



Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Journée technique

Gestion d'un patrimoine d'infrastructures
d'ouvrages terrestres

04 Mars 2015





Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Méthodes d'aide à la programmation

Direction Technique Infrastructures de
Transports et Matériaux

Laurent LLOP

CTOA/Division Gestion du Patrimoine

Problématique

Objectifs de la gestion du patrimoine

- garantir le niveau de sécurité,
- garantir le niveau de service,
- optimiser les dépenses.

Travail du gestionnaire : concilier...

- exigences de sécurité,
- conditions d'exploitation,
- gravité des désordres,
- urgence des réparations.

Problématique

La qualité des choix du gestionnaire toujours questionnée :

- dimensionnement et affectation optimale des budgets,
- répartition curatif/préventif (un choix ?)
- différenciation des politiques en fonction des itinéraires

La situation actuelle

Les limites des méthodes de gestion actuelles :

- hiérarchisation des ouvrages en fonction de leur état apparent,
- suivi de l'état apparent des ouvrages sans anticipation,
- absence de quantification des gains de la maintenance préventive.

Les principes de la méthode

- Hiérarchisation des priorités (préventif, curatif),
- définition et justification de stratégies de gestion,
- mesure de la rentabilité (sécurité, technique, économique...) des investissements.

VALEUR SOCIETALE

Valeur sociétale

Valeur réelle de l'ouvrage en tenant compte de

- la valeur intrinsèque (conception, âge, état, vétusté...),
- la valeur socio-économique (localisation, itinéraire, importance stratégique...).

En intégrant également les actions de maintenance.

VALEURS SOCIETALES

Valeur sociétale

Nécessité d'être simple ...

La valeur sociétale à l'instant t doit être déterminée à partir :

- d'informations dont tout gestionnaire dispose (recensement, résultat des actions de surveillance, informations socio-économiques accessibles...),
- de données « métiers » consolidées accessibles, par exemple, du CEREMA (mercuriale, coûts de construction...).

Valeur sociétale

Pour un ouvrage, on peut déterminer

- la valeur sociétale dans son état actuel,
- la valeur sociétale dont son état maintenu à neuf,
- la valeur sociétale dans un état de maintenance donné en fonction des hypothèses testées par le gestionnaire.

une HIERARCHISATION est alors possible

Valeur sociétale

La difficulté principale de la méthode reste la définition de la valeur sociétale...

$$V_{sociétale} = C_{ISE} \times \sum_{parties} V_{partie}$$

C_{ISE} reflète l'importance stratégique de l'ouvrage

V_{partie} est la valeur sociétale de chacune des parties de l'ouvrage (appui, tablier et superstructures).

Valeur sociétale

$$V_{Partie} = Coût_{Partie} \times \alpha_{EtatPartie} \times \beta_{Partie}^{AutrePartie} \times \delta_{Vétusté} \times \gamma_{Robustesse}$$

- $Coût_{partie}$: coût « à neuf » individuel de la partie étudiée.
- $\alpha_{Etat\ partie}$: pondération qui tient compte de l'état apparent de l'ouvrage et à terme de la nature et de l'étendue des désordres.
- $\beta^{AutrePartie}$: caractérise l'influence de l'état d'une autre partie sur la partie considérée (ex : état de la chape d'étanchéité).
- $\gamma_{robustesse}$: tient compte de la robustesse de l'ouvrage.
- $\delta_{vétusté}$: fonction de la durée de vie estimée de l'OA et de son âge.

Valeur sociétale

Evaluation du Coût des parties

$$Coût_{Partie} = \mu_{Partie} \times Coût_{ouvrage}$$

- **Coût_{ouvrage}** est estimé à partir du coût de l'OA neuf
- μ_{Partie} est une répartition forfaitaire de ce coût par partie

- Equipements	10%
- Tablier	50%
- Appuis	40%

A ce stade... mais peut mieux faire !

Valeur sociétale

Evaluation du Coût de l'ouvrage

$$Coût_{ouvrage} = S_{tablier} \times Prix / m \times 1,1 \times C_{Site}$$

- Utilisation des coûts statistiques actualisés OA neuf,
- Majoration de 10% : opérations de démolition,
- Pondération par un coefficient de site C_{site} :
 - Voies ferrées importantes : $C_{site} = 1,25$
 - Autoroute : $C_{site} = 1,20$
 - RD et voirie secondaire : $C_{site} = 1,05$
 - Passage faune, agricole : $C_{site} = 1,00$

Valeur sociétale

Evaluation du coefficient $\alpha_{\text{Etat partie}}$

Par exemple, pour la méthode IQOA, nous proposons :

Cotation de la partie d'ouvrage	$\alpha_{\text{Etat partie}}$	Cotation des équipements	$\alpha_{\text{Etat partie}}$
3U	0,50	2E	0,50
3	0,70	2	0,90
2E	0,85	1	1,00
2	0,95		
1	1,00		

Remarque : on peut également tenir compte de l'historique (valeur forfaitaire de changement d'état, matrices de dégradation).

Valeur sociétale

Evaluation du coefficient de robustesse $\gamma_{\text{robustesse}}$

Le coefficient de robustesse prend implicitement en compte le REX sur le comportement des types de structures.

Coefficient unique...

- PIPO : $g_{\text{robustesse}} = 1$
- Voûte en maçonnerie : $g_{\text{robustesse}} = 1,5$
- VIPP de 2^{ème} génération, (> 1967) : $g_{\text{robustesse}} = 0,8$
- VIPP de 1^{ère} génération, (≤ 1967) : $g_{\text{robustesse}} = 0,6$
- Pont Mixte : $g_{\text{robustesse}} = 0,9$ etc...

Valeur sociétale

Evaluation du coefficient de vétusté $\delta_{\text{vétusté}}$

Il traduit la dégradation progressive de la structure.

Coefficient unique ...

Chaque famille a une **durée de vie** $T_{\text{réf}}$ (fixée à dire d'expert).

$$\delta_{\text{vétusté}} = \text{Max} [(1 - 0,5 T/T_{\text{réf}}) ; 0,5] \quad (\text{ou plus raffinée...})$$

+ 30 ans en cas de réparation « lourde ».

Valeur sociétale

Famille d'ouvrage	Age moyen des ouvrages démolis	Durée de vie théorique	Durée de vie statistique
Béton armé	51 ans	100 ans	80 ans
Buses Béton		70 ans	70 ans
Buses métalliques		70 ans	35/45 ans
Béton précontraint hors caissons	31 ans	100 ans	70 ans
Caissons en béton précontraint	31 ans	100 ans	70 ans
Maçonnerie	86 ans		250 ans
Métal	82 ans	100 ans	70 ans
Mixte acier-béton		100 ans	90 ans
Ouvrages divers		100 ans	70 ans

Valeur sociétale

Evaluation du coefficient $\beta^{\text{AutrePartie}}$

=> **Pour l'étanchéité** : classe 2E pendant « A » années, elle dégrade le tablier.

En BP, en platelage orthotrope ou en maçonnerie selon la loi :

$$\beta_{\text{tablier}}^{\text{étanchéité}} = \text{MAX}\{1 - 0,025 \cdot A; 0,5\}$$

En BA ou le tablier mixte :

$$\beta_{\text{tablier}}^{\text{étanchéité}} = \text{MAX}\{1 - 0,0125 \cdot A; 0,5\}$$

=> **Pour les appareils d'appui** : 3U pendant « A » années et sensibilité du pont aux tassements d'appui :

$$\beta_{\text{tablier}}^{\text{AppareilsAppui}} = \text{MAX}\{1 - 0,02 \cdot A; 0,5\}$$

Valeur sociétale

Evaluation du coefficient d'importance stratégique C_{ISE}

A : Mesure de l'importance stratégique de l'itinéraire porté par l'ouvrage.

B : Mesure du trafic de la voie portée.

C : Mesure de la dimension du franchissement.

D : Mesure des conséquences d'une réduction du niveau de service.

$$C_{ISE} = \sqrt{K_{ISE}} = \sqrt{\alpha \cdot A + \beta \cdot B + \gamma \cdot C + \delta \cdot D}$$

Possibilité de fixer a, b, g et d suivant les enjeux sur le réseau étudié.

Pour l'Etat, a = 0,35, b = 0,30, g = 0,15 et d = 0,20

$$C_{ISE} = \sqrt{0,35 \cdot A + 0,30 \cdot B + 0,15 \cdot C + 0,20 \cdot D}$$

Valeur sociétale

Possibilité de fixer A,B,C et D, suivant les enjeux du réseau étudié.

Pour l'Etat :

A : mesure de l'importance stratégique de l'itinéraire porté par l'ouvrage

- Les itinéraires très stratégiques : $A = 4$.
- Les itinéraires stratégiques : $A = 3$.
- Les itinéraires d'importance normale : $A = 2$.
- Les itinéraires de faible importance stratégique : $A = 1$.
- Possibilité d'augmenter le coefficient en cas d'enjeux particuliers (passage sur ligne TGV...).

Valeur sociétale

B : mesure du trafic de la voie portée

Trafic journalier en millier de véhicules	TMJA > 80	80 > TMJA > 60	60 > TMJA > 35	35 > TMJA > 15	TMJA > 15
B	5	4	3	2	1

C : mesure de la dimension du franchissement

Surface utile du tablier m ²	S > 5000	5000 > TMJA > 2000	2000 > TMJA > 1000	1000 > TMJA > 500	TMJA > 500
C	5	4	3	2	1

Valeur sociétale

D : mesure des conséquences d'une réduction du niveau de service

Tablier unique	Conséquences très fortes	Conséquences fortes	Conséquences faibles à peu fortes
D	5	4	1 à 3

Tabliers séparés	Largeur roulable (L_R) et trafic (T) en milliers de véhicules/jour								
	$L_R > 14m$			$11m < L_R < 14m$			$L_R < 11m$		
	T > 60	$35 < T < 60$	T < 35	T > 35	$20 < T < 35$	T < 35	T > 20	$10 < T < 20$	T < 10
D	3	2	1	3	2	1	3	2	1

Valeur sociétale

Cette méthodologie permet de disposer pour un parc ou un sous ensemble déterminé d'un parc d'ouvrage de :

- la valeur sociétale en l'état,
- la valeur sociétale après une action de maintenance,
- la valeur sociétale « ouvrages parfaitement entretenus ».

Il est ainsi possible de disposer :

- d'indicateurs de l'état des ouvrages et de leur évolution,
- de tester et de choisir des stratégies de gestion,
- d'examiner la « rentabilité » globale de travaux et de les hiérarchiser.

Politique de gestion

=> **Indicateurs de l'état moyen du patrimoine.**

On peut calculer la valeur sociétale de l'ensemble du parc d'ouvrage :

$V_{\text{sociétale actuelle}}$ = somme des valeurs sociétales des ouvrages

$V_{\text{sociétale à neuf}}$ = somme des valeurs sociétales à neuf des ouvrages

On peut ainsi définir, par exemple :

- Un critère de vétusté générale :

$$\frac{V_{\text{Sociétale actuelle}}}{V_{\text{Sociétale à neuf}}} > 0,5$$

- Un critère de bon entretien :

$$\frac{V_{\text{Sociétale actuelle}}}{V_{\text{Sociétale OA entretenus}}} > 0,8$$

=> Permet d'anticiper l'évolution « globale » future du patrimoine.

Politique de gestion

Définition et test de stratégies de gestion

Par exemple :

- maintien à l'état actuel : valeur sociétale constante,
- atteinte d'un niveau de « bonne gestion » à une échéance donnée,
- etc ...

Pour l'Etat, les critères classiques ...

Surface totale des ouvrages notés 1 ou 2 : > 55% du patrimoine

Surface totale des ouvrages notés 2^E : <30% du patrimoine

Surface totale des ouvrages notés 3+3U : <15% du patrimoine

Surface totale des ouvrages notés 3U : <1% du patrimoine

Politique de gestion

Couplage avec des éléments de coûts

Actualisation de l'étude Sétra de 1996

Amélioration pas le biais de la mercuriale de prix

Pistes d'amélioration et suites

Indices d'état à affiner – modification IQOA (quantification...)

Couplage avec des éléments de coûts

Aujourd'hui : actualisation de l'étude Sétra de 1996

Prochainement : exploitation de la mercuriale de prix

Intégration dans SIAMOA phase 1