

Club Ouvrages d'Art du grand Sud-Ouest

Le Guide « Conception des réparations structurales et des renforcements »

Auteur : Pierre BARRAS – Cerema DTerSO

26 novembre 2015 - Pinsaguel





Le contexte

- Quels textes appliquer pour un ouvrage existant ?
- Peu de textes applicables aux calculs des ouvrages existants
- **Norme ISO 13822 « Bases du calcul des constructions Évaluation des constructions Existantes »**
- **Eurocode : « Évaluation et rénovation des structures existantes » en cours de rédaction**
- **Eurocodes pour ouvrages neufs avec des adaptations**



Le contexte

Domaine d'application des Eurocodes

L'eurocode 0 base de calcul des structures précise en l'article 1.1 note (4) que: *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.

En général les autres Eurocodes ne concernent que les ouvrage neufs par exemple l'Eurocode 1-2 - Actions sur les structures - Actions sur les ponts dues au trafic".

Le contexte

- Mise au point d'un corpus technique en cours
- - Note d'information n°35 « Méthodes courantes d'évaluation structurale des ouvrages existants - Pratiques en vigueur dans le RST » Sétra – Mai 2012
- - Guide méthodologique « Maîtrise des risques - Application aux ouvrages existants » Sétra – Janvier 2013
- - Guide méthodologique « Résistance à l'incendie - Évaluation des ponts routiers » Cerema – 2015
- - Guide méthodologique « Diagnostic et renforcement sismiques des ponts existants » Cerema – 2015
- - Rapport d'études « Méthodes avancées pour le recalcul des ponts - Ajustement des coefficients partiels » Cerema – A paraître
- - Guide méthodologique « Guide pour l'évaluation structurale et la réparation des VIPP » Cerema – A paraître



Conception des réparations structurales et des renforcements des ouvrages d'art

- Recueil des pratiques du Ministère
- Son ambition : fournir des indications aux projeteurs sur la conception et la justification par le calcul de ces réparations/renforcements



Direction technique
Infrastructures de transport et matériaux

Guide méthodologique □

**Conception des réparations structurales
et des renforcements des ouvrages d'art**
Pratiques du Réseau Scientifique et Technique

mai 2015





Présentation générale du guide

- Ce guide présente la démarche d'élaboration du projet de réparation renforcement.
- Traite du calcul et de la modélisation
- Propose des adaptations des règlements et règles de l'art utilisés pour le calcul des OA neufs
- Propose des réponses aux questions récurrentes :
 - quel règlement de calcul, quel règlement de charge?
 - quels coefficients de sécurité?
 - quelles caractéristiques pour les matériaux?
 - comment tenir compte des pathologies observées?
 - comment prendre en compte la connaissance de l'existant?



Plan du guide

Le guide comprend:

- La démarche générale d'élaboration du projet de réparation.
- Les principes généraux des calculs
- La conception des réparations et renforcements des ouvrages en béton
- La conception des réparations et renforcements des ouvrages métalliques et mixtes.
- Des annexes

Plan du guide

Annexe 1 – Bibliographie

Annexe 2 – Autres documents relatifs à la réparation

Annexe 3 – Liste des annexes électroniques

- **Annexe A : Evolution des règlements et des matériaux**
 - A.1 Evolution des règles de charges des ponts routes
 - A.2 Evolution des règlements des ponts en béton armé ou précontraint
 - A.3 Evolution des règlements des ponts métalliques ou mixtes
 - A.4 Evolution des matériaux et de certains procédés
 - A.5 Evolution des caractéristiques des aciers de construction métallique
 - A.6 Valeurs indicatives des coefficients de relaxation des anciens câbles de précontrainte
 - A.7 Abaques vis-à-vis du déversement des semelles comprimées des ponts mixtes

- **Annexe B : Fiches d'exemples de réparation ou de renforcement**

Diverses fiches relatives aux différents types de réparation et de renforcement.

- **Annexe C : Exemples de calculs de dimensionnement**

Diverses fiches relatives aux calculs de réparation et de renforcement.



L'élaboration du projet

La démarche générale d'élaboration d'une réparation structurale est longue, délicate et fait appel à un grand nombre d'intervenants. La complexité provient principalement de:

- La difficulté à parvenir, avec un coût et un délai raisonnable, à une connaissance suffisante de l'ouvrage tant pour l'évaluer que pour définir les réparations.
- La difficulté à imaginer dans le détail les bonnes méthodes de réparation sans avoir la connaissance fine des moyens et méthodes que les entreprises peuvent mettre en œuvre.
- La difficulté à arbitrer les conditions d'exploitation à maintenir lors de l'exécution des travaux.

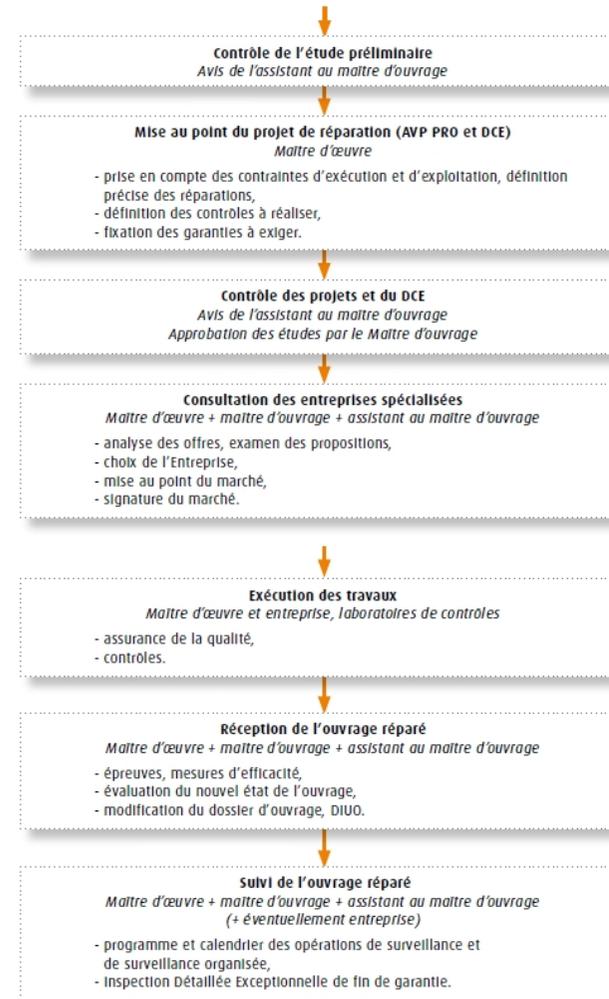
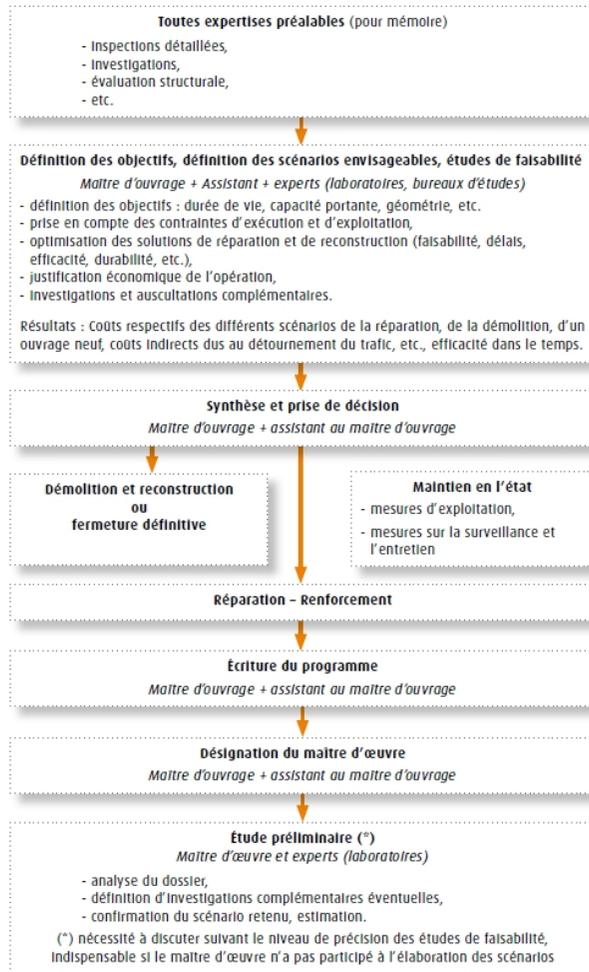
L'élaboration du projet

Il est souhaitable de réunir au plus tôt les différents acteurs concernés pour ne pas conduire le projet de réparation dans une impasse.

Le guide ne traite pas des réparations courantes relatives à la dégradation superficielle des matériaux ou aux équipements d'usage; cependant, il peut toujours être utile de s'inspirer des principes proposés ci-dessous pour l'élaboration des projets correspondants.



L'élaboration du projet



Les principes des calculs

Application des Eurocodes*, car ils intègrent les dernières connaissances scientifiques, mais avec des aménagement possibles pour autant que l'ordre de grandeur du niveau de sécurité structurale soit conservé

* et notamment des charges d'exploitation car elles sont représentatives des charges de trafic actuelles

Les principes des calculs

- Justification à l'ELU pour assurer en toute circonstance la sécurité structurelle.
- Justification à l'ELS pour assurer durabilité.

Pour effectuer ces justifications il faut prendre en compte la meilleure connaissance que l'on a de l'ouvrage (investigations, mesures, instrumentations, etc.)

Ces principes sont en phase avec ceux retenus dans les premières réflexions de l'Eurocode sur les structures existantes, Eurocode en cours d'élaboration

Exemples d'aménagements

La meilleure connaissance qu'il est possible d'avoir du poids propre de l'ouvrage peut permettre d'abaisser le coefficient partiel relatif aux charges permanentes à l'ELU ($1,35 \Rightarrow 1,2$) sans pour autant porter atteinte au niveau de fiabilité

Les réserves de capacité portante identifiées lors de l'évaluation structurale peuvent être en règle générale utilisées dans le projet de réparation (mise au point des modèles de calculs, prise en compte de la participation d'éléments généralement négligés)

Exemples d'aménagements:

Caractéristiques des matériaux déduites du dossier d'ouvrage pour les ouvrages modernes (depuis les années soixante). Pour les ouvrages plus anciens prélèvements souhaitables

Possibilité de retenir un taux de travail pour les matériaux plus important que celui pris en compte lors de la conception (par exemple, dans le règlement de béton armé de 1934, le taux de travail des aciers doux était limité à 13 ou 14 kg/mm² et celui du béton limité à 0,28 N90)

Exemples d'aménagements:

Mais il est aussi parfois nécessaire:

- de réduire les caractéristiques mécaniques des matériaux par rapport à celles prises en compte lors de la conception (par exemple, la corrosion a pour effet de réduire le palier plastique des armatures avant rupture.
- De tenir compte de l'influence des désordres sur le fonctionnement de la structure (par exemple l'importance de la fissuration peut entraîner une redistribution d'efforts du fait d'une perte de rigidité de la structure



Ouvrages en béton

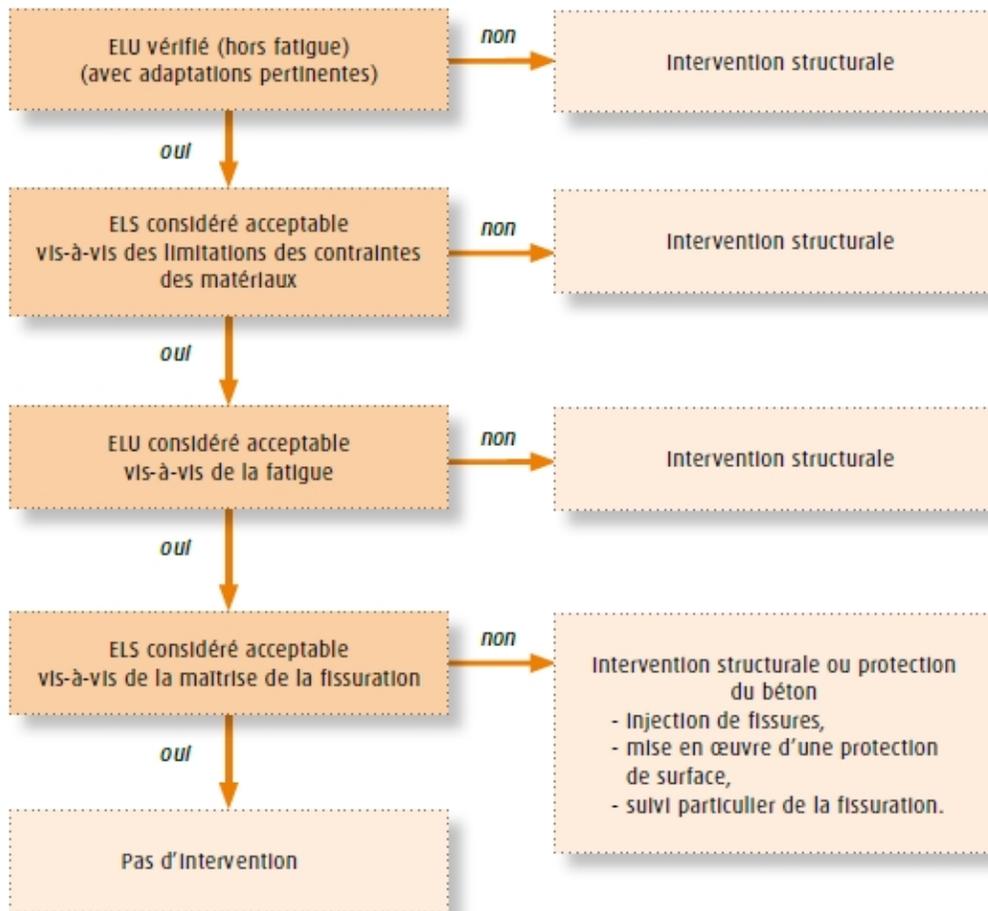
Ce guide s'applique pour la conception des réparations et renforcements par:

- Ajout de béton.
- Ajout ou remplacement d'aciers passifs.
- Mise en œuvre de matériaux composites collés.
- Mise en œuvre d'une précontrainte additionnelle.



Ouvrages en béton

Application du principe des états limites



« Le niveau d'aptitude au service de l'OA, s'il doit rester satisfaisant peut demeurer inférieur à celui d'un OA neuf »

Choix du MOA après études et considérations socio économiques



Ouvrages métalliques et mixtes

Ce guide s'applique pour la conception des réparations et renforcements :

- Par remplacement d'élément.
- Par ajout de matière.
- Pour l'amélioration vis-à-vis de la fatigue

Le guide traite également:

- Des transferts de charge, des reprises provisoires d'efforts
- Du choix de la technique d'assemblage.



Ouvrages métalliques et mixtes

Application du principe des états limites

Les Eurocodes s'appuient sur les caractéristiques de ductilité des aciers modernes. Pour un ouvrage existant, il faut s'assurer de la capacité de plastification effective de la section;

Ces exigences peuvent être considérées acquises pour les aciers de charpente postérieurs à 1960. Avant, l'expertise des caractéristiques des matériaux en place est nécessaire

Le critère de vérification de la résistance des éléments aux instabilités est plus sévère que celui des règlements antérieurs. Il y a donc lieu d'utiliser des méthodes plus précises visées par l'Eurocode pour le calcul de la contrainte critique de flambement ou calcul au second ordre



Conclusion

L'ingénierie des ouvrages existants représente un enjeu majeur pour les années à venir.

En attendant un Eurocode dédié à l'évaluation structurale et la réparation, projeteurs et maîtres d'ouvrages pourront utilement s'appuyer sur ce guide pour concevoir une réparation ou un renforcement.

A noter que ce document, dédié à la justification des réparations et renforcements, s'inscrit dans le prolongement de la note d'information n°35 du Sétra « Méthodes courantes d'évaluation structurales des ouvrages existants ».

Plus détaillé, il peut également être utilisé dans le cadre d'une évaluation en complément de la note.

Groupe de travail et de relecture

Groupe de rédaction :

Pierre Barras	Cerema / DTerSO
Jean-Christophe Carlès	Cerema / DTerMéd
Damien Champen	Cerema / DTerEst
Nathalie Cordier	Cerema / DTerMéd
Pierre Corfdir	DIR Est
Sébastien Defaux	Cerema / DTerNC
Fernando Dias	DRIEA / DiRIF
Didier Germain	Cerema / DTerCE
Anthony Hékimian	Cerema / DTerMéd
Laurent Labourie	Cerema / DTerNP
Jean-Michel Lacombe	Cerema / DTecITM
Sébastien Neiers	Cerema / DTerEst
Pierre Peyrac	DRIEA / DiRIF
Fabien Renaudin	Cerema / DTerEst
Fabien Rizard	Cerema / DTecITM

Groupe de relecture :

Christophe Aubagnac	Cerema / DterCE
Jacques Berthelley	Cerema / DTecITM
Jean-Jacques Brioist	Cerema / DTerNP
Eric Delahaye	Cerema / DTerNP
Hervé Ditchi	Cerema / DTerOuest
Frédéric Edon	CG 13
Emmanuel Ferrier	Université Lyon 1
Bruno Godart	IFSTTAR
Philippe Jandin	Cerema / DTecITM
Thierry Kretz	IFSTTAR
Pierre Paillusseau	Cerema / DTerSO
Benoit Poulin	Cerema / DterOuest

Merci de votre attention

Pierre Barras Chargé d'études

Département Ouvrages d'Art de la DTerSO

(0) 556 706 493 pierre.barras@cerema.fr