

Pont sur la Reuss de Mellingen : 1876-1877

Le premier ouvrage important attribué à Röthlisberger est le pont métallique sur la Reuss de Mellingen (coord. : 47.42691N, 8.26185E), dans le canton d'Argovie, long de 193 m, réalisé en collaboration avec Probst. Les plans, datés de janvier 1876, portent la signature de Röthlisberger (fig. 3.13). Il est alors âgé de 24 ans.

La voie domine d'environ 45 m le niveau de la Reuss (fig. 3.14). Le pont comprend quatre travées dont les longueurs sont de 30 m pour la première poutre et de 50 m, 60 m et 50 m pour la seconde poutre (fig. 3.16).

Ce pont ferroviaire est construit pour la compagnie de chemin de fer Schweizerische National Bahn (SNB). Il se situe sur le tronçon de la ligne Lenzburg – station de Mellingen – Baden. Le SNB a pour objectif de créer un réseau ferroviaire centré sur la gare de Winterthur, qui vise à concurrencer celui du Schweizerische Nordostbahn (NOB), rayonnant depuis la gare centrale de Zurich. Le SNB fait faillite en 1878 et est racheté par le NOB. En 1902, ce dernier sera repris par les Chemins de fer fédéraux (CFF) lors du rachat des réseaux des lignes principales par la Confédération suisse.



Figure 3.13 : Plan « bleu » du pont sur la Reuss de Mellingen, long de 193 m, établi à Berne en janvier 1876 par Röthlisberger. Les références du plan sont un extrait agrandi du plan (ETHZ Bibliothek).

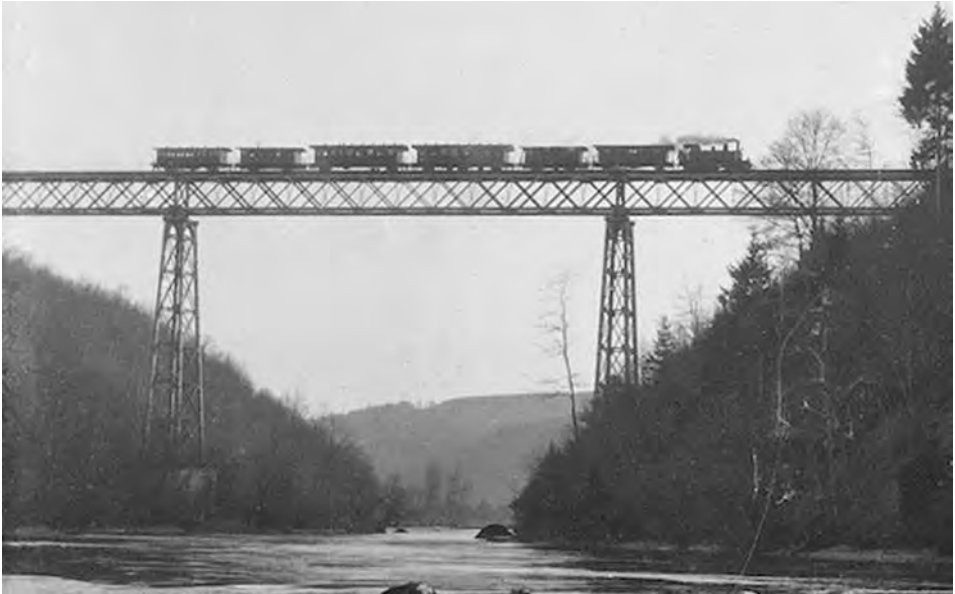


Figure 3.14 : Le pont sur la Reuss de Melligen en 1890, vue vers l'aval en direction du nord (Fotoarchiv Gemeinde Melligen).



Figure 3.15 : Le pont sur la Reuss de Melligen en 2019, vue vers l'amont en direction du sud. La colline de Gruemet est située sur le côté gauche de l'image, avant la gare de Melligen-Heitersberg et le portail du tunnel du Heitersberg, en direction de Zurich.

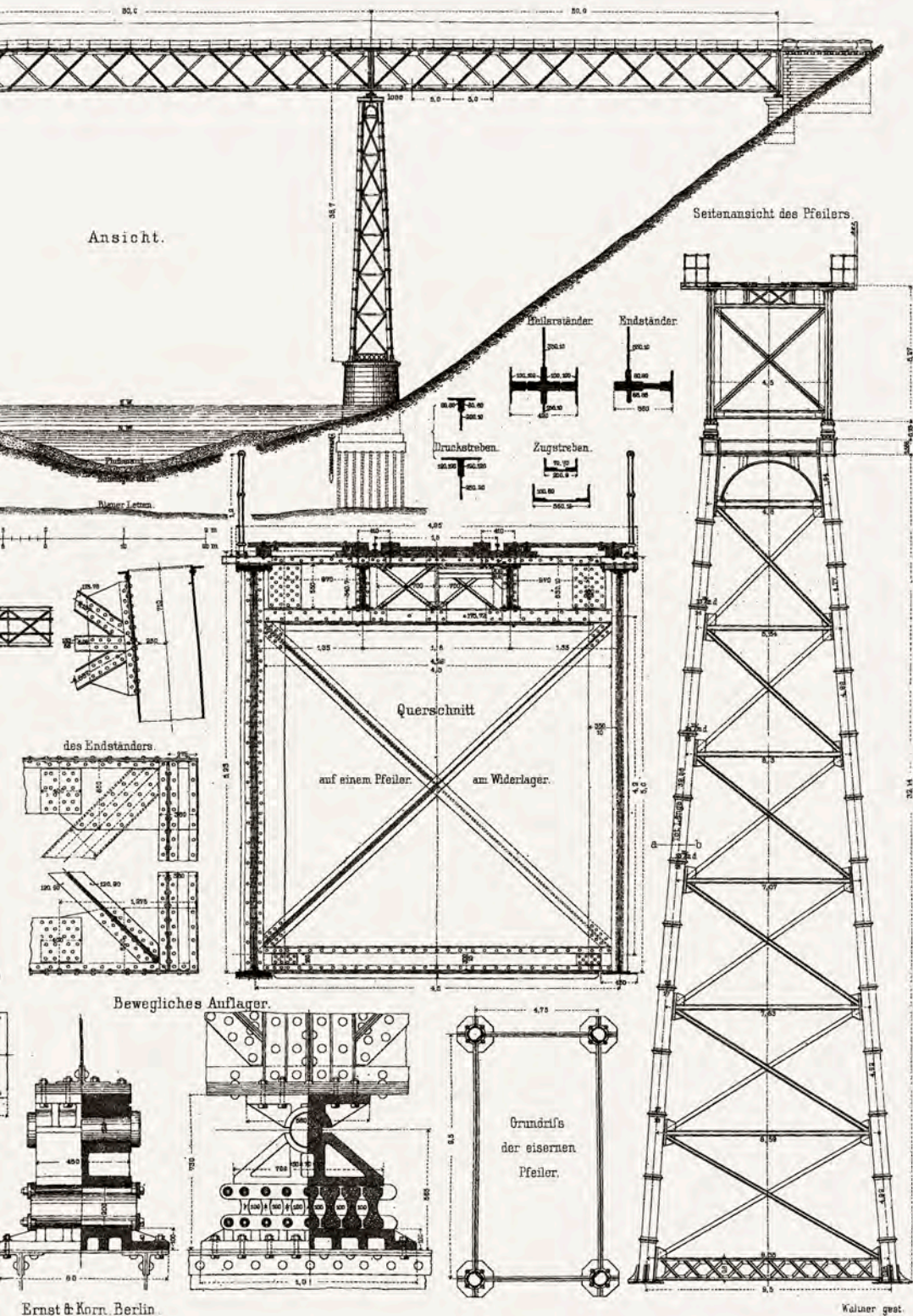


Figure 3.16 : Plans du pont sur la Reuss de Mellingen (O. Riese, *Die Ingenieur Bauwerke der Schweiz*, 1887)

En 1932, la structure métallique des piles est enrobée de béton et les travées renforcées avec des plaques métalliques¹⁶. La ligne est électrifiée en 1946. En 1975, dans le cadre du projet de la nouvelle transversale ferroviaire Berne – Zurich, le tronçon Lenzburg – pont de Mellingen est intégré au nouveau tracé avec un tunnel sous le Heitersberg, qui évite le détour par Brugg et Baden. Le pont de Mellingen se trouve à proximité du portail occidental du tunnel du Heitersberg. Pour assurer ce trafic d'importance nationale, les poutres maîtresses en treillis métallique sont remplacées en 1973 par une nouvelle superstructure avec des poutres maîtresses en acier et une dalle en béton armé (fig. 3.15).

Le pont de Mellingen se trouve aujourd'hui dans le site 1305 « Reusslandschaft » de l'Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels (IFP).

Construction de trois ponts en arc encastrés, calculés selon la méthode graphique de Culmann

Entre 1879 et 1883, Röthlisberger réalise trois ponts en fer puddlé à grande arche, dans les cantons de Fribourg et de Berne. Le professeur Culmann de l'EPFZ participe à la conception des projets. Il est non seulement un théoricien du génie civil, mais porte aussi un grand intérêt à la pratique de la construction. Il a de fréquents échanges avec les responsables des constructeurs, tel Probst, ou les ingénieurs cantonaux, notamment M. Amédée Gremaud de Fribourg ou Oskar Ganguillet du canton de Berne.

Il existe trois types de ponts en arc élastiques¹⁷ (fig. 3.17) :

- Ponts en arc avec des extrémités encastrées (ponts Javroz, Schwarzwasser et Kirchenfeld) : Culmann préconise des ponts en arc hyperstatiques offrant une plus grande rigidité mais ne permettant pas de mouvements aux appuis de l'arc.
- Ponts en arc à deux articulations ou « rotules » : Eiffel, Seyrig et Koechlin préfèrent les ponts en arc hyperstatiques à deux articulations avec des charnières au niveau des appuis de l'arc, permettant de petites rotations.
- Ponts en arc à trois articulations : ils ont une structure isostatique, avec des charnières au niveau des appuis de l'arc et à sa couronne. Culmann écrit : « Les anciens praticiens ont parfois l'idée (!) d'ajouter une charnière au sommet également »¹⁸.

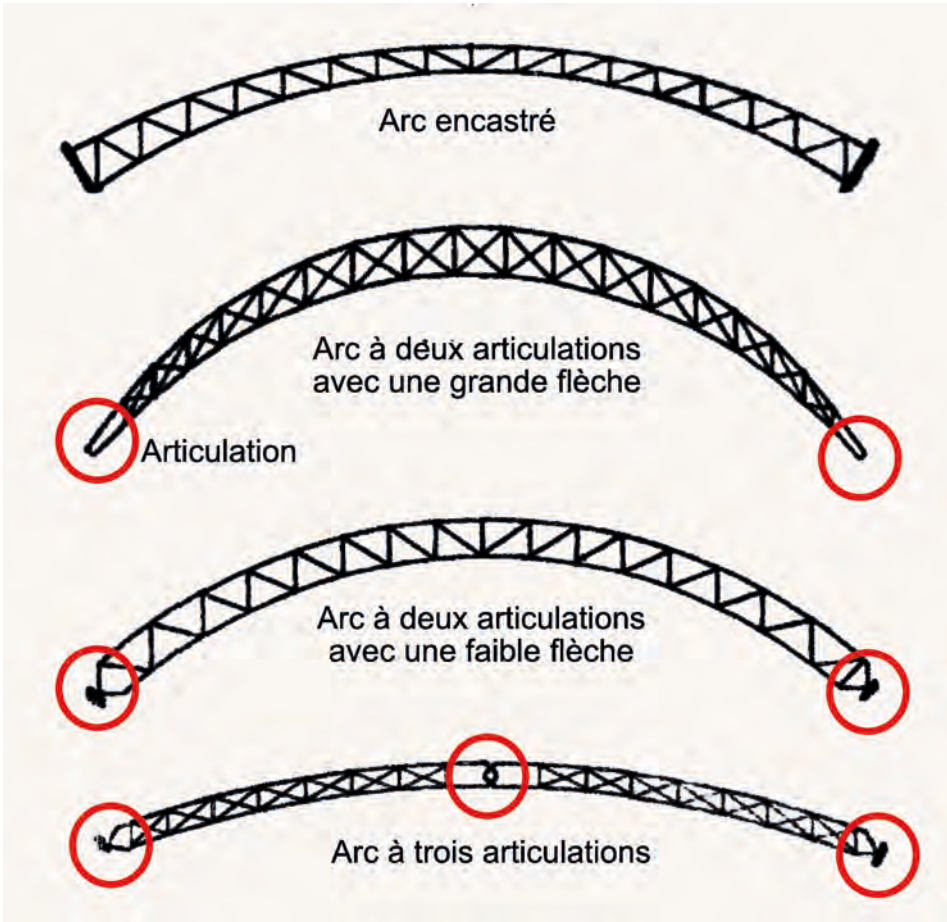
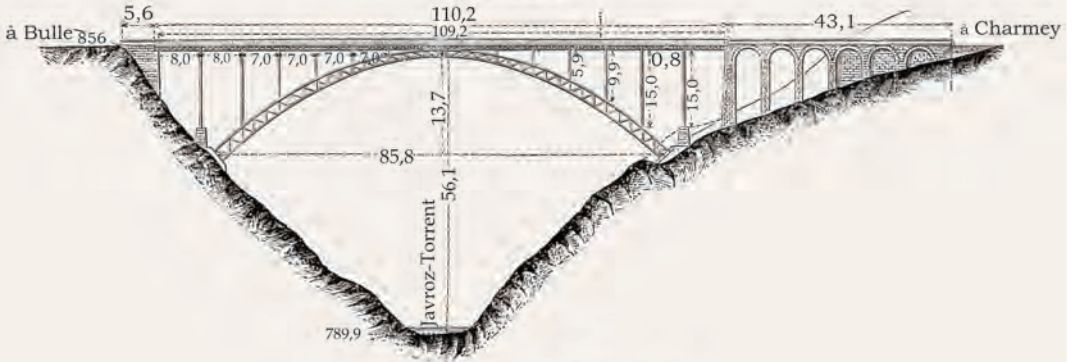
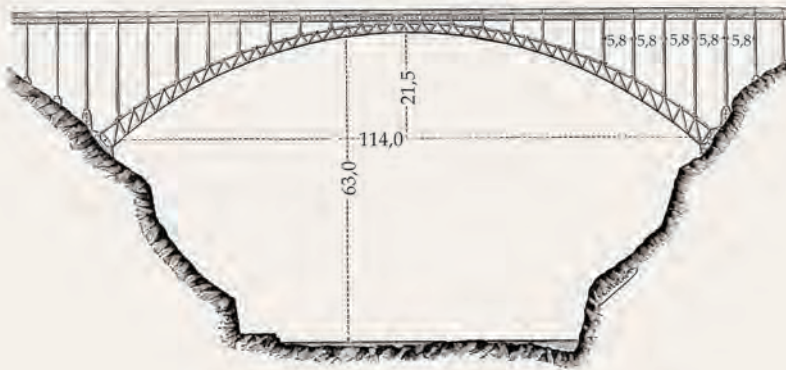


Figure 3.17 : Types d'arcs à treilles métalliques (base du schéma : Koechlin, *Applications de la statique graphique*, 1889).

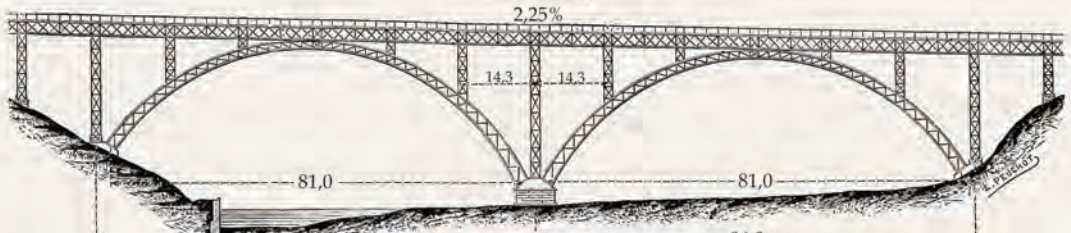
Viaduc du JAVROZ
(Élévation)



Viaduc sur la SCHWARZWASSER
(Élévation)



Viaduc de KIRCHENFELD
(Élévation)



Culmann participe régulièrement aux rencontres de la Société suisse des ingénieurs et architectes à Zurich et aux visites de chantier. Röthlisberger applique les recommandations de Culmann en réalisant des ponts en arc encastrés (fig. 3.18).

Pont en arc du Javroz : 1879-1881

Le pont routier métallique en arc du Javroz (orthographe de l'époque), entre Bulle et Charmey, canton de Fribourg (coord. : 46.62153N, 7.14987E), est construit entre 1879 et 1881. L'arc parabolique a une ouverture de 85,8 m. Il est encastré. Il est projeté par Röthlisberger avec Probst. Sa longueur est de 110,2 m. La hauteur du pont entre le niveau de la chaussée et celui du cours d'eau est de 56,1 m. Sa largeur est de 4,8 m. Le poids total de la partie métallique s'élève à 205 tonnes, ce qui correspond à 1'900 kg par mètre linéaire.

Cette construction représente une innovation technologique en Suisse, avec sa structure métallique en arc encastré. Sur la base d'une analyse de variantes réalisée par Gremaud, ingénieur cantonal de Fribourg, le concours pour le pont du Javroz se limite à une arche métallique¹⁹. Le projet de Röthlisberger est choisi en août 1878 par une commission d'experts (Archives de l'Etat de Fribourg). Culmann en est l'un des trois membres. La commission en souligne les qualités :

« Le dessin élégant [est] dérivé du pont du Douro récemment construit par Eiffel au Portugal. Il est formé d'une arche élastique sans aucune altération du système. »

Le pont en arc Maria Pia sur le Douro, à Porto, est inauguré en novembre 1877. Les calculs de résistance du pont du Javroz sont effectués graphiquement en utilisant les méthodes de Culmann²⁰. Ce dernier avait publié la deuxième édition de *Die graphische Statik* en 1875.

Figure 3.18 (à gauche) : Ponts routiers du Javroz, du Schwarzwasser et du Kirchenfeld, à la même échelle (Croizette-Desnoyers, *Cours de construction de ponts*, 1885).

Le journal *Die Eisenbahn* donne un compte rendu vivant de la visite du chantier du pont par des membres de la Société suisse des ingénieurs et architectes le samedi 28 août 1880²¹ :

« Vendredi soir déjà, une partie des invités, parmi lesquels on remarquait l'éminent professeur de notre Polytechnicum, M. Culmann, se rendait à Bulle par le dernier train. Une réception aussi cordiale qu'imprévue les attendait à leur arrivée à Bulle, la musique et les flambeaux se trouvaient à la gare et, après un cortège en ville, au milieu d'une nombreuse et cordiale population, une collation fut offerte gracieusement par la ville de Bulle au Cheval Blanc et la soirée, passée avec les braves et sympathiques Bullois, fut des plus gaies. Le matin de bonne heure [5 heures] on se rendit au pont du Javroz.

» M. Gremaud offrit à tous les membres présents et au nom de leurs collègues de Fribourg une notice rédigée par lui sur ce magnifique et intéressant pont²² et une superbe lithographie, due au crayon de notre compatriote, M. Reichlen [fig. 3.19].

» M. Gremaud et M. Probst, ingénieur de la maison G. Ott & Cie, donnèrent sur place les renseignements les plus complets sur ce magnifique ouvrage d'art, qui est maintenant presque complètement monté sur échafaudage. On admira aussi généralement la hardiesse, la légèreté et la construction rationnelle de l'échafaudage qui, du fond de la vallée, s'élève jusqu'à l'arc élégant de 85 m de portée qui la franchit.

» Un peu au dessous on voit un beau pont en bois couvert de 60 m de portée construit en 1864 que celui-ci remplacera et qui va être abandonné. Sa construction a été presque aussi remarquable à cette époque que celle du pont actuel ; nouvelle preuve des immenses progrès réalisés dans l'art de la construction.

» A Charmey, au Sapin, un banquet fort bien servi et très gai réunit tous les invités dont la course avait aiguisé les appétits. M. le conseiller d'État Bise, directeur des travaux publics, prit d'abord la parole. M. Gremaud qui a fait le projet définitif et dirigé les travaux et qui, spécialement pour le passage du Javroz, avait étudié 8 projets pour arriver à la solution la plus économique la plus rationnelle actuellement adoptée. [Il salue] MM. les entrepreneurs [de la] maison Ott & Cie et leurs ingénieurs, MM. Probst et Röthlisberger.

» M. Probst, [déclare que] l'honneur revient surtout à l'infatigable travailleur et à l'éminent professeur Culmann, ici présent ; c'est grâce à ses magnifiques travaux sur la théorie des ponts, dont il a donné la solu-

tion aussi élégante que riche et complète dans sa statique graphique, que la construction d'un pont aussi hardi, et auquel il y a 20 ans l'ingénieur le plus téméraire n'aurait osé songer, est devenue possible. Il rend hommage au patriotisme de cet homme éminent.

» M. le professeur Culmann a d'aimables paroles pour nous dire [que] s'il a contribué au progrès de la construction des ponts, on en doit beaucoup aussi à la manière distinguée dont ses élèves ont développé et appliqué ses théories.

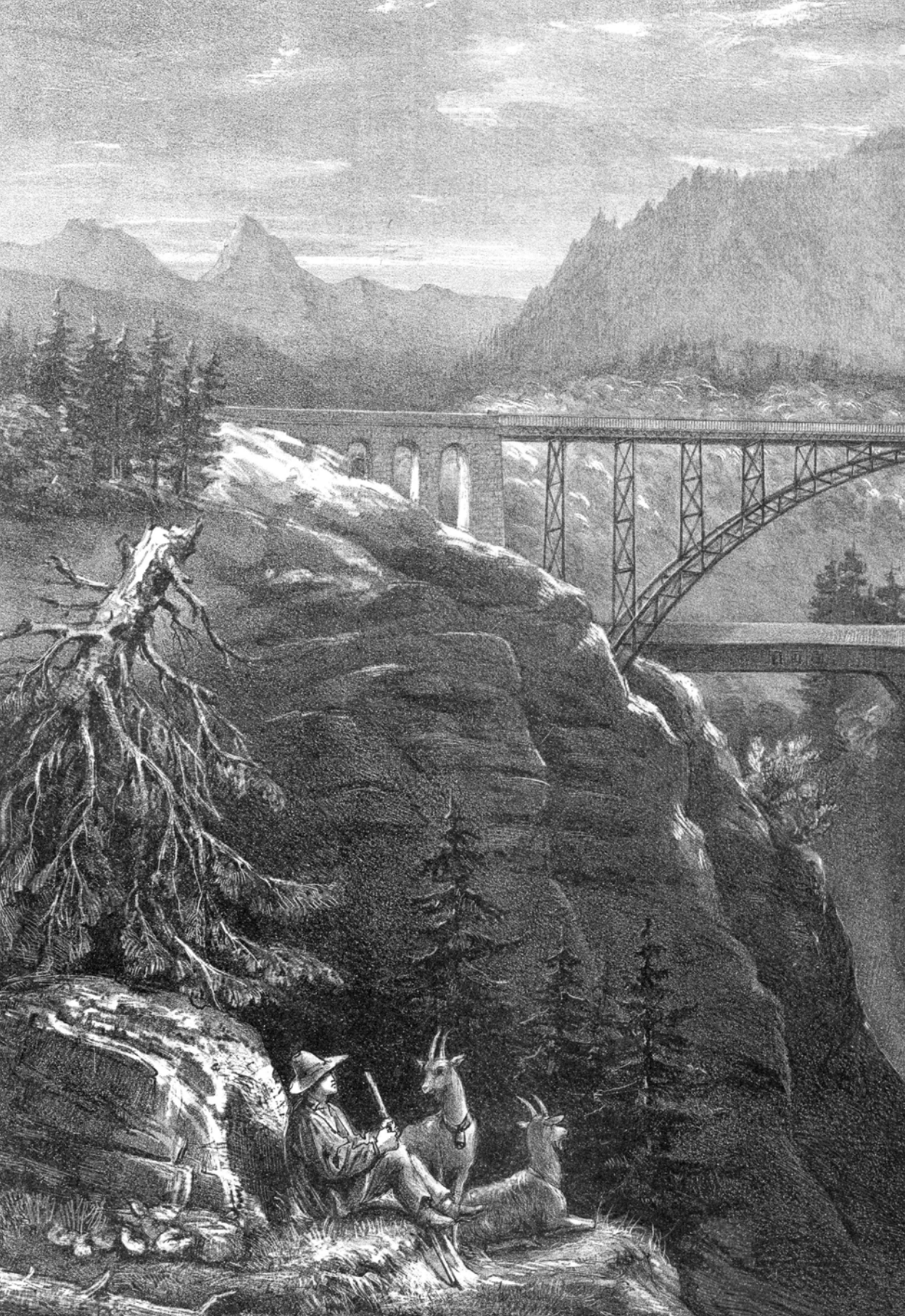
» A deux heures on part pour Bellegarde pour visiter cette magnifique route de Boltigen. De là une partie de la colonne rentre à Bulle, mais le gros de l'armée gagne le Lac Noir par le col de Nüschenen. La réception au Lac Noir est des meilleures et ne dément pas l'excellente réputation de cette station balnéaire. Le lendemain matin on rentre à Fribourg. »

La réception (Kollaudation en allemand) du pont a lieu, le 24 août 1881, après l'achèvement des voies d'accès (fig. 3.20 et 3.21). Sont présents : deux conseillers fédéraux, MM. Bernhard Hammer et Louis Ruchonnet, six conseillers d'Etat fribourgeois et un conseiller d'Etat bernois. Le journal *Die Eisenbahn* commente l'événement²³ (trad.) :

« Le chargement d'essai a eu lieu à 10 heures du matin. La charge d'essai principale consistait en une couche de ballast pesant 275 kg par m², ce qui correspondait à une charge totale de 140 t pour l'ensemble du pont. Cette charge uniforme a été successivement avancée sur chaque quart du pont. Les déformations qui ont pu être observées sous cette charge maximale étaient entièrement dans les limites prescrites.

» L'ensemble de l'ouvrage fait honneur à l'ingénieur cantonal Gremaud, ainsi qu'aux constructeurs MM. Ott & Co. à Berne. Cela a également été dûment souligné lors du banquet qui a suivi la réception dans plusieurs toasts.

Figure 3.19 (page suivante) : La lithographie romantique du futur pont du Javroz par Joseph Reichlen, offerte en août 1880 par les ingénieurs du canton de Fribourg lors de l'excursion au chantier (Archives de l'Etat de Fribourg, AEF SPC Ia 6970). L'ancien pont en bois figure à l'arrière plan. Il a déjà une structure en arc. Elle est cachée par les revêtements latéraux. Il a une portée de 60 m, un des records pour un ouvrage en bois. Trop instable, il est remplacé par le pont métallique de Röthlisberger.





J. Reichlen

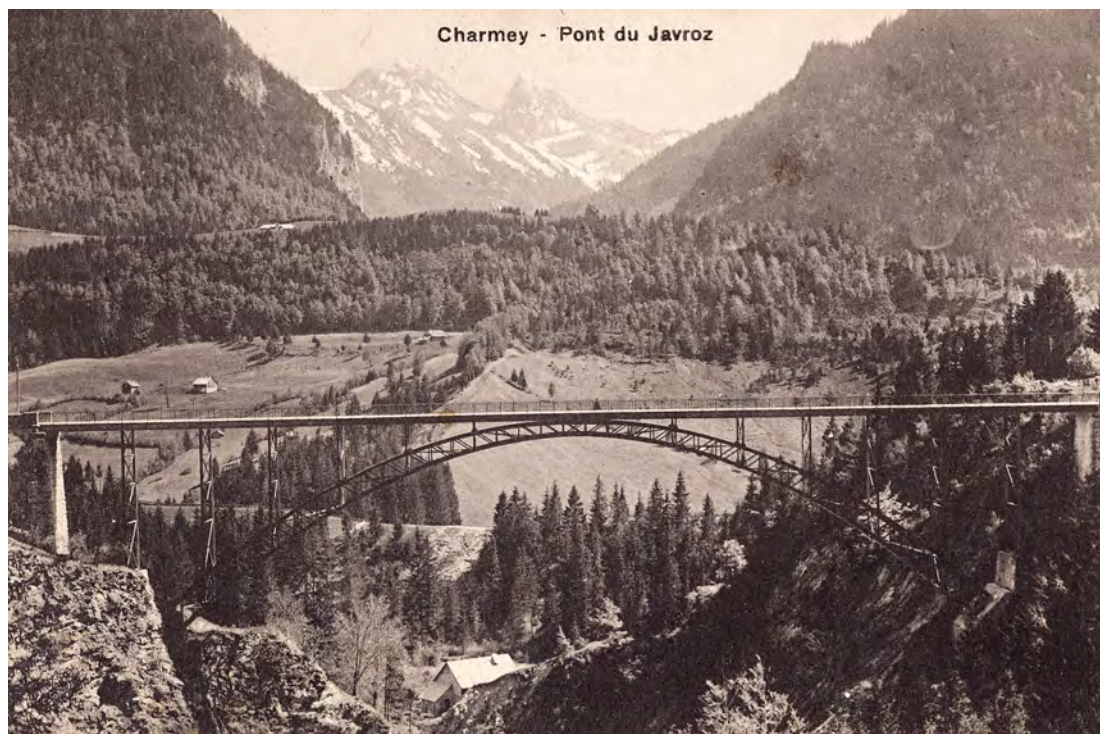


Figure 3.20 : Pont routier du Javroz : carte postale vers 1900 (Bibliothèque cantonale et universitaire de Fribourg).

» Combien cette belle construction de pont est également appréciée par les ingénieurs étrangers, c'est ce que prouve le jugement favorable que M. Résal²⁴, ingénieur en chef des mines et professeur à l'École polytechnique de Paris, a donné récemment à l'occasion d'une visite au pont du Javroz. Il s'est dit littéralement surpris par l'audace et l'élégance du pont. »

Selon le *Cours de construction des ponts* publié en 1885, «l'ouvrage est hardi et d'un bon effet». Trop étroit, ce pont est démolé en 1950 et remplacé par un pont en béton armé formé, comme son prédécesseur, d'un double arc entretoisé.



Figure 3.21 : Pont routier du Javroz ouvert à la circulation en 1881. La photographie est prise vers 1900 (Archives de l'Etat de Fribourg).

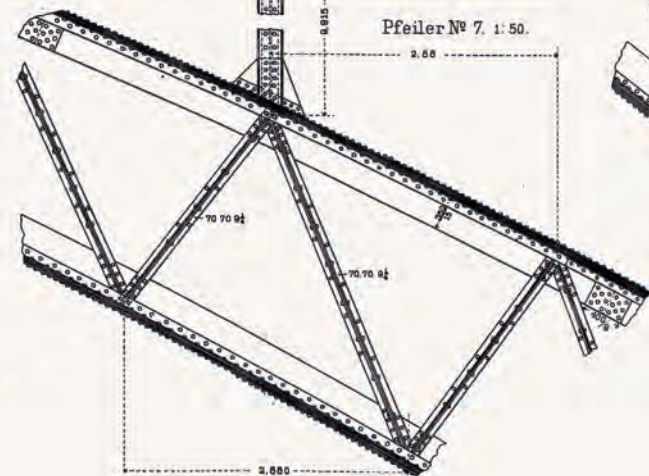
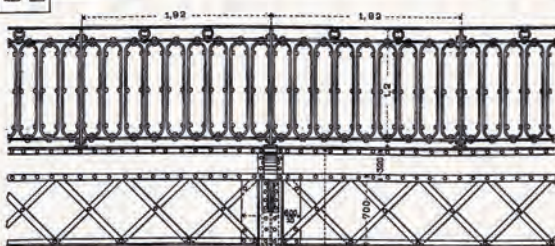
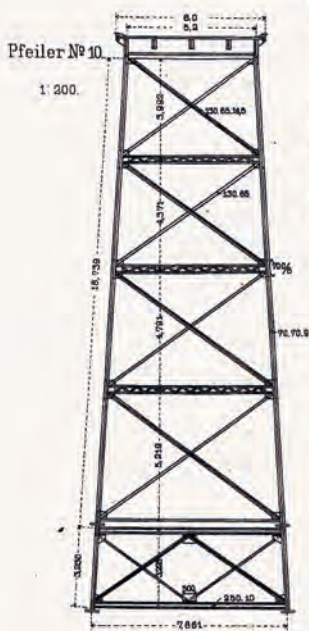
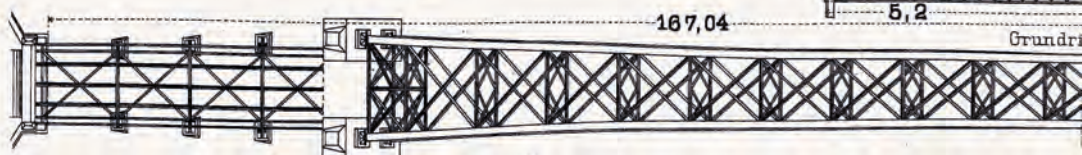
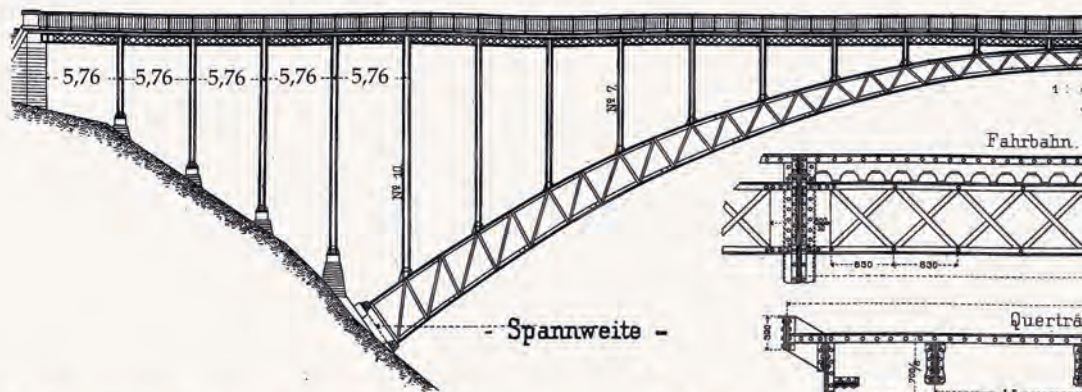
Pont en arc sur la Schwarzwasser entre Berne et Schwarzenburg : 1881-1882

Le pont routier sur la Schwarzwasser (coord. : 46.86391N, 7.36117E), long de 167 m, est construit par Röthlisberger avec Probst, en collaboration avec Paul Simons (1854-1903). Ce dernier s'associe avec l'entreprise Ott & Cie pour les travaux de fondations et d'échafaudages du pont.

L'arc parabolique a une ouverture de 114,0 m. Il est encastré. Au début de l'année 1881, Culmann est membre de la commission d'experts en charge de la construction du pont sur la Schwarzwasser. Après étude, il demande la construction d'un arc encastré, plus rigide et plus large au niveau des culées²⁵ (fig. 3.22). Röthlisberger a d'abord proposé un arc avec des articulations sur chaque appui. La largeur du pont est de 6,0 m, dont 4,4 m pour la chaussée et 0,8 m pour chaque trottoir (fig. 3.23). La hauteur du pont entre le niveau de la chaussée et celui du cours d'eau est de 63,0 m. L'échafaudage est construit avec des troncs (fig. 3.24 et 3.25). Le pont, construit en 20 mois, est ouvert à la circulation le 19 novembre 1882 (fig. 3.26). Le poids total de la partie métallique s'élève à 450 tonnes.

Figure 3.22 (à droite) : Calcul statique de l'arc encastré du pont sur la Schwarzwasser selon la méthode graphique de Culmann, fait au début de 1881. (Röthlisberger & Simons, *Il Politecnico*, avril 1884, Biblioteca Nazionale Braidense). Cette épure présente un intérêt exceptionnel. Elle montre une application concrète de la méthode de Culmann. La 2^e édition de la *Statique graphique* est publiée en 1875. Ce dernier a certainement contrôlé le dessin. La « courbe des intersections » des réactions figure en rouge ; la « courbe enveloppe » des réactions, à tracer pour un arc encastré, figure en bleu. Les triangles au-dessus de la « courbe des intersections » représentent les réactions aux appuis pour une charge unitaire placée au haut du montant reliant l'arc et la poutre.

Schwarzwasser-Viaduct.



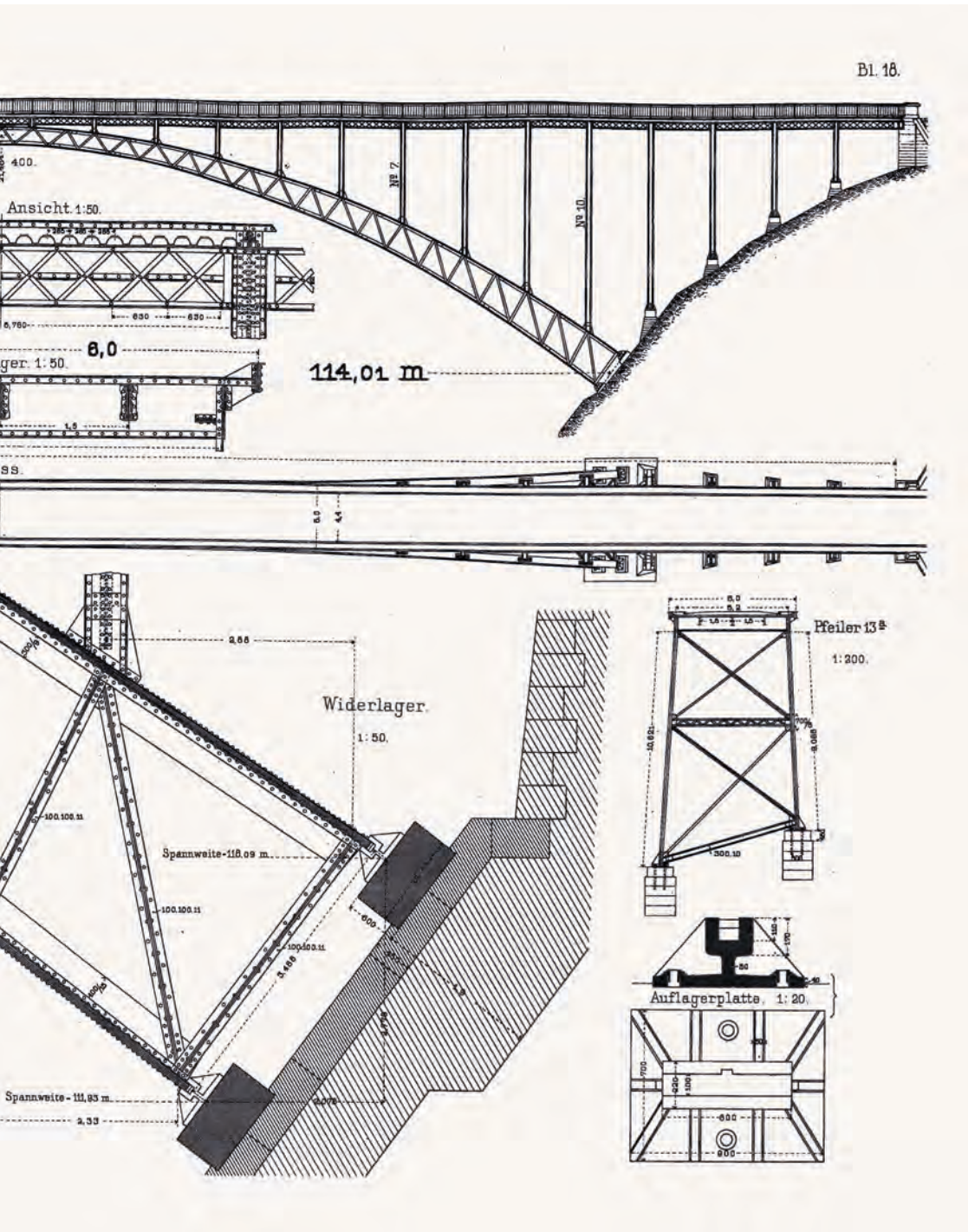
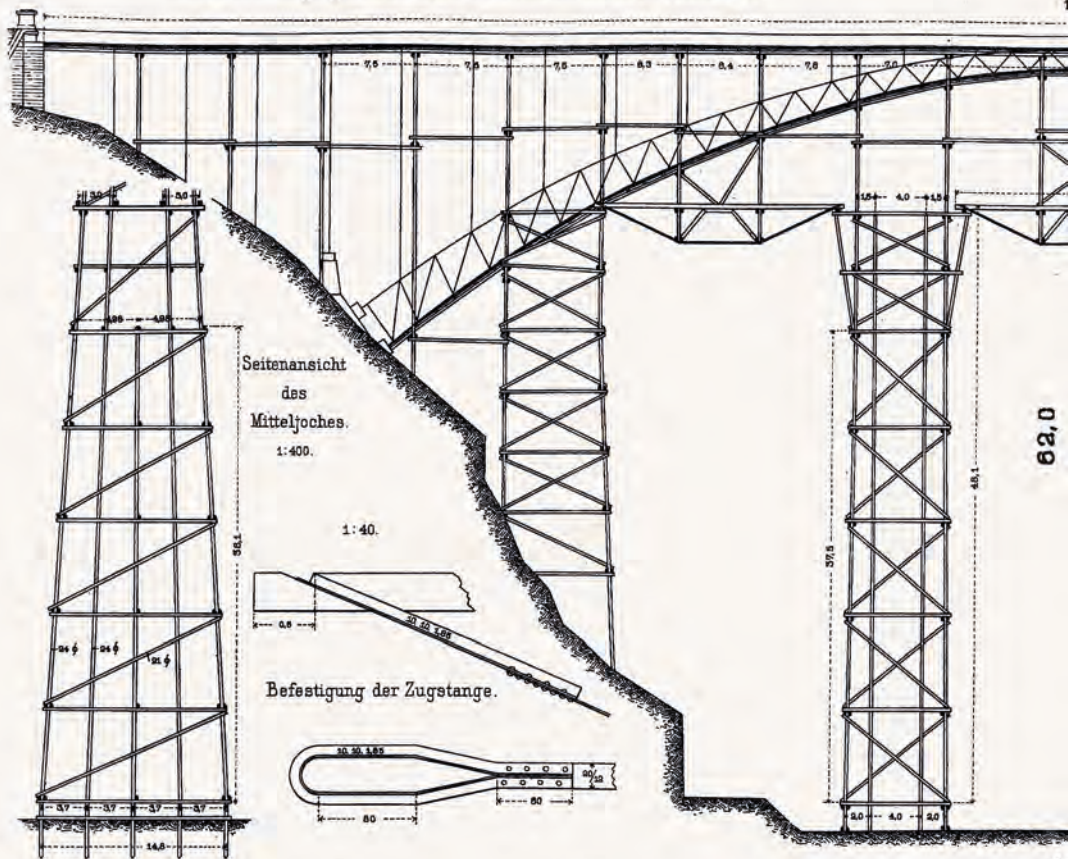
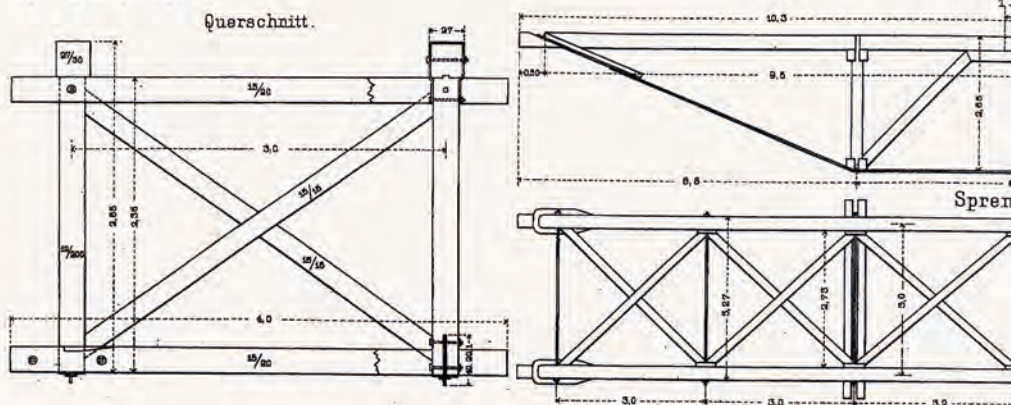


Figure 3.23 : Plans du pont sur la Schwarzwasser, long de 167 m avec une ouverture de l'arc de 114 m (O. Riese, *Die Ingenieur Bauwerke der Schweiz*, 1887).

Aufstellungsgerüst des Schwarzwasser-Viaducts.



Querschnitt.



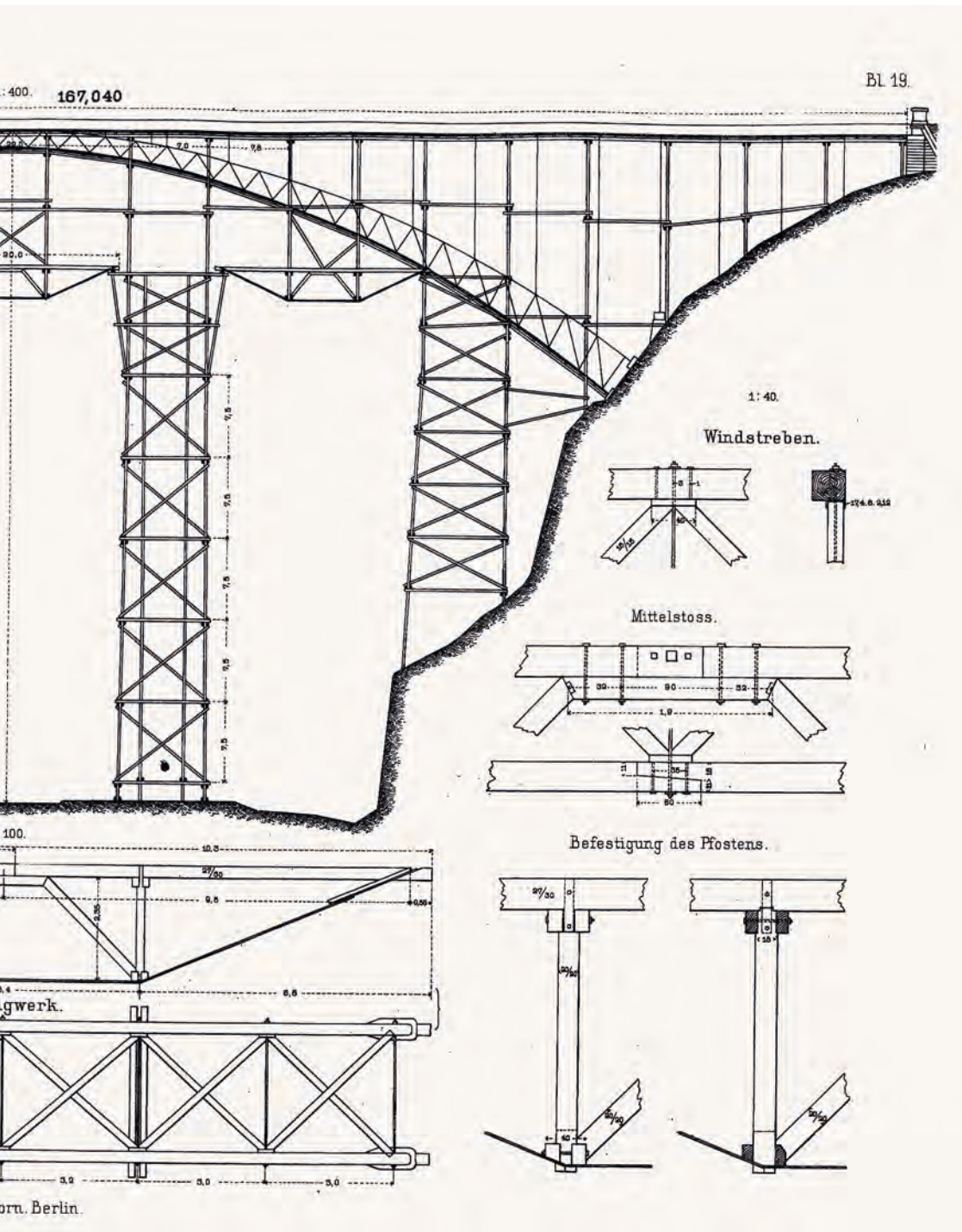


Figure 3.24 : Plan de l'échafaudage du pont sur la Schwarzwasser. Sa hauteur est de 62 m au-dessus du cours d'eau (O. Riese, *Die Ingenieur Bauwerke der Schweiz*, 1887).





Figure 3.25 : Pont sur la Schwarzwasser en chantier en 1882. L'échafaudage est construit avec des troncs (Bürgerbibliothek Bern).

Schwarzwasserbrücke.

Erbaut von *G. Ott & Cie.* in Bern.

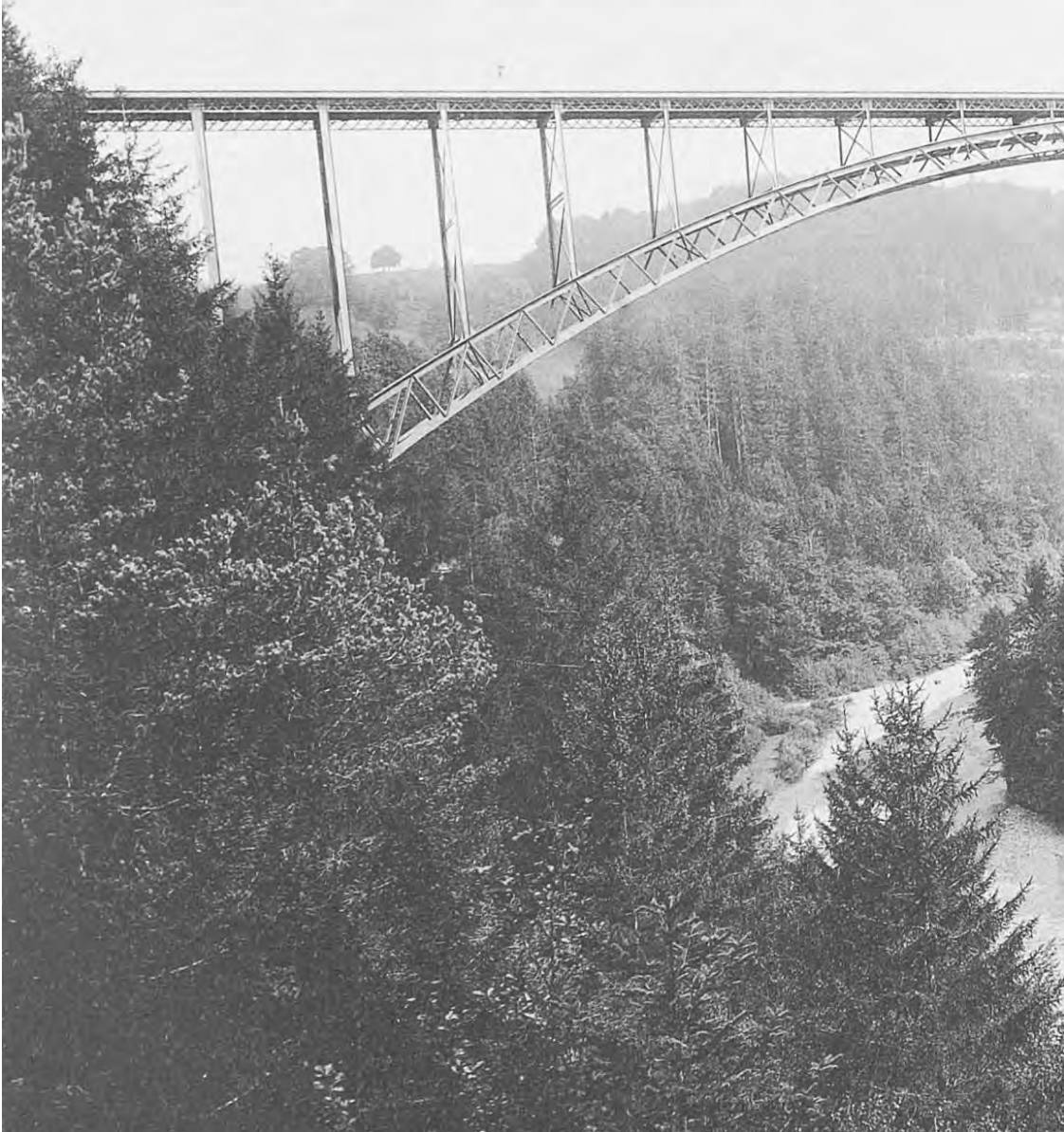




Figure 3.26 : Pont sur la Schwarzwasser vers 1884 (SBZ, 6 décembre 1884, ETHZ Bibliothek).

Le 15 décembre 1882, Ganguillet, l'ingénieur en chef du canton de Berne, établit un certificat pour Röthlisberger. L'attestation est légalisée par la Chancellerie fédérale et par l'Ambassade de France en Suisse (fig. 3.28) :

« Le soussigné certifie que Monsieur Röthlisberger qui est depuis près de 11 ans dans la maison G. Ott & Cie est très bien versé dans la théorie des ponts métalliques, qu'il a acquis une grande habileté dans la projection et la construction de ponts. »

» C'est lui qui a entre autres fait tous les dessins et calculs pour les ponts en arc métalliques du Schwarzwasser et du Kirchenfeld [alors, en cours de construction] dont le premier avec une seule portée d'arc de 114 m après avoir subi l'épreuve d'une manière entièrement satisfaisante vient d'être livré à la circulation et dont le second avec deux portées d'arc de 81 m se monte en ce moment. »

En 2004, le tablier a été reconstruit avec des dalles en béton de 8 m de large et renforcé pour des camions d'un poids de 40 t (fig. 3.27 et 3.29). L'ouvrage est aujourd'hui situé dans la réserve naturelle « Singine (Sense) – Schwarzwasser ».



Figure 3.27 : Pont sur la Schwarzwasser en 2022. Il n'a aucune restriction de circulation.



Le soussigné certifie que Monsieur l'ingénieur Röthlisberger, qui est depuis près de 11 ans dans la maison J. Ott et C^{ie}, est très versé dans la théorie des ponts métalliques qu'il a acquis une grande habileté dans la projection et la construction de ces ponts et que c'est lui qui, entre autres a fait tous les dessins et calculs pour les ponts en arcs métalliques du Schwarzwasser et du Kirchenfeld, dont le premier, avec une seule portée d'arc de 114^m, après avoir subi l'épreuve d'une manière entièrement satisfaisante, vient d'être livré à la circulation, et dont le second avec deux portées d'arc de 87^m se monte en ce moment.

Berne, le 12 Décembre 1882.

L'ingénieur en chef du Canton de Berne:

Ganguillet

Figure 3.28 : Certificat du 12 décembre 1882 établi par Ganguillet, ingénieur en chef du canton de Berne, en faveur de Röthlisberger (archives de famille).



Figure 3.29 : Le pont routier métallique sur la Schwarzwasser en 2019. A droite, le pont ferroviaire en béton.