

# Journées Techniques Ouvrages d'Art 2014



Analyse des coûts  
de renforcements  
sismiques

Denis Davi  
Céline Moreau

# Présentation de l'étude



## Cadre général :

Étude réalisée par le PCI « Vulnérabilité des ouvrages de Génie Civil aux aléas sismiques et hydrauliques » (DTerMed) pour la DTecITM du Cerema

## Objectif :

Produire un rapport de synthèse sur les coûts de renforcement sismique des OA, en s'appuyant sur des premiers retours d'expérience opérationnels

## Données « sources »

Coûts issus d'études opérationnelles récentes ( $\leq 10$  ans) de diagnostics/renforcements sismiques d'ouvrages :

- 5 viaducs autoroutiers de l'A9 entre Perpignan et l'Espagne
- Viaduc de Caronte (A55, Martigues)
- Dalle du CC du Merlan (Liaison L2 – Marseille)
- Pont sur le Trou au Diable (Martinique - RN5)
- Mise aux normes sismiques du Viaduc Valle di Leto (exemple italien)
- Investigations géotechniques Pont du Jaï (13) et Quai des Avisos (Martinique)

Coûts des études (évaluations sommaires de vulnérabilité et diagnostics) :

- Évaluation sommaire du risque sismique sur OA courants du triangle autoroutier A7, A8, A54 (région PACA)
- Estimation vulnérabilités sismiques et priorisation des diagnostics sur réseau Escota A8-A500 (06)
- Analyse sommaire OA existants du projet de rocade L2 à Marseille
- Évaluation préliminaire du risque sismique sur 10 OA stratégiques de desserte de la ville de Grenoble

➔ Vocation « évolutive » du rapport



# Structuration du rapport

## Aspects traités :

Intro.

- Rappel contexte législatif et réglementaire national et expériences étrangères
- Causes d'endommagement des OA sous séisme, stratégies et techniques de renforcement associées
- Partie A : Coûts associés aux différentes techniques de renforcement structural
- Partie B : Coûts des renforcements de sol et coûts liés à la prévention des effets induits
- Partie C : Coûts relatifs aux études et investigations

# Structuration du rapport

## Présentation des résultats :

- Classement des techniques par objectifs et stratégies de renforcement

Exemple :

Objectifs	Stratégies de renforcement possibles	Techniques associées
Limitation des efforts transmis aux appuis	Augmentation de la souplesse	- Modification des conditions d'appui (remplacement des AA par des AA plus souples) - AA glissants au droit des éléments les plus raides (isolation locale des piles courtes...) - Systèmes fusibles
	Augmentation de l'amortissement structural	- Dispositifs parasismiques amortisseurs (visqueux, élasto-plastiques...) - Chemisage des piles encastrées - Isolation locale au droit des éléments non-ductiles (AA glissants)
	Réduction de la masse	Remplacement de tout ou partie du tablier par structure plus légère (dans le cadre général d'une opération plus lourde de réfection structurale)

# Structuration du rapport

## Présentation des résultats :

- Pour chaque technique : descriptif et principe d'emploi + fourchette de prix unitaires

### Exemple :

Mise en place d'amortisseurs visqueux										
Références							Prix Unitaires		Coûts globaux à l'échelle de l'ouvrage (yc. coûts associés)	
Affaire	Niv. étude	Année constr.	Zone sismique	Struct. OA	L <sub>totale</sub>	Surf. tab	Coût U (€ HT)	U	Coût total (€)	Coût total par m <sup>2</sup> de tablier (€/m <sup>2</sup> )
Viaduc du TECH (élargissement A9)	APOA (2010)	1974-1976	3 (modérée)	2 viaducs VIPP	201 m	4 422 m <sup>2</sup>	25 000	/ U	200 000 €	45 €/m <sup>2</sup>
Viaduc du POX (élargissement A9)	APOA (2009)	1974-1976	3 (modérée)	2 viaducs VIPP	352,0 m 318,5 ml	8 255 m <sup>2</sup>	12 500 à 25 000 €	/ U	300 000 €	36 €/m <sup>2</sup>
Viaduc de la CALCINE (élargissement A9)	APOA (2009)	1974-1976	3 (modérée)	2 viaducs VIPP	408 ml	9 996 m <sup>2</sup>	12 500 à 25 000 €	/ U	400 000 €	40 €/m <sup>2</sup>
Viaduc de l'AGLY (élargissement A9)	APOA (2010)	1973-1974	3 (modérée)	2 viaducs VIPP	102 ml	2 958 m <sup>2</sup>	9 625 €	/ U	154 000 €	52 €/m <sup>2</sup>
Viaduc de ROME (élargissement A9)	APOA (2009)	1973-1974	3 (modérée)	2 viaducs VIPP	323,5 ml 328,0 ml	6 966 m <sup>2</sup>	12 500 à 25 000 €	/ U	300 000 €	43 €/m <sup>2</sup>
Viaduc de la TET (élargissement A9)	APOA (2009)	1974-1976	3 (modérée)	2 viaducs Dalle BP bi-nervurée	202 ml	4 848 m <sup>2</sup>	25 000 €	/ U	180 000 €	37 €/m <sup>2</sup>
Fourchettes de prix :							9 625 à 25 000 €	/ U		36 à 45 €/m <sup>2</sup>

# Structuration du rapport

## Présentation des résultats :

- Fiches « études de cas » permettant de cerner le contexte et les mesures associées aux différentes opérations

IDENTIFICATION DE L'OUVRAGE	DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	CONTEXTE DU PROJET
<p>VIADUC DE CARONTE (Martigues - 13) MOA: Etat MOE: DIRMED Date de construction: 1969 - 1972 Date du renforcement sismique: 2012</p>	<p>DALLE BI-NERVURÉES BP (VIADUC D'ACCÈS) PONT A BÉQUILLES MÉTALLIQUE, CAISSON À PLATELAGE ORTHOTROPE (VIADUC PRINCIPAL)</p>  <p>Travure:  <ul style="list-style-type: none"> <li>viaducs d'accès nord: 6x45.00+34.50 = 259.50m (3916m<sup>2</sup>x2)</li> <li>viaducs d'accès sud: 7x45.00+44.50 = 315.50m (5165m<sup>2</sup>x2)</li> <li>viaduc principal: 300.00m</li> </ul>                     Longueur totale: 874.00m                      Profil en travers: 14.50m (section courante)                      Voie(s) portée(s): A55                      Voie(s) franchie(s): passe navigable, voies communales</p>	<p>Niveau d'étude: DCE / MARCHE de travaux (2011) Motif de l'opération: RENFORCEMENT STRUCTURAL ET RÉPARATION DES VIADUCS D'ACCÈS BP</p> <p>REPARATIONS ENVISAGÉES</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>précontrainte additionnelle longitudinale</li> <li>précontrainte transversale verticale dans les massifs d'ancrage</li> <li>cachetage / injection des fissures des tabliers et piles</li> <li>remplacement des appareils d'appuis</li> <li><b>reprise générale de la conception parasismique</b></li> <li>reprise des passerelles concessionnaires</li> </ul>

### Exemple :

RENFORCEMENT SISMIQUE	COÛTS DES OPERATIONS
<p><b>HYPOTHÈSES SISMIQUES</b>                      Zone de sismicité : Z3 (modérée)                      Sols de fondation: D (S = 1,6)</p> <p><b>CONCEPTION ET DISPOSITIONS PARASISMIQUES EXISTANTES</b>                      conception PS69                      . dispositifs anti-sismiques sur piles-culées (connecteurs dynamiques – rompus)                      . liaison par frottement béton/béton sur culées inefficace</p> <p><b>STRATÉGIE DE RENFORCEMENT SISMIQUE</b>                      Augmentation de la capacité de déplacement du tablier "sans" modification de la structure :                      • libération d'un soufflé de 25mm sur culées                      Amélioration du comportement d'ensemble (régularité structurale) :                      • butées parasismiques latérales de blocage sur culées et piles-culées                      • butées parasismiques latérales de sécurité sur piles                      Augmentation de la souplesse et de l'amortissement                      • remplacement des AA en élastomère fretté                      • amortisseurs parasismiques longitudinaux à seuil de déclenchement (culées)</p>	<p><b>Coût global de l'opération:</b> 8 604 k€ HT                      . Prix généraux (installation chantier / phasage): 2 827 k€ HT                      . Postes Travaux: 5 777 k€ HT</p> <p><b>Coût du renforcement sismique:</b> 1 321 k€ HT                      soit: 15,3 % du montant global de l'opération                      et 22,3 % des postes travaux                      Ratio : 72 € HT/m<sup>2</sup> de SU</p> <p>% par rapport au coût de démolition/reconstruction : 1,1 %                      (Le coût de remplacement a été évalué à 117 M€, sur la base d'un ratio de 4200€/m<sup>2</sup> de tablier démolé + pondération de 1,5 pour contraintes d'exploitation.)</p>

# Quelques premiers enseignements

- Amélioration sensible de la performance sismique des ouvrages pour un coût global relativement modéré : **entre 75 € et 700 € HT/m<sup>2</sup>** de surface utile (**moyenne autour de 300 € HT/m<sup>2</sup>**), soit **entre 1% et 11% du coût estimé de remplacement des ouvrages** (hors chiffrage perturbation du trafic et autres coûts indirects).
- Chiffres relativement cohérents par rapport aux données italiennes (financements publics débloqués compris entre 60 et 450€/m<sup>2</sup> de tablier selon la nature de l'intervention et le niveau de performance sismique de l'ouvrage avant travaux)
- Dans la plupart des cas, s'inscrit dans un contexte de mise à profit d'une opération plus globale de réhabilitation d'ouvrage (réparation de pathologies, travaux d'élargissement...) ; Coûts de l'ordre de **10% à 35% du montant de cette opération**

# Merci de votre participation



## Cerema / DTerMed

PCI « Vulnérabilité des ouvrages  
de Génie Civil aux aléas  
sismiques et hydrauliques »

Denis DAVI

Adjoint au responsable du pôle /

Référent risque sismique et infrastructures

Tel : 04 42 24 76 81 (ou 04 72 14 32 25)

[denis.davi@cerema.fr](mailto:denis.davi@cerema.fr)