

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

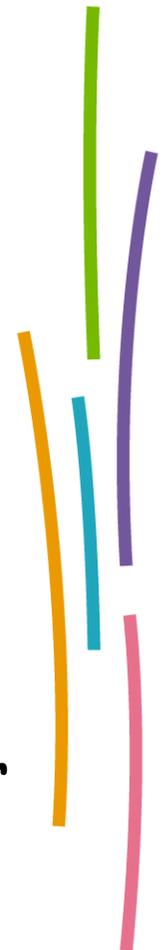
Pages



- **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 γ_{sd} et γ_g .

γ_{sd} correspond aux incertitudes de modélisation, et vaut 1,125.

Cette valeur n'est en général pas modifiée.

γ_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 $\gamma_G = 1,20$** .

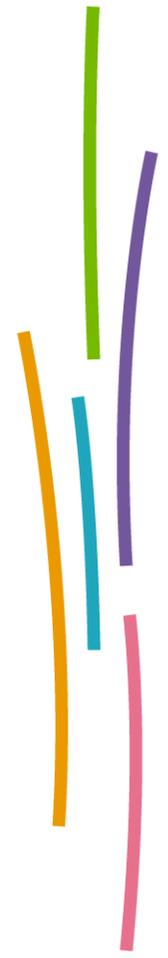
- Mesure d'épaisseur d'enrobés,
- Relevés géométriques
- Masse volumique...

- 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

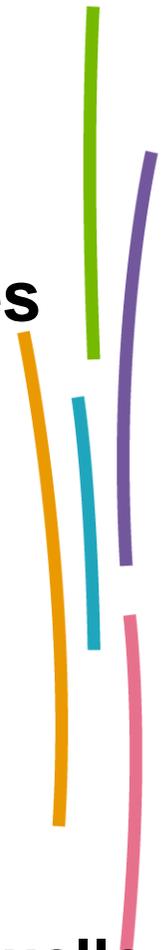
- Ouvrages antérieurs aux années 1960

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.

