

21 mai 2014

## La réparation des viaducs d'accès au pont de Martigues



Le 21 mai 2014, la délégation Méditerranée de l'AFGC et la direction Territoriale du Cerema (ex CETE Méditerranée) ont organisé une série de conférences consacrées à la réparation des ouvrages d'accès en béton précontraint au viaduc de Martigues

### Rappel du programme

9h00 : Accueil à la Maison du Tourisme de Martigues

9h30 : Introduction

*J Resplendino – AFGC, JC Carlès – Cerema*

9h40 : **La réparation des ouvrages d'accès au viaduc de Martigues – Présentation de l'opération – Les études amont et la préparation du chantier**

Présentation de l'opération, contexte et enjeu - Le point de vue du Maître d'ouvrage

*Didier Gaurenne – Mikael Pizzo DIR Méditerranée*

L'historique: la pathologie et les investigations réalisées

*Tarek Far – Cerema*

Le projet de réparation structurale

*Tarek Far - Cerema*

Le projet de durcissement au séisme

*Denis Davi – Cerema*

L'évaluation structurale et le suivi instrumenté des tabliers ouest

*Jean-Christophe Carlès - Cerema*

Le système de surveillance

*Jean-Philippe Maherault – Cerema*

La préparation et le suivi du chantier - le point de vue du Maître d'œuvre

*Mikael Pizzo – DIR Méditerranée*

11h00 : Pause-café

11h15 : **La réparation des ouvrages d'accès au viaduc de Caronte – Les études d'exécution et la réalisation des travaux de réparation**

Les études d'exécution

*Cyril Cottey – COGECI*

Les travaux de réparation

*Louis Montigny – Bouygues TPRF /VSL France*

Les contrôles extérieurs

*Nathalie Cordier, Tarek Far - Cerema*

12h15 **L'évaluation et la conception des réparations structurales des ouvrages – Les textes de références**

Les référentiels existants et la note n°35 du SETRA *Jean-Michel Lacombe – Cerema*

Les guides à paraître sur la conception des réparations structurales et sur le diagnostic et le renforcement sismique des ponts existants

*Jean-Michel Lacombe, Jean-Christophe Carlès – Cerema*

12h45 : Questions-réponses

13h00 : Déjeuner

14h30 : Visite du chantier

16h30 : Fin de la journée

### Synthèse des présentations

#### 1 – Le mot du président de l'AFGC Méditerranée

L'association française de génie civil est un lieu d'échanges où se côtoient maître d'œuvre, maître d'ouvrage, bureaux d'études, architectes et plus généralement tous les acteurs oeuvrant pour le génie civil. Le but de l'association est de faciliter le partage des connaissances et des savoir-faire.

Les nombreuses manifestations organisées par les six délégations régionales de l'association ainsi que les publications scientifiques et techniques contribuent grandement à atteindre cet objectif. Le Cerema est un établissement public créé le 1er janvier 2014 par le ministère de l'écologie, du développement durable, et de l'énergie, et le ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité. Il a été créé pour consolider les missions d'expertise et d'appui méthodologique aux politiques publiques d'aménagement durable de l'ancien Réseau Scientifique et Technique du Ministère. Il regroupe les compétences de plusieurs anciens services à vocations nationales (SETRA, CERTU, CETMEF), et à vocation régionale (les CETE incluant les LRPC), de l'ancien Réseau Scientifique et Technique du Ministère.

## 2 – Présentation de l'opération

L'ouvrage a été construit de 1969 à 1972. D'une longueur de 874 m, il permet le franchissement de la passe navigable reliant l'étang de Berre à la Mer, par l'autoroute A55, axe qui participe à la liaison Marseille – Montpellier.

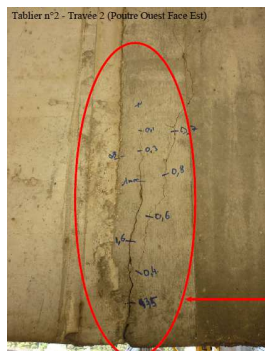
Le viaduc est composé d'un ouvrage métallique à béquille de 300m de long, et de 4 ouvrages en béton précontraints : 2 au Nord (L=260 m), 2 au Sud (L=315 m)



## 3 – Les études amont et la réparation

Les premières pathologies ont commencé à apparaître en 1975, avec l'apparition de fissuration des nervures dans les zones de couplage de la précontrainte, et une désactivation complète des dispositifs antisismiques, qui ont été calculés selon les prescriptions des anciennes règles parasismiques PS69. Les premières investigations ont commencé en 1981, et c'est en 2011 que l'entreprise Bouygues TRPF a été désignée pour les travaux qui ont débuté en 2012.

Les pathologies sont dues essentiellement à un mauvais fonctionnement des coupleurs de précontrainte, et à la non prise en compte des effets du gradient thermique et du fluage dans le dimensionnement de la précontrainte



Fissuration des nervures

■ Fissures traversantes, « battent » sous circulation



Fissure sur joint de couplage  
Acier passif sectionné sur le joint  
des ouvrages d'accès au viaduc de Caronte

## Les manifestations régionales

■ Dispositifs antisismiques :



### Dispositifs antisismiques

L'objectif du projet de renforcement est de :

- Refermer les fissures au droit des joints de couplage.
- Recomprimer les sections pathologiques par l'effet cumulé d'une précontrainte de renfort et de la prise en compte des effets induits par les opérations d'injection des fissures au droit des joints de couplage.

■ Principe de réparation structurelle des ouvrages en béton précontraint

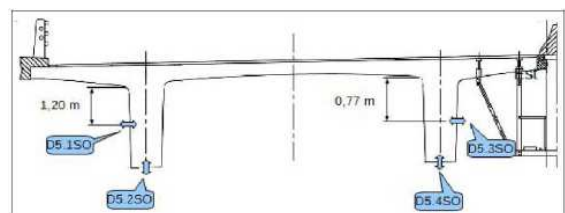


### Les stratégies de renforcement sismique :

- Suppression des vérins anti-sismiques qui existaient entre les tabliers d'accès en béton et l'ouvrage principal en charpente métallique. L'ouvrage principal métallique accroché aux piles culées d'extrémité fonctionne de façon indépendante par rapport au reste de l'ouvrage,
- Accrochage des tabliers d'accès en béton aux deux culées par remplacement des simples appareils d'appui de butée initiaux par des dispositifs de blocage dans les deux sens,
- Augmentation de la souplesse globale du système (remplacement des appareils d'appui).
- Suppression du risque d'échappement des tabliers d'accès de leurs appuis (réalisation de butées parasismiques transversales sur tous les appuis).

Le renforcement par précontrainte des viaducs d'accès a été suivi d'un système de surveillance de l'ouvrage par instrumentation, avant et pendant les travaux afin de valider le modèle théorique, par la mise en place d'un capteur sur chaque nervure :

- un capteur au niveau des câbles
- un capteur en talon



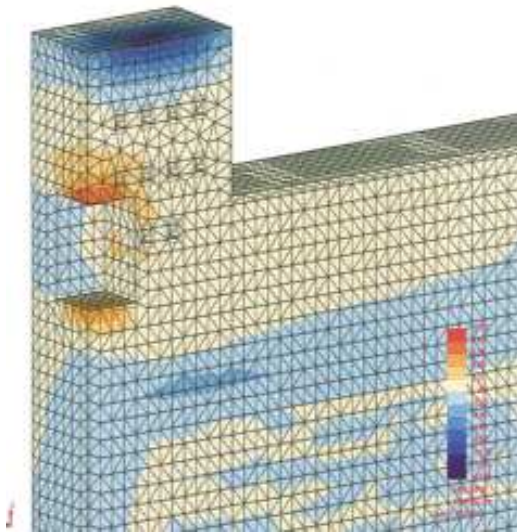
Le système génère automatiquement une fiche de suivi par capteur contenant tous les indicateurs nécessaires à l'analyse du comportement de la fissure instrumentée, avec un système d'alerte à 3 niveaux et d'une alerte maintenance.

#### 4 – Les Etudes d'exécution

L'entreprise Cogeci s'est vue confiée les études d'exécution pour le renforcement des nervures fissurées et des dispositifs antisismiques.

La réalisation du pont remontant dans les années 70, les normes d'études retenues furent respectivement, pour le béton précontraint et le béton armé, le BPEL et le BAEL. Par contre pour la prise en compte du séisme, une comparaison entre la norme AFPS92 et l'Eurocode 8 a été faite et a abouti à une accélération du sol très voisine, respectivement  $a_n = 1.5 \text{ m/s}^2$  et  $a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$ . Les surcharges routières, ont été tirées du Fascicule 61 titre II car plus en phase avec la conception originelle du projet.

La particularité de l'étude sur cet existant a été de vérifier des zones spécifiques compte tenu de la mise en place de zones de vérinage en console sur les piles permettant le remplacement des appareils d'appuis, de nouvelles dispositions antisismiques sur les piles et les culées, de bossages nécessaires à l'ancrage et/ou à la déviation des câbles de précontrainte de renforcement.



Contrainte dans la butée sous séisme

En ce qui concerne la précontrainte additionnelle, quatre critères de dimensionnement ont été retenus : Sur les sections de joint :

- Critère 1 : section toujours comprimée sous l'action des charges extérieures combinées à l'ELS fréquent et sous les seuls effets de la précontrainte
- Critère 2 : A l'ELS rare, tractions dans les aciers passifs et les surtensions dans les câbles existants conformes à la classe III du BPEL
- Critère 3 : A l'ELU, déformations des différents matériaux conformes aux prescriptions du BPEL

Sur les sections courantes :

## Les manifestations régionales

- Critère 4 : la précontrainte additionnelle n'entraîne que des compressions dans l'ensemble des sections

Les sections fissurées des coupleurs étant disposées sensiblement dans les sections de foyer de chaque travée, la précontrainte additionnelle mise en place a été dimensionnée essentiellement par les effets du fluage et du gradient thermique, non prise en compte lors de la conception.

Ce qui a abouti à mettre des câbles de précontraintes extérieures (4 câbles de 27T15S)

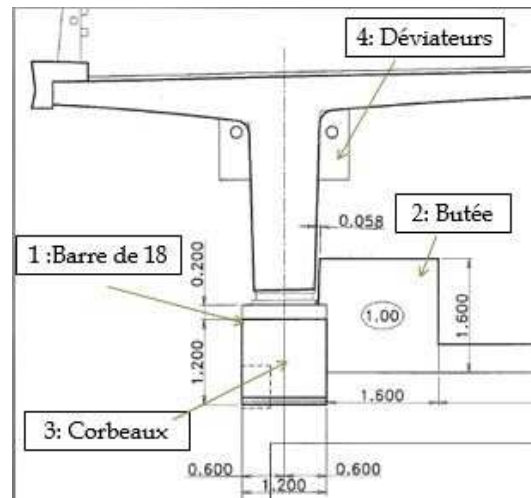
#### 5 – Le déroulement des Travaux

Les travaux ont été réalisés par un groupement d'entreprise dirigé par Bouygues TP Régions France. Menés en deux phases, ils concernaient les piles et les nervures en travées.

Les travaux sur les piles, sont essentiellement :

- Forage des têtes de pile pour mise en œuvre des barres de bridage des corbeaux de vérinage,
- Ferrailage et bétonnage des butées parasismiques,
- Ferrailage et bétonnage des corbeaux de vérinage,
- Réalisation des déviateurs de précontrainte.

Ils ont été réalisés à l'aide de plateformes hissées depuis le tablier. Une petite particularité a été la mise en place des corbeaux de vérinage, inexistant dans la conception originelle.



Phasage travaux

Les travaux sur le tablier consistaient principalement à la mise en place des déviateurs pour les câbles de précontrainte et l'injection des fissures traversant dans la partie inférieure des nervures.

A noter que durant les travaux, l'accès au tablier fut réservé aux véhicules de chantier et aux véhicules d'intervention (pompiers, ambulance, police) afin que leur temps d'intervention ne soit pas rallongé.

En phase travaux un contrôle particulier fut mené par le Cerema, lors de la mise en place des injections pour s'assurer de sa bonne mise en œuvre. Ces mesures ont été faites à l'aide de camera thermique.





Contrôle des injections dans les gaines par camera thermique

### 6 - Les textes de références

Les textes réglementaires sont peu développés pour l'évaluation structurale et les calculs de réparation des ouvrages existants.

En l'absence de textes réglementaires sur le sujet, la stricte application des règlements destinés aux ouvrages à construire pour évaluer un ouvrage existant n'est en général pas pertinente et peut conduire à des renforcements ou réparations injustifiés.

Il existe une norme internationale qui est la Norme ISO 13822 : 2010 « Bases for design of structures – Assessment of existing structures ».

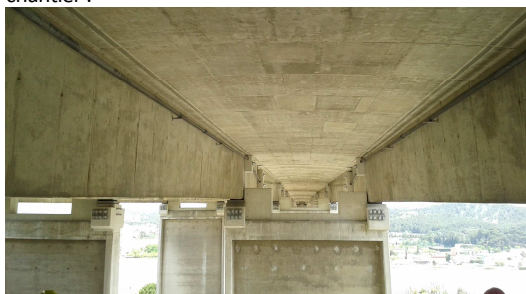
Un projet d'Eurocode pour ouvrages existants (évaluation et renovation des structures existantes) est en cours d'élaboration.

Par contre plusieurs guides techniques existent qui ont servi de base à l'élaboration du projet :

- Guide SETRA sur le diagnostic et le renforcement sismique des ponts existants,
- Guide et note information du SETRA sur l'évaluation structurale et le renforcement des structures existantes (en béton précontraint)
- Guide AFGC sur les réparations par matériaux composites collés
- Guide sur la réparation et le renforcement des structures par précontrainte additionnelle (Guides STRRES)

### 7 – Visites de chantiers

Afin de rendre encore plus bénéfiques les différentes conférences, l'après-midi a été consacrée à la visite du chantier :



Précontrainte additionnelle



Vue générale d'un des bossages d'extrémité des tabliers d'accès servant à l'ancrage des câbles extérieur de renforcement et à l'ancrage sur le tablier du Ressort Antisismique Précontraint (RAP) permettant de bloquer avec une certaine souplesse le tablier à la culée.



Dispositif RAP



Dispositif de renforcement des âmes du tablier aux extrémités de l'ouvrage par précontrainte verticale permettant la reprise des efforts de diffusion de la précontrainte de renforcement et des efforts de blocage sismique

### 8 – Conclusion

Cette journée a été un lieu d'échanges très intéressant sur la problématique de la réparation et du renforcement d'ouvrages existants.

Les différentes étapes depuis la phase étude, jusqu'à la phase réalisation ont permis d'avoir une bonne vision globale du projet et du chantier.

Compte-rendu rédigé par:

Andry Nantenaina RASAMIARINDRAINY et Mehdi AMRANI - Élèves ISBA-TP (Marseille)