

Dimensionnement du viaduc de Garabit

-

Description des tabliers

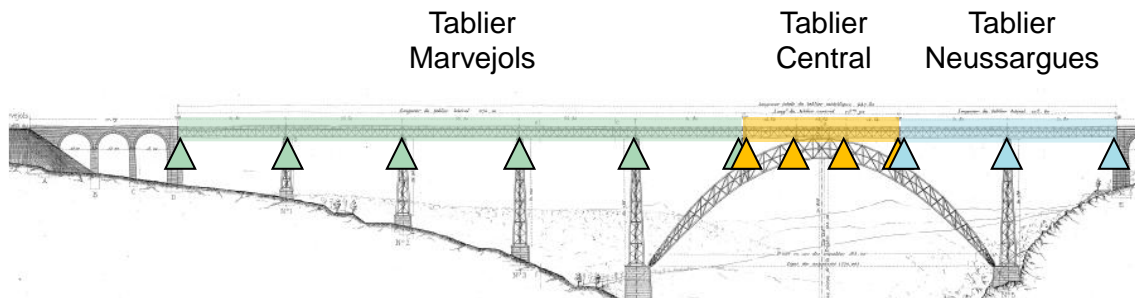
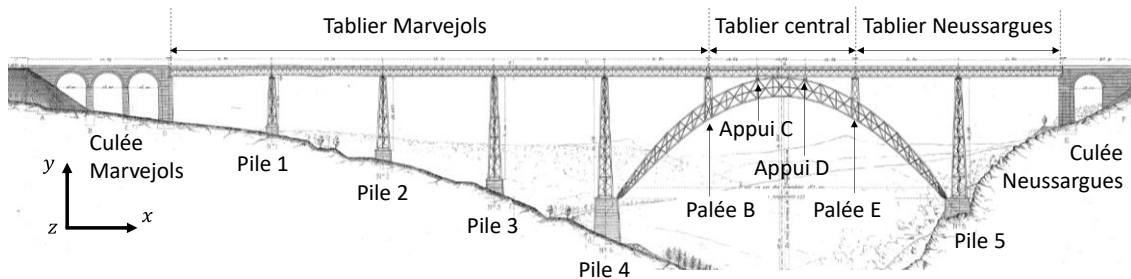


Table des Matières

1	DESCRIPTION DES TABLIERS.....	2
2	DILATATION THERMIQUE DES TABLIERS.....	7
	REFERENCES.....	8

1 Description des tabliers

Le tablier n'est pas continu sur toute sa longueur afin de « *supprimer le surcroît de fatigue que produisaient [...] les déplacements verticaux des palées par l'effet des charges dissymétriques. Ces déplacements ne s'exercent plus sur la partie intermédiaire des poutres, mais seulement sur leur extrémité, où l'on sait qu'ils ont peu d'influence* » (Eiffel, 1880, p. 416).



Sur les Figure 1 et Figure 2, on voit en effet que les extrémités des tabliers sont posées sur la même palée, mais qu'il existe une discontinuité assurée par un jeu de 100 mm. Le tablier est donc constitué de trois poutres continues :

- Le tablier Marvejols s'étend depuis la culée Marvejols jusqu'à la palée B.
- Le tablier central s'étend entre les deux palées.
- Le tablier Neussargues s'étend de la palée E à la culée Neussargues.

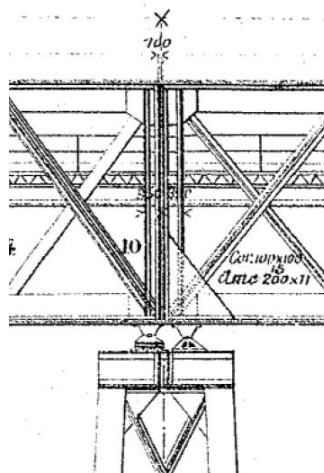


Figure 1. Palée B. Extrémité droite du tablier Marvejols et gauche du tablier central. Elles sont appuyées sur la même pile. (Eiffel, 1888a)

Les poutres du tablier reposent sur des appuis à charnières, dont les uns sont mobiles et les autres fixes.

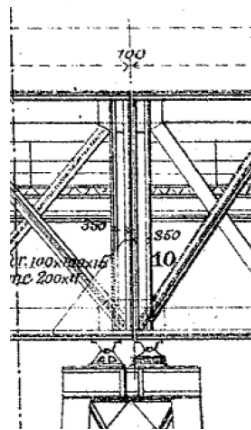


Figure 2. Palée E. Extrémité droite du tablier central et gauche du tablier Neussargues. Elles sont appuyées sur la même pile. (Eiffel, 1888a)

On présente ci-dessous succinctement la géométrie des éléments des tabliers. Elle sera revue en détail lors de la description des calculs réalisés dans le mémoire.

Les tabliers comportent deux poutres principales de 5,160m de hauteur et distantes de 5m d'axe en axe (Figure 3 et Figure 4). « Ces poutres sont constituées par deux membrures horizontales, en forme de T, l'une inférieure, l'autre supérieure, réunies entre elles par un treillis à simples mailles et par des montants verticaux. » (Eiffel, 1888b, p. 67) (Figure 5).

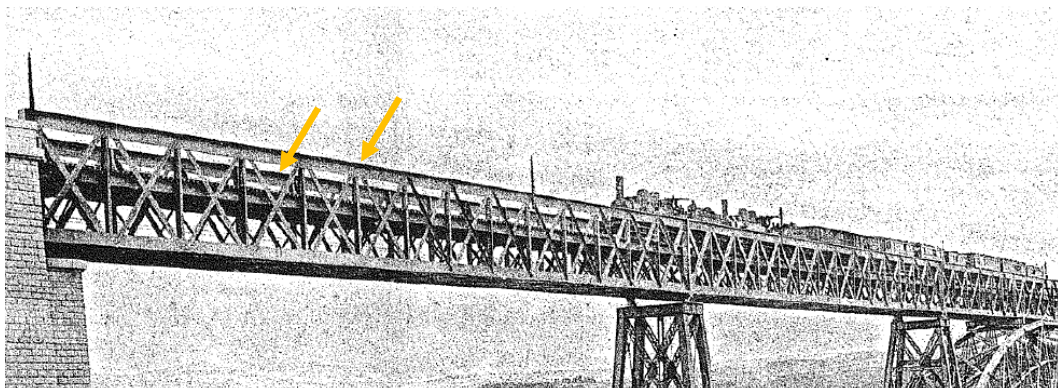


Figure 3. Poutres principales des tabliers

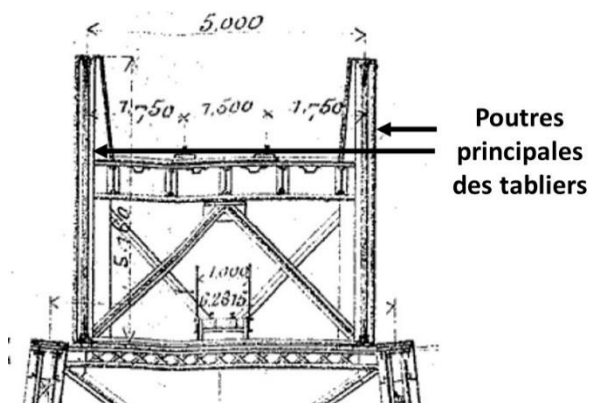


Figure 4. Poutres principales des tabliers

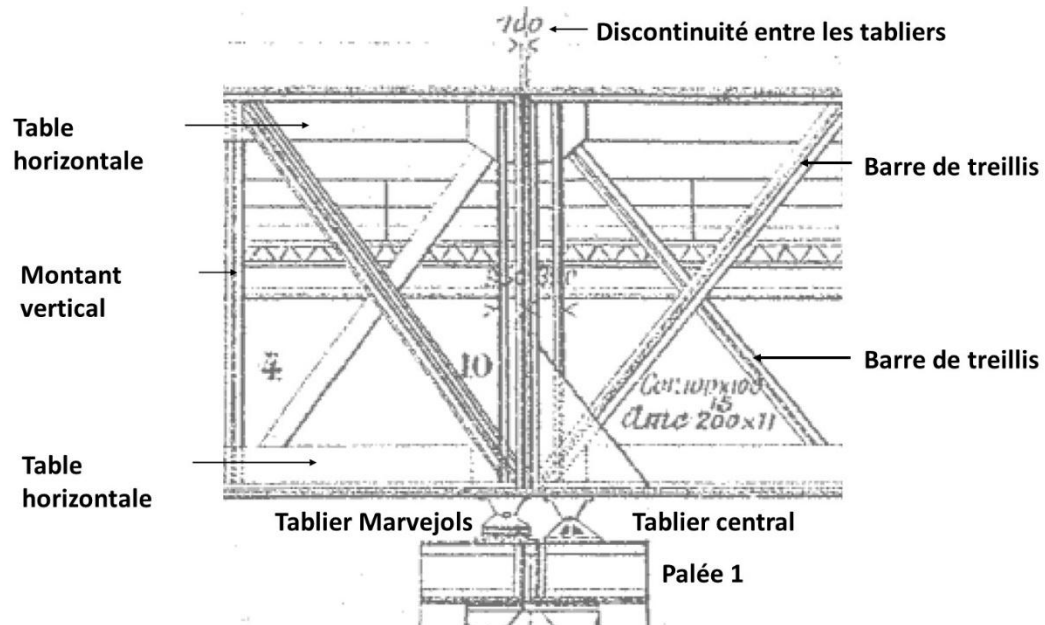


Figure 5. Détails des poutres des tabliers

« Chacune des membrures se compose d'une âme verticale de 600×15 , de deux cornières horizontales de $100 \times 100 \times 12$ et d'une semelle constante de 500×10 . Des semelles supplémentaires sont ajoutées à la partie constante partout où le calcul en démontre la nécessité. » (Eiffel, 1888a, p. 67) (Figure 6).

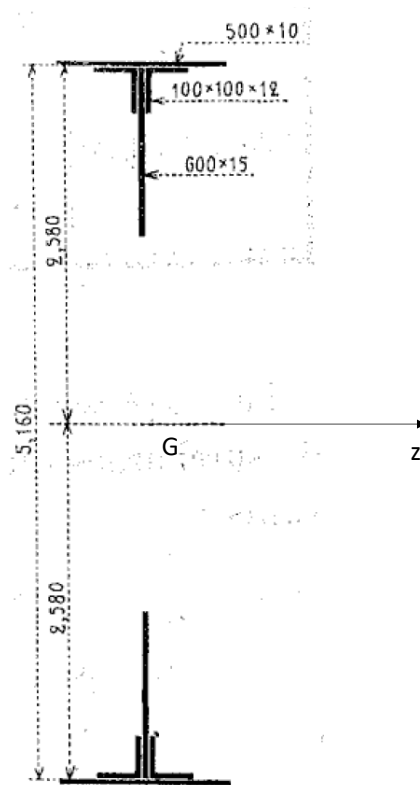


Figure 6. Partie constante des poutres des tabliers. Les dimensions des sections sont données en mm. La hauteur de la poutre est donnée en m. (Eiffel, 1888a)

« Les barres de treillis ont la forme d'un simple T et sont composées, dans les tabliers latéraux, d'une semelle, d'une âme et de deux cornières, et, dans le tablier central, simplement d'une âme et de deux cornières. » (Eiffel, 1888a, p. 67)

« Dans le plan des montants, et s'attachant sur ceux-ci, se trouve une entretoise porteuse ou pièce de pont, ayant la forme d'un double T. Elle est constituée par une âme de 700×8 et 4 cornières de $70 \times 70 \times 7$. Cette entretoise est supportée en son milieu par deux contrefiches, formées chacune de 2 cornières de $80 \times 80 \times 10$ juxtaposées. Ces contrefiches s'attachent au pied des montants ; elles sont réunies à leur partie inférieure par un tirant en forme de T, formé de 2 cornières de $80 \times 80 \times 10$; enfin, deux barrés de même composition que les contrefiches qu'elles viennent croiser en leur milieu et qui s'attachent, d'une part, sur les montants au-dessous de la pièce de pont, d'autre part, au centre du tirant, complètent, avec les montants verticaux, la pièce de pont, le tirant et les contrefiches, un entretoisement vertical à croix double d'une grande rigidité. » (Eiffel, 1888a, p. 67) (Figure 7).

Les entretoises porteuses (pièces de pont) sont reliées les unes aux autres par cinq files de longerons. Ces longerons portent le platelage métallique de la voie (Figure 7). On présente Figure 8 une vue en trois dimensions des pièces de pont et longerons des tabliers réalisée à l'aide du logiciel ABAQUS CAE. Le repère de l'image est le repère global du viaduc.

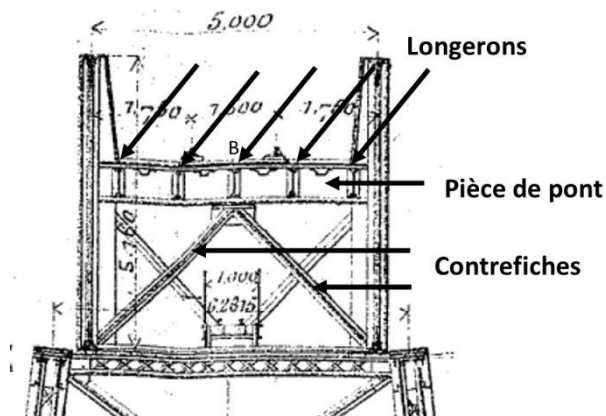


Figure 7. Vue détaillée des tabliers

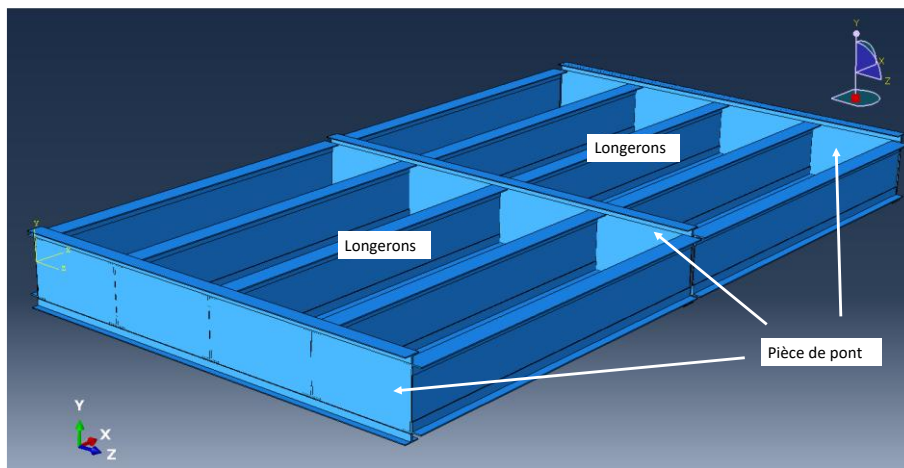


Figure 8. Pièces de pont et longerons des tabliers

On présente ci-dessous la liste des éléments à justifier et le type de sollicitation étudié.

- Poutres des tabliers : flexion
- Treillis des tabliers : effort tranchant du tablier : traction – compression dans le treillis
- Pièces de pont et longerons : flexion
- Panneaux : compression
- Contrefiches : compression

Nous décrirons tout d'abord le tablier Marvejols afin de respecter le plan du mémoire. De plus, les treillis, pièces de pont et longerons du tablier Neussargues reprennent les sections des pièces du tablier Marvejols.

2 Dilatation thermique des tabliers

Sous l'effet des variations de température, les tabliers peuvent se dilater. Si les extrémités des tabliers ne sont pas libres, une augmentation de température peut entraîner des efforts de compression dans le tablier et donc un risque de flambement ; une diminution de température peut entraîner des efforts de traction. La dilatation des tabliers doit donc être laissée libre : « *Les tabliers latéraux [...] peuvent se dilater librement de chaque côté, et, pour permettre les déplacements produits par les variations de température, il existe sur les culées un jeu de 250 mm pour le tablier Marvejols et de 100 mm pour le tablier Neussargues, entre leurs extrémités et les murs garde-grèves, et un jeu de 100 mm entre leurs extrémités et le tablier central, sur les palées de l'arc.* » (Eiffel, 1888a, p. 66)

La formule donnant l'allongement ΔL du tablier de longueur L , de coefficient de dilatation thermique α , pour une variation de température ΔT , est

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

Les données utilisées par l'Eiffel pour l'arche sont $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ et $\Delta T = 30^\circ\text{C}$ (Eiffel, 1888b, p. 130). On peut supposer que les mêmes données ont été utilisées pour les tabliers.

Pour le tablier Marvejols, de longueur $L = 270,34 \text{ m}$, cela représente un allongement ΔL de $97,3 \text{ mm}$. Pour le tablier central ($L = 73,92 \text{ m}$), l'allongement est de $26,6 \text{ mm}$. Pour le tablier Neussargues ($L = 103,84 \text{ m}$), l'allongement est de $37,4 \text{ mm}$. Les jeux installés sur les tabliers sont donc largement en mesure de permettre une dilatation libre des tabliers.

Références

- AFGC. (2012). *Les aciers à Haute Limite d'Elasticité*.
<https://www.afgc.asso.fr/publication/les-aciers-a-haute-limite-delasticite/>
- Bezançon, X., & Devillebichot, D. (2014). *Histoire de la construction*. Eyrolles.
- Bresse. (1859). *Cours de Mécanique Appliquée. Première partie Résistance des matériaux et stabilité des constructions*. Mallet Bachelier.
- Buchetti, J. (1888). *Manuel des constructions métalliques et mécaniques*.
<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb301722737>
- Cadart, G. (1885). N°14 Théorie des ponts suspendus américains à tablier rigide. In *Annales des Ponts et Chaussées* (p. 179-217).
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k4085432>
- Callandreau, E. (1944). *Problèmes de résistance des matériaux avec leurs solutions*. Albin Michel. Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France
- Camus, C. E. L. (1751). *Cours de mathématique. Partie 3. Eléments de mécanique statique. Tome Premier*. Imprimerie royale. gallica.bnf.fr
- Chatzis, K. (2004). La réception de la statique graphique en France durant le dernier tiers du XIXe siècle. *Revue d'histoire des mathématiques*, 10, 7-43.
- Chenevier, R. (1933). Le centenaire de Gustave Eiffel, le magicien du fer. *La science et la vie* (<https://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.187>), Tome XLIII(N° 187), 3.

Collignon. (1885). *Cours de mécanique appliqué aux constructions : Première partie résistance des matériaux* (3^e éd.). gallica.bnf.fr

Considère, A. (1885, semestre). N°34 Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions. *Annales des Points et Chaussées* (<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k4085432>), 574-775.

Cremona. (1885). *Les figures réciproques en statique graphique*. gallica.bnf.fr

Culmann, C. (1866). *Die graphische Statik*. Meyer & Zeller. <https://doi.org/10.3931/E-RARA-20052>

Debard, Y. (2020). *RDM7.04* [Logiciel]. IUT du Mans.

Doubrière, J.-C. (2013). *Résistance des matériaux—Cours—Exercices corrigés—Edition revue et enrichie*. Eyrolles.

Ducout. (1997). *Ponts métalliques—Conception générale C 2 675. Techniques de l'Ingénieur*.

Dupeux, M. (2013). *Aide-mémoire de science des matériaux* (3^e éd.). DUNOD.

Duverger. (1888). Décision ministérielle. 14 juin 1879. *Mémoires de la Société des ingénieurs civils*. <http://cnum.cnam.fr/redir?ECCMC6.49>, 50, 171.

Eiffel, G. (1880). Mémoire sur le viaduc métallique de Garabit. *Mémoires de la Société des ingénieurs civils* <https://cnum.cnam.fr/redir?ECCMC6.33>, 34, 414.

Eiffel, G. (1881). Construction du viaduc de Garabit. *Le Technologiste, Quarante-troisième année. Troisième série. Tome quatrième*, 94.

Eiffel, G. (1888a). Mémoire présenté à l'appui du projet définitif du viaduc de Garabit.

Mémoires de la Société des ingénieurs civils.

[http://cnum.cnam.fr/redir?ECCMC6.49, 50, 55-184](http://cnum.cnam.fr/redir?ECCMC6.49,50,55-184).

Eiffel, G. (1888b). Note sur les épreuves définitives du Viaduc de Garabit. *Mémoires de*

la Société des ingénieurs civils. Conservatoire Nationale des Arts et Métiers

<http://cnum.cnam.fr>, 49, 547.

Favaro, A. (1879). *Leçons de statique graphique. Première partie, Géométrie de*

position. Traduit de l'italien par Paul Terrier (Terrier, Trad.). Gauthier Villars.

<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb304221901>

Goulet, J., Boutin, J.-P., & Lerouge, F. (2019). *Résistance des matériaux* (10^e éd.).

Dunod : Editions le Moniteur.

Koechlin, M. (1898). *Applications de la statique graphique* (2^e éd.). gallica.bnf.fr

Maruéjols. (1903). *Recueil de lois, ordonnances, décrets, règlements et circulaires*

concernant les différents services du Ministère des travaux publics. 57.

Maxwell, J. C. (1864). L. *On the calculation of the equilibrium and stiffness of frames.*

The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of

Science, 27(182), 294-299. <https://doi.org/10.1080/14786446408643668>

Mayère. (2001). *C3305 Techniques de l'Ingénieur Règles Neige et Vent NV 65.*

Mecanique-des-structures/fauqueux/lignes_d_influence. (s. d.).

[https://public.iutenligne.net/mecanique/mecanique-des-](https://public.iutenligne.net/mecanique/mecanique-des-structures/fauqueux/lignes_d_influence/co/module_Lignes_d_influence_38.html)

[structures/fauqueux/lignes_d_influence/co/module_Lignes_d_influence_38.html](https://public.iutenligne.net/mecanique/mecanique-des-structures/fauqueux/lignes_d_influence/co/module_Lignes_d_influence_38.html)

Molinos, & Pronnier. (1857). *Traité théorique et pratique de la construction des ponts métalliques*. Source gallica.bnf.fr

Murry, G. (1993). *M300 Techniques de l'Ingénieur—Aciers. Généralités*.

Palacios, R. (2025). *Lignes d'influence d'une charge mobile sur une poutre sur 3 appuis—CTICM – Mai 2025*. <https://metaletech.com/2025/04/28/lignes-dinfluence-dune-charge-mobile-sur-une-poutre-sur-3-appuis/>

Poncelet. (1827). *Cours de mécanique industrielle (rédigé par M. le capitaine de génie Gosselin)*. gallica.bnf.fr

Rankine, W. J. M. (1864). XVII. *Principle of the equilibrium of polyhedral frames*. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 27(180), 92-92. <https://doi.org/10.1080/14786446408643629>

Ringot, E. (2017). *Calcul des ouvrages : Résistance des matériaux et fondements du calcul des structures*. Eyrolles.

Ringot, E., Husson, B., & Vidal, T. (2023). *Calcul des ouvrages : Applications exercices et problèmes résolus de résistance des matériaux et de calcul des structures* (2eme éd). Eyrolles.

Rochès, & Muzeau. (2024). www.afgc.asso.fr/app/uploads/2024/10/2024_10_17-Garabit-du-19e-au-21e-siecle-et-au-dela.pdf

Seyrig, T. (1878). *Le pont sur le Douro de MM. G. Eiffel et Cie* (Société des ingénieurs civils, Vol. 31, p. 741-816). <https://cnum.cnam.fr/redir?ECCMC6.30>

Seyrig, T., & Eiffel, G. (1880). Note sur l'accident arrivé au pont de la Tay. *Mémoires de la Société des ingénieurs civils* <http://cnum.cnam.fr/redir?ECCMC6.32>, 33, 284.

Talansier. (1883). La statue de la liberté éclairant le monde. *Le Génie Civil*. gallica.bnf.fr

Techniques de l'Ingénieur. (2005). Tba1320 Recherche des efforts dans les structures à barres (treillis). *Techniques du bâtiment: l'enveloppe du bâtiment*. <https://doi.org/10.51257/a-v1-tba1320>

Texereau, J. (2003). *Polycopié de calcul des structures ISAE-ENSMA*. ISAE-ENSMA.

Tissandier, G. (1883). Le viaduc de Garabit, en France, et le viaduc de Kinzua, aux Etats-Unis. *La Nature, Onzième année, premier semestre*(508), 193.

Tissandier, G. (1888). Le viaduc de Garabit. *La Nature, Seizième année, deuxième semestre*, p391.

Turgan, J. (1882). *Les Grandes usines de France : Tableau de l'industrie française au XIXe siècle*. Calmann-Levy. <https://cnum.cnam.fr/redir?4KY15.18>

Varignon, P. (1725). *Nouvelle mécanique, ou Statique. Ouvrage posthume* (Vol. 1). gallica.bnf.fr

Viaduc de Garabit. (s. d.). Consulté 29 décembre 2024, à l'adresse https://fr.wikipedia.org/wiki/Viaduc_de_Garabit

Webographie

<https://www.garabit-viaduc-eiffel.com/> (Copyright © 2024 Syndicat Mixte Garabit Grandval)

<https://passerelles.essentiels.bnf.fr/fr/chronologie/construction/44259ad3-6fa5-4b74-8bd8-f9a025239ead-viaduc-garabit>

