

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 56 (1930)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Etudes faites à l'occasion de la construction d'un pont-rail en acier au silicium  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-43489>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

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

*Barrage de Rempen (Wäggithal).*

Les trajectoires des deux rangées supérieures de repères sont relevées sur la figure 3 et la déformation de tout le mur est représentée, d'une façon très heureuse, par le croquis en perspective axonométrique de la figure 4.

Des mesures il ressort que le mur s'est déplacé lentement vers l'aval. L'ouvrage ne paraissant pas avoir encore atteint un état stationnaire, les observations seront continuées. On remarquera aussi que les déformations sont plus amples à l'aile gauche qu'à l'aile droite du barrage.

*Barrage de Schräh (Wäggithal).*

Les deux croquis axonométriques de la figure 5 montrent que, lors du premier remplissage, de mai 1925 à octobre 1926, le déplacement maximum, au milieu de la crête, fut de 14 mm, qui s'accrut encore de 1 mm au cours des deux années suivantes, à réservoir plein. Pendant le vidage, d'octobre 1928 à mars 1929, le mur accuse une rigidité bien plus grande qu'en 1925-26, puisque, sous l'influence d'un abaissement de 40 m du plan d'eau, le retrait maximum n'est que de 2 mm. La déformation permanente est donc, en chiffre rond, 7 fois plus grande que la déformation élastique à l'époque actuelle. Dans ces conditions, on peut admettre que le barrage ayant atteint, pratiquement, un état d'équilibre, de nouvelles observations, dans un avenir rapproché, n'apprendraient rien d'intéressant.

*Récapitulation.*

Enfin la figure 6 récapitulant dans une forme très explicite, les résultats de ces travaux, présente les profils des murs, à l'échelle uniforme de 1 : 1000 et les courbes de déformation de la section la plus déformée. Outre les barrages étudiés par le Service topographique fédéral, la figure 6 comprend le barrage d'essais de Stevenson Creek<sup>1</sup>.

*Les clichés qui illustrent cette note ont été obligeamment mis à notre disposition par M. le Chef de la Section de géodésie du Service topographique fédéral.*

<sup>1</sup> Une relation des résultats de ces essais a paru dans le *Génie civil* du 15 octobre 1927, pages 382 et suivantes.

## Etudes faites

## à l'occasion de la construction d'un pont-rail en acier au silicium.

De très nombreux travaux ont été exécutés ces dernières années, en vue de mettre au point un acier satisfaisant aux besoins de la grande charpente, l'usage de l'acier doux ordinaire pour la construction d'ouvrages à grande portée ou soumis à de fortes charges n'allant pas sans difficultés d'ordre technique et nécessitant souvent des « poids propres » si élevés qu'ils deviennent prohibitifs. Le problème visait donc l'élaboration d'aciers à caractéristiques mécaniques plus avantageuses, particulièrement la *limite élastique* (limite de plasticité) qu'on tend à substituer à la charge de rupture, comme critère de la résistance du métal. Les étapes de cette campagne sont jalonnées par l'apparition de divers produits dont les plus intéressants sont identifiés par le tableau suivant, emprunté à la « Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure », du 2 novembre dernier. Un des plus récents de ces aciers, l'acier *au silicium* ayant été utilisé pour la construction du pont des C. F. F. sur l'Aar, près de Brügg, ligne de Berne à Bienne, M. A. Bühler, chef du service des ponts à la Direction générale des C. F. F., a soumis toutes les phases de cette construction à une investigation systématique dont il a publié les résultats dans le cahier 19 de « Die Bautechnik » auquel nous empruntons ce qui suit :

Le projet du pont en question, représenté par les vues ci-jointes, qui comprend deux travées de 55 m chacune, fut rédigé dans l'hypothèse d'emploi d'acier doux commun (désigné par le symbole *St. 37* dans la nomenclature allemande) mais on laissait la liberté aux soumissionnaires d'offrir de l'acier au silicium. En fait, les calculs établis sur la base de ce dernier acier aboutirent à un poids de métal de 300 tonnes seulement au lieu de 400 tonnes calculées pour le *St. 37*, et à cette

*Historique du développement des aciers « de construction », en Amérique et en Allemagne.*

Désignation de l'acier	Année de l'apparition	Allemagne				Amérique			
		Résist. à la traction kg/mm <sup>2</sup>	Limite élast. min. kg/mm <sup>2</sup>	Allongement min. %	Résist. aux vibrations kg/mm <sup>2</sup>	Résist. à la traction kg/mm <sup>2</sup>	Limite élast. min. kg/mm <sup>2</sup>	Allongement min. %	Résist. aux vibrations kg/mm <sup>2</sup>
Acier courant, <i>St. 37</i> . . . . .	avant 1900	37 à 44	(22)	22	(18)	—	—	—	—
Standard structural steel . . . .	—	—	—	—	—	37 à 44	22	22	(18)
Acier au nickel . . . . .	1902	—	—	—	—	60 à 70	34 à 39	19 à 15	(30)
» » » . . . . .	1908	56 à 65	35	18	(28)	—	—	—	—
Acier <i>C</i> . . . . .	1912	44 à 51	(30)	20	(23)	—	—	—	—
Acier Mayari . . . . .	1915	—	—	—	—	60 à 70	38	16	—
Acier <i>C</i> . . . . .	1915	—	—	—	—	46 à 54	27	18	(24)
High silicon steel . . . . .	1915	—	—	—	—	56 à 66	31,5	19 à 16	(27)
Acier <i>St. 48</i> . . . . .	1923	48 à 58	(29)	18	(25)	—	—	—	—
Acier au silicium . . . . .	1926	50 à 62	36	20	(30)	—	—	—	—
Acier <i>St. 52</i> (proposition de la Reichsbahn) . . . . .	1928	52 à 62	36	20	(30)	—	—	—	—
Union-Baustahl II . . . . .	1928	56 à 66	37	18	(31)	—	—	—	—

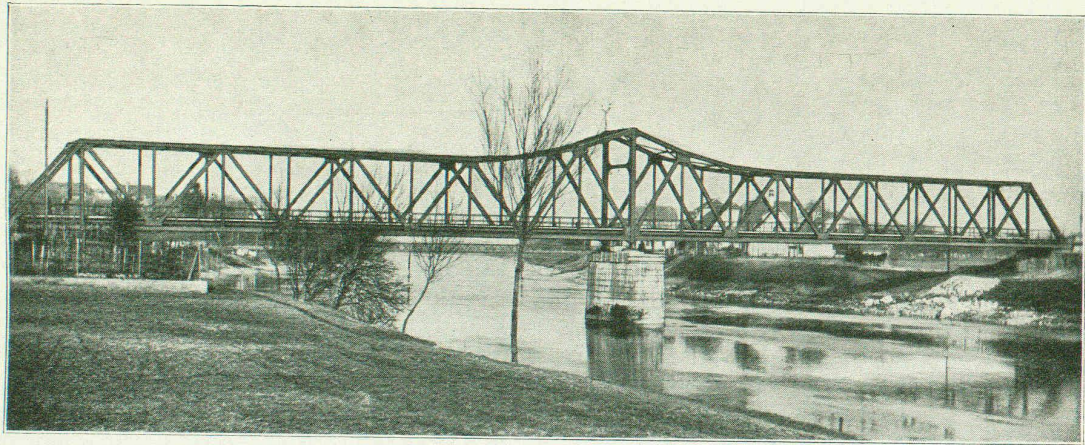


Fig. 1. — Pont-rail sur l'Aar, près de Brügg. Vue d'ensemble.

réduction du poids correspondait une réduction du coût évaluée de 16 500 à 24 500 francs, soit 10 %.

Malgré que cette réduction de prix fût bien inférieure à ce qu'on prétendait de divers côtés, le Service des ponts des C. F. F., après enquête en Allemagne et expériences faites au Laboratoire fédéral d'essai des matériaux, décida d'opter pour l'acier au silicium. La construction et le montage du pont furent confiés aux « Ateliers de constructions métalliques C. Wolf & C<sup>ie</sup>, à Nidau, sur les bases des taux admissibles suivants :

a) *Traction, compression et flexion*:  $\sigma = 1,350 \pm 0,250 A/B$  (t/cm<sup>2</sup>) *A* étant les plus petites et *B* les plus grandes sollicitations résultant du poids propre et des surcharges.

$$b) \text{ Flambage } \begin{cases} \sigma_f = 1,500 - 0,009 l/i \text{ (t/cm}^2\text{) pour } \\ 10 < l/i < 90 \\ \sigma_f = 5,500 (i/l)^2 \text{ (t/cm}^2\text{) pour } l/i > 90 \end{cases}$$

*l* = longueur libre de flambage ; *i* = plus petit rayon de giration de la section de la barre envisagée.

c) *Cisaillement* :  $\tau = 0,75$  de  $\sigma$

Voici les caractéristiques chimiques et mécaniques de l'acier au silicium utilisé, déterminées par le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux :

*Composition chimique*: Carbone 0,18 % ; Manganèse 1,1 % ; Silicium 1,0 % ; Soufre 0,04 % ; Phosphore 0,06 %.

*Caractéristiques mécaniques.*

	Tôles	Cornières et Plats
Module d'élasticité (t/cm <sup>2</sup> )	2 000	1975-2045
Limite de proportionnalité »	2,82	2,87-3,75
Limite d'élasticité »	3,72	3,97-4,23
Résistance à la traction »	5,44	5,39-5,90
Striction % . . . . .	56	52-59
Allongement après rupture %	25	23,5-26
Coefficient de qualité <sup>1</sup> . . . .	1,4	1,3 -1,43

<sup>1</sup> Produit de la résistance à la rupture par l'allongement après rupture.

Des essais à la *flexion répétée (F)*, à raison de 3000 répétitions par minute, et à la *traction et compression alternées, (T-C)*, à raison de 30 000 alternances par minute, exécutés par la maison *Carl Schenk*, à Darmstadt, donnèrent les résultats suivants :

Nature de l'acier	Acier au Si Kg/mm <sup>2</sup>	Acier St. 37	Nature de l'essai	Diminution
<b>Tôle en acier au Si à haute teneur en phosphore :</b>				
Eprouvette 1. Sans lésion	40	—	T-C	32 %
» 2. Avec lésion latér.	27	—	T-C	
» 3. Sans lésion	38	—	F	37 %
» 4. Avec lésion latér.	24	—	F	
<b>Larges plats en acier au Si, à teneur normale en phosphore :</b>				
Eprouvette 5. Sans lésion	35	—	T-C	34 %
» 6. Avec lésion latér.	23	—	T-C	
» 7. Sans lésion	34	—	F	41 %
» 8. Avec lésion long.	20	—	F	
<b>Tôle normale en acier St. 37 :</b>				
Eprouvette 9. Sans lésion	—	23	T-C	17 %
» 10. Avec lésion long.	—	19	T-C	
» 11. Sans lésion	—	23	F	0 %
» 12. Sans lésion	—	22	F	

Les lésions consistaient en stries de 1/10 mm de profondeur, espacées de 1 cm, creusées intentionnellement sur les éprouvettes polies afin de se rapprocher des conditions usuelles de l'usinage. L'examen de ce tableau fait ressortir ce fait assez déconcertant que l'acier au Si à haute teneur en phosphore, sans lésions superficielles, résiste mieux aux efforts de compression et de traction alternés que le même acier, dans les mêmes conditions sauf que la teneur en phosphore est normale. L'acier au Si est nettement supérieur à l'acier St 37 pour la confection des rivets, comme le prouve le tableau suivant :

	St. 37 kg/cm <sup>2</sup>	Acier au Si kg/cm <sup>2</sup>
Résistance au frottement . .	400 à 700	400 à 700
Fatigue de cisaillement dans le domaine des petites dé- formations permanentes correspondant à celles de la pratique . . . . .	500 à 1500	500 à 2500
Fatigue de cisaillement cor- respondant au commence- ment de la plasticité. . .	1800	2500 à 2800
Fatigue de cisaillement cor- respondant à la rupture .	3300	4600

Quant à la résistance au flambage de l'acier au Si, elle est aussi très bonne. Pour  $l/i > 86$ , il suit les lois d'Euler et au-dessous de cette limite il accuse une résistance notablement supérieure à celle de l'acier ordinaire.

Il a été employé, pour la construction du pont, 256 278 kg d'acier au Si, 47 409 kg d'acier St 37 et 6270 kg d'acier moulé.

Les prix franco gare de Bienne, étaient les suivants :

Acier au Si	{ cornières	Fr. 20,85, les 100 kg
	{ larges plats	» 24,40 » 100 »
	{ tôles	» 26,80 » 100 »
Acier St. 37, en moyenne		» 17,20 » 100 »

Rappelons que l'acier au Si utilisé à la construction du pont en question l'était sous forme de tôles, de larges plats et de cornières de dimensions moyennes, à l'exclusion des grands formats dont la production s'est révélée aux métallurgistes si difficile et si fertile en « ratés » qu'ils se sont mis en quête d'un métal plus maniable, mais non moins résistant, et semblent l'avoir trouvé dans l'*Union-Baustahl*<sup>1</sup>, acier au cuivre et au

<sup>1</sup> MM. E. H. Schutz et H. Buchholz ont décrit les propriétés de cet acier dans l'article intitulé « Hochwertige Baustähle für den Grossstahlbau » publié dans la « Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure » et auquel nous faisons allusion ci-dessus.

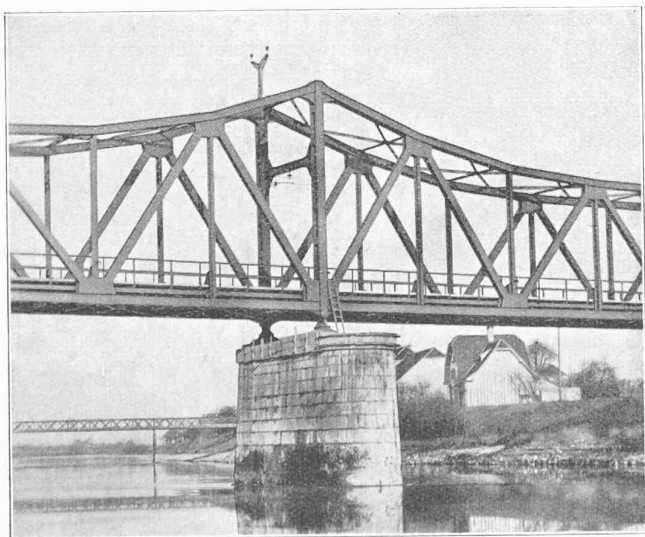


Fig. 2. — Détail du pont de Brügg.

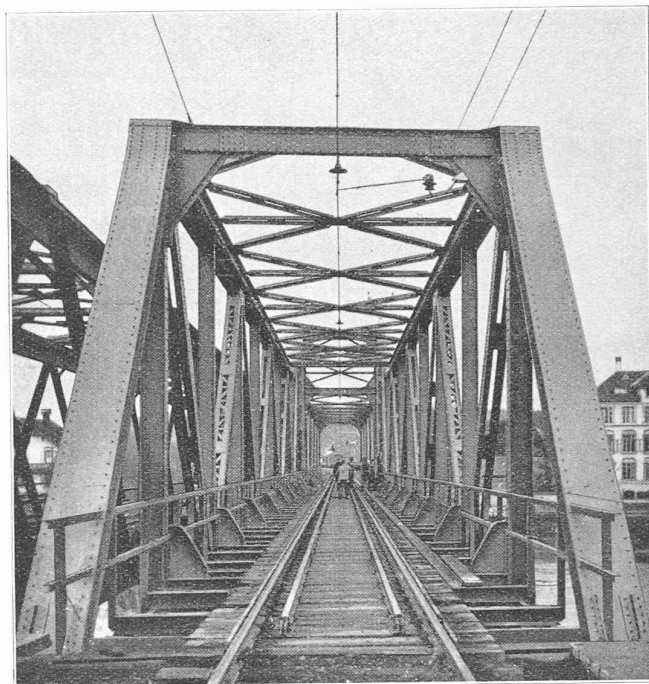


Fig. 3. — Portique du pont de Brügg.

chrome dont les caractéristiques figurent au tableau de la page 60 et qui a été élaboré par la « Dortmunder Union » en collaboration avec le laboratoire de recherches de la « Vereinigte Stahlwerke A.-G. »

Quant aux travaux d'usinage et de montage du pont de Brügg, ils n'ont présenté aucune difficulté particulière. On allègue souvent que le prix de revient d'un ouvrage en acier au Si est le même que celui d'un ouvrage beaucoup plus lourd en acier ordinaire : ceux qui parlent ainsi, répond M. Bübler, oublient que les dépenses pour les travaux d'atelier sont imputables pour plus de la moitié aux transports et aux manutentions et qu'étant donc en raison directe du poids des matériaux, elles sont moindres dans le cas de l'acier au Si.

## DIVERS

### Turbine Kaplan de l'usine de Ryburg-Schwoerstadt, et machine à en usiner les pales.

Le 12 février, M. le professeur R. Neeser, administrateur-délégué des Ateliers des Charmilles S. A., à Genève, entouré de ses principaux collaborateurs, faisait au Groupe genevois de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale et à quelques « outsiders » les honneurs d'une des quatre imposantes turbines Kaplan à cinq pales, destinée à l'usine de Ryburg-Schwörstadt, sur le Rhin.

Ces quatre turbines, rigoureusement pareilles, sont exécutées par un consortium de constructeurs qui en ont établi tous les dessins en commun ; ce sont : les Ateliers des Charmilles S. A., à Genève ; Escher Wyss et Cie, à Zurich, et J. M. Voith, à Heidenheim (Wurtemberg).

Sans anticiper sur la description, que nous espérons publier, en temps opportun, de cette machine, nous en relèverons