

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes  
**Band:** 18 (1892)  
**Heft:** 5 & 6

**Artikel:** Vibrations des ponts métalliques: compte-rendu  
**Autor:** Vautier, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-16939>

### **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:** 13.03.2025

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

enfoncés dans la vase semi-liquide, en raison de leur densité plus grande<sup>1</sup>. Beaucoup de matériaux sont sans doute restés dans l'aire même de l'arrachement.

*Volume de l'éboulement.* — Les résultats qui précèdent sont, me semble-t-il, assez concluants et assez complets pour nous permettre de déterminer quelle a été l'importance de cet éboulement.

L'aire du premier éboulement occupe une surface ayant en chiffre rond 5000 m<sup>2</sup>, si nous admettons comme épaisseur moyenne du terrain glissé le chiffre de 3 m., qui n'est certainement pas exagéré, nous obtenons un cube de 15 000 m<sup>3</sup>.

L'aire des éboulements et des érosions subséquentes est de 12 000 m<sup>2</sup> et prenant 1 m. comme épaisseur moyenne on obtient avec les 15 000 m<sup>3</sup> ci-dessus, un volume total de 27 000 m<sup>3</sup> de terrain glissé au fond du lac.

La partie de terre émergée qui a disparu se monte, déduction faite du port et en comptant la maçonnerie hors de terre, à environ 1900 m<sup>3</sup>, ce qui représente seulement le 7 % du total du terrain éboulé. *L'éboulement sous-lacustre est donc bien plus considérable que l'effondrement visible des terres émergées.* Et il faut encore tenir compte qu'une grande partie de ces dernières a disparu ensuite d'érosions subséquentes à l'éboulement, par la simple action des vagues.

On peut admettre qu'une grande partie du terrain du premier éboulement est allé se répandre au fond du lac, tandis qu'une grande partie des éboulements subséquents se sont déversés dans le champ d'arrachement, en comblant la partie inférieure de celui-ci, enfin le terrain arraché de la rive a formé le dépôt le long de la ligne A-B. Il y a lieu de penser que les  $\frac{2}{5}$  du total des terrains glissés sont restés dans l'aire d'arrachement, les  $\frac{3}{5}$  se sont répandus dans le champ de déjection. Celui-ci d'une surface d'au moins 45 000 m<sup>2</sup> a donc reçu 16 000 m<sup>3</sup> de matériaux ce qui fait un exhaussement de tout au plus de 0,35 m. Entre les courbes 300 et 250, le sol a été exhausé d'une valeur supérieure à 0<sup>m</sup>35. Plus bas l'exhaussement est presque imperceptible. Il se peut de plus qu'une partie du dépôt se soit enfoncé dans la vase en refoulant celle-ci. Je ne sais pas, en effet, s'il faut considérer l'intumescence très prononcée qui se trouve à l'ouest de la coulée de graviers, entre la ligne n-o et la ligne pointillée n-r, comme le produit d'un refolement de la vase limoneuse? Les sondages fédéraux ne permettent pas d'affirmer ou de nier la préexistence de cette saillie sur le talus antérieurement à l'éboulement. Je ne considère pas la chose comme impossible, mais il n'est pas prudent d'être plus affirmatif sur des phénomènes qui sont à tel point en dehors de nos moyens d'investigation. Dans tous les cas la sonde n'a rencontré dans toute cette région à l'ouest de la ligne n-o que de la vase grise impalpable et il n'est pas possible de dire si elle a été remaniée ou non.

(A suivre.)

<sup>1</sup> A plusieurs reprises, pendant les sondages, le poids de la sonde s'était enfoncé si bien dans le limon que je le croyais accroché à quelque obstacle.

## VIBRATIONS DES PONTS MÉTALLIQUES

Compte-rendu par A. VAUTIER, ingénieur.

Dans un travail récent, notre éminent collègue, M. J. Gaudard, mentionnait le fait que les constructeurs ne s'occupent que de la statique et négligent généralement les phénomènes dynamiques qui se produisent dans certains ouvrages. C'est aussi l'opinion de M. le professeur Friedrich Steiner, de Prague, lequel a présenté à la Société des ingénieurs et des architectes autrichiens<sup>1</sup> un rapport très remarqué sur les vibrations des ponts métalliques, sur l'influence de la température, sur la résistance des métaux et sur les qualités comparatives des fers employés dans la construction.

Nous nous bornerons ici à la question des vibrations.

On sait que lorsqu'un corps élastique est soumis à un choc ou à une impulsion, il se met à vibrer. S'il s'agit d'une longue tige de fer, par exemple, on pourra constater que ce mouvement vibratoire se transmet avec une vitesse égale à celle du son, soit environ 5000 m. par seconde, et que la tige présente des points où le déplacement moléculaire est nul, des nœuds, tandis qu'en d'autres points la vibration est considérable.

On sait aussi que ces vibrations peuvent amener la rupture, ce que l'on prouve parfois par l'expérience suivante. Un verre à pied en cristal mince donne quand on le frappe une note basse; si pendant qu'il vibre encore un chanteur émet avec force la même note près l'ouverture du verre, il pourra en amener la rupture en augmentant ainsi les vibrations sonores.

Le nombre de vibrations qui peuvent se produire en un temps donné et leur intensité dépendent de la nature du solide, de ses dimensions et de son état de tension.

Si le choc ou *impulsion* qui a produit la première vibration vient à se répéter en concordance exacte avec les vibrations du solide, les ondes vibratoires s'ajouteront. Il en sera de même si le nombre des impulsions par seconde est exactement la moitié ou le quart du nombre de vibrations du solide. Si ce nombre est double, la vibration cesse, car une impulsion détruit l'effet de la précédente.

Lorsqu'il s'agit d'un pont, les impulsions auxquelles il est exposé sont: les pas répétés des piétons et des chevaux, le roulement des voitures sur une aire raboteuse ou celui des trains sur une voie présentant des joints. Les contrepoids des roues motrices des locomotives peuvent aussi donner lieu à des impulsions périodiques.

On connaît depuis longtemps l'effet produit par une troupe en marche sur un pont suspendu et l'on a observé que les piétons ont une tendance instinctive à régler leur pas sur les oscillations du tablier, ce qui augmente leurs amplitudes.

Lors de l'essai du pont suspendu de 150 mètres de portée, Kaiser Franz Josephs-Brücke, qui eut lieu en 1883, on fit plusieurs expériences en faisant circuler des chars lourdement chargés et des troupes, en mesurant soigneusement les inflexions des câbles et des piliers. Les tensions en divers points étaient constatées au moyen de l'indicateur de tensions de Fränkel, de manière à pouvoir déterminer le véritable coefficient de travail dans les parties principales de l'ouvrage.

<sup>1</sup> *Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins*, Heft N° 8 u. 10, 1892. Un extrait étendu de ce rapport a paru dans la *Schweizerische Bauzeitung* en avril.

En observant le point de la chaîne situé à 30 mètres du pilier de droite, on constata que la tension atteignit 300 kg. par cm<sup>2</sup>, lorsqu'un convoi de dix chars très chargés pénétra sur le pont.

Lorsqu'un régiment traversa le pont en rompant le pas, on eut un résultat semblable, mais lorsqu'une demi-compagnie marcha rigoureusement au pas, les poutres porteuses se mirent à osciller vivement et les chaînes y participèrent, tantôt déchargées, tantôt surchargées. Le coefficient de travail atteignit 450 kg. par cm<sup>2</sup>. En même temps, le point de la chaîne situé à 75 mètres du pilier n'éprouvait aucune oscillation.

Les ponts suspendus ne sont pas seuls à subir ces vibrations, on a pu le constater entre autres sur le pont du Kirchenfeld, à Berne, et déjà en 1883 le professeur Robinson avait énoncé, dans un rapport à la compagnie du chemin de fer de l'Ohio, que pour chaque pont il y a une vitesse dangereuse au point de vue des vibrations et il donnait des preuves à l'appui.

Le professeur Steiner a établi pour divers ponts métalliques le nombre de vibrations par seconde qui leur est propre. Voici le résultat de ses calculs.

Portées.	10	20	40	60	80	100 m.
Ponts chargés . .	6,1	4,3	3,1	2,5	2,2	1,9
Ponts non chargés.	15,3	8,9	5,4	3,9	3,1	2,6

On voit ainsi que ce nombre de vibrations par seconde est d'autant moindre que la portée est plus grande et qu'il est plus grand pour les ponts non chargés.

Il a aussi déterminé le nombre des impulsions qui proviennent d'un train en mouvement, savoir celles dues au défaut d'équilibre des contrepoids des roues de locomotives et celles résultant des défauts de continuité des rails. Les premières dépendent de la vitesse et du diamètre des roues motrices, leur nombre par seconde est donné par le tableau suivant :

Vitesse du train en kilom. à l'heure.	Diamètre des roues motrices.		
	1,2 m.	1,5 m.	1,8 m.
20	1,5 secondes.	1,2 secondes.	1,0 secondes.
40	3,0 »	2,4 »	2,0 »
60	4,4 »	3,5 »	3,0 »
80	5,9 »	4,7 »	3,9 »

Les impulsions dues aux irrégularités de la voie dépendent de la distance des essieux de la locomotive. Leur nombre par seconde est de :

Vitesse du train en kilom. à l'heure.	Distance des essieux.		
	1,2 m.	1,5 m.	1,8 m.
20	4,6 secondes.	3,7 secondes.	3,1 secondes.
40	9,3 »	7,4 »	6,2 »
60	13,9 »	11,1 »	9,3 »
80	18,6 »	14,8 »	12,3 »

Si l'on n'a égard qu'au premier genre d'impulsion, un pont de 40 mètres d'ouverture non chargé serait mis en vibrations par une locomotive ayant des roues de 1<sup>m</sup>2 marchant à 40 kilomètres à l'heure, car le nombre d'impulsions par seconde 3 concorde avec le nombre de vibrations 3,1 propre au dit pont.

Il n'est pas nécessaire du reste que ces deux nombres soient identiques, il suffit que l'impulsion agisse dans le même sens que la vibration déjà acquise et le point d'application de l'impulsion est indifférent, comme il en est d'une corde qui rend toujours le même ton, quelque soit le point où on la frappe.

Le contrepoids d'une roue motrice décharge le pont quand il occupe sa position supérieure, il le charge dans sa position infé-

rieure. Lorsque les manivelles sont à 90°, l'action des deux contrepoids se combine pour provoquer une vibration dans tout le pont. Le professeur Steiner a trouvé que dans certains cas le ralentissement progressif d'un train au passage d'un pont peut produire une vibration intense des poutres porteuses.

L'auteur de la théorie que nous venons d'esquisser a cherché à l'appliquer à la rupture du pont de Mönchenstein. Il connaissait d'après l'enquête la portée et le système de construction de l'ouvrage, ainsi que la vitesse approximative du train et l'écartement des essieux des locomotives. Il suppose que les rails présentaient au moins un joint capable de produire un choc et émet l'hypothèse que les contrepoids des deux machines se trouvaient dans la même position. Dans ces conditions, il estime que les vibrations ont pu avoir un rôle important dans la rupture des poutres. Le savant professeur se garde bien d'affirmer que ces diverses suppositions se sont effectivement réalisées, ni que sa théorie soit arrivée à un degré de précision qui permette de conclure avec certitude, mais il y a certainement intérêt à faire ressortir que les actions dynamiques négligées jusqu'ici peuvent dans certains cas présenter quelque importance.

En attendant que le progrès de la science expérimentale permette aux ingénieurs de calculer d'avance les effets des vibrations sur le travail moléculaire du métal, on peut tirer les quelques enseignements pratiques que voici :

a) Les ponts qui présentent un poids mort important sont moins sujets à vibrer que les ponts légers ;

b) Il n'est pas utile de ralentir la marche des trains sur tous les ponts. Certains d'entre eux vibreront beaucoup plus sous un train lent que sous un train rapide, pour d'autres ce sera l'inverse. — Cette mesure ne se justifie que pour diminuer les effets d'un déraillement.

c) Il est rationnel d'adopter dans le calcul des constructions métalliques des coefficients de sécurité d'autant plus grands que les ouvrages seront plus exposés aux chocs.

Les recherches du professeur de Prague corroborent donc les us et coutumes de la construction métallique ; elles constituent un premier pas dans un domaine peu exploré et dont la découverte permettra de baser les calculs de résistance des ponts métalliques sur des données toujours plus précises.

## BIBLIOGRAPHIE

COURS D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. Quinze conférences données aux ingénieurs de la Compagnie des chemins de fer du Jura-Simplon, par A. Palaz, professeur. — F. Rouge, éditeur.

Les nombreux ingénieurs qui n'ont pas eu le privilège de suivre pendant leurs études un cours sur l'électricité sont maintenant mis en mesure de combler cette lacune et ils ne sauraient mieux faire que de prendre pour guide de leurs premiers pas dans ce riche domaine, les excellentes conférences de M. Palaz. S'adressant à un public occupé, le savant professeur a pris la peine de condenser, en quelque 400 pages, tout ce qui est nécessaire pour l'étude des applications industrielles et des lois générales de l'électricité en ne supposant chez ses lecteurs que la connaissance de l'algèbre et de la mécanique.

Son exposé clair, concis et complet entraîne sans exiger d'autre effort que celui de caser dans la mémoire la signification de quelques mots nouveaux. Beaucoup de techniciens se joindront à nous pour remercier l'auteur et pour le féliciter d'avoir aussi heureusement rempli son programme.

M. le professeur Palaz a bien voulu remettre un exemplaire de son cours à la bibliothèque de la Société.