

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes  
**Band:** 25 (1899)  
**Heft:** 6 & 7

**Artikel:** Mouvement initial du pont de Mönchenstein lors de sa chute en 1891  
**Autor:** Gaudard, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-20846>

### **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:** 06.10.2024

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

## BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

## DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT A LAUSANNE 8 FOIS PAR AN

Administration : Place de la Louve.

(GEORGES BRIDEL & C<sup>ie</sup> éditeurs.)

Rédaction : Rue Pépinet, 1.

(M. A. VAN MUYPDEN, ing.)

Volume V

**Sommaire :** Mouvement initial du pont de Mönchenstein lors de sa chute en 1891, par J. Gaudard, professeur à l'Ecole d'ingénieurs à Lausanne. — Les matériaux de construction suisses, par A. Gremaud, ingénieur en chef des ponts et chaussées du canton de Fribourg. (Suite et fin.) — Congrès international des méthodes d'essai des matériaux de construction. — Fabrication industrielle et prix de revient de l'air liquide. — Bibliographie. — Jurisprudence. Responsabilité des architectes.

## MOUVEMENT INITIAL

DU PONT DE MÖNCHENSTEIN LORS DE SA CHUTE EN 1891

par J. GAUDARD,

professeur à l'Ecole d'ingénieurs à Lausanne.

A la page 160 du *Bulletin* de 1899, dans son intéressante étude sur la *Pathologie des constructions métalliques*, M. l'ingénieur Elskes conteste la réalité de l'explication que j'avais émise sur le mouvement primordial qui, le 14 juin 1891, détermina la chute du pont de Mönchenstein. Il se réfère à cet effet aux photographies de deux autres ponts à carcasse grêle et qui, loin d'avoir vécu seize ans comme l'ouvrage bâlois sinistré, ont manifestement cédé par gondolement sous charge d'épreuve.

Mon opinion, cependant, je la conserve, parce qu'elle reste fermement basée sur trois ordres principaux de faits, les deux premiers locaux, spéciaux à l'ouvrage en cause, le troisième de notoriété générale et de fondement à la fois expérimental et rationnel, à savoir l'effet bien avéré de poussée qu'exercent sur la voie les trains freinés.

Je ne répéterai pas ici tous les arguments développés dans le mémoire que j'ai présenté le 17 décembre 1891 à la Compagnie des chemins de fer du Jura-Simplon, et dans lequel j'accusais la poutre d'amont de ce pont biais de Mönchenstein d'avoir été poussée la première, et d'être venue défoncer son encadrement de maçonnerie; il me suffira d'extraire de cet écrit deux citations spécifiant les deux faits de caractère local susmentionnés.

Pour incriminer, comme cause primordiale de la catastrophe, l'action dynamique horizontale du train, et non les défauts de résistance du pont aux charges statiques, j'alléguais cette circonstance probante :

« Le résultat le plus capital de l'enquête, c'est que la poutre d'amont a commencé à céder lorsque la première locomotive entra à peine sur le tablier du pont. A ce moment, les points critiqués ne subissaient encore qu'une fatigue beaucoup plus faible que celle à laquelle ils avaient résisté des milliers de fois, durant seize années: d'où il résulte péremptoirement qu'ils n'ont pas, du fait des charges, provoqué la débâcle. »

Arrivons à la seconde constatation particulière.

« Que le désastre ait trouvé dans le fait d'un glissement sa cause majeure, c'est ce qui semble tout à fait probable et même démontré. Que ce fait ait réellement eu lieu, j'en vois la preuve, non seulement en ce qu'il donne seul la clef du mystère, c'est-à-dire que, seul, il explique la défaillance préalable au chargement, mais encore en ce qu'il a imprimé ses traces sur la culée de Mönchenstein. Une certaine photographie, montrant des pierres disloquées, des joints ouverts, m'avait nettement témoigné d'un coup formidable reçu par la maçonnerie; et MM. Ritter et Tetmajer, qui ont tout étudié sur place avec la plus grande attention, disent à leur tour, d'une manière incidente et suggestive, à la page 10 de leur rapport: « Das (rechtsseitige) Widerlager macht den Eindruck, als ob es in der Bahnrichtung einen heftigen Stoss erfahren hätte. »

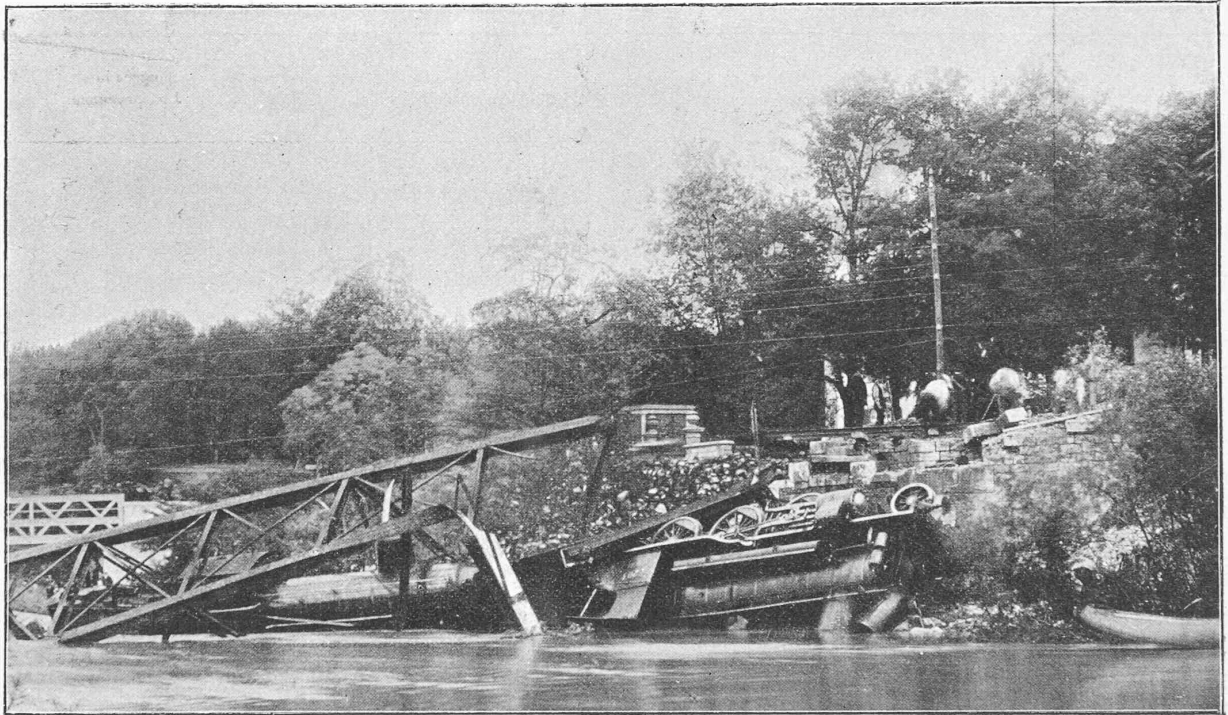
La photographie en question, que j'avais vue exposée au bureau de la *Feuille d'Avis de Lausanne*, n'était pas annexée à mon mémoire; je ne doutais pas que l'état des maçonneries ne dût être soumis, de la part des intéressés, à un examen et à une discussion aussi minutieux que l'état des fers; cela d'autant plus que, pour elles, qui ne sont pas tombées, les avaries étaient bien autrement simples et, d'après ma suggestion, pouvaient être de nature à accuser le mouvement originel, tandis que, avec la travée, on se heurtait à la déconcertante confusion des ruptures de seconde étape, dues soit aux déformations successives en cours de descente, soit au choc final sur les galets de la Birse, soit à la chute des véhicules venant piétiner l'épave. Voyant que mon attente a été un peu déçue, je me permets de reproduire ici la photographie qu'a bien voulu me confier, à ce propos, M. Allenspach, et qui avait été éditée par M. Jungmann, à Bâle. La culée, qu'on y aperçoit est donc celle de rive droite ou de Mönchenstein, contre laquelle s'avancait le train, et il semble impossible que le simple détail que nous y allons relever n'apporte pas toute la conviction désirable.

Remarquons en effet en haut de la culée, sur la droite, la pierre de taille qui a été déjetée et a une forme en équerre. Elle n'est autre que la pierre d'encoignure du couronnement de la murette, marquée de la lettre A dans la figure ci-contre du

plan de la culée; elle appartenait au pourtour de la niche où se trouvait logée la plaque de calage mobile de la poutre amont. Or, loin qu'elle ait obéi à la gravité dans son déplacement, nous voyons qu'elle a été au contraire refoulée et soulevée. Par quoi donc, si ce n'est par la poutre? Et comme cette poutre en était écartée de 0<sup>m</sup>65, d'après le dessin d'exécution que j'ai eu dans le temps sous les yeux, il est manifeste que, avant de se précipiter dans la rivière elle a d'abord fait un bond en avant, ainsi que je l'ai prétendu.

On voit encore que l'entretoise oblique, attirée contre la mu-

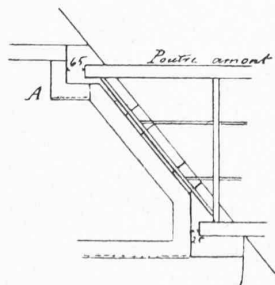
buté contre son parement, le talon d'about de la poutre aval, auquel adhère encore la barre terminale du lattice, mais dont la membrure horizontale s'est détachée pour s'enfoncer dans la rivière. D'ailleurs le fait que, en position générale, la travée abîmée plongée sous l'eau vers la rive gauche, puis émergeait en une inclinaison montante vers la rive droite, montre bien qu'elle est tombée du côté Bâle, pendant qu'elle continuait à porter sur la culée Mönchenstein. Plus encore que l'affaissement général, c'est le brisement local de l'extrémité de poutre par le renversement de la machine qui a débarrassé cette



Vue de la culée de rive droite.

rette, l'a fissurée tout du long, alors que rien de semblable ne s'était produit à l'autre culée.

Rappelons enfin qu'un grincement strident suivi d'un heurt violent, a été constaté par les témoins,



Plan de la culée de rive droite.

Nous croyons intéressant de donner encore ici, comme contraste, d'après une autre photographie Jungmann, une vue de la culée Bâle (rive gauche) demeurée indemne. On aperçoit,

dernière culée des portions de charpente métallique qu'elle soutenait.

Inclinaison générale de la travée, état des culées, voilà des constatations de fait prises dans l'événement même. Quant à la circonstance de la déformation subie par l'ouvrage en 1881, elle est fort atténuée par ces autres faits, réparations effectuées; durée ultérieure de dix années, dépassant de beaucoup les délais de garantie qu'on ait jamais imposé à des réceptions d'ouvrages d'art.

Je me hâte de dire que le fait d'un brusque mouvement subi par le pont dans la direction de Bâle vers Mönchenstein a bien été reconnu par les experts du Conseil fédéral, MM. Collignon et Hauser; seulement ces messieurs, au lieu d'y voir l'effet de la propulsion d'adhérence du train sur les rails, et de lui assigner le rôle primordial dans la succession des événements, le limitent à une amplitude de 40 centimètres et le relèguent au rang d'incident dérivé et subséquent; ils l'attribuent à ce que la poutre d'aval, échappée de son appui côté Bâle, après un certain pirouettement du pont dû au basculement de la pre-

mière locomotive, dérapait dans sa chute contre le parement du mur. Et comme cause initiale de la rupture, ils soupçonnent que quelque fissure inaperçue, datant de l'accident de culée qui avait déformé la travée dix ans auparavant, se sera progressivement élargie.

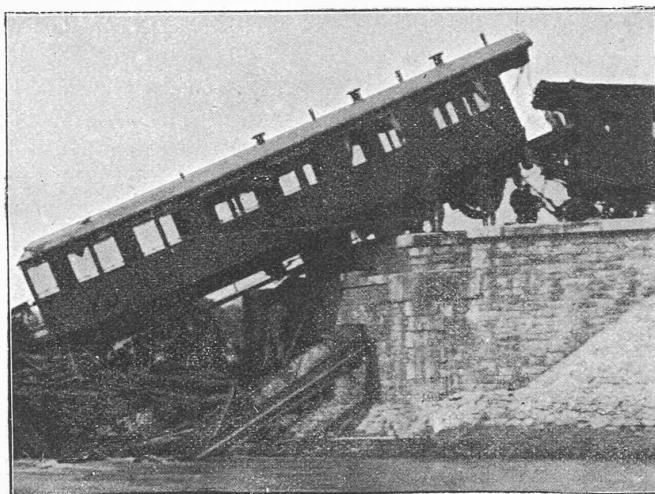
A cette conception je ne puis m'empêcher d'opposer les objections suivantes :

1<sup>o</sup> Pour le déplacement qu'a subi la pierre d'angle A, il a fallu que la poutre s'avance de plus de 65 centimètres.

2<sup>o</sup> Cette poutre, pour exercer une telle action, devait posséder encore sa rectitude et sa force primitives, et non être déjà brisée, tordue et rejetée de côté en dehors de la maçonnerie.

3<sup>o</sup> Puisqu'il n'y a pas eu de déraillement, la locomotive,

rails dans le sens de la marche des trains; et si diverses causes ont pu contribuer à cette poussée, entre autres de petits chocs des jantes contre l'about de rails mal éclissés, la plus puissante assurément gît dans l'action des freins faisant appel aux forces d'inertie. Ralentir et arrêter un lourd convoi ne s'obtient qu'en le faisant s'arc-bouter sur les rails par l'adhérence disponible; c'est là un véritable choc, par lequel les véhicules transmettent leur force vive à la voie. Si tout est ferme, l'énergie s'amortit et se dissipe en vibrations impuissantes dans la profondeur du sol; mais qu'il y ait quelque part des points faibles, des pièces branlantes, elles céderont et se mouvront, non pas seulement sous l'attaque directe, mais même sous une transmission plus ou moins lointaine de l'effort général de propul-



Vue de la culée de rive gauche.

me semble-t-il, n'a pu se trouver renversée et enchevêtrée dans les mailles de la poutre que lorsque celle-ci était déjà entrée en pleine phase d'effondrement et de descente, et n'avait plus le loisir de faire un retour offensif jusqu'à la murette supérieure.

Je veux bien que la machine, une fois empêtrée dans le réseau, lui ait imprimé une secousse en avant par sa force vive longitudinale; mais, sous la soudaineté même du choc, elle n'a pu que briser les barres, non entraîner et relever sensiblement la poutre entière, que tous les poids morts et roulants se hâtaient de précipiter dans la Birse.

Est-ce en réalité une chose bien extraordinaire qu'une travée légère, à voie unique, se soit une bonne fois laissée entraîner par l'irruption soudaine d'un train de 324 tonnes mis en phase de ralentissement par le jeu des freins Westinghouse? travée ne pesant que 68 tonnes, platelage et voie compris, appuyée à un bout sur des rouleaux, et sur laquelle viennent fondre deux machines de 67 tonnes chacune, au moment où elles mettent en jeu le frottement de leur poids adhérent de 35 tonnes pour préparer l'arrêt de la station.

La force d'entraînement ici invoquée est loin d'être un mythe; le fait est que dès l'origine des chemins de fer, les ingénieurs ont eu à lutter contre le déplacement longitudinal des

sion. Une voie sur rouleaux roulerait en avant; des rails tenus seulement par le serrage des têtes de crampons glissent; des traverses enfouies dans un ballast mou pourront aussi se remuer, et tous ces effets ne sont ni chimériques ni toujours négligeables.

Voici d'ailleurs un exemple se rapportant à un grand pont. Il ne s'agit plus ici, comme à Mönchenstein, d'un ébranlement des points d'appui, mais d'une déformation des travées.

M. l'ingénieur Le Rond, que l'administration française des Ponts et Chaussées avait délégué en mission d'études aux Etats-Unis, rapporte, dans les annales de mars 1889, que, sur le pont de Saint-Louis, les rails de chacune des voies cheminaient, sans qu'aucun moyen permit de s'y opposer, d'environ 0<sup>m</sup>60 par jour dans le sens de la marche des trains. Voilà certes un fait qui mérite considération, et le mal venait de la faiblesse des tympans des arches, dénués de grandes diagonales. Il faut donc croire qu'une déformation longitudinale sensible des trois arches, dont les portées atteignent 153, 158 et 153 mètres, favorisait le mouvement propulsif de la voie; puis, lorsque l'ouvrage métallique opérait son retour élastique à l'état primitif, il se mettait à glisser légèrement sous les rails; ces derniers, en effet, après avoir assez facilement attiré après eux, par la force des éclissages, la voie aux abords, offraient

maintenant un excès de résistance au recul. Vaincue sous la puissance dynamique du train, cette retenue de la portion de voie extérieure au pont devenait prépondérante devant la réaction douce des travées. Pour remédier au mal, on a été obligé de beaucoup renforcer le pont de Saint-Louis. En 1896, un cyclone a détruit la superstructure de l'arche orientale.

Si un train mis en phase de ralentissement exerce sur la voie une poussée en avant, un train en accélération devra pareillement, par ses ruades pour avancer, tendre à chasser le sol derrière lui. Cela est vrai; mais si l'effet produit dans ce sens est généralement insensible, cela tient à ce que l'effort en jeu est bien moindre; la force de vapeur est limitée, ne se développe que dans la mesure de l'adhérence de la machine seule; enfin, elle agit gentiment, et non pas avec la soudaineté, la brutalité des freins continus. Aujourd'hui qu'on peut voir des express de 250 tonnes, armés de façon à pouvoir caler toutes leurs roues en cas d'arrêt de détresse, avec adhérence pouvant monter à  $\frac{1}{5}$  et même  $\frac{1}{4}$ , les ingénieurs prudents se verront obligés de compter avec l'éventualité de poussées pouvant aller jusqu'à 50 ou 60 tonnes<sup>1</sup>. En principe, lorsque tout, sur le terrain se tient d'une façon bien homogène, l'effort total se dissémine également sur toute l'alongueur qu'occupent les roues enrayées; par contre dans un tel ensemble mobile, où toutes secoue, rien n'est dangereux comme un point de clouure fixe, quand il n'est pas sûr de tenir jusqu'au bout: sa résistance même amène sur lui une concentration des efforts susceptible de lui devenir fatale. N'est-ce pas ce qui aura eu lieu à l'appui fixe (culée Bâle) du pont de Mönchenstein? Cet appui, par simple frottement sans ancrage, l'autre appui étant mobile, était la seule attache sérieuse qui empêchât le pont de bouger.

La concentration éventuelle dont nous parlons serait peut-être un point de vue à suggérer à M. Jasinski, à propos de son article de juillet 1895 dans la *Revue générale des chemins de fer*; elle serait de nature à lui faire aggraver encore les conditions sévères, avec adhérence  $\frac{1}{4}$ , sur lesquelles il base ses calculs de l'influence de la poussée dynamique des trains freinés sur la résistance des tabliers de ponts. Il s'est borné, en effet, à n'attribuer à chaque panneau de travée que l'impulsion individuelle de l'élément de train directement superposé. Or, pour peu que la voie aux abords oscille dans un ballast détrempé, la portion de poussée qui s'y exerce sans être immédiatement amortie, se reportera sur l'ouvrage d'art plus solidement assis.

En ce qui concerne le support fixe d'un tablier de pont, il n'est pas douteux que, dans la majorité des cas et pour les ouvrages importants, la liaison à la maçonnerie se trouve assurée par le seul frottement, sans ancrage. Quant aux petits tabliers, dans des endroits exposés au freinage des trains, il est possible qu'autant vaille les laisser subir les secousses que de transmettre, par liaison rigide, l'ébranlement aux maçonneries; cela, pourvu que la voie soit stable, bien éclissée, et se charge de tenir au besoin son pont en place, ce qui pourtant n'est pas pour elle un rôle normal. Si l'ouvrage était particu-

<sup>1</sup> Les accidents à craindre sont en effet d'ordre exceptionnel. En circonstances normales, un freinage ne doit pas faire appel à une force retardatrice dépassant le 10 ou même le 5% de la masse totale en mouvement, mais tout calcul de résistance doit envisager l'éventualité la plus fâcheuse.

lièrement léger, mobile sur rouleaux, insuffisamment retenu par les murettes-garde-grève, une mesure prudente serait de ne pas l'assujettir aux rails, mais d'interposer une couche de ballast. La question est délicate et mérite d'attirer l'attention.

La force impulsive des trains met en cause la stabilité des appuis de ponts dans le sens d'un glissement longitudinal. Si l'on voulait s'occuper de la stabilité transversale, c'est au vent qu'elle se rapporte. On a bien parlé naguère d'un viaduc sur la « Grand River » (île Maurice) « soufflé » par un ouragan, de même qu'une partie d'un pont d'Omaha, qui fut chassée de côté dans le Missouri; mais, en général, des précautions de retenue suffisantes et bien simples ont toujours été prises; là où des calages comportent des plaques superposées, celles-ci s'emboîtent l'une l'autre, ainsi que la semelle de poutre, par des rebords latéraux.

Il resterait enfin l'éventualité de soulèvements de poutres au-dessus de leurs appuis. La chose pourrait arriver à de petits tabliers boulonnés avec la voie; le rail, trouvant un point ferme sur la murette-garde-grève de la culée, agirait comme levier de levage du pont dans l'instant où, sous le poids d'une lourde locomotive, il viendrait à s'affaisser un peu sur le remblai compressible adjacent. Sans doute, cela se réduit le plus souvent à une affaire de petites secousses de la voie, dont on ne se préoccupe pas autrement; mais encore n'est-il point superflu de réfléchir à tous les effets réalisables. Au viaduc sur la Paudèze, près Lausanne, les rails arrachant des crampons, on avait senti le besoin de consolider par des cadres en charpente le remblai contre la culée.

## LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION SUISSES

par A. GREMAUD

Ingénieur en chef des ponts et chaussées du canton de Fribourg.

(Suite et fin <sup>1</sup>.)

### b) Calcaire dur.

Société technique de Neuchâtel (Perrier, Colin et Convert). Elle a collaboré à l'établissement de la façade du pavillon des essais: clochetons en pierre jaune de Hauterive.

La pierre de Hauterive appartient à l'étage néocomien du terrain ocrasé; son caractère extérieur le plus général consiste dans sa couleur ocrasée qui lui a valu le nom de « pierre jaune » et qui se maintient avec des nuances diverses dans toute l'épaisseur du massif. Son exploitation date des temps les plus reculés.

Les bancs de cet étage qui fournissent la pierre de taille, sont ceux du fond, c'est-à-dire les plus anciens au point de vue géologique; leur épaisseur varie de 20 à 25 m.

Physiquement, elle se présente comme une pierre oolithique, d'un tissu peu serré; elle se laisse travailler facilement tout en étant durable et insensible à l'action des agents atmosphériques; les moulures de la cathédrale de Neuchâtel qui datent du XII<sup>e</sup> siècle en font foi.

L'exploitation produit annuellement 2000 m<sup>3</sup> de taille.

### c) Calcaire susceptible de politure.

La Société des carrières de Saint-Triphon a exposé un obélisque en calcaire de Saint-Triphon, formé d'une colonne

<sup>1</sup> Voir *Bulletin* année 1898 N<sup>o</sup> 8 et année 1899 N<sup>os</sup> 1, 2 et 4.