

Dimensionnement du viaduc de Garabit

Description, données d'entrée et hypothèses

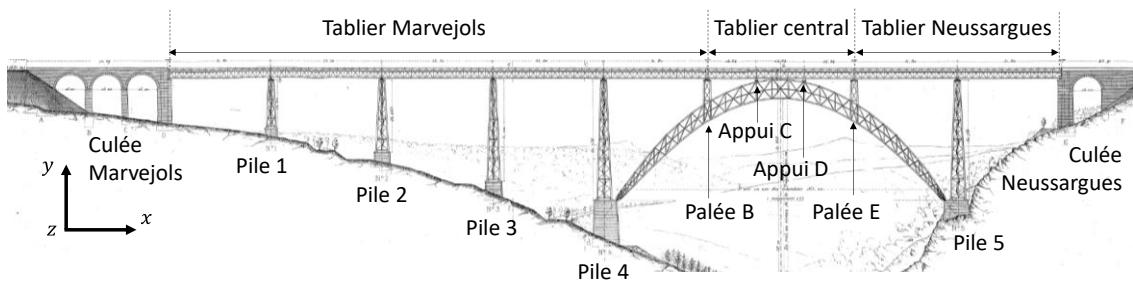


Table des Matières

1	DESCRIPTION.....	2
2	QUELQUES DEFINITIONS	5
3	DONNEES D'ENTREE, CONVENTIONS, SCHEMA DU VIADUC, FORMULAIRE	6
3.1	UNITES	6
3.2	SCHEMA DU VIADUC ET CONVENTIONS	6
3.3	DONNEES MATERIAUX	7
REFERENCES.....		8

1 Description

Le viaduc de Garabit est un viaduc ferroviaire situé dans le département du Cantal dans la région Auvergne-Rhône-Alpes construit par Gustave Eiffel dans les années 1880 (Figure 1). Il constitue un élément de la ligne ferroviaire entre Marvejols et Neussargues (Figure 3).

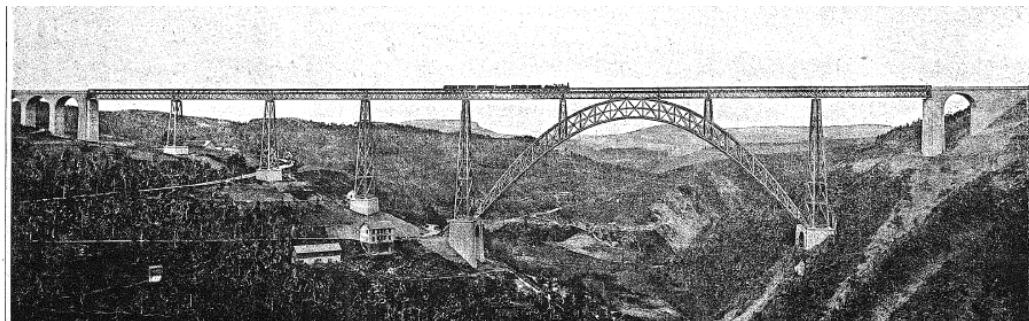


Figure 1. Viaduc de Garabit dans le mémoire de Gustave Eiffel de 1888 (Eiffel, 1888a, p. 173)



Figure 2. Gustave Eiffel (1832-1923). Photographie par Nadar en 1888

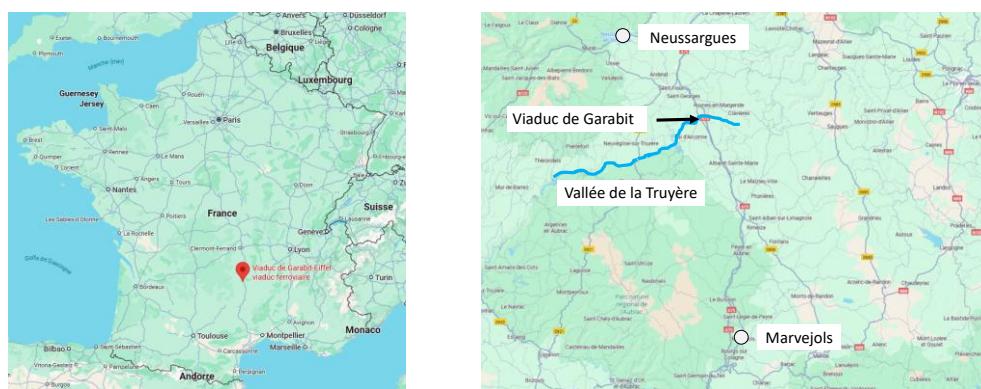


Figure 3. Situation et vue aérienne du viaduc de Garabit¹

¹ www.google.fr/maps

Le viaduc de Garabit est au moment de sa construction le plus haut viaduc du monde (Tissandier, 1883, p. 193). Gaston Tissandier, en 1883, propose une mise en évidence originale de la hauteur du viaduc (Figure 4). Il montre que la hauteur du viaduc permettrait « aux tours de Notre-Dame de passer sous le pont de Garabit avec la colonne Vendôme placée au-dessus en guise de paratonnerre » (Tissandier, 1883, p. 193).

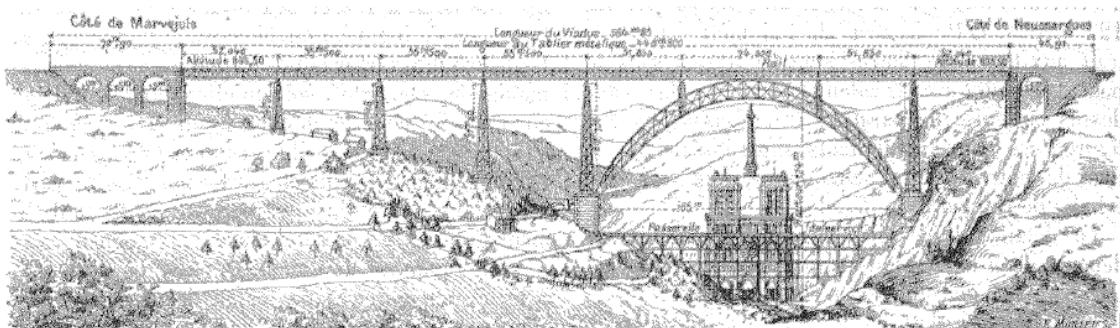


Figure 4. Viaduc de Garabit (Tissandier, 1883)

Dans les années 1860, l'étude de la ligne Marvejols-Neussargues est initiée pour permettre aux négociants en vin de transporter leur marchandise vers la région parisienne². Or entre Marvejols et Neussargues, un obstacle de taille s'impose : la profonde vallée de la Truyère.

Il est possible de franchir cette vallée sans le viaduc de Garabit, mais ce dernier réduit la longueur du tracé et diminue son coût. Ainsi pour la partie Saint-Chély et Mongon, : « *A partir de Saint-Chély, au lieu de descendre à flanc de coteau le vallon de l'Arcomie pour franchir la vallée profonde de la Truyère et de monter sur l'autre rive par le vallon de Mongon, le nouveau tracé proposé se maintient sur le plateau peu accidenté qui s'étend de Trémoulous à Mongon, et traverse la vallée de la Truyère sur un grand viaduc qui soutient les rails à 120 m au-dessus des eaux d'étiage, et franchit la partie la plus profonde au moyen d'une arche en fer de 160 m d'ouverture et de 50 m de flèche. [...] La somme des longueurs des pentes et rampes qui, suivant l'ancien tracé, était de 18 919,65 m est seulement de 16 958,39 m d'après le nouveau tracé qui, de plus, réduit de 58,57 m la hauteur verticale à racheter tant à la montée qu'à la descente, et constitue ainsi une amélioration importante pour l'exploitation* » (Duverger, 1888, p. 171).

L'avant-projet du viaduc est réalisé par MM. Bauby et Boyer. C'est ainsi Léon Boyer (1851-1886), ingénieur des Ponts et Chaussées, qui est à l'initiative d'une arche centrale pour le franchissement de la vallée (Eiffel, 1888a, p. 172). Eiffel et son associé Théophile Seyrig (1843-1923) venaient de construire le pont sur le Douro constitué d'une grande arche de 160 m, et c'est grâce à cette réussite qu'il fut contacté pour réaliser le viaduc de Garabit : « *Considérant que le type du pont du Douro étant admis, M. Eiffel, qui l'a conçu et exécuté, est évidemment plus apte que tout autre constructeur à en faire une seconde application, en profitant de l'expérience qu'il a personnellement acquise dans la première ; qu'il serait d'ailleurs peu équitable, dans l'espèce, de confier les travaux à d'autres qu'à M. Eiffel, quand c'est son pont du Douro qui a donné aux*

² www.garabit-viaduc-eiffel.com/le-geant-de-fer/a-lorigine/

Ingénieurs l'idée de franchir la vallée de la Truyère par un nouveau tracé dont l'État doit retirer finalement une économie de plusieurs millions » (Duverger, 1888, p. 175).

Par ailleurs, « *il a l'expérience des nouveaux procédés de montage dont il est en grande partie l'inventeur* » (Duverger, 1888, p. 173).

On citera une autre raison très pragmatique pour laquelle Eiffel obtiendra la construction du viaduc, tout simplement car « *il possède, en outre, le matériel, celui qui a servi à édifier le pont sur le Douro* » (Duverger, 1888, p. 173).

Eiffel obtient ainsi dès 1879 la construction du pont par décision ministérielle, étant entendu que « *l'ouverture d'un concours pour la recherche d'une autre solution entraînerait d'ailleurs un nouveau retard d'une année au moins* » (Duverger, 1888, p. 175).



Figure 5. Léon Boyer, polytechnicien, ingénieur des Ponts et Chaussées (1851-1886)

La construction du viaduc démarre en 1880. Elle s'achève en 1885 pour une réception définitive en 1887³. Les épreuves de charge sont réalisées du 10 au 13 avril 1888 (Eiffel, 1888b, p. 549).

« *L'ouvrage destiné à la traversée de la vallée de la Truyère, à Garabit, se compose d'un viaduc métallique de 448,300 m de longueur totale pour la partie métallique, prolongée à ses extrémités par des viaducs en maçonnerie formant culées. Le rail se trouve, sur ce viaduc, à la cote 835,50 m, c'est-à-dire à 122,20 m au-dessus de la partie la plus profonde de la vallée.*

Le viaduc métallique se compose d'un tablier à poutres droites, dont les extrémités reposent sur les avant-corps des viaducs en maçonnerie et dont les autres appuis sont constitués, sur chaque versant de la vallée, par des piles métalliques avec soubassements en maçonnerie et, au-dessus de la partie la plus profonde, par des palées s'appuyant sur une grande arche métallique de 165 m d'ouverture. » (Eiffel, 1888a, p. 65).

Le viaduc est présenté plus en détail lors de la description des calculs réalisés par Eiffel.

³ www.garabit-viaduc-eiffel.com/le-geant-de-fer/garabit-en-quelques-dates/

2 Quelques définitions

- Culée : élément destiné à recevoir l'extrémité du tablier d'un pont. Les culées forment le début et la fin du pont ; elles relient le pont à la voie sur terre.
- Lancage : opération de construction consistant à assembler le tablier sur la terre et à le tirer ou le pousser pour le poser sur ses appuis
- Palée : dans le cas du mémoire d'Eiffel, appui intermédiaire supportant le tablier et reposant sur l'arc
- Pile : appui intermédiaire supportant le tablier d'un pont
- Plaletage : élément du tablier, dalle portant la chaussée ou le ballast
- Tablier : partie du pont qui porte directement la voie (route ou rail) et en assure la continuité
- Travée : portion de pont entre deux appuis (culée, pile, palée...)

3 Données d'entrée, conventions, schéma du viaduc, formulaire

3.1 Unités

Le système d'unité utilisé sera celui du mémoire, pour aider à la comparaison des résultats. Ainsi les longueurs sont exprimées en m, les éléments des sections en mm, les forces en kg et les moments en kg.m.

3.2 Schéma du viaduc et conventions

La base $(\vec{x}; \vec{y}; \vec{z})$ en Figure 6 sera le repère global du viaduc. L'axe \vec{x} est l'axe du tablier. L'axe \vec{y} est l'axe vertical ascendant. L'axe \vec{z} est tel que $(\vec{x}; \vec{y}; \vec{z})$ est une base directe.

Les appuis du tablier (culées, piles, palées) sont nommés en Figure 6. Les culées relient le viaduc au reste de la voie ferrée. Elles sont en maçonnerie. Les piles métalliques sont posées sur des éléments en maçonneries. Les palées relient le tablier à l'arche. Les palées et appuis sont appelés B, C, D et E pour rester conforme avec les notations du mémoire (Figure 7).

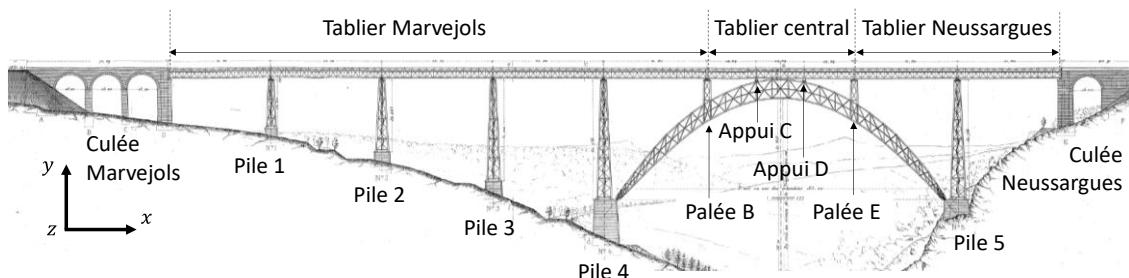


Figure 6. Viaduc. Repère global et points importants

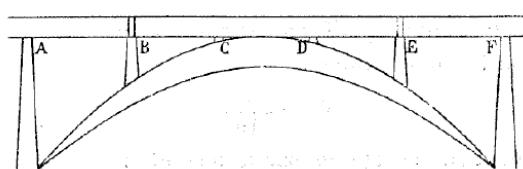


Figure 7. Notations du mémoire lors de l'étude de l'arche (Eiffel, 1888a, p. 115)

La nomenclature pour les efforts tranchants est représentée en Figure 8. T_i' est l'effort tranchant à gauche de l'appui i , tandis que T_i est l'effort tranchant à droite de l'appui i .

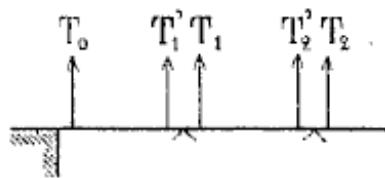


Figure 8. Nomenclature des efforts tranchants.

3.3 Données matériaux

La contrainte maximale admissible (notée R et appelée coefficient de travail maximal) du fer utilisé a pour valeur $R = 6 \text{ kg/mm}^2$, par la décision ministérielle de 1879 concernant le viaduc (Duverger, 1888, p. 172).

Le module d'élasticité E du fer utilisé par Eiffel a pour valeur $E = 16 \times 10^9$ (Eiffel, 1888a, p. 123) (l'unité n'est pas précisée, on peut imaginer $160\,000 \text{ MPa}$).

Le coefficient de dilatation α du fer utilisé a pour valeur $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (Eiffel, 1888a, p. 130), valeur cohérente avec les données actuelles (Murry, 1993).

La contrainte admissible en compression de la maçonnerie a pour valeur 12 kg/cm^2 ; la contrainte admissible de la pierre d'Étables a pour valeur 40 kg/cm^2 .

Références

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

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>

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. <https://cnum.cnam.fr/redir?ECCMC6.48>

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

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. <https://cnum.cnam.fr/redir?4KY28.20>

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>