaeger, qui est également l'auteur du pont de Zaehringen (voir p. 13) et du pont Butin à Genève. A noter parmi les projets, le quatrième prix obtenu par Robert Maillart que la revue technique allemande *Beton*

9



10

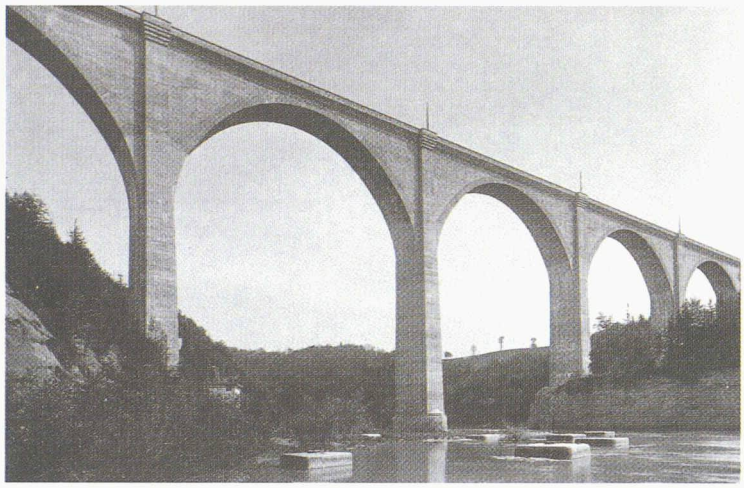


Fig. 9 : Projet de Maillart, classé au 4ème rang du concours pour le pont de Pérolles

Fig. 10 : Pont de Pérolles

Fig. 11 : Cintres de Coray pour le pont de Pérolles

Fig. 12 : Pont de Zaehringen (Documents Pro Fribourg)

Fig. 13 : Pont du Gottéron après reconstruction (Document Ed. Fiduconsult, *photo Jean-Luc Cramatte)*

und Eisen salua comme s'écartant de l'ordinaire et que nous présentons en encadré.

A l'époque, le plateau de Pérolles finissait de manière assez abrupte devant le goulet de la Sarine, créant une sorte de cocon naturel vierge à travers lequel le pont va s'élancer. Cette configuration du terrain - un grand fossé suivi d'une longue pente douce - engendre un pont en deux tronçons, dont le premier franchit le fossé par de grandes enjambées alors que le second s'appuie sur des arcs de portées beaucoup plus faibles. Les grandes portées et la finesse des piliers confèrent un caractère très élégant à l'ouvrage ainsi inséré dans le site. Culminant à près de 70 m au-dessus du lit de la rivière, le tablier du pont manifeste une attitude respectueuse vis-à-vis de son environnement, sa grandeur et sa finesse en faisant un ouvrage impressionnant sans être monumental (fig. 10).

S'il marque le début de l'histoire des ouvrages en béton à Fribourg, le pont de Pérolles n'en demeure pas moins un héritier des conceptions antiques. La géométrie des ponts n'ayant guère évolué depuis les Romains, les arcs multiples en maçon-

LE PROJET DE ROBERT MAILLART

La revue technique allemande *Beton und Eisen* présenta l'année même les résultats du concours de Fribourg. Elle mit l'accent principalement sur un projet qui, à ses yeux, s'écartait de l'ordinaire: celui de l'ingénieur Robert Maillart de Zurich. Le jury ne lui avait donné que le quatrième prix, en objectant son architecture «négligée». La revue reprochait au jury d'avoir retenu l'aspect comme critère plutôt que la prouesse technique. D'ailleurs Maillart devait sa distinction à François Schüle qui, dans la controverse d'alors sur le béton, se tenait aux côtés de ce pionnier encore méconnu.

Il ne faut pas considérer l'ensemble du projet de Maillart comme novateur. C'est la grande travée en béton creux de 140 m de portée qui fit sensation. Aucune portée de cette ampleur n'avait encore été réalisée dans ce matériau. Robert Maillart propose pour son pont la technique du caisson en béton armé, de manière à éviter toute déformation et tension nuisible.

Maillart souligne dans son rapport au jury que des ponts plus massifs d'une ouverture de 90 m et de flèche moindre ont déjà été exécutés. Dès lors, une portée de 140 m est possible à condition de dessiner une flèche plus grande tout en recherchant l'économie de la construction et l'utilisation efficace du matériau, en éliminant tout élément inutile. Les piliers et le grand arc sont donc des éléments creux dont le profil offre la plus grande résistance.

Pour le grand arc, Maillart établit des calculs spéciaux. Leur résultat fut que la voûte ne présentait aucun effort de traction et que la plus forte compression s'élevait à 45 kg au cm^2, ce qui était alors une donnée courante. Comme charge utile, il retenait le poids d'un train multiplié par trois avec la charge supplémentaire d'une foule de personnes. De plus, Maillart ne tenait pas compte des renforcements métalliques dans ses calculs.

Du béton vibré aurait également pu soutenir une telle pression. Afin de pallier le risque d'affaissement de la voûte, Maillart introduisait des plaques de renforcement dans les caissons. De même, il envisageait d'armer les parois supérieures et inférieures de l'arc. Il prévoyait aussi un processus compliqué de bétonnage sur place par étapes, le coût étant estimé très largement par lui à 2,2 millions de francs.

Par des calculs précis et un projet de construction détaillé, Maillart s'efforçait de vaincre les craintes du jury face à cette portée de 140 m. Tout cela en vain. Ce n'est que vingt-cinq ans plus tard, en tant que constructeur de ponts reconnu, qu'il pourra enfin réaliser des ouvrages d'une telle ampleur.

nerie de nos aïeux ont plus qu'influencé les ouvrages de cette génération. Hormis le changement de matériau, le système statique reste en effet le même, tant il est vrai qu'au début de la construction en béton, le comportement à la traction de manière générale et le comportement à la flexion en particulier du béton étaient mal gérés, et les connaissances peu développées. Les concepteurs essayaient donc au maximum de faire participer le béton à la compression en évitant la flexion, comme le veulent les règles de la construction en maçonnerie.

Pour la construction du cintre du pont, il fut fait appel au charpentier grison Richard Coray, auteur des échafaudages de la plupart des grands ouvrages du début du siècle. Il collabora à ces occasions avec des ingénieurs renommés tels que Robert Maillart, Alexandre Sarasin et Hans Studer. Le cintre du pont de Pérolles, réalisé en neuf mois, est l'un de ses chefs-d'œuvre. Ce fut probablement aussi le plus lucratif, car Coray avait conclu le contrat sur la base d'un prix fixe et une baisse des prix et des salaires intervint entre-temps.

L'échafaudage est édifié en plusieurs étages, chacun s'avançant un peu plus sur le vide jusqu'à ce que l'espace libre puisse être franchi par des entraits. Les travailleurs sont alors juchés sur de frêles poutraisons à 70 m au-dessus de la Sarine (fig. 11).

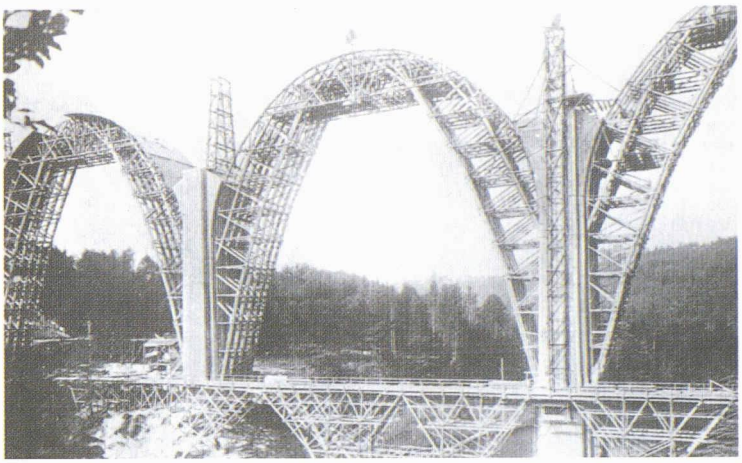
En 1995, l'infrastructure du pont a été assainie, tandis que le tablier était remplacé et élargi pour mieux répondre aux contraintes du trafic routier actuel.

Le pont de Zaehringen

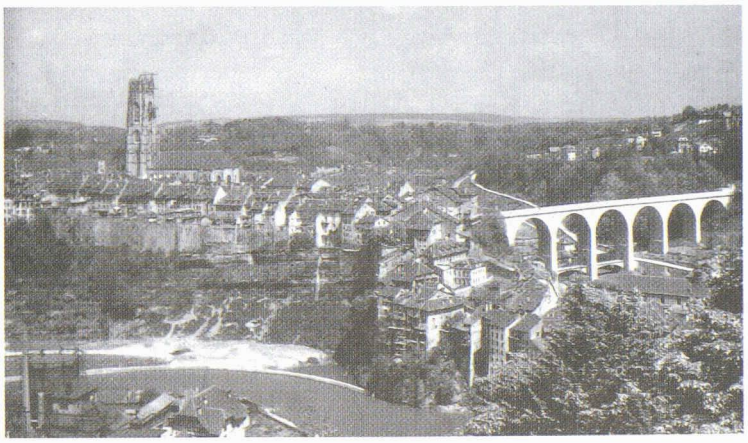
Durant la construction du pont de Pérolles, les commerçants du quartier du Bourg ont commencé à craindre que le centre de la cité ne se déplace vers le haut de la ville, raison pour laquelle ils insistèrent pour remplacer le Grand Pont qui ne répondait plus aux conditions de trafic de l'époque. En 1924, le pont de Zaehringen fut donc construit dans la lancée de celui de Pérolles, par les mêmes concepteurs et avec les mêmes caractéristiques techniques (fig. 12).

Avec le remplacement du Grand Pont par celui de Zaehringen, les Fribourgeois troquaient un prestigieux monument contre un sentiment de sécurité. L'accident survenu au pont du Gottéron en 1919 avait en effet ébranlé la confiance de la population en matière de ponts suspendus.

A l'innovation que représentait l'ancien ouvrage, le nouveau oppose une image plus classique. Avec le développement du quartier du Schoenberg, le Grand Pont n'était en effet plus considéré comme marquant l'entrée de la ville, si bien que le caractère urbain du pont de Zaehringen est



11



12

13

davantage approprié à la nouvelle morphologie de la cité. La comparaison avec l'élégance et la plus grande finesse du pont de Pérolles - construit par le même ingénieur à la même époque - souligne ce parti urbain du pont de Zaehringen avec ses portées moins grandes et la lourdeur de ses piliers.

La reconstruction du pont du Gottéron

Après l'accident de 1919 et malgré sa réparation, la survie du pont suspendu du Gottéron était menacée. À l'instar du Grand Pont, il ne correspondait plus aux exigences du trafic dès le début du siècle, et fut finalement remplacé en 1960 (fig. 13) par un pont arc en béton armé. Étonnamment, le tracé de la route ne fut pas remis en question: alors que le

pont suspendu avait été placé à un endroit qui permettait de venir s'ancrer directement dans la falaise, rien, si ce n'est la position de l'ancien, ne justifiait l'implantation du nouvel ouvrage au même endroit. Au contraire, alors que le trafic augmentait, le tracé d'accès restait tortueux.

Avec le nouveau pont du Gottéron, la ville s'est néanmoins dotée d'un ouvrage à l'aspect plus contemporain avec un grand arc tendu, une structure caractéristique de ce type de ponts d'après-guerre. La vallée du Gottéron offre en outre des conditions idéales pour la mise en place de ce genre de système statique: d'une seule grande enjambée, il franchit une vallée escarpée et s'en présente comme la porte d'entrée. Les rapports entre le tablier et la structure offrent une lecture claire, la seconde se mettant explicitement au service du premier.

Le pont de la Poya

La situation actuelle de la circulation à Fribourg est marquée par l'engorgement du centre historique par le transport motorisé individuel, notamment dans le quartier du Bourg. Cela entraîne d'importantes nuisances dans les quartiers d'habitation et des entraves considérables à la circulation des véhicules et des transports en commun.

Afin de faire face à l'augmentation future de trafic et de soulager le centre, une nouvelle liaison est planifiée pour relier la rive droite de la Sarine, son arrière pays et le quartier du Schoenberg à la ville et à la jonction Fribourg Nord de l'A12. Pour la réaliser, la construction d'un nouveau pont entre le Schoenberg et la butte de la Poya est nécessaire. Avec cet ouvrage haubané, la cité retrouvera un grand pont «à câbles» comme ceux qui en ont fait la fierté durant de nombreuses années.

RÉCAPITULATION

Nom	Portée max	Longueur	Type de Pont	Année de construction
Grand Pont	265	274	Suspendu	1834
Pont du Gottéron	151	151	Suspendu	1840
Pont de Granfey	47	334	Poutre	1862
Pont de Pérolles	56	555	Arcs	1919
Pont de Zaehringen	17	274	Arcs	1924
Pont de Granfey (reconstruction)	47	334	Arcs	1927
Pont du Gottéron (reconstruction)	116	176	Arc	1960
Pont de la Poya	184	633	Haubané	?

La construction des grands ponts de Fribourg a toujours répondu à des exigences liées à son expansion économique. Aucun n'a donc été édifié dans la perspective d'ajouter une marque de prestige à la ville, même si certains d'entre eux marquent encore la mémoire des Fribourgeois pour l'audace de leur réalisation et l'importance de l'image qu'ils ont véhiculée. Leur conception n'a pas davantage inclus de considérations architecturales; pourtant - sans rechercher une justification à tout prix des choix opérés -, l'économie de moyens qui a généralement limité leur extravagance et un judicieux travail d'ingénieur recherchant l'essentiel ont donné lieu à des ouvrages remarquables d'un point de vue architectural aussi. La qualité architecturale des ouvrages est alors devenue sous-jacente au génie constructif, le fonctionnalisme prenant tout son sens dans cette région rurale où fioritures et autres signes extérieurs de richesse n'en ont pas, puisqu'ils sont sans objet.

Ces ouvrages, et même la destruction de certains, constituent ainsi des témoins de leurs époques respectives, que ce soit au niveau de leur audace ou du retour à une sécurité plus classique. Dans cette optique, ils ont jusqu'ici fidèlement reflété le caractère des Fribourgeois, tantôt pauvres et audacieux, tantôt dépensiers et plus sages.

Le présent article est extrait d'un travail Sciences-technique-société (STS), réalisé au cours de l'année 2000-2001 par un étudiant en architecture et un étudiant en génie civil, auprès de l'IBAB de l'EPFL, sous la conduite du professeur Marc Badoux.

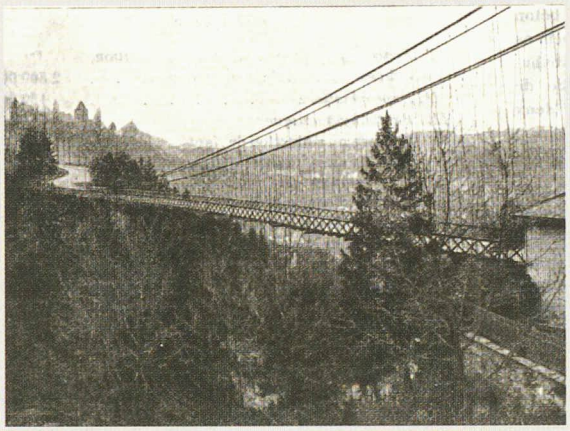
Bibliographie

[1] «Ville de ponts», PRO FRIBOURG, décembre 1986
[2] «XX^{e} siècle: le renouveau des ponts», PRO FRIBOURG, décembre 1987
[3] «Pont de Pérolles», brochure explicative, publicité *Prin-Julmy* Fribourg, 1996
[4] «Fribourg à l'aube du XX^{e} siècle, une documentation photographique», éditions *Buchheim* et éditions *Franières*
[5] «Fribourg et ses ponts, au fil de l'histoire», *Fiduconsult SA* Fribourg, 1999
[6] «Pont de Pérolles à Fribourg», projets de J. Jaeger, novembre 1913
[7] Ch. Chammartin, G. Gaudard, B. Schneider: «Fribourg, une économie en expansion», Centre de recherches européennes, Lausanne 1965
[8] «Construction de ponts», *Detail*, revue d'architecture, décembre 1999
[9] <www.pont-poya.ch>, site officiel du pont de la Poya
[10] <dgcwww.epfl.ch/guide_des_ponts/>, guide des ponts
[11] «Pont suspendu de Fribourg: Notice», Joseph Chaley, Paris 1839
[12] Pierre Delacrétaz: «Fribourg jette ses ponts», Ed. Ketty & Alexandre, 1990
[13] Adolf Bühler, Dipl. Ingenieur: «Der Umbau des Grandfey-Viaduktes», 1928

LE PONT SUSPENDU DU GOTTERON, À FRIBOURG

(Article publié le 14 juin 1919 dans le Bulletin technique de la Suisse romande*)*

1



Nos lecteurs, qui ont eu connaissance de l'accident survenu à ce pont le 9 mai courant, liront sans doute avec intérêt la notice suivante extraite d'une brochure illustrée de nombreux dessins et vues publiée en 1916 par le Département fribourgeois des Ponts et Chaussées sous le titre : Construction et consolidation des ponts suspendus de Fribourg.

Le pont suspendu du Gotteron, construit en 1840, était, avant sa consolidation, en 1895, supporté par un câble de chaque côté, formé de 1000 fils No 18 (3 mm. 08 de diamètre et 7 mm. 44 de section). Avec le poids mort de 600 kg. par mètre courant (124 kg. par m^2), le fil de fer travaillait à raison de 23 kg. par mm^2. En ajoutant à ce poids mort une sur-charge de 480 kg. par mètre courant (100 kg. par m^2), le fil de fer travaillait à raison de 41 kg. par mm^2.

Le but de la consolidation a été d'obtenir que dans les conditions de charge ci-haut (poids mort et surcharge de 100 kg. par m^2), le fil de fer ne travaille pas au delà de 18 kg. par mm^2 et les fer des chaînes, 10 kg.

À cet effet, deux nouveaux câbles ont été placés, un de chaque côté, ayant 1500 fils N° 18.

Une question intéressante était de savoir si le pont avait subi, depuis sa construction, des détériorations qui en diminuaient la force de résistance. Cette question était difficile à résoudre d'une manière certaine, car elle dépendait, en tout premier lieu, de l'état des anciens câbles. Il est évident que les fils des câbles n'ont pas perdu de leur résistance si, par l'usage, leur section n'a pas été réduite par l'oxydation. Or, lors du renforcement du Grand pont, en 1881, deux fils de l'ancien câble furent soumis à des essais et donnèrent une résistance de 82 kg., ce qui prouve qu'après 10 ans d'usage, les fils n'ont guère perdu de leur résistance.

Les nouveaux câbles ont été placés au-dessus des anciens. De l'entrée des mines, les câbles ont été continués au moyen de chaînes. À l'exception de l'ancrage et de l'assemblage avec le câble, les chaînons sont assemblés au moyen de boulons de jonction de 80 mm. de diamètre. L'ancrage a été fait au moyen de 5 clavettes logées entre les maillons, assemblées à ces derniers au moyen d'un boulon de jonction et s'appuyant contre les fers I. Ces derniers au nombre de 4 pour chaque chaîne, s'appuient contre la molasse par l'intermédiaire de plaques en fonte (fig. 2).

L'attache des câbles aux chaînes s'est faite d'une manière analogue à ce qui a été exécuté au Grand pont suspendu, c'est-à-dire que sur le premier élément de la chaîne, les maillons s'écartent de manière à former une fourchette dans laquelle s'engage une pièce de fonte munie d'une triple gorge qui reçoit le câble divisé en 3 brins. La pièce de fonte s'appuie contre des clavettes fixées aux deux extrémités de la chaîne (bifurquée) au moyen de deux boulons. Au point d'inflexion, chaînes et câbles passent sur des sabots en fonte, reposant sur des sommiers en marbre de Saint-Triphon.

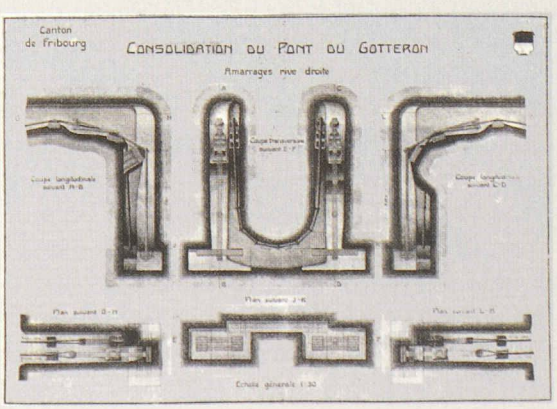
Pour le passage des nouveaux câbles et des chaînes, les galeries ont été élargies et de nouveaux puits pratiqués.

Le programme des études prescrivait, pour le fil de fer des câbles, ainsi que pour le fer des chaînes, clavettes, etc., du fer au charbon de bois, ainsi que cela a été imposé, en 1881, pour les travaux de consolidation du Grand pont suspendu. Or, tandis qu'à cette époque, ce fer au *charbon de bois* était encore préparé en Suisse (c'est l'usine de Roll à Gerlafingen qui l'a fourni en 1881), cela n'était plus le cas lors de la consolidation du pont du Gotteron en 1895. Il n'y avait plus, en Suisse, aucune forge pouvant livrer ce matériel et, de l'étranger, on n'aurait pu l'obtenir que très difficilement et à un prix très élevé.

En lieu et place du fer au charbon de bois, on admit un matériel qui, dans le cas particulier, remplaçait avantageusement ce fer; ce fut l'acier doux Siemens-Martin qui se fabriquait dans des conditions de résistance et de dureté très variables suivant les besoins. La maison de tréfilerie de M. Blosch-Schwab à Boujean, qui a tréfilé le fil de fer des câbles pour la consolidation du Grand pont suspendu, en 1881, a fait faire des essais de tréfilage avec cet acier Siemens-Martin et a réussi à produire ce fil d'acier dans les mêmes conditions de résistance de 75 à 80 kilogrammes par mm^2 que celles demandées pour le fil de fer au bois.

Pour les chaînes, ce sont des maisons allemandes qui ont fourni l'acier Siemens-Martin, ayant 40 à 45 kg. de résistance à la rupture et pouvant ainsi travailler en toute sécurité à 10 kilogrammes par mm^2.

2



Essais du pont du Gotteron.

Le 18 novembre 1897, après l'achèvement des travaux de consolidation, le pont du Gotteron fut soumis à un sérieux essai. L'opération n'a porté que sur les nouveaux câbles qui ont été soumis à une charge d'environ 157 tonnes au lieu des 130 tonnes prescrites dans le cahier des charges.

La charge d'essai a été obtenue :

1° : En faisant supporter aux nouveaux câbles tout le poids du tablier d'environ 90 tonnes

2° : Par le poids propre des nouveaux câbles, soit 27 tonnes

3° : Au moyen d'une surcharge de 10 chars à 2 chevaux chargés de gravier à 4 tonnes (char, chevaux et gravier), soit 40 tonnes

Total 157 tonnes.

Les câbles (nouveaux et anciens), doivent, en faisant travailler le fil de fer à 18 kg. par millimètre carré, supporter une surcharge (charge accidentelle) de 100 kg. par mètre carré de tablier, soit, en totalité, 90 tonnes.

À l'occasion de l'essai, cette surcharge a été portée à 130 kilos par mètre carré de tablier.

Les nivellements faits avant, pendant, et après l'essai ont donné les résultats suivants:

Sous la charge, le tablier s'est abaissé au maximum de 43 centimètres et s'est relevé après son enlèvement de 36 centimètres. Il a donc subi un abaissement persistant et anormal de 7 centimètres qu'il faut attribuer à l'allongement des tiges de suspension et aux tassements qui ont dû se produire dans les garde-corps en bois.

Quant aux câbles, ils ont subi une dépression (flèche) de 30 centimètres, mais après le déchargement du pont, ils ont repris leur position primitive. Donc, ici, point de dépression permanente, ce qui prouve que l'amarrage et les câbles ont supporté victorieusement l'essai.

Nous ajouterons, en terminant, que, pour amener la rupture des nouveaux câbles seuls, il faudrait une surcharge de 423 tonnes soit 100 voitures comme celles qui ont servi à l'essai, ou environ 35 wagons ordinaires chargés de marchandises.

Un arrêté du Conseil d'Etat, daté du 3 juin 1899, réglemente la circulation sur les ponts suspendus.

Cet arrêté a été publié dans la Feuille officielle et se trouve affiché à l'entrée des ponts.

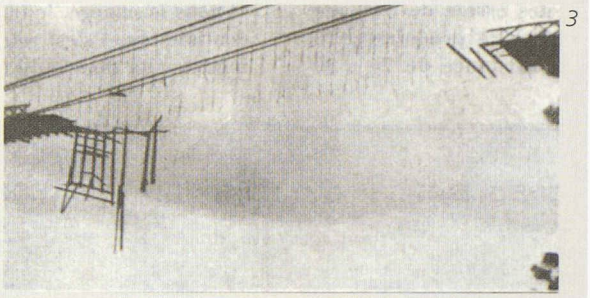
À teneur de cette ordonnance, le poids total d'un chargement, y compris la voiture, ne peut excéder :

5000 kg. par voiture à 4 roues

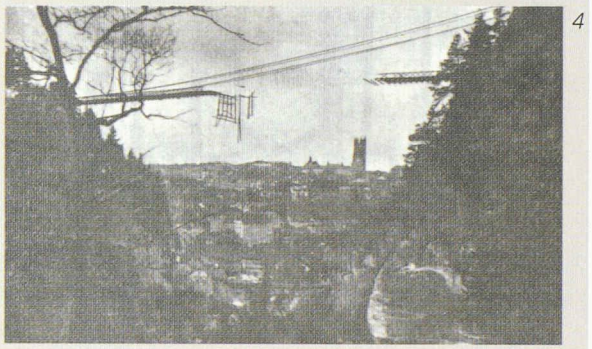
2000 kg. par voiture à 2 roues.

Des études sont en cours, en vue de transformer le tablier en bois, afin qu'il réponde mieux aux exigences toujours croissantes de la circulation, qui devrait pouvoir se faire sans les restrictions fixées par le règlement actuel.

Il est cependant à souhaiter que la solution que l'on adoptera, permette de conserver au pont suspendu sa silhouette légère et gracieuse qui fait l'admiration de tous les étrangers, sans compromettre, pour autant, le but recherché.



3



4

D'autre part, M. Lehmann, ingénieur cantonal, a bien voulu nous fournir les informations suivantes, dont nous le remercions :

« Je puis vous dire que le poids du camion, cause de l'accident, était d'environ 10 tonnes, dont 7 tonnes et demie sur l'essieu d'arrière, alors que le règlement prévoit 5 tonnes comme charge complète. Des publications nombreuses ont été faites à ce sujet et des amendes ont été infligées aux contrevenants. Ce camion contenait 27 billons, mal chargés, d'après les témoignages obtenus : c'est ce qui laisse supposer que le véhicule a pu atteindre le garde-corps, voire même les tiges pendantes, car, selon les traces relevées, ce camion circulait près du garde-corps. Il est inexact de dire que le pont se trouvait en réparation; ce sont des travaux d'entretien ordinaires qui étaient en cours, car vous n'ignorez sans doute pas que le tablier de nos ponts suspendus est entièrement renouvelé, chaque année ; à cette occasion, une inspection minutieuse des autres pièces (poutrelles et longrines) est faite et l'on remplace celles qui sont ou paraissent défectueuses. Lors de l'accident, aucune partie du tablier n'était ouverte (fig. 3 et 4).

J'ai procédé aussitôt après l'accident à une inspection détaillée des amarres ; j'ai eu la satisfaction de constater que le tout était bien normal et dans un état parfait d'entretien. Le mouvement très grand qui a dû se produire dans les câbles après la chute, d'environ 45 mètres du tablier, n'a produit aucun effet anormal dans les amarres.

Tels sont les renseignements que je puis vous donner en ce moment. »

Fig. 1: Pont du Gottéron à Fribourg

Fig. 2: Consolidation des ancrages du pont

Fig. 3 & 4: Le pont du Gottéron après l'accident (Documents BTSR)