

RAPPORT

Service ingénierie
Routière de Lyon

Pôle Ouvrages d'Art

Mars 2025

RN79 – Viaduc de La Roche

Avant-Projet de Réparation d'Ouvrage d'Art



Historique des versions du document :

Version	Date	Commentaire
0	05/24	Première version
0.1	01/25	Mise à jour suite à la relecture du chef de projet
0.2	03/25	Mise à jour suite à la relecture du chef du POA

Affaire suivie par :

Jean-Pierre BENISTANT - SIR de Lyon – Pôle Ouvrages d'Art
Tél. : 06 77 90 63 94
Courriel : Jean-Pierre.Benistant@developpement-durable.gouv.fr

Rédacteurs :

Jean-Pierre BENISTANT – Florian RIGAUD – SIR de Lyon / Pôle Ouvrages d'Art

Relecteur :

Clément BONIFAS – SIR de Lyon / Pôle Ouvrages d'Art

Sommaire

1 - Objet.....	5
2 - Description et état des ouvrages.....	5
2.1 - Identification.....	5
2.2 - Situation.....	5
2.3 - Définition de l'ouvrage existant.....	6
2.3.1 - Description sommaire.....	6
2.3.2 - Services gestionnaires des voies.....	6
2.3.3 - Structure du tablier.....	7
2.3.4 - Appuis.....	9
2.3.5 - Superstructures.....	12
2.4 - Vie de l'ouvrage.....	16
2.4.1 - Travaux.....	16
2.4.2 - Surveillance.....	16
2.5 - État de l'ouvrage.....	17
2.5.1 - Inspection détaillée de 2021 et investigations associées.....	17
2.5.2 - Avis.....	18
3 - Travaux de réparation envisagés.....	30
3.1 - Extradoss de l'ouvrage.....	31
3.1.1 - Reprise des bords libres.....	31
3.1.2 - Réalisation des joints.....	35
3.1.3 - Réfection des enrobés et de l'étanchéité.....	36
3.2 - Caisson.....	38
3.2.1 - Reprise des bétons dégradés.....	38
3.2.2 - Traitement des fissures des bossages d'ancrage de précontrainte.....	38
3.3 - Culées.....	38
3.3.1 - Reprise des bétons dégradés.....	39
3.3.2 - Remplacement et amélioration des systèmes de récupération et d'évacuation.....	40
3.3.3 - Remplacement des chemins de câbles.....	41
3.3.4 - Traitement des appareils d'appui à pot.....	41
3.3.5 - Réparation des perrés.....	41
3.3.6 - Traitement des accès aux culées.....	41
3.4 - Piles.....	42
3.4.1 - Reprise des bétons dégradés.....	42
3.4.2 - Réparation des bossages des appareils d'appui.....	43
4 - Recensement des contraintes.....	44

4.1 - Installations de chantier.....	44
4.2 - Accès à l'ouvrage.....	45
4.3 - Contraintes d'exploitation.....	47
4.3.1 - RN79 : District de Mâcon – CEI de Charnay le Mâcon.....	47
4.3.2 - Voies franchies.....	48
4.4 - Concessionnaires et réseaux.....	48
4.4.1 - Liste des concessionnaires.....	48
4.4.2 - Résultats des déclarations de travaux.....	49
4.4.3 - Prescriptions à prendre en compte.....	49
4.5 - Environnement et risques.....	50
4.5.1 - Environnement et contraintes.....	50
4.5.2 - Déchets.....	51
4.5.3 - Bruit.....	51
4.5.4 - Amiante, HAP et plomb.....	52
4.5.5 - Contraintes climatiques.....	52
4.5.6 - Contexte sismique.....	52
5 - Point administratif.....	53
5.1 - Procédure.....	53
5.2 - Variante.....	53
5.3 - Maîtrise d'œuvre.....	53
5.4 - Signalisation de chantier.....	53
6 - Planning prévisionnel.....	53
6.1 - Travaux de réparation hors opportunité.....	53
6.2 - Travaux de réparation avec opportunité.....	54
7 - Estimation.....	54
7.1 - Travaux.....	54
7.2 - Coûts annexes.....	56
7.3 - Montant total de l'opération (TTC).....	56
8 - Annexes.....	57

1 - Objet

Ce document est établi dans le cadre de la production du dossier d'APROA pour l'opération de réparation du Viaduc de La Roche sur la RN79.

Les travaux visent en particulier la reprise des bords libres de l'ouvrage, la réparation ou le remplacement des superstructures et le traitement des bétons dégradés de l'intrados, des piles et des culées.

2 - Description et état des ouvrages

2.1 - Identification

Maître d'Ouvrage : DIRCE

Maître d'Oeuvre : DIRCE / SIR de Lyon / Pôle Ouvrages d'Art

Service gestionnaire : DIRCE / SREX de Moulins / District de Mâcon / CEI de Charnay les Mâcon

Commune : Sologny (Saône-et-Loire, 71)

Voie portée : RN79

Chaussée : 2 x 1 voie + 2 BAU de 1,10 mètres

Voies franchies : la route communale « En Moins », un affluent du cours d'eau « le Fil » et deux sentiers

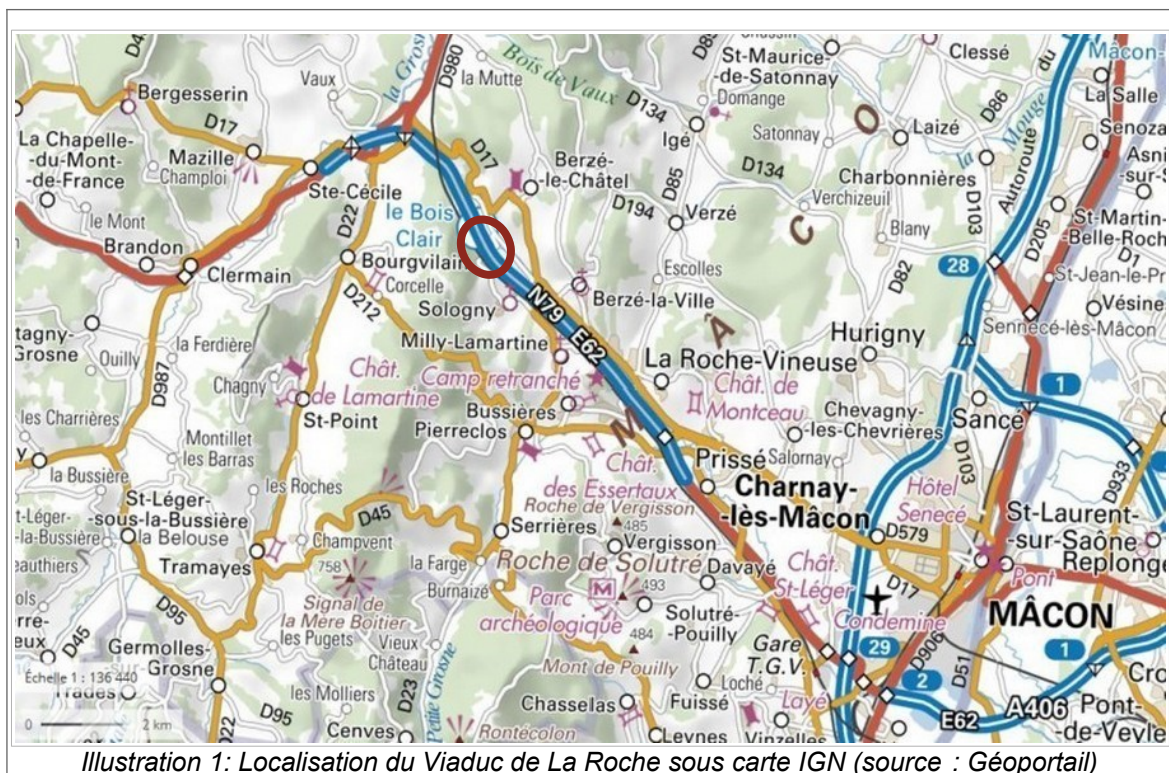
PR : 64 + 900

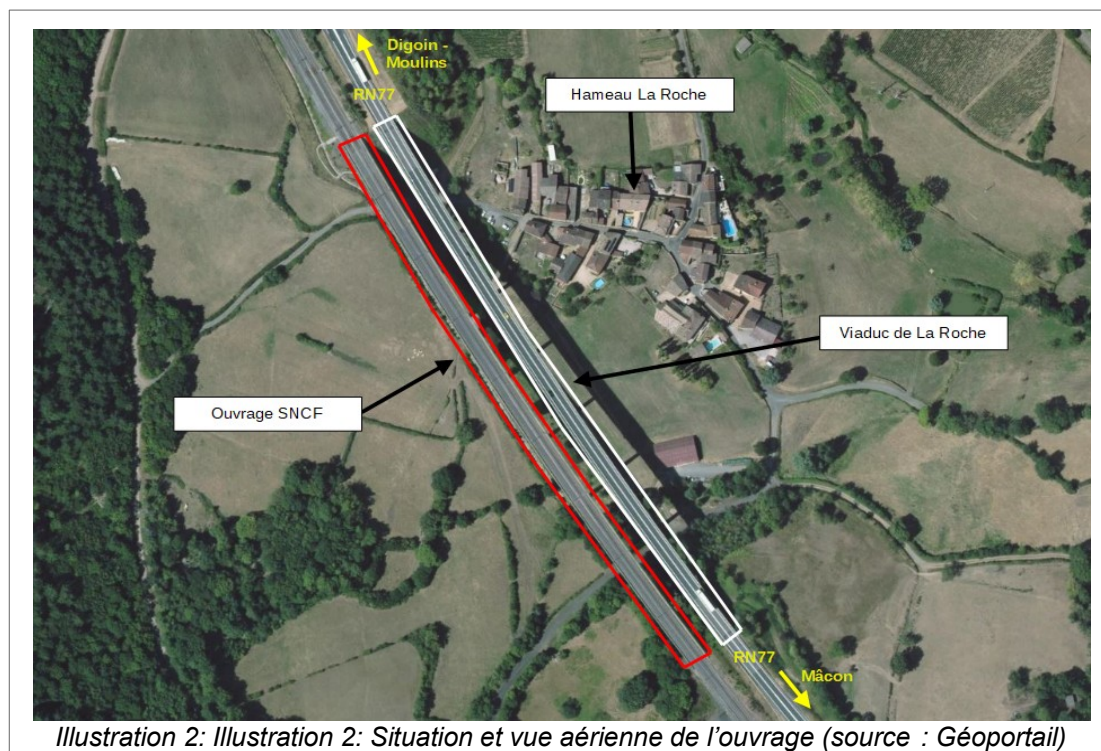
Identification de l'ouvrage dans la base DIR : OA N79 64972

Nom de l'ouvrage : Viaduc de La Roche

2.2 - Situation

L'ouvrage se situe sur la commune de Sologny, sur la RN79 (PR 64 + 900).





2.3 - Définition de l'ouvrage existant

2.3.1 - Description sommaire

Le Viaduc de La Roche (OA N79 64972) est un ouvrage de type tablier en béton précontraint en poutre caisson à inertie constante. Il a été construit en 1984 et 1985 (mis en service fin 1985). L'entreprise SEPICOS était en charge des fondations, l'entreprise GTM était en charge du tablier en poutre caisson réalisé par poussage, MAILLARD et DUCLOS était en charge des piles.

L'ouvrage est situé au PR 64+900, sur la commune de La Roche Vineuse en Saône-et-Loire. Il permet à la RN79 (tronçon de la RCEA) de franchir le Vallon de La Roche Vineuse et plus précisément la route communale « En Moins », le ruisseau « Le Fil » et deux sentiers. Il supporte un trafic d'environ 20 000 véhicules par jour dont environ 18 % de poids-lourds. Sur l'ouvrage, la vitesse est limitée à 80 km/h, car la circulation est établie sur 2 x 1 voie sans TPC. L'ouvrage se situe en site rural.

Un ouvrage SNCF adjacent est situé à environ 15-20 mètres du Viaduc de la Roche côté Ouest. Les lignes ferroviaires associées à cet ouvrage concernent notamment la ligne TGV « Marseille – Lyon – Paris » et la ligne TER et INTERCITES « Lyon – Moulins ».

La note IQOA de cet ouvrage issue de l'Inspection Détaillée Périodique de 2021 est de « **2E** ». Elle traduit donc une nécessité d'entretien spécialisé urgent pour prévenir le développement rapide de désordres dans la structure et la dégradation de son classement.

2.3.2 - Services gestionnaires des voies

Le service gestionnaire de la RN79 (voie portée) est la DIR Centre-Est / SREX de Moulins / District de Mâcon / CEI de Charnay les Mâcon.

Au niveau des voies franchies, le service gestionnaire de la route communale « En Moins » et des sentiers est la commune de Sologny. En ce qui concerne les autres parcelles situées sous l'ouvrage, la SNCF possède les deux parcelles (n°238 au niveau de la pile P1 et de la culée C0 et n°240 au niveau des piles P3 à P7). La DIR CE possède la parcelle située au niveau de la pile P2.

2.3.3 - Structure du tablier

Le tablier est un tablier en béton précontraint en poutre caisson à inertie constante.

Ses ouvertures sont les suivantes : 2 x 32,85 mètres pour les travées d'extrémités et 7 x 45,16 mètres pour les travées intermédiaires.

Il mesure 382 mètres de long et possède une pente longitudinale de 3,5 % (point bas côté Mâcon).

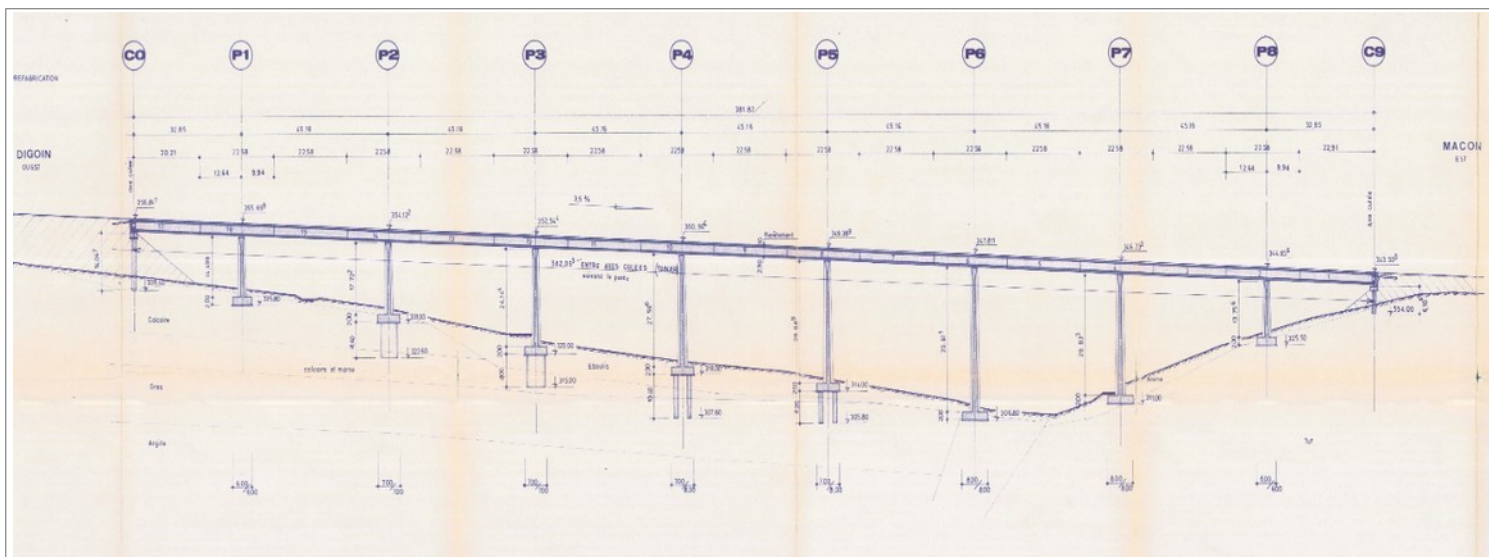


Illustration 3: Coupe longitudinale de l'ouvrage (Archives)

Sa hauteur libre varie de 13 à 33 mètres. La largeur totale de l'ouvrage est de 10,50 mètres dont 2 mètres d'encorbellements de part et d'autres (11 mètres avec les corniches). La largeur roulable est de 9,50 mètres. Il a une pente transversale de 2 % (point bas côté TGV) et un rayon de courbure de 3225,75 mètres.

Le caisson mesure 4,50 mètres de large au niveau de l'hourdis inférieur et 3 mètres de haut.

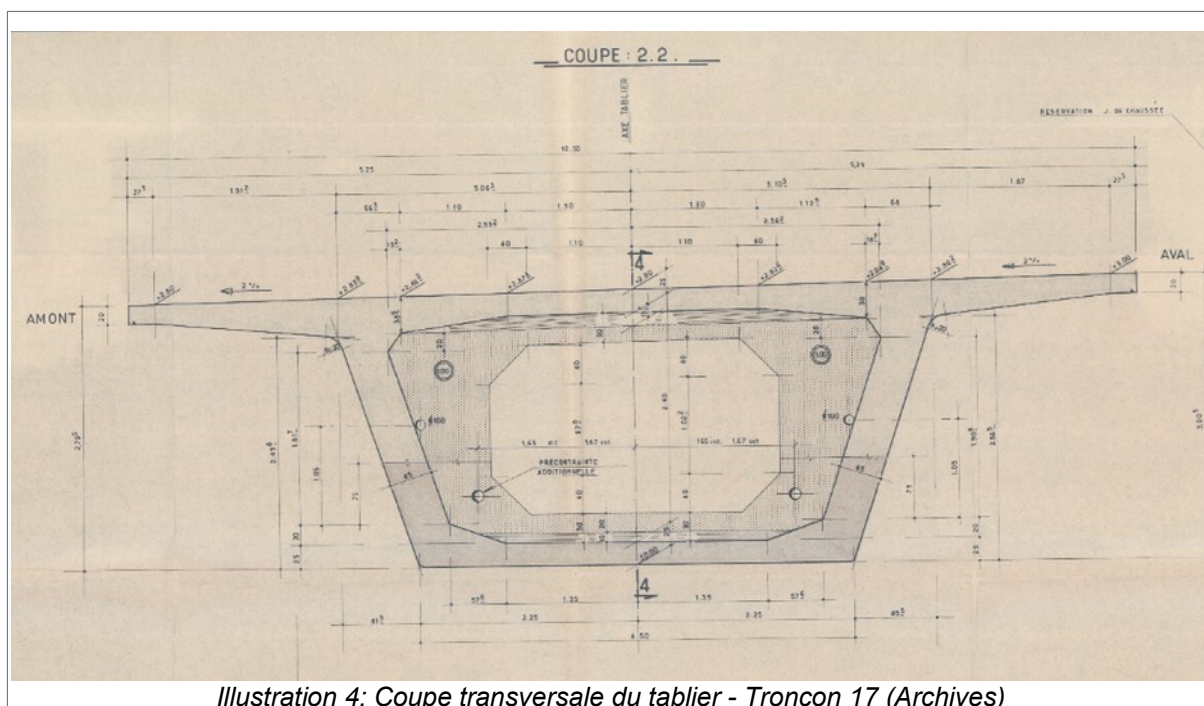
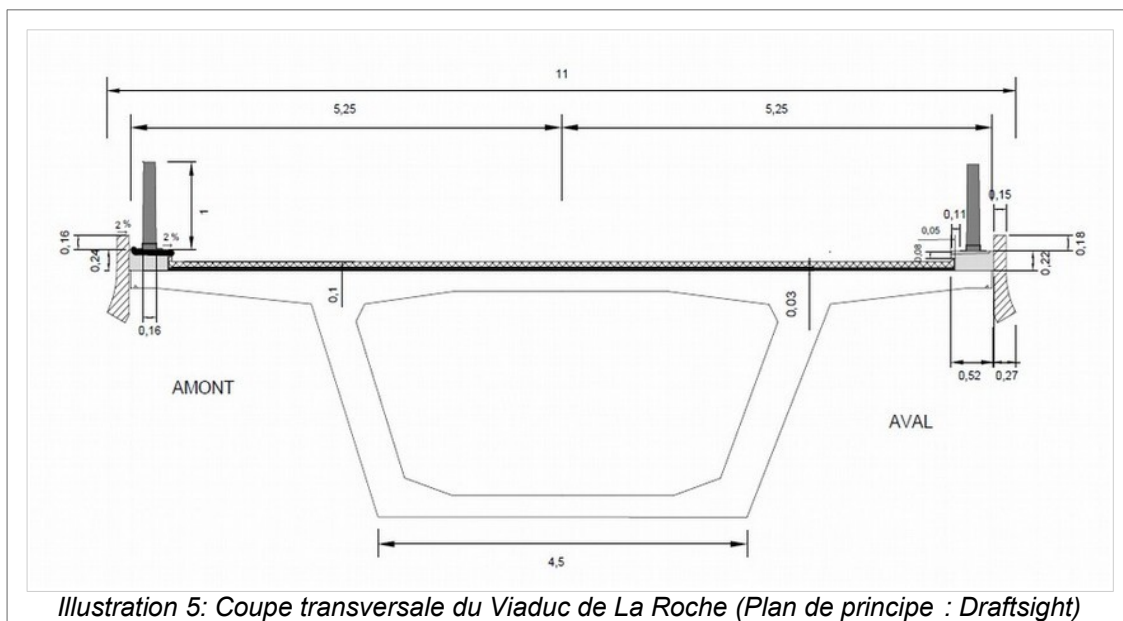


Illustration 4: Coupe transversale du tablier - Tronçon 17 (Archives)



Le caisson est précontraint longitudinalement au niveau de son hourdis supérieur et inférieur et de ses âmes. Des bossages d'ancrage sont présents à l'intérieur du caisson.

Lors de la construction, des réservations ont été créées afin d'accueillir une précontrainte additionnelle extérieure (2 par âme). À ce jour, aucune précontrainte additionnelle n'a été installée.

La précontrainte est détaillée ci-dessous :

Libellés	Localisation	Nombre approximatif	Typologie	Injection
Précontrainte	Hourdis supérieur	16	Câbles S. E. E. E. du type F. U. C. 12-600 intérieurs au béton	Coulis de ciment
	Âmes (par âme)	4 (2)		
	Hourdis inférieur	8		

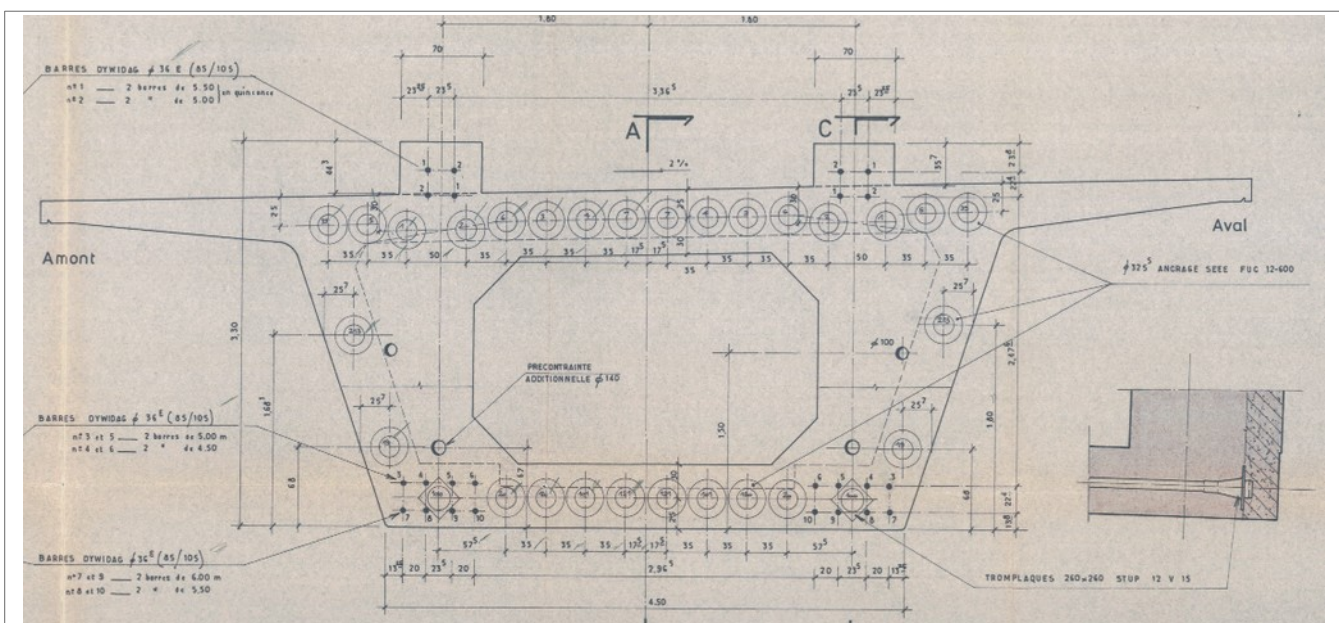


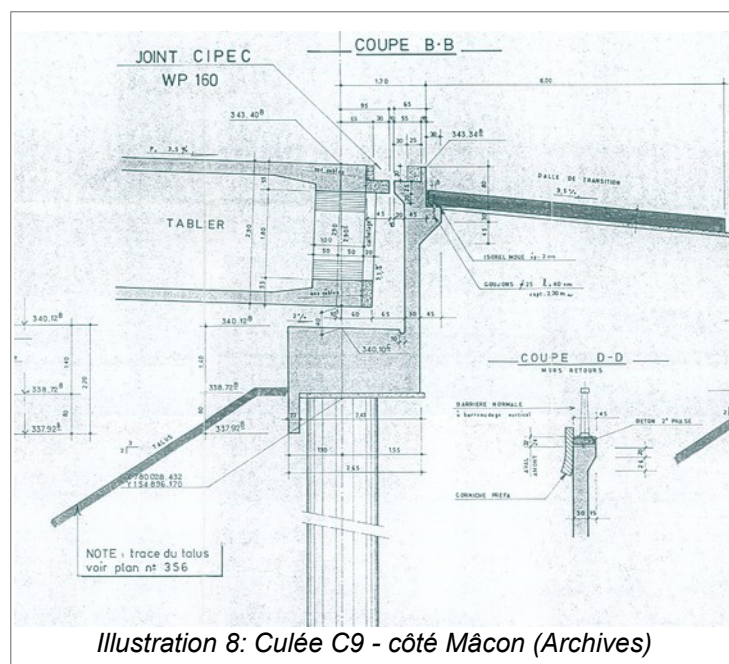
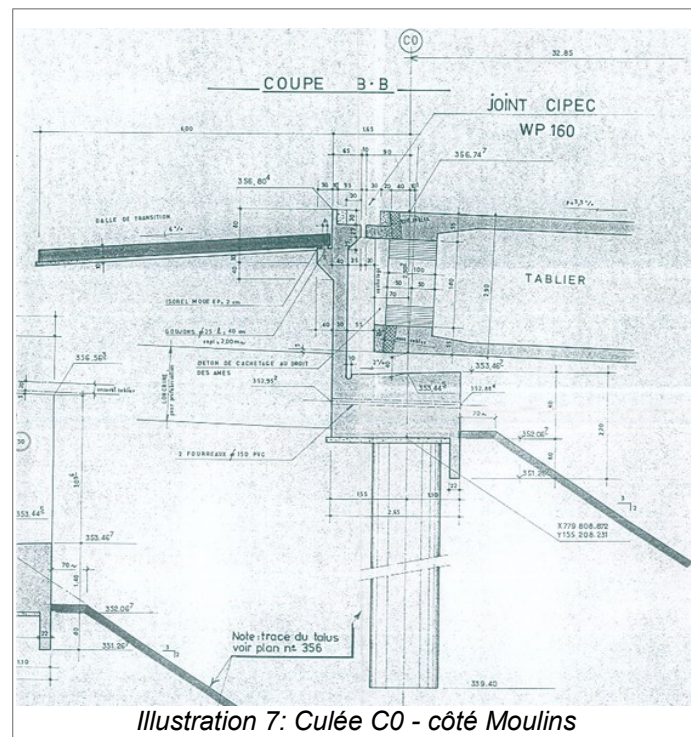
Illustration 6: Plan de câblage de la précontrainte – Coupe transversale -Tronçon 1 (Archives)

2.3.4 - Appuis

L'ouvrage est porté par de 10 lignes d'appuis dont 2 appuis d'extrémités soit 2 culées (numérotées C0 et C9) et 8 appuis intermédiaires soit 8 piles (numérotées de P1 à P8). Ses appuis sont en béton armé.

Culées

Chaque culée est composée d'un chevetre, d'un sommier, d'un mur garde-grève, de murs en retour et de murets cache. Les remblais sont habillés par des perrés en pavés auto bloquants. Un palier en béton de 70 cm de largeur est présent sur chaque perré en pied de chevetre. On retrouve également un fossé bétonné en base du perré de la culée C0.



Piles

L'ouvrage possède 8 piles décomposées en deux parties : le corps de pile et la tête de pile. Elles sont numérotées de P1 côté Moulins à P8 côté Mâcon. Elles ont toutes été conçues de la même manière soit par tronçon d'environ 3,50 mètres. La disposition des piles est la suivante :

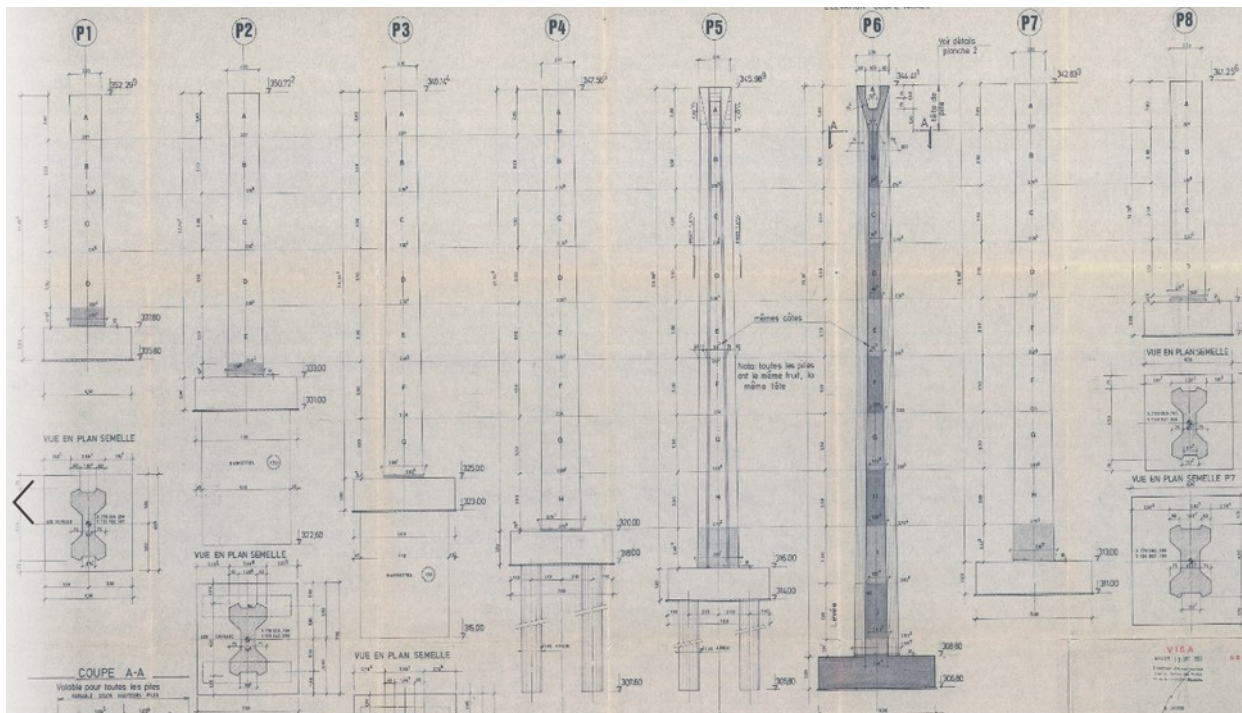


Illustration 9: Plan des piles (Archives)

Les piles sont pleines hormis en tête (vide pour inspection des appareils d'appui) et ont une forme architecturale. Elles font toutes 4,50 mètres de long mais possèdent des largeurs en base et des hauteurs différentes :

Libellés	Hauteur (en m)	Largeur en pied de pile (en m)	Largeur en tête de pile (en m)
P1	14,50	2,40	2,20
P2	17,75	2,49	
P3	24,15	2,66	
P4	27,57	2,76	
P5	29,99	2,83	
P6	35,61	2,99	
P7	29,83	2,83	
P8	13,76	2,36	

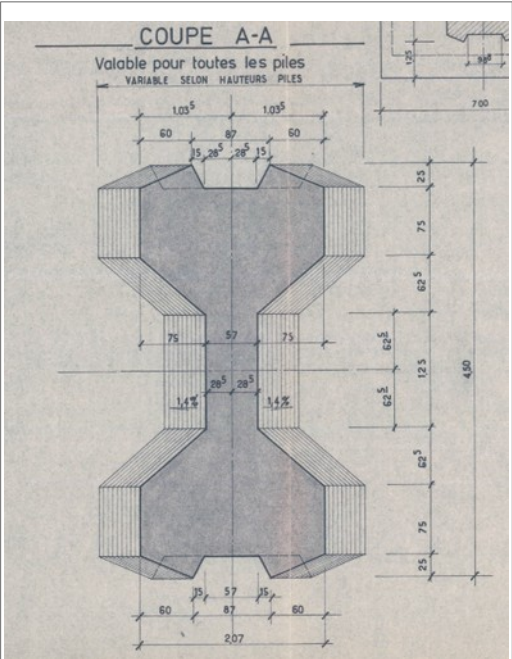


Illustration 10: Coupe type d'une pile (Archives)

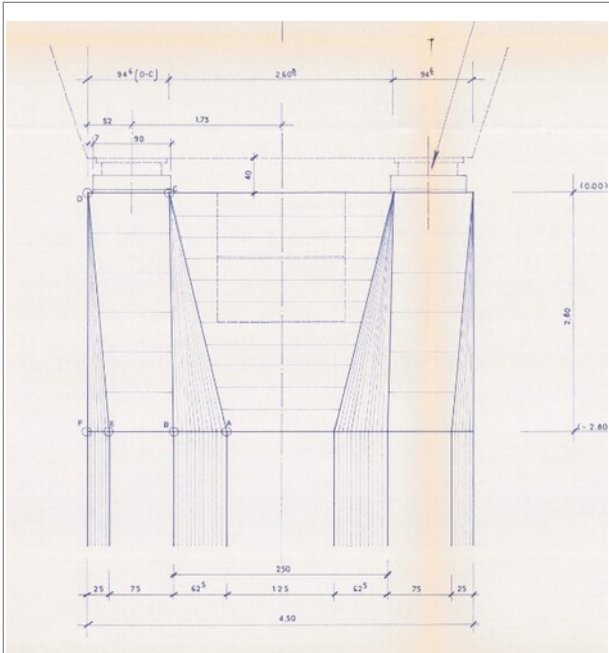


Illustration 11: Vue en plan - Tête de pile (Archives)

Appareils d'appui

Les appareils d'appui sont de type à pots (« NEOTOPF TYPE NGa 250 ») sur culées et de type élastomère fretté sur piles. Sur les piles P1 et P8, ils sont glissants (présence de plaque de glissement en partie supérieure). Les appareils d'appuis sur piles peuvent être observés grâce à des échelles d'accès aménagées entre le caisson et la tête de pile.

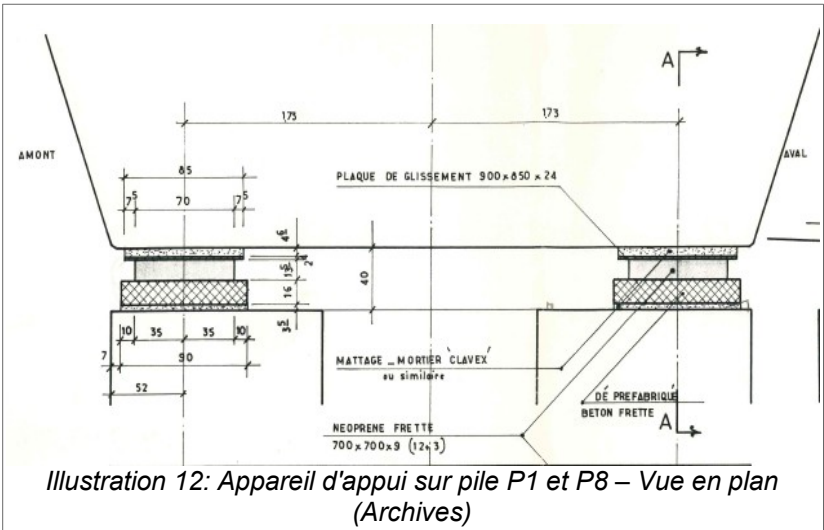
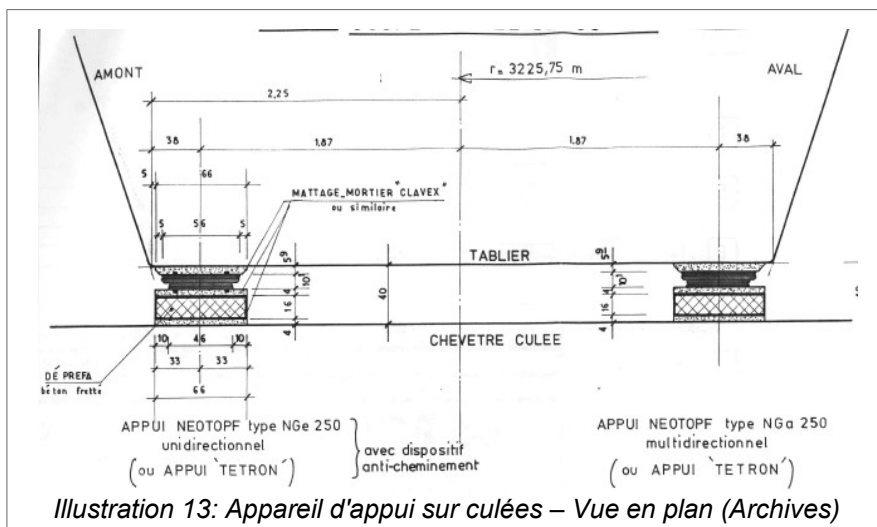


Illustration 12: Appareil d'appui sur pile P1 et P8 – Vue en plan (Archives)

Localisation AA	Dimensions
P1	70 x 70 x 13 cm ³
P2	70 x 70 x 13 cm ³
P3	70 x 70 x 10 cm ³
P4	70 x 70 x 8,5 cm ³
P5	70 x 70 x 9 cm ³
P6	70 x 70 x 10,5 cm ³
P7	70 x 70 x 12 cm ³
P8	70 x 70 x 13 cm ³

A noter que les appareils d'appuis des culées et des piles P5, P6 et P7 possèdent des taquets anti-cheminement.



Fondation

L'ouvrage possède les fondations suivantes :

- sur culées C0 et C9 → fondation sur pieux (2 pieux par culées Ø 1,40 mètres),
- sur piles P2 et P3 → fondation sur barrettes,
- sur piles P4 et P5 ont des fondations sur pieux (4 pieux par pile Ø 1,40 mètres).

2.3.5 - Superstructures

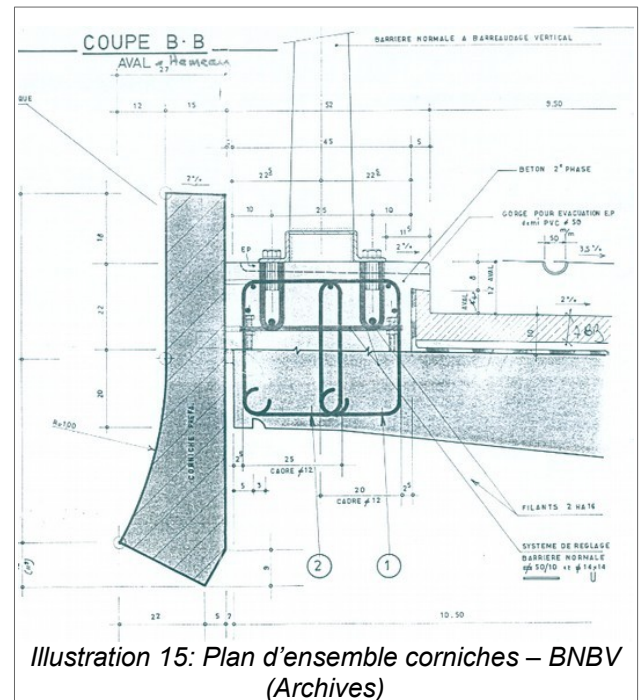
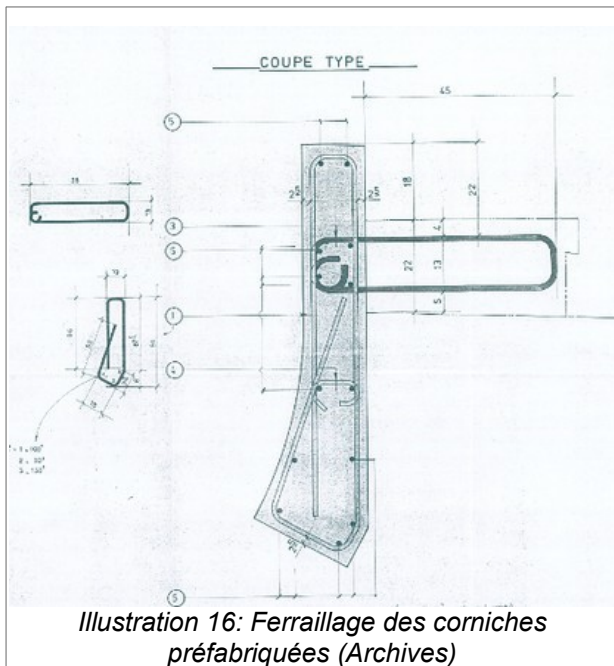
Chaussée

La chaussée est une 2 x 1 voie. Elle mesure 9,50 mètres de large et est composée de 2 couches d'enrobés différentes. La couche de roulement des BAU est différente par rapport aux voies circulées (réfection des enrobés) et de part et d'autres des joints de chaussée (remplacement des joints). Les BAU font 1,10 mètres de largeur.

Corniche

Les corniches sont des éléments architectoniques préfabriqués en béton. Chaque élément a une longueur de 2 mètres et est fixé à l'ouvrage grâce à un ferrailage noyé dans la longrine du dispositif de retenue.





Longrine

La longrine est une longrine ancrée dans la structure. Elle mesure 52 cm de largeur et assure le rôle de bordure. Elle se poursuit hors ouvrage à chaque extrémité sur environ 5 mètres. Une engravure est également présente côté chaussée et accueille le relevé d'étanchéité. Des gorges d'évacuation sont implantées sur la longrine et traversent sous le dispositif de retenue. Elles permettent d'évacuer les eaux stagnantes situées entre la corniche et le dispositif de retenue.



Dispositifs de retenue

Le dispositif de retenue présent sur chaque rive est de type barrières métalliques galvanisées à barreaudage vertical nommé Barrières Normales à Barreaudage Verticale (BNBV). Quelques années après la construction de l'ouvrage, pour supprimer le sifflement de ces barrières (vent), une plaque horizontale en milieu de barreaudage a été mise en place de part et d'autre du dispositif. Les mains courantes ont également été remplies à l'aide de coulis pour éviter ces sifflements.

Il est composé d'éléments de 2 mètres de longueur qui sont fixés par l'intermédiaire de 6 goujons sur la face avant et de 3 goujons sur la face arrière. Hors ouvrage, une glissière de sécurité est raccordée à la BNBV à l'aide de deux écarteurs fixés au barreaudage vertical.

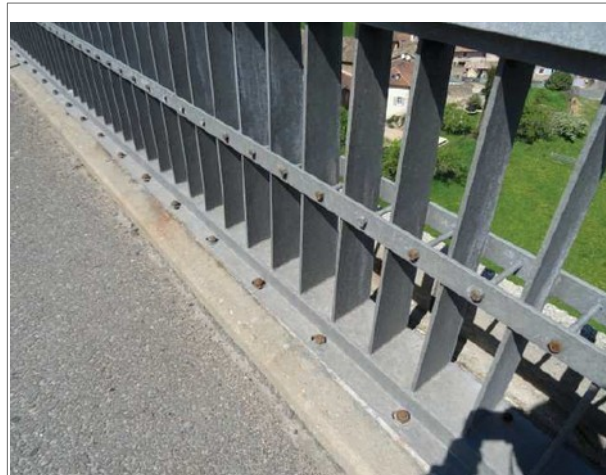


Illustration 18: Vue sur éléments de BNBV - sens Mâcon-Moulins

Dans le sens Mâcon – Moulins, les éléments de barrière sont numérotés de E1 à E199 dans le sens de circulation (E1 à E3 et E197 à E199 hors ouvrage). Cette numérotation s'applique également pour le sens Moulins – Mâcon.

Assainissement

L'ouvrage possède 13 gargouilles (Ø 125 mm) implantées en point bas de son profil transversal, soit côté TGV. Elles sont situées au droit de la longrine sur tout le long de l'ouvrage et traversent l'encorbellement. Elles permettent l'évacuation des eaux de l'extrados.

Des goulottes de récupération en PVC avec jupes en caoutchouc sont également présentes sous chaque joint de chaussée. Elles sont fixées en sous face du tablier et permettent la récupération des eaux provenant de la chaussée.

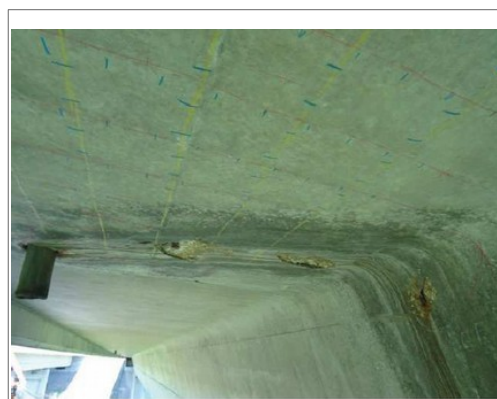


Illustration 19: Implantation d'une gargouille

Les eaux sont ensuite évacuées par une descente d'eau en PVC (Ø 100 mm côté Digoïn et Ø 80 mm côté Mâcon), raccordée aux goulottes de récupération, puis à l'aide d'une cunette intégrée directement à l'arrière du sommier lors de la construction. Les eaux traversent ensuite les murets cache à l'aide d'un exutoire pour rejoindre le perré.



Illustration 21: Goulotte de récupération des eaux avec jupe en caoutchouc - culée Mâcon

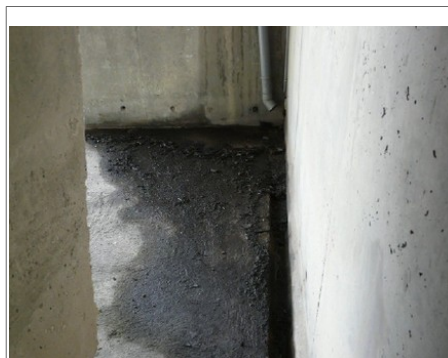


Illustration 20: Système d'évacuation des eaux dans les culées (descente PVC et cunette)

Deux descentes d'eau en tuiles sont implantées sur chaque culée et installées sur toute la hauteur des perrés.



Illustration 22: Descentes d'eau en tuiles

Joints de chaussée.

Les joints de chaussée sont des joints cantilever ou à peigne type GTS 160-300.



Illustration 23: Joint de chaussée côté Mâcon

Autres

La culée C0 côté Moulins est équipée d'un escalier de service, avec portillons et mains courantes. Il permet de rejoindre le bas côté de la RN79 et d'atteindre le palier béton de cette culée situé en pied de chevêtre. Une échelle d'accès est également installée pour permettre d'accéder au sommier.



Illustration 24: Escalier de service et échelle d'accès - Culée C0

Des chemins de câbles métalliques sont présents dans chaque culée (sous goulotte de récupération). Plusieurs réseaux sont installés dans ces chemins de câbles (dont un pour l'alimentation du caisson). Une station météo est également implantée derrière la glissière de sécurité en extrémité de l'ouvrage côté Moulins/TGV. Les réseaux de cette station se situent sous l'enrobé de la BAU à proximité.



Illustration 26: Chemin de câbles - Culée côté Mâcon



Illustration 25: Station météo - côté Moulins/TGV

2.4 - Vie de l'ouvrage

2.4.1 - Travaux

Au cours de sa vie, le Viaduc de La Roche a subi différents travaux. Les travaux qui ont pu être identifiés sont résumés dans le tableau ci-après :

Date	Nature des travaux
1988	- Modification du dispositif de retenu avec installation du système anti-sifflement (lisses intermédiaires horizontales) - Injection de coulis sur la main courante du dispositif de retenue (réduire sifflements et vibrations de la BNBV)
Octobre 2012	- Changement d'éléments de BNBV dans les deux sens de circulation lié à une déformation importante lors d'un choc accidentel d'un poids lourd
Avril 2013	- Changement d'éléments de BNBV dans le sens 1 lié à une déformation importante lors d'un choc accidentel d'un poids lourd
Juin 2015	- Remplacement des lignes de joints de chaussée par des joint à peigne de type GTS 160-300 - Reprise des enrobés de part et d'autre des joints de chaussée avec BBMA (- 4 /+ 4 cm)

Aucune donnée entre 1988 et 2012 n'a pu être ressortie des archives de l'ouvrage, des IDP de 2008 et 2015 ainsi que des échanges avec l'exploitant.

2.4.2 - Surveillance

L'ouvrage fait l'objet d'inspections détaillées périodiques et de visites IQOA. La dernière IDP remonte à 2021. L'historique connu de sa surveillance est le suivant :

Document	Source	Nature	Précisions
Inspection détaillée périodique de 2002	DIRCE/COA	Archives informatiques	Réalisée par le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'AUTUN
Inspection détaillée périodique de 2008	DIRCE/COA	Archives informatiques	Réalisée par le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'AUTUN (CETE de Lyon) avec passerelle MBI 90
Inspection détaillée périodique de 2015	DIRCE/COA	Archives informatiques	Réalisée par le CEREMA Centre-Est avec passerelle MBI 140 + passerelle Epsilon du DLL
Inspection détaillée périodique de 2021	DIRCE/COA	Archives informatiques	Réalisée par le CEREMA Centre-Est avec passerelle MBI180 et passerelle Epsilon de la DRIM
Diagnostic de la corrosion des armatures internes au béton armé de 2021	DIRCE/COA	Archives informatiques	Réalisé par le CEREMA Centre-Est
Analyse béton au microscope électronique à balayage (MEB) et mesures de gonflement interne de 2021	DIRCE/COA	Archives informatiques	Réalisée par l'université Gustave Eiffel – Laboratoire CPDM, à la demande de la COA

2.5 - État de l'ouvrage

2.5.1 - Inspection détaillée de 2021 et investigations associées

Les conclusions de l'IDP de 2021 sont rappelées ci-après :

« La fissuration qui affecte le caisson n'a pas évolué depuis la dernière inspection et pourra faire l'objet d'une surveillance normale lors des différentes opérations de surveillance.

Sur les piles P5 et P6, la fissuration est assez importante en nombre et en ouverture. Elle n'a cependant pas évolué depuis l'inspection de 2015.

Un carottage à cœur du béton pour analyse en laboratoire au microscope électronique à balayage (MEB) et mesures d'expansion résiduelle a été réalisé en 2021 pour confirmer ou infirmer une réaction de gonflement interne du béton et quantifier son gonflement résiduel potentiel. Trois carottes ont été prélevées à la base des piles P5 et P6 (zones dégradées) et à la base de la pile P7 (zone visuellement saine).

L'analyse au MEB (sur P5, P6 et P7) a fait l'objet d'un rapport de l'UGE « rapport MEB 32PCM 20 La Roche V1.2 ». Ce rapport conclut à la présence d'ettringite en faible quantité qui n'explique pas les désordres constatés sur les piles P5 et P6 :

« Les carottes extraites des piles du Viaduc de La Roche sont constituées d'un béton présentant une bonne cohésion et une faible microporosité. Elles sont composées essentiellement de granulats de type siliceux dont les interfaces avec la pâte de ciment sont majoritairement saines.

De l'ettringite a été observée dans les trois carottes étudiées, une partie sous forme aciculaire, au sein des vacuoles du matériau, est non pathologique. Elle est également **présente ponctuellement en faible quantité sous forme pathogène** aux interfaces entre les granulats et la pâte de ciment, dans la matrice cimentaire sous l'aspect de veines et de nodules. La concentration d'ettringite semble plus élevée en profondeur et dans le béton des carottes P5 et P6, issues des zones dégradées. Pour la carotte P7, extraite d'une zone de référence, la quantité d'ettringite augmente également avec la profondeur, notamment avec la présence ponctuelle d'ettringite

dans la matrice cimentaire à partir de 83 cm de profondeur.

Du gel d'alcali réaction est présent localement dans les trois carottes, la faible quantité observée n'est pas à l'origine des dégradations constatées.

Nous proposons de compléter cette étude MEB par des **essais de réactivité du béton vis-à-vis de la réaction sulfatique interne**, ce qui permettrait d'évaluer le réel gonflement potentiel résiduel. »

Les essais de gonflement résiduel sont actuellement en cours au moment de la rédaction du présent rapport d'inspection détaillée de l'ouvrage.

Les éclats et débuts d'éclats sur fer, situés principalement sur la face extérieure du caisson au droit de traces d'écoulements, sur les piles (en particulier P5 et P6) et aux extrémités des éléments de corniches dépendent essentiellement de la pollution du béton d'enrobage par des chlorures apportés par les sels de déverglaçage.

Un diagnostic de corrosion des armatures a été réalisé parallèlement à l'inspection et fait l'objet d'un rapport « Cerema_CE-RAP-Viaduc-de-la-Roche_Diagnostic_BA_vlf ». Ce diagnostic a porté sur les bétons :

- des culées (chevêtre et mur garde-grève),
- de l'extérieur du caisson (hourdis inférieur, âmes et encorbellements),
- des piles,
- des corniches,
- de la longrine support du dispositif de retenue (face avant).

De cette étude, il ressort essentiellement que les éclats sont liés à la **présence de chlorures qui peuvent être localement présents à des teneurs très importantes sur une grande profondeur** (le front de carbonatation est encore modéré et globalement les épaisseurs d'enrobage ont été maîtrisées). La pollution par les chlorures est généralement limitée spatialement :

- pour le caisson, au droit des traces d'écoulements en provenance des gargouilles et des joints de chaussée,
- les murs garde-grèves,
- les extrémités des éléments de corniches (joints entre éléments non traités).

En revanche, pour les **piles, cette pollution est difficile à circonscrire spatialement** car elle provient des gargouilles situées sous l'encorbellement côté TGV et dépend donc, entre autres, de la position de ces gargouilles par rapport aux axes des piles et de l'orientation des faces des piles (se référer au rapport de diagnostic spécifique pour plus de détail).

Maintenant que la corrosion des armatures est initiée, elle ne pourra que se développer et, de plus, sur le caisson de l'ouvrage (hourdis inférieur), les teneurs sont si élevées (heureusement localement) qu'elles finiront pas représenter à terme un risque pour la précontrainte longitudinale intérieure. Cette étude de diagnostic devra donc être suivie par l'établissement d'une étude d'APROA ; dans cette optique, le rapport de diagnostic présente des suggestions de travaux de réparation ou d'investigations complémentaires en fonction des différentes parties d'ouvrage.

Les déformations longitudinales (tablier contracté) des appareils d'appui de tous les appuis en période estivale (entre 15 et 25°C en juin 2021) résultent vraisemblablement du fluage de l'ouvrage sous l'action de la précontrainte. Ces déformations sont du même ordre que celles relevées en juin 2015. Il conviendrait de s'assurer que lors d'une période de basses températures on n'observe pas le dépassement des limites des appareils et, le cas échéant, de prévoir leur repositionnement. Lors de ce contrôle par basses températures, vérifier également la position des appareils d'appuis par rapport à leurs plaques de glissement (culées, P1 et P8).

Les équipements présentent un certain nombre de désordres qu'il faudra reprendre afin de pouvoir continuer à assurer la sécurité des usagers. Ces désordres sont liés principalement à l'utilisation des sels de déverglaçage sur des équipements insuffisamment protégés : pelade et éclats au droit des longrines, éclats de béton sur les corniches et oxydation sur les différents éléments du dispositif de retenu de type BNBV.

Pour les corniches, l'évolution en nombre et les dimensions des éclats constatés, peuvent faire courir un risque pour les usagers sous l'ouvrage. Les éclats les plus menaçants ont été purgés lors de l'inspection. En attendant la résolution du problème de corrosion des armatures du béton des corniches, il conviendrait de prévoir des purges régulières ou la pose de filets de protection par exemple. »

2.5.2 - Avis

La DIR CE a analysé le dossier d'ouvrage et a effectué plusieurs visites sur site depuis 2021 sans moyen d'accès particulier. Les observations visuelles ont confirmé les conclusions des dernières IDP.

Pour compléter les conclusions de l'IDP et du diagnostic de la corrosion des armatures internes au béton armé de 2021, une investigation des bétons notamment de la culée C0 et des piles P1, P2, P5 et P6 a été réalisée en janvier 2024. Un diagnostic amiante-plomb-hydrocarbures au niveau des bétons, des enrobés et autres matériaux présents sur l'ouvrage a également été effectué en décembre 2023.

De manière générale, les pathologies sont liées aux ruissellements des eaux chargées en sels de déverglaçage provenant de l'extrados des ouvrages et au vieillissement de l'ouvrage. Ces ruissellements et infiltrations d'eau sont dus principalement à la déficience des joints de chaussée et à l'absence de joints de trottoirs, aux défaillances et dysfonctionnements des systèmes d'assainissement existants (positionnement des gargouilles et gorges d'évacuation sur longrine bouchées) et au manque de finitions (joints de corniches non traités).

De plus, suite à une revue de Direction de la DIR CE début 2021 où des questionnements et interrogations sur le Viaduc de la Roche ont été évoquées notamment sur le dispositif de retenue existant, le Pôle Ouvrage d'Art a mené une étude spécifique sur la BNBV.

Cette étude a permis de constater une obsolescence du dispositif de retenue actuel. En effet, la BNBV ne possède pas un niveau de retenue adapté aux caractéristiques de l'ouvrage et peut entraîner des risques conséquents sur la sécurité des usagers notamment à cause du barreaudage vertical (effet de « râpe » lors de chocs accidentels particulièrement pour les véhicules légers : dispositif plus homologué à ce jour).

Sur les culées :

Appareils d'appui :

Les appareils d'appuis sur culées présentent une oxydation des parties métalliques, y-compris de la boulonnerie et des fixations. Cette oxydation est due à des défauts de protection et au vieillissement de la protection anticorrosion.

Il est également observé de la saleté sur certaines plaques de glissement.



Illustration 27: Appareil d'appui (contracté) - culée C0 côté TGV

Chevêtres :

Les désordres présents sur les chevêtres ont déjà été relevés auparavant mais n'ont pas évolué. Ils correspondent à :

- des fissures verticales à baises jusqu'à 0,3 mm d'ouverture (fissures de retrait),
- une présence de bavette de calcite sèche au droit des fissures,
- quelques éclats de béton ou de ragréages fissurés,
- des tâches de rouille,
- un écaillage de la barbotine à la base,
- des épaufrures sur béton ou un léger bullage du béton
- une présence de traces de frottement et de mousse.

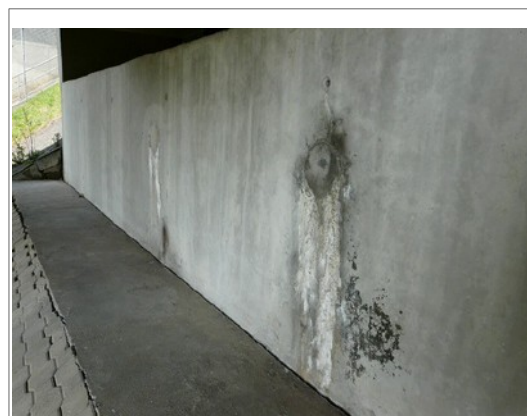


Illustration 28: Chevêtre - Culée C0

Globalement, les chevêtres sont dans un état convenable. Néanmoins, une pollution légère du béton a été identifiée avec des teneurs de chlorures significatives sur le 1^{er} centimètre mais des teneurs très faibles au niveau du 1^{er} lit d'armatures. Ce début de pollution des chevêtres est très certainement dû à des ruissellements et arrivées d'eaux chargées en sel de déverglaçage provenant des sommiers.

Sommiers :

Les sommiers possèdent des traces d'humidité et des dépôts de saleté provenant de la défaillance des

systèmes d'assainissement sous joints de chaussée. Les cunettes en arrière des sommiers sont également obstruées.

Il a aussi été constaté quelques fers apparents oxydés au niveau de la culée C9 côté TGV.



Illustration 29: Extrémité du sommier C0

Murs garde-grève :

Plusieurs désordres ont de nouveau été relevés sur les murs garde-grève, notamment sur les parements, mais ne présentent pas de caractère évolutif significatif. Ils correspondent à :

- des fissures verticales à baises de 0,1 à 0,3 mm d'ouverture (fissures de retrait gêné),
- des traces d'écoulements et d'humidité,
- quelques zones de faïençage et de pelade,
- quelques éclats de béton, de zones sonnant le creux et de tâches de rouilles.

Malgré des désordres visibles localisés, une pollution avancée du béton des murs garde-grève a été identifiée. Les teneurs de chlorures sont très élevées (jusqu'à 3 cm de profondeur soit jusqu'au front des aciers) et sont même présentes sur profondeur très importante (jusqu'à 6 cm). Des défauts localisés d'enrobage ont également été repérés.

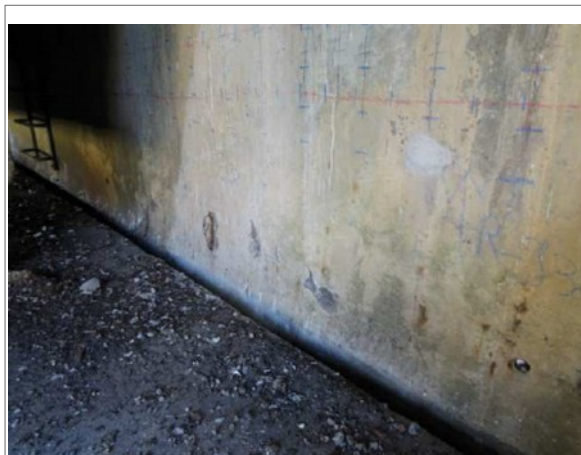


Illustration 30: Mur garde-grève - Culée C9 côté TGV

La corrosion des armatures est également initiée et se développera indéniablement, entraînant des désordres de plus en plus conséquents sur les murs garde-grève.

Cette pollution du béton provient des ruissellements des eaux chargées en sels de déverglaçage. Elle est directement liée à la défaillance des systèmes d'assainissement des culées (goulottes de récupération détériorées et trop courtes, cunettes obstruées...) et à l'absence de traitement des joints de dilatation au droit des longrines et des corniches.

Murets cache :

Les murets cache présentent des désordres déjà observés auparavant. Ils correspondent à :

- des traces d'écoulements et d'humidité sur les faces intérieures et extérieures, à la liaison muret cache mur-en-retour,
- des zones de faïençage sur les faces intérieures,
- quelques zones de bullage et de pelade du béton,
- des débuts d'éclats,
- des tâches de rouilles,
- des fissures verticales à biais (faces intérieures de la culée C0) et horizontales (faces latérales de la culée C9 côté TGV),
- une végétation importante sur les faces extérieures.

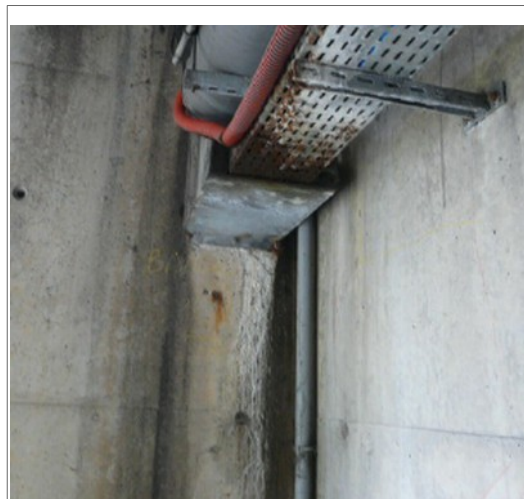


Illustration 31: Face intérieur muret cache - Culée C0 côté TGV

L'humidité présente sur les murets cache et entraînant l'apparition de désordres sur les parements cités ci-dessus, est liée à l'absence de traitement des joints de dilatation au droit des longrines et des corniches.

Murs en retour :

Les murs en retours possèdent des désordres similaires aux désordres constatés sur les murets cache.

On retrouve notamment la présence de quelques zones de faïençage et de bullage du béton ainsi que quelques fissures verticales à biais (culée C0 côté TGV). Une végétation importante est également observée.

Perrés :

De la végétation est présente de manière généralisée sur l'ensemble des perrés. Il est aussi constaté quelques éclats sur les pavés et sur les tuiles des descentes d'eau. Localement, les perrés peuvent être bombés.

Les paliers en béton présents en pied de chevêtre possèdent quelques éclats. Ils présentent quelques fissures dont des fissures longitudinales (ouverture entre palier et chevêtre et ouverture entre palier et perré) et des fissures transversales au niveau des fixations de l'échelle d'accès, notamment côté culée C0.

Sur les piles :

Appareils d'appui :

Les appareils d'appuis sur piles présentent plusieurs désordres déjà relevés auparavant. Ils correspondent à :

- un défaut de contact avec le bossage supérieur (sur piles P1, P2 et P8),
- un élastomère légèrement boudiné et/ou craquelé,
- une déformation longitudinale (sur piles P2, P3, P6, P7 et P8),
- un néoprène ouvert et craquelé,
- des frettes oxydées,
- une plaque métallique supérieur légèrement plus petite que l'élastomère (sur pile P5) ou en retrait par rapport à l'élastomère (sur piles P6 et P7),
- un caoutchouc arraché en partie supérieur,
- une cavité dans l'élastomère (sur AA côté TGV de P2).

Les défauts de contact avec les bossages supérieur proviennent de défauts de planéité de ces bossages.

Les déformations longitudinales sont vraisemblablement liées au fluage du béton sous l'action de la précontrainte. Elles sont admissibles à ce stade.

Pour la pile P8, ces déformations peuvent être le signe d'un fonctionnement imparfait des plaques de glissement (pas de déformation constatée sur les appareils d'appui glissant de la pile P1).



Illustration 32: Appareil d'appui - Pile P7 côté TGV

Piles :

L'ensemble des piles possèdent des désordres communs déjà identifiés. Globalement, ils sont sans caractère évolutif notable mais une nette évolution des éclats de béton au droit de la pile P5 a néanmoins été observée. Ils correspondent à :

- des fissures et micro-fissures horizontales et verticales (inférieures à 0,3 mm),
- des zones de faïençage et micro-faïençage notamment en base (conséquentes sur P5),
- des craquelures
- des éclats de bétons (conséquent sur P5), débuts d'éclats et épaufrures,
- des fers apparents oxydés,
- des ragréages fissurés ou sonnant le creux.

La fissuration verticale et horizontale des piles peut être associée aux retraits thermiques et hydrique du béton et/ou traduire un début d'enrouillement des armatures. Les fissures dans les angles proviennent également du retrait du béton.

Les fers apparents oxydés, les débuts d'éclats et les éclats de béton sont liés à des défauts localisés d'enrobage et à une pollution du béton par les chlorures. Cette pollution, provenant des venues d'eaux des gargouilles (chargés en sels de déverglaçage), est donc plus conséquente sur les faces de piles exposées (côté TGV) et en partie basse (têtes de pile protégée naturellement). La corrosion des armatures étant déjà initiée, les désordres associés ne pourront que se développer.



Illustration 33: Faïençage à la base - Pile P6 face côté TGV

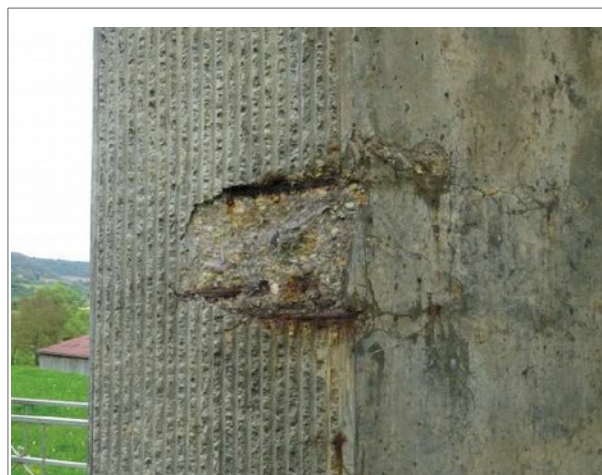


Illustration 34: Éclats sur fers à la base - Pile P5

Sur le caisson :

Extérieur du caisson (encorbellements, âmes et hourdis inférieur) :

L'extérieur du caisson présente des désordres importants côté TGV au droit des gargouilles. Des traces d'écoulements sont visibles sur tout le long du caisson (des encorbellements jusqu'au hourdis inférieur). Ils proviennent de défauts de raccordement des gargouilles à l'étanchéité voir dans une moindre mesure de tuyaux d'évacuation trop courts.

Ces écoulements, chargés en sels de déverglaçage, provoquent une pollution importante du béton en chlorures avec des taux parfois élevés (jusqu'à 6 fois le seuil défini comme critique) sur des profondeurs significatives (jusqu'à 5 cm). Le risque de corrosion des armatures internes est conséquent. Elle est limitée et localisée aux traces d'écoulements mais pourrait à termes, engendrer un risque sur la précontrainte longitudinale de l'ouvrage si celle-ci atteint des profondeurs encore plus importantes (malgré une protection théorique au coulis de ciment).



Illustration 35: traces d'écoulements sur âme et éclats sur hourdis inférieur - Travée 4 côté TGV

Cette pollution du béton, associée ou non à des défauts localisés d'enrobage, engendre parfois des désordres de type éclats de béton, zones sonnantes creux, fers apparents oxydés ou tâches de rouille en légère évolution.

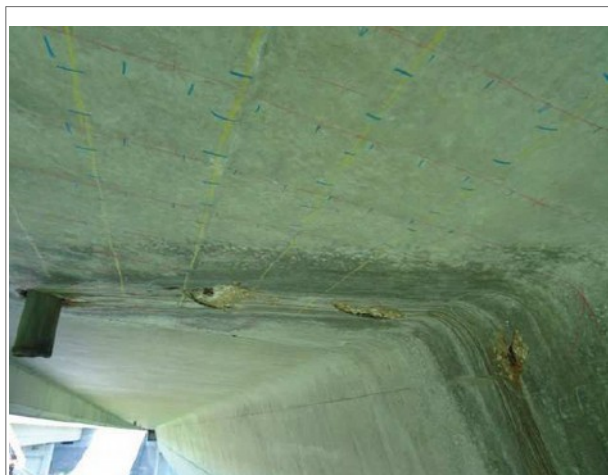


Illustration 36: Traces d'écoulement, éclats et zones sonnant le creux au droit d'une gargouilles - Encorbellement et âme - Travée 4

Des éclats de béton et des tâches de rouilles ont également été observés en extrémités d'encorbellements (about de caisson au niveau des joints de chaussée). Ils proviennent notamment d'une gestion limitée voire inexistante des arrivées d'eau en amont des joints de chaussée et d'une absence de joints de trottoir.



Illustration 37: Éclats et tâches de rouilles - Encorbellement extrémité Mâcon-TGV

Le reste du caisson est globalement en bon état (pas de pollution du béton avérée) mais il a néanmoins pu être observé :

- de rares fissures longitudinales, discontinues et de faible longueur (inférieures à 0,3 mm),
- des fissures biaises discontinues au niveau des âmes,
- de la calcite sèche au droit de fissures et zones de pelade,
- quelques zones de faïençage et d'épaufrures,
- des éclats au droit de plaques métalliques au niveau des appuis,
- des reprises de bétonnage fissurées.

À noter que la fissuration longitudinale fine localisée à la base des âmes est très certainement liée à une insuffisance d'armatures de couture entre âme et hourdis (pas dévolution depuis la dernière inspection). Les zones de pelade constatées sur le hourdis inférieur sont dues à une qualité du béton localement mauvaise.

Intérieur du caisson :

L'intérieur du caisson présente, sur l'ensemble des travées, une fissuration sans caractère évolutif entre les deux dernières IDP. Plusieurs types de fissures avec de faibles ouvertures (inférieures à 0,3 mm) ont été identifiées :

- fissuration longitudinale :
 - sur hourdis supérieur,
 - entre les âmes et les goussets supérieurs,
 - entre les goussets supérieurs et le hourdis supérieur,
- fissures biaises sur hourdis supérieur à proximité des bossages d'ancrage de la précontrainte,
- fissure en arc de cercle sur hourdis supérieur avec lèvres épauffrées et traces de laitance (uniquement sur travée 8).

À noter que la fissuration fine du hourdis supérieur est liée à la flexion transversale de l'ouvrage (pas dévolution depuis la dernière inspection).

Il a également été relevé un bullage du béton des âmes et des goussets inférieurs et des ragréages fissurés ou sonnant le creux.

Bossages d'ancrage de la précontrainte :

Les bossages d'ancrage présentent quelques désordres sans caractère évolutif :

- fissures longitudinales en partie supérieure se prolongeant sur les faces verticales (jusqu'à 0,4 mm d'ouverture),
- fissures biaises sur de nombreux cachetages en partie inférieure (jusqu'à 0,4 mm d'ouverture),
- deux fissures transversales sur les cachetages au droit de la travée 2 en partie inférieure,
- quelques abouts de fers.

La fissuration des déviateurs et des bossages d'ancrage provient vraisemblablement d'un manque de ferrailage.

Entretoises sur culées :

Côté Mâcon, l'entretoise possède sur sa face intérieure quelques fissures biaises et une fissure horizontale (0,2 mm d'ouverture) ainsi que quelques ragréages. Sur sa face extérieure, deux fissures verticales à la base et un fer apparent ont été observés.

Côté Moulins, l'entretoise possède sur sa face intérieure quelques fissures verticales en partie supérieure et des ragréages localisés. Un fer apparent et des épauffrures d'angle ont été relevés sur sa face extérieure.

Sur les superstructures

Chaussée :

La chaussée est globalement dans un état satisfaisant mais possède néanmoins quelques désordres, notamment :

- des amorces de fissures longitudinales,
- de la pelade,
- des petits décrochements de matériaux,
- quelques tâches de ressuage,
- des dépôts et des traces de frottement le long des longrines

On remarque également plusieurs zones de pontages transversaux et multidirectionnels.

Corniches :

Les corniches présentent un risque de corrosion des armatures important essentiellement liée à la pollution du béton par des chlorures avec des taux parfois très élevés sur une profondeur significative (jusqu'à 6 cm). Elle n'est pas uniforme et se situe principalement en faces latérales et en faces arrières car les eaux chargées de sels de déverglaçage s'infiltrent par les joints de corniches non traités (nombreuses traces d'écoulements). Cette pollution entraîne une évolution importante des éclats de béton et des désordres associés sur ces zones.

La pollution des corniches est bien plus modérée sur les parties courantes.

A noter que les corniches subissent également une carbonatation relativement importante avec un front de carbonatation d'environ 18 mm en face arrière.

D'autres désordres ont également pu être observés et correspondent à :

- des dépôts verdâtres généralisés,
- des traces de rouilles,
- des petites épaufrures et une légère pelade du béton en partie supérieure,
- des fissures verticales en faces latérales et en faces arrières.



Illustration 39: Traces d'écoulements et débuts d'éclats entre éléments - Corniche côté TGV



Illustration 38: Éclats de béton entre éléments - Corniche côté La Roche

Longrines :

Les longrines de dispositif de retenue sont dégradées mais aucune pollution du béton significative n'a été identifiée. Elles possèdent néanmoins plusieurs désordres correspondant à :

- une pelade importante notamment en face avant et au niveau de l'engravure (relevé d'étanchéité décollé donc zones visibles),
- plusieurs éclats de béton,
- des éclats et épaufrures d'angles,
- un faïençage sur les faces latérales (au droit des joints),
- des coulures de coulis et des dépôts de matériaux à l'arrière du dispositif de retenue,
- des coulures de rouilles provenant du dispositif de retenue.

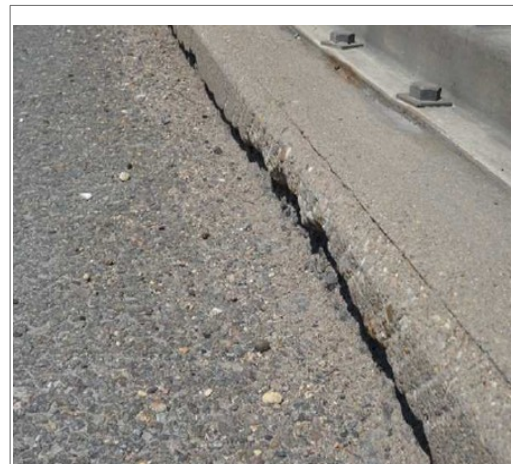


Illustration 40: Éclat d'angle - Longrine côté La Roche

La pelade et les éclats des longrines sont liés à l'action des sels de déverglaçage sur un béton potentiellement non traité G+S.

Il est également relevé des fissures transversales faiblement ouvertes (fissures de retrait) sur les deux longrines, quelques fissures longitudinales discontinues sur la longrine côté La Roche et quelques fissures verticales en extrémité Mâcon sur la longrine côté TGV.

Dispositif de retenue :

Le dispositif de retenue présente de manière généralisée une usure de la galvanisation et une corrosion avancée. La corrosion est très présente notamment au niveau de la main courante et de la platine (corrosion parfois perforante). La face arrière de la platine est particulièrement touchée car des dépôts importants et des rétentions d'eau (évacuation obstruées) sont observés entre le dispositif de retenue et la corniche. Les jonctions entre deux éléments de dispositif sont également corrodées.

La boulonnerie est également oxydée et corrodée mais peut également être déformée voir manquante sur certains éléments de dispositif. Au niveau du barreaudage, quelques barreaux sont oxydés et/ou déformés (chocs accidentels). La lisse supérieure présente une oxydation localisée.

Les joints de dilatation ne sont pas traités (interruption sur 15 cm du dispositif de retenue à chaque passage du joint de chaussée).

Hors ouvrage, les glissières de sécurité de raccordement possèdent également les même types de désordres :

- usure de la galvanisation,
- oxydation des têtes de supports et des lisses,
- about de glissières oxydés,
- éclat de galvanisation avec oxydation sur écarteur (extrémité Mâcon côté La Roche),
- lisse déformée sur l'extrémité Moulins côté TGV.

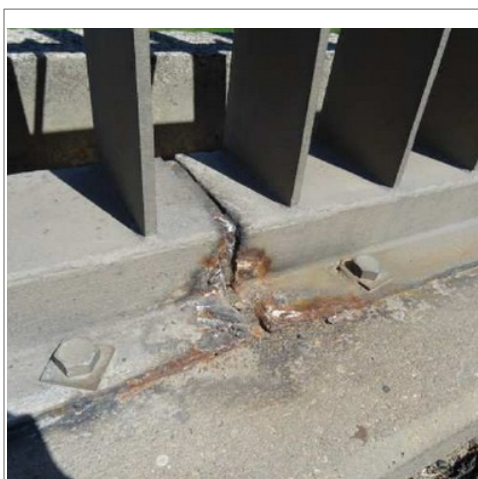


Illustration 41: Jonction entre 2 éléments sur platine

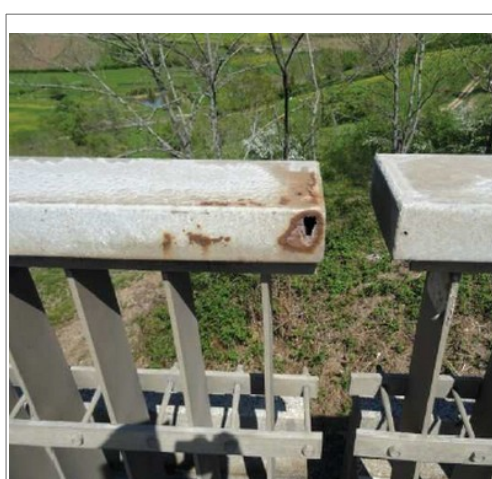


Illustration 42: Joint de dilatation non traité et corrosion perforante

Joints de chaussée :

Les joints de chaussée de l'ouvrage sont dans un état acceptable mais présentent néanmoins les désordres suivants :

- pontage fissuré entre les solins et la chaussée,
- quelques fissures transversales sur les solins,
- petits éclats et oxydation sur les profilés métalliques
- bouchons en caoutchouc protégeant la boulonnerie dégradés voir arrachés,
- léger dépôt en extrémité.

Côté Moulins, il a également été relevé un petit éclat de béton sur les solins (côté ouvrage sur voie Mâcon – Moulins) et quelques zones de pelade et d'épaufrure.



Illustration 43: Joint de chaussée côté Mâcon

Dispositifs d'assainissement et d'évacuation des eaux :

Les dispositifs d'assainissement présents dans les culées sous les joints de chaussée ne permettent pas une bonne évacuation des eaux sur l'ouvrage.

Les jupes en caoutchouc sont arrachées au droit des encorbellement et les goulottes de récupération sont trop courtes car s'arrêtent un peu avant les murets-cache des deux côtés. Les tuyaux d'évacuation, raccordés aux goulottes de récupération, ont un diamètre insuffisant avec un coude, pour permettre une bonne évacuation des eaux (Ø 100 mm côté Digoin et Ø 80 mm côté Mâcon).

Au lieu d'être évacués hors des culées, les eaux ruissellent sur les parements et stagnent sur les sommiers.

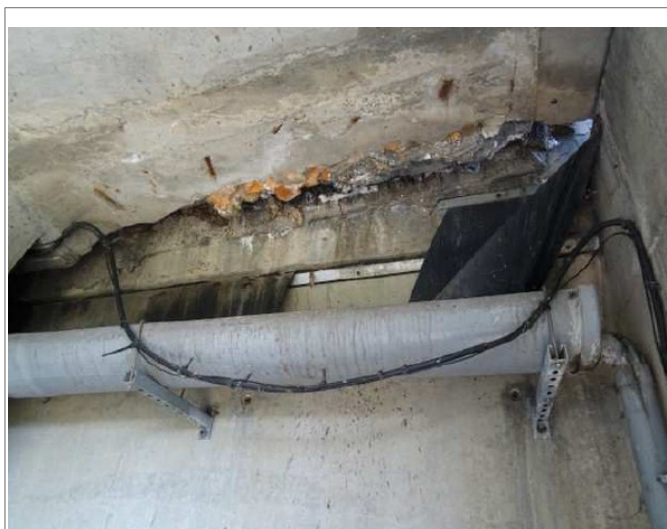


Illustration 44: Jupe arrachée au droit du joint de chaussée - Culée Digoin côté La Roche

Autres équipements :

Les chemins de câbles situés dans les culées sont très détériorés par la corrosion, principalement côté TGV (corrosion perforante).

L'escalier de service présente des éclats de peinture et une oxydation importante avec ou sans feuilletage de la main courante, des supports, et des lisses au droit des joints. Une végétation importante, de la mousse et des dépôts de matériaux sont également observés notamment en partie centrale et en partie supérieure.

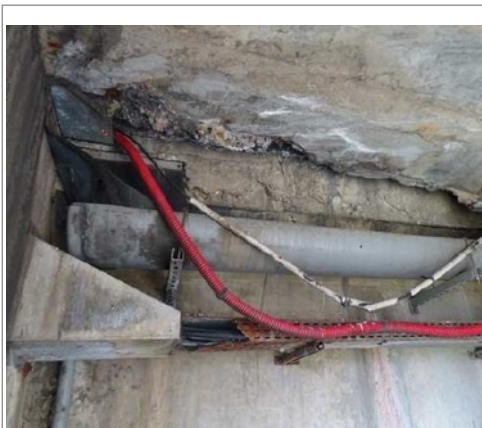


Illustration 46: Chemin de câble détruit partiellement par la corrosion - Culée Moulins côté TGV

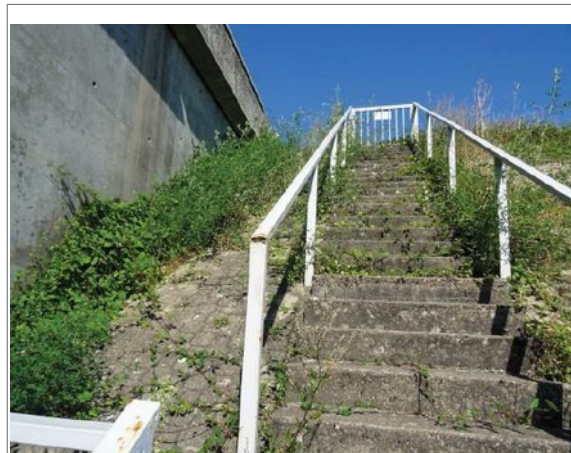


Illustration 45: Haut de l'escalier de service - Culée Moulins

Conclusion

Le Viaduc de La Roche possède une note IQOA « **2E** » selon la dernière IDP de 2021.

La pathologie principale de l'ouvrage concerne la dégradation du béton de la structure (murs garde-grève, pied de piles, caisson) et de certains équipements (corniches). Cette dégradation est en grande partie causée par des ruissellements chargés en sels de déverglaçage provenant de l'extrados et dus à :

- une défaillance importante des systèmes de récupération et d'évacuation présents dans les culées (goulottes de récupération, tuyaux et cunettes d'évacuation),
- des défauts de raccordement des gargouilles à l'étanchéité combinés à des tuyaux d'évacuation de gargouilles trop courts,
- une absence de joints de trottoirs et un défaut des joints de chaussée,
- des joints de corniches non traités,
- un entretien difficile des gorges d'évacuation présentes sur les longrines de dispositif de retenue.

À ce jour, cette dégradation du béton n'engendre pas de dangers immédiats sur la stabilité de l'ouvrage mais présente néanmoins un risque sur la pérennité du Viaduc de La Roche.

La localisation des désordres du caisson situés en particulier en about d'ouvrage et au droit des gargouilles laisse présager un bon fonctionnement de la chape d'étanchéité de l'ouvrage.

Concernant les équipements, les pathologies sont liées principalement à l'utilisation de sels de déverglaçage sur des équipements insuffisamment protégés et à un vieillissement. Plus spécifiquement, le désordre majeur concerne l'usure généralisée (galvanisation usée et corrosion avancée) et la non conformité (niveau de retenue et barreaudage vertical) du dispositif de retenue BNBV. Les longrines d'ancrage sont également dégradées. À ce jour, le dispositif de retenue en place présente donc un risque conséquent pour la sécurité des usagers.

Pour pérenniser l'ouvrage, nous allons proposer dans la partie 3 du présent rapport, les travaux à prévoir tant sur les parties structurales de l'ouvrage que sur les superstructures.

3 - Travaux de réparation envisagés

L'état du Viaduc de La Roche nécessite la réalisation de travaux de réparation. Les pathologies développées au cours de sa vie sont à caractère évolutif. Elles peuvent, à moyen termes, causer un risque pour la pérennité de l'ouvrage et donc pour la sécurité des usagers. C'est pourquoi, au stade de l'avant-projet de réparation, le programme de travaux envisagé est le suivant :

Extrados de l'ouvrage

- reprise des bords libres :
 - remplacement des dispositifs de retenue avec restructuration de la longrine ;
 - traitement de l'étanchéité ;
- traitement des corniches ;
- amélioration de l'assainissement (sur et hors ouvrage) ;
- changement des joints de chaussée ;
- création de joints de trottoirs et de relevés de joints de chaussée ;
- réfection des enrobés de part et d'autre des joints de chaussée (opportunité supplémentaire : réfection totale de la chape d'étanchéité et des enrobés).

Caisson

- reprise des bétons dégradés (extérieur du caisson notamment au droit des gargouilles et aux extrémités au niveau des joints de chaussée) ;
- traitement des fissures de béton des bossages d'ancrage de la précontrainte (intérieur du caisson).

Culées

- reprise des bétons dégradés sur les murs garde-grèves, les murets caches, les sommiers... ;
- protection des murs garde-grève ;
- remplacement et amélioration des systèmes de récupération et d'évacuation des eaux sous joints de chaussée ;
- remplacement des chemins de câbles ;
- nettoyage et traitement de l'oxydation des appareils d'appui à pot ;
- réparation des perrés et des paliers béton ;
- reprise de la peinture anticorrosion de l'escalier de service et de l'échelle d'accès sur culée C0 ;
- installation d'une échelle d'accès sur culée C9.

Piles

- reprise des bétons dégradés notamment en pied de piles ;
- protection des bétons dégradés ;
- réparation des bossages d'appareils d'appui.

3.1 - Extrados de l'ouvrage

Les travaux de réparation en extrados de l'ouvrage, hors travaux d'opportunité, portent essentiellement sur le remplacement des dispositifs de retenue, la reprise de l'étanchéité et des gargouilles en bords libres (cf annexe 5). Les corniches seront traitées (cf annexe 10). Les joints de chaussée seront également changés, des joints de trottoirs seront créés et les enrobés seront repris. La méthodologie de travaux est la suivante :

- reprise des bords libres (voir §3.1.1) :
 - dépose de la BNBV ;
 - sciage et démolition de l'enrobé ;
 - décapage de l'étanchéité
 - restructuration de la longrine ;
 - mise en œuvre de la nouvelle étanchéité (partie courante et relevé) et mise en place des nouvelles gargouilles ;
 - réparation des corniches et traitement des joints de corniches ;
 - pose des nouveaux dispositifs de retenue ;
- changement des joints de chaussée et création de joints de trottoir (voir §3.1.2) ;
- réfection partielle des enrobés (voir §3.1.3) OU réfection totale des enrobés et de la chape d'étanchéité (travaux d'opportunité – voir §3.1.3) ;
- traitement de l'assainissement hors ouvrage (voir §3.1.4).

3.1.1 - Reprise des bords libres

Les travaux de reprise des bords libres se dérouleront sous coupure continue du sens de circulation Digoin – Mâcon sur toute la durée des travaux en extrados. Le sens Mâcon – Digoin sera lui maintenu avec une voie minimum de 3,50 mètres et des marges de sécurité de part et d'autre.

L'espace de travail sera donc sécurisé par la mise en place d'un balisage lourd et d'écrans de protection. Après la reprise du bord libre côté TGV, le balisage lourd sera ripé pour effectuer les travaux sur l'autre rive.

3.1.1.1 - Remplacement des dispositifs de retenue :

L'implantation particulière de l'ouvrage (passage du Vallon de La Roche), le trafic dense de la RN79 notamment en termes de poids-lourds et l'étude de conformité de la BNBV ont amené une réflexion sur les dispositifs de retenue.

Afin de vérifier la bonne adéquation des dispositifs de retenue existants (BNBV), l'indice de danger de l'ouvrage a été calculé avec le guide « Choix des performances d'un dispositif de retenue sur ouvrage d'art : Méthode de calcul de l'indice de danger » de décembre 2021. Le Viaduc de La Roche obtient un indice de danger de 31, le niveau de retenue attendu pour cet ouvrage est le niveau H3. Le détail du calcul de l'indice de danger est donné en annexe 3 du présent APROA.

L'étude de conformité de la BNBV réalisé par le POA a également montré que le dispositif de retenue actuel du Viaduc de La Roche n'est plus homologué à ce jour. Il présente même des risques conséquents notamment aux véhicules légers. Le barreaudage vertical entraîne un effet de « râpe » lors de chocs accidentels provoquant des dégâts très conséquents.

Ce dispositif de retenue de niveau H2 ne garanti donc pas la sécurité de l'ensemble des usagers au passage de l'ouvrage. Il sera remplacé par un dispositif de retenue adapté.

Selon la disposition actuelle de l'ouvrage, la sur-hauteur de la corniche présente en arrière de la BNBV est considérée comme un « obstacle » dans le cadre de l'étude de la largeur de fonctionnement et de la déflexion dynamique du nouveau dispositif, au même titre qu'un garde-corps (entre 16 et 18 cm de dépassement par rapport à la longrine - cf annexe 4). Néanmoins selon l'article 4.2. de l'Arrêté RNER modifié et du chapitre 4.2.2 du Guide du CEREMA « Dispositifs de retenue routiers marqués CE sur ouvrage d'art » de 2014 et en cas d'une mise en conformité du niveau de retenu, la présence d'éléments dans le « gabarit de protection » peut être autorisée dans le cas d'ouvrages d'art existants. Elle s'applique si les déformations du dispositif de retenue sont incompatibles avec la géométrie du projet (empiétement trop important sur les BAU existantes déjà très réduites – environ 1,10 mètres de large) et si la sécurité des personnes n'est pas engagée (pas de présence de piétons sur cet ouvrage).

Cette dérogation sera donc appliquée pour le remplacement du dispositif de retenue du Viaduc de La Roche avec le maintien de la sur-hauteur de corniche. La largeur de fonctionnement du nouveau dispositif de retenue ne sera donc pas le critère important sur cet ouvrage. Néanmoins, une déflexion dynamique maximale de 0,70 mètres permettra le maintien des véhicules sur l'ouvrage en cas de chocs tout en ne réduisant que très légèrement la largeur des BAU.

Le dimensionnement des longrines a été calculé à partir des efforts transmis par une BN4, soit

- 300 KN d'effort tranchant
- 200 KN.m de moment en pied de poteau

Ces efforts sont conséquents et il convient de rechercher un nouveau dispositif de niveau H3 qui pourra être implanté sans avoir à renforcer la longrine, ni devoir faire supporter des efforts disproportionnés à l'ouvrage.

Dans le cadre du présent APROA, nous avons retenu la H3 - W5 de type BPL71 de chez DESAMI qui respecte en tout points les hypothèses énoncées précédemment. Les efforts transmis sont les suivants :

- 164 KN d'effort tranchant représentant
- 41 kn.m de moment en pied de poteau

L'adaptation de la barrière nécessitera l'hydrodémolition superficielle de la longrine jusqu'aux aciers, afin de purger les ions chlorures qui y ont pénétré. La reconstruction nécessitera un élargissement de 10 cm de la longrine pour l'adapter à la nouvelle barrière.

En cas de reprise des bords libres uniquement (hors option de réfection de la chape d'étanchéité), la solution de travaux consistera à :

- dépose les éléments de BNBV et des GS hors OA et mise en place de gardes-corps provisoires ;
- sciage et démolition de l'enrobé jusqu'au support à environ 0,90 m de la corniche existante - sciage à environ 1 m de la corniche existante et démolition soignée de l'enrobé pour conservation d'une bande de 10 cm minimum d'étanchéité ;
- décapage de l'étanchéité (parties courantes et relevés) et dépose des gargouilles existantes ;
- obturation des anciennes gargouilles côté TGV ;
- restructuration des longrines existantes :
 - hydrodémolition du béton sur la face horizontale et verticale (relevé) pour purger le béton dégradé et pollué et dégager les premières armatures (environ 8 cm) ;
 - reprise du ferrailage des longrines avec traitement, remplacement et/ou ajout d'aciers si nécessaire (selon armatures nouveau dispositif de retenue) ;
 - coffrage des nouvelles longrines d'ancrage avec réservation pour création du nouveau relevé ;
 - réalisation des nouvelles longrines en béton XF4 G+S avec réservation pour futurs joints de trottoirs et relevés de joints de chaussée ;

- reprise de l'étanchéité côté TGV :
 - réalisation des carottages (Ø 150 mm) pour nouvelles gargouilles ;
 - traitement du support par grenaillage et/ou par sablage avec si besoin réalisation de ragréage ou mise en œuvre de produits spécifiques bouche-pores sur le support ;
 - réalisation d'un chanfrein en mortier en pied de longrine si nécessaire ;
 - mise en place des nouvelles gargouilles avec raccordement à la nouvelle étanchéité (Cf 3.1.1.3) ;
 - mise en œuvre de la nouvelle étanchéité avec relevé en feuilles préfabriquées ;
→ un raccordement par un recouvrement de 10 cm minimum entre l'étanchéité existante et la nouvelle étanchéité sera privilégié – en cas de non conservation de l'étanchéité existante, la nouvelle étanchéité sera mise en place bord à bord à l'existante avec une liaison par un liant bitume modifié : selon les préconisations de la mise à jour n°2 du STER81 consacré aux réparations localisées ;
 - mise en œuvre d'un drain rectangulaire dans le caniveau au droit de l'enrobé (raccordés aux gargouilles pour évacuation) ;
- reprise de l'étanchéité côté La Roche :
 - traitement du support par grenaillage et/ou par sablage avec si besoin réalisation de ragréage ou mise en œuvre de produits spécifiques bouche-pores sur le support ;
 - réalisation d'un chanfrein en mortier en pied de longrine si nécessaire ;
 - mise en œuvre de la nouvelle étanchéité avec relevé en feuilles préfabriquées ;
→ un raccordement par un recouvrement de 10 cm minimum entre l'étanchéité existante et la nouvelle étanchéité sera privilégié – en cas de non conservation de l'étanchéité existante, la nouvelle étanchéité sera mise en place bord à bord à l'existante avec une liaison par un liant bitume modifié : selon les préconisations de la mise à jour n°2 du STER81 consacré aux réparations localisées ;
- réalisation d'une bordure de longrine coulée en place ;
- réalisation d'un caniveau asphalte côté TGV et mise en œuvre d'enrobés le long de la bordure côté La Roche ;
- pose du nouveau dispositif de retenue (sur et hors ouvrage) avec dispositifs de dilatation au droit des joints de chaussée ;
- raccordement du nouveau dispositif de retenue au dispositif de retenue de la RN79 (glissières de sécurité GS2 de niveau N2) avec barrière de niveau H3 et N2 à pieux battus.

3.1.1.2 - Traitement des corniches

Les zones de béton dégradés des corniches (zones polluées, éclats, zones sonnant le creux) seront traitées en majorité lors des travaux en extrados avec les mêmes restrictions de circulation. Des moyens d'accès spécifiques seront néanmoins à prévoir. Elles seront réparées de deux manières suivant la localisation des dégradations.

Pour la sur-hauteur des corniches, polluées en profondeur côté chaussée, le traitement sera réalisé en même temps que les travaux de reprise des bords libres et sur toute la longueur des corniches. Il consistera à :

- purge du béton par hydrodémolition sur une épaisseur de 8 cm de la sur-hauteur, face côté chaussée (soit derrière le 1^{er} lit d'armatures) avec dépassement sur la face supérieure ;
- si nécessaire, suppression des armatures corrodées et remplacement ;
- traitement des armatures par brossage afin d'éliminer tout produit de corrosion, ou remplacement des armatures le cas échéant ;
- mise en place de coffrages soignés et structurés pour la réalisation des arêtes de corniches ;
- reconstitution des parements par béton coulé XF2 C35/45,
- mise en place d'un profilé métallique étanche pour protection de la sur-hauteur sur toute la longueur des corniches avec élément de dilatation au droit des joints de trottoir.

Pour les zones de joints de corniches, principalement en faces verticales et en sous-faces, le traitement sera le suivant :

- purge des bétons dégradés ou sonnant le creux par piquage ou burinage, jusqu'à 20 mm en arrière des armatures afin de garantir la reprise et leur enrobage dans le mortier de réparation, et jusqu'à retrouver une armature saine,
- traitement des armatures par brossage afin d'éliminer tout produit de corrosion, ou remplacement des armatures le cas échéant,
- mise en place de coffrages pour la réalisation des arrêtes de corniches,
- réfection du béton d'enrobage à l'aide d'un mortier de réparation adapté (classe R4, retrait maîtrisé, résistant aux chlorures et à la carbonatation), en s'assurant d'un enrobage satisfaisant (enrobage minimum de 2,5 cm).

Les joints de corniches seront traités par la mise en place d'un profilé métallique étanche.

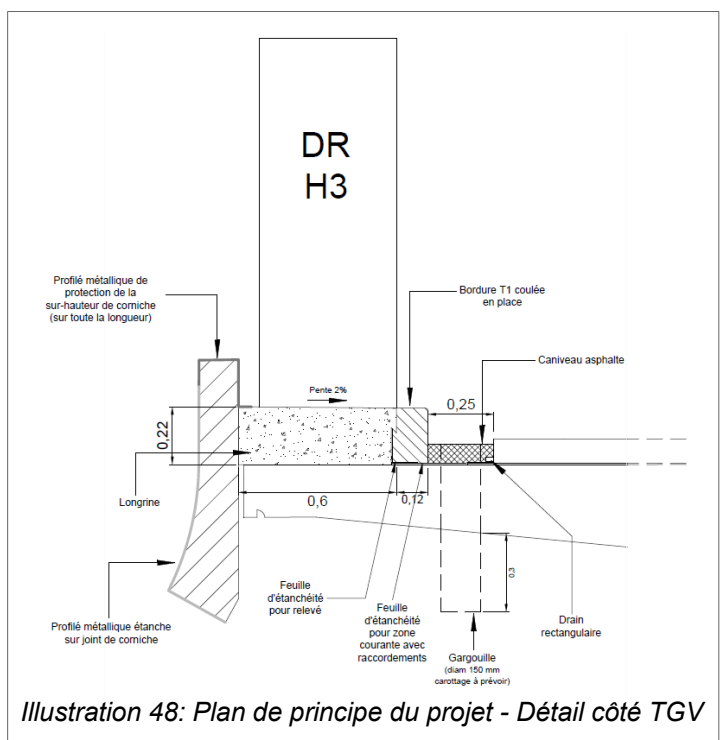
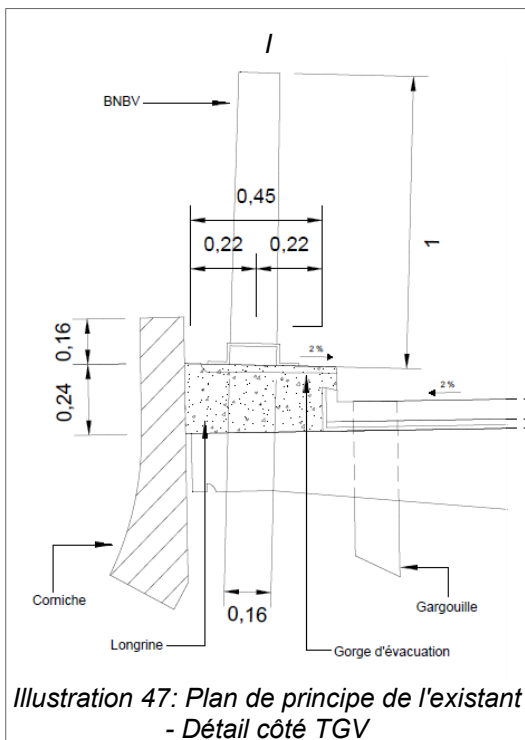
3.1.1.3 – Amélioration de l'assainissement

Sur ouvrage :

Au fil du temps, les gargouilles situées au droit de la longrine existante côté TGV (point bas transversale) ont perdu de leur efficacité (étanchéité défailante) entraînant des désordres conséquents sur les parements extérieurs du caissons (encorbellements, âmes et hourdis inférieur).

Elles seront donc reprises et améliorées en même temps que le remplacement des dispositifs de retenue de la façon suivante :

- dépose et obturation de toutes les anciennes gargouilles,
- réalisation de carottages au droit de la longrine côté TGV à l'emplacement du futur caniveau, éloignées des piles soit deux entre deux piles (augmentation du nombre de gargouilles prévue) ;
- mise en place des nouvelles gargouilles et de leur raccordement à l'étanchéité ;
- création d'un caniveau côté TGV au droit de la nouvelle longrine pour favoriser l'évacuation des eaux dans les gargouilles.



Hors ouvrage :

Actuellement, il est observé d'importantes venues d'eau sur le joint de chaussée côté Moulins entraînant des désordres conséquents sur la culée associée, notamment côté TGV. Ces eaux provenant de la chaussée de la RN79 ne sont pas évacuées en amont de l'ouvrage malgré la présence de descentes en tuiles sur le haut du perré. La présence de dépôt et de végétation en pied de glissières de sécurité empêche cette évacuation. Il conviendra donc de reconfigurer de manière satisfaisante ces zones.

Les travaux sur l'accotement côté TGV de la RN79 côté Moulins seront les suivants :

- élimination de la végétation et des dépôts de matériaux en pied de glissières de sécurité en extrémités d'ouvrage (sur quelques mètres),
- poursuite du caniveau asphalté hors ouvrage le long de la nouvelle longrine avec pente longitudinale vers l'extérieur de l'ouvrage,
- en extrémité Digoin côté TGV, création d'un fil d'eau asphalté et de bordures au droit des glissières de sécurité permettant de guider les eaux vers la descente en tuile présente sur le perré.

3.1.2 - Réalisation des joints

3.1.2.1 – Joints de chaussée

Actuellement, les abouts de l'ouvrage comportent des joints de chaussée de type joints à peigne. Des feuillures sont présentes depuis l'origine.

L'ouvrage ayant plus de 40 ans, on peut considérer que les effets du retrait et du fluage du béton sont arrivés à leur terme et que le souffle du joint de chaussée peut être déterminé sans tenir compte de ces phénomènes.

Calcul du souffle :

Pour le calcul du souffle de l'ouvrage, la relation permettant de le déterminer est la suivante :

Souffle de l'ouvrage = composante due à la température + composante due aux efforts de freinage + composante due à la rotation

La composante due à la température est définie par la relation suivante : $\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T$

Souffle de l'ouvrage (ΔL en m) = longueur de l'ouvrage (L en m) x coefficient de dilatation thermique du béton armé (α en $m.m^{-1}.^{\circ}C^{-1}$) x différence entre les températures extrêmes (ΔT en $^{\circ}C$)

Le détail du calcul du souffle des deux ouvrages est donné en annexe 9 du présent APROA.

Les calculs ont donné une extension maximale de 180 mm et une contraction maximale de 160 mm soit un souffle de 340 mm. Il n'y a pas de point fixe sur l'ouvrage, le souffle total est réparti sur les 2 extrémités, soit **170mm par joint**.

Trafic supporté :

L'ouvrage supporte un trafic de 3 187 PL par jour (données de trafic DIR CE, année 2021), ce qui correspond à un trafic de classe « TS » au sens du Guide « Conception et dimensionnement des structures de chaussée » du SETRA.

Choix du joint de chaussée :

Sur les deux ouvrages se trouvent actuellement des joints à peigne. Pour le projet nous préconisons de mettre en œuvre des joints de catégorie à cantilever ou à peigne. Ces types de joints sont très adaptés au souffle et présentent de bonnes caractéristiques de durabilité, de silence et d'entretien.

Travaux à réaliser :

Pour le remplacement des joints chaussée (dépose et pose), les travaux se dérouleront sous coupure totale de l'ouvrage afin d'assurer la qualité et la pérennité des travaux.

Les travaux de remplacement des joints de chaussée se dérouleront de la manière suivante :

- pour la dépose :
 - démolition des solins des joints de chaussée pour libération des réservations préférentiellement par hydrodémolition afin de conserver à minima les armatures de liaison avec le tablier,
 - nettoyage complet de la zone,
 - remplissage temporaire de la réservation (par béton ou par enrobés à chaud) avec protection du support par géotextile,
- pour la pose :
 - démolition du matériau de remplissage temporaire,
 - nettoyage complet de la zone,
 - mise en œuvre du joint de chaussée selon les prescriptions de l'avis technique.

3.1.2.2 – Joints de trottoirs et relevé de joints de chaussée

Actuellement, l'ouvrage ne comporte pas de joints de trottoir en prolongement des joints de chaussée. Les dispositifs de retenue ne comportent également pas de dispositifs de dilatation au droit des extrémités de tabliers.

Ces défauts de conception sont facteurs de dégradations au niveau des longrines de dispositifs de retenue mais également au niveau des culées qui subissent des écoulements d'eaux chargées en sel de déverglaçage conséquents sur les parements. Ces zones seront donc reconfigurer de manière satisfaisante lors du remplacement des joints de chaussée.

Travaux à réaliser :

Les travaux seront les suivants :

- création de la réservation lors du bétonnage de la longrine du nouveau DR, avec prolongement de la réservation jusqu'à la fin des corniches par mise en place de coffrage supplémentaire,
- nettoyage soigné de la réservation,
- ajout du relevé de nouveau joint de chaussée,
- mise en œuvre du joint de trottoir selon les prescriptions de l'avis technique du produit retenu (ensemble joint de chaussée/joint de trottoir).

La mise en place des joints de trottoir devra se faire en assurant une continuité de l'étanchéité entre le relevé du joint de chaussée et le joint de trottoir.

3.1.3 - Réfection des enrobés et de l'étanchéité

3.1.3.1 – Réfection des enrobés liés aux réparations

Dans le cadre des travaux, une réfection des enrobés de part et d'autre des joints chaussée est à minima à réaliser lors du remplacement des deux lignes de joints. Les travaux de reprise seront réalisés sous coupure totale de la RN79 (de nuit) de la manière suivante :

- rabotage d'environ 4 cm et sur 30 m de part et d'autre des joints de chaussée ;
- mise en œuvre des nouveaux enrobés sur une épaisseur de 4 cm.

3.1.3.2 – Entretien préventif d'opportunité

L'ouvrage a été construit il y a un peu plus de 40 ans et l'étanchéité date de l'origine. L'étanchéité générale ne présente pas de signes de faiblesse au vu des inspections détaillées.

Cependant elle est soumise à un trafic toujours plus importants de poids lourds qu'elle supporte depuis l'origine de l'ouvrage, soit 40 ans. A présent, des défauts sont susceptibles d'apparaître à tout moment, alors même que cet ouvrage comprend de la précontrainte qui est très sensible à des défauts d'étanchéité.

Par ailleurs, les réparations envisagées vont nécessiter la mise à nu de bandes d'étanchéité sur toute la longueur de chaque rive avec un raccordement d'une nouvelle étanchéité sur l'ancienne chape. Ce type d'intervention présente toujours des risques, surtout sur un matériaux très usagé.

Au vu de la lourdeur des mesures d'exploitation nécessaires pour tout travaux important impactant cet ouvrage et compte tenu que ces mesures seront déjà en place lors des travaux de remplacement des dispositifs de retenue, nous proposons de profiter de cette opportunité pour entreprendre la réfection totale du complexe étanchéité-couche de roulement.

Cela permettrait de garantir que les usagers ne seront plus gênés par des travaux de grande ampleur pour plusieurs décennies. De plus, afin de maintenir au maximum le trafic sur l'ouvrage, un phasage particulier est prévu.

La refection totale de la chape d'étanchéité et des enrobés s'intégreraient dans les travaux de reprise de bords libres et les restrictions de circulation déjà envisagées, à savoir la coupure d'un sens de circulation. Néanmoins, afin d'assurer la qualité de la nouvelle chape, des phases supplémentaires de ripage du balisage lourd seront nécessaires. La voie maintenue sera également réduite à 3,20 mètres sur une courte période (environ 3 semaines sur les 6 mois de travaux prévus)

Les travaux se dérouleront de la façon suivante :

- sciage, rabotage et démolition des enrobés et de l'étanchéité sur une partie de la chaussée (à environ 4,50 m de la corniche) en parallèle de la reprise du bord libre côté TGV sur une épaisseur d'environ 10 cm,
- après réalisation de la nouvelle longrine et de la bordure coulée en place, début de mise en œuvre de la nouvelle chape d'étanchéité (jusqu'à environ 2,80 m de la bordure),
- ripage du balisage lourd pour anticiper la réfection de l'étanchéité au-delà de l'axe de l'ouvrage, afin de créer une zone de raccordement lors de la seconde phase (ce phasage réduit un peu la voie circulée mais sur une courte durée et sera prévu hors vacances d'été pour éviter les trafics importants),
- sciage, rabotage et démolition des enrobés et de l'étanchéité sur le reste de la demi chaussée côté TGV sur une épaisseur d'environ 10 cm,
- continuité de la mise en œuvre de la nouvelle chape d'étanchéité (dépassement du milieu de l'ouvrage),
- ripage du balisage lourd pour raccordement de l'étanchéité entre les deux demi-chaussée,
- sciages, démolition soignée des enrobés sur une bande d'environ 20 cm pour conservation de la nouvelle étanchéité et début de démolition des enrobés et de l'étanchéité côté La Roche,
- sciage, rabotage et démolition des enrobés et de l'étanchéité en continuité,
- continuité de la mise en œuvre de la nouvelle chape d'étanchéité avec recouvrement sur environ 1 m,
- mise en œuvre d'un matériau provisoire pour protection de l'étanchéité et accueil du futur balisage lourd sur environ 1 m,
- ripage final du balisage lourd,
- fin rabotage et démolition des enrobés et de l'étanchéité en continuité côté La Roche,
- fin de mise en œuvre de la nouvelle chape d'étanchéité avec recouvrement,

Afin de prendre en compte cette option dans le cadre de cet APROA, la réfection de la chape d'étanchéité et des travaux associés sont présentés dans des documents spécifiques : un plan de principe, un phasage des travaux, un planning prévisionnel et une estimation financière des travaux (Cf. annexe 7, 8, 15 et 17).

3.2 - Caisson

Les travaux de réparation du caisson de l'ouvrage porte essentiellement sur la reprise des bétons dégradés sur les parements extérieurs. Un traitement des fissures de bossages d'ancrage de la précontrainte sera effectué à l'intérieur du caisson (cf annexe 10).

3.2.1 - Reprise des bétons dégradés

Les travaux de reprise des bétons dégradés sur l'extérieur du caisson se situeront principalement au droit des gargouilles et aux extrémités au niveau des joints de chaussée. Quelques désordres isolés sont également présents sur tout le long du caisson.

De manière générale, le traitement des bétons se déroulera de la manière suivante :

- repérage préalable des câbles de précontrainte au niveau des âmes et identification avec marquage,
- purge des bétons dégradés ou sonnant le creux par piquage ou burinage, jusqu'à 20 mm en arrière des armatures afin de garantir leur enrobage dans le mortier de réparation, et jusqu'à retrouver une armature saine,
- traitement des armatures par brossage afin d'éliminer tout produit de corrosion, ou remplacement des armatures le cas échéant ;
- réfection du béton d'enrobage à l'aide d'un mortier de réparation adapté (classe R4, retrait maîtrisé, résistant aux chlorures et à la carbonatation), si nécessaire en plusieurs couches et en s'assurant d'un enrobage satisfaisant (enrobage minimum de 2,5 cm).

Au droit des gargouilles, la pollution du béton étant plus avancée, la reprise des bétons dégradés ou sonnant le creux sera effectuée sur une épaisseur d'environ 7 cm en encorbellement et sur une épaisseur d'environ 5 cm en âme. La purge devra être soignée et minutieuse au niveau des âmes afin de ne pas endommager la précontrainte de l'ouvrage avec un repérage préalable des câbles.

.

3.2.2 - Traitement des fissures des bossages d'ancrage de précontrainte

Le traitement des fissures de béton des bossages sera réalisé sur les fissures avec une ouverture de 0,4 mm (selon IDP).

Ces travaux se dérouleront suivant la méthodologie suivante :

- préparation du support,
- préparation des injections,
- injection dans les fissures au moyen d'un produit rigide de classe F1 au sens de la norme NF EN 1504-5,
- finitions après injections.

3.3 - Culées

Les travaux de réparation des culées de l'ouvrage portent essentiellement sur la reprise des bétons dégradés notamment des murs garde-grèves. Il sera également réalisé un remplacement des systèmes de récupération et d'évacuation des eaux sous joints de chaussée et un remplacement des chemins de câbles (cf annexe 11). Les perrés seront également réparés et les moyens d'accès traités.

3.3.1 - Reprise des bétons dégradés

Les travaux de reprise des bétons dégradés des culées seront réalisés différemment selon la zone traitée. Deux méthodologies distinctes seront donc utilisées.

Concernant les murs garde-grève, la pollution du béton étant déjà avancée et étendue sur l'ensemble des parements, le traitement du béton sera donc conséquent et réalisé sur l'intégralité des murs. Il se déroulera selon la méthodologie suivante :

- purge du béton par hydrodémolition sur une profondeur d'environ 8 cm (éventuellement adaptable selon la méthode de reconstitution utilisée par l'entreprise en charge des travaux),
- suppression des armatures corrodées,
- si nécessaire, traitement des armatures par sablage ou par brossage afin d'éliminer tout produit de corrosion, ou remplacement des armatures le cas échéant,
- reconstitution des parements par béton XF2 C35/45 avec un enrobage de 5 cm (sur-épaisseur par rapport à l'existant de 2 cm car enrobage actuel insuffisant) y-compris reconstitution de la cunette en pied de murs garde-grève,
- mise en œuvre d'un revêtement de protection de type produit hydrofuge sur l'intégralité des murs garde-grève.

Dans le cadre de ces travaux, une note de calcul pour évaluer la stabilité des murs garde-grève a été réalisée. Le détail est développé en annexe 12. Deux cas de chargement ont été envisagés :

Cas 1 : la dalle de transition est appuyée sur ses deux extrémités ;

Cas 2 : la dalle de transition porte de manière répartie sur toute sa surface.

Les calculs ont été conduits aux ELS et aux ELU

Le résultat met en évidence que le cas le plus défavorable est le cas 1 aux ELU.

La vérification de la stabilité indique que les aciers en place sont tout juste dimensionnés pour supporter les charges auxquelles sont soumis les murs garde-grève.

De ce fait, afin de garantir la stabilité des murs garde-grève pendant les travaux d'hydrodémolition, un phasage est envisagé à ce stade de la manière suivante :

- phase 1 : hydrodémolition et reconstitution sur environ 2/3 des murs garde-grève à partir du sommet
- phase 2 : hydrodémolition et reconstitution sur environ le dernier tiers des murs garde-grève

De plus, lors de la phase 1, des dispositifs de soutien des murs garde-grève seront installés sur la partie supérieure non traitée de part et d'autre du caisson. Ils permettront d'absorber les efforts de poussée subis par les murs. Les dispositifs mis en place seront déterminés par l'entreprise en charge des travaux.

Concernant les autres parements des culées notamment les murets-cache, les sommiers ou les chevêtres, le traitement des bétons dégradés sera un traitement classique. Ils se dérouleront selon la méthodologie suivante :

- purge des bétons dégradés ou sonnant le creux par piquage ou burinage, jusqu'à 20 mm en arrière des armatures afin de garantir leur passivation et leur enrobage dans le mortier de réparation, et jusqu'à retrouver une armature saine,
- traitement des armatures par sablage ou par brossage afin d'éliminer tout produit de corrosion, ou remplacement des armatures le cas échéant ;

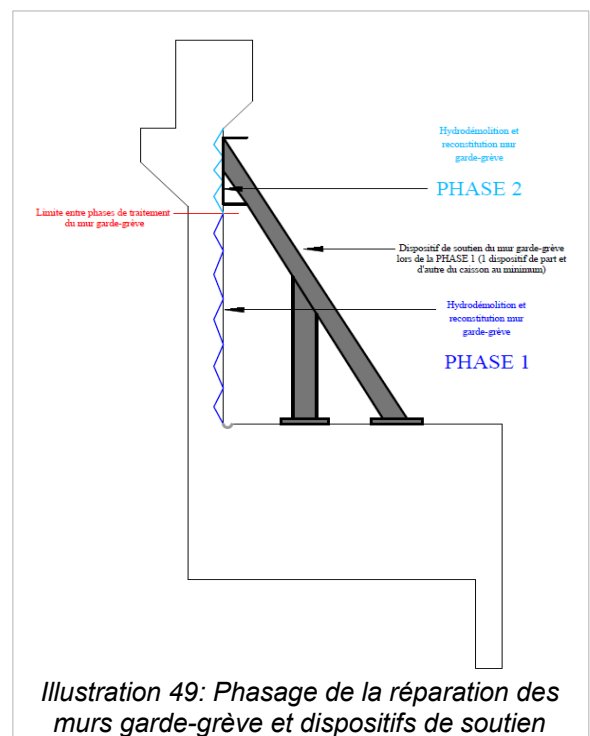


Illustration 49: Phasage de la réparation des murs garde-grève et dispositifs de soutien

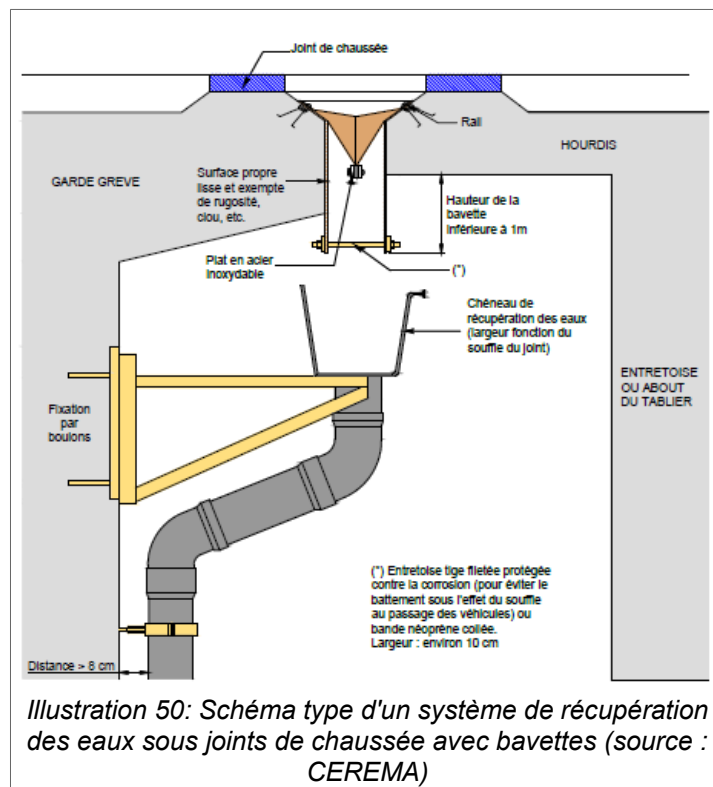
- ragréage des bétons à l'aide d'un mortier de réparation (classe R4, retrait maîtrisé, résistant aux chlorures et à la carbonatation), en s'assurant d'un enrobage satisfaisant (enrobage minimum de 2,5 cm pour les chevêtres) et d'une conservation de la pente arrière des sommiers (enrobage variable sur sommiers dont enrobage minimum de 2,5 cm en point bas).

3.3.2 - Remplacement et amélioration des systèmes de récupération et d'évacuation

L'ensemble des systèmes de récupération et d'évacuation des eaux présents dans les culées sont défectueux et engendrent des désordres sur les culées. Ils seront donc repris.

Les dispositifs existants seront déposés et les trous de fixation rebouchés par un mortier adapté.

Les bavettes ou jupes au droit des joints de chaussée seront remplacés en intégralité (fixation au moment du remplacement des joints). Les nouvelles jupes devront être adaptées au dispositif de récupération. Une goulotte de récupération de minimum 30 cm de large (adaptée au souffle de l'ouvrage) sera installée après la fixation de supports dans le mur grade-grève. Cette goulotte sera mise en place sur tout le long du parement.



Concernant l'évacuation des eaux, une descente PVC de Ø 150 mm sera installée côté TGV le long du mur garde-grève (point bas transversal). Elle traversera ensuite le muret cache après réalisation préalable d'un carottage traversant de Ø 200 mm permettant de diriger les eaux hors de la culée vers les descentes d'eau en tuile des perrés (en pied de mur en retour).

Le système d'évacuation existant de cunette en pied de mur garde-grève sera reconstitué pendant la réparation des murs garde-grève. La cunette de chaque culée sera néanmoins nettoyée par hydrodécapage afin d'éliminer l'ensemble des dépôts et favoriser son efficacité notamment au niveau du passage par les murets caches.

3.3.3 - Remplacement des chemins de câbles

Les chemins de câbles métalliques et les éléments métalliques d'extrémités présents dans les culées sont très dégradés. Ils seront donc remplacés. Leur implantation pourra, si nécessaire, être repensée afin de garantir leur longévité (actuellement sous la goulotte de récupération).

Après une concertation en amont avec les concessionnaires, lors de la dépose des chemins de câbles, les réseaux présents seront, déplacés temporairement puis réinstallés après la mise en place des nouveaux chemins de câbles (fixation sur le mur garde-grève).

3.3.4 - Traitement des appareils d'appui à pot

Les appareils d'appui à pot sur culées présentent des dépôts de matériaux et des traces d'oxydation. Ils seront traités de la manière suivante :

- nettoyage manuel pour élimination des dépôts,
- repérage préalable des zones d'oxydation conjointement entre le maître d'oeuvre et l'entreprise,
- traitement de l'oxydation par dégraissage alcalin puis avec nettoyage par brossage ou par avivage à l'abrasif fin.

3.3.5 - Réparation des perrés

La végétation présente de manière généralisée sur l'ensemble des perrés sera éliminée manuellement et mécaniquement par débroussaillage.

Les travaux réalisés au niveau de la partie « pavé » sont les suivants :

- traitement des éclats de pavés (principalement de part et d'autre des descentes d'eau) et de tuiles par ragréage à l'aide d'un mortier de réparation,
- démolition soignée des zones bombées par moyens mécaniques légers et reconstitution des pavés par ragréage à l'aide d'un mortier de réparation.

Les éclats présents sur les paliers béton en pied de chevêtres seront également réparés par ragréage à l'aide d'un mortier de réparation. Les fissures et/ou fractures (notamment la facture de la liaison entre palier béton et pavé) seront traités de la manière suivante :

- si nécessaire, sciage des fissures et fractures à la disqueuse,
- nettoyage du support,
- fermeture à l'aide d'un mortier de réparation ou d'un mastic adapté.

3.3.6 - Traitement des accès aux culées

Les mains courantes, les lisses, les fixations et les portillons de l'escalier de service ainsi que l'échelle d'accès au niveau de la culée C0 présentent des éclats de peinture et une oxydation importante avec feuilletage. Ces éléments métalliques seront réparés de la manière suivante :

- décapage localisé ou général, de manière manuel ou mécanique de la peinture existante,
- traitement de l'oxydation par dégraissage alcalin puis avec nettoyage par brossage ou par avivage à l'abrasif fin,
- en cas de corrosion perforante, les éléments métalliques devront être complétés par l'ajout de matériau par soudage, ou seront remplacés
- préparation du support,
- remise en peinture de l'ensemble des éléments métalliques avec peinture anticorrosion.

Afin de palier le manque de moyens d'accès de la culée C9, une échelle d'accès sera également installée sur le chevêtre.

3.4 - Piles

Les travaux de réparation des piles de l'ouvrage portent essentiellement sur la reprise des bétons dégradés notamment en pied des piles situées à proximité des gargouilles (cf annexe 13).

3.4.1 - Reprise des bétons dégradés

Les zones de bétons dégradées des piles se situent sur les faces impactées par les projections d'eaux chargées en sels de déverglaçage provenant des gargouilles. La pollution du béton a débuté notamment sur la pile P2 et P6 et est déjà très avancée sur P5 (teneurs en ions chlorures libres moyen élevées jusqu'à plus de 4 cm de profondeur), le traitement du béton sera donc conséquent sur les faces concernées.

Les travaux spécifiques de réparation des faces polluées en partie basse des piles se dérouleront donc selon la méthodologie suivante :

- sur la pile P2 :
 - mise en œuvre d'un revêtement par imprégnation hydrophobe sur certains parements des faces côté MACON et côté TGV concernés par un début de pollution du béton ;
- sur la pile P5 :
 - purge du béton par hydrodémolition sur une profondeur de 8 cm sur les parements des faces côté TGV et côté DIGOIN concernés par une pollution avancée (sur une hauteur d'environ 11 mètres et une surface d'environ 50 m²) ;
 - suppression des armatures corrodées,
 - traitement des armatures par sablage ou par brossage afin d'éliminer tout produit de corrosion, ou remplacement des armatures le cas échéant ;
 - ajout d'aciers permettant de reconstruire les armatures d'origine ,
 - reconstitution des parements en béton coulé C35/45 XF2 avec mise en place de coffrages soignés et structurés et reconstitution des faces avec parements en matrice,
 - mise en œuvre d'un revêtement par imprégnation hydrophobe sur certains parements des faces côté TGV, côté DIGOIN et côté LA ROCHE concernés par un début de pollution du béton ;
- sur la pile P6 :
 - mise en œuvre d'un revêtement par imprégnation hydrophobe sur les parements de la face côté TGV concernés par un début de pollution du béton.

En cas de zones dégradées isolées (éclats, zones sonnantes le creux...), un traitement classique sera réalisé de la manière suivante :

- purge des bétons dégradés ou sonnantes le creux par piquage ou burinage, jusqu'à 20 mm en arrière des armatures afin de garantir leur passivation et leur enrobage dans le mortier de réparation, et jusqu'à retrouver une armature saine,
- traitement des armatures par brossage afin d'éliminer tout produit de corrosion, ou remplacement des armatures le cas échéant ;
- passivation des armatures à l'aide d'un produit adapté (passivation à pondérer dans le cas où les enrobages seraient insuffisants à la protection des aciers sous-jacents) ;
- ragréage des bétons à l'aide d'un mortier de réparation (classe R4, retrait maîtrisé, résistant aux chlorures et à la carbonatation), en s'assurant d'un enrobage satisfaisant (enrobage minimum de 2,5 cm pour les chevêtres) et d'une conservation de la pente arrière des sommiers (enrobage variable sur sommiers dont enrobage minimum de 2,5 cm en point bas).

3.4.2 - Réparation des bossages des appareils d'appui

Les désordres sur les bossages des appareils de type fer apparent ou éclat de béton seront traités par piquage et ragréage à l'aide d'un mortier de réparation (classe R4, retrait maîtrisé, résistant aux chlorures et à la carbonatation).

Des coffrages seront à mettre en place afin de reformer les arrêtes des bossages.

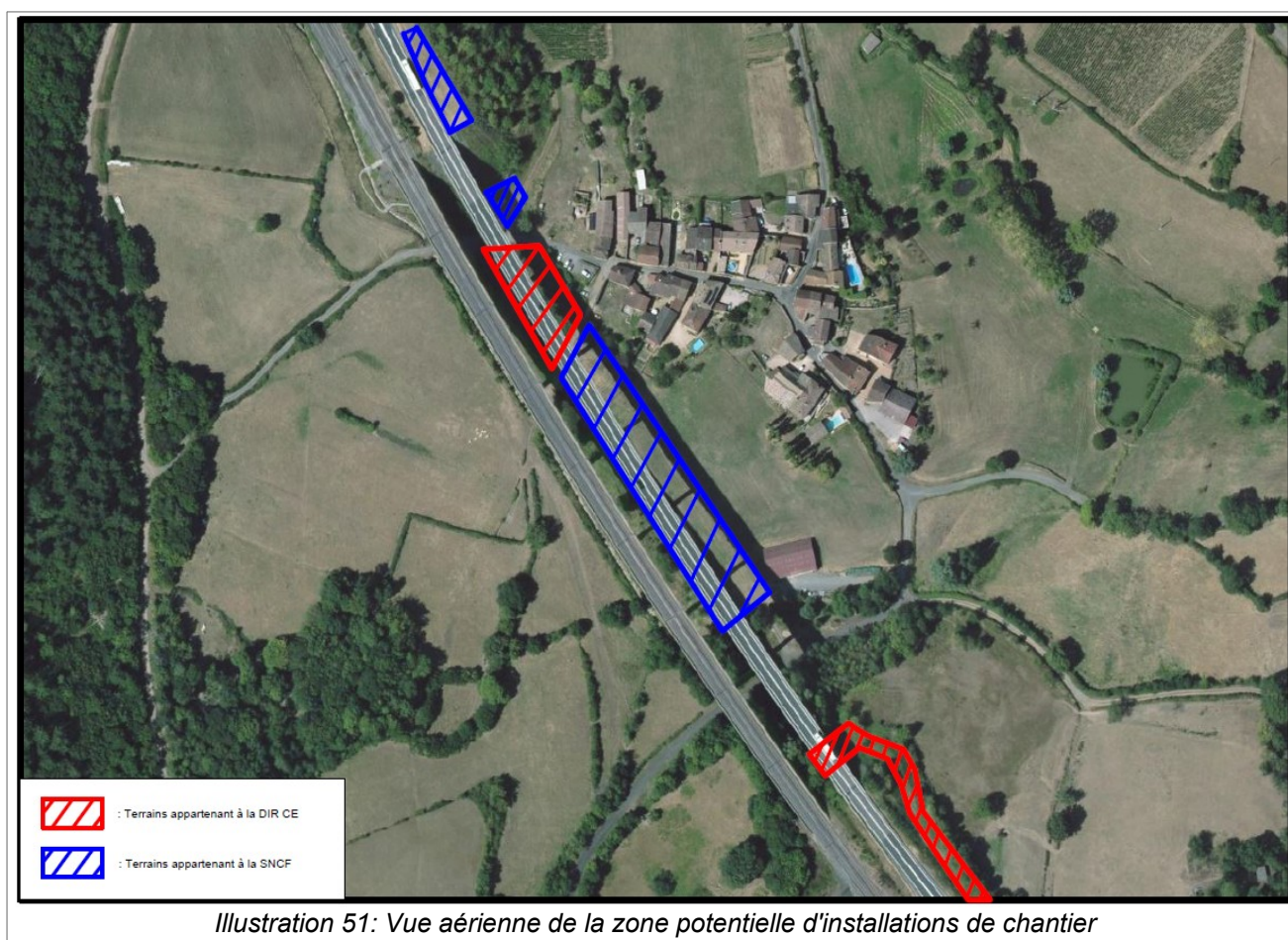
4 - Recensement des contraintes

Ce chapitre a pour objectif de présenter les différentes contraintes que l'entreprise pourra rencontrer lors de la réalisation des travaux.

4.1 - Installations de chantier

Le ou les emplacements précis des installations seront affinés et déterminés avec les différents exploitants lors de la rédaction du DCE de l'opération.

Néanmoins, au stade de l'APROA, il a pu être identifié plusieurs zones d'installations de chantier potentiellement adaptées. Elles sont présentées ci-dessous et se situent en pied de culées, en pied de piles ou en accotement de la RN79 sur des terrains non occupés.



L'accès et/ou l'utilisation pendant les travaux et/ou la mise en place des installations de chantier nécessitent de la part de l'entreprise titulaire, une demande officielle auprès des exploitants en amont des travaux.

Concernant les terrains appartenant à la DIR CE, les autorisations sont à demander au CEI de Charnay les Mâcon, gestionnaire la RN79. Les terrains concernés se situent d'une part en pied de culée C9 et en accotement de la route nationale et d'autre part en pied de pile P2.



Illustration 52: Terrain en pied de culée C9



Illustration 53: Terrain en pied de pile P2

Concernant les terrains appartenant à la SNCF, toutes les autorisations sont à demander au service suivant :

*SNCF Réseau
ZONE DE PRODUCTION SUD-EST
INFRAPOLE LGV SUD EST EUROPEEN
Pôle Planification Programmation
129, rue Servient 69 003 LYON*

Néanmoins, les travaux de réparation envisagés pour le Viaduc de La Roche n'auraient aucun impact sur l'exploitation de l'ouvrage SNCF adjacent.

Les terrains concernés se situent d'une part en pied de culée C0 et en accotement de la route nationale et d'autre part en pied de piles P3, P4, P5 et P6.



Illustration 54: Terrain en pied de culée C0



Illustration 55: Terrain en pied de piles P3 à P6

4.2 - Accès à l'ouvrage

4.2.1 - Accessibilité

De manière globale, la structure du Viaduc de La Roche est accessible par des routes secondaires via la D17 et la D263. De manière plus spécifique, les accès aux appuis de l'ouvrage sont les suivants :

- l'accès à la culée C0 et aux piles P1 et P2 passe par la route communale « La Roche » et le hameau du même nom. Une attention particulière au niveau du gabarit des moyens utilisés sera à prévoir pour cet accès en lien avec les routes étroites au passage des maisons et avec les lignes électriques aériennes ;
- les piles P3 à P7 sont accessible par la route communale « En Moins » puis par un chemin agricole ;
- la culée C9 et la pile P8 sont accessible par un chemin de service présent en accotement du sens 2 de la RN79,
- l'ensemble des têtes de piles, où se situe les appareils d'appui, sont accessibles par l'intermédiaire d'échelles d'accès présentes dans les ouvertures en intérieur du caisson.

L'intérieur du caisson est accessible via la culée C0 et n'est pas fermé malgré la présence de portes aux deux extrémités.

4.2.2 – Moyens d'accès

Aucun moyen d'accès spécifique n'est nécessaire pour les travaux en extrados (hors corniches) et en intérieur du caisson.

Cependant, la réalisation des travaux en extérieur du caisson, sur culées, sur piles et sur une partie des corniches nécessite des moyens d'accès particuliers.

Plusieurs moyens d'accès spécifiques peuvent être envisagés selon les zones de travaux :

Zones de travaux	Moyens d'accès potentiels
Corniches	• Nacelle positive (sauf entre C9 et P7) • Nacelle négative
Caisson (Extérieur)	• Nacelle positive (sauf entre C9 et P7) • Nacelle négative
Culées	• Échafaudage
Piles	• Échafaudage • Nacelle positive

À noter que la mobilisation d'une nacelle positive devra prendre en compte la hauteur importante de l'ouvrage (nacelle à grande portée).

L'utilisation d'une nacelle négative notamment pour les travaux sur les corniches et le caisson sera réalisée depuis la chaussée de la RN79 et devra respecter les contraintes d'exploitation.

De manière générale, il est préférable de favoriser les moyens d'accès sans impact sur la circulation de la RN79. Les moyens d'accès choisis pourront également permettre d'installer tous les dispositifs nécessaires au confinement lié à la protection de l'environnement : filets, bâches, etc.

4.3 - Contraintes d'exploitation

4.3.1 - RN79 : District de Mâcon – CEI de Charnay le Mâcon

La RN79 est une route fréquentée, notamment par les poids-lourds. Elle est donc un axe stratégique pour le transport de marchandises.

L'ouvrage étant situé sur un secteur rural, les axes aux alentours sont des axes secondaires notamment des routes départementales ou communales. La mise en place de déviations par ce réseau secondaire est donc très complexe et limitée.

On a dénombré au niveau de la station de comptage du BOIS CLAIR, un TMJA (trafic moyen journalier annuel) pour les 2 sens cumulés de 17 358 véhicules/jour dont environ 19 % de poids-lourds (source : données de trafic DIR CE de 2021, intranet DIR CE).

Les travaux de l'ouvrage pourront être réalisés dans les conditions suivantes :

- Pour les travaux de signalisation et de balisage :
 - La pose, le ripage et la dépose du balisage lourd type SMV ainsi que l'effacement et la réalisation de la signalisation horizontale provisoire et définitive seront réalisées de nuit, sous coupure totale de l'ouvrage avec mise en place d'une déviation locale et d'informations pour déviation grande maille (via RN70 et RN80).
- Pour les travaux en extrados :
 - Les travaux de reprise des bords libres, d'assainissement hors ouvrage et de traitement des corniches seront réalisés sous coupure d'un sens de circulation permettant de libérer un espace de travail convenable et sécurisé par l'installation de SMV. La voie circulée maintenue sera de 3,50 ml avec des marges de sécurité de part et d'autre (côté DR et côté SMV). Cette coupure sera permanente pendant toute la durée des travaux en extrados et concernera le même sens de circulation (Digoin – Mâcon) pour toutes les phases travaux. Ce balisage lourd et la signalisation associée seront ripés après la fin des travaux du premier bord libre.

Une déviation locale via la RD17 sera mise en place. Pour limiter le trafic sur ces axes secondaires notamment celui des poids-lourds, une déviation grande maille via la RN70 et la RN80 est également envisagée. Elle nécessite néanmoins l'accord de la préfecture et un aspect informatif important auprès des usagers en concertation avec les autres concessionnaires concernés (A6...).

Afin de réduire au maximum les délais d'exécution, il est prévu à ce stade de réaliser les travaux de jour avec une organisation en poste en 2 x 8 heures.

- Les travaux de remplacement de joints de chaussée et de réfection des enrobés seront effectués sous coupure totale de la RN79 avec mise en place d'une déviation locale et d'informations pour déviation grande maille (via RN70 et RN80).
- Les travaux d'opportunité de réfection de la chape d'étanchéité se dérouleront en partie sous la configuration des travaux en bords libres soit sous coupures de sens de circulation avec voie circulée maintenue à 3,50 ml et marges de sécurité.

Néanmoins afin d'assurer la qualité de cette réfection de chape d'étanchéité, certaines phases de travaux seront réalisés sous voie maintenue circulée réduite à 3,20 ml. Cette disposition est prévue à ce stade sur 3 semaines (1,5 par voies). Elle ne pourra pas être mise en place sur les mois de juillet et d'août en lien avec l'augmentation du trafic sur la RN79.

- Pour les travaux en intrados, sur culées et sur piles :
 - Ces zones sont accessibles par le dessous de l'ouvrage et ne nécessitent donc aucune restriction particulière sur l'exploitation de la RN79. Ils pourront donc être réalisés avec une organisation standard soit en journée. Néanmoins, ces travaux seront réalisés à l'aide de moyens d'accès spécifiques pouvant être impactant temporairement pour les routes communales (voir §4.3.2).

En cas d'utilisation de nacelle négative sur la RN79, l'ensemble des travaux associés devront respecter les contraintes d'exploitation.

4.3.2 - Voies franchies

Les routes communales situées sous l'ouvrage ont très peu de trafic. Les contraintes d'exploitation associées sont très certainement souples et légères.

Néanmoins, l'entreprise titulaire devra se rapprocher des communes concernées pour définir les potentialités et les moyens de sécurité à mettre en œuvre.

4.4 - Concessionnaires et réseaux

4.4.1 - Liste des concessionnaires

Les déclarations de projet de travaux, envoyées le 20 septembre 2023 informent de la présence des concessionnaires listés dans le tableau ci-après :

Exploitant	Date d'envoi	Date de retour	Type de réseau	Sensibilité	Observations
CONECT	20/09/23	21/09/23	Lignes électriques et réseaux d'éclairage public	S	Hors ouvrage (à plus de 5 mètres de distance)
ENEDIS DRBOURGOGNE-DT-DICT	20/09/23	20/09/23	Lignes électriques et réseaux d'éclairage public	S	Hors ouvrage Réseau torsadé Basse Tension situé dans le hameau La Roche
SNCF Réseau LGV Sud Est Européen	20/09/23	21/09/23	Installations destinées à la circulation de lignes ferroviaires	S	Hors ouvrage Ouvrage SNCF en parallèle du Viaduc de La Roche à environ 15 mètres
DIR CE	20/09/23	29/09/23	Assainissement + Fibre	NS	Hors ouvrage
IMOPTEL	20/09/23	22/09/23	Télécommunication	NS	Sur ouvrage – Culées via chemins de câbles métalliques et intérieur du caisson
MACONNAIS BEAUJOLAIS AGGLOMERATION	20/09/23	22/09/23	Canalisations souterraines de prélèvement et de distribution d'eau	NS	Hors ouvrage (à plus de 60 mètres de distance)
	20/09/23	20/09/23	Canalisations souterraines d'assainissement	NS	Hors ouvrage Réseau eaux pluviales + Réseau eaux usées avec regards situés dans le hameau La Roche

Exploitant	Date d'envoi	Date de retour	Type de réseau	Sensibilité	Observations
SERVICE DES EAUX – COMMUNE DE SOLOGNY	20/09/23	x	Canalisations souterraines de prélèvement et de distribution d'eau	NS	
SFR	20/09/23	20/09/23	Télécommunication	NS	Sur ouvrage – Culées via chemins de câbles métalliques et intérieur du caisson
SIA VALLEE DU FIL	20/09/23	x	Canalisations souterraines d'assainissement	NS	

A noter, qu'une station météo appartenant à la DIR CE est également concernée. Elle est implantée hors ouvrage côté Moulins, sur l'accotement côté TGV. Ses câbles d'alimentation passe sur l'ouvrage, au niveau de la culée C0 côté TGV via un disjoncteur installé à l'intérieur du caisson (hors chemin de câble).

Un réseau électrique basse tension de la DIR CE, provenant potentiellement du réseau d'éclairage public du hameau La Roche, est aussi présent au niveau de la culée C0 et permet l'éclairage de l'intérieur du caisson.

4.4.2 - Résultats des déclarations de travaux

Certains des réseaux peuvent présenter une gêne particulière pour la réalisation des travaux, c'est notamment le cas pour les réseaux présents dans chaque culée à l'intérieur des chemins de câbles métallique et traversant l'ouvrage par l'intérieur du caisson. Les déclarations de travaux seront relancées lors de la réalisation de la phase DCE afin d'intégrer les résultats dans le dossier de consultation des entreprises.

4.4.3 - Prescriptions à prendre en compte

Pour les réseaux sensibles et non sensibles impactés par les travaux (Gaz, Télécommunication...), l'entreprise titulaire devra contacter les concessionnaires en phase de préparation de chantier afin de les informer de la nature des travaux (impacts directs ou indirects) et d'organiser les mesures de sécurité et de protection associées.

4.5 - Environnement et risques

4.5.1 - Environnement et contraintes

Zonage environnemental :

ATLAS ENVIRONNEMENTAL - District de Mâcon CEI de Charnay-lès-Mâcon

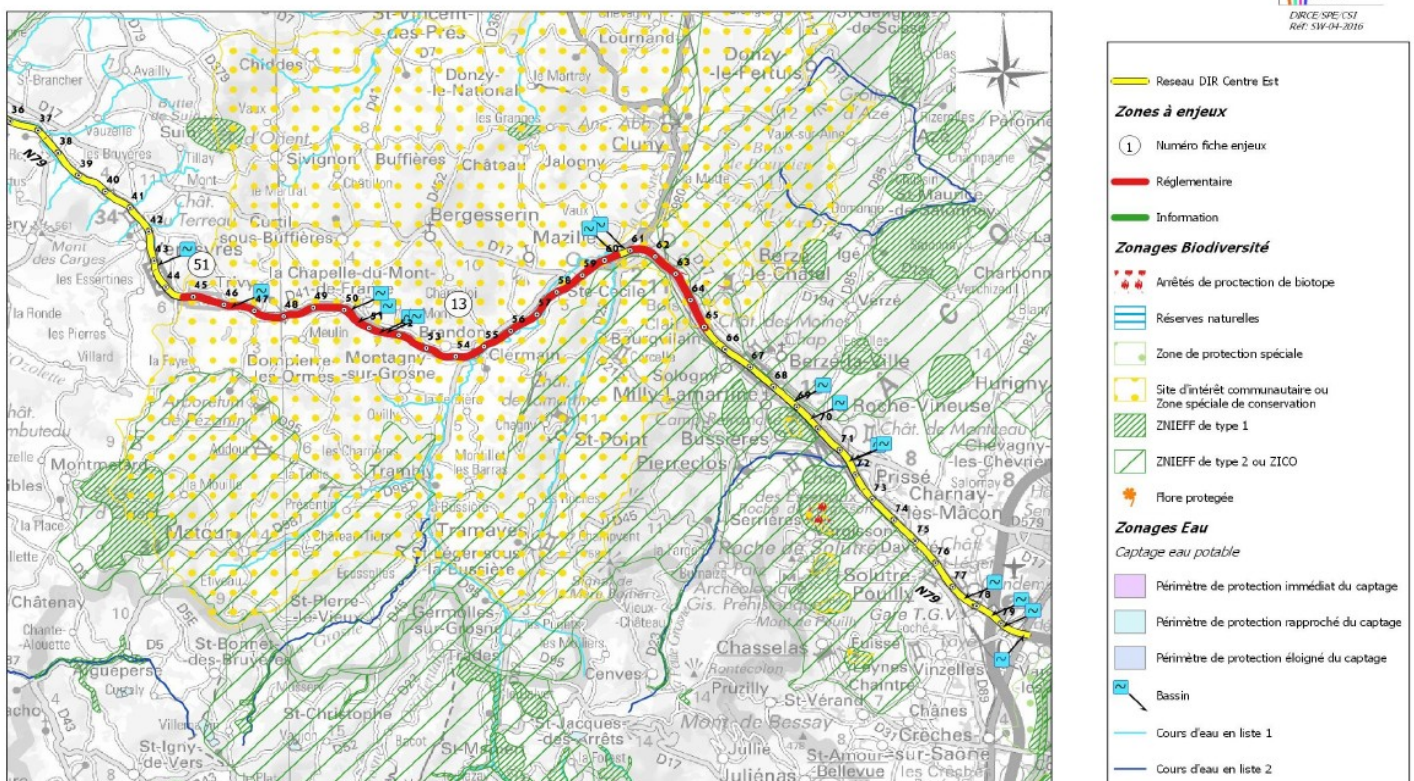


Illustration 56: Extrait de l'Atlas environnementale de la DIR CE (Données 2018)

Selon les données de l'Atlas environnemental de la DIRCE et de Géoportail, l'ouvrage est localisé à l'intérieur ou à proximité direct de périmètres environnementaux.

Le Viaduc de La Roche est situé dans une zone NATURA 2000 de la Directive européenne Habitat – Faune – Flore. Elle correspond au « Bocage, forêts et milieux humides du bassin de la Grosne et du Clunisois ». Cette zone fait donc partie du réseau européen de sites naturels destiné à protéger des habitats remarquables tout en maintenant des activités socio-économiques. L'ouvrage est donc localisé dans une zone réglementaire.

Néanmoins, selon les arrêtés préfectoraux « LL1 71 » et « LL2 71 » régissant les projets soumis à une évaluation des incidences dans le département de la Saône-et-Loire, le projet de réparation du Viaduc de La Roche n'est pas soumis à cette évaluation.

Une concertation auprès de l'OFB ou de la DREAL Bourgogne – Franche-Comté pourra néanmoins être réalisée lors de l'élaboration du DCE Travaux afin d'établir les mesures de protection de l'environnement adéquates.

Il est intégré dans son intégralité dans une ZNIEFF de type 2, le « HAUT CLUNYSOIS ». Une ZNIEFF de type 1, nommée « BOIS ET BOCAGE AUTOUR DU TUNNEL DU BOIS CLAIR A BERZE-LE-CHATEL » est également présente très près de l'ouvrage sur sa limite sud-ouest. Aucune réglementation spécifique n'est en vigueur dans ces zones.

Le Viaduc de la Roche est aussi compris dans une zone spécifique réglementaire de « Mesures compensatoires environnementales ». Néanmoins, cette zone est liée à un projet spécifique de construction d'un lotissement au lieu-dit « Les Près Ballots » à Sologny. Sa réglementation ne s'applique donc pas pour les travaux de réparation du Viaduc de La Roche.

L'ouvrage n'est pas directement situé dans une zone présentant des contraintes liées à l'eau potable.

Cours d'eau :

À ce stade, la police de l'eau n'a pas été concertée pour une éventuelle demande d'autorisation ou déclaration. Les travaux envisagés n'ayant aucun impact direct ou indirect sur un cours d'eau, la réalisation de ce type de demande est très peu probable. Une concertation pourra néanmoins être réalisée lors de l'élaboration du DCE Travaux.

4.5.2 - Déchets

Aucun déchet ne doit être rejeté dans l'environnement. Les moyens d'accès sont donc censés intégrer des protections efficaces de l'environnement immédiat de l'ouvrage. Toute accumulation de déchets est interdite. Les déchets doivent être évacués et mis en décharge.

La mise en décharge, le traitement ou la revalorisation de l'ensemble des produits de démolition et des déchets de chantier devront être conformes à la loi n°92-646 du 13/07/92 et à la loi sur l'eau n°92-3 du 03/01/92.

De manière générale, les éléments déposés ou démolis seront évacués en décharge (béton, gravats, métallerie et boulonnerie diverses...). Leur traitement pour recyclage devra faire partie intégrante des prix remis par l'entreprise.

De plus, lors des opérations d'hydrodécapage ou d'hydrodémolition, un dispositif de protection et de collecte des eaux sera prévu pour recueillir les eaux usées. Leur traitement sera également à la charge de l'entreprise.

À la fin des travaux, les aires de tous les secteurs utilisés doivent être restituées propres et en bon état. Les abords de l'ouvrage seront soigneusement ratissés et débarrassés de tous déchets imputables au chantier.

4.5.3 - Bruit

Des habitations sont situées en contrebas de l'ouvrage, des riverains seront donc à proximité immédiate des travaux.

L'article R. 571-50 du Code de l'environnement (transposé à partir de l'article 8 du décret n° 95-22 du 9 janvier 1995) précise que le maître d'ouvrage devra, préalablement au démarrage du chantier, fournir au préfet de chacun des départements concernés et aux maires des communes sur le territoire desquelles sont prévus les travaux et les installations de chantier, un document récapitulant tous les éléments d'information utiles :

- la nature du chantier,
- la durée prévisible,
- les nuisances sonores attendues,
- les mesures prises pour en limiter les effets. Ces éléments doivent parvenir aux autorités concernées au moins un mois avant le démarrage du chantier.

Toutefois, selon les termes des articles R. 571-44 à R. 571-52 du Code de l'environnement, l'établissement de ce document à l'attention du (ou des) maire(s) et préfet(s) s'applique aux projets nouveaux et à la modification ou transformation significative d'une infrastructure de transport terrestre existante (article R. 571-44). Au sens du décret, ne constituent pas une modification ou une transformation significative, les travaux d'entretien, de renforcement, de réparation ni les aménagements ponctuels ou les carrefours non dénivelés.

Les travaux de réparation du Viaduc de La Roche ne sont donc pas soumis réglementairement à l'obligation de dossier bruit. Il conviendra toutefois de prendre des dispositions afin de limiter le plus possible la gêne occasionnée aux riverains pendant la durée des travaux notamment lors des travaux d'hydrodémolition.

4.5.4 - Amiante, HAP et plomb

Une campagne de recherche d'amiante, de plomb et d'hydrocarbures a été réalisée dans le cadre du diagnostic du béton de l'ouvrage. Les résultats de ces recherches sont donc intégrés au rapport d'investigations joint en annexe de l'APROA.

La recherche d'hydrocarbures HAP dans les différentes couches d'enrobés a révélé des taux conformes à la réglementation. Leur traitement sera réalisé soit par valorisation à chaud ou à froid soit par élimination type ISDI classe 3.

A noter également que la recherche d'hydrocarbures HCT dans les différentes couches d'enrobés a révélé des teneurs comprises entre 500 et 2 000 mg/kg correspondant à une « Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) » pour les deux couches d'enrobés d'un prélèvement. Les résultats de ce prélèvement, situé sur ouvrage à proximité du joint de chaussée côté Mâcon, devront être pris en compte dans le traitement des déchets des travaux.

La campagne de recherche d'amiante à porter sur les différents éléments béton l'ouvrage mais également sur les enrobés ou autres matériaux potentiellement concernés (mastic, peintures...). Après prélèvement et analyse, il n'a pas été observé une présence d'amiante.

La recherche de plomb à porter sur la peinture anticorrosion des équipements d'accès (mains courantes de l'escalier de service et échelle d'accès) et des portes de caisson. Après prélèvement et analyse, il n'a pas été observé une présence de plomb.

Aucune mesure particulière n'est donc à prévoir pour la protection du personnel et de l'environnement contre ses matériaux dangereux.

4.5.5 - Contraintes climatiques

Selon la norme FD P18-326 d'août 2016, la commune de Saint-Florentin est classée en gel faible ou modéré. La RN79 est classée H2 au sens de la viabilité hivernale, le salage est donc très fréquent.

4.5.6 - Contexte sismique

La commune est classée en zone de sismicité 2 soit sismicité faible. Il n'est pas prévu d'intervention concernant ce risque.

5 - Point administratif

5.1 - Procédure

Étant donné l'estimation des travaux, le marché sera passé selon une procédure adaptée (avec négociation), conformément à la directive de commande publique de la DIRCE.

5.2 - Variante

Les variantes ne seront pas autorisées.

5.3 - Maîtrise d'œuvre

Compte-tenu de l'organisation du chantier en poste en 2 x 8 heures sur une période de travaux conséquente de 4 ou 6 mois et de la distance du chantier (environ 1h15), il est envisagé d'externaliser la maîtrise d'œuvre (rédaction DCE, suivi des travaux...).

5.4 - Signalisation de chantier

Le chantier se déroulera avec restriction de circulation de longue durée. Pour les travaux sur l'extrados de l'ouvrage, la reprise des bords libres sera réalisée sous coupure continue (jour et nuit) d'un sens de circulation de la RN79 avec maintien de la circulation dans le sens Mâcon - Digoin. Le remplacement des joints de chaussée, la réfection partielle totale des enrobés et de l'étanchéité seront eux effectués sous coupure totale de la RN77.

Des travaux de balisage et de signalisation horizontale seront effectués également sous coupure totale de l'ouvrage, en début et en fin de travaux en extrados ou lors des ripages. Ces coupures totales seront mises en place et gérées par l'exploitant ou par l'entreprise titulaire. La coupure de sens de circulation sera permanente pendant toute la durée du chantier et sera réalisée par l'exploitant.

Une signalisation verticale et d'approche particulière voir des panneaux d'informations seront également à mettre en place sur la RN79 et sur les voies franchies pour prévenir les usagers des travaux. Des messages d'information seront affichés sur les PMV de la DIR CE à proximité du chantier voir sur les PMV des autres concessionnaires des grands axes associés à la RN79 soit sur l'A6, l'A40, la RN70 et la RN80.

Un dossier d'exploitation sous chantier sera produit en phase DCE puis finalisé en période de préparation. Le chantier sera signalé par des panneaux d'information sur la voie portée.

6 - Planning prévisionnel

6.1 - Travaux de réparation hors opportunité

Le planning détaillé est fourni en annexe 14 du présent APROA. Afin de réduire et d'optimiser le temps des travaux et les restrictions de circulation sur la RN79 et les itinéraires de déviation locaux (RD17), le chantier se déroulera avec une organisation en 2 x 8 heures.

La durée du marché de travaux sera d'environ 7 mois dont 3 mois de préparation et 4 mois de travaux.

Les restrictions de circulation envisagées sur la RN79 pour les travaux de réparation hors opportunité sont les suivantes :

- **2 coupures totales de l'ouvrage de nuit** dont 1 pour les travaux préparatoires en début de chantier (balisage lourd et signalisation) et 1 pour le ripage des travaux en cours de chantier ;
- **15 semaines de coupure sens** avec sens de circulation Mâcon – Digoin maintenu **sur voie de 3,50 mètres** avec marges de part et d'autres (7,5 semaines par demi-ouvrage) ;
- **2 coupures totales continues de l'ouvrage, jour et nuit**, en fin de chantier pour les travaux de réfection partielle d'enrobé, de remplacement de joints de chaussée et de remise en état de la chaussée.

Le phasage des travaux hors opportunité et des restrictions de circulation associées est fourni en annexe 6 du présent APROA.

6.2 - Travaux de réparation avec opportunité

Le planning détaillé avec l'opportunité de la réfection de l'étanchéité est fourni en annexe 15 du présent APROA.

La durée du marché de travaux avec cette opportunité sera d'environ 9 mois dont 3 mois de préparation et 6 mois de travaux.

Les restrictions de circulation envisagées sur la RN79 pour les travaux de réparation avec opportunité sont les suivantes :

- **4 coupures totales de l'ouvrage de nuit** dont 1 pour les travaux préparatoires en début de chantier (balisage lourd et signalisation) et 3 pour les ripages des travaux en cours de chantier ;
- **18 semaines de coupure sens** avec sens de circulation Mâcon – Digoin maintenu **sur voie standard de 3,50 mètres** avec marges de part et d'autres (9 semaines par demi-ouvrage) ;
- **3 semaines de coupure de sens** avec sens de circulation Mâcon – Digoin maintenu **sur voie réduite à 3,20 mètres** (1,5 semaines par demi-ouvrage) ;
- **1 semaine de coupure totale continue de l'ouvrage de 5 jours et 4 nuits** en fin de chantier pour les travaux de réfection totale d'enrobé, de remplacement de joints de chaussée et de remise en état de la chaussée.

Le phasage des travaux avec opportunité et des restrictions de circulation associées est fourni en annexe 8 du présent APROA.

7 - Estimation

7.1 - Travaux

Conformément à l'instruction technique relative aux modalités d'élaboration des opérations d'investissement et de gestion sur le réseau routier national, l'estimation est assortie d'une marge de tolérance de 15 %. Il n'est donc pas fait application du guide maîtrise des coûts de la DIR-CE.

L'estimation fournie en annexe 16 au présent mémoire technique concerne les travaux de réparation hors réfection de l'étanchéité.

L'estimation fournie en annexe 17 au présent mémoire technique concerne les travaux de réparation avec réfection de l'étanchéité.

Elles sont basées sur des retours d'expériences de marchés de réparation comparables et relatifs à des chantiers suivis par le Pôle Ouvrages d'Art, en particulier :

- RN87 – Pont sur Isère (année 2022)
- A72-RN88 – PI Rue Destre et PI Croix de l'Orme (année 2022)
- A47 – PI de Trèves Amont et Aval (année 2024)
- A7 – Pont de Pierre-Bénite (année 2024)

Le récapitulatif de l'estimation des travaux de réparation hors opportunité de réfection de l'étanchéité (annexe 16) est le suivant :

Libellés	Montant
Travaux (HT)	2 118 425,00 €
Marge de 15 %	317 763,75 €
Total (HT)	2 436 188,75 €
Total (TTC)	2 923 426,50 €

Le récapitulatif de l'estimation des travaux de réparation avec opportunité de réfection de l'étanchéité (annexe 17) est le suivant :

Libellés	Montant
Travaux avec opportunité (HT)	2 514 696,50 €
Marge de 15 %	377 204,48 €
Total avec opportunité (HT)	2 891 900,98 €
Total avec opportunité (TTC)	3 470 281,17 €

Ces estimations incluent les coûts d'une signalisation de chantier.

7.2 - Coûts annexes

Libellés	Montant
Diagnostic béton, enrobé et étanchéité	28 228,00 €
Coordination SPS	10 000,00 €
Assistance Maîtrise d'œuvre (Appropriation PRO, ACT, VISA, DET, AOR)	350 000,00 €
Communication	10 000,00 €
Montant (HT)	398 228,00 €
Montant (TTC)	477 873,60 €

7.3 - Montant total de l'opération (TTC)

Libellés	Montant
Montant total de l'opération (TTC)	3 401 300,10 €
Montant total de l'opération avec option opportunité (TTC)	3 948 154,77 €

8 - Annexes

Annexe 1 : Surveillance

- Inspection détaillée périodique de 2008 – CETE de Lyon
- Inspection détaillée périodique de 2015 – CEREMA Centre-Est
- Inspection détaillée périodique de 2021 – CEREMA Centre-Est
- Diagnostic corrosion des armatures internes au béton armé de 2022 – CEREMA Centre-Est
- Diagnostic béton, enrobé et étanchéité de 2024 – SIXENSE ENGINEERING

Annexe 2 : Dossier de plans – Archives

- 001 – Plan d'ensemble – Implantation
- 101 – Coffrage des piles
- 102 – Coffrage des têtes de piles
- 103 – Haubanage des têtes de piles
- 104 – Coffrage de la culée C0
- 105 – Coffrage de la culée C9
- 106 – Coffrage et ferrailage des appuis
- 201 – Coffrage du tablier – Tronçons sur piles
- 202 – Coffrage du tablier – Tronçons en travée
- 203 – Coffrage du tablier – Tronçon 1
- 205 – Coffrage du tablier – Tronçon 17 – Planche 1
- 206 – Coffrage du tablier – Tronçon 17 – Planche 2
- 351 – Ferrailage des fûts de piles – Recouvrement des barres verticales
- 352 – Ferrailage des fûts de piles
- 353 – Ferrailage des chevêtres C0 et C9
- 354 – Ferrailage des têtes de piles
- 355 – Ferrailage des fûts de piles – Coupes complémentaires
- 356 – Coffrage et ferrailage de la voile frontale des chevêtres C0 et C9
- 401 – Ferrailage du hourdis inférieur et des âmes – Tronçon 1 – Planche 1
- 402 – Ferrailage du hourdis inférieur et des âmes – Tronçon 1 – Planche 2
- 403 – Ferrailage du hourdis supérieur – Tronçon 1
- 404 – Ferrailage du hourdis inférieur et des âmes – Tronçon 2 (*sur pile*)
- 405 – Ferrailage du hourdis supérieur – Tronçon 2 (*sur pile*)
- 406 – Ferrailage du hourdis inférieur et des âmes – Tronçon 3 (*sur travée*)
- 407 – Ferrailage du hourdis supérieur – Tronçon 3 (*sur travée*)
- 434 – Ferrailage du hourdis inférieur – Tronçon 17
- 435 – Ferrailage du hourdis supérieur – Tronçon 17
- 436 – Ferrailage des murs garde-grèves, murs en retours C0 et C9 et des dalles de transition
- 601 – Cablage – Plan d'ensemble schématique
- 701 – Plan d'ensemble des superstructures – Corniches préfabriquées - Barrières normales
- 751 – Ferrailage des corniches préfabriquées

Annexe 3 : Calcul de l'indice de danger de l'ouvrage

Annexe 4 : Plan de principe de l'existant – Extradados de l'ouvrage

Annexe 5 : Plan de principe du projet – Extradados de l'ouvrage

Annexe 6 : Phasage de travaux et Exploitation – Travaux Extradados

Annexe 7 : Plan de principe du projet – Extradados de l'ouvrage avec opportunité travaux

Annexe 8 : Phasage de travaux et Exploitation – Travaux Extradados avec opportunité travaux

Annexe 9 : Calcul du souffle de l'ouvrage

Annexe 10 : Plan de principe du projet – Caisson

Annexe 11 : Plan de principe du projet – Culées

Annexe 12 : Note de calcul de stabilité relative aux travaux sur culées

Annexe 13 : Plan de principe du projet – Piles

Annexe 14 : Planning prévisionnel des travaux

Annexe 15 : Planning prévisionnel des travaux avec opportunité travaux

Annexe 16 : Estimation des travaux

Annexe 17 : Estimation des travaux avec opportunité travaux

Annexe 18 : Avant-métré des travaux (sans et avec opportunité travaux)