

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 29 (1903)  
**Heft:** 17

**Artikel:** L'arc élastique sans articulation  
**Autor:** Guidi, C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-23505>

#### 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:** 22.02.2026

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

Dans toutes les constructions, les efforts dépassent, en certains points, les valeurs moyennes ou normales qui seules, peuvent être calculées. Parmi les causes de fatigue anormale, on doit signaler les irrégularités de montage, de rivetage, de qualité et de serrage du mortier ou du béton, les mouvements des cintres, les inégalités de tassement des appuis et les écarts des piles et culées.

Si l'ouvrage est formé de matériaux très ductiles, ces irrégularités ne présentent pas de danger et le pis qui puisse arriver, est le dépassement local de la limite d'élasticité qui ne présente aucun inconvénient dans ce cas. On en trouve un exemple remarquable dans le fil de fer dont la grande résistance est obtenue précisément par le dépassement de la limite d'élasticité du métal.

Au contraire, une déformation imposée à des matériaux qui ne sont pas ductiles, cause un danger immédiat que rien n'annonce et qui peut entraîner la ruine soudaine.

Tandis que la maçonnerie et le béton armé de barres longitudinales sont des matériaux fragiles, le béton fretté présente une ductilité égale à celle des constructions en métal rivé. Comme il paraît d'ailleurs l'emporter sur elles au point de vue de la résistance aux agents atmosphériques et aux effets dynamiques ainsi qu'à celui de la solidarité, il semble naturel d'adopter pour les constructions frettées, des coefficients de sécurité, par rapport à la limite d'élasticité, inférieurs à ceux de 2 et 2,5 qui résultent, pour les ouvrages métalliques, de l'application du règlement français du 29 août 1891.

Mais le béton fretté est un matériau nouveau et, par surcroit de prudence, je propose d'adopter un coefficient de sécurité variant de 3 à 3,5, et même de le porter à 4 pour les premières applications. J'estime qu'en raison du peu d'importance des inconvénients que les malfaçons peuvent avoir dans les constructions frettées, on aura ainsi un excès considérable de sécurité, qui pourra être réduit notablement après qu'on aura fait de nombreuses applications.

(A suivre).

A. CONSIDÈRE,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées  
en France.

### 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>.

**9.** — Pour une position donnée de la charge, on peut ainsi déterminer les trois paramètres de la réaction. Ayant  $H$ , on trouve  $H_x'$  qui, avec  $A$ , donne la direction et la

grandeur de la réaction  $R_A$ . On calcule au moyen de  $M$  sa distance  $\delta$  au centre de gravité  $G$  des poids élastiques :

$$\mathfrak{M} = 1 \cdot \gamma_0 = R_A \cdot \delta$$

$$\delta = \gamma_0 \frac{1}{R_A}.$$

Un cercle de rayon  $\delta$  et de centre  $G$  donne la position exacte de  $R_A$ , sa tangente.

Nous déterminons de même  $R_B$  en grandeur et en position. Pour vérification, les deux réactions se coupent sur la ligne de charge.

La figure 8 indique la construction complète pour une charge agissant au point 6.

**10.** — **Ligne d'intersection et ligne enveloppe.** Le lieu géométrique de l'intersection de  $R_A$  et  $R_B$  constitue la *ligne d'intersection*. Ces deux réactions en se déplaçant déterminent chacune une *courbe enveloppe*<sup>2</sup>. Ces lignes sont d'un grand intérêt pour l'étude de l'arc.

La figure 8 indique la ligne d'intersection. Quant aux courbes enveloppes, elles ont été laissées de côté pour simplifier la figure. On en verra la construction dans les applications.

**11.** — **Lignes d'influence des efforts dans les barres.** Au moyen de la ligne d'intersection et des enveloppes, ainsi que de la ligne d'influence de  $H$ , on peut construire facilement la ligne d'influence des efforts dans une barre ou plutôt celle des moments rapportés à son pôle, moments proportionnels aux efforts cherchés. Suivant que la force est à droite ou à gauche du pôle on construit la réaction en  $A$  ou en  $B$ , et alors si  $h$  est la distance verticale du pôle à la réaction, le moment est  $M = Hh$ . On construit ainsi la courbe par points.

Comme vérification, les points déterminés sur la ligne d'intersection par les tangentes menées du pôle aux enveloppes, doivent correspondre verticalement, dans la ligne d'influence, aux points d'ordonnée nulle, ou *points de séparation des charges*.

L'application faite au N° 38 servira d'explication à la méthode.

**12.** — **Polygone des pressions pour charges verticales.** La construction exposée aux N°s 8 et 9 permet de déterminer aisément les réactions d'un système de forces verticales quelconques et de tracer leur *polygone des pressions*, c'est-à-dire le polygone des résultantes successives et dont le premier côté est la réaction de gauche.

Ce polygone est d'un grand intérêt pour l'étude statique de l'arc, car il met en évidence, dans chaque cas, son

<sup>1</sup> Voir N° du 25 août 1903, page 220.

<sup>2</sup> Winkler, F., *Die Lehre v. d. Elastizität und Festigkeit*, Prag, 1867.

état d'équilibre. Ce polygone peut du reste être construit directement.

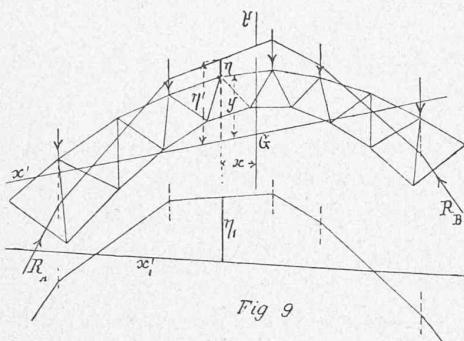


Fig. 9

Soit  $\eta$  l'ordonnée verticale du pôle d'une barre quelconque au côté correspondant, prolongé s'il le faut, du polygone des pressions. Soit  $\eta'$  l'ordonnée verticale correspondante (fig. 9) de ce côté à l'axe des  $x'$ , nous avons alors

$$M = H\eta = H(\eta' - y)$$

et les équations 13) deviennent :

$$0 = \Sigma w\eta, \quad 0 = \Sigma w\eta x, \quad 0 = \Sigma w\eta y,$$

ou bien

$$0 = \Sigma w\eta' - \Sigma wy, \quad 0 = \Sigma w\eta'x - \Sigma wxy, \\ 0 = \Sigma w\eta'y - \Sigma wy^2.$$

Si l'on choisit pour axe des  $x'$  la conjuguée par  $G$  à la direction verticale, ces équations deviennent :

$$16) \quad 0 = \Sigma w\eta', \quad 0 = \Sigma w\eta'x, \quad 0 = \Sigma w\eta'y - \Sigma wy^2.$$

Les deux premières des équations 16) montrent que  $G$  reste centre de gravité si nous supposons les poids  $w$  transportés verticalement des nœuds aux points correspondants du polygone, et que  $x'$  est encore conjugué à  $y$  dans ce nouveau système. Supposons donc construit, avec une distance polaire  $H_1$  quelconque, un polygone funiculaire reliant les charges données. Faisons agir les  $w$  aux points des côtés, prolongés s'il le faut, de ce polygone, correspondant verticalement aux nœuds et soit  $x'_1$  l'axe conjugué à  $y$  et passant par le centre de gravité du nouveau système. La figure obtenue est affine à la précédente, l'axe  $x'_1$  correspondant à  $x'$ . Pour en déduire le polygone de pression, il suffit de trouver le rapport d'affinité des deux figures. La troisième équation 16) y suffit. Elle peut s'écrire :

$$0 = H \Sigma w\eta'y - H \Sigma wy^2$$

et, en nommant  $\eta_1$  les ordonnées correspondant dans le nouveau polygone ( $H_1$ ) aux ordonnées  $\eta'$ ,

$$0 = H_1 \Sigma w\eta_1y - H \Sigma wy^2$$

soit

$$\frac{H}{H_1} = \frac{\Sigma w\eta_1y}{\Sigma wy^2}.$$

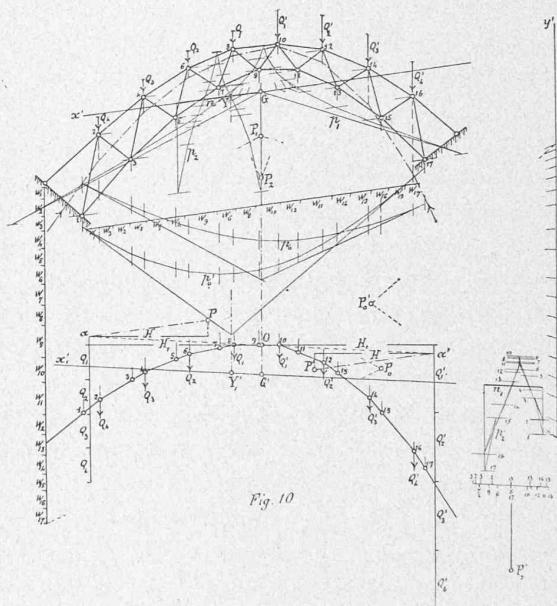
Si l'on construit, avec des distances polaires arbitraires

$\lambda_1$  et  $\lambda_2$ , le moment centrifuge  $\Sigma w\eta_1y = \lambda_1\lambda_2n_1$  et le moment d'inertie  $\Sigma wy^2 = \lambda_1\lambda_2n$ , on trouve :

$$17) \quad \frac{H}{H_1} = \frac{n_1}{n},$$

qui résout la question, comme le montre l'exemple suivant.

**13.** — Cette méthode a été appliquée dans la figure 10 à l'arc à treillis déjà étudié ci-dessus. Les quatre premiers nœuds à partir de la culée gauche sont chargés des poids  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$ , les autres, de poids plus grands  $Q'_1, Q'_2, Q'_3, Q'_4$ .



On commence par tracer l'axe  $x'$ . La verticale par  $G$  est déterminée par le polygone funiculaire  $p_o$ , des poids élastiques verticaux  $w$ . Son pôle est  $P_o$ , arbitrairement choisi. Les segments déterminés sur la verticale  $y'$ , arbitraire, par les côtés de  $p_o$  sont proportionnels aux moments statiques des poids correspondants, par rapport à  $y'$ .

Ces segments, agissant verticalement en place des  $w$ , sont reliés par un polygone funiculaire  $p'_o$ , tracé avec le pôle  $P'_o$ . Ses côtés extrêmes déterminent la verticale par  $Y'$ , antipôle de  $y'$ .

Ceci fait, on tourne de  $90^\circ$  les lignes d'action des forces et l'on construit deux nouveaux polygones funiculaires (enlevés de la figure). Leurs côtés sont perpendiculaires aux côtés correspondants des polygones des forces  $P_o$  et  $P'_o$ . On trouve ainsi les horizontales par  $G$  et  $Y'$ . Ces deux points déterminés, on connaît l'axe  $x'$ .

Pour déterminer maintenant le moment d'inertie des  $w$  par rapport à  $x'$ , on les dispose parallèlement à cet axe, puis on les relie par les polygones funiculaires  $p_1$  et  $p_2$  de pôles  $P_1$  et  $P_2$ . Le segment  $n$  est ainsi déterminé.

On construit alors, avec la distance polaire  $H_1$ , arbitraire, le polygone funiculaire des forces  $Q$ . (Dans la figure, le polygone des forces est divisé en deux parties; d'un côté du pôle commun  $O$ , les forces de gauche, de l'autre, celles de droite).

La détermination de l'axe  $x'_1$  par  $G'$  et  $Y'_1$  ne demande que deux polygones funiculaires, car ces deux points se trouvent sur les verticales par  $G$  et  $Y'$ . Les polygones, enlevés de l'épure, ont leurs côtés normaux aux rayons des polygones des forces  $P_o$  et  $P'_o$ . Les lignes d'action horizontales correspondantes passent par les points d'intersection du polygone funiculaire  $H_1$  avec les verticales des nœuds.

Utilisant les moments statiques  $wy$  déjà obtenus, on construit, à l'aide du polygone funiculaire  $p'_2$  relatif au pôle  $P_2$ , le moment centrifuge  $\Sigma w \gamma_1 y$  et l'on obtient le segment  $n_1$ . On peut encore, comme vérification, construire directement les segments  $w \gamma_1$  et, après cela, déterminer les  $w \gamma_1 y$ .

Pour déterminer maintenant le polygone définitif des forces  $Q$ , affine à celui rapporté à l'axe  $x'_1$ , il ne reste plus qu'à mener par  $O$  une parallèle à  $x'_1$ , coupant les droites  $Q$  et  $Q'$  aux points  $a$  et  $a'$ . On trace à partir de  $a$  et  $a'$  des parallèles à  $x'$ , et c'est sur ces droites que se trouve le pôle  $P$  relatif au polygone des pressions. La distance polaire, horizontale, des deux demi-polygones des forces est  $H$ , déterminée par la formule 17. Pour que le polygone des pressions soit entièrement déterminé, il suffit de calculer une ordonnée quelconque  $\gamma'$  au moyen du  $\gamma_1$  correspondant:

$$18) \quad \gamma' = \gamma_1 \cdot \frac{n}{n_1}.$$

La construction est naturellement bien simplifiée si l'arc est symétrique, car alors l'axe  $x'$  est horizontal. Si la charge aussi est symétrique, trois polygones seuls suffisent (ceux qui correspondent à  $p_1$ ,  $p_2$  et  $p'_2$  de la figure 10) sans compter celui des charges  $Q$ . Les segments  $n$  et  $n_1$  sont alors définis. Toutefois, pour mettre en place le polygone des pressions, il faut encore un polygone funiculaire qui détermine la position de l'axe horizontal  $x'_1$ .

(A suivre).

## Divers.

### Tunnel du Simplon.

#### Etat des travaux au mois d'août 1903.

		Côté Nord Brigue	Côté Sud Iselle	Total
1. Longueur à fin juillet 1903 . . .	m.	9645	6942	16587
2. Progrès mensuel . . . . .	"	163	166	329
3. Total à fin août 1903 . . . . .	"	9808	7108	16916

#### Ouvriers.

##### Hors du Tunnel.

4. Total des journées . . . . .	n.	13895	14525	28420
5. Moyenne journalière . . . . .	"	481	479	960

#### Dans le Tunnel.

6. Total des journées . . . . .	"	31376	28242	59618
7. Moyenne journalière . . . . .	"	4175	1006	2179
8. Effectif maximal travaillant simultanément . . . . .	"	470	400	870
<i>Ensemble des chantiers.</i>				
9. Total des journées . . . . .	"	45271	42767	88038
10. Moyenne journalière . . . . .	"	1630	1511	3141

#### Animaux de trait.

11. Moyenne journalière . . . . .	"	—	11	11
-----------------------------------	---	---	----	----

#### Renseignements divers.

*Côté Nord.* — La galerie d'avancement a traversé des schistes lustrés, du calcaire blanc micacé et des schistes calcaires.

— Le progrès moyen de la perforation mécanique a été de 5<sup>m</sup>, 22 par jour de travail. La perforation mécanique a été suspendue pendant 65 h. 50 m. pour la vérification de l'axe et par la rencontre de sources chaudes.

*Côté Sud.* — La galerie d'avancement a traversé du calcaire blanc saccharoïde. — Le progrès moyen de la perforation mécanique a été de 7<sup>m</sup>, 30 par jour de travail. La perforation mécanique a été suspendue pendant 242 h. 15 m. à cause d'une source chaude rencontrée au km. 6, 944.

Les eaux provenant du tunnel ont comporté 1039 l.-s.

### Société suisse des Ingénieurs et des Architectes.

40<sup>me</sup> Assemblée générale à Coire et St-Moritz,  
des 5, 6, 7 septembre.

#### Rapport de gestion du Comité central sur les années 1902-1903.

(Traduit du texte allemand par la Rédaction du *Bulletin technique*.)

Dans le N° 11 du volume XXXVIII de la *Schweizerische Bauzeitung*, portant la date du 13 septembre 1901, se trouve déjà la fin du procès-verbal de l'Assemblée générale à Fribourg<sup>1</sup>. Le fait d'avoir pu le fournir aussi rapidement est une nouvelle preuve de l'activité et de l'habileté avec lesquelles l'Assemblée générale avait alors été préparée et dirigée.

Le rapporteur de la *Schweizerische Bauzeitung*, M. A. J., disait à la fin de son article : « Grâce aux bonnes relations que les ingénieurs et les architectes fribourgeois entretiennent avec leurs collègues, grâce à la cordialité des habitants et des autorités de Fribourg, qui firent avec tant d'amabilité les honneurs des trésors de leur pays, l'Assemblée générale de Fribourg doit être comptée parmi les plus belles fêtes que la Société suisse des Ingénieurs et des Architectes peut inscrire dans ses annales. »

Le soussigné désire ajouter à ce témoignage bien mérité ses remerciements personnels pour la manière très aimable avec laquelle, sans doute sur l'initiative des collègues fribourgeois, l'Assemblée générale a relevé sa part d'activité pendant les 25 années durant lesquelles il a fait partie du Comité central. La confiance qui lui a été ainsi témoignée, l'a encouragé à rester encore quelque temps à son poste, auquel devrait cependant être bientôt appelée une force plus jeune; il a malheureusement aussi dû prendre cette décision par le fait que, pour cause de santé, des collègues du Comité central n'ont pas pu se charger complètement des obligations qui leur incombaient dans la gestion des affaires. Souhaitons que le Comité puisse

<sup>1</sup> Pour le compte-rendu de l'Assemblée, voir *Bulletin technique de la Suisse romande* du 5 septembre 1901, page 450. (Réd.).