

# Reconstruction du pont des C.F.F. sur la Reuss, à la Fluhmühle, près de Lucerne

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **45 (1919)**

Heft 6

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-34879>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.  
2, Valentin, Lausanne

Paraissant tous les  
15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Reconstruction du pont des C.F.F. sur la Reuss à la Fluhmühle, près de Lucerne. — Note sur le calcul du coup de bélier dans les conduites sous pression*, par Ed. Carey, ingénieur, à Marseille (suite). — *Le congrès de la houille blanche. — Concours d'idées pour l'étude d'un projet d'aménagement de cité-jardin à Aire près Genève* (suite). — *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes. — Bibliographie. — Carnet des concours.*

### Reconstruction du pont des C.F.F. sur la Reuss, à la Fluhmühle, près de Lucerne.

Les calculs approximatifs de la construction métallique du pont de la Reuss pour la ligne à simple voie Zoug-Rothkreuz-Lucerne, effectués par la Direction générale des C. F. F., en 1914, ont démontré qu'il se produisait de forts dépassements des tensions permises. La vitesse maximum des trains au passage de ce pont a dû, en conséquence, être limitée à 30 km. à l'heure.

Le pont est dans une courbe de 300 m. de rayon et traverse la Reuss sous un angle moyen de 32°. Les cinq poutres métalliques ont une longueur de 28,6 m. chacune ; elles sont semi-paraboliques et reposent à l'aide de poutres transversales sur des piles et des culées en maçonnerie, à fondations pneumatiques. Ces dernières ont été établies sur des couches géologiques composées de gravier, de sable et d'argile, en partie mêlées de schistes. Les quatre piles de rivière ont une section circulaire de 4,05 m. de diamètre à la tête et de 4,50 m. à la base de fondation.

Ce pont a été construit dans les années 1863/64 par les frères Benkiser, de Pforzheim. Les poutres longitudinales et transversales furent renforcées pour la première fois en 1888 par la maison Wild et Landis, de Richterswil. En 1896, le Nord-Est entreprit la transformation de la chaussée et le renforcement des poutres principales pour conformer le pont aux dispositions de l'ordonnance concernant le calcul des ponts, de 1892, mais ne procéda point à un nouveau calcul de l'infrastructure.

En ce qui concerne les conditions du lit de la rivière à l'endroit où se trouve le pont, il y a lieu d'observer ce qui suit :

Lors de la construction du pont, le bras droit de la rivière qui, notamment aux hautes eaux, pouvait servir à l'écoulement d'une grande quantité d'eau, a été comblé à l'aide des matériaux provenant des fouilles du tunnel voisin. Par suite du rétrécissement du profil du lit qui en fut le résultat, on constata des tourbillons déjà lors de l'exécution du pont, tourbillons qui, spécialement lors des hautes crues de 1876, gagnèrent considérablement en profondeur et mirent en péril les deux piles situées du côté droit de la rivière. On entourra donc les piles de revêtements en maçonnerie, lesquels occasionnèrent à leur tour de nouvelles modifications défavorables du lit. C'est par-

ticulièrement la pile II qui est aujourd'hui le plus exposée, car sa base de fondation est en contre-haut des points les plus bas des tourbillons voisins. On court le danger de voir la grande pression exercée sur les fondations par les puissantes forces centrifuges et de freinage qui se produiraient lors d'une vitesse non limitée des trains, écraser les couches argileuses du sol. C'est pourquoi on a non seulement restreint la vitesse mais encore interdit le freinage.

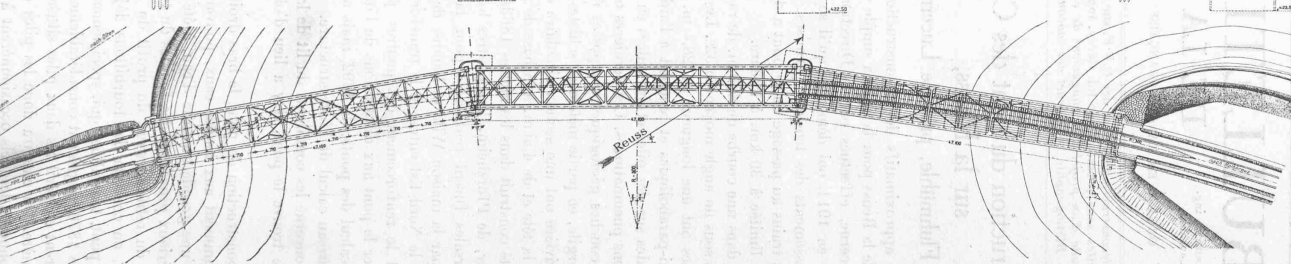
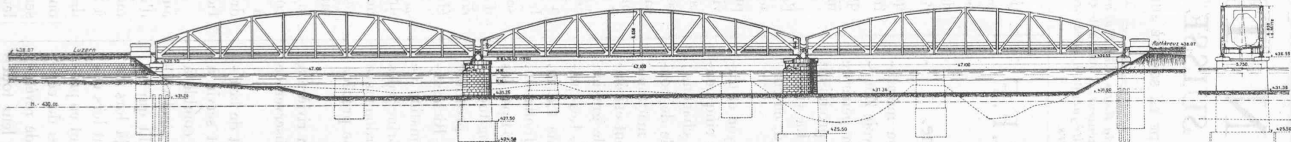
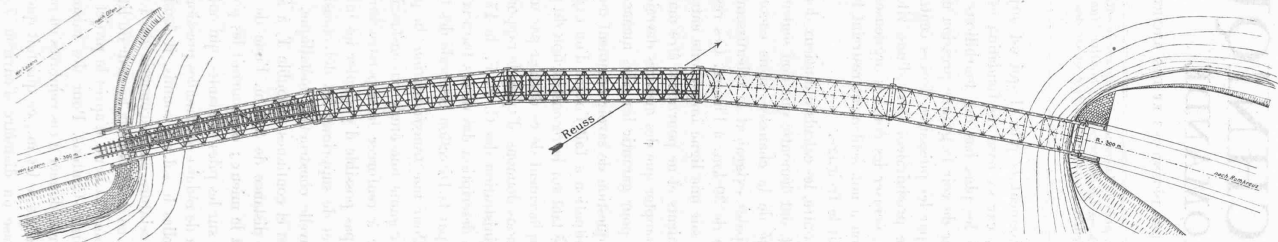
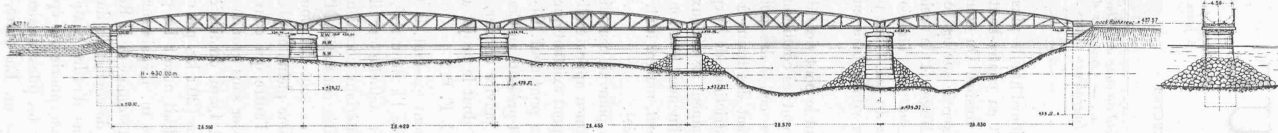
En outre, les calculs minutieux dont le pont vient d'être l'objet, ont démontré que non seulement les conditions de solidité de la chaussée, mais encore celles des poutres principales exigeaient le ralentissement des trains à une vitesse de 30 km. à l'heure. Ces restrictions de l'exploitation sur une ligne importante entraînent de sérieux inconvénients et ne pourraient être maintenues à la longue, sans compter que des mesures devraient, malgré tout, être prises pour garantir les piles menacées.

La question de savoir comment on pourrait remédier à cette situation a fait l'objet d'un examen approfondi qui a porté tant sur la reconstruction du pont existant que sur le remplacement de ce dernier par un pont neuf. Ci-dessous, nous donnons, d'après le rapport présenté au Conseil d'administration des C. F. F., le 17 janvier dernier, une courte description des divers travaux dont le projet a été établi par la Direction Générale des C. F. F. :

1° Pour une *transformation* du pont existant, il faudrait, comme une étude circonstanciée l'a démontré, renoncer à renforcer la superstructure actuelle car il ne serait pas possible d'y ajouter les matériaux complémentaires et de supprimer les défauts constatés. Pour la nouvelle construction métallique, ce sont des poutres courbes et continues à double T, à âme pleine et placées à une distance de 3,80 m. l'une de l'autre qui conviendraient le mieux ; on pourrait les poser sans grande difficulté sur les piles existantes, qui ont 4,05 m. de diamètre.

Afin de réduire les grandes pressions (20,5 kg. par cm<sup>2</sup>) auxquelles le sol est soumis, il faudrait munir les piles d'une ceinture en maçonnerie de 1,0 m. d'épaisseur au moins, en dessous de la hauteur du lit supposé de la Reuss à la cote 431,36 m. d'après le projet de correction du lac des Quatre-Cantons. Pour des raisons d'ordre pratique, on devrait donner à ces ceintures en maçonnerie une épaisseur de 1,5 à 1,6 m., ce qui fait que les piles auraient à leur base un diamètre d'environ 7,50 m. En outre, les fondations devraient être protégées par des batardeaux.

Pont actuel.



Nouveau pont.

Le pont des C. F. F., de la Fluhmühle, sur la Reuss. — 1 : 750.

Comme le résultat d'une soumission restreinte l'a démontré, un tel renforcement des piles serait à la vérité possible mais très coûteux. Y compris le renforcement de la culée du côté de Lucerne, renforcement nécessaire à cause des forces de freinage, une telle transformation du pont reviendrait à fr. 660 000, somme à laquelle s'ajouteraient fr. 180 000 pour l'amortissement de l'ancienne construction métallique.

2° Les grands frais qu'entraînerait une telle transformation du pont existant et les difficultés d'exécution que présenterait ce travail engagèrent les C. F. F. à rechercher quel serait le prix d'un nouveau pont. Ce dernier pourrait être construit soit dans l'axe actuel, soit dans un axe déplacé. Des diverses variantes envisagées, deux méritaient d'être prises plus particulièrement en considération, ce sont celles que nous exposons brièvement ci-après :

*a. Nouveau pont à trois ouvertures dont la largeur respective serait de 30 m., 80 m. et 30 m.* Le nouvel axe du pont, droit en partie, se trouverait en moyenne à 6 m. en amont de l'axe actuel et rejoindrait le tracé existant par des courbes de 250 m. de rayon. Comme un plus grand déplacement du nouvel axe n'est pas possible, vu le tunnel de la rive droite et le raccordement de la ligne avec celles de Berne et d'Olten sur la rive gauche, les piles et les culées du nouveau pont devraient être établies en partie sous les constructions métalliques existantes. Etant donné le peu d'espace dont on dispose, les travaux de maçonnerie présenteraient donc des difficultés ; en outre, le rétrécissement du profil de la rivière serait encore accru par les nouvelles piles et par les échafaudages nécessaires pour la construction du nouveau pont, si bien que les tourbillons dont il a été question gagneraient en intensité pendant la durée des travaux et causeraient un déchaussement des piles I et II du pont actuel, pouvant ainsi provoquer leur effondrement.

La solution sus-indiquée a encore l'inconvénient que les poutres de la grande ouverture du milieu auraient une hauteur de 12 m. environ et présenteraient un vilain aspect dans cette étroite vallée. Il serait, il est vrai, possible de réduire l'ouverture du milieu ce qui permettrait de disposer trois poutres de mêmes dimensions à peu près et de 48 m. environ de portée. Cette architecture qui, sous le rapport esthétique, ne laisserait rien à désirer, nécessiterait toutefois une largeur extraordinaire du pont : 6,0 m. environ, car les ouvertures latérales se trouveraient placées dans des courbes d'un rayon de 250 m. De plus, l'ameublissement du sol qui se produirait lors du fonçage des nouvelles piles mettrait en péril celles qui existent et rendrait impossible une fondation assez profonde.

En outre, l'avantage principal que devrait procurer une construction nouvelle dans un axe déplacé, à savoir le fait de rendre les travaux indépendants de l'exploitation ne serait pas atteint. La nouvelle construction métallique ne pourrait pas être montée à sa place définitive, mais devrait y être glissée après l'enlèvement des poutres actuelles. On ne parviendrait donc pas à éviter un des travaux les plus coûteux et les plus difficiles. Les frais du

projet traité ci-dessus ont été devisés par la Direction générale à 790 000 fr., auxquels viendraient s'ajouter les amortissements pour un montant de 400 000 fr.

Ce prix très élevé, le fait que le tracé de la ligne serait plus mauvais et les autres objections que soulève cette disposition, comme nous venons de le voir, ont engagé la Direction générale des C. F. F. à envisager encore une autre solution.

*b. Cette variante prévoit la construction du pont avec trois ouvertures égales de 47,1 m. de portée chacune, dans le tracé actuel avec utilisation des anciennes culées.*

La figure de la p. 46 montre l'élévation, la projection et la coupe transversale de l'ancien et du nouveau pont.

Pour pouvoir exécuter le nouveau pont dans le tracé actuel, il est nécessaire d'établir un pont provisoire pendant la durée de la construction. Ce dernier se trouverait en aval du pont actuel à 8 m. environ. Les culées et les travées du pont provisoire seraient construites solidement en bois. Comme superstructure, on utiliserait les supports du pont actuel ; ceux-ci pourraient être déplacés en aval de 8 m. en une nuit. A cet effet, on a prévu les chariots transporteurs avec palans, toutefois il reste encore à examiner si l'on pourrait se passer de palans, c'est-à-dire s'il serait possible d'effectuer le déplacement sur des glissoirs ou si, en cas de niveau favorable de l'eau, les ponts pourraient être déplacés à l'aide de bateaux.

Après que la superstructure se trouvera à sa nouvelle place, les trains passeront sur le pont provisoire à une vitesse réduite de 15 km. à l'heure. Contrairement aux suppositions sur lesquelles le calcul statique a été basé, on n'admettrait qu'une traction simple en écartant les types de locomotives les plus lourds et l'on n'aurait donc aucune crainte à avoir pour le pont provisoire.

Après que l'on aura dévié le trafic, on démolira les quatre piles en maçonnerie. Cette démolition irait jusqu'à la cote 431,36 m. du lit projeté de la Reuss, puis on pourra procéder à la construction des nouvelles piles, au renforcement et à l'élargissement des culées existantes, enfin au montage de la nouvelle superstructure.

Il faut encore remarquer que, pour pouvoir établir rationnellement la chaussée de la nouvelle construction métallique, on devrait relever le tracé de 50 cm.

Quant à la construction de la nouvelle superstructure, il suffit de dire que, conformément à la manière de voir moderne, elle sera aussi simple et solide que possible. La membrure métallique n'aura pas de joints étroits de sorte que les points d'attaque par la rouille n'offriront qu'une faible surface et que les travaux de peinture se trouveront facilités.

Les frais de cette variante sont évalués à 700 000 fr., dont 675 000 fr. au compte de construction et 25 000 fr. au compte d'exploitation ; à cette somme viendraient s'ajouter 300 000 fr. pour amortissements.

Bien que le coût de ce projet doive être un peu plus élevé que la transformation du pont existant telle qu'elle a été indiquée sous chiffre 1, cette solution mérite la préférence, car si l'on s'arrêtait à celle du chiffre 1, on au-



rait à redouter des surprises désagréables. Si, notamment, la maçonnerie actuelle des piles qu'il faudrait creuser pour obtenir un bon assemblage avec les supports n'est pas de bonne qualité, les travaux de réparation qui seraient nécessaires occasionneraient une grosse dépense supplémentaire. Puis il est douteux qu'après avoir procédé au dragage le long de la rive gauche et aplani les empierrements actuels, comblé les creux des tourbillons, l'équilibre du lit de la rivière s'établisse. En tout cas, on ne pourrait éviter les frais d'entretien des empierrements. Ces inconvénients n'existent pas dans l'autre variante car, moyennant un fonçage assez profond des piles, on n'a pas besoin d'empierrements. Comme cette variante satisfait en outre à toutes les exigences raisonnables sous le rapport technique d'exploitation, hydrotechnique et esthétique, le fait que l'amortissement est plus élevé ne doit pas être une raison pour la repousser.

## Note sur le calcul du coup de bélier dans les conduites sous pression

par ED. CAREY, ingénieur à Marseille.

(Suite<sup>1</sup>)

### B) COUP DE BÉLIER MAXIMUM D'OUVERTURE.

Considérons toujours une variation de vitesse linéaire et rappelons que pour pouvoir utiliser la formule de M. de Sparre avec une approximation suffisante, il faut que le coup de bélier d'ouverture soit  $\leq \frac{\gamma_0}{2}$ .

1<sup>o</sup> Coup de bélier produit par une variation de vitesse pendant un temps  $\leq \frac{2L}{a}$  (1<sup>re</sup> période).

La formule générale nous donne pendant la première période :

$$B_1 = \frac{a}{g} \frac{(v_0 - v_1)}{1 + \frac{av_1}{2g\gamma_0}} \quad (2)$$

Observons que pour l'ouverture, la valeur  $B_1$  est négative puisque  $v_1 > v_0$ ;  $B_1$  sera maximum avec la plus grande différence ( $v_0 - v_1$ ), donc pour l'ouverture pendant une période  $\theta$  entière; il faut aussi que  $v_1$  soit petit ce qui est obtenu par l'ouverture à partir de la vanne fermée. Le maximum sera donc atteint à la fin de la période, soit au temps  $\frac{2L}{a}$  à partir de la vanne fermée. Cette valeur maximum de la dépression sera :

$$B_m = -\frac{a}{g} \frac{v_1}{1 + \frac{a}{2g\gamma_0} v_1} \quad (9)$$

La variation de vitesse étant linéaire, nous savons que  $v_1 = \frac{2LV_f}{aT}$ , en appelant  $V_f$  la vitesse pour l'ouver-

ture totale au temps  $T$ ; nous aurons pour  $B_m$ , en fonction de  $V_f$  et  $T > \frac{2L}{a}$

$$B_m = -\frac{2LV_f}{gT} \frac{1}{1 + \frac{LV_f}{gT\gamma_0}} \quad (10)$$

Nous retrouvons comme premier terme la valeur  $\frac{2LV_f}{gT}$  qui est la formule de Michaud-Gariel; le coup de bélier d'ouverture en un temps  $\frac{2L}{a}$  est donc inférieur au coup de bélier de fermeture pendant le même temps  $\theta$ , car il faut que  $\frac{LV_f}{gT\gamma_0}$  soit  $\leq \frac{1}{3}$  pour que  $B_m$  soit  $\leq \frac{\gamma_0}{2}$ ; à cette valeur limite, le coup de bélier d'ouverture sera maximum par rapport à  $\gamma_0$ .

Pour que  $B_m$  soit  $\leq \frac{\gamma_0}{2}$  il faut aussi  $\frac{2LV}{gT} \leq \frac{2}{3}\gamma_0$  et par conséquent que le temps d'ouverture soit :

$$T \geq \frac{3LV_f}{g\gamma_0};$$

si  $T$  est donné, on pourra pousser l'ouverture jusqu'à

$$V_f \leq \frac{g \cdot T \cdot \gamma_0}{3L}.$$

Dans les hautes chutes,  $\frac{LV}{gT\gamma_0}$  étant petit, le coup de bélier d'ouverture est voisin de  $\frac{2LV}{gT}$ , mais cette valeur diminue par rapport à  $\gamma_0$  en même temps que  $\frac{LV}{gT\gamma_0}$ .

En effet, si nous posons  $\frac{LV}{gT\gamma_0} = \frac{1}{n}$ , nous aurons :  $\frac{2LV}{gT} = \frac{2}{n}\gamma_0$  et  $B_m = -\frac{2}{n+1}\gamma_0$ . Avec  $n = 10$ ,  $\frac{2LV}{gT} = \frac{\gamma_0}{5}$  et  $B_m = -\frac{\gamma_0}{5,5}$ ; la différence est faible, mais la valeur du coup de bélier n'est plus que  $\frac{1}{5}$  de  $\gamma_0$ .

2<sup>o</sup> Coup de bélier d'ouverture produit par une variation de vitesse pendant un temps  $T > \frac{2L}{a}$  (2<sup>me</sup> période et suivantes).

En suivant la même méthode simplifiée que pour les coups de bélier de fermeture et en considérant les divers cas possibles, nous examinerons plus en détail les coups de bélier d'ouverture, car cette étude est généralement laissée de côté.

a). — Ouverture en un temps  $T > \frac{2L}{a}$ , à partir de la vanne fermée.

Considérant une ouverture linéaire avec  $v_0 = 0$ , les vitesses aux diverses périodes  $\theta$  seront  $v_1, v_2 = 2v_1, v_3 = 3v_1 \dots v_n = nv_1$ ; les différences  $v_0 - v_1, v_1 - v_2$ , etc. sont toutes égales à  $v_1$  pour les périodes entières

$$\theta = \frac{2L}{a}.$$

<sup>1</sup> Voir Bulletin technique 1919, page 41.