

Pathologies des Ouvrages d'Art



Projet : le Viaduc Pasteur de Lyon

SOMMAIRE

I Généralités	3
I.1 Présentation du problème	3
I.2 Caractéristiques techniques et dimensionnelles de l'ouvrage.....	4
I.3 Equipements de l'ouvrage.....	6
I.4 Repérage	6
I.5 Conditions de la visite de l'ouvrage	7
II Les désordres	7
II.1 Relevés des désordres de l'ouvrage	7
II.1.1 Equipements visibles depuis le dessous	7
II.1.2 Piles (y compris appareils d'appui)	9
II.1.3 Culées (y compris appareils d'appui).....	10
II.1.4 Tabliers de l'ouvrage (travées 5 et 6).....	12
II.2 Synthèse et causes des désordres	16
II.2.1 Equipements.....	16
II.2.2 Piles	17
II.2.3 Culées	17
II.2.4 Intrados des demis tabliers.....	17
II.3 Conclusions.....	17
III.3.1 Sur l'état général de l'ouvrage.....	17
III.3.2 Sur la gestion de l'ouvrage	18
III.3.3 Sur les investigations nécessaires.....	18
III Les interventions sur l'ouvrage	18
III.1 Travaux d'entretien ou de réparation déjà réalisés	18
III.2 Travaux à prévoir dans le cadre de « l'entretien courant »	19
III.3 Travaux à prévoir dans le cadre de « l'entretien spécialisé »	19
III.4 Travaux de réparation.....	20

I Généralités

I.1 Présentation du problème

Notre projet de pathologie des constructions porte sur le viaduc Pasteur de Lyon, situé au Sud de la presqu'île de Confluence (Figure n° 1). Celui-ci porte l'autoroute A7, aussi appelée « autoroute du Soleil », d'une longueur de 372 km, reliant le centre de Lyon à Marseille. L'ouvrage, âgé de 48 ans, supporte un trafic moyen de 120 000 véh/j la semaine et de 90 000 véh/j le weekend¹.

Fiche d'identité de l'ouvrage

<u>Nom de l'ouvrage :</u>	Viaduc Pasteur
<u>Numéro d'identification :</u>	A07 PB 020
<u>Commune :</u>	Lyon
<u>Voie portée :</u>	A7
<u>Voies franchie :</u>	2 voies du Cours Charlemagne/Pont Pasteur 2 voies transversales de Quai Perrache
<u>Année de mise en service :</u>	1966

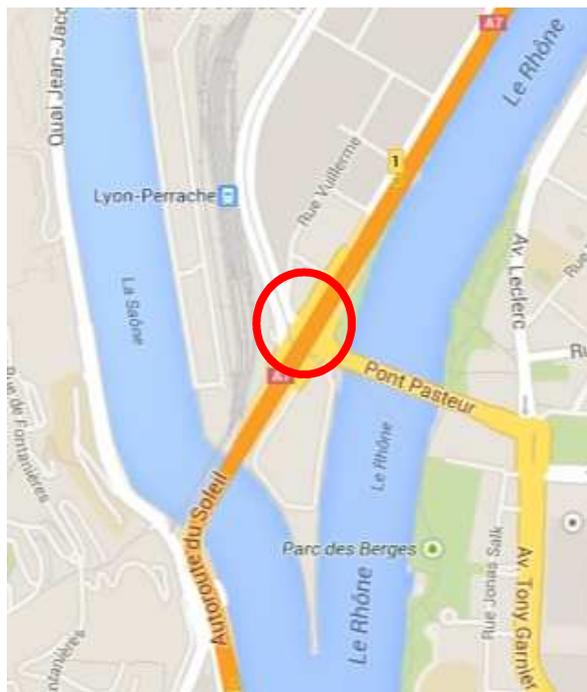


Figure n° 1 : plan de situation

¹ Chiffres de 2013 (source : rhone-alpes.france3.fr)

I.2 Caractéristiques techniques et dimensionnelles de l'ouvrage

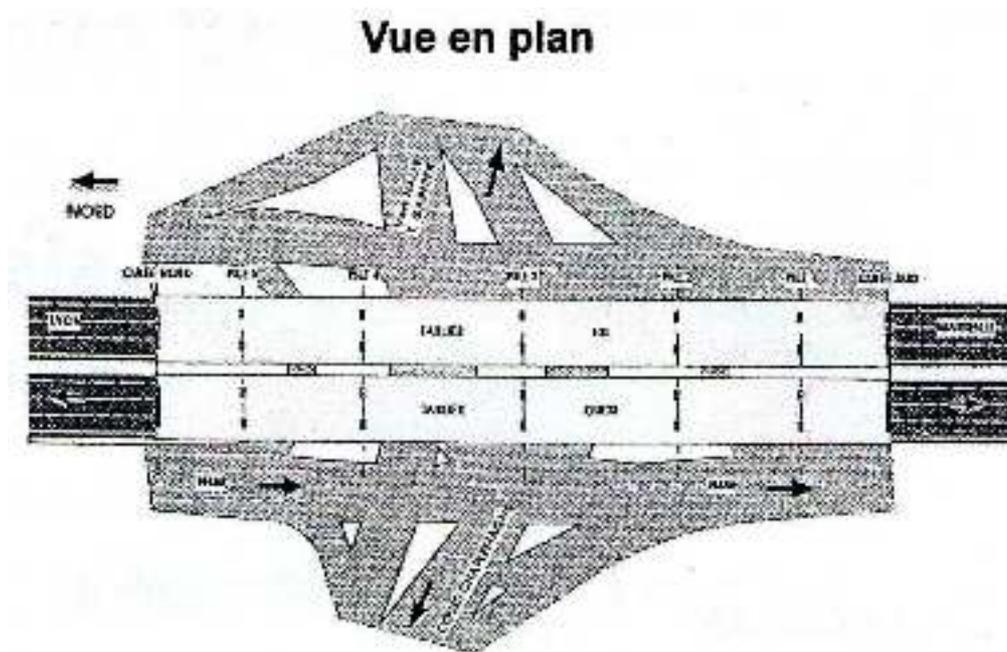


Figure n°2 : vue en plan

Le viaduc PASTEUR est constitué de 2 tabliers indépendants et parallèles ;
La longueur de chaque tablier entre axe d'appuis extrêmes est de **177 mètres** ;
La structure de chaque tablier est constituée de 2 caissons en béton précontraint longitudinalement et d'une dalle en béton précontrainte transversalement (Figure n° 3) ;

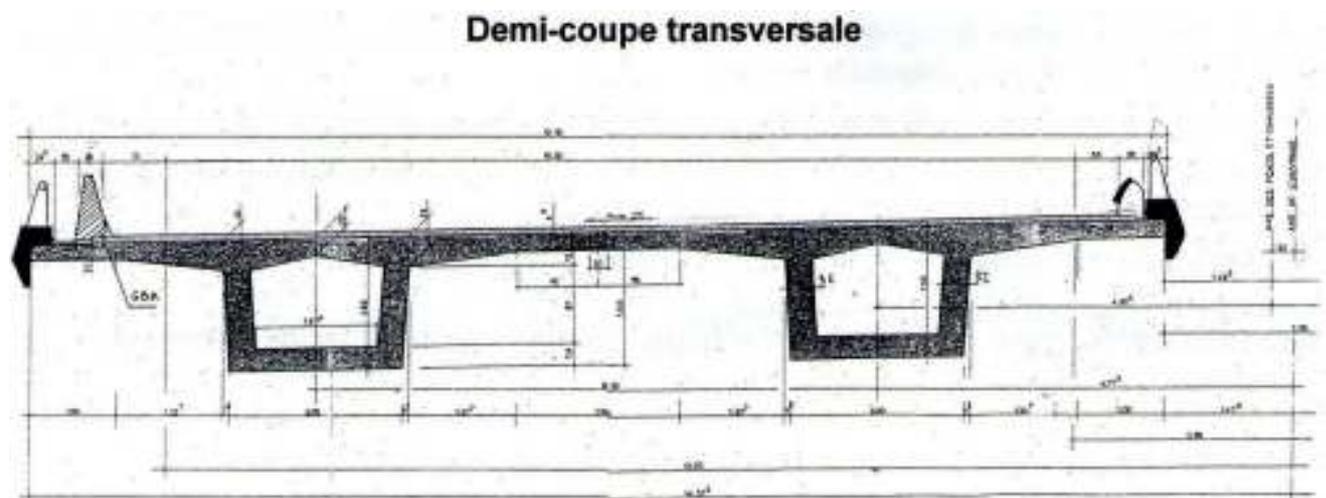


Figure n° 3 : coupe transversale du tablier

Chaque tablier est constitué de **6 travées**. Les travées de rives font **21 mètres**, les 2 travées centrales **37,5 mètres** et les 2 travées intermédiaires **30 mètres**. Les culées sont communes aux 2 tabliers (Figure n° 4) ;

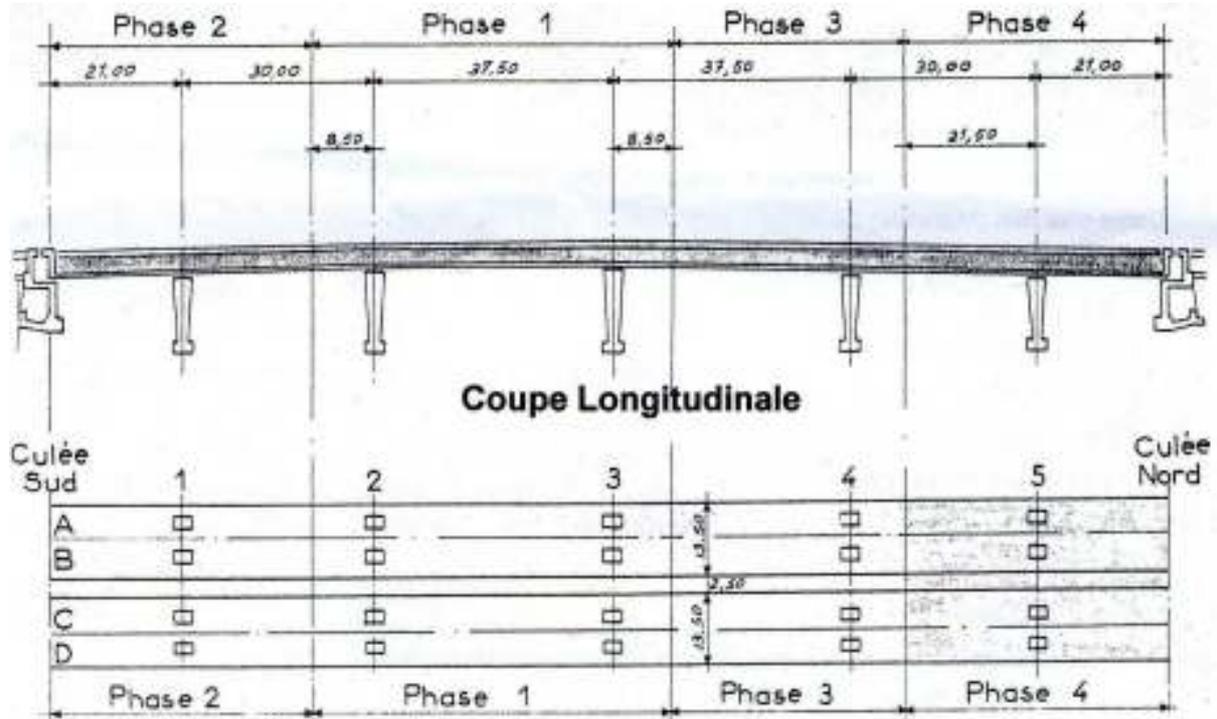


Figure n° 4 : coupe longitudinale

Chaque tablier prend appui sur les culées par l'intermédiaire d'appareils d'appuis néoprène frettés.

Les piles sont encastrées dans les caissons des tabliers ; les piles prennent appui au niveau du T.N. sur des massifs en béton armé par l'intermédiaire d'appareils d'appui en néoprène fretté (un appareil d'appui par fût de pile).

Les piles et les culées sont fondées par l'intermédiaire de pieux en béton moulés dans le sol :

- 1 pieu D = 12 cm par fût de pile coiffé d'un massif béton armé ;
- 13 pieux D = 70 cm par culée supportant les 2 tabliers.

Une longrine transversale en béton armé liaisonne les massifs en béton de chaque ligne de piles de chaque tablier.

Au niveau des culées, les efforts horizontaux sont repris par un ancrage constitué d'une bêche liaisonnée à la culée par 2 tirants précontraints.

Chaque tablier présente une largeur de dalle de 13,10 mètres. Chaque dalle présente un dévers unique d'une pente de 2 % dirigée vers l'Est pour le tablier Est et vers l'Ouest pour le tablier Ouest.

Chaque tablier de l'ouvrage a été réalisé en 4 phases de bétonnage (Figure n° 4) :

- Phase 1 : travée n° 3 entre les lignes 3^{ème} et 1^{ère} ligne d'appuis (37,50 ml) et 8,50 mètres en console au-delà de chaque ligne d'appui (travées n° 2 et n° 4) ;
- Phase 2 : la travée n° 1 (21,00 ml) et la partie manquante de la travée n° 2 (21,50 ml) ;
- Phase 3 : la partie manquante de la travée n° 4 (29,00 ml) et 8,50 mètres en console au-delà de la 5^{ème} ligne d'appui (travée n° 5) ;

- Phase 4 : la partie manquante de la travée n° 5 (21,50 ml) et la totalité de la travée n° 6.

I.3 Equipements de l'ouvrage

Les équipements de l'ouvrage répertoriés ne sont que ceux visible depuis le dessous, l'accès au tablier étant interdit pour des raisons de sécurité.

- Les corniches. Elles sont en béton posées sur le bord de chaque tablier. Elles ont aussi pour fonction de gérer l'écoulement de l'eau de chaussée.
- Les glissières. Sur l'extérieur de l'ouvrage elles sont en béton. Entre chaque tabliers, ce sont des gardes corps métalliques ainsi que quelques glissière en forme de barrières.
- Les réseaux. On observe la présence de tuyau en plastique contenant des câbles le long des corniches, mais dont la fonction n'a pas été identifiée. Un système de câble pour le tram passant sous l'ouvrage a aussi été installé.

I.4 Repérage

Les différents éléments de structures constituant l'ouvrage sont repérés suivant le canevas ci-dessous et le plan n° 5 ci-après.

Les deux tabliers de l'ouvrage sont notés :

- Tablier Est (sens de circulation Sud-Nord : Marseille-Paris) ;
- Tablier Ouest (sens de circulation Nord-Sud : Paris-Marseille).

Les lignes d'appuis sont numérotées depuis le Sud :

- Culée côté Sud (Marseille) C0
- Ligne d'appui P1, la plus près de C0 ;
- Ligne d'appui P2 ;
- Ligne d'appui P3 ;
- Ligne d'appui P4 ;
- Ligne d'appui P5 ;
- Culée côté Nord (Paris) C6.

Les piles et leur appareil d'appui sont numérotés par ligne d'appui par une lettre depuis l'Ouest de A à D.

- Lettres A et B tablier Ouest ;
- Lettres C à D tablier Est.

Les appareils d'appuis des culées sont numérotés par une lettre depuis l'Ouest de A à H.

- Lettre A à D tablier Ouest ;
- Lettre E à H tablier Est.

Les travées sont numérotées par un numéro : du Sud vers le Nord, de 1 à 6, travée n° 1 entre la culée C0 et les piles P1.

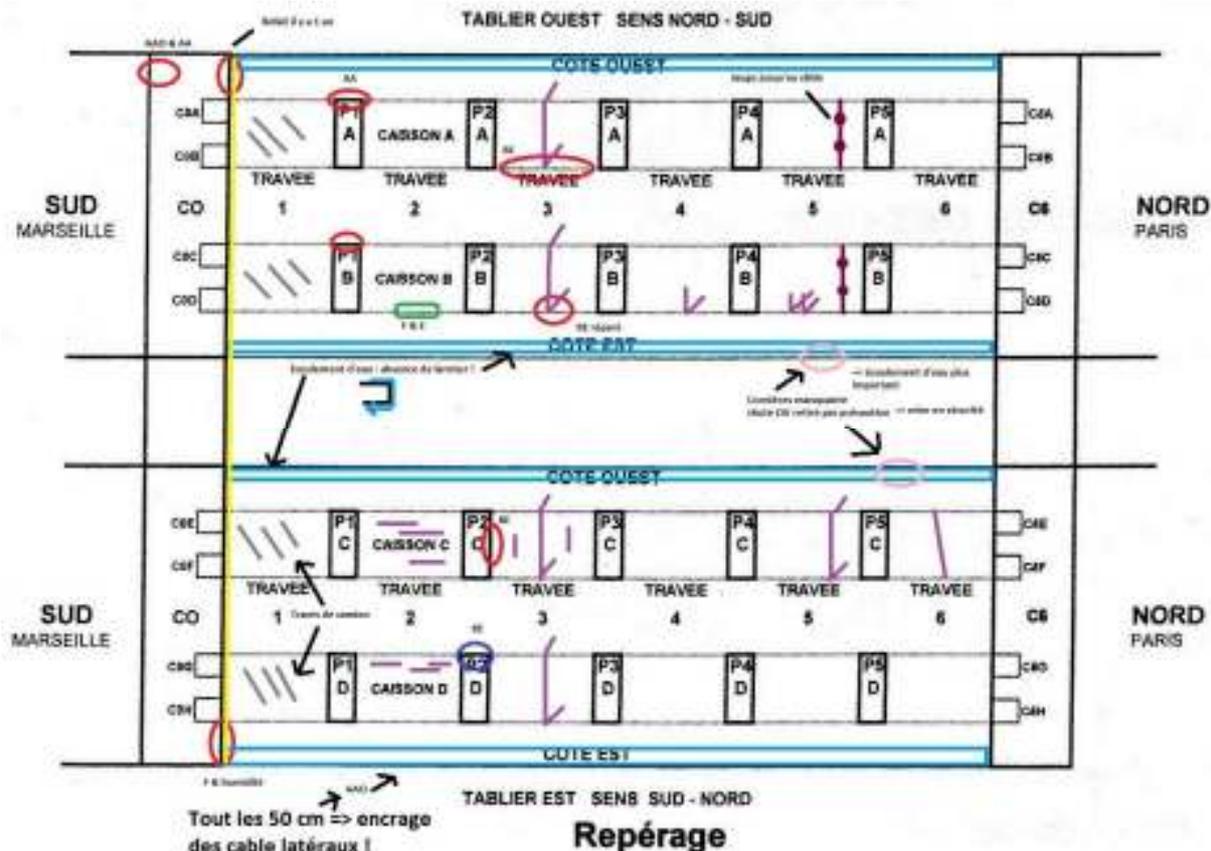


Figure n° 5 : repérage des différentes parties de l'ouvrage

I.5 Conditions de la visite de l'ouvrage

La visite du pont Pasteur a été effectuée dans l'après-midi du mercredi 19 avril, sous un temps ensoleillé. Nous avons été accompagnés et guidés par Jean-Michel Lacombe, responsable du cours de Pathologies des Ouvrages d'Art à l'ENPE.

Nous avons disposé de fissuromètres, mais nous n'avons pas eu d'accès nous permettant de les utiliser. Par ailleurs, nous avons eu un bon nombre de renseignement de la part de notre accompagnateur afin de mieux comprendre les pathologies de l'ouvrage.

II Les désordres

II.1 Relevés des désordres de l'ouvrage

Dans cette partie nous décrivons les désordres observés depuis le dessous de l'ouvrage, photo à l'appui.

II.1.1 Equipements visibles depuis le dessous

- **Corniches**

Les corniches sont globalement dans un mauvais état. Conçues en béton armé, on observe sur plusieurs endroits le béton éclaté et des armatures d'aciers apparentes. Ces aciers à l'air

libre sont sans surprise corrodées. Nous avons aussi noté que certains éléments de corniches sont manquants.

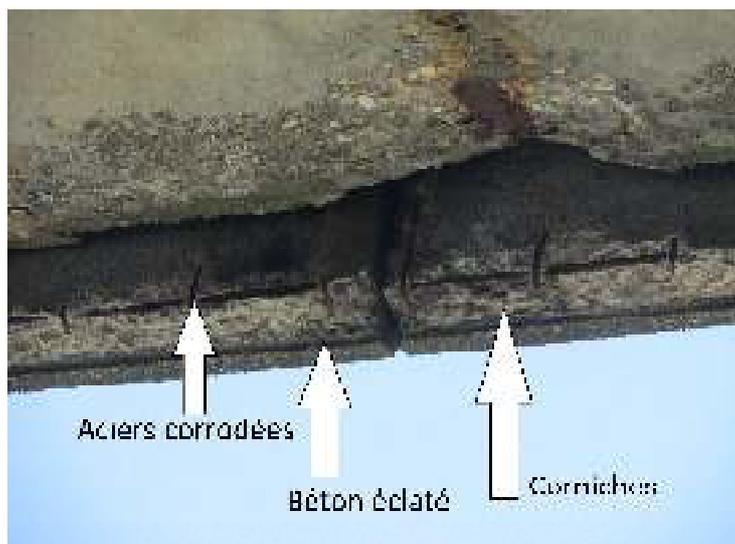


Photo n° 1 : Désordres constatés sur les corniches



Photo n° 2 : Élément de corniche manquant

- **Garde-corps sur les corniches**

Les gardes corps placés sur les corniches sont en acier. On observe des dégâts sur certaines d'entre elle (cf photo n2). Elles restent malgré cela plutôt en bonne état.



Photo n° 3 : Garde-corps métalliques

- **Dispositif de retenue (barrière de sécurité)**
Leur observation est délicate car dissimulées par les corniches. Seule une visite sur le tablier aurait pu permettre une observation correcte de ces équipements.
- **Assainissement**
Un réseau de caniveau pour évacuer l'eau sont installé sur les coté extérieurs de chaque tablier. Comme pour l'Equipment précédent, nous n'avons pas du correctement observer ce dispositif sans monter sur le tablier.
- **Réseaux**
Ce point a été vu dans la partie précédente. Des réseaux aux fonctions inconnues sont présents. Nous avons noté tout de même que leur gaine de protection est en mauvais état. (photo 2 & 3)

II.1.2 Piles (y compris appareils d'appui)

- **Ligne d'appui P1**
On observe sur la pile P1 une dégradation du béton dans le coin de la pile dut probablement à un choc de véhicule. Nous avons aussi pu noter que certaines piles avaient subis des réparations pour ce type de dégât.



Photo n° 4: Dégât sur le béton des piles

- **Ligne d'appui P5**

On constate que le béton constituant le pied de pile est en mauvais état. Le béton est dégradé et l'on observe une partie des aciers, dont des profilés I, qui sont apparents et corrodés.



Photo n° 5: Pas de la pile 5 dégradée

II.1.3 Culées (y compris appareils d'appui)

- **Culée Sud C6**

La culée sud a subi une réparation assez lourde. De nouvelles parois en béton ont été réalisées récemment. Les réseaux qui devaient être installés sur les anciennes culées ont été remplacés par des neuf également.



Photo n° 6: Parois en béton de la culée Sud réparée

Malgré cette réparation des parois les corniches fixées à la culée sont toujours dans un très mauvais état.



Photo n° 7: Les corniches dégradées sur la Culée Sud



Photo n° 8: Les corniches dégradées sur la Culée Nord

- **Rampe d'accès culée Nord**
Nous ne sommes pas allés observer la rampe d'accès pour des raisons de sécurité.

II.1.4 Tabliers de l'ouvrage (travées 5 et 6)

- **Tablier Est et ouest proche des culées**
Près des culées, et donc au niveau le plus proche du sol, on observe de nombreuses dégradations qui sont des éraflures et des chocs de béton causés par des camions et camionnettes ayant stationnés sous l'ouvrage.

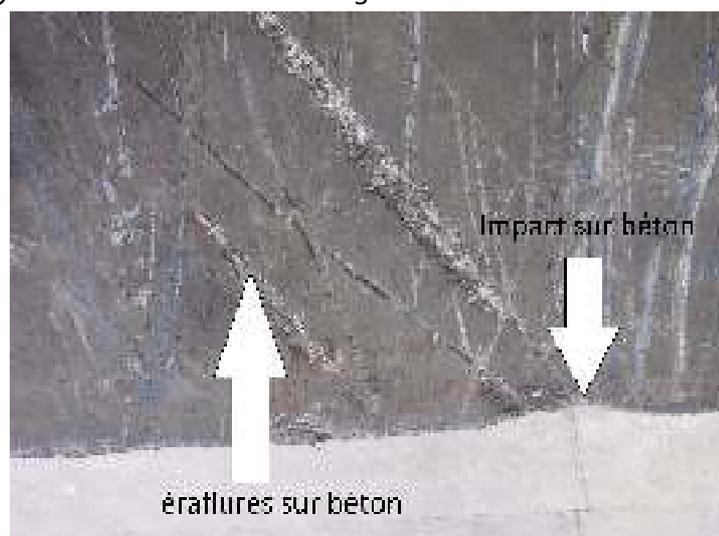


Photo n° 9: Les corniches dégradées sur la Culée Sud

- **Tablier Est et ouest**

Des fissures sont notables un peu partout sur les tabliers. Ces fissures ont été marquées à la craie blanche ainsi que leur évolution, à la craie rouge.

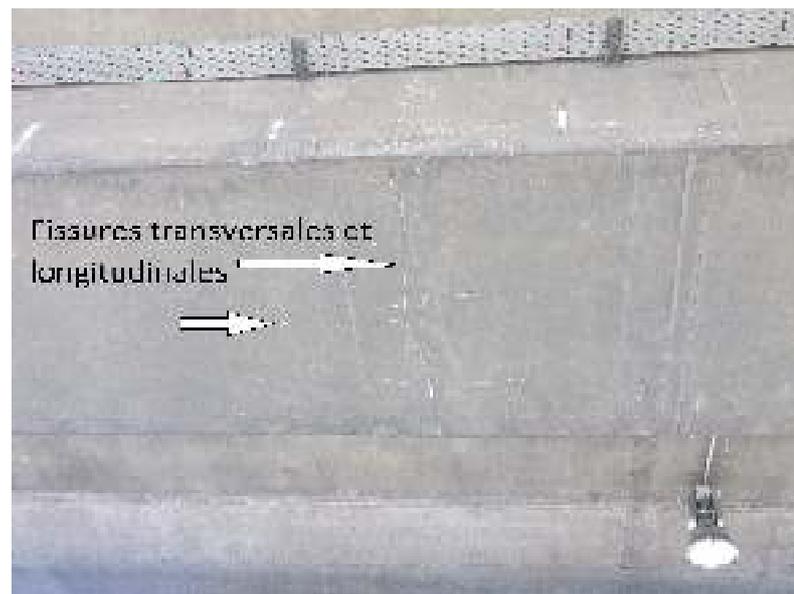


Photo n° 10: Fissures sur la travée



Photo n° 11: Fissures sur la travée, avec leur évolution marquée à la craie rouge

Nous avons pu noter l'installation d'appareil d'auscultation sur la partie inférieure du tablier.

Nous avons notés comme appareil :

- Jauge de contrainte sur câble pour mesurer la fatigue
- Des jauges thermiques
- Des appareils de mesures de déplacement longitudinales
- d'anciens appareils d'auscultation non identifiés



Photo n° 12 Présence d'appareil d'auscultation sous le tablier



Photo n° 13 : Installation de sondes thermiques



Photo n° 14 : boitiers d'enregistrements des mesures



Photo n° 15 : Appareil de mesure longitudinale

La dégradation la plus notable et la plus inquiétante se trouve au niveau des extrémités latérales des 2 tabliers. L'apparition d'éléments d'acier corrodés sur toute la longueur de l'ouvrage, et ceux avec un espacement régulier de à peu près 50cm. Ces dégradations sont marquées à la bombe rouge. Ces défaut sont dus à la dégradation du béton en surface. La particularité et surtout la périodicité de ces gros éléments d'acier corrodés nous ont permis de conclure qu'il s'agissait des ancrages pour la précontrainte transversale.



Photo n° 16 : Aciers corrodés sur les côtés latéraux du tablier



Photo n° 17 : Aciers corrodés sur les côtés latéraux du tablier (2eme photo)

II.2 Synthèse et causes des désordres

II.2.1 Equipements

L'équipement du pont est globalement usagé avec certains points en vraiment mauvais état. L'état des corniches étant le plus critique avec à certains endroit l'absence de certaines d'entre elles. Le béton dégradé et les aciers apparents rendent l'aspect général très mauvais à certains points.

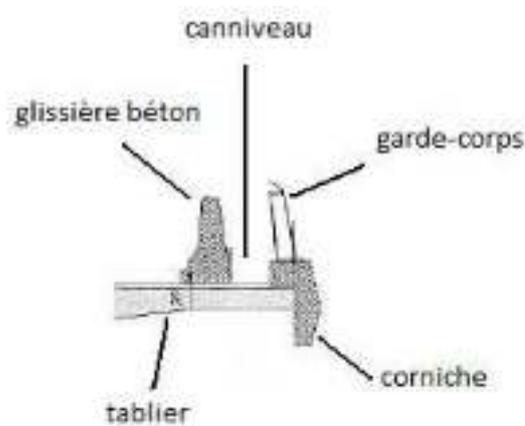


Figure n° 6 : Schéma des extrémités du tablier

Certains de ces dégâts sont causés par des impacts de véhicule roulant sur l'ouvrage, mais notre hypothèse est que la présence du caniveau d'évacuation des eaux est la principale cause de dégradation. Le mauvais entretien de l'ouvrage et son âge nous laisse à penser que des infiltrations se sont produites et ont dégradé le béton.

II.2.2 Piles

Les piles présentent des dégradations usuelles d'ouvrage urbain, principalement des éclats de béton dans les coins dus aux chocs des véhicules se garants sous l'ouvrage. Pas d'aciers corrodés particulièrement apparents mais des quelques réparations effectuées auraient pu suggérer cela.

Le plus inquiétant reste l'état des appuis néoprène fretté sur lequel a pu être observé quelques attaques. En effet le fait qu'elles soient en bas de piles fait qu'elles sont bien plus vulnérables aux ruissellements des eaux de pluies. Sur ce même point elles sont plus vulnérables au cycle de gel et dégel, ce qui a sérieusement dû les fatiguer.

II.2.3 Culées

Les culées ont subi une réparation lourde structurelle et en surface. Leur état est donc plutôt bon. Cependant les corniches aux niveaux des culées sont dans un état lamentable ce qui reste inquiétant.

II.2.4 Intradados des demis tabliers

L'état des points d'ancrages du précontraint transversal reste le plus inquiétant. Le mauvais état des corniches a permis un mal fonctionnement du caniveau et donc un écoulement dégradant pour le béton. Le mauvais état des ancrages en aciers et le mauvais état du béton ont dû créer du désordre dans la régularité des forces de précontrainte. Ce phénomène peut peut-être expliquer la présence des fissures sur les tabliers.

De ceci se cumule le choc et éraflures causés par les véhicules passant en dessous. Ces bétons fragilisés risquent de se dégrader davantage à cause des écoulements d'eau causés par les corniches dégradées.

Ce cumul de fissures/écoulements est dangereux car il s'agit de 2 problèmes qui se nourrissent mutuellement.

II.3 Conclusions

III.3.1 Sur l'état général de l'ouvrage

L'analyse de l'ouvrage montre qu'il souffre de nombreuses pathologies. La carbonatation fait vraiment souffrir l'ouvrage. La présence de nombreuses armatures corrodées est inquiétante. Nous n'avons pas connaissance de l'état de des câbles de précontrainte transversale mais leur point d'ancrage est dans un mauvais état. Reste à savoir si ces derniers ont bougé et perdus en

tension. Le plus inquiétant est de vérifier l'état des câbles de contraintes longitudinales. Au vue des fissures au long des tabliers, il est fort probable que certaine pathologie deviennent inquiétante. Si le précontraint est défaillant, c'est tout le dimensionnement de l'ouvrage qui est à remettre ne cause.

III.3.2 Sur la gestion de l'ouvrage

L'ouvrage n'est pas en bon état, ce qui nous pose la question de la volonté d'entretien de l'ouvrage. L'évolution du quartier de la Confluence nous fait penser que le l'ouvrage n'a peut-être plus sa place dans ce quartier. La réalisation du très couteux musée de la confluence, suggère que la ville de Lyon a plus intérêt à refaire un ouvrage neuf ou de le supprimer plutôt que d'effectuer de multiple réparations qui n'amélioreront que de très peu son aspect esthétique.

La gestion recommandé est le maintien en vie de l'ouvrage pour des raisons de sécurité et l'attente d'une décision forte de la part de la communauté du grand Lyon.

III.3.3 Sur les investigations nécessaires

Le plus inquiétant reste l'état de la précontrainte longitudinale et transversale. Une visite à l'intérieur de l'ouvrage serait nécessaire pour voir si les câbles et le béton sont en bon état. L'installation des appareils d'auscultation montre qu'une étude est en cour pour évaluer l'état des efforts appliqués à l'ouvrage (fatigue, température, flexion, etc). Le suivi des fissures est également nécessaire, heureusement ceci est également en cour. Enfin certaines armatures, principalement celle des ancrages de précontraint transversaux, ont été recouvert d'un produit inhibiteur de corrosion ce qui est rassurant le temps de trouver une véritable solution.

III Les interventions sur l'ouvrage

III.1 Travaux d'entretien ou de réparation déjà réalisés

Les travaux réalisés sont de deux types, la réparation de la culée et des réparations bétons sur les piles.

La réparation superficielle des piles :



Photo n°18: réparation superficielle des piles

La dégradation post-choc des piles nécessite parfois une simple réparation à l'aide d'un béton fibreux, réparation rapide et peu coûteuse qui peut être effectuée même sans coffrage. Ceci reste une réparation pour protéger les aciers. Elle ne répare pas structurellement la pile.

La réparation des culées :

Nous n'avons de renseignement particulier sur les culées, mais il nous a été confié qu'elles avaient été réparées structurellement. Si c'est le cas, nous envisageons que les parois béton coffrés en surface autour de l'ancienne culée, sont reliés par les aciers transversaux qui serrent cette ancienne culée pour la renforcer. Nous pouvons aussi envisager l'implantation de micro pieux installés depuis la route sur le tablier, même cela a dû couper la voie pendant au moins 72 heures. Nous pouvons aussi envisager l'implantation de clous sur la face transversale des culées. Pour la réparation extérieure nous ne pouvons qu'imaginer une destruction en surface de l'ancien béton de la culée, l'installation d'un treillis puis le coffrage de la culée avant de couler le nouveau béton.

III.2 Travaux à prévoir dans le cadre de « l'entretien courant »

Un entretien courant et simple serait de changer les gaines plastiques contenant les réseaux. Certains éléments menacent de tomber, ce qui est peu rassurant. Les autres réparations simples sont les réparations des impacts sur le béton à l'aide d'un mortier à fibre, la suppression de plantes qui poussent sur l'ouvrage pour diminuer la fissuration et une réparation sur toute la longueur, même si elle reste superficielle, de caniveau d'évacuation d'eau.

III.3 Travaux à prévoir dans le cadre de « l'entretien spécialisé »

Il a été observé dans notre étude, la dégradation partielle est l'appareil d'appuis, causé principalement par leur position en bas de pile qui est plus vulnérable car plus proche du terrain naturel et donc des attaques (végétation, eau, etc.). Le béton des dés d'appuis est aussi dégradé même si certaines réparations ont pu être notées. Les appareils d'appuis néo frettés sont constitués de frettes d'acier, frettes qui sont dégradées par corrosion. Leur renouvellement doit normalement être entrepris tous les 15-20 ans. Il nous est difficile d'évaluer la dernière date de changement de ces appareils d'appuis.

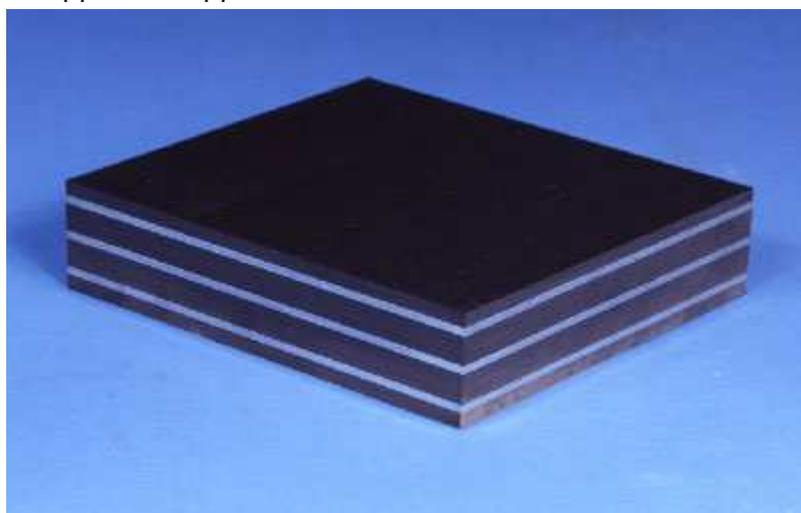


Photo n°19 : exemple d'appuis néo fretté

La procédure usuelle est d'utiliser des vérins pour soulever le tablier des piles. Dans notre cas 2 choses posent problème : le fait que les appareils d'appuis soient en bas ce qui est peu courant, et l'absence de bossage de vérinage à proximité des dés d'appuis.

La première idée serait d'installer des structures métalliques entre le sol et le tablier afin de poser les vérins sous le tablier et soulever le tablier avec les piles. Or cela laisserait les piles en traction sous leur poids propre, chose qu'il est fortement préférable d'éviter.

Dans le cas d'absence de bossage de vérinage il est possible de perforer la pile de béton pour y fixer un système d'ancrage métallique lourd, comme on le voit sur la photo ci-dessous :



Photo n°20 : exemple d'installation de vérin à l'aide d'ancrage métallique

Notre proposition est donc simple : installer ce type d'ancrage en pied de pile mais dans l'autre sens et de monter le tablier et les piles en même temps. Le problème est qu'il faudra disposer de vérins plus puissants car le poids des piles sera aussi à prendre en compte. Une attention particulière devra être prise pour s'assurer que les piles sont bien soulevées verticalement lors de la mise en marche des vérins.

III.4 Travaux de réparation

Le plus important est la réparation des systèmes de précontrainte longitudinale et transversale.

> Réparation de la précontrainte transversale :

Nous recommandons une reprise des ancrages existant en renforçant le béton et les aciers autour. L'idéal en cas de perte de précontrainte des câbles existant serait d'installer une précontrainte extérieure. Cette réparation est possible mais coûteuse et très peu esthétique étant donnée la longueur de l'ouvrage et le nombre de reprises nécessaires.

> Réparation de la précontrainte longitudinale :

Notre analyse ne nous permet pas totalement de savoir si il y a une grande perte de force dans la précontrainte longitudinale. Une lecture des mesures des appareils sur l'ouvrage serait nécessaire. Si besoin il y a, comme dans le cas de la précontrainte transversale, nous recommandons un renforcement par précontrainte extérieure.



Photo n°20 : exemple de précontrainte longitudinale extérieure

L'idéal est l'installation de cette précontrainte à l'intérieur des caissons afin de diminuer les agressions du milieu extérieur. Cela signifie également qu'il faudra reprendre le béton des encorbellements pour les ancrages or les caissons ne sont pas de grandes dimensions. Se pose la question de la place pour les opérateurs lors de la phase chantier.