

# Le durcissement au séisme des ouvrages d'accès au viaduc de Caronte



T. Far et D. Davi – CETE Méditerranée  
Jeudi 30 juin 2011



IFSTTAR



# Sommaire

- Présentation générale de l'ouvrage
- Conception parasismique d'origine
- De la nécessité du renforcement... à la solution retenue
- Prescriptions du CCTP et premiers résultats des études d'exécution
- Conclusions et enseignements

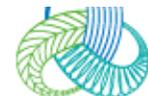


# Présentation générale de l'ouvrage

- Ouvrage principal de traversée de la ville de Martigues par l'A55
- Pont à béquilles (300m)
- 4 viaducs d'accès en béton précontraint (259,5m et 314,5m)



•De part et d'autre de l'ouvrage principal, des viaducs en béton précontraint forment des rampes d'accès.







# Conception parasismique d'origine

- Conception selon les règles PS69
- Sous séisme longitudinal
  - Efforts repris sur une seule culée sous chaque sens de sollicitation (néoprènes verticaux)
  - 4 bloqueurs hydrauliques entre tablier métal et tabliers béton
  - Néoprènes sur piles et piles-culées
  - Liaison articulation en pied de béquilles
- Sous séisme transversal
  - Blocage transversal (butées) sur piles-culées
  - « Blocage » transversal sur culées par frottement béton/béton
  - Blocage du tablier métallique par AA métal sur piles-culées



# De la nécessité du renforcement... à la solution retenue

## Éléments de contexte :

- Ouvrage construit entre 1969 et 1972, selon les prescriptions des règles parasismiques PS69

⇒ Prise en compte d'une accélération statique forfaitaire de 0,1g

pour comparaison la nouvelle législation parasismique imposerait :

0,21g (1,1 m/s<sup>2</sup> x 1,2 x 1,6) x amplification spectrale

$a_{gr}$  (Z3)

$\gamma_1$  (catégorie III)

S (classe D)

- Bloqueurs dynamiques sensés contribuer à la résistance sismique rompus, risques d'échappement longitudinal



# De la nécessité du renforcement... à la solution retenue

## Une forte vulnérabilité pressentie :

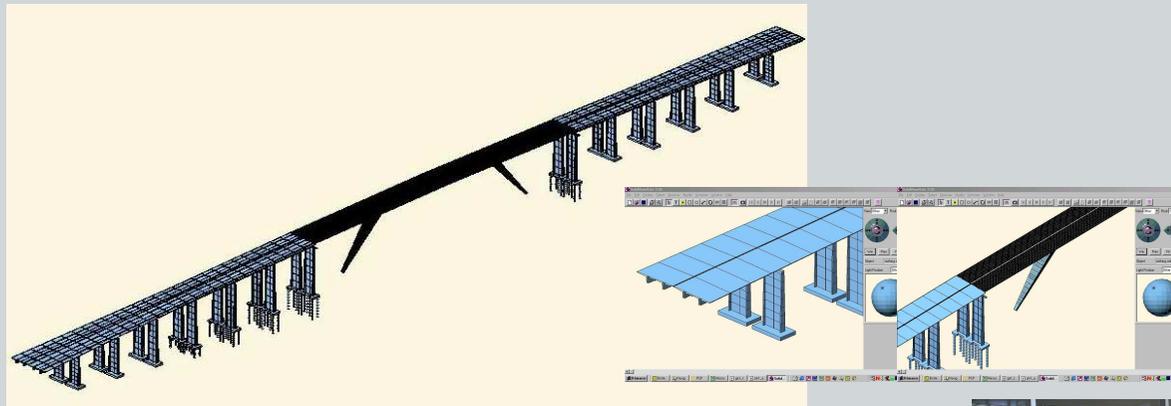
- D'importants déplacements sous séisme longitudinal pouvant entraîner :
  - Échappements d'appui,
  - Chocs entre tabliers et sur les culées (ancrages de précontrainte)
- Potentiel sous-dimensionnement des appuis et de leurs fondations
- Risque d'échappement d'appui transversal
  - Efficacité du frottement béton/béton?
  - Rotation d'axe vertical
- Forte présomption de risque de liquéfaction des sols de fondation  
(Marnes et limons lâches et saturés en eau)



# De la nécessité du renforcement... à la solution retenue

➔ Décision de profiter des réparations pour renforcer l'ouvrage au séisme selon les recommandations du projet de guide Sétra « Diagnostic et renforcement sismiques des ponts existants »

- Diagnostic à partir d'un modèle dynamique 3D (PCP)



- Investigations géotechniques par le LR Aix (essais tri-axiaux spécifiques) ayant permis d'écarter le risque de liquéfaction



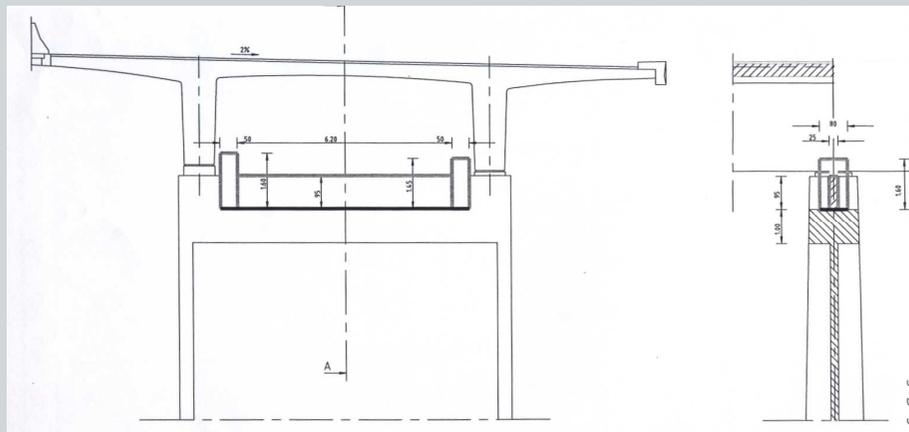
# De la nécessité du renforcement... à la solution retenue

## Principaux choix de renforcement parasismique :

### - Sous séisme transversal :

Convergence rapide vers une solution permettant d'assouplir globalement l'ouvrage, tout en améliorant sensiblement sa robustesse et sa régularité :

- Remplacement des AA
- Disposition de butées latérales de blocage sur culées et piles-culées
- Disposition de butées latérales de sécurité sur piles



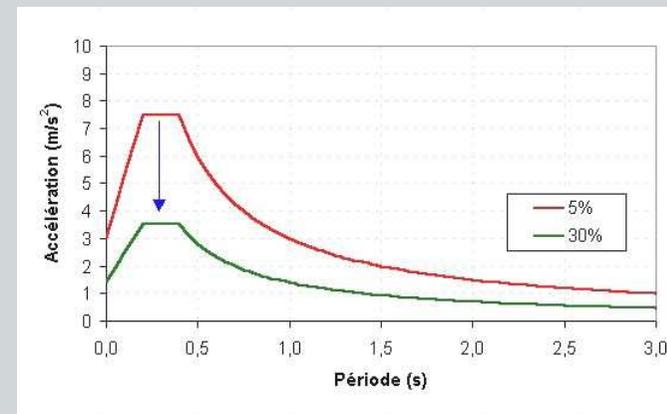
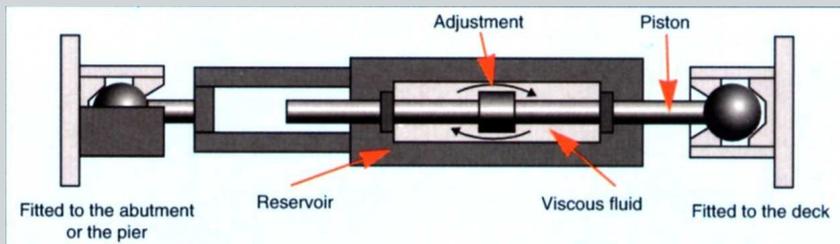
# De la nécessité du renforcement... à la solution retenue

## Principaux choix de renforcement parasismique :

### - Sous séisme longitudinal :

Plusieurs itérations nécessaires, sur la nature et la position des dispositifs, pour aboutir à une solution optimale :

- Désolidarisation du fonctionnement du tablier métal et des viaducs d'accès
- Mise en place de 4 amortisseurs sur chacune des 4 culées, destinés à limiter les déplacements sismiques longitudinaux à 2 cm et les efforts sur culées à 12 MN/culée



# De la nécessité du renforcement... à la solution retenue

## Principaux choix de renforcement parasismique :

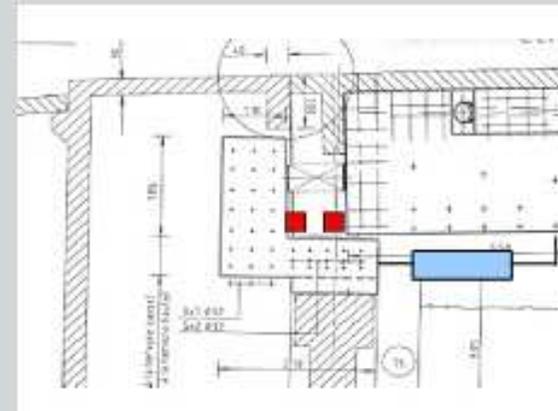
### - Sous séisme longitudinal :

Plusieurs itérations nécessaires, sur la nature et la position des dispositifs, pour aboutir à une solution optimale :

- Désolidarisation du fonctionnement du tablier métal et des viaducs d'accès
- Mise en place de 4 amortisseurs sur chacune des 4 culées, destinés à limiter les déplacements sismiques longitudinaux à 2 cm et les efforts sur culées à 12 MN/culée

+ systèmes fusible (point fixe en service)

+ dés de protection pour ancrages précontrainte

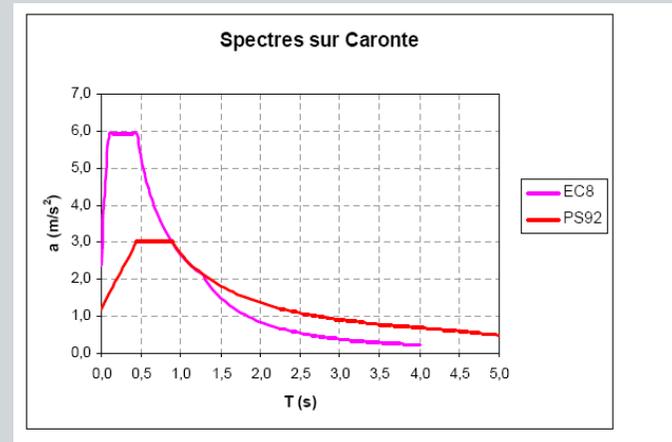
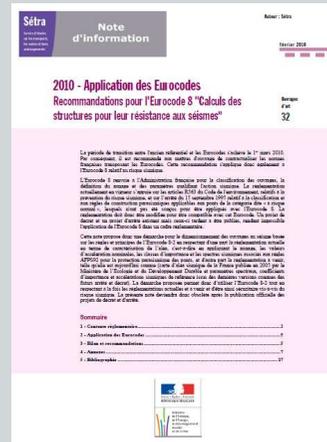
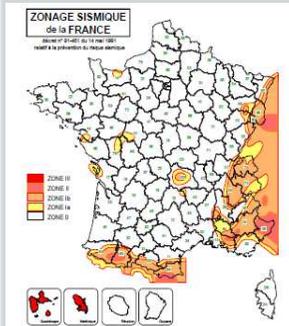


# Prescriptions du CCTP et premiers résultats des études d'exécution

## Prescriptions du CCTP :

- Sous séisme transversal et vertical :

Calcul spectral multimodal avec spectre enveloppe PS92/EC8-2, conformément à la note NI-OA32 du Sétra



Dimensionnement des butées de blocage pour les efforts sismiques de calcul

Dimensionnement des butées de sécurité pour 40% des efforts sismiques de calcul (anciennes pratiques)

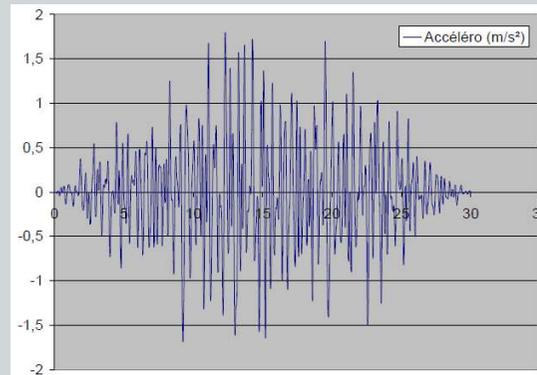


# Prescriptions du CCTP et premiers résultats des études d'exécution

## Prescriptions du CCTP :

### - Sous séisme longitudinal :

- Calcul dynamique temporel basé sur un accélérogramme de calcul fourni, artificiellement calé sur le spectre réglementaire EC8



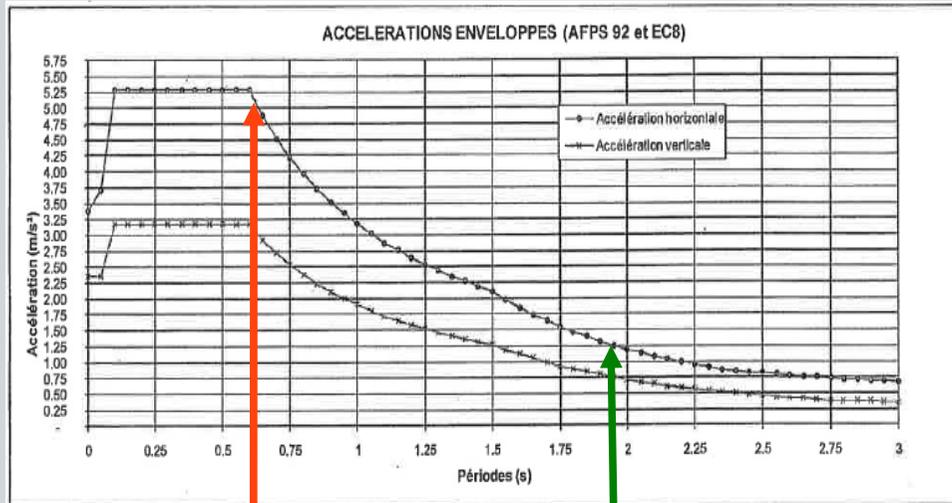
- Vérifications complémentaires à partir d'au moins 3 autres accélérogrammes représentatifs du site (enveloppe si nbre < 7 ; moyenne si nbre > 7), mais calibrés sur 70% de l'accélération de référence réglementaire



# Prescriptions du CCTP et premiers résultats des études d'exécution

## Premiers résultats des études d'exécution en cours

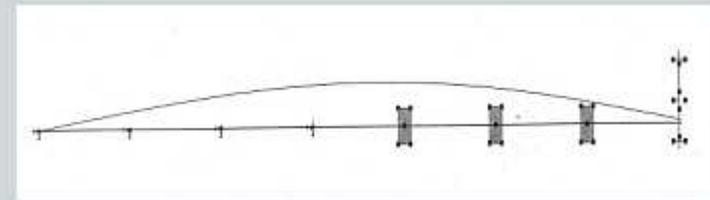
- Sous séisme transversal :



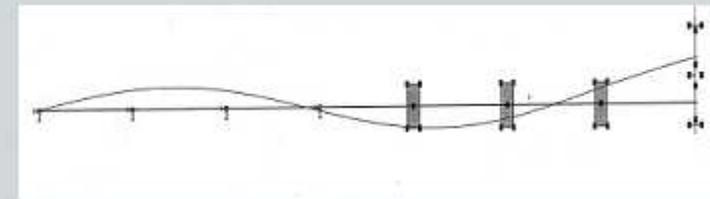
**Mode 2**  
(Se = 5,09 m/s<sup>2</sup>)

**Mode 1**  
(Se = 1,31 m/s<sup>2</sup>)

**Mode 1 trans : T= 1,91s ; % masse modale = 65%**



**Mode 2 trans : T= 0,62s ; % masse modale = 12%**



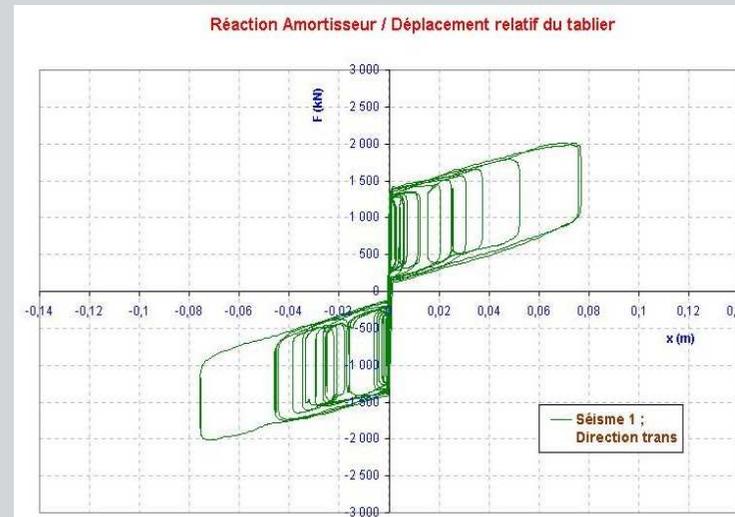
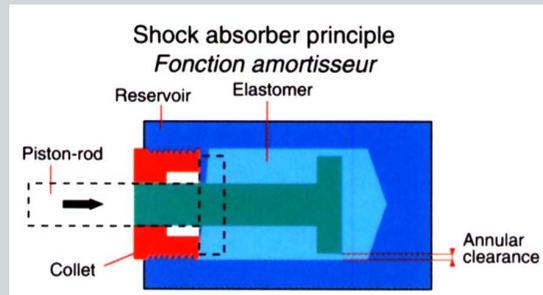
# Prescriptions du CCTP et premiers résultats des études d'exécution

## Premiers résultats des études d'exécution en cours

- Sous séisme longitudinal

– 4 ressorts amortisseurs précontraints par culée (dispositifs Jarret) :

$$(F = 1,2 + 10.X + 1,7 V^{0,1} \text{ MN})$$



Ressort amortisseur précontraint

$$F = F_0 + K.X + C.V^\alpha$$

(effet fusible intégré)



# Conclusions et enseignements

- Comme tout recalcul d'ouvrages existants, les études de durcissement au séisme s'avèrent très spécifiques et relativement complexes :
  - Limitation des possibilités d'intervention par les contraintes relatives à la configuration de l'ouvrage « tel qu'il est »...
  - Objectifs de performance à ajuster et à justifier en fonction d'un optimum de référence et de ce qu'il est réaliste de faire en pratique (recherche du meilleur compromis performance / enjeux / coûts)
  - Prise en compte des contraintes liées à l'interruption du trafic
- Dans la plupart des régions de France métropolitaine, le séisme demeure un aléa de faible occurrence → Les mesures préconisées ne doivent pas remettre en cause le bon fonctionnement en service de l'ouvrage
- Les solutions basées sur l'emploi de dispositifs amortisseurs s'avèrent généralement très performantes dans le cas des ouvrages de grandes dimensions, mais d'autres possibilités existent
- Le guide Sétra à paraître « Diagnostic/renforcement sismiques des ponts existants » permettra d'apporter des éléments de réponses à l'ensemble de ces problématiques (aspects décisionnels, méthodes d'analyse et techniques de renforcement)

