

# Club Ouvrages d'Art du 31 mai 2012 à Avignon



## Évaluation structurale des ouvrages existants

RESSOURCE

Prévention des risques

**Présent  
pour  
l'avenir**

# Le contexte

Pages

- Groupe de travail sur les méthodes courantes d'évaluation structurales
- Rapport sur l'état des pratiques du RST
- Publication en mai 2012 de la note d'information n°35 du Sétra



# Le contexte

---

Pages



- **Le patrimoine ouvrage d'art est vieillissant**
- **Le trafic routier est plus agressif**
- **L'évaluation structurale peut s'avérer nécessaire pour:**
  - **Prendre en compte une évolution de l'exploitation**
  - **Juger de son aptitude à supporter le passage de convois exceptionnels**
  - **Apprécier sa capacité portante résiduelle (pathologie)**

# Le contexte

---

Pages



## - Le cadre réglementaire

### Les eurocodes excluent explicitement les ouvrages existants:

Exemple : "Eurocode 1-2 — Actions sur les structures — Actions sur les ponts dues au trafic".

*Section 1 — Généralités : Paragraphe 1.1 Domaine d'application*

« (2) Les charges d'exploitation définies dans l'EN 1991-2 sont destinées à être utilisées pour le calcul des ponts **neufs**, piles, culées, murs garde-grève, murs en ailes et en retour, etc., ainsi que de leurs fondations

# Le contexte

Pages

## Deux exceptions: les Eurocodes 0 et 8

"Eurocode 0 - Eurocodes structuraux — Bases de calcul des structures".

*page 8 : paragraphe 1.1 "Domaine d'application"*

*(4) L'EN1990 est applicable pour l'évaluation structurale de constructions existantes, en vue de projeter des réparations et des modifications ou d'étudier des changements d'utilisation.*

*NOTE : des dispositions additionnelles ou modifiées pourront se révéler nécessaires selon le cas.*

- "Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes — Partie 3 :évaluation et renforcement des bâtiments".

# Le contexte

---

Pages

- **norme 13822:2001 « Bases du calcul des constructions – Évaluation des constructions existantes »**
- **Eurocode en cours de rédaction  
« Assessment and retrofitting of Existing structures »  
« Évaluation et rénovation des structures existantes »**



# Le contexte

Pages

- **En l'absence de texte 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 n'est pas non plus possible de s'appuyer entièrement sur les règlements anciens qui n'intègrent pas les évolutions des connaissances.**
- **Il est nécessaire de tenir compte de l'état de l'ouvrage.**
- **Responsabilité du MOE et du MOA**

# Plan de na note d'information

Pages

- 
- La démarche des calculs
  - Quels règlements utiliser pour les évaluations structurales ?
  - Prise en compte de l'ELS et de l'ELU
  - Quels aménagements prendre en compte ?
  - Quelles caractéristiques mécaniques retenir pour les matériaux en bon état ?
  - Quelles caractéristiques mécaniques retenir pour les matériaux présentant des désordres ?
  - Comment prendre en compte la connaissance de l'existant et notamment les désordres et le résultat des auscultations ?
  - Comment trouver des réserves de capacité portante ?
  - Évaluation sans recalcul
  - Les convois exceptionnels



# La démarche des calculs Pages

---

- **1ère étape: le fait que l'ouvrage est déjà construit n'est pas ou peu pris en compte**
  - Utilisation des règlements pour OA neufs,
  - CE: comparaison des sollicitations

Ne s'applique pas aux cas d'ouvrages présentant des désordres
  
- **2ème étape: le fait que l'ouvrage est déjà construit est pris en compte**
  - Utilisation des règlements pour OA neufs avec adaptations,
  - Prise en compte auscultation et instrumentation
  - Recherche de réserve de capacité portante
  
- **3ème étape: approche fiabiliste**

# Quels règlements?

---

Pages

## - Quel règlement de calculs?

**Application des Eurocodes**

## - Quel règlement de charge?

**Eurocodes 1-2**

- Pour les ouvrages autoroutiers à fort trafic PL: pas d'adaptation
- Pour les autres ouvrages: possibilité de comparer avec l'effet des charges du règlement français (fascicule 61 titre II)

**Charges eurocodes plus agressives pour certains OA**

# ELS et/ou ELU?

Pages

**États-limites de service : états correspondant à des conditions au-delà desquelles les exigences d'aptitude au service spécifiées pour une structure ou un élément structural ne sont plus satisfaites.**

**Doivent être classés comme états-limites de service ceux qui concernent :**

- le fonctionnement de la structure ou des éléments structuraux en utilisation normale ;
- le confort des personnes ;
- l'aspect de la construction.

**États-limites ultimes : états associés à un effondrement ou à d'autres formes similaires de défaillance structurale.**

**NOTE : Cette notion correspond généralement à la capacité portante maximale d'une structure ou d'un élément structural. Doivent être classés comme états-limites ultimes ceux qui concernent :**

- la sécurité des personnes ;
- et/ou la sécurité de la structure.

# ELS et/ou ELU?

Pages

**- Le principe selon lequel un ouvrage existant peut avoir un niveau théorique d'aptitude au service (ELS) inférieur à celui requis pour un ouvrage neuf est appliqué dans le Ministère.**

**Ce principe n'est cependant pas applicable au cas des évaluations structurales pour passage de convois exceptionnels. Dans ce cas, les exigences de l'ELS doivent être vérifiées.**

**- Le principe selon lequel un ouvrage existant doit avoir un niveau de sécurité structurale (ELU) comparable à celui requis pour un ouvrage neuf est appliqué dans le Ministère.**

# Quels aménagements?

Pages

## 1 Coefficients partiels de sécurité à l'ELU

### - Coefficients partiels relatifs aux charges permanentes

$\gamma_G = 1,35$ , produit de deux coefficients  $\gamma_{sd}$  et  $\gamma_g$ .

$\gamma_{sd}$  correspond aux incertitudes de modélisation, et vaut 1,125.

Cette valeur n'est en général pas modifiée.

$\gamma_g$  correspond à l'incertitude sur la valeur de G. Cette valeur peut être légèrement réduite, sur la base de résultats d'investigations.

Au total, il convient de ne **pas descendre au-dessous de  $\gamma_G = 1,20$** .

- Mesure d'épaisseur d'enrobés,
- Relevés géométriques
- Masse volumique...

### - Coefficients partiels relatifs aux charges routières

**A ne pas modifier**

# Quels aménagements?

---

Pages



## - Coefficients partiels relatifs aux matériaux

(EN 1992-1-1) propose une annexe A informative appelée « Modification des coefficients relatifs aux matériaux » qui peut être appliquée au cas d'un ouvrage existant et peut conduire à des réductions significatives des coefficients partiels

# Quels aménagements?

---

Pages



## 2 Caractéristiques pour les matériaux en bon état

### - Ouvrages postérieurs à 1960

#### **Recalcul des résistances visées dans les documents d'exécution ou mesures in-situ**

- Résistances béton à actualiser en valeurs caractéristiques sur éprouvettes cylindriques
- Fc90 au lieu de fc28

### - Ouvrages antérieurs aux années 1960

#### **Mesures in-situ**

NF EN 13791 de septembre 2007 "Évaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments préfabriqués en béton"

# Quels aménagements?

---

Pages



## 3 Caractéristiques pour les matériaux présentant des désordres

### - Corrosion des armatures passives

- Réduction de section
- Réduction du palier plastique
- Réduction de la résistance à la fatigue
- Réduction de l'adhérence

**Vérification à L'ELU sur la base de la section résiduelle non corrodée et sans plastification autorisée**

### - Corrosion des armatures actives

**Vérification de la susceptibilité à la corrosion fissurante sous tension**



# Comment trouver des réserves de capacité portante?

---

Pages

- **Taux de travail pour les matériaux plus importants**
  - Les limites des anciennes règles de calcul étaient en général plus faibles => exemple règlement de béton armé de 1934. => évaluation par des essais
  
- **Modélisations plus fines**
  - Éléments finis
  
- **Méthodes de justification plus évoluées**
  - Ex calcul du déversement avec la méthode de 1er ordre de l'eurocode plus défavorable que l'ancienne réglementation (25%) => Calcul au second ordre
  
- **Redistribution après plastification, participation d'éléments habituellement négligés**

# Quels aménagements?

---

Pages



## 4 Prise en compte des désordres et du résultat des investigations

- Nécessiter de croiser les résultats du calculs et si nécessaire de recalibrer les modèles afin qu'ils soient cohérents avec les résultats des investigations et expliquent les pathologies observées.

# Les convois exceptionnels

Pages

## - Principes de calcul

- Comparaison des sollicitations
- Utilisation implicite du règlement de calcul de l'époque  
=> **Prudence pour les règlements « non modernes »**  
**(antérieurs à 1965) : vérification à l'ELU et vérification de l'absence de fragilité.**

## - Incertitude sur la valeur de la charge

- Coefficient de 1,1 qui peut dans certains cas très particuliers être réduit (valeur plancher 1,05)

# Les convois exceptionnels

---

- **L'ouvrage va réellement être sollicité par le convoi**
  - => justification à l'ELS avec un niveau équivalent à celui requis pour un OA neuf.
- **Le nombre de passage est en général limité**
  - Pas de vérification à la fatigue
  - Critère ELS de fissuration des OA en béton peut être moins sévère ( $0,8 f_{yk}$  par exemple)

# Documents anciens

---

Pages

**Ces documents sont téléchargeables sur le site « Piles » du Sétra.**

- la plupart des règlements de calcul et de charge publiés en France depuis 1852 ;
- la plupart des agréments et autorisations de distribution des armatures et procédés de précontrainte ;
- la plupart des agréments et homologations des armatures de béton armé ;
- la plupart des textes sur les convois exceptionnels ;
- des documents de synthèse sur ces différents textes.