



Christophe AUBAGNAC

Cerema
Directeur adjoint
Agence d'Autun et chef de
groupe OA





LA GESTION PATRIMONIALE DES OUVRAGES D'ART : PRINCIPALES MÉTHODES D'ÉVALUATION ET OUTILS DE PRIORISATION



Christophe AUBAGNAC
Cerema - Agence d'Autun

SOMMAIRE

1

- Généralités sur la gestion patrimoniale des ouvrages d'art

2

- Principales méthodes d'évaluation des ouvrages d'art

3

- Outils de priorisation

4

- Conclusions

01

Généralités sur la gestion patrimoniale des ouvrages d'art

Gestion des patrimoines OA: enjeu majeur pour les maîtres d'ouvrage, une priorité retrouvée !

- Vieillissement des patrimoines d'OA, trafics routiers de plus en plus agressifs, effets du changement climatiques; des ponts s'effondrent...
- **Impératif maintien d'un état fonctionnel satisfaisant des OA pour assurer les niveaux de service et de sécurité en exploitation fixés ou attendus** (responsabilité des MOA), **tout en maîtrisant les dépenses.**
- Réalité économique et environnementale (développement durable): **à de rares exceptions près, « mieux vaut réparer, réhabiliter que démolir et reconstruire ».**
- **Définition nécessaire d'une politique de gestion**, mise en place d'une organisation spécifique, attribution des moyens humains, matériels et financiers nécessaires, recensement, surveillance, **évaluation des OA**, programmation, **priorisation**, planification, réalisation des actions (études et travaux), retours d'expérience sur l'efficacité.
- **Cependant, grande variété de MOA avec des moyens, enjeux et une connaissance du sujet très variables...**

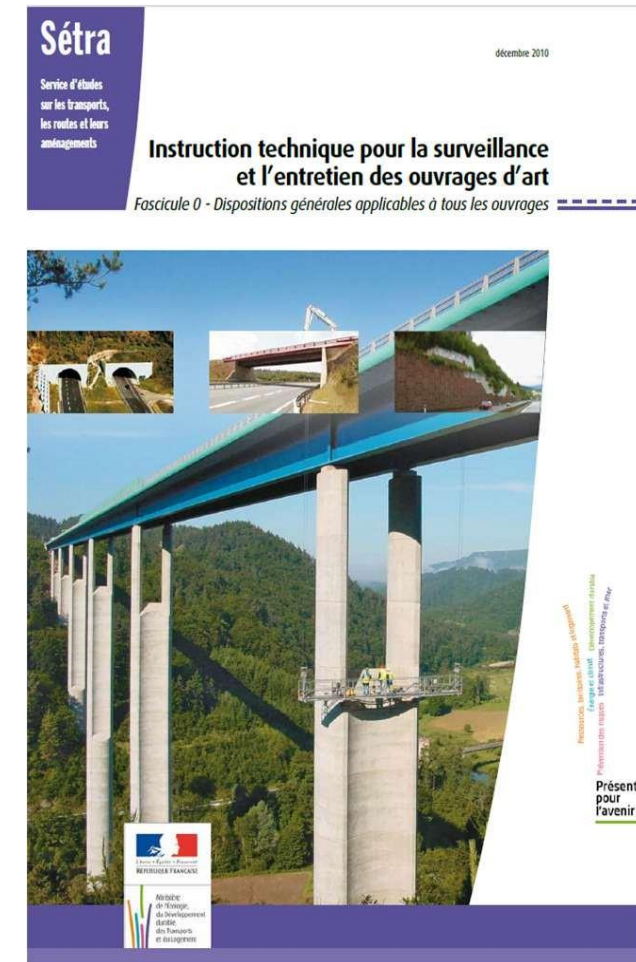


02

Principales méthodes d'évaluation des ouvrages d'art

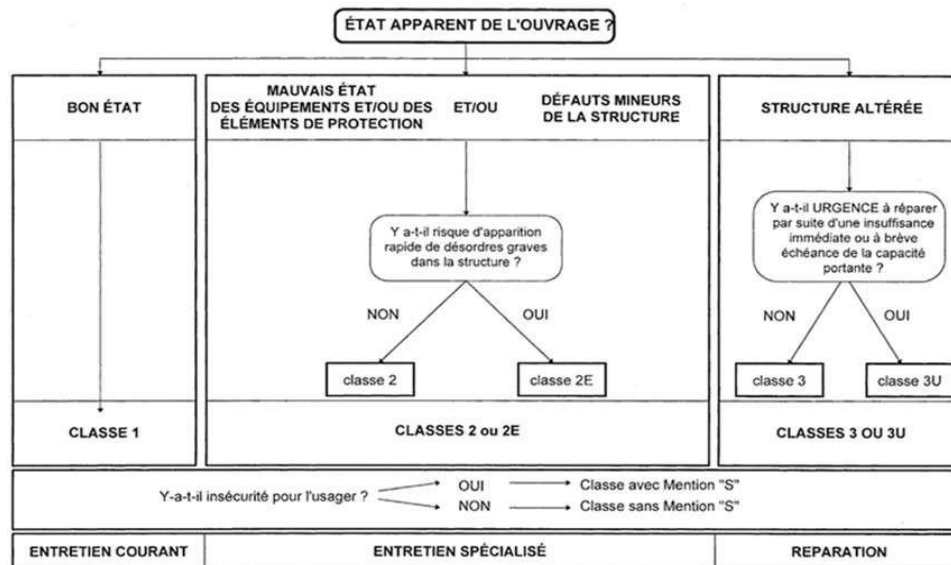
Le patrimoine OA de l'Etat (RRN non concédé / concédé)

- Référentiel = **ITSEOA** de 1979, révisée en 2010 (fascicule 0 et fascicules « guides techniques »)
- **Actions périodiques de surveillance des OA:**
 - Le contrôle annuel
 - **Les visites d'évaluation (périodicité 3 ans)**
 - Les inspections détaillées (OA liste 2) (périodicité 6 ans)
 - Les inspections détaillées de parties d'OA (périodicité 6 ans)
- **Actions liées à des événements particuliers de la vie des OA:**
 - Inspection détaillée initiale
 - Inspection spécifique de fin de garanties contractuelles
 - Actions liées à des événements imprévus
 - **Analyse des risques** pour les familles d'OA sensibles ou exposés à des aléas naturels
- **Régimes particuliers de surveillance d'OA:**
 - Surveillance renforcée
 - Haute surveillance
- Adaptation du niveau de service et/ou des conditions d'exploitation, actions ou mesures de sauvegarde immédiates...



Le patrimoine OA de l'Etat – visites d'évaluation des OA - IQOA

- Depuis mai 1996 : méthode Image Qualité des Ouvrages d'Art (IQOA)
- Ponts, murs puis tranchées couvertes - méthode à 5 niveaux + éventuelle mentions S
- Relevé et cotation des défauts et des désordres (structure: tablier et appuis / éléments de protection / équipements) ⇔ PV et catalogues de désordres
- Priorisation a priori par la gravité de l'état (cotation la plus sévère relevée; pas de quantification pour les ponts)
- Cependant, prise en compte d'une quantification des désordres pour les tranchées couvertes (2014) et les murs (2018)



Classe 1	Ouvrage en bon état apparent relevant de l' entretien courant au sens de l'ITSEO.
Classe 2	Ouvrage, • dont la structure est en bon état apparent mais dont les équipements ou les éléments de protection présentent des défauts, • ou dont la structure présente des défauts mineurs, et qui nécessite un entretien spécialisé sans caractère d'urgence .
Classe 2E	Ouvrage, • dont la structure est en bon état apparent mais dont les équipements ou les éléments de protection présentent des défauts, • ou dont la structure présente des défauts mineurs, et qui nécessite un entretien spécialisé URGENT, pour prévenir le développement rapide de désordres dans la structure et son classement ultérieur en 3.
Classe 3	Ouvrage dont la structure est altérée et qui nécessite des travaux de réparation mais sans caractère d'urgence.
Classe 3U	Ouvrage dont la structure est gravement altérée, et qui nécessite des travaux de réparation URGENTS liés à l'insuffisance de capacité portante de l'ouvrage ou à la rapidité d'évolution des désordres pouvant y conduire à brève échéance.
NE	Ouvrage non évalué (ou classe IQOA > 3 ans)
Mention S	Défauts ou déficiences constatés sur l'ouvrage pouvant mettre en cause la sécurité des usagers et nécessitant de ce fait d'être traités de manière urgente (cette cotation doit refléter un défaut d'une partie d'ouvrage existante ou disparue, et non pas une non-conformité à des règles de sécurité ou un niveau de sécurité jugé insuffisant).

Le patrimoine OA des Départements, Métropoles – visites d'évaluation des OA

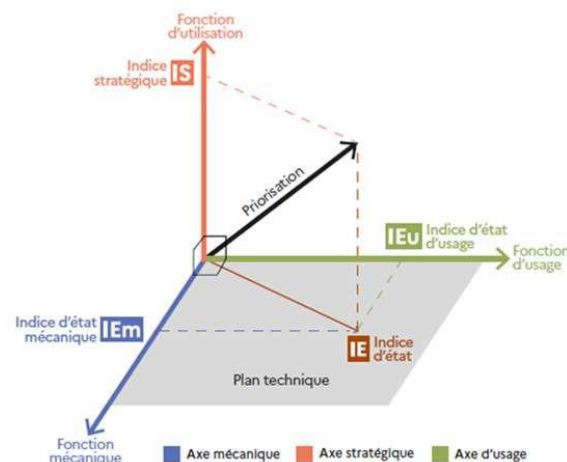
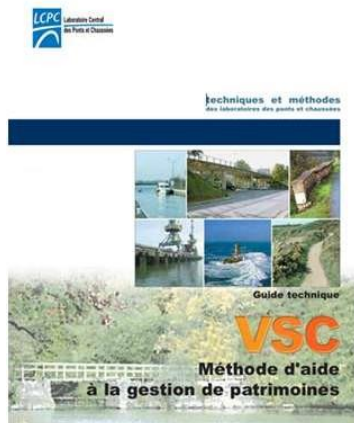
Aucun référentiel, aucune méthodologie imposés lors des décentralisations successives...
Mais **souvent** basés ou inspirés de l'ITSEOA et des méthodes de gestion des ouvrages d'art développées par le RST du Ministère des transports :

- la méthode **IQOA** (5 niveaux),
- la méthode des **Visites Simplifiées Comparées (VSC)** (4 niveaux),
- la **Méthode Départementale (MD)** (8 niveaux).

Le patrimoine OA des Départements, Métropoles

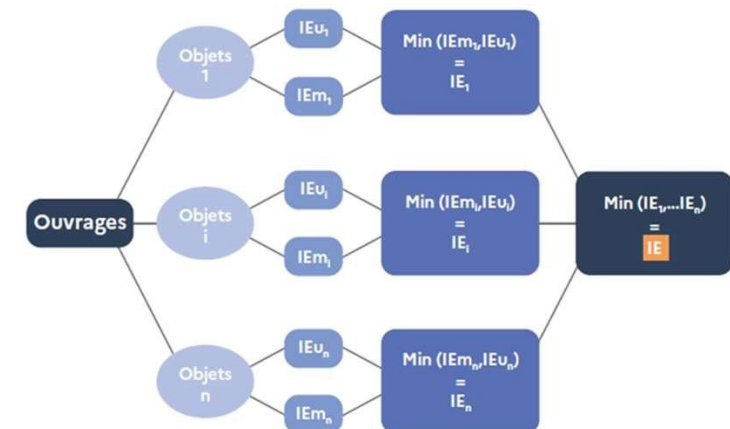
– visites d'évaluation des OA - VSC

- **Méthode générique**
- Structuration du patrimoine (groupe > famille > ouvrage)
- Décomposition des ouvrages en objets (suivant matériau principal et fonctionnement mécanique)
- **Visites d'experts avec évaluation des fonctions techniques et d'usage (éléments d'usage des objets) (indice d'état IE) (4 niveaux)**
 - Indice d'état mécanique (IEm) : en fonction des **désordres observés, en se basant sur l'identifiant mécanique de la structure de l'objet préalablement établi**
 - Indice d'état d'usage (IEu) : en fonction des **constatations réalisées, en se basant sur l'identifiant d'usage des éléments d'usage de l'objet préalablement établi (niveau de service fixé ou attendu par le gestionnaire)**



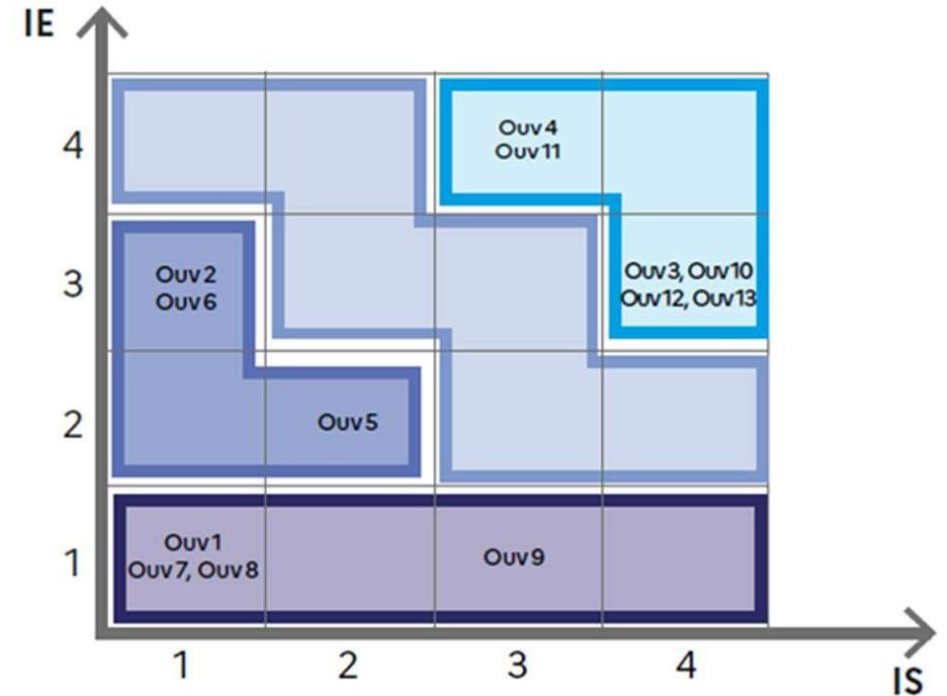
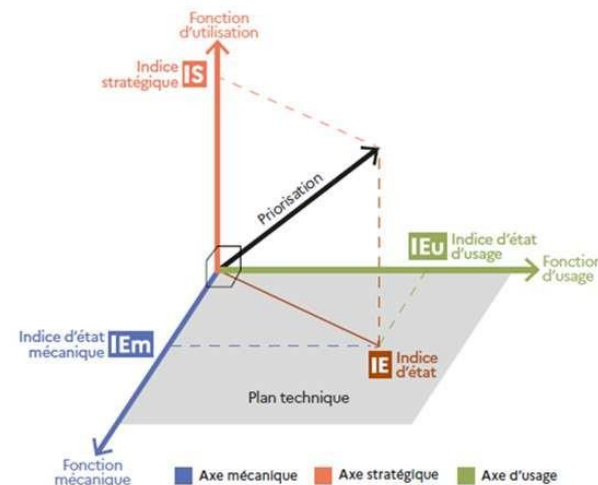
IEm 1 (appelle une action immédiate)	Désordres mécaniques graves avec risque de ruine immédiate
IEm 2 (appelle une action à court terme)	Désordres mécaniques graves sans risque de ruine immédiate
IEm 3 (appelle une action à moyen terme)	Dégradation des matériaux ou désordres mécaniques sans gravité
IEm 4 (appelle une action à long terme)	Bon état de la structure

IEu 1	Dégradation des éléments d'usage ou situation créant des problèmes de sécurité immédiate
IEu 2	Dégradation des éléments d'usage ou situation créant des difficultés d'exploitation
IEu 3	Dégradation des éléments d'usage ou situation créant des problèmes d'inconfort
IEu 4	Bon état des éléments d'usage



Le patrimoine OA des Départements, Métropoles – visites d'évaluation des OA - VSC

- Intègre une **composante « importance stratégique de l'OA »** (**indice stratégique IS**, classiquement 4 niveaux entre un IS = 1 -ouvrage très stratégique- et un IS = 4 - ouvrage peu stratégique-)
- Permet une priorisation des actions** (études, travaux...) à mener: au **croisement des indices d'état et stratégiques des ouvrages**, sachant que quel que soit leur indice stratégique (IS), **les ouvrages dont l'indice d'état (IE) est égal à 1 sont à considérer comme prioritaires !**



Le patrimoine OA des Départements, Métropoles – visites d'évaluation des OA - Méthode Départementale

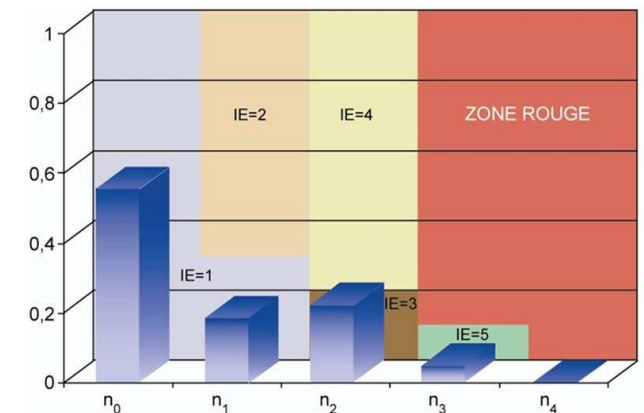
- Décomposition des ouvrages en éléments, en parties
- Visites avec évaluation technique:
 - Relevé des désordres ; 5 niveaux de désordres : D0 - aucun- à D4 (« passerelle » avec IQOA) + mention S si risque immédiat pour l'utilisateur
 - Calcul des fréquences « ni » d'apparition des niveaux de désordres « Di » (quantification)
 - Évaluation technique : indice d'état apparent IE (tablier et appuis -équipements traités à part-) (8 niveaux)

Classe des défauts IQOA	Niveau de désordres MD
0	D0
1	D0
2	D1
2E	D2
3	D3
3U	D4

IE 1	l'ouvrage ne présente aucun désordre ou des désordres infimes
IE 2	l'ouvrage présente des désordres mineurs et peu étendus
IE 3	l'ouvrage présente des désordres mineurs et étendus ou des désordres significatifs et peu étendus
IE 4	l'ouvrage présente des désordres significatifs et étendus
IE 5	l'ouvrage présente des désordres importants mais peu nombreux
IE 6	l'ouvrage présente des désordres préoccupants et/ou nécessitant une augmentation de la fréquence de la surveillance périodique
IE 7	l'état de l'ouvrage nécessite une surveillance renforcée
IE 8	l'état de l'ouvrage nécessite sa mise sous haute surveillance, à quoi s'ajoutent des mesures de sécurité immédiates ou des mesures de sauvegarde
IE NE	l'état de l'ouvrage n'est pas évalué



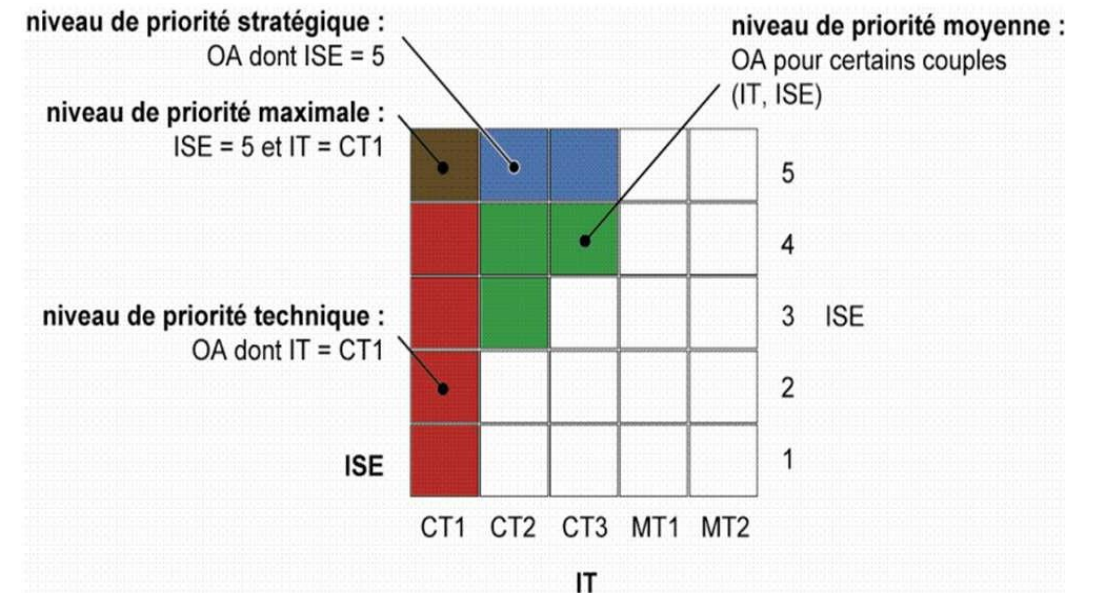
Exemple d'IE = 5
pour une partie d'OA



Le patrimoine OA des Départements, Métropoles

– visites d'évaluation des OA - Méthode Départementale

- Intègre une composante « priorité socio-économique de l'OA » (ISE), ainsi qu'une composante « priorité technique » (IT)
 - Indice de priorité socio-économique ISE** (classification du réseau, enjeux, valeur patrimoniale, incidence de la réduction du niveau de service...): de 1 (OA peu stratégique) à 5 (OA présentant un intérêt majeur)
 - Indice de priorité technique de la réparation IT (après études):** court terme : CT1 > CT2 > CT3 (par exemple 1, 2 ou 3 ans) ou moyen terme : MT1 > MT2 (par exemple 4 ou 5 ans)
- Permet une priorisation des actions (études, travaux) à mener:
 - Priorisation des études :** au croisement des indices d'état apparent IE et de priorité socio-économique ISE des ouvrages...
 - Priorisation des travaux :** au croisement des indices de priorité socio-économique ISE et techniques IT de la réparation des ouvrages...



Le patrimoine OA des petites communes

Très important, mal connu, vieillissant, mal entretenu -sous-investissement chronique- et souvent en mauvais état (cf. rapport du Sénat sur la sécurité des ponts de 2019)...

Pour les communes éligibles au **Programme National Ponts** (moins de 10000 habitants et moins de 3M€ de potentiel fiscal) et volontaires, **depuis 2021**:

- Recensement des ouvrages et **évaluation visuelle simplifiée (méthodologie PNP spécifique à 4 niveaux mise au point par le Cerema)**, identification des OA dangereux, établissement d'un carnet de santé des OA: **PNP phase 1**;
- Réalisation d'IDP OA avec évaluation IQOA sur certains OA sensibles (pour « mettre le pied à l'étrier »...): **PNP phase 2**;
- Subventions **PNP travaux** pour des ponts présentant des désordres structurels majeurs (classés 4) (programme doté de 50 M€ versés chaque année au budget de l'AFIT et opéré par le Cerema).

1	OUVRAGE GLOBALEMENT EN BON ÉTAT Poursuivre la surveillance régulière et l'entretien courant
2	OUVRAGE PRÉSENTANT AU MOINS UN DÉFAUT QUI PEUT ALTÉRER SA STRUCTURE Poursuivre la surveillance régulière en veillant aux évolutions éventuelles Adapter et poursuivre l'entretien courant Prévoir de réaliser des travaux d'entretien préventifs à une échéance de 5 à 10 ans
3	OUVRAGE DONT LA STRUCTURE EST ALTÉRÉE PAR UN DÉFAUT SIGNIFICATIF Poursuivre la surveillance régulière en veillant aux évolutions éventuelles Adapter et poursuivre l'entretien courant Prévoir de réaliser des travaux d'entretien curatifs ou préventifs à une échéance de 3 à 5 ans
4	OUVRAGE DONT LA STRUCTURE EST ALTÉRÉE PAR UN DÉFAUT MAJEUR Poursuivre la surveillance régulière en veillant aux évolutions éventuelles Adapter et poursuivre l'entretien courant Prévoir de réaliser des travaux d'entretien curatifs à brève échéance (1 à 3 ans)
NV	OUVRAGE OÙ TOUT OU PARTIE DE LA STRUCTURE N'A PAS PU ÊTRE VISITÉE Poursuivre la surveillance régulière et l'entretien courant Programmer et réaliser une visite d'évaluation permettant d'apprécier les défauts sur toutes les parties de l'ouvrage et de statuer sur un éventuel programme d'actions

Observatoire National de la Route (ONR)

Enquêtes annuelles depuis 2017: RRN non concédé (DIR), RD (101 départements), réseau communal et intercommunal (35000 communes et 1250 EPCI)

Non exhaustif pour les départements

« Bloc communal » $\Leftrightarrow$ résultats du PNP (patrimoine en bien plus mauvais état que les patrimoines OA sur RRN NC et RD)

Le rapport annuel de l'ONR aborde:

1. Les moyens financiers consacrés au patrimoine routier
2. Les méthodes de gestion et l'état du patrimoine

Harmonisation des évaluations d'OA: système de notation ONR retenu à 4 niveaux et utilisation de « passerelles » entre les différentes méthodes IQOA, VAQOA, MD, VSC

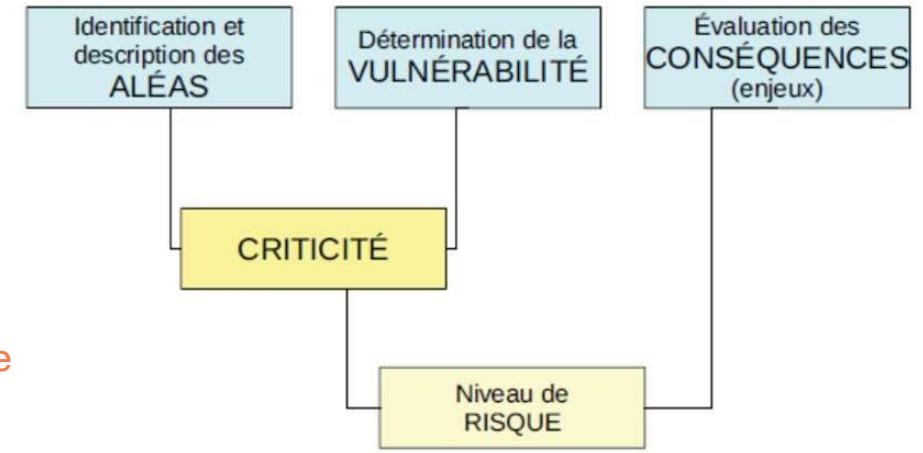
Grille commune de notation ONR		IQOA	Méthode départementale	VAQOA	VSC (IEm + IEu)
1	Ouvrage en bon état structurel	1	1	1	IEm = 4 + IEu = 3, 4
		2	2	2	IEm = 3 + IEu = 3, 4
2	Ouvrage dont la structure présente des défauts nécessitant des travaux d'entretien spécialisé	2E	3	3	IEm = 3, 4 + IEu = 2
3	Ouvrage dont la structure est altérée et qui nécessite des travaux de réparation	3	4, 5	4	IEm = 2 + IEu >1
4	Ouvrage dont l'altération de la structure peut conduire à une réduction de la capacité portante à court terme	3U	6, 7, 8	5	Non disponible ou IE = 1 si cela se présente

03

Outils de priorisation

Les analyses des risques

- L'**analyse des risques** permet de tenir compte de **phénomènes qui sont difficiles à évaluer, incertains, en général très pénalisants pour les structures** (risque d'effondrement de tout ou partie de la structure, de perte d'aptitude au service...) **mais dont la probabilité d'occurrence est faible ou extrêmement faible**.
- Elle permet d'appliquer le principe de précaution et de réaliser certains choix stratégiques (priorisation) lorsque les moyens ne sont pas extensibles, par exemple pour la gestion d'un parc d'ouvrages existants.
 - L'**aléa** est le phénomène qui est à l'origine du risque, qui peut se produire ou non au cours de la vie de l'ouvrage (l'aléa est incertain).
 - La **vulnérabilité** est la sensibilité d'un ouvrage vis-à-vis de l'aléa.
 - La **criticité** est le croisement entre le niveau de l'aléa et la vulnérabilité de l'ouvrage.
 - L'**enjeu** (ou la gravité des conséquences) comptabilise les dommages directs à la fin de l'événement exceptionnel sur les ouvrages et les vies humaines, les perturbations économiques et sociales...
 - Le **risque** est le croisement entre la criticité et le niveau d'enjeux de l'ouvrage.



a)

		Niveau de vulnérabilité		
		Faible	Moyenne	Élevée
Niveau d'aléa	Faible	Criticité faible	Criticité faible	Criticité moyenne
	Moyen	Criticité faible	Criticité moyenne	Criticité élevée
	Élevé	Criticité moyenne	Criticité élevée	Criticité élevée

a) Croisement Aléa × Vulnérabilité = Danger

b)

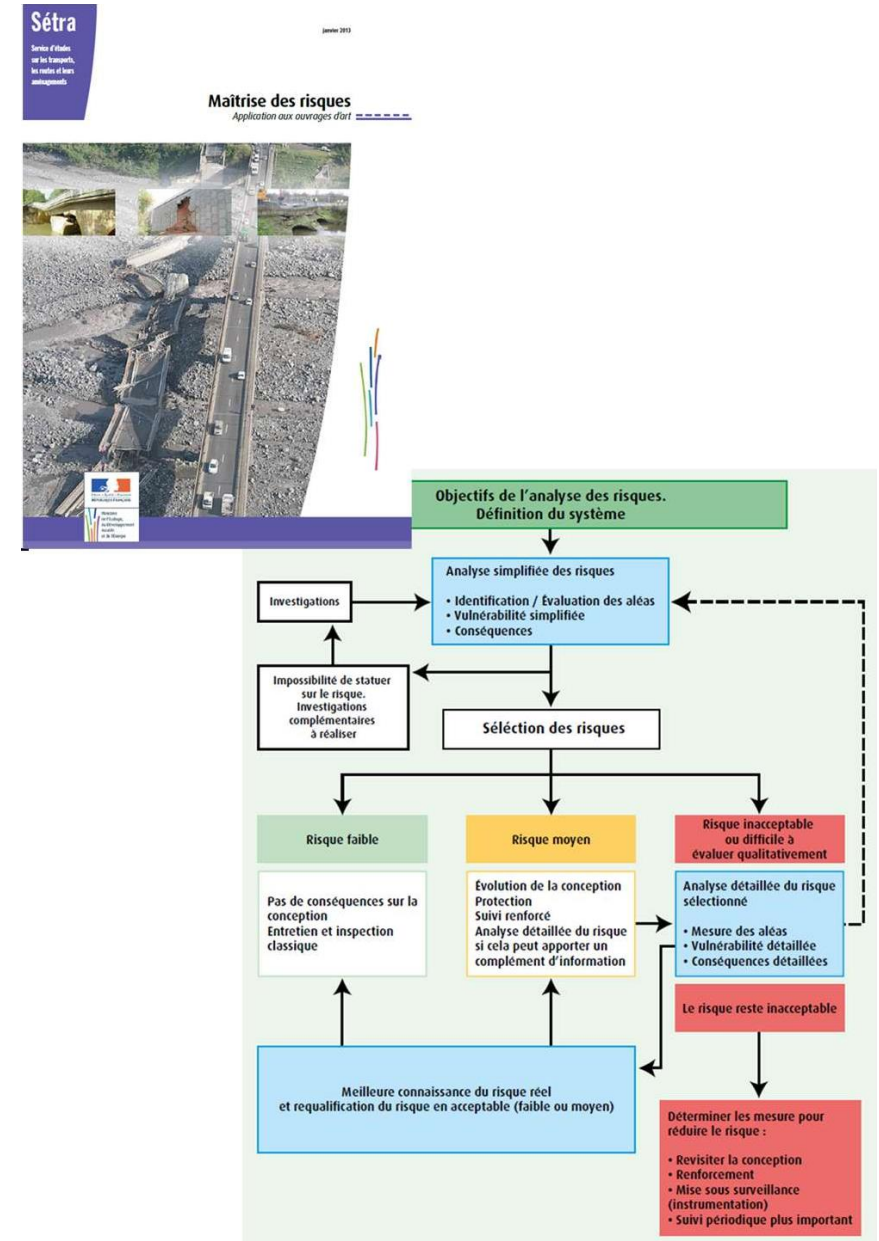
		Niveau de conséquence		
		Faible	Moyenne	Élevée
Niveau de criticité	Faible	Risque faible	Risque faible	Risque moyen
	Moyen	Risque faible	Risque moyen	Risque élevé
	Élevé	Risque moyen	Risque élevé	Risque élevé

b) Croisement Criticité × Conséquences

Les analyses des risques

Depuis 2010, production de nombreux guides méthodologiques Cerema sur les analyses de risques appliquées aux OA sensibles ou exposés à des aléas naturels:

- Guide technique - **SISMOA** - Édition Novembre 2010
- Guide méthodologique - Analyse des risques appliquée aux viaducs à travées indépendantes en poutres précontraintes (**VIPP**) - 2010
- Guide méthodologique - Maîtrise des risques - Application aux **ouvrages d'art** - 2013
- Guide méthodologique - Analyse des risques des ouvrages en remblai renforcé relevant de la technologie **Terre Armée®** - 2014
- Guide méthodologique - Analyse des risques appliquée aux **buses métalliques** - 2015
- Guide méthodologique - Analyse de risques appliquée aux **tranchées couvertes et aux tunnels creusés avec parements rapportés** - 2016
- Guide méthodologique - Analyse des risques appliquée aux **murs en béton armé sur semelle** - 2018
- Guide méthodologique - Analyse de risque des **ponts en site affouillable** - 2019
- Guide méthodologique - Analyse des risques appliquée aux **murs en maçonnerie** - 2021
- Guide méthodologique - Analyse des risques appliquée aux **ponts en maçonnerie** - 2021



Stratégie de maintenance des ouvrages d'art par valorisation d'un patrimoine - Guide provisoire Sétra de 2011

Les grands principes:

- Stratégie basée sur la notion de **bénéfice / coût des travaux**.
- Hiérarchisation des opérations de maintenance d'un OA basée sur l'**évaluation de sa valeur sociétale avant et après une opération de réparation**.
- **Valeur sociétale d'un OA**: valeur accordée par un gestionnaire à un OA en service sur la base de son coût neuf, modulé par des coefficients permettant de prendre en compte son état, son âge, sa conception, son importance socio-économique et sa situation.
- **Comparaison du gain de valeur sociétale, au coût des travaux considérés** (⇔ mercuriale des prix de réparation des OA).
- Calcul de la **rentabilité des travaux**:
$$R_{\text{Travaux}} = \Delta \text{ Valeur sociétale} / \text{Coût}_{\text{Travaux}}$$
- On peut, par cette méthode, **optimiser la gestion d'un patrimoine en orientant les dépenses vers les réparations les plus rentables d'un point de vue patrimonial**.



25/02/2011

Version provisoire

Stratégie de maintenance des ouvrages d'art par valorisation d'un patrimoine

Sommaire

1 - Principes généraux.....	9
2 - Définition de la valeur sociétale de l'ouvrage.....	11
3 - Calcul des paramètres caractérisant la valeur sociétale.....	13
3.1 - Coût d'un ouvrage neuf.....	13
3.2 - Coût d'une partie d'ouvrage (Coût _{partie}) ..	14
3.3 - Influence de l'état des différentes parties d'un ouvrage (α _{Etat partie}).....	15
3.4 - Prise en compte de la robustesse de l'ouvrage (Robustesse).....	17
3.5 - Délai pour vétusté globale (δ _{Vétusté}).....	17
3.6 - Coefficient d'influence entre les parties (β _{partie}).....	18
3.7 - Coefficient d'importance socio-économique de l'ouvrage (C _{se}).....	15
4 - Evaluation du coût des travaux.....	22
4.1 - Evaluation du surcoût lié à l'exploitation ..	24
5 - Critère de gestion et indicateurs de l'état intrinsèque du patrimoine.....	25
5.1 - Indicateurs de suivi de l'état de l'ouvrage	25
5.2 - Indicateur économique de l'état moyen du patrimoine.....	26
5.3 - Coût de remise à niveau du patrimoine ..	27
5.4 - Stratégies de gestion du patrimoine.....	27
5.5 - Rentabilité et hiérarchisation des travaux	26
5.6 - Programme des travaux.....	26
6 - Conclusion	29

Cette méthode est basée sur le calcul de la valeur sociétale de chaque ouvrage d'un patrimoine, valeur calculée en tenant compte :

- de sa valeur à neuf ;
- de son coût de démolition et de remplacement en fin de vie ;
- de son état actuel, ou après opération de maintenance ;
- de critères socioéconomiques donnés par le maître d'ouvrage
- du type d'ouvrage, de sa robustesse et de sa vétusté ;
- des aléas ou agressions extérieures auxquels il a été ou il est soumis.

La valeur sociétale combine donc la valeur intrinsèque et la valeur d'usage de l'ouvrage.

Il existe déjà des méthodes de gestion utilisant ces différents paramètres mais ces méthodes procèdent toujours par croisement d'indices ou d'indicateurs. Cette méthode originale valorise l'ensemble de ces paramètres et fournit au gestionnaire et au maître d'ouvrage un indicateur global de la valeur de ses ouvrages.

Grâce à cette méthode, il est donc possible de prioriser les actions de maintenance par un simple classement des ouvrages à partir de la rentabilité (gain en valeur sociétal / coût des travaux) des opérations envisagées pour la maintenance.

Il est aussi possible d'introduire différents scénarios d'entretien ou de réparation, afin de les comparer sur un ouvrage particulier.

La méthode permet aussi d'évaluer une politique de gestion, grâce à quelques critères simples sur la valeur sociétale globale de son patrimoine.

La méthode exposée dans ce document est donc destinée à aider les gestionnaires d'ouvrages d'art dans la hiérarchisation de leurs opérations de maintenance et de réparation. Basée sur la méthode d'évaluation IQCA (Image Qualité des ouvrages d'art) utilisée pour le réseau des routes nationales, elle peut toutefois facilement être étendue à tout système de gestion possédant une cotation des ouvrages par parties. Par contre, en fonction de la nature du parc du gestionnaire, une recalibration de certains coefficients sera sans doute nécessaire.

Note d'information OA n°06 du Cerema « Politique de gestion des patrimoines d'ouvrages d'art - Apports récents sur les volets technique et financier » - octobre 2021

Prise en compte des pathologies et de leur impact sur l'état du patrimoine: les OA suivant leur typologie ne sont pas égaux face au vieillissement. Proposition d'une **classification en 7 méta-familles, qui rassemblent des problématiques ou des risques connexes.**

Recommandations de gestion par « méta-familles » d'OA: priorisations proposées tenant compte notamment des environnements agressifs.

Entretenir les équipements, éléments de protection et appareils d'appui à bon escient (périodicités moyennes d'entretiens spécialisés conseillées).

Mieux gérer les priorités (pas de corrélation systématique entre note d'état 2E, 3 ou 3U de l'OA et travaux immédiats).

Hiérarchiser les interventions grâce aux analyses des risques, à systématiser pour les OA sensibles ou exposés à des aléas naturels.

Hiérarchiser les interventions grâce aux analyses sur l'évolution de l'état du patrimoine des ponts (lois de dégradation / méta-familles; proposition d'actions particulières à entreprendre à certains âges).

Éléments pour l'élaboration d'une politique budgétaire:

- **Coûts de remise en état** (↔ mercuriale des prix de réparation des OA)
- **Etablissement d'une trajectoire budgétaire sur plusieurs années, suivant la stratégie retenue** (application de modèles prédictifs; méthode de l'espérance de vie).



04

Conclusions, perspectives

Conclusions, perspectives

La gestion des ouvrages d'art est un **enjeu majeur pour les maîtres d'ouvrage**, cependant il existe une **grande variété de MOA** avec des moyens, enjeux et une connaissance du sujet très variables.

Définition nécessaire d'une politique de gestion, dont volets « évaluation des OA » et « priorisation des actions » ...

Les méthodes existent, la documentation sur le sujet est abondante, dont par exemple:

<https://piles.cerema.fr/gestion-du-patrimoine-r446.html>

Avant tout sont indispensables:

- la volonté politique;
- des moyens humains, matériels et financiers adéquats, dans la durée.

Il est en particulier nécessaire de continuer à soutenir les petites communes et intercommunalités:

- pérennisation du Programme National Ponts « Travaux »;
- supports méthodologiques (le Cerema s'y emploie notamment);
- assistance technique apportée (SOS Ponts, ingénierie publique -ATD...- et privée de proximité...).