

Journées Techniques Ouvrages d'Art 2016



Projet de recherche
européen SEQBRI
sur l'analyse sismique
par approche performancielle
des ponts mixtes intégraux
de petites et moyennes portées

DAVI D. - Cerema/DTer Méditerranée
DEVEAUD J-P. - Cerema/DTer Centre-Est
CREMONA C. - Cerema/DTec ITM

Plan de l'exposé

- Présentation générale et objectifs du projet
- Démarche générale de l'étude
- Contribution du Cerema
- Conclusions, enseignements et perspectives

Présentation générale et objectifs

Contributeurs :

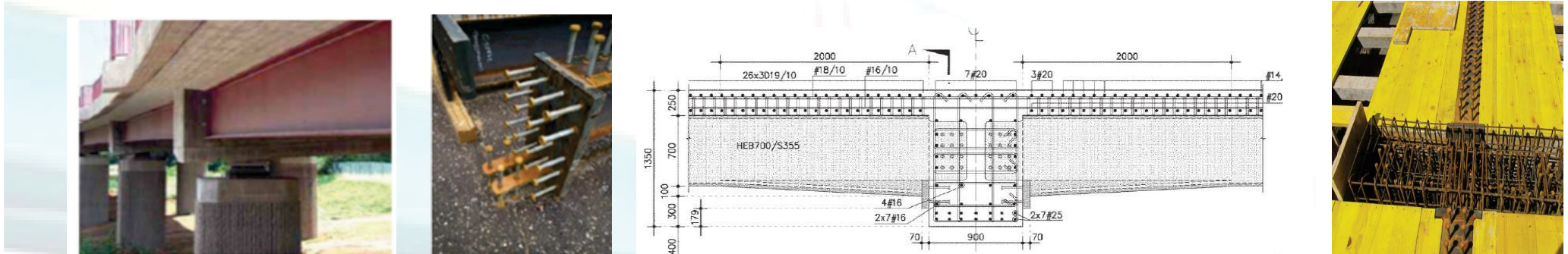
- Universités : Roma 3 (It), Trento (It), RWTH (All)
- Bureaux d'ingénierie : DOMI S.A. (Gr), Cerema (Fr)
- Fabricant matériaux: Arcelor Mittal. (Lux)

Objectifs :

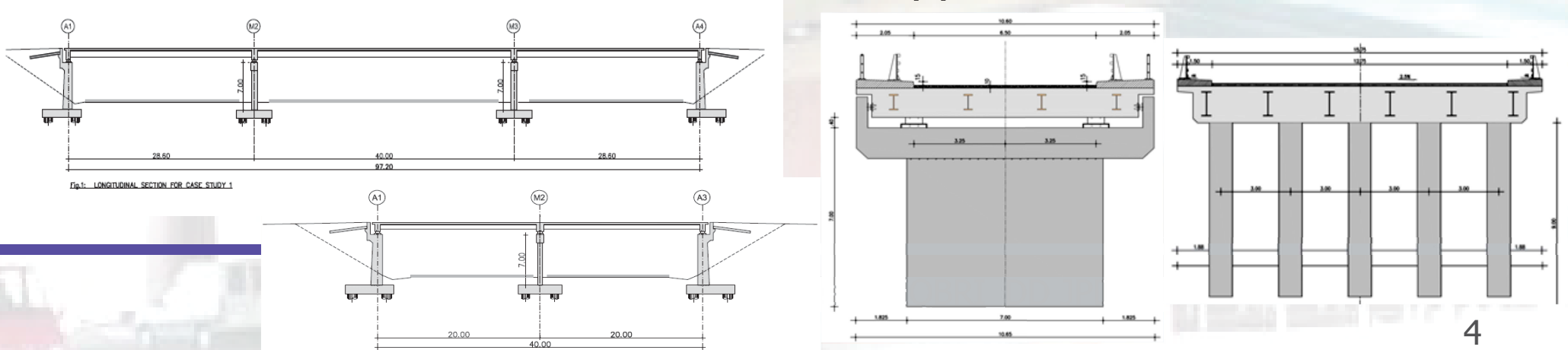
- Démontrer la performance sismique d'une typologie particulière de ponts (ponts « intégraux » avec poutres laminées à chaud en acier soudable à grains fins)
- Utiliser pour cela une approche performancielle (justification de ne pas dépasser une probabilité jugée acceptable d'excéder un certain coût de dommages) et promouvoir ce type d'approche en conception parasismique

Présentation générale et objectifs

Cas d'étude : ouvrages mixtes de petites et moyennes portées avec entretoise de liaisonnement en BA

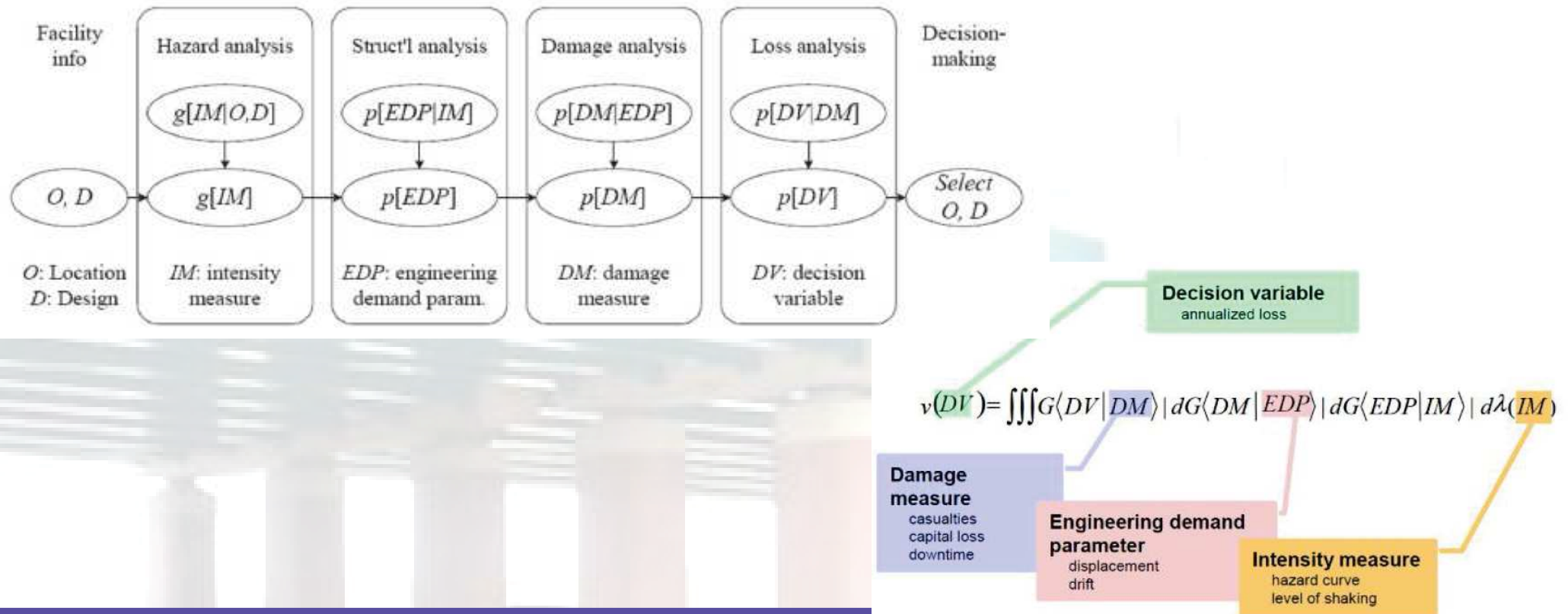


Différentes configurations : travures, géométrie de piles, tablier encastré sur piles ou appareils d'appui en élastomère



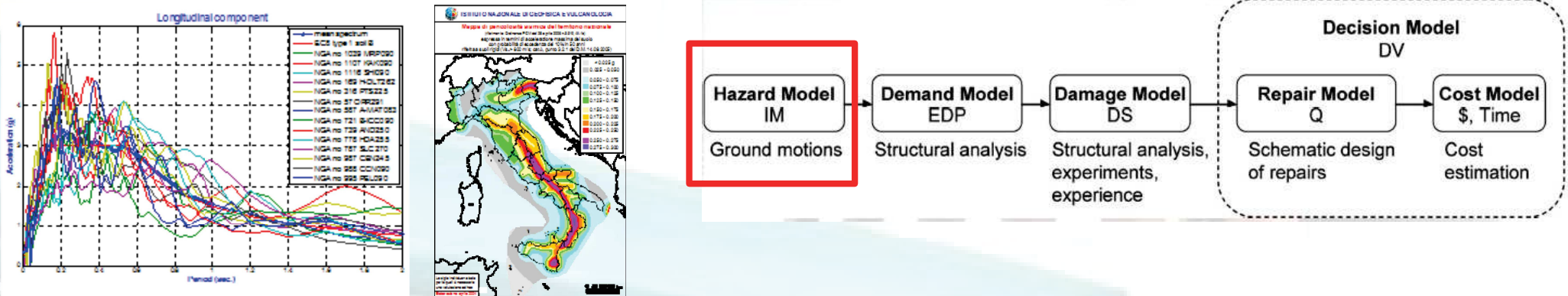
Démarche générale de l'étude

Une approche probabiliste à chaque étape du calcul...

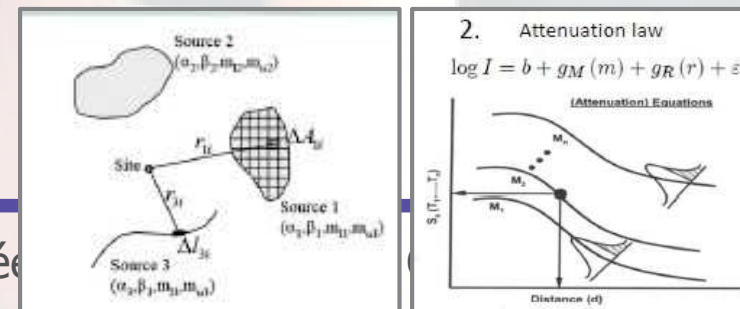


Démarche générale de l'étude

Évaluations d'aléa *(Univ. Roma 3, DOMI)*

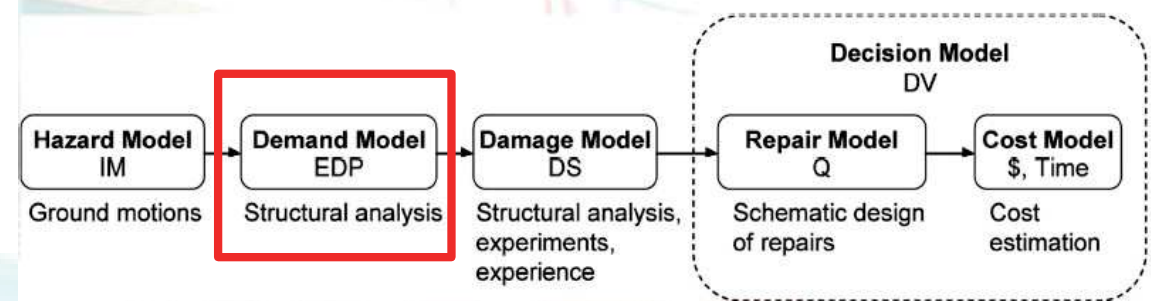


- Modèles de sources sismiques italiennes et grecques
- Périodes de retour associées
- Lois de propagation empirique des accélérations fonction de la distance à la source

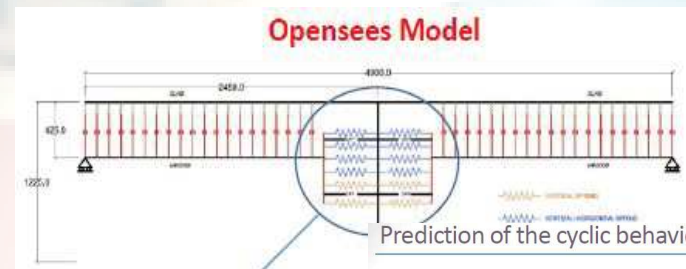
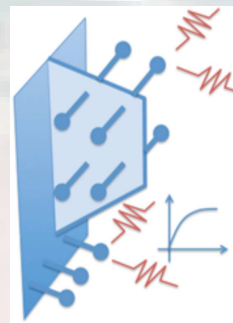
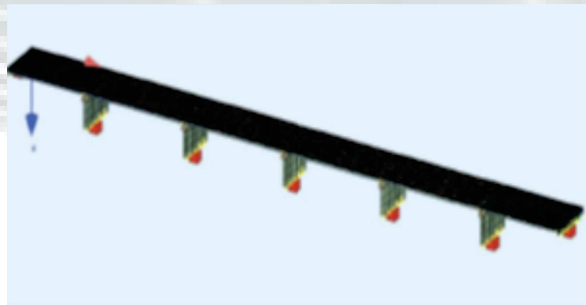


Démarche générale de l'étude

Évaluations des sollicitations *(Univ. Roma 3, Univ. Trento)*

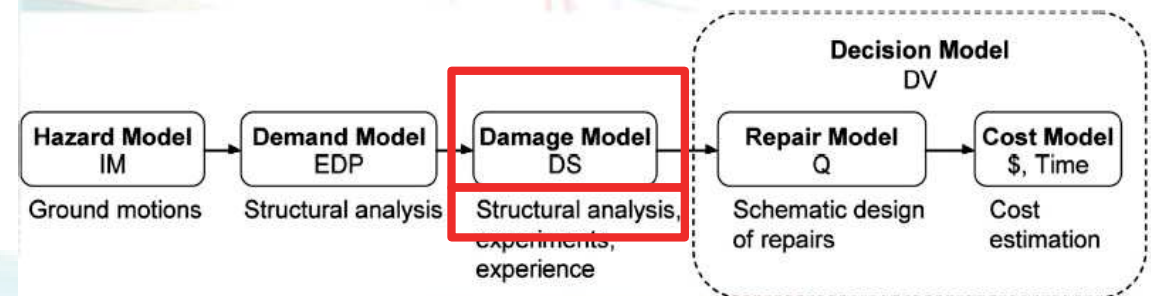


- Analyse à l'échelle de la structure ou des éléments de structure
- Résultats exprimés en terme de probabilité de dépasser certains niveaux d'efforts/déformations pour des périodes de retour d'aléa données...

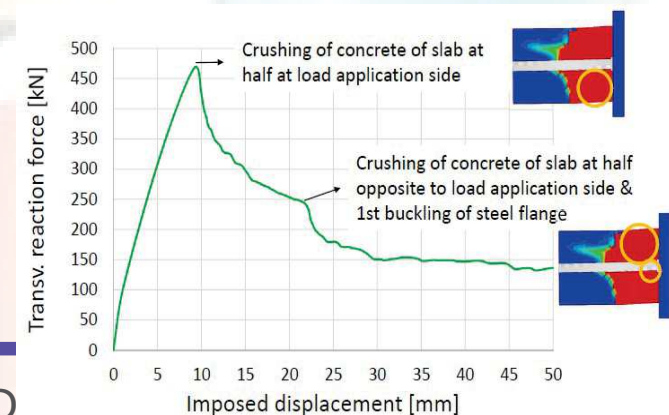
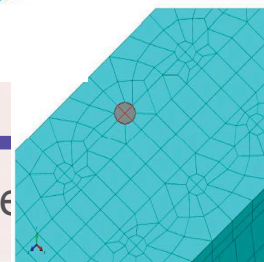
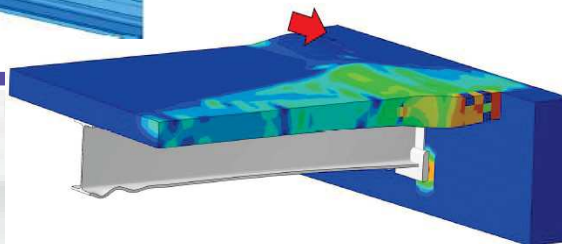
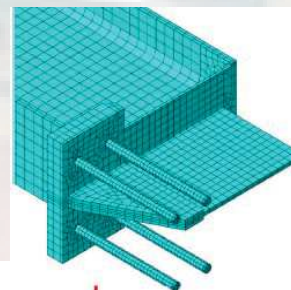
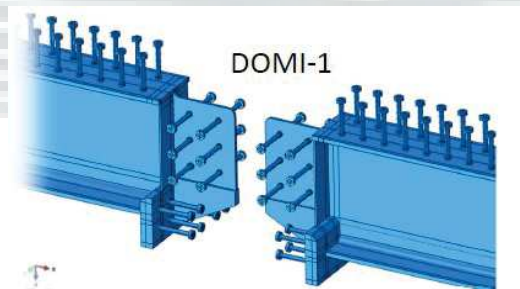


Démarche générale de l'étude

Évaluations des dommages (1/2) *(Univ. RWTH)*



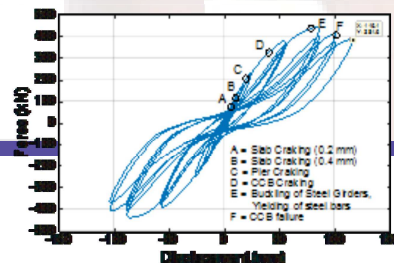
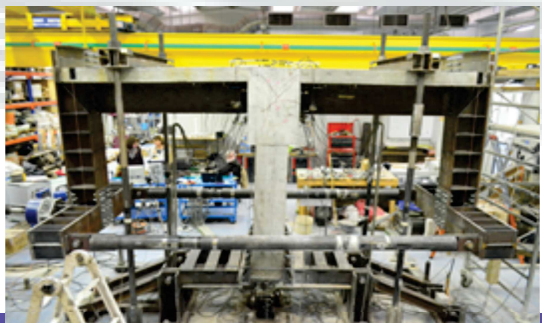
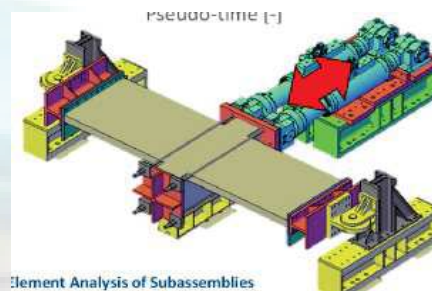
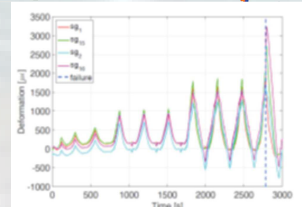
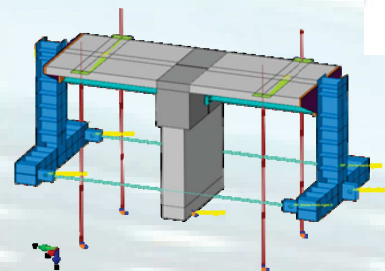
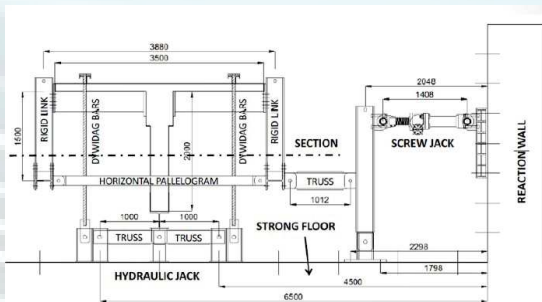
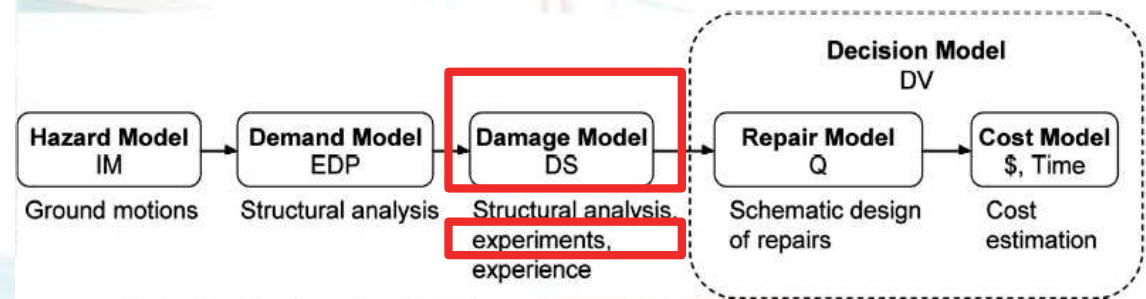
- Modélisations locales très raffinées
- Résultats exprimés en terme de probabilité de dépasser certains niveaux de dommage pour des niveaux de sollicitations donnés...



Démarche générale de l'étude

Évaluations des dommages (2/2) *(Univ. Roma 3 et Trento)*

- Calibrage des modèles et résultats à partir d'essais sur maquettes en laboratoire

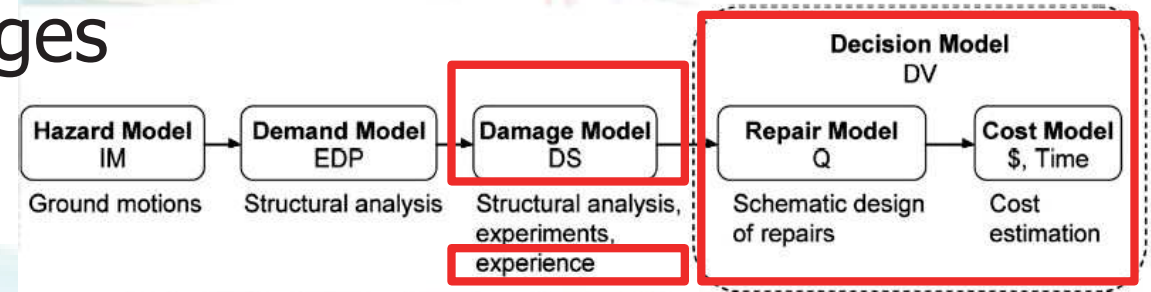


Direction longitudinale
(Univ. Roma 3)

Direction transversale
(Univ. Trento)

Contribution du Cerema

- Caractérisation et quantification des réparations associées aux niveaux de dommages
- Évaluation des coûts



- Approche générale basée sur une démarche américaine de référence (*Mackie's et al.*) déjà utilisée sur des ouvrages de typologie plus classique
- Qui suppose de définir :
 - des groupes homogènes d'éléments de structures (*Performance Groups*)
 - pour chacun d'eux : des états de dommage (*Damage States*) associés à des techniques et quantités de réparation spécifiques

Contribution du Cerema

$$C_{TOT|IM} = \sum_{l=1}^{N_{PG}} Q_{n,l} \Pr(DS_{PG_l} | im)$$

- Performance Groups (PG)

- PG1: Piles (pieds) – éventuellement sous divisées en fûts
- PG2: Piles (têtes) – éventuellement sous divisées en fûts
- PG3: Entretoise transversale BA
- PG4: Tablier – sous divisées en hourdis, poutres, superstructures...
- PG5: AA
- PG6: JdC et gardes-grèves fusibles

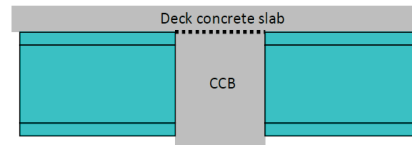
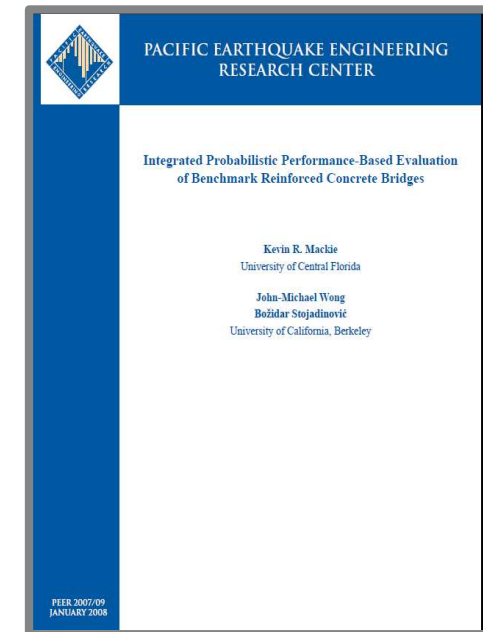


Figure 3.1: Interface limit choice between deck concrete slab and CCB

- États de dommages (DS_{PG}) calés sur définitions EC8-3

- DS0 : Négligeable
- DS1 : Limités
- DS2 : Significatifs
- DS3 : Proche ruine
- DS_{∞} : Effondrement généralisé



Contribution du Cerema

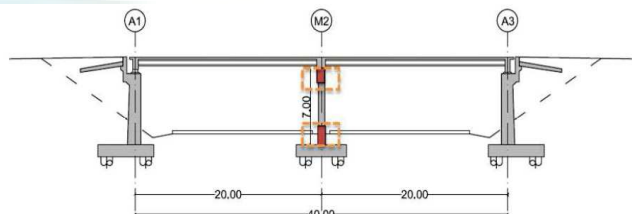
$$C_{\text{TOT}|IM} = \sum_{l=1}^{N_{PG}} Q_{n,l} \Pr(DS_{PG_l} | im)$$

- Bases de prix utilisées

- Coûts de construction déterminés dans le cadre du projet SBRI (*ponts intégraux en « statique »*)
- Données US (*Caltrans*)
- **Mercuriale Cerema des prix de réparation**
- **Etude Cerema/PCI 57 sur les coûts de renforcements sismiques**
- Retours d'expériences de séisme récents (**notamment Aquila**) et considérations générales liées aux coûts indirects (*mais données trop diffuses*)

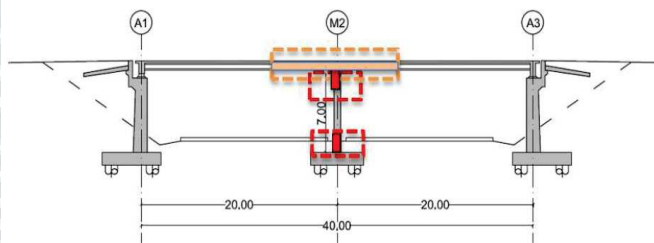
Contribution du Cerema

- Exemples de résultats obtenus sur un cas d'études
 - Scénarios de dommages, coûts et probabilité associés



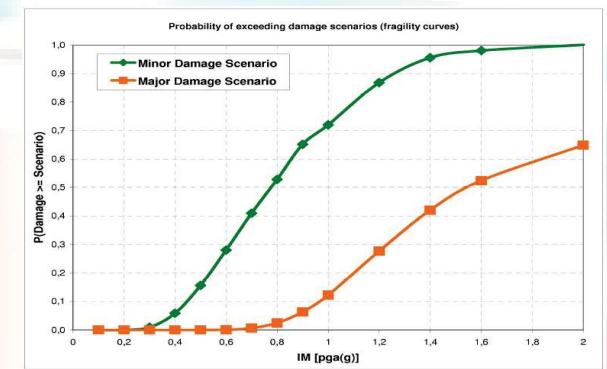
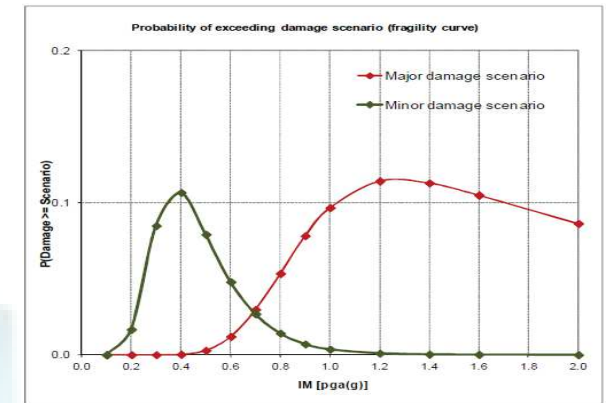
Scénario « dommages limités »

Performance Group	Niveau de dommage	Techniques réparation
PG1 (pied de pile)	DS1	Injections fissures et ragréage limité
PG2 (tête de pile)	DS0	-
PG3 (entretoise)	DS1	Injections fissures et ragréage limité
PG4 (tablier)	DS2	Injections fissures, nettoyage + résine



Scénario « dommages étendus »

PG1 (pied de pile)	DS2	Injections fissures et ragréage étendu
PG2 (tête de pile)	DS1	Injections fissures et ragréage limité
PG3 (entretoise)	DS2	Remplacement
PG4 (tablier)	DS2	Injections fissures, nettoyage + résine

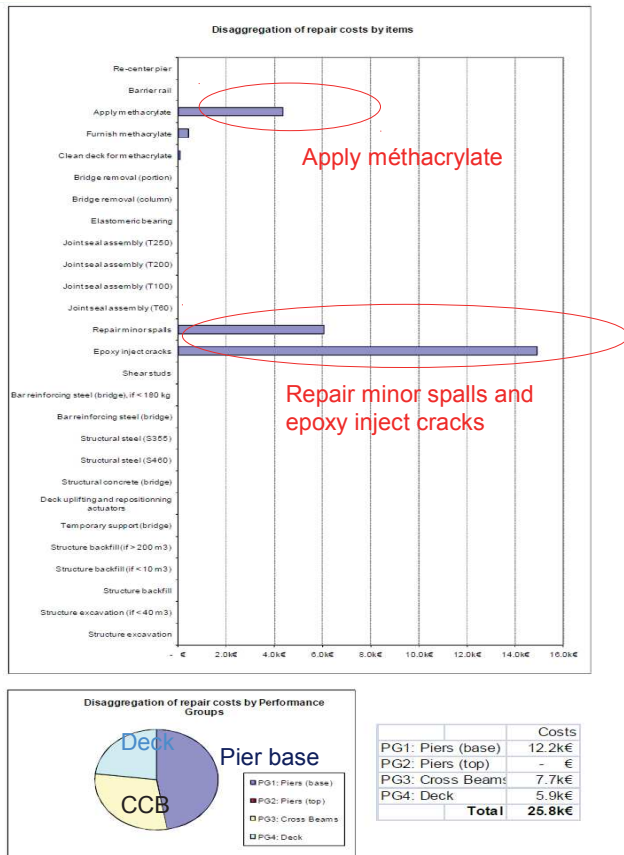


Scénario :	Coûts directs (relatifs % valeur OA)
Dommages limités	18 %
Dommages étendus	138 %

Contribution du Cerema

- Exemples de résultats obtenus sur un cas d'études
 - Ventilation des coûts par PG et techniques de réparations

Scénario
« dommages
limités »



Scénario
« dommages
étendus »

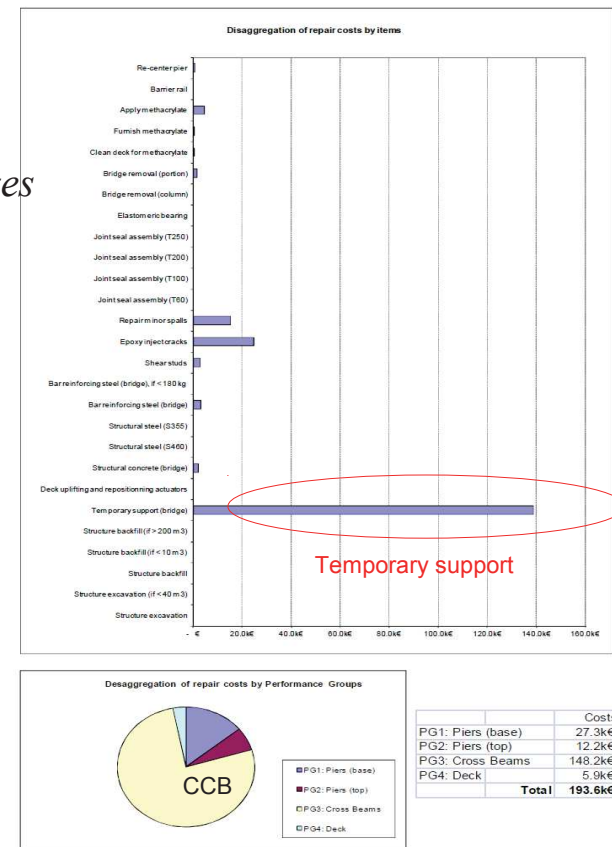


Figure 4.15: Disaggregation of total repair losses associated with minor damage scenarios by repair quantity and performance groups in the example of case-study 2.1.2 (based on mean unit costs, from different sources)

Figure 4.16: Disaggregation of total repair losses associated with major damage scenarios by repair quantity and performance groups in the example of case-study 2.1.2 (based on mean unit costs, from different sources)

Conclusions (1/2)

Résultats obtenus sur le cas d'étude testé :

- Probabilité d'occurrence significative d'un scénario de dommage limité pour des accélérations au rocher a_g comprises entre 0,3 et 0,6 g
(niveau sismicité Antilles)
- Probabilité d'occurrence significative d'un scénario de dommage étendu à partir de $a_g = 0,7$ g
- Coût de réparation probable *(ramené au coût de démolition / reconstruction)* de l'ordre de :
 - 5 à 8% pour un scénario de dommage limité
 - plus de 20 % pour un scénario de dommage étendu associé à une accélération $> 0,2$ g
- Coûts principalement dictés par endommagement piles et entretoise béton → optimisations de la conception possibles

Merci de votre participation



denis.davi@cerema.fr

jean-paul.deveaud@cerema.fr

www.seqbri.it