

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 29 (1903)  
**Heft:** 16

**Artikel:** L'arc élastique sans articulation  
**Autor:** Guidi, C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-23503>

### **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:** 17.07.2025

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

le levier fermant le clapet. Des contrepoids V, consistant en caisses remplies de sable, font équilibre au clapet et en rendent la marche facile et silencieuse.

Le rideau est fixé au sol à sa partie inférieure pour éviter d'être enlevé par le vent; il se replie sur lui-même dans un couloir B de dimensions convenables.

Le coût de cette installation, comprenant la location, le montage et démontage du matériel complet et la manœuvre, a été de fr. 4500. Elle a parfaitement fonctionné.

7° *Chemin des cortèges*. Dans le but de permettre aux cortèges de se développer sur un long parcours aux yeux des spectateurs, en même temps que pour éviter un encombrement de la scène lors de leur passage, il fut prévu un chemin des cortèges. Il est compris entre deux larges baies ménagées dans les parois latérales faisant suite aux pylônes; sa longueur est d'environ 150 m., sa largeur de 4 m. Il se développe en rampe douce et en courbe, du niveau du terre-plein à celui de la scène. Un espace de 1<sup>m</sup>,50, en avant du rideau, ménagé pour ce chemin, augmente du même coup la place disponible sur la scène, puisque, comme nous l'avons vu, la fosse du rideau est fermée par un clapet. L'idée de ce chemin des cortèges a certainement été une heureuse innovation.

8° *Chœur et orchestre*. Un hémicycle ménagé en avant de la scène est destiné au chœur mixte (300 chanteurs) et à l'orchestre (100 musiciens), disposés concentriquement autour du directeur. Les figures 2 et 6 donnent une idée de la construction de cette partie. Situé forcément au point bas, enterré même, cet emplacement est condamné à recevoir toutes les eaux de pluie. Un drainage spécial est établi pour évacuer celles-ci. Il a été ménagé une hauteur de 1 m. entre le plancher et le fond de la fosse, afin de constituer une caisse de résonance renvoyant les sons dans la mesure du possible. Cette disposition ne paraît pas avoir rendu tout ce qu'on en attendait.

9° *Amphithéâtre*. A l'inverse de ce qui a lieu d'ordinaire, la construction de ce grand amphithéâtre de 7000 m<sup>2</sup> n'a présenté aucune difficulté spéciale, grâce à l'emplacement choisi.

Du point bas où est l'orchestre, le terrain s'élève graduellement et forme un amphithéâtre naturel. Le profil des estrades de forme parabolique est donné par la figure 3. Il épouse à peu près la forme du sol, de sorte qu'il a suffi de niveler celui-ci et d'y poser les poutres nécessaires. Les estrades présentent ainsi toute garantie de stabilité. Dans l'angle supérieur Est du grand trapèze, la construction atteint une hauteur maximum de 3 mètres. Les figures 4 et 5 permettront au lecteur de se renseigner sur les deux types de construction adoptés, selon que l'estrade est à fleur du sol ou surélevée. La forme trapézoïdale des estrades s'imposait d'elle-même, la direction des côtés du trapèze étant déterminée de ma-

nière que, des places les plus excentriques, le rayon visuel tangent aux pylônes rencontre la toile de fond sur l'axe de la scène.

Comme aménagement les estrades ont été des mieux comprises. Divisées en 38 secteurs par des couloirs horizontaux de 2 mètres et des passages inclinés de 1<sup>m</sup>,30 de largeur, la circulation y était des plus facile. La surface moyenne attribuée à chaque spectateur était d'environ 0<sup>m</sup>2,4. Cet espace variait du reste avec le prix des places. A l'exclusion des places de 3 et 2 francs toutes étaient munies de dossiers.

Le service sanitaire des estrades est à signaler. Pendant les représentations les couloirs horizontaux étaient arrosés par des jets partant des extrémités de ces couloirs et se rejoignant au milieu de ceux-ci. Des infirmières distribuaient de l'eau pendant les entr'actes et administraient des soins aux gens indisposés par l'ardeur du soleil. Grâce à ces précautions il n'y eut aucun cas grave à enregistrer parmi les 60 000 spectateurs.

Les *cantines* fournies en location par la maison Strohmeier sont constituées par des charpentes démontables, métalliques pour les cantines des figurants et du public, et en bois pour la cantine du public aux places assises. Elles sont recouvertes de toile imperméable et ont parfaitement rempli leur but.

La grande entrée monumentale, ornée de tentures et oriflammes, mérite aussi un éloge spécial.

Telles sont, esquissées à grands traits, les constructions du Festival Vaudois, qui font grand honneur à tous ceux, et ils sont nombreux, qui eurent à s'en occuper, sous la présidence de notre collègue ingénieur, Monsieur le conseiller d'Etat V. Duboux, chef du Département des Travaux publics du canton de Vaud.

A. DOMMER,  
ingénieur et professeur.

## L'arc élastique sans articulation.

par C. GUIDI, professeur.

(Extrait de *Memorie della R. Acc. delle Scienze di Torino*,  
Seria II, Tom. LII.)

Traduit de l'italien par A. PARIS, ingénieur.

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

8. — Lignes d'influence des réactions d'appuis. Nous faisons abstraction des effets de la température et d'affaissement des culées. Pour une charge isolée fixe, égale à 1, nous avons (fig. 7)

$$M_0 = -1 (x_c - x)$$

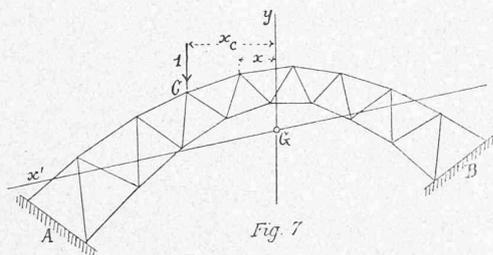
à compter seulement des nœuds de droite. Ces valeurs donnent aux équations 14) la forme<sup>2</sup>:

<sup>1</sup> Voir N° du 10 août 1903, page 207.

<sup>2</sup> Les forces verticales donnant aux deux appuis des poussées horizontales égales, l'indice de H peut être négligé.

$$15) \mathfrak{M} = \frac{1 \sum_{c^B} w (x_c - x)}{\sum w}, \quad A = - \frac{1 \sum_{c^B} w x (x_c - x)}{\sum w x^2},$$

$$H = - \frac{1 \sum_{c^B} w y (x_c - x)}{\sum w y^2}.$$



La sommation contenue dans la valeur de  $\mathfrak{M}$  (éq. 15) représente la somme des moments statiques des poids élastiques  $w$  de  $C$  à  $B$ , par rapport à la verticale de la charge. Le polygone funiculaire  $p_1$ , de distance polaire  $\sum w$ , intéresse les poids élastiques agissant verticalement<sup>1</sup> (fig. 8). Il détermine sur la verticale de la charge l'ordonnée  $\eta_0$ , comptée à partir du côté extrême de droite, telle que

$$\mathfrak{M} = \frac{1 \cdot \eta_0 \cdot \sum w}{\sum w} = 1 \cdot \eta_0.$$

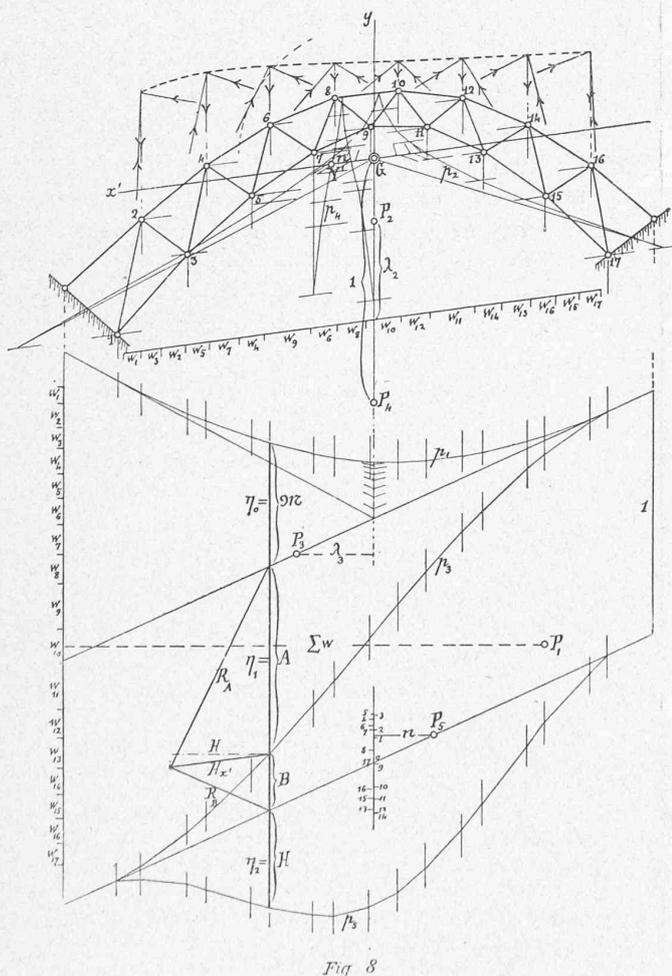


Fig. 8

<sup>1</sup> La figure 8, comme d'autres du même genre, 10, 11, 12, 18, 49, est à regarder comme seulement démonstrative.

La sommation au numérateur de l'expression de  $A$  représente la somme des moments centrifuges des poids  $w$ , pris entre  $C$  et  $B$ , par rapport aux verticales de  $y$  et de la charge considérée, somme qui est négative pour chaque valeur d' $x_c$ ; tandis que la somme au dénominateur est celle des moments d'inertie, pour tout l'arc, par rapport à l'axe des  $y$ . Si donc on fait agir en place des  $w$  les segments proportionnels aux  $w x$ , obtenus sur l'axe des  $y$ , et qu'on les relie par le polygone  $p_3$  de distance polaire arbitraire  $\lambda_3$ , le segment  $\eta$ , intercepté entre lui et son dernier côté de droite sur la ligne de charge, représente, au facteur constant  $\sum(w) \lambda_3$  près, le moment centrifuge cherché. Le segment intercepté entre les côtés extrêmes est proportionnel au moment d'inertie  $\sum w x^2$ . On l'envisage comme unité de force et, après la construction d'un polygone d'essai, on peut choisir  $\lambda_3$  de manière à donner à ce segment la longueur voulue et alors

$$\sum_{c^B} w x (x_c - x) = - \sum w \cdot \lambda_3 \cdot \eta_1; \quad \sum w x^2 = \sum w \cdot \lambda_3 \cdot 1$$

et

$$A = \frac{1 \sum w \cdot \lambda_3 \cdot \eta_1}{\sum w \cdot \lambda_3 \cdot 1} = \eta_1.$$

La sommation au numérateur de l'expression de  $H$  représente la somme des moments centrifuges de  $w$ , entre  $C$  et  $B$ , par rapport à l'axe  $x'$  et à la verticale de la charge, somme qui est aussi négative pour chaque valeur d' $x_c$ . Le dénominateur est le moment d'inertie de tous les  $w$ , pris par rapport à l'axe  $x'$ .

Pour les déterminer, on fait agir les  $w$  parallèlement à l'axe  $x'$  (si l'arc n'est pas symétrique, on doit d'abord déterminer cet axe<sup>1</sup>) on les relie par le polygone  $p_2$  de distance polaire verticale  $\lambda_2$  arbitraire. On considère comme nouvelles forces les segments proportionnels à  $w y$  interceptés par les côtés de  $p_2$  sur l'axe  $x'$ , on les fait agir en place des  $w$  parallèlement à l'axe  $x'$  et on les relie par le polygone  $p_4$ , dont la distance polaire verticale est égale au segment 1 intercepté par les côtés extrêmes de  $p_3$  sur la verticale. Les côtés extrêmes, parallèles, de  $p_4$ , déterminent sur  $x'$  le segment  $n$ .

Enfin on trace un cinquième polygone funiculaire  $p_5$  de distance polaire horizontale égale à  $n$ , en faisant agir verticalement aux nœuds correspondants les segments proportionnels à  $w y$ . Soit  $\eta_2$  l'ordonnée de ce polygone  $p_5$  sur

<sup>1</sup> Pour déterminer l'axe  $x'$ , on prolonge les côtés du polygone  $p_1$  jusqu'à leur intersection avec un axe  $y'$  choisi parallèle à  $y$ , et dont on déterminera l'antipôle par rapport à l'ellipse centrale. Ces côtés interceptent sur  $y'$  des segments proportionnels aux moments statiques des  $w$  pris de cet axe. On fait agir ces segments verticalement en place des  $w$  correspondants et on les relie par un polygone funiculaire de distance polaire arbitraire. Les côtés extrêmes se coupent sur la verticale de l'antipôle  $J'$  cherché. Si on fait agir les poids horizontalement, on détermine l'horizontale par le centre de gravité  $G$ . Puis on fait agir horizontalement les segments précédemment déterminés sur  $y'$  et l'on trouve l'horizontale par  $J'$  qui est ainsi déterminé. La droite  $G Y'$  est l'axe  $x'$  cherché, conjugué à la direction verticale.

Pour simplifier le tracé, on a effacé la construction de l'épure.

la ligne de charge, à partir de sa corde (ce polygone des moments centrifuges doit se fermer, les axes  $x'$  et  $y$  étant conjugués) on aura :

$$\Sigma c^B wy (x_c - x) = -\lambda_2 \cdot n \cdot \eta_2; \Sigma wy^2 = \lambda_2 \cdot 1 \cdot n$$

$$H = \frac{1 \cdot \lambda_2 \cdot n \cdot \eta_2}{\lambda_2 \cdot 1 \cdot n} = \eta_2.$$

Comme nous l'avons déjà dit, il est bon de vérifier par le calcul les moments de premier et second ordre obtenus graphiquement par les différents polygones funiculaires.

Supposons maintenant que la charge se déplace. Nous voyons que

- Le polygone  $p_1$  rapporté à son côté extrême de droite représente la ligne d'influence de  $\mathfrak{M}$ .
- Le polygone  $p_3$  rapporté soit à son côté extrême de droite soit à celui de gauche représente les lignes d'influence soit de  $A$ , soit de son complément  $B$ .
- Le polygone  $p_5$  rapporté à sa corde donne la ligne d'influence<sup>1</sup> de la poussée horizontale  $H$ .

[A suivre].

<sup>1</sup> Comme en réalité les charges agissent sur l'arc par les montants verticaux s'appuyant sur les nœuds supérieurs, les lignes d'influence sont des polygones inscrits aux précédents, et dont les sommets se trouvent sur les verticales des montants.

## Divers.

### Tunnel du Simplon.

Extrait du XIX<sup>me</sup> rapport trimestriel sur l'état des travaux au 30 juin 1903.

Voici les avancements obtenus dans le tunnel du Simplon pendant le deuxième trimestre de cette année :

	Brigue.		Iselle.		Total.
	Progrès.	Etat fin juin.	Progrès.	Etat fin juin.	
Galerie d'avancement.	496	9427	436	6766	16193
» parallèle . . .	510	9315	438	6730	16045
Abatages . . . . .	496	8611	665	6011	14622
Revêtements . . . .	474	8414	734	5824	14238

La température moyenne de l'air a été :

	Brigue.		Iselle.	
	perforation	marinage	perforation	marinage
A l'extérieur . . . . .	12 <sup>o</sup> ,72		11 <sup>o</sup> ,97	
A l'avancement	27 <sup>o</sup> ,5	29 <sup>o</sup> ,3	26 <sup>o</sup> ,6	28 <sup>o</sup>

Du côté Nord les micaschistes et gneiss micacés plus ou moins calcaires ont continué pendant presque tout le trimestre. Au km. 9,400 la galerie pénètre dans le calcaire dolomitique avec quelques veines d'anhydrite cristalline.

Voici quelques indications de température observée dans la roche (à 1<sup>m</sup>,50 de profondeur).

Au km. 8,800 à 87 m. du front d'attaque	48 <sup>o</sup> ,4	le 16 mars,	39 <sup>o</sup> ,6	le 27 avril
» 9,000 » 38	»	48 <sup>o</sup> ,8	» 28 avril,	39 <sup>o</sup> ,6 » 3 juin
» 9,200 » 44	»	42 <sup>o</sup> ,2	» 3 juin,	37 <sup>o</sup> ,5 » 27 »

Dans les trous de mine de l'avancement la température a été, comme dans les trimestres précédents, bien plus élevée :

Au km. 8,950 temp. de la roche	52 <sup>o</sup> ,5	temp. de l'air	29 <sup>o</sup>	11 avril.
» 9,108	» 52 <sup>o</sup> ,1	»	24 <sup>o</sup> ,5	12 mai.
» 9,206	» 50 <sup>o</sup> ,8	»	27 <sup>o</sup>	29 »
» 9,405	» 50 <sup>o</sup>	»	25 <sup>o</sup>	29 juin.

Les sources peu nombreuses et de débit minime ont présenté une température variant de 51 à 52<sup>o</sup>.

Quant au côté Sud, la galerie a traversé pendant tout le trimestre le gneiss schisteux avec galets de gneiss grossier du type d'Antigorio.

Voici les observations de température de la roche :

Au km. 6,200 à 18 m. du front d'attaque	37 <sup>o</sup> ,5	le 13 mars,	31 <sup>o</sup> ,3	le 15 avril
» 6,400 » 17	» 38 <sup>o</sup> ,5	» 17 avril,	33 <sup>o</sup>	» 23 mai
» 6,600 » 18	» 38 <sup>o</sup> ,4	» 28 mai,	34 <sup>o</sup> ,6	» 26 juin

A en juger par la température de la seule source rencontrée, le rocher doit, à 6 400 m., avoir une température voisine de 40<sup>o</sup>; ce qui montre aussi, comme du côté Nord, que la roche se refroidit assez rapidement après qu'elle est mise à nu.

A part quelques places humides avec faibles suintements, il n'y a eu qu'une source de 1 litre minute à forte odeur d'hydrogène sulfuré. Les sources des km. 3,800-4,400 avaient continué à diminuer graduellement jusqu'à la fin d'avril; dès ce moment le débit s'est relevé de 766 à 1011 litres seconde (fin juin). La température des sources froides qui se réchauffaient, s'est abaissée de 4<sup>o</sup>, d'autres se sont réchauffées. Le rapport trimestriel annonce un rapport spécial relatif aux observations faites.

Il a été introduit en moyenne dans la galerie parallèle, en 24 heures, 2 545 340 m<sup>3</sup> d'air (mesuré au km. 7,300) du côté Nord et 2 737 000 m<sup>3</sup> d'air (mesuré au km. 4,520) du côté Sud, aux pressions de 263 et 180 mm. d'eau.

Les abaissements de température produits équivalent à la déduction de 3 205 000 et 1 005 500 calories par heure. Les installations de réfrigération n'ont guère été modifiées du côté Nord, depuis le trimestre précédent, tandis que du côté Sud l'ancienne ventilation suffit toujours aux besoins.

Il a été refoulé journellement dans le tunnel 7871 m<sup>3</sup> (dont 5184 pour la réfrigération) du côté Nord et 1890 m<sup>3</sup> du côté Sud, aux températures de 8,2 et 9,3 degrés centigrades et sous les pressions de 93 et 92 atmosphères. Il est sorti du tunnel 41 et 1 011 litres d'eau par seconde.

Les excavations totales depuis le commencement des travaux ont atteint, au 30 juin 1903, 407 366 m<sup>3</sup> et 295 024 m<sup>3</sup>, tandis que le cube total des maçonneries s'élève à 85 712 m<sup>3</sup> et 65 156 m<sup>3</sup>.

Il a été extrait en moyenne par jour 308 et 323 m<sup>3</sup> de déblais, dont 27,4 et 19 % fait à la main.

La consommation journalière de dynamite a atteint 466 et 470 kg., soit 3,85 et 4,76 kg. par m<sup>3</sup> de déblai à la perforation mécanique et 0,63 et 0,67 kg. par m<sup>3</sup> de déblai à la perforation à la main. En moyenne 1,51 et 1,45 kg. par m<sup>3</sup> de déblai.

On a exécuté, du 1<sup>er</sup> avril au 30 juin, 6 138 et 8 056 m<sup>3</sup> de maçonneries, soit 60 et 96 m<sup>3</sup> par jour.

### Association suisse des Electriciens.

XVI<sup>e</sup> assemblée générale.

L'Association suisse des Electriciens a tenu les 15, 16 et 17 août écoulés sa XVI<sup>e</sup> assemblée générale, à Lausanne, précédée par l'assemblée générale de l'Union des centrales suisses d'électricité.

Cette dernière a eu lieu le samedi 15 août, à 3 h. du soir, dans la grande salle du café du Musée, sous la présidence de M. A. de Montmollin, chef du Service de l'Electricité de la ville de Lausanne.

Une cinquantaine de membres étaient présents.

Après la lecture du procès-verbal de l'assemblée extraordinaire du 14 mars 1903, à Berne, on procède aux nominations statutaires. La Société électrique d'Olten-Aarbourg est désignée comme société Vorort pour 1904, en remplacement du Service de l'Electricité de Lausanne. Ensuite, il est donné connaissance des rapports de différentes commissions :

M. le Dr Wyssling, professeur à l'Ecole polytechnique fé-