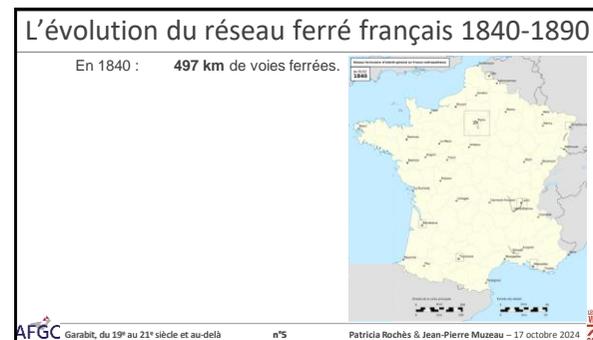
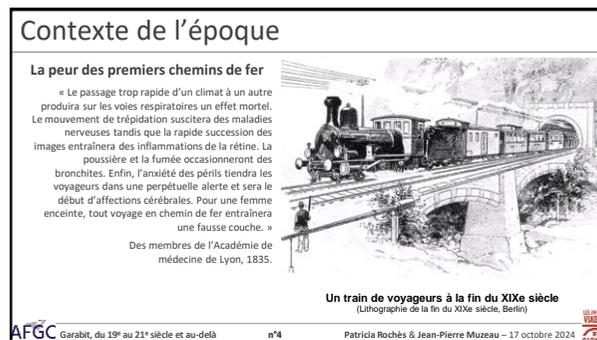
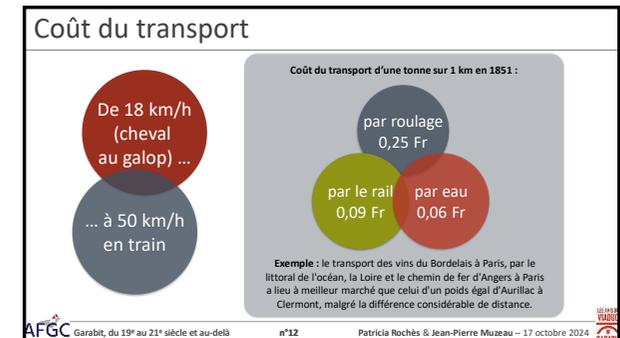
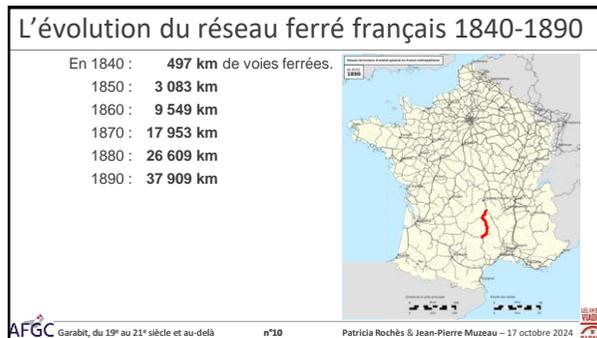


Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà





Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà



Les acteurs du projet : Léon Boyer




1851 (Florac) – 1886 (Panama)

Le viaduc de la Cruetize sur la ligne de l'Aubrac entre Marvejols et Aumont-Aubrac (Lozère)

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°13 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Les acteurs du projet : Léon Boyer



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°14 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Les acteurs du projet : Gustave Eiffel





1832 (Dijon) – 1923 (Paris)

Viaduc Maria Pia (Porto)

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°15 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

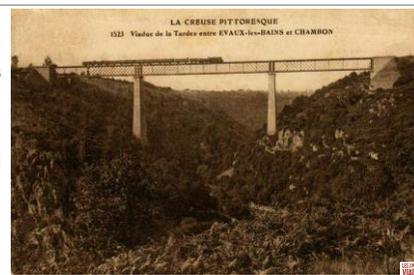
Les ouvrages d'Eiffel dans le Massif central




Viaducs de Neuvial (1868) et Rouzat (1869)
Ligne Gannat-Commentry

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°16 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Les ouvrages d'Eiffel dans le Massif central



Viaduc de la Tardes (1885)
Ligne Paris-Montluçon-Ussel
fermée en 2008

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°17 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Marché de gré à gré



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°18 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Préparation du site : cambuses et locaux divers



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°19 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Mais, comment faire pour construire ce viaduc ?

Quels matériaux utiliser ?
 Comment le concevoir ?
 Et comment réussir à le construire dans cette zone au relief un peu compliqué ?



Jean-Pierre va nous expliquer tout ça

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°20 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024



AFGC

2 - Conception du viaduc

Jean-Pierre MUZEAU

CHEC POLYTECH CLERMONT-FERRAND

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Choix du projet

1^{ère} solution étudiée et approuvée en 1877 : descendre le long des flancs de la vallée d'Arcomie, franchir la Truyère aussi bas que possible puis remonter le long de la vallée du Mongon ⇒ **Trajet très long**

Léon Boyer remet ce tracé en question et propose de rester sur le plateau mais il restait quand même à franchir la Truyère (123 m plus bas).

S'inspirant du pont Maria Pia, il imagine (et calcule) un pont en arc de dimensions assez similaires (portée : 160 m - flèche : 50 m).

Tracé et projet sont soumis à l'administration fin mars 1879.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°22 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Le projet est attribué à Eiffel

En juin 1879, le **Ministre des TP** invite les Ingénieurs des Ponts & Chaussées à soumettre à l'Administration un **marché de gré à gré avec G. Eiffel** pour la construction du viaduc.

Il précise : Le type du pont de Porto étant admis, son auteur est évidemment le plus apte à en faire un second. Et il serait peu équitable de confier les travaux à un autre, quand c'est le Maria Pia qui a donné l'idée de franchir ainsi la Truyère.

De plus, avec cette solution, l'État va économiser entre 3 et 5 millions de Francs pour construire la ligne !



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°23 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Matériaux utilisables à l'époque : la fonte



L'iron Bridge (Coalbrookdale - 1779). C'est le 1^{er} pont métallique (fonte) de l'histoire.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°24 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Matériaux utilisables à l'époque : le fer puddlé



Pont Maria Pia (1876-1877)

(1887-1889)

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°25 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Matériaux utilisables à l'époque : l'acier

Forth bridge (1882-1890)

Situé à 14 km d'Édimbourg.

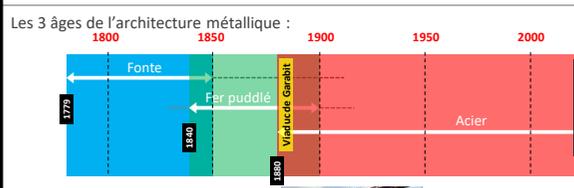
Même période que Garabit mais il est en **acier**.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°26 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Matériaux métalliques utilisés en construction

Les 3 âges de l'architecture métallique :



1779 1800 1850 1880 1880 1900 1950 2000 Aujourd'hui

1779 1800 1850 1880 1900 1950 2000 Aujourd'hui

Septembre 1880 : Début des maçonneries
 Août 1882 : Début du montage des piles
 Juin 1883 : Début du montage de l'arc
 Juin 1884 : Clavage de l'arc
 Septembre 1884 : Fin de la construction

C'est donc encore la période d'utilisation du fer puddlé et Eiffel possède une solide expérience dans le domaine.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°27 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Matériaux : le fer puddlé

C'est un **fer presque pur**. La fonte en fusion est décarburée par puddlage (ou brassage) dans un four à réverbère. Pour l'affiner, le « puddleur » brasse le métal avec un ringard.



Principal inconvénient : ce matériau ne peut être fondu. On obtient ainsi une sorte de pâte qui ne peut être mise en forme que par laminage ou forgeage (d'où l'autre nom de « **fer forgé** »).

Le fer puddlé est résistant à la fois en compression et en traction.

Il est **ductile** et **moins fragile** que la fonte mais il est **fortement anisotrope**.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°28 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Matériau : le fer puddlé - essai de traction



Cloches de fer créées par la frappe au marteau pilon.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°29 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Caractéristiques mécaniques du fer puddlé

| | | |
|------------------------------|---|--|
| Limite d'élasticité (MPa) | Contrainte de rupture sens longitudinal (MPa) | Contrainte de rupture sens transversal (MPa) |
| $170 \leq \sigma_e \leq 300$ | $260 \leq \sigma_r \leq 400$ | ≈ 0 MPa |
| | Allongement à rupture sens longitudinal | Allongement à rupture sens transversal |
| | $5\% \leq A_L \leq 25\%$ | $A_T \approx 0\%$ |

Module d'élasticité longitudinal pris pour les calculs : **E = 160 GPa**

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°30 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Règlements en vigueur

Les réglementations successives concernant les ponts métalliques datent de 1858, 1869, 1877, 1891, 1915 et 1927, etc. Ce sont des circulaires ministérielles

Pour le viaduc de Garabit, conçu et réalisé entre 1880 et 1884, ce sont celles de **1877** qui sont en vigueur.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°31 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

« Limites de travail » de la circulaire de 1877

Pour les ponts supportant des « voies de fer » (distincts des voies de terre) :

| Contraintes admissibles (en MPa) | Fonte | Fer puddlé |
|----------------------------------|-------|---------------|
| Traction | 15 | 60 MPa |
| Compression | 50 | |
| Traction-Flexion | 30 | |
| Compression-Flexion | 50 | |
| Cisaillement | | ??? |

Il est mentionné que l'administration se réserve d'admettre des limites plus élevées pour les grands ponts lorsque des justifications suffisantes sont produites en ce qui concerne les qualités des matières, les formes et les dispositions des pièces.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°32 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Surcharges par mètre de simple voie

La circulaire donne également un tableau fixant les surcharges uniformément réparties en fonction de la portée des travées :

Pour les portées ≥ 150 m, surcharge à prendre en compte : **30 kN/m courant de simple voie.**

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°33 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Règlement en vigueur : les charges ferroviaires

- Essai sous poids mort :**
 - Le train d'essai (locomotive + wagons de marchandises) doit être assez long pour couvrir 2 travées consécutives et y rester 2 h.
- Essais sous train roulant :**
 - Pour les travées indépendantes, la longueur du train doit être \geq à celle de la plus grande travée à tester.
 - Le train d'essai doit comprendre 1 loco + son tender (72 t) + des wagons de 15 t
 - 2 passages : l'un à 25 km/h, l'autre à 50 km/h.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°34 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Les actions : le vent

Charge de 270 daN/m² pour un vent fort mais, dans ce cas, aucun train n'est supposé circuler.

Dans le cas contraire, si les trains circulent, leur action est combinée avec celle du vent qui est alors pris égal à 150 daN/m².

Dans les calculs, la surface d'application du vent correspond à toute la surface de la 1^{ère} paroi offerte au vent mais seulement celle des barres de la seconde.

Avec les notations actuelles :

G + W avec W = 270 daN/m²

ou : **G + Q + W avec W = 150 daN/m²**

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°35 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Concepteurs de l'ouvrage

- Léon Boyer** qui a proposé le 1^{er} projet, vérifié celui d'Eiffel et suivi le chantier
 - Chez Eiffel :
 - Maurice Koechlin** (étude)
 - Émile Nouguier** (méthodes)
 - Jean Compagnon** (sur site)

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°36 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Évolution du projet entre Boyer et Eiffel

Au final, les calculs menés par Eiffel (avec ses propres hypothèses) ont été vérifiés par Boyer avec des méthodes différentes. **Le projet a ainsi été validé.**

Modifications apportées par la Cie Eiffel / au projet initial de Boyer :

- Suppression des courbes sur les parties métalliques ⇒ La portée de l'arc passe de 160 à 165 m,
- Les rotules de l'arc sont abaissées de 2 m ⇒ équilibre mieux assuré car l'action de renversement de l'arc sur les culées diminue,
- L'arc devient parabolique au lieu de circulaire ⇒ la courbe des pressions reste à l'intérieur de la fibre moyenne de l'arc (la flèche passe de 50 à 52 m),
- La voie est placée à l'intérieur du tablier ⇒ la hauteur des poutres principales passe de 5 à 5,16 m.

Caractéristiques finales du projet

- Hauteur au-dessus de la Truyère : 122,20 m
- Longueur totale : 564,55 m
- Longueur du tablier : 448,30 m
- Portée de l'arc : 165 m
- Flèche de l'arc : 50 m
- Maçonneries : 20409 m³
- Poids de fer puddlé : 3169 t
- Poids d'acier : 41 t
- Poids de fonte : 23 t
- Nombre de rivets : 678 768

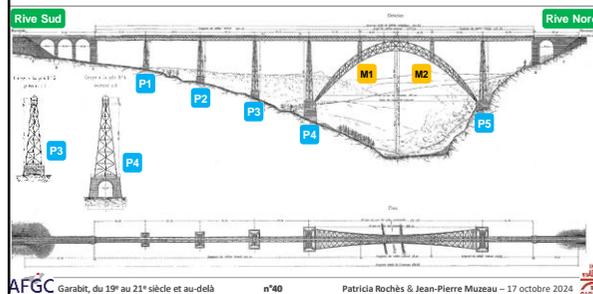


Détail d'un appui de l'arc et d'un pied de pile

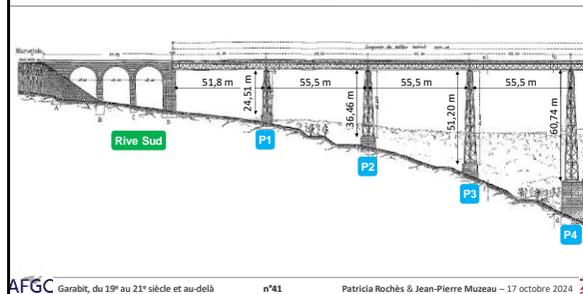


Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

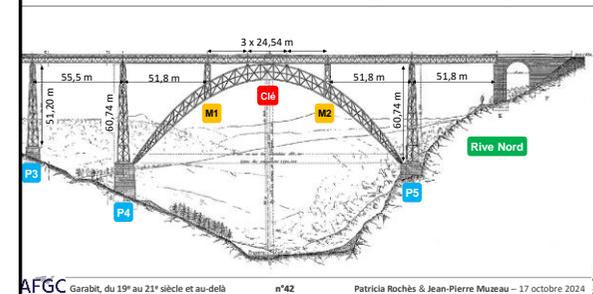
Plan du viaduc

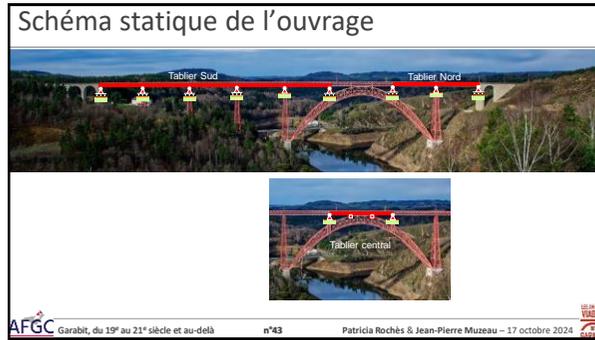


Élévation côté Marvejols (rive gauche)



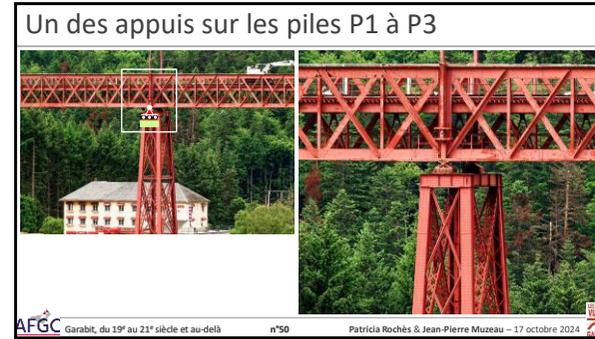
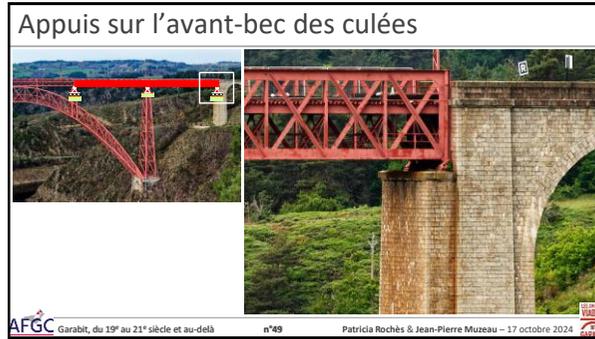
Élévation côté Neussargues (rive droite)



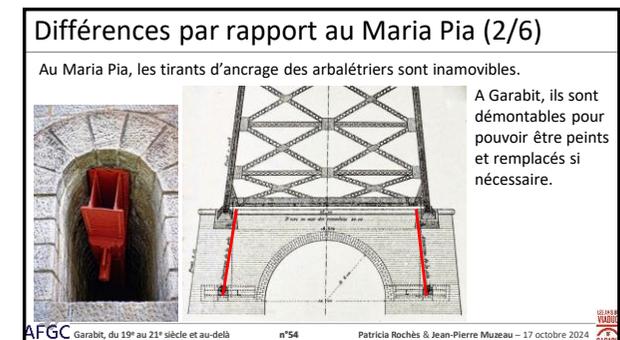


Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà



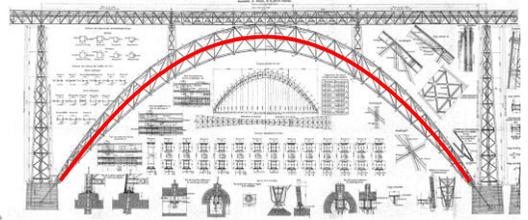


Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà



Différences par rapport au Maria Pia (3/6)

- Au Maria Pia, la fibre moyenne de l'arc est circulaire. A Garabit, elle est parabolique afin que la courbe des pressions ne sorte pas de l'arc.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°55 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Différences par rapport au Maria Pia (4/6)



Au Maria, la voie est placée sur la partie supérieure des poutres principales.

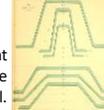


AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°56 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Différences par rapport au Maria Pia (4/6)



A Garabit, la voie est en partie intermédiaire des poutres principales, à 1,66 m au-dessous des semelles supérieures. Les trains sont mieux protégés du vent et mieux contenus en cas de déraillement.



Le plancher sous la voie est constitué de fers Zorès qui forment une paroi pleine horizontale rigidifiant transversalement le tablier. Cette disposition a été brevetée Eiffel.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°57 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Niveau de la voie / semelles supérieures



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°58 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Différences par rapport au Maria Pia (4/6)

Au Maria Pia, la partie supérieure du tablier coïncide avec le niveau de l'extrados de l'arc.

Le tablier est donc intégré dans l'arc.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°59 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Différences par rapport au Maria Pia (4/6)

- A Garabit, le tablier est positionné sur l'arc.
- Avec les 2 piles courtes, cette partie de structure est à peu près indéformable.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°60 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Différences par rapport au Maria Pia (5/6)

- Au Maria Pia, le tablier est continu sur toute la longueur de l'ouvrage...
- ...mais des problèmes de **fatigue** sont apparus dus au déplacement vertical des palées sous les variations des charges.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°61 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

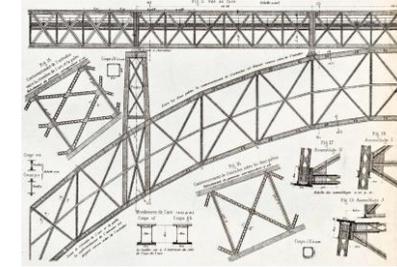
Différences par rapport au Maria Pia (5/6)

- A Garabit, la continuité du tablier est interrompue au droit des petites piles situées sur l'arc.
- Le comportement du tablier vis-à-vis de la **fatigue** est ainsi bien meilleur.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°62 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Détails de la partie centrale



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°63 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Différences par rapport au Maria Pia (6/6)

A Garabit, pour faciliter la visite et la réparation de l'ossature, des moyens d'accès spéciaux sont prévus pour permettre d'approcher toutes les parties difficiles d'accès :



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°64 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Différences par rapport au Maria Pia (6/6)

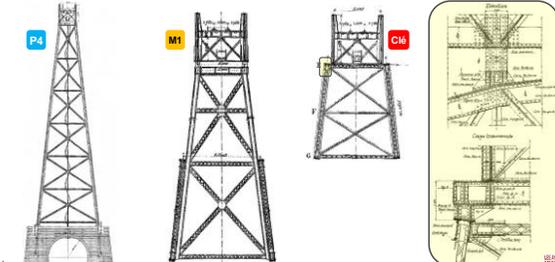
A Garabit, pour faciliter la visite et la réparation de l'ossature, des moyens d'accès spéciaux sont prévus pour permettre d'approcher toutes les parties difficiles d'accès :

- Une passerelle est installée à la partie inférieure du tablier avec une voie de 0,40 cm de large
- des échelles hélicoïdales sont installées dans chaque pile.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°65 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Élévation des piles P4, M1 et de la clé



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°66 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024



Calculs de Boyer (voir B. Godart & J.-F. Coste, IESF, 2023, pour plus de détails)

Dans son mémoire, il se limite au calcul de l'arc dans sa configuration finale.
 Calcul en 2 parties : la 1^{ère} fondée sur la formule de Bresse (formule du prisme élastique). La 2^{ème} en considérant l'arc comme un système articulé.

Contraintes maxi dans les membrures :

| Type de charge | Contraintes maxi (en MPa) | |
|--|---------------------------|----------------|
| | Fibre extrados | Fibre intrados |
| Poids propre | 27,3 | 25,8 |
| Poids propre + surcharge | 45,6 | 43,7 |
| Poids propre + 1/2 surcharge | 59,0 | 42,6 |
| Vent seul | 26,7 | 28,7 |
| Vent avec surcharge | 17,5 | 19,9 |
| Bilan 1^{re} méthode : σ_{max} | 66,4 | 65,2 |
| Bilan 2^{ème} méthode : σ_{max} | 63,9 | 70,5 |

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°67 Patriccia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

Calculs de Koechlin (voir B. Godart & J.-F. Coste, IESF, 2023, pour plus de détails)

Pour l'arc, la poussée horizontale est déterminante. Koechlin part aussi de la formule de Bresse. Les contraintes maximales qu'il obtient sont les suivantes :

Les résultats de Koechlin et de Boyer sont comparables, ceux de la Cie Eiffel étant légèrement inférieurs.

Pour rappel, la contrainte admissible est : $\sigma_{adm} = 60$ MPa.

| Type de charge | Contraintes maxi (en MPa) | |
|---|---------------------------|----------------|
| | Fibre extrados | Fibre intrados |
| Poids propre | 26,5 | 27,7 |
| Poids propre + surcharge | 43,4 | 42,2 |
| Poids propre + 1/2 surcharge | 55,8 | 37,2 |
| Vent seul | 27,0 | 27,7 |
| Vent avec surcharge | 18,1 | 20,4 |
| Bilan Eiffel : σ_{max} | 59,2 | 61,0 |
| Rappel Boyer 1^{re} méthode | 66,4 | 65,2 |
| Rappel Boyer 2^{ème} méthode | 63,9 | 70,5 |

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°68 Patriccia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

Calculs de Koechlin pour les autres éléments

Les piles ont été calculées par la statique graphique, les forces dans les différentes barres étant décomposées par la méthode de Culmann.

Le calcul des tabliers a été fait à l'aide des formules de Clapeyron.

1^{re} Pile sous travée chargée. — Le moment est maximum dans la première travée.
2^{ème} Travée sous travée chargée. — Le moment est maximum dans la deuxième travée.
3^{ème} Travée sous travée chargée. — Le moment est maximum dans la troisième travée.
4^{ème} Pile sous travée chargée. — Le moment est maximum sur la première pile.

5^{ème} Travée et travée sous charge. — Le moment est maxi.
6^{ème} Travée et travée sous charge. — Le moment est maxi.

La théorie de Clapeyron donne les formules suivantes pour la valeur des moments fléchissants sur piles :

$$M_1 = \frac{2(EI_1 + EI_2 + EI_3 + EI_4)}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{P \cdot L_1^2 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°69 Patriccia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Dilatation thermique

La plus grande longueur libre de l'ouvrage (distance culée - grande pile) est située du côté de la rive gauche. Elle est égale à : $L = 51,8 + 3 \times 55,5 = 218,3$ m

Coefficient de dilatation thermique du fer puddlé : $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ m/m/°C
 La variation de température est prise égale à : $\Delta\theta = \pm 30^\circ\text{C}$
 La variation de longueur est donc :
 $\Delta L = \alpha \cdot \Delta\theta \cdot L = 1,2 \cdot 10^{-5} \times (\pm 30) \times 218,3 = \pm 0,078$ m
 soit : $\Delta L = \pm 78$ mm

Le jeu laissé pour la dilatation est de **250 mm sur les culées** et **100 mm sur l'arc**.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°70 Patriccia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

Le tablier

1 semelle de 500x10
 2 L 100x100x12

Membre supérieure courante

Des semelles de 500x13 à 500x7 sont ajoutées lorsque nécessaire.

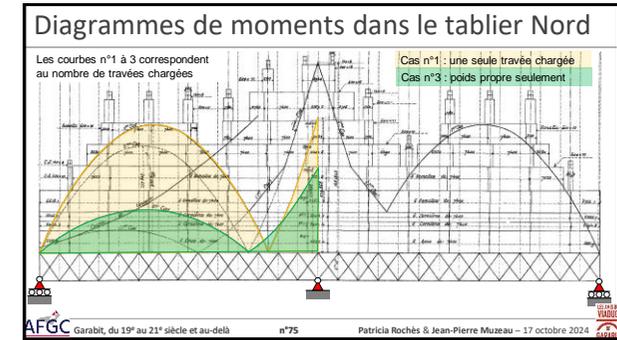
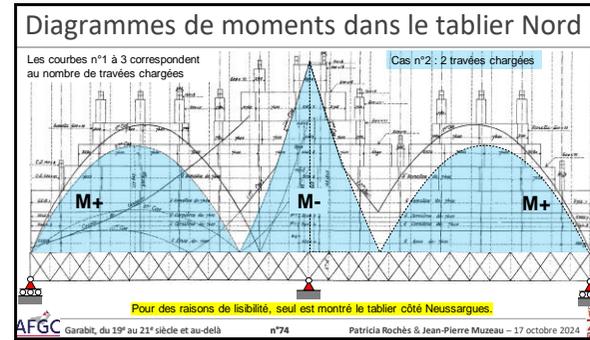
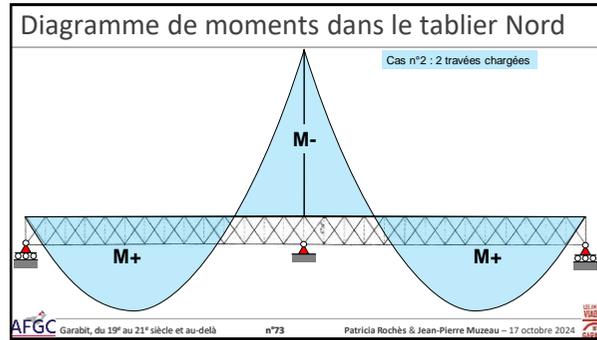
AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°71 Patriccia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

Le tablier

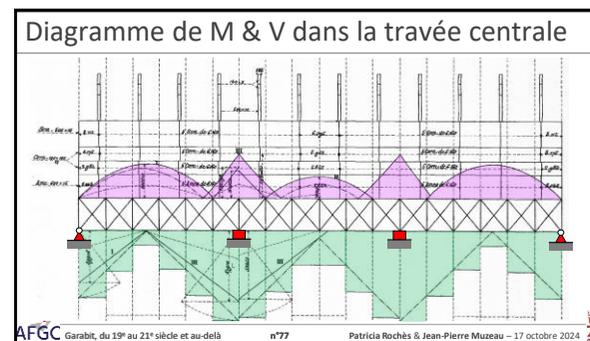
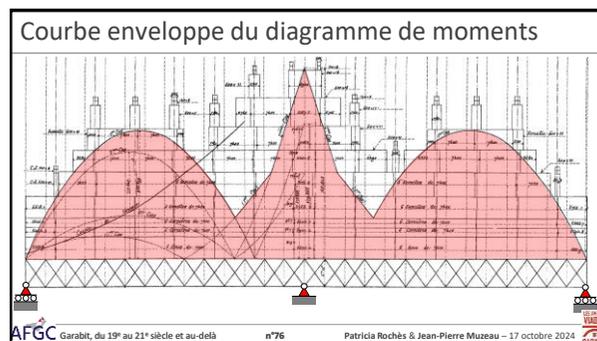
| SECTION COURANTE | SEMELLES SUPPLÉMENTAIRES ajoutées à la section courante | VALEURS DE $\frac{I}{L^3}$ | |
|------------------------|---|----------------------------|-----------|
| | | DE LA SECTION COURANTE | TOTALES |
| 1 ^{re} TRAVÉE | 2 sem. 500 x 11 | 0,084 860 | 0,167 398 |
| 951 052 | 1 sem. 500 x 10 | | 5,70 |
| 2 ^{de} TRAVÉE | 1 sem. 500 x 11 | 0,046 440 | 0,131 035 |
| 720 445 | 1 sem. 500 x 7 | | 5,55 |
| 3 ^{de} TRAVÉE | 1 sem. 500 x 11 | | |
| 705 414 | 1 sem. 500 x 9 | 0,061 000 | 0,130 406 |
| 1 ^{re} PILE | 4 sem. 500 x 11 | | |
| 1 396 478 | 1 sem. 500 x 10 | 0,130 320 | 0,221 135 |
| 2 ^{de} PILE | 1 sem. 500 x 11 | | |
| 1 203 605 | 2 sem. 500 x 13 | 0,123 840 | 0,208 646 |
| | | | 5,77 |

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°72 Patriccia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

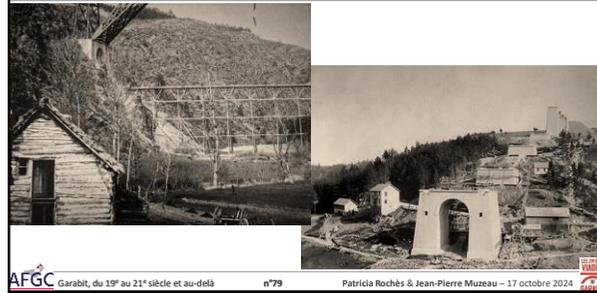




Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

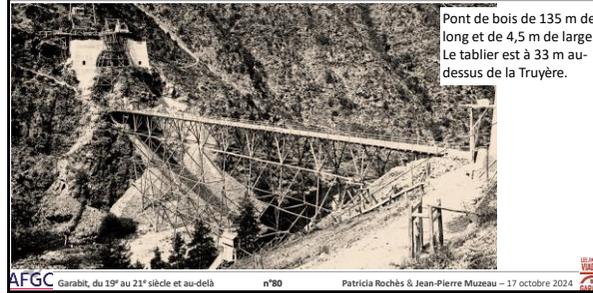


Préparation du site : cambuses et locaux divers



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°79 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

La passerelle de service



Pont de bois de 135 m de long et de 4,5 m de large. Le tablier est à 33 m au-dessus de la Truyère.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°80 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Réalisation des maçonneries de la rive droite



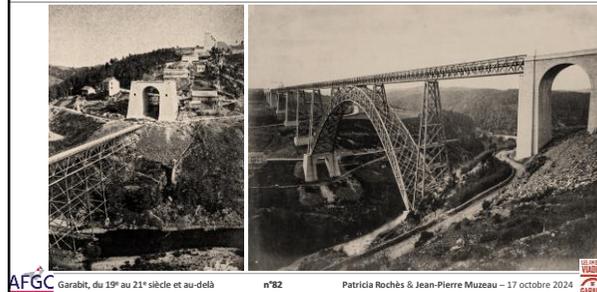
Sur la rive droite, très abrupte, des estacades et des systèmes de treuils permettent de hisser pierres et moellons depuis la passerelle jusqu'aux assises des culées et de la pile.

Avec 8 hommes, chaque treuil peut soulever des charges jusqu'à 2,25 tonnes.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°81 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Assises des piles côté rive gauche (Marvejols)



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°82 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Préfabrication à Levallois Perret



Préfabriquées dans les ateliers Eiffel à Levallois, les barres des treillis sont acheminées par train jusqu'à Neussargues.

Elles sont ensuite portées par des attelages de 6 à 8 chevaux sur 34 km jusqu'à Garabit.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°83 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Préfabrication à Levallois Perret



Avant le départ de Levallois, toutes les pièces sont montées « à blanc », les lignes de rivure étant déjà percées.

Chaque pièce est protégée par plusieurs couches de minium de plomb.

Ainsi, les barres sont prêtes à être assemblées sur site.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°84 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Montage de l'ouvrage



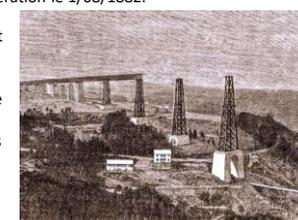
Le montage de Garabit s'inspirant de celui du Maria Pia. Les piles principales et le tablier vont donc être utilisés pour monter les 2 demi-arcs en porte-à-faux.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°85 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Montage de l'ouvrage

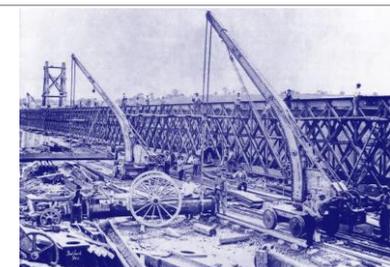
Le montage commence par la construction des piles et le lancement des deux tronçons de tablier. Début de l'opération le 1/08/1882.

Deux plates-formes de montage et de lançage sont créées dans le prolongement des 2 culées, soit 2 tranchées de 18 m de large et de longueur 145 m (rive Sud) ou 57 m (rive Nord), assez grandes pour permettre de monter les tronçons du tablier en treillis.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°86 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Vue d'un chantier de cette époque (La Bouble)



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°87 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Montage des piles

Le montage de chaque pile a été réalisé par des équipes de 11 ouvriers. Le hissage des pièces s'effectuait à l'aide de simples chèvres.

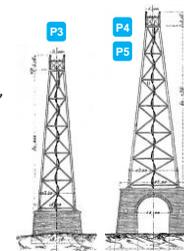
Le rivetage ne commençait qu'une fois le montage achevé et en allant du haut vers le bas.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°88 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Durées de montage des piles

- 19 jours pour la pile P1 de 24,5 m.
- 46 jours pour la pile P2 de 36,45 m
- 68 jours pour la pile P3 de 51,20 m
- ≈ 100 jours pour les piles principales les plus hautes, P4 et P5, de 60,73 m.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°89 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Lançage du tablier

Le lançage du tronçon de tablier démarre dès qu'une pile est montée.

La structure est translaturée de la plate-forme de montage en direction de la culée puis vers la ou les piles selon la situation.

La partie de tablier portant sur les culées et les piles assure un contreponds garantissant l'équilibre de la partie en porte-à-faux.

Le système de lancement (une sorte de chaise à galets) a été mis au point par Eiffel lors de la construction de Rouzat et Neuvial.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°90 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Lançage du tablier

Le tablier, guidé latéralement, est en appui sur des galets. Sur l'axe de l'un d'entre eux, une roue à rochets est actionnée par un levier en bois de 7 m de long.

Sur la partie supérieure du tablier, les leviers sont couplés par une barre transversale, manipulée par 6 ou 7 ouvriers. Chaque déplacement donne une translation de 10 à 12 cm.

La vitesse de lançage pouvait atteindre 11 m/h. Il fallait $\approx \frac{1}{2}$ journée pour franchir une travée de 55,2 m.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°91 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Lançage du tablier

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°92 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Durée de la phase de lançage

Côté Marvejols, le grand tronçon du tablier a été assemblé et lancé en 164 jours avec en moyenne 35 ouvriers sur le chantier.

Côté Neussargues, il a fallu 2 mois.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°93 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Phase préalable à la réalisation de l'arc

Les 16 mai et 21 juin 1883, deux phases importantes de lançage des tabliers Nord et Sud ont lieu pour amener leurs extrémités en encorbellement sur 22,2 m au-delà des piles principales.

Les extrémités des 2 tronçons sont attachées aux culées avec 28 câbles d'acier pour équilibrer les efforts longitudinaux lors du montage des $\frac{1}{2}$ arcs.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°94 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

L'environnement du chantier côté Marvejols

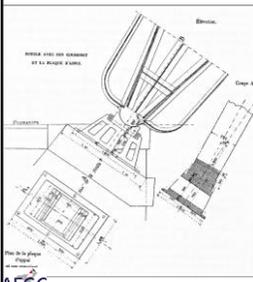
Le montage de l'arc central débute le 24 juin 1883, avec la mise en place des échafaudages destinés à soutenir et à positionner les naissances et les rotules.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°95 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Pile et appui de l'arc

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°96 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Début du montage de l'arc



Les rotules, forgées à Aubervilliers, sont installées dans les réserves faites sur les piliers P4 et P5.

Les membrures d'intrados du panneau de naissance sont mises en place sur le cintre des échafaudages avant pose des âmes latérales, des membrures d'extrados et des barres de contreventement.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°97 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Début du montage de l'arc



Des câbles de haubanage sont alors attachés à l'extrémité de chaque membrure inférieure pour maintenir à la position requise les éléments suivants, l'augmentation de la masse devenant incompatible avec la capacité des échafaudages.

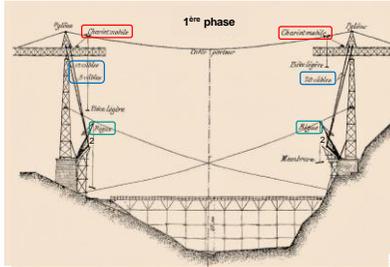
AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°98 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024



Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Matériel de manutention

- 2 chariots mobiles sur un câble tendu entre 2 pylônes au-dessus des piles principales pour des pièces légères
- 20 câbles de mouflage sous le montant 2 pour maintenir chaque ½ arc
- 2 bigues de manutention lourde sur chaque extrémité des demi-arcs et qui suivront la progression du montage

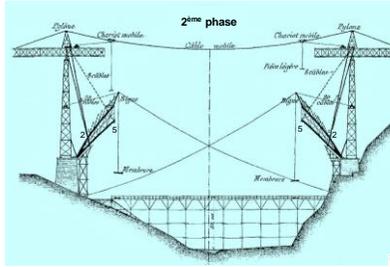


AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°100 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Principales étapes de montage de l'arc

Réalisation des ½ arcs :

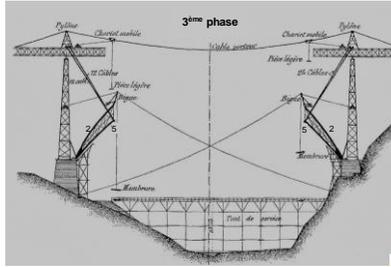
- Montage en porte-à-faux jusqu'au montant n°5.
- Pose de 8 câbles attachés à 2 selles placées sous les membrures du montant 5.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°101 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Principales étapes de montage de l'arc

- Les 20 câbles du montant n°2 sont détachés.
- 16 autres câbles sont installés sous le montant 5.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°102 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Principales étapes de montage de l'arc

- Le montage se poursuit jusqu'au montant 9.
- 12 câbles sont attachés sous les membrures supérieures du montant 9.

4^{ème} phase

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°103 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

Principales étapes de montage de l'arc

- Les câbles du montant 5 sont enlevés
- 12 autres sont posés sous la membrure supérieure du montant 8.

5^{ème} phase

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°104 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

Principales étapes de montage de l'arc

- Le montage continue et les deux 1/2 arcs se rejoignent à la clé d'intrados.

Cette technique de montage est la même que celle mise au point 6 ans plus tôt par Émile Nouguier pour le Maria Pia.

6^{ème} phase

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°105 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Phase de montage avec les câbles de maintien

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°106 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

Clavage de l'arc

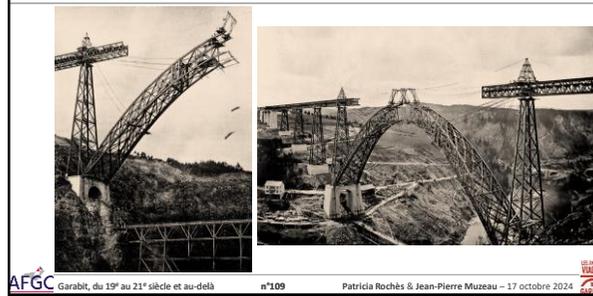
AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°107 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

Stockage d'éléments préfabriqués à monter

Cette photo montre des éléments de treillis stockés en bas de la pile et amenés sur le pont de service pour être levés en position.

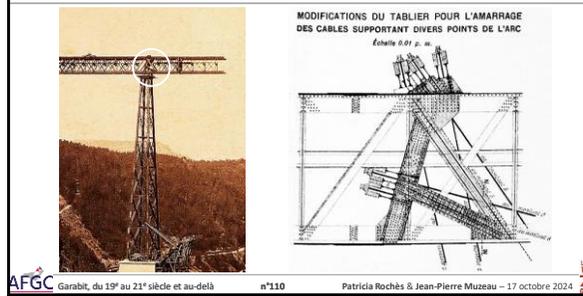
AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°108 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau - 17 octobre 2024

Photos du montage



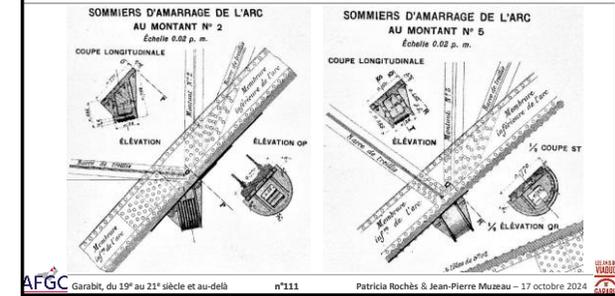
AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°109 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Appui des têtes de câbles sur la structure



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°110 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

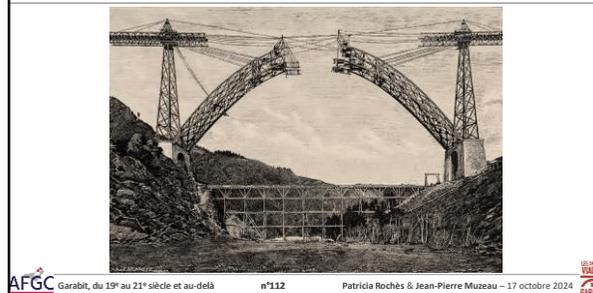
Attaches des câbles sur l'arc



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°111 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Détail d'une phase de montage



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°112 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Pose de la clé

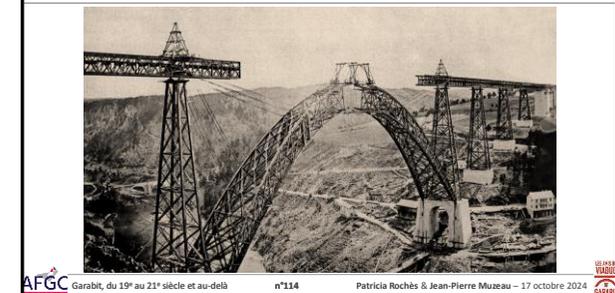
La pose de la clé des membrures d'intrados a lieu le 20 avril 1884, après une phase de mouflage de chacun des 1/2 arcs pour que les éléments soient parfaitement positionnés pour recevoir le panneau médian du treillis.

Le 26 avril, mise en place de la clé des membrures d'extrados :

La température étant plus élevée que celle prévue lors de l'étude, les trous destinés au boulonnage provisoire ne sont pas en face. Il faut attendre 18h pour claver les membrures d'extrados.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°113 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Clavage de l'arc



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°114 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

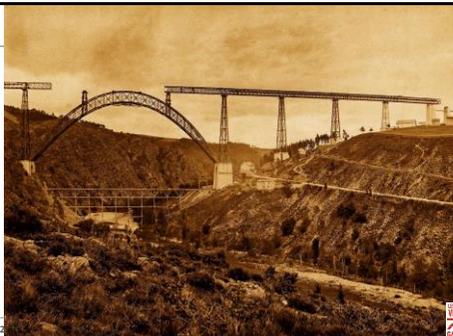
Clavage final : 2 comptes-rendus différents

- **Gustave Eiffel dans sa notice de 1888** : « La pose de la clef d'extrados se fit le 25 avril 1884 sans la moindre difficulté et sans nécessiter ni retouche, ni alésage des trous ; ce résultat témoigna que l'arc monté avait rigoureusement la forme prévue, que les rotules étaient bien à leur position exacte et que la précision de la pose ne laissait rien à désirer. »
- **Léon Boyer** : le clavage fut un peu compliqué : « Il a eu lieu du 23 au 26 avril 1884. Du fait de la température à ce moment-là, la clef avait ≈ 3 mm de plus que le vide à remplir. Il a fallu buriner les âmes sur 15 cm de hauteur et 2 mm d'épaisseur pour faciliter l'entrée de ces pièces. De longs boulons ont été posés dans les trous correspondants des semelles des tronçons amorces et de la clef et on a frappé sur celle-ci à grands coups de masse, en ayant soin de serrer au fur et à mesure les écrous des boulons ».

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°115 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Montage

Pose des petites piles sur l'arc.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°115 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Fin du montage

Les 2 petites piles de l'arc sont montées sur les montants 8 et 9.

Les 5 et 17 juin, les 2 dernières phases de lancement des tronçons N et S du tablier sont réalisées. Les tronçons viennent en appui sur ces piles et les culées sont libérées. Les voûtes maçonnées peuvent alors être terminées.

Ces dernières, ainsi que la pose de la voie ferrée qui avait été menée dans le même laps de temps, sont terminées le 17 septembre 1885.

Ainsi s'achève ces 5 années de travaux auxquels ont pris part environ 500 personnes.

Ils correspondent à une masse métallique installée de 3250 t et $\approx 680\ 000$ rivets posés, soit à Levallois, soit sur le site.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°117 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

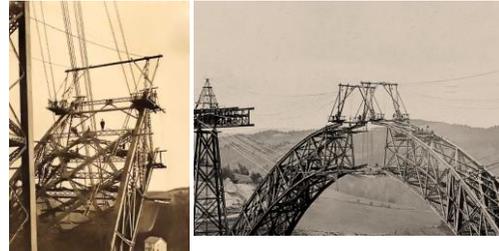
Nombre de rivets posés à Levallois ou à Garabit



| | À l'atelier | Sur site | Sur site / total |
|--------------|----------------|----------------|------------------|
| Piles | 120 553 | 52 355 | 30% |
| Tablier | 123 021 | 155 471 | 56% |
| Arc | 122 927 | 104 441 | 46% |
| Total | 366 501 | 312 267 | 46% |
| | 678 768 | | |

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°118 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Les hommes sur le chantier



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°119 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Les ouvriers

En été 1881, pendant la construction des maçonneries, il y eut jusqu'à 400 personnes environ sur le site. La main d'œuvre de proximité qui venait de la Creuse, du Cantal et de la Lozère, était très insuffisante. 200 à 300 piémontais sont recrutés et ils s'installèrent sur le site.

Les salaires horaires de l'époque étaient établis sur les bases suivantes :

- Mousseux : 0,23 Fr
- Riveurs : 0,46 Fr
- Monteurs : 0,55 Fr
- Charpentiers : 0,65 Fr
- Contremaîtres : 1,00 Fr

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°120 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Les accidents en cours de construction

Grâce à la mise en place de filets de protection placés sous les intrados des membrures pendant le montage des demi-arcs, un très faible nombre d'accidents mortels est signalé pendant la construction :

- Le 7 mars 1884 lors du montage des demi-arcs, un ouvrier qui rivait au marteau, perdit l'équilibre et se raccrocha in extremis par un bras à une barre métallique. Un témoin de la scène, un jeune ouvrier riveur de 27 ans voulut se porter à son secours et, ayant mal calculé son élan, il rata sa cible et atterrit sur le pont de service à 70 m en dessous. L'ouvrier à l'origine du drame fut secouru par d'autres compagnons.
- Deux autres accidents mortels auraient aussi été enregistrés.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°121 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Coût de l'ouvrage



| Selon | Parties métalliques | Maçonneries | Total | % métal |
|--------|---------------------|-------------|--------------|---------|
| Eiffel | 2 390 750 Fr | | | |
| Boyer | 2 426 766 Fr | 876 365 Fr | 3 303 132 Fr | 73 % |

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°122 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024



4 - Essais et mise en service

Jean-Pierre MUZEAU

CHEC POLYTECH CLERMONT-FERRAND

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Les essais du viaduc

Le viaduc est terminé avant que le tronçon reliant Marvejols à St-Chély-d'Apcher soit en service (il l'a été à partir du 9 mai 1887).

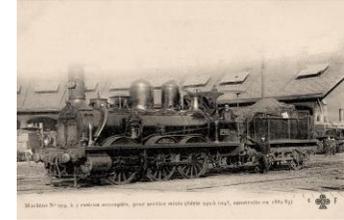
Le 10 avril 1888 ont lieu les épreuves de l'ouvrage. Il s'agit des essais suivants :

- surcharge statique de chaque travée à l'aide d'une rame de 165 t,
- surcharge statique de 2 travées adjacentes avec des rames de 285 t,
- surcharge de l'arc au moyen d'une rame de 405 t.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°124 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Les essais du viaduc

Les rames d'épreuves étaient composées d'une locomotive type 040 série 2001-2040 de 75 t avec son tender, auxquels étaient attelés respectivement 6, 14 et 22 wagons de 15 t.



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°125 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Les essais du viaduc

Lors des essais statiques, les convois sont immobilisés pendant 2 h, au cours desquelles les déplacements de la structure sont mesurés au milieu des travées et à mi-portée de l'arc ; les valeurs maximales enregistrées sont les suivantes :

- travées courantes : 19 mm,
- arc central : 12 mm.

Le 13 avril, un essai dynamique clôt les épreuves, avec la circulation à 25 km/h d'une rame de 405 t. Aucune oscillation anormale n'est constatée.

La réception de l'ouvrage est prononcée officiellement le 14 mai 1888.

La ligne ferroviaire reliant Marvejols à Neussargues sera mise en service le 10 novembre de la même année.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°126 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Dates clés de l'ouvrage

| Différentes phases du chantier | Dates |
|---|---------------|
| Préparation du site et installation du chantier | janvier 1880 |
| Début des maçonneries | octobre 1882 |
| Début du montage de la 1 ^{ère} pile | août 1882 |
| Début du montage de l'arc | 24 juin 1883 |
| Pose de la clé d'extrados | 26 avril 1884 |
| Livraison du viaduc | novembre 1884 |

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°127 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Carte postale ancienne



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°128 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Conclusions de Léon Boyer

- Le viaduc de Garabit a été établi avec des éléments connus que l'on s'est efforcé d'améliorer.

Ce serait beaucoup si :

- à raison de ces améliorations,
- à raison des dimensions exceptionnelles de l'arc
- du soin apporté à l'étude des détails,

cette œuvre, commandée par de sérieuses raisons d'économie, marquait un progrès, si petit qu'il fût.

Les liaisons surabondantes y sont moins nombreuses que dans beaucoup d'ouvrages comparables.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°129 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Conclusions de Léon Boyer

- Les progrès que font la métallurgie et la mécanique, en permettant de fabriquer et de mettre aisément en place des pièces de plus en plus fortes, rendront économiques les dispositions simples que recommande la théorie.

Avec les formes qu'il est possible d'employer dès aujourd'hui, les méthodes de calcul sont suffisamment exactes pour que l'on puisse sans crainte augmenter le coefficient de travail dans les grandes charpentes.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°130 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Conclusions de Léon Boyer

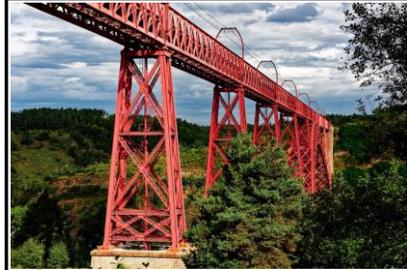
Il reste :

- à mieux connaître les effets du vent, dont l'action n'a été évaluée jusqu'ici que par des expériences assez discordantes ;
- à se rendre compte plus exactement de l'influence des chocs au passage des machines ;
- à faire porter les épreuves de résistance du métal, non plus sur de petits prismes, mais sur des pièces entières ;
- à multiplier les expériences sur la rivure.

En un mot, c'est moins de la théorie que de l'expérimentation et de la pratique de l'art que l'on doit attendre les prochains progrès de la construction métallique.

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°131 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

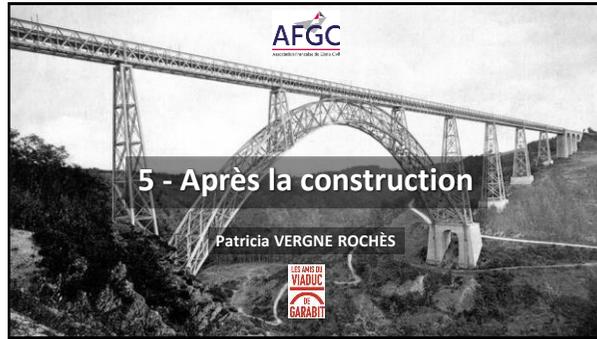
Et après ?



Voilà, le viaduc est construit. Que devint-il après ?

Patricia va nous l'expliquer

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°132 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024



Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

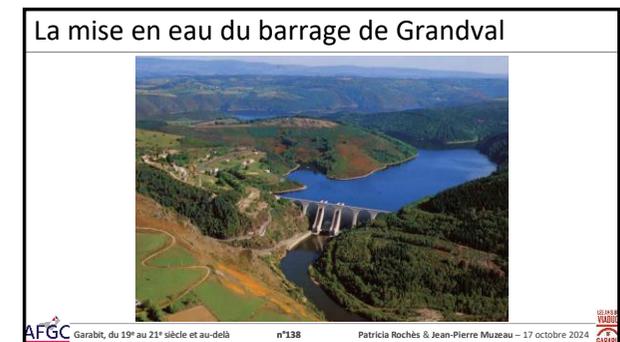
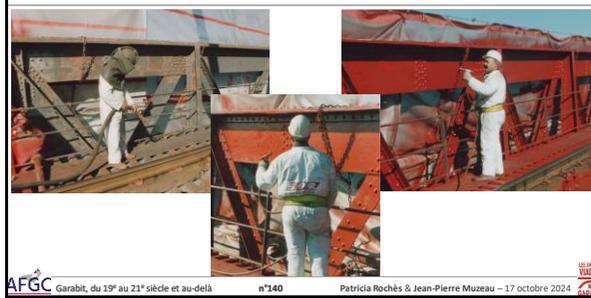


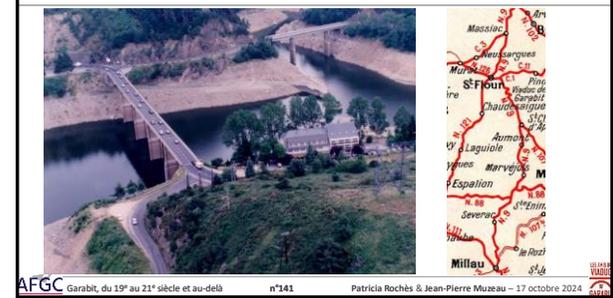
Photo souvenir



La remise en peinture (1992-1998)

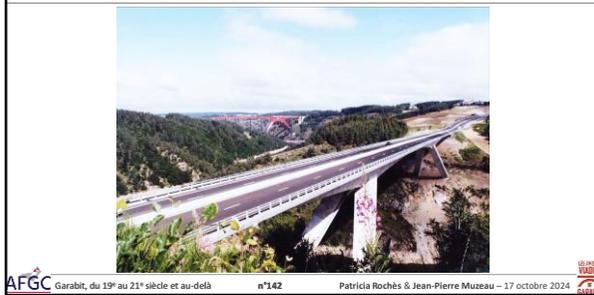


Avant la construction de la A75 : la RN9

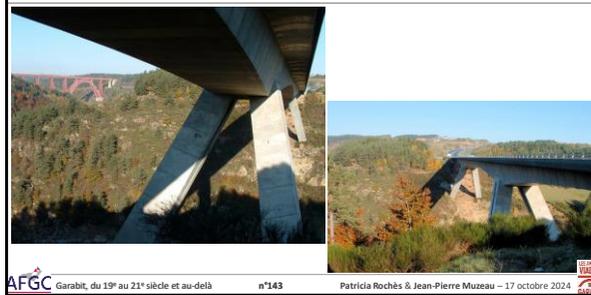


Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

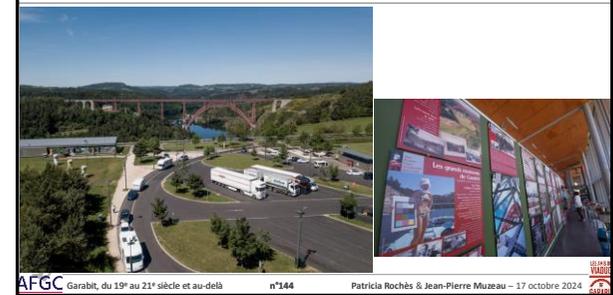
Après la construction de la A75

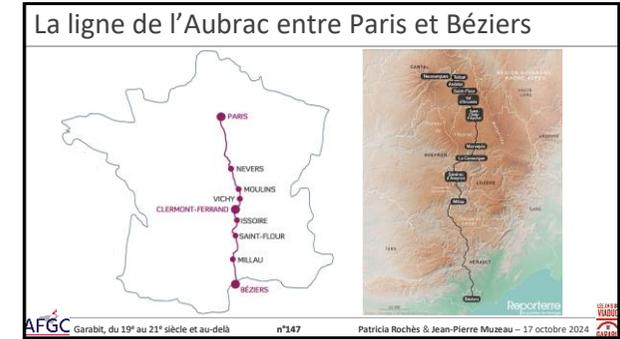
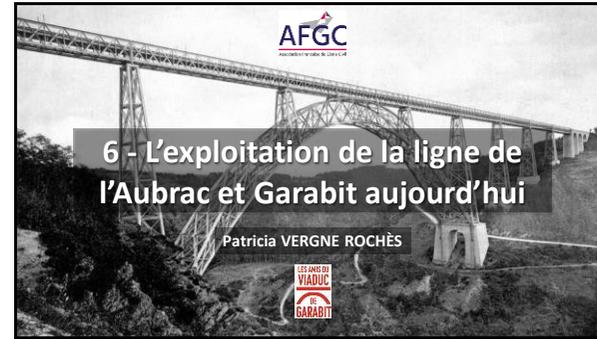


Le pont à béquilles de la A75 sur la Truyère

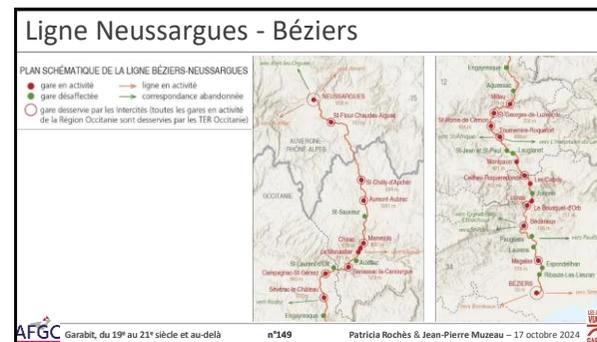
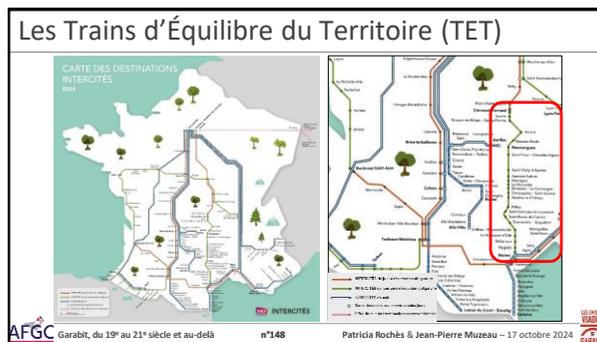


L'aire de Garabit sur la A75





Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà



Train de bobines sur le viaduc



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°151 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit est classé à l'inventaire des MH



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°152 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit est classé à l'inventaire des MH



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°153 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Il faut surveiller et préserver l'ouvrage



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°154 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

La mise en lumière - Les 1^{ers} essais



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°155 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

La mise en lumière finale : 2001



AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°156 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

L'éclairage du viaduc & le téléthon en 2004

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°157 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

7 - Le futur de Garabit

Patricia VERGNE ROCHÈS

AFGC LES AMIS DU VIADUC DE GARABIT

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°159 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit à l'UNESCO ?

Les biens inscrits au patrimoine mondial de l'UNESCO

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°159 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà

Un classement en série

- 1 Viaduc de Müngstener (D)
- 2 Pont San Michele (I)
- 3 Viaduc de Garabit (F)
- 4 Pont Maria Pia (P)
- 5 Pont Dom Luis (P)
- 6 Viaduc du Viaur (F)

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°160 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Demande en cours pour ces 6 viaducs en arc

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°161 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024

Bibliographie

- Patricia VERGNE ROCHÈS - *Le viaduc de Garabit, chef d'œuvre de Gustave Eiffel*. La vie du Rail, 2012.
- Bruno GODART & Jean-François COSTE - *Gustave Eiffel constructeur de grands arcs métalliques, du pont Maria Pia au viaduc de Garabit*, IESF, 2023
- Christian-Noël QUEFFÉLEC - *Les ponts témoins de leur temps*. Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable, rapport n°008755-01, 2013.
- Robert COMBES - *Les Fades - Garabit 2. Deux techniques, deux époques*. Décembre 1995.
- Alain MICHEL - *Un monument d'élégance : le viaduc de Garabit sur la Truyère*. Cahier de l'APK, n°73, 10/2016.
- Philippe MÉNAGER - *Eiffel, le génie du fer*. Ed. Christine Bonneton, Chamalières, 2020.
- Guide STRRES - *Réparation et rénovation des structures métalliques*, FAME - v3, 2018.
- Léon BOYER - *Viaduc de Garabit - Dunod*, 1888 (398 pages).
- Gustave Eiffel - *Mémoire présenté à l'appui du projet définitif du viaduc de Garabit*, Extrait des Mémoires de la Société des ingénieurs civils, Baudry, 1889 (182 pages).

AFGC Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà n°162 Patricia Rochès & Jean-Pierre Muzeau – 17 octobre 2024



Garabit, du 19^e au 21^e siècle et au-delà