

Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 17 (1891)
Heft: 3 & 4

Artikel: Note sur la détermination de la tension des poutres soumises à la flexion au moyen de la flèche
Autor: Orpiszewski, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-16477>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.12.2025

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

TABLEAU N° 15

donnant pour chacune des industries allemandes la répartition des blessures suivant leur gravité, pour l'année 1887.

CORPORATIONS PROFESSIONNELLES	Sur 1000 assurés		Sur 100 ouvriers atteints				
	Tués	Atteints	Incapacité de plus de 6 mois		Incapacité de 3 à 6 mois	Cas de mort	Total
			Totale	Partielle			
1. Mines	2,45	8,30	20,02	33,11	17,31	29,46	100
2. Carrières	0,95	4,16	15,88	49,04	12,16	22,92	100
3. Mécanique de précision	0,12	1,93	1,28	87,18	5,13	6,41	100
4-11. Fer et acier	0,74	5,06	8,44	65,95	15,51	10,10	100
12-13. Métaux	0,12	1,85	8,33	75,00	10,42	6,25	100
14. Instr. de musique	0,11	2,14	10,25	79,49	5,13	5,13	100
15. Verrerie	0,18	1,52	7,46	67,17	13,43	11,94	100
16. Poterie	0,06	1,33	23,44	62,50	9,37	4,69	100
17. Tuilerie	0,37	2,03	27,91	43,67	10,07	18,35	100
18. Industrie chimique	0,90	5,73	12,34	61,49	10,43	15,74	100
19. Gaz et eau	0,85	3,86	12,35	48,15	17,28	22,22	100
20-26. Industrie textile	0,33	2,02	6,09	76,64	10,16	7,11	100
27. Industrie de la soie	0,06	0,84	10,00	56,67	26,66	6,67	100
28. Papeterie	0,69	6,03	17,39	62,21	9,03	11,37	100
29. Travail du papier	0,16	1,49	1,37	80,82	6,85	10,96	100
30. Cuir	0,42	2,89	20,00	52,73	12,72	14,55	100
31-34. Bois	0,50	4,93	20,39	63,13	6,34	10,14	100
35. Meunerie	0,98	6,23	22,33	54,37	7,57	15,73	100
36. Indust. alimentaires	0,28	3,16	6,19	81,41	3,54	8,86	100
37. Sucrerie	0,40	2,65	3,88	70,32	10,60	15,20	100
38. Distillerie	0,77	3,25	19,53	47,66	9,37	23,44	100
39. Brasserie	1,48	9,08	15,56	58,50	9,66	6,28	100
40. Tabac	0,06	0,51	4,35	63,04	21,74	10,87	100
41. Vêtement	0,03	0,79	13,24	79,41	2,94	4,41	100
42. Ramoneurs	1,06	3,01	29,41	11,77	23,53	35,29	100
43-54. Bâtiment	0,97	4,76	26,93	39,04	13,71	20,32	100
55. Imprimerie	0,09	1,02	8,77	66,67	15,79	8,77	100
56. Chem. de fer privés	1,02	3,77	36,54	24,04	12,50	26,92	100
57. Tramways	0,68	3,23	26,57	34,97	17,48	20,98	100
58. Expéditions	1,29	6,33	34,01	34,59	11,05	20,35	100
59. Conduct. de voitures	2,40	8,08	10,65	46,26	12,02	34,07	100
60-62. Navigat. intérieure	1,76	4,17	15,62	30,80	11,61	44,97	100

étude de M. Bellom sur le rapport de l'office impérial, donne pour chaque industrie, la répartition des accidents indemnisés en 1887, suivant leur gravité mesurée par le temps d'incapacité de travail qui en est résulté.

Ce tableau montre en particulier que si le coefficient de mortalité, 2,45 pour 1000, de la corporation minière dépasse tous les autres, le nombre total des hommes atteints (tués ou blessés), est plus élevé pour le syndicat de la brasserie, 9,08 pour mille, et presque aussi élevé pour les conducteurs des voitures, 8,08 pour mille, que pour les ouvriers mineurs. On voit aussi que le nombre des invalides est plus élevé dans plusieurs autres industries.

Nous avons simplifié le tableau de M. Bellom, qui est très chargé, en supprimant les colonnes relatives aux nombres absolus des accidents et aux ayants droit de pension en cas de mort. (Pour ces données nous devons renvoyer aux *Annales des mines*, 4^{me} livraison de 1890, page 175.)

Rappelons seulement que pour la corporation minière, qui nous intéresse en première ligne, la répartition porte sur 313 227 assurés et 2872 ouvriers atteints, dont 22 femmes.

Nous ne pousserons pas plus loin cette étude statistique, craignant qu'elle ne paraisse déjà bien longue à nos lecteurs. Mais il est indispensable de se rendre compte de l'étendue, de la gravité et de la complication d'un mal contre lequel on tient à lutter avec avantage, afin de pouvoir concentrer les efforts sur les points les plus importants. Aussi bien, l'analyse détaillée des nombreuses données statistiques qu'on possède aujourd'hui sur les accidents des mines, nous a-t-elle paru le fondement obligé de l'étude sur les moyens propres à prévenir ces accidents, qui fera l'objet de nos prochains articles.

Février-Mars 1891.

NOTE

SUR

LA DÉTERMINATION DE LA TENSION DES POUTRES

SOUMISES A LA FLEXION AU MOYEN DE LA FLÈCHE

par J. ORPISZEWSKI, ingénieur.

La solidité d'une poutre soumise à la flexion sous l'effet d'une charge, s'estime par la flèche qu'elle accuse dans les essais; si la poutre est exécutée conformément à ce qu'elle doit être pour résister aux efforts qu'elle est appelée à subir, la flèche qu'elle prendra sous la charge d'essai ne dépassera pas une limite fixée par le calcul. — La formule exacte employée ordinairement pour une poutre symétrique, reposant sur deux appuis de niveau et uniformément chargée est:

$$f = \frac{5}{384} \frac{p l^4}{E I}$$

Quand on essaye une poutre neuve, on connaît par les calculs de résistance la valeur I ainsi que celle du poids p qui a servi à déterminer les dimensions des différentes pièces de l'ouvrage. On n'a donc, le jour de l'essai, qu'à vérifier si la flèche diffère de la valeur donnée par la formule ci-dessus.

Mais il arrive souvent aussi qu'on désire se rendre compte rapidement du degré de solidité d'un ouvrage ancien, pour lequel on ne possède parfois pas de dessins exacts et généralement plus les calculs de résistance. Dans ce cas-là il est toujours fort long de calculer la valeur de I ; et ce qu'on désire surtout connaître, c'est le coefficient auquel travaille la matière sous l'action des charges que l'ouvrage doit supporter.

Dans son ouvrage sur la mécanique appliquée aux constructions, M. le professeur Collignon donne une formule beaucoup plus simple et plus facile à calculer que la formule ordinaire et qui précisément nous permet de vérifier le coefficient cherché au moyen de la flèche.

Il nous fait remarquer en effet, à propos des poutres en treillis, qu'en nommant F la pression ou la tension totale qui s'exerce dans les bandes horizontales d'une poutre, ω la section de ces bandes et E le coefficient d'élasticité (que pour les grands ouvrages il conseille de prendre égal à 16 000 000 000), l'élément dx de la poutre pris avant la flexion, devient après celle-ci:

$$\text{pour la bande comprimée } dx \left(1 - \frac{F}{E \omega} \right)$$

et pour la bande tendue $dx \left(1 + \frac{F}{E\omega}\right)$

En nommant ρ le rayon de courbure de l'axe moyen de la poutre, lequel axe est à une distance $\frac{H}{2}$ de chaque bande, nous avons la proportion

$$\frac{\rho + \frac{H}{2}}{\rho - \frac{H}{2}} = \frac{dx \left(1 + \frac{F}{E\omega}\right)}{dx \left(1 - \frac{F}{E\omega}\right)}$$

d'où

$$\rho = \frac{EH}{2} \times \frac{\omega}{F}$$

Or $\frac{F}{\omega}$ est la charge par unité de surface que nous appelons ordinairement R . — Si donc la poutre est construite de manière à ce que cette valeur $\frac{F}{\omega}$ soit constamment inférieure à une limite donnée R , que par conséquent nous ayons

$$\frac{F}{\omega} < R$$

nous aurons aussi

$$\rho > \frac{EH}{2} \times \frac{1}{R}$$

et par suite nous exagérerons un peu la courbure de l'axe neutre en lui donnant pour rayon la valeur

$$\rho' = \frac{EH}{2R}$$

valeur qui nous donne pour la flèche correspondante

$$f' = \frac{l^2}{8\rho}$$

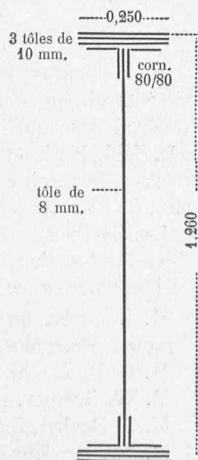
et en remplaçant ρ par sa valeur

$$f' = \frac{R l^2}{4EH} \text{ ou } 0,25 \frac{R l^2}{EH}$$

La flèche véritable f sera donc un peu plus petite que cette valeur f' puisque R est une limite. — En réalité la différence est pour ainsi dire nulle comme nous pouvons le voir par l'exemple suivant, et l'on peut parfaitement prendre cette valeur de f' pourvu toutefois que la poutre soit symétrique et que l'axe neutre passe au milieu de la hauteur.

On calculera un certain nombre de valeurs de f correspondantes à différentes valeurs du coefficient R , ce qui n'exige d'avoir mesuré sur place que la longueur l et la hauteur H de la poutre, et en mesurant la flèche qu'elle prendra sous les charges on aura directement le coefficient auquel travaille la matière.

Prenons par exemple le pont sur la Trutb (ligne de Berne à Lucerne) dont la section est figurée ci à côté. C'est une poutre pleine construite par la maison Ott et Cie; elle a 13,450 de longueur entre les appuis et 1,26 de hauteur. Admettons une valeur moyenne de 18 000 000 000 pour E , puisque c'est un pont de moyenne grandeur, nous obtenons avec la formule



$$f = \frac{R l^2}{4EH}$$

pour des valeurs de R par millimètre carré de :

$$R = 3 \text{ kg. } 4 \text{ kg. } 5 \text{ kg. } 6 \text{ kg. } 7 \text{ kg. } 8 \text{ kg. } 9 \text{ kg. } 10 \text{ kg.}$$

$$f = 0,006 \text{ } 0,008 \text{ } 0,010 \text{ } 0,012 \text{ } 0,014 \text{ } 0,016 \text{ } 0,018 \text{ } 0,020$$

Si nous prenons pour le poids p par mètre courant 4400 kg. correspondant au poids propre de l'ouvrage augmenté de la surcharge nous aurons avec la formule ordinaire

$$f = \frac{5}{384} \frac{p l^4}{EI}$$

$$f = 0,0118$$

ce qui donne bien la même flèche pour un coefficient de 6 kg. par millimètre, coefficient auquel a probablement été calculée la poutre.

Cette valeur de f peut s'obtenir aussi par une simple transformation de l'équation du moment fléchissant maximum; la démonstration est moins élégante, mais elle nous amène à faire la même opération pour des cas différents, toujours bien entendu s'il s'agit de poutres symétriques.

Si dans l'équation connue

$$\frac{R I}{a} = \frac{p l^2}{8}$$

nous remplaçons a , valeur de la distance de la fibre neutre aux fibres les plus tendues, par $\frac{H}{2}$ et que nous remarquons que R n'est que le coefficient par unité de surface que nous avons pris pour limite, nous en tirons la valeur I

$$I = \frac{H p l^2}{16 R}$$

Si maintenant nous introduisons cette valeur de I dans la formule ordinaire de la flèche nous trouvons :

$$\rho = \frac{5}{384} \frac{p l^4}{E} \times \frac{16 R}{H p l^2} = \frac{R l^2}{4,8 EH} = 0,2083 \frac{R l^2}{EH}$$

valeur en effet un peu plus faible que celle donnée par Collignon.

Nous pouvons faire la même transformations dans le cas où la poutre serait encastree et nous trouvons de même

$$f = \frac{R l^2}{16 EH} \text{ ou } 0,0625 \frac{R l^2}{EH}$$

Si la charge se trouve concentrée au milieu

$$f = \frac{R l^2}{6 EH} \text{ ou } 0,1666 \frac{R l^2}{EH}$$

Enfin nous trouvons dans le *Zeitschrift für Bauwesen* deux formules de Schwedler analogues et que je citerai pour finir.

Swedler donne pour la poutre à treillis

$$f = \frac{R l^2}{EH} \left(0,25 + \frac{H}{2l}\right)$$

et pour les poutres paraboliques :

$$f = \frac{R l^2}{EH} \left(0,3465 + \frac{H^2}{l^2}\right)$$

H étant la distance des centres de gravité des semelles de la poutre et l sa longueur, comme dans les formules précédentes.

La première de ces formules revient aussi au même résultat que celle de Collignon. Si nous remarquons en effet que H est généralement à peu de chose près égal à un dixième de la

longueur, le facteur entre parenthèse devient 0,30 et nous avons

$$f = 0,30 \frac{R}{E H}$$

Pour de petits ouvrages la différence entre les deux facteurs est à peine sensible, et pour les grands ouvrages, Collignon attribue à E une valeur de 16 000 000 000, tandis que Schwedler conserve toujours $E = 20\,000\,000\,000$.

La différence n'est donc que celle entre :

$$\frac{0,25}{16} \text{ et } \frac{0,30}{20}$$

soit entre 0,0156 pour le premier chiffre et 0,015 pour le second.

24 mars 1891.

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

Circulaire du Comité central aux sections.

Zurich, le 26 mars 1891.

Honorés collègues,

Nous avons fait connaître, par l'organe de notre société, le *Journal suisse de la construction*, N° 8, du 28 février écoulé, l'invitation qui nous a été adressée, de la part de l'Union des architectes berlinois, à prendre part à l'exposition des Beaux Arts, qui aura lieu à Berlin, du 1^{er} mai au 15 septembre 1891.

N'ayant, depuis lors, reçu de nos collègues aucune demande ou notification concernant cette exposition, nous venons, maintenant, vous prier de bien vouloir vous adresser aux architectes faisant partie de votre section, pour savoir s'ils pensent prendre part à cette exposition d'une manière collective, comme l'indique l'invitation des architectes berlinois et de nous faire connaître sans retard leur réponse.

Si vous le désirez nous pouvons vous faire parvenir une copie du programme et du règlement de l'exposition.

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

*Séance du 22 novembre 1890 à 8 heures du soir
à l'hôtel du Nord.*

Présidence de M. J. MEYER, président.

M. le professeur Gollier ayant bien voulu redire pour notre Société sa leçon inaugurale de *géologie technique*, ses auditeurs ont le plaisir de constater que cette nouvelle branche des sciences appliquées coordonne et éclaire d'un jour nouveau l'étude des mines, l'hydrologie, la cartologie, les éboulements, les percements de tunnels. M. l'ingénieur Cuénod présente une belle collection de photographies des travaux de correction de la Veveyse exécutés par l'Etat de Vaud sous sa direction. M. l'ingénieur cantonal Gonin donne l'histoire de ces travaux.

M. René Guisan, ingénieur, expose le projet de M. Duvillard ingénieur au Creusot pour amener à Paris les eaux du Léman. Nous avons donné ce travail dans notre précédent Bulletin.

*Séance du 13 décembre 1890 à 4 heures
à l'hôtel Beau-Site.*

Présidence de M. G. ROUGE, vice-président.

M. de Sinner, ingénieur, donne un exposé sur les accidents dans les mines, que nous reproduisons dans le présent Bulletin.

*Séance du 10 janvier 1891 à 8 heures du soir
à l'hôtel Beau-Site.*

Présidence de M. J. MEYER, président.

M. l'ingénieur cantonal L. Gonin entretient l'assemblée des travaux du *congrès international de l'utilisation des eaux fluviales* qui s'est réuni à Paris à l'occasion de l'exposition universelle.

Entre autres faits intéressants qui ont occupé le congrès, les bisses du Valais et les irrigations, très anciennes, des terrains sous Lausanne par les eaux du Flon ont eu l'honneur d'une mention.

M. Gonin relate les progrès faits dans la construction des écluses, plans inclinés, ascenseurs à bateaux et l'invention récente d'un vapeur à hélice à très faible tirant d'eau.

*Séance du 25 janvier 1891 à 4 heures du soir
à l'hôtel Beau-Site.*

Présidence de M. J. MEYER, président.

M. Du Pasquier, ingénieur, présente des plans et un modèle d'un four double pour la cuisson du ciment Portland artificiel.

Ce four pour lequel M. Du Pasquier a pris un brevet et qui fonctionne à l'usine de Grandchamp peut produire 8 à 10 tonnes de ciment par 24 heures. Il présente cette particularité qu'il peut être arrêté pendant 18 heures, soit du samedi à minuit jusqu'au dimanche soir à 6 heures, sans inconvénient.

Le ciment Portland est fabriqué avec un mélange de carbonate de chaux et d'argile porté à une température de 2000 degrés.

M. William Grenier, professeur, traite deux questions d'hydraulique industrielle, savoir la détermination du débit d'une conduite donnée réalisant le maximum de travail moteur, puis la détermination du diamètre le plus économique en tenant compte non seulement de l'intérêt et de l'amortissement du coût des travaux mais encore du coût de l'eau motrice.

*Séance du 14 février 1891 à 8 heures du soir
à l'hôtel Beau-Site.*

Présidence de M. G. ROUGE, vice-président.

L'assemblée décide l'envoi d'une adresse de félicitations aux maisons Fäesch et Piccard et Cuénod-Sautter, toutes deux à Genève, à l'occasion du succès qu'elles viennent d'obtenir dans le concours pour l'utilisation des forces du Niagara.

M. Sambuc, ingénieur, donne la description de son nouveau système de chauffage à circulation d'air chaud et à ventilation facultative.

*Assemblée générale du 21 mars 1891 à 4 heures du soir
à l'hôtel Beau-Site.*

Présidence de M. J. MEYER, président.

M. le président lit son rapport annuel sur l'activité de la Société et de son Comité et invite l'assemblée à se lever pour rendre hommage à la mémoire de deux de ses membres décédés, MM. Pellis et Buttica, ingénieurs. — Par de nouvelles recrues, le nombre des membres de la Société s'élève maintenant à 151.

Les élections statutaires faites par l'assemblée, puis la répartition des fonctions décidée par le Comité, constituent celui-ci de la manière suivante pour l'année 1891-1892.

M. J. Meyer, ingénieur en chef de la Compagnie du Jura-Simplon, *président*.

M. G. Rouge, architecte, *vice-président*.

M. W. Grenier, professeur, *secrétaire*.

M. S. Rochat, ingénieur, *caissier*.

M. Th. van Muyden, architecte.