

Viaduc de GARABIT

Surveillance et entretien
par SNCF RESEAU



SNCF
RESEAU

6 novembre 2024

1

- 1. Patrimoine régional**
- 2. Présentation de l'ouvrage**
- 3. Surveillance de l'ouvrage**
- 4. Historique des avaries et réparations réalisées**
- 5. Opérations d'entretien à prévoir**

Sommaire

2

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU

SNCF
RESEAU

2

01 Patrimoine régional

Périmètre géographique :

- ▶ Cantal
- ▶ Haute-Loire
- ▶ Puy-de-Dôme
- ▶ Allier
- ▶ Nièvre



3

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



3

01 Patrimoine régional

- ▶ 4800 Petits Ouvrages Sous Voie
- ▶ 2400 Ponts (PRa ou PRo) :
 - 1500 Ponts maçonnés
 - 600 Ponts en béton armé
 - 300 Ponts métalliques
- ▶ 1600 Murs ou Perrés
- ▶ 200 Tunnels



4

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



4

01 Patrimoine régional

Des ouvrages remarquables

- ▶ Viaduc de Chapeauroux
- ▶ Viaduc de la Bouble
- ▶ Viaduc de St-Loup
- ▶ Viaduc des Fades
- ▶ Viaduc de Garabit



5

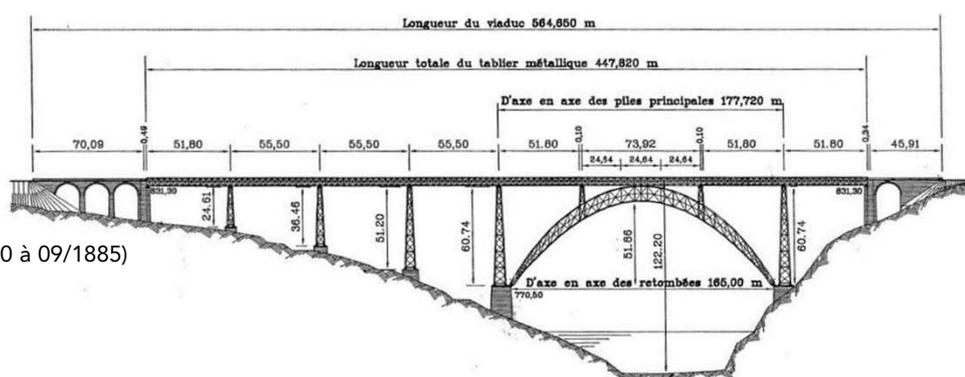
6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



5

02 Présentation de l'ouvrage



- ▶ 6 ans de travaux (de 01/1880 à 09/1885)
- ▶ 3 248 t de métal
- ▶ 678 768 rivets
- ▶ 52 000 m² de peinture
- ▶ 20 370 m³ de maçonnerie
- ▶ coût : 3 400 000 F
- ▶ Réalisé par l'entreprise EIFFEL, avec 400 ouvriers au plus fort des travaux
- ▶ Des dimensions exceptionnelles avec 1 arc métallique de 165 m de portée culminant à 122m au-dessus de la Truyère (flèche de 8 mm sous l'effet du train d'essai de 405 t)

6

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



6

02 Présentation de l'ouvrage

- ▶ Le viaduc de Garabit est un ouvrage métallique, mais son matériau constitutif est très différent des aciers modernes.
- ▶ On l'appelle « **le fer puddlé** » : obtenu en fonderie, grâce à un traitement « artisanal » de la fonte en fusion, afin d'en brûler le maximum d'impuretés.
- ▶ Le « fer puddlé » est hétérogène, fragile et **anisotrope***.

* **anisotrope** : propriétés du matériau qui varient selon la direction, notamment les variations des résistances mécaniques entre le sens long et le sens travers.



7

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



7

02 Présentation de l'ouvrage

- ▶ Trafic actuel : 3 A/R Fret par semaine + 1 A/R Voyageur par jour.
- ▶ Sur l'ouvrage, la pose de voie est directe sur traverses et longrines en bois (sans ballast).
- ▶ Il en résulte une transmission directe et agressive des charges dans la structure.



8

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



8

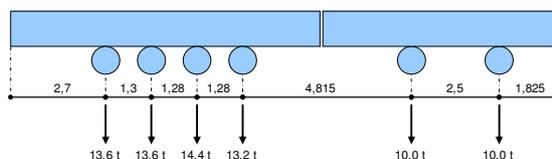
02 Présentation de l'ouvrage

► Depuis sa construction, les charges d'exploitation ont beaucoup augmenté :

- L'ouvrage a été dimensionné en fonction d'un modèle de charge constitué d'un train de locomotives :

$$P_{\max} = 14,4 \text{ t}$$

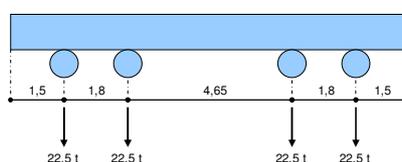
$$q = 4,8 \text{ t/m}$$



- L'ouvrage est aujourd'hui apte à recevoir des circulations D4 :

$$P_{\max} = 22,5 \text{ t}$$

$$q = 8,0 \text{ t/m}$$



9

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



9

03 Surveillance de l'ouvrage

- L'ouvrage est inspecté régulièrement, conformément aux règlements du ministère des transports et des référentiels de surveillance des ouvrages d'art de SNCF Réseau.
- Il est soumis à des **visites d'Inspections Détaillées (ID)** :
 - ID tous les 3 ans pour les parties métalliques (arche et piles),
 - ID tous les 6 ans pour les travées d'approches en maçonnerie.
- L'objectif de ces ID est d'examiner toutes les parties de l'ouvrage afin de réaliser en temps utile les opérations d'entretien nécessaire et, le cas échéant déclencher les mesures de sécurité nécessaires.
- Elles sont réalisées par des Spécialistes Ouvrages d'art du Pôle Régional Ingénierie de Clermont Ferrand et de l'Infrapôle Auvergne/Nivernais de SNCF Réseau.
- La dernière ID complète de l'ouvrage a été réalisée en 2021 ; 2024 est une année d'inspection des parties métalliques (uniquement).
- La durée totale de l'inspection est d'environ **6 à 8 semaines**.



10

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



10

03 Surveillance de l'ouvrage

- Les différents moyens de visites : **à pied** en utilisant les installations présentes dans l'ouvrage



11

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



11

03 Surveillance de l'ouvrage

- Les différents moyens de visites : les **engins ferroviaires spéciaux** (plateformes négatives)



12

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



12

03 Surveillance de l'ouvrage

- Les différents moyens de visites : **sur cordes** (moyens acrobatiques)

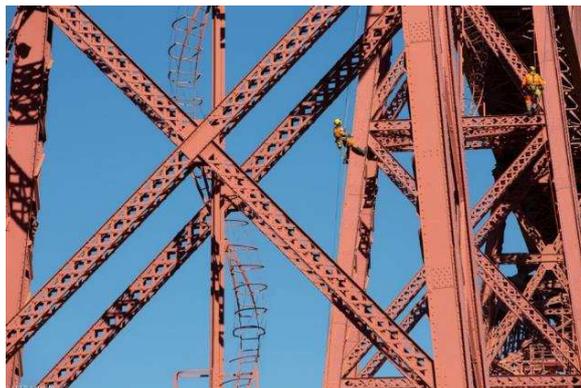


13

6 novembre 2024



Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



13

03 Surveillance de l'ouvrage

- Les zones les plus difficiles d'accès sont inspectées par **caméra endoscopique**.
- Contrôles par **magnétoscopie** sur les zones les plus sensibles.



14

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



14

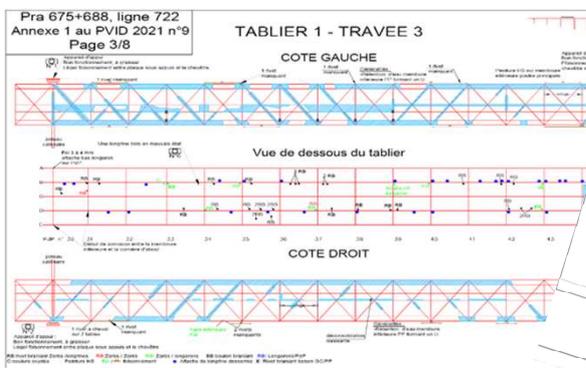
03 Surveillance de l'ouvrage

- ▶ Des **visites intermédiaires annuelles** sont également réalisées par des agents habilités sur les parties les plus « sensibles » identifiées lors des ID.
- ▶ Des visites spéciales sont effectuées en fonction des besoins en collaboration avec le Département des Ouvrages d'art de la direction Technique de SNCF Réseau (experts nationaux).
- ▶ Des investigations complémentaires sont réalisées, si nécessaires (radiographie, ultrasons et sondages...).
- ▶ Surveiller et maintenir un tel ouvrage requiert un **savoir-faire rare** et **beaucoup de rigueur**.



03 Surveillance de l'ouvrage

- ▶ Production de **procès-verbaux** d'inspection détaillée pour l'intégralité de la structure



Elévation gauche

Elévation Béziers

Elévation droite

PROCES-VERBAL D'INSPECTION DETAILLEE

Sommaire : 1 - PRESENTATION GÉNÉRALE 2 - HISTORIQUE DE L'OUVRAGE 3 - ANALYSE ET PRÉCONSEILS 4 - CONSTATS ET RECOMMANDATIONS

Objet de la visite : 1 - RENFORCEMENTS GÉNÉRAUX

Type d'ouvrage : Pont IM

Etat de l'ouvrage : Bon état

Valeur de la note : 22

Intervenant : Service de Béziers à Montpellier

Préparé par : P. B. / L. M.

Approuvé par : P. B. / L. M.

Commentaire : L'ouvrage est en bon état.

Annotations sur les élévations :

- chevêtre réparé en 2009 par repiquage
- Les rivets de fixation des entretoises dans le chevêtre sont plats.
- rigation nécessaire la corrosion s'étend sur le rivet le plus en est brulant.
- Déconsolidation des rivets sur le gousset. Le rivet du bas du bas est brulant.
- Généralité : foisonnement entre les cornières montantes et les plats constituant les arbalétriers sur la hauteur.
- Corrosion sous les cornières d'attache du gousset. Corrosion oxydante sur l'arbalétrier.
- Fièvre de la plaque d'appui. Sans évolution.
- Pluie de plomberie.
- Grille d'accès à l'ancrage corrompue.
- Grille d'accès à l'ancrage corrompue.
- Légère corrosion à l'intérieur de l'arbalétrier au niveau de l'ancrage.
- Légère corrosion à l'intérieur de l'arbalétrier au niveau de l'ancrage.
- Légère corrosion à l'intérieur de l'arbalétrier au niveau de l'ancrage.
- Grilles montantes et arbalétriers sur la hauteur.



04 Avaries et réparations réalisées

▶ L'ouvrage a **vieilli** petit à petit et subi tout au long de son histoire **diverses avaries** de gravités variables.

▶ En 1952, une **fissure** importante est découverte **sur un des pieds d'arc**.

▶ Cette fissure a été réparée au moyen d'un bridage et son évolution est suivie lors des visites d'inspection par magnétoscopie.



17

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



17

04 Avaries et réparations réalisées

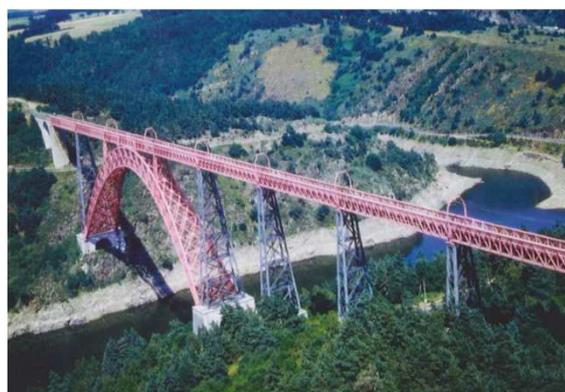
▶ 1992 : remise en peinture du tablier, env. 26000 m² (**avivage*** des anciens fonds + application au rouleau)

▶ 1993 : remise en peinture de l'arche, env. 14500 m² (**avivage*** des anciens fonds + application au rouleau)

* **avivage** : *décapage partiel de la peinture avec conservation des anciens fonds au minimum de plomb*

▶ 1998 : Remise en peinture des piles, env. 11500m², (mise à nu du métal + application au pistolet "airless")

▶ Surface totale de remise en peinture = **52000m²** (pour l'ensemble de l'ouvrage)



18

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



18

04 Avaries et réparations réalisées

- ▶ 2009 : réparation du chevêtre de la pile P1 à la suite de sa rupture.
Il s'agit d'une pièce très sollicitée, la fissure progresse vite !



- ▶ La circulation des trains est interrompue pour raison de sécurité
- ▶ Une réparation en urgence est effectuée
- ▶ Dans les mois qui suivent, les autres chevêtres sont renforcés

19

6 novembre 2024

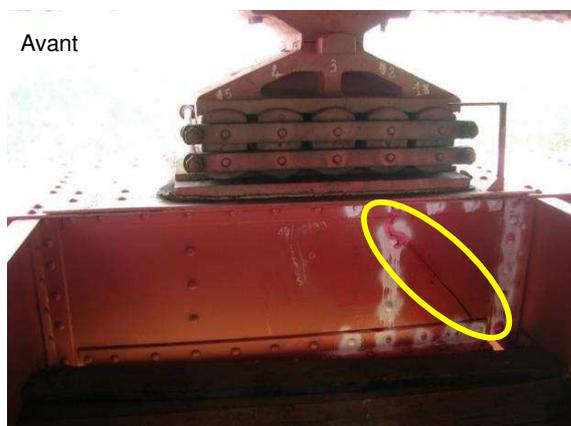
Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



19

04 Avaries et réparations réalisées

- ▶ 2009 / 2010 : réparation des chevêtres par les équipes de Réparations des Ponts Métalliques (RPM) de SNCF Réseau



20

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



20

04 Avaries et réparations réalisées



Four à rivets



Rivets chauffés à 920° C

21

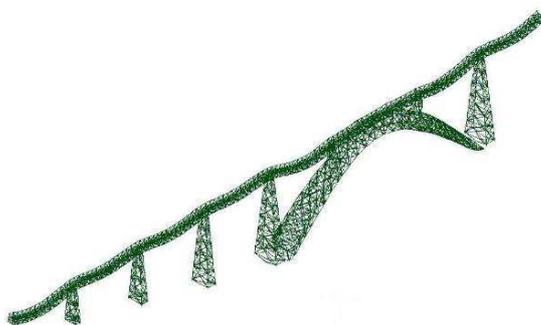
6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



21

04 Avaries et réparations réalisées



- ▶ 2010 : les experts de la direction Technique de SNCF Réseau ont réalisé une expertise complète de l'ouvrage par le calcul, pour :
 - évaluer la résistance de chaque élément et la comparer aux sollicitations réelles,
 - caractériser l'état d'endommagement en fatigue, dû au trafic passé.

22

6 novembre 2024

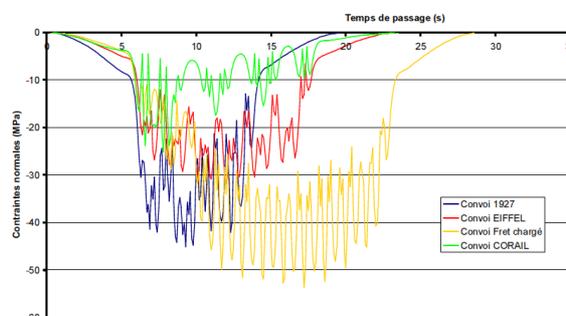
Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



22

04 Avaries et réparations réalisées

- ▶ Ces calculs en fatigue ont été menés en plusieurs sections représentatives de l'ouvrage.
- ▶ Si les résultats doivent être considérés avec la plus grande prudence, il apparaît clairement que :
 - Le chevêtre fissuré présentait une sensibilité toute particulière à la fatigue sous les convois lourds.
 - Les autres éléments de l'ouvrage sont à priori biens moins exposés.
- ▶ Depuis cette modélisation, une limitation de la vitesse des trains « lourds » à **30 Km/h** est appliquée sur l'ouvrage.



23

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



23

04 Avaries et réparations réalisées

- ▶ 2011 : remplacement des appareils d'appuis fixe sur les piles P4 et P5 suite à découverte de fissures dans les balanciers



24

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



24

04 Avaries et réparations réalisées



Etat d'un rivet de l'attache, empreinte du mouvement et tête excentrée

- ▶ 2015 : renforcement par triplure d'attaches de longerons sur pièces de pont suite à déconsolidation (battement constaté lors de l'inspection)



25

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



25

04 Avaries et réparations réalisées

- ▶ 2015 : étanchéité des maçonneries de fondation des piles et pose de garde-corps



- ▶ 2015 : remplacement des plateformes d'accès aux appuis de l'arche



26

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



26

04 Avaries et réparations réalisées

- 2019 : renforcement d'attaches (x5) de longerons sur pièces de pont (déconsolidations identifiées lors de l'ID 2018)



27

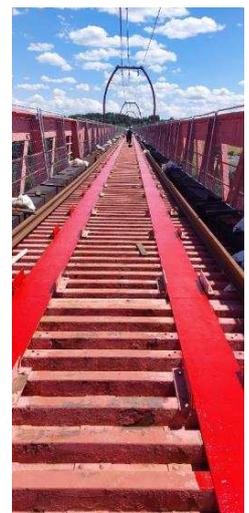
6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



27

04 Avaries et réparations réalisées



- 2024 : remplacement des longrines et traverses bois avec remise en peinture des zones inaccessibles sous longrines

28

6 novembre 2024

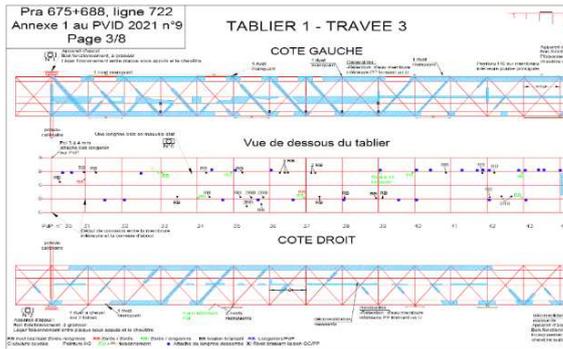
Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



28

05 Opérations d'entretien à venir

- ▶ Pour SNCF Réseau, maintenir durablement l'ouvrage c'est :
 - Poursuivre la surveillance telle qu'elle est réalisée aujourd'hui en contrôlant l'éventuelle apparition de nouvelles avaries,
 - Les réparer dans les règles de l'art.



- ▶ Le suivi de l'évolution de l'état de l'ouvrage est assuré grâce aux relevés d'avarie informatisés mis à jour suite à chaque visite.

29

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



29

05 Opérations d'entretien à venir

- ▶ Les dernières inspections détaillées mettent en évidence des amorces de déconsolidations sur quelques cornières membrures supérieures des longerons.



30

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



30

05 Opérations d'entretien à venir

- ▶ Les dernières inspections détaillées mettent en évidence des amorces de déconsolidations sur quelques rivets d'attache des contreventements sur piles.



31

6 novembre 2024

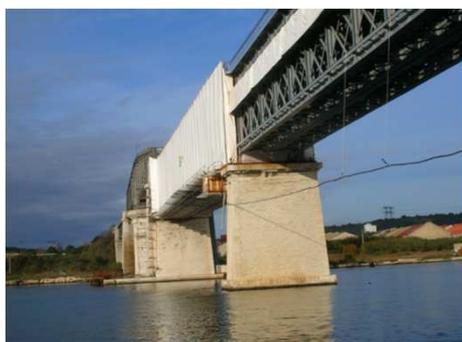
Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



31

05 Opérations d'entretien à venir

- ▶ La Protection anticorrosion est le seul moyen préventif efficace pour s'opposer à l'oxydation et/ou la corrosion des structures métalliques, le maintien de son état est indispensable à la sauvegarde de l'ouvrage.
- ▶ Elle représente pour cet OA d'exception un enjeu financier considérable (de part sa longueur, sa hauteur et sa superficie) et environnemental nécessitant un confinement total (cf. chantiers de références ci-dessous).



Pont de CARONTE (Région PACA)



Viaduc du VIAUR (Région Occitanie)

32

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



32

05 Opérations d'entretien à venir

- ▶ Concernant l'état actuel de la protection anticorrosion, les dernières inspections détaillées mettent en évidence un état en amorce de dégradation pour le tablier et l'arche.



- ▶ Cela s'explique notamment par la durée de vie du revêtement qui a atteint les 40 ans et également sur la méthode de décapage par avivage utilisée lors des travaux de 1992 et 1993.

33

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



33

05 Opérations d'entretien à venir

- ▶ Il est envisagé la réfection de ces parties sous une échéance de **10 ans**. La surface totale à traiter est de **40 500 m²**.
- ▶ L'état du revêtement anticorrosion des piles est jugé encore acceptable. Sa réfection devra être envisagée dans un second temps pour une surface totale à traiter de **11 500 m²**.

34

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



34

« Le viaduc de Garabit est un ouvrage exceptionnel, pièce maîtresse de notre patrimoine, bâti avec audace pour le chemin de fer, et toujours en exploitation ».



35

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



35

Merci
de votre attention



36

6 novembre 2024

Viaduc de GARABIT - Surveillance et entretien par SNCF RESEAU



36