

Guide méthodologique

## Gestion des ouvrages d'art

A l'usage des départements et autres collectivités locales





Guide méthodologique

# Gestion des ouvrages d'art

**A l'usage des départements et autres collectivités locales**

Collection les outils

Ce guide a été rédigé par un groupe de travail constitué de gestionnaires de patrimoines départementaux et de l'Etat en collaboration avec plusieurs services du réseau technique et scientifique du ministère (Sétra et CETE).

### **Différentes contributions au guide**

#### *Groupe de travail*

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Patrick Chagneau  | LRPC Clermont-Ferrand |
| Pierre Couturier  | STD 03                |
| Eric Daluz        | DDE 30                |
| Gérard Delfosse   | DIR Ouest             |
| Jacques Gazo      | SN 31                 |
| Bernard Grioni    | STD 52                |
| Michel Guibert    | STD 87                |
| Gilles Lacoste    | Sétra                 |
| Manuel Le Moine   | DDE 27                |
| Laurent Llop      | DDE 33                |
| Tann Nguon        | Sétra                 |
| Nathalie Odent    | Sétra                 |
| Isabelle Schaller | DDE 17                |
| Alphonse Woelffel | STD 67                |

#### *Comité de validation*

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| Hélène Abel-Michel     | AMOTMJ             |
| Joël Baneau            | LRPC Bordeaux      |
| Claude Beraut          | CG 04              |
| Claude Bois            | Retraité           |
| Yves de Bon            | CG 71              |
| Eric Delahaye          | CETE Nord Picardie |
| Bruno Godart           | LCPC               |
| Jean-François Guyonnet | CG 66              |
| Yves-Henri Piet        | CG 44              |
| Bertrand Themiot       | DDE 24             |

Édition et adaptation rédactionnelle : MATIVOX

# Sommaire

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introduction .....</b>  | <b>5</b>  |
| Objectifs de la méthode départementale.....  | 5         |
| Organisation de la méthode départementale.....   | 8         |
| 1. Contenu .....   | 10        |
| 2. Outils .....  | 11        |
| <b>Chapitre I .....</b>  | <b>13</b> |
| Évaluation technique des ouvrages d'art.....   | 13        |
| 1. Surveillance périodique.....  | 16        |
| 2. Classification des OA suivant leur état .....   | 25        |
| Aide-mémoire Chapitre I.....   | 32        |
| <b>Chapitre II.....</b>  | <b>33</b> |
| Indices de priorité.....   | 33        |
| 1. Les indices de priorité technique.....  | 33        |
| 2. Les indices de priorité socio-économique ISE .....  | 35        |
| Aide-mémoire Chapitre II .....   | 39        |
| <b>Chapitre III .....</b>  | <b>41</b> |
| La programmation des actions de maintenance.....   | 41        |
| 1. Les études .....  | 42        |
| 2. Les travaux de réparation .....   | 44        |
| Aide-mémoire Chapitre III.....   | 50        |
| <b>Chapitre IV .....</b>   | <b>51</b> |
| Outils macro-économiques d'aide à la définition d'une politique budgétaire.....                      | 51        |
| 1. Maintenance de la structure des ouvrages.....   | 52        |
| 2. Maintenance des équipements « consommables » .....  | 54        |
| 3. Surveillance et entretien courant des ouvrages.....   | 57        |
| <b>Annexes.....</b>  | <b>59</b> |
| Annexe 1 Décomposition en parties d'ouvrage.....   | 61        |
| Annexe 2 Modèle de cadre de procès-verbal (Extrait) .....  | 62        |
| Annexe 3 Modèle de catalogue de désordres (Extrait).....   | 63        |
| Annexe 4 Critères socio-économiques proposés par défaut.....   | 64        |
| Annexe 5 Élaboration des tableaux décisionnels pour le traitement des défauts .....                  | 67        |
| Annexe 6 Estimation macro-économique des coûts de maintenance d'un patrimoine<br>d'équipements ..... | 69        |
| Annexe 7 Surveillance et entretien courant des ouvrages .....  | 80        |
| Annexe 8 Exemple d'application de la méthode départementale .....                                    | 81        |
| Glossaire.....   | 85        |
| Sigles et abréviations.....  | 88        |



# Introduction

## Objectifs de la méthode départementale

Éléments familiers des paysages ruraux et urbains, les ouvrages d'art se révèlent d'une grande diversité de formes et de structures (ponts, viaducs, murs de soutènement, tunnels, buses). Si l'intérêt économique de chacun d'entre eux peut varier selon son utilisation et sa capacité, tous nécessitent un suivi rigoureux et une maintenance efficace.

À la diversité des ouvrages d'art, qui complexifie leur gestion à l'échelle d'un département, s'ajoute celle de l'organisation des collectivités territoriales qui mettent en œuvre les programmes de maintenance, ainsi que celle de leurs politiques budgétaires. Conçue pour être utilisée par tous les départements, la Méthode de gestion des ouvrages d'art départementaux – ou Méthode départementale – est également applicable aux autres collectivités territoriales. Elle s'appuie sur la définition d'une politique d'entretien et de préservation des ouvrages d'art.



① Pont en maçonnerie, ② Passerelle piétons en métal, ③ Passage supérieur en dalle précontrainte, ④ Viaduc, Setra/Seine-et-Marne ⑤ Mur de soutènement, ⑥ Passage inférieur en portique ouvert, ⑦ Portique ouvert double, ⑧ Buse.

Les ouvrages d'art font partie des patrimoines départementaux. Ils sont d'une importance capitale pour les réseaux d'infrastructures (routes, voies ferrées, etc.). Les départements et les services techniques chargés de leur suivi et de leur entretien doivent mettre en place une politique de gestion globale et décider des actions nécessaires à la maintenance d'un parc départemental d'ouvrages d'art, en accord avec les politiques budgétaires.

Toutefois, on constate que les départements et leurs services techniques n'ont actuellement à leur disposition qu'une série d'outils partiels. Le but du présent document est donc de fournir aux services départementaux amenés à gérer un patrimoine d'ouvrages une méthode globale et fiable, assez souple pour leur permettre de l'adapter aux exigences de leur département.

Outre les départements, cette méthode peut intéresser d'autres maîtres d'ouvrage : communes, communautés urbaines et autres collectivités territoriales.

*La méthode départementale doit satisfaire à des exigences fondamentales :*

- obtenir une image fiable de l'état du patrimoine ;
- identifier les risques éventuels encourus par les usagers ;
- faciliter la mise en œuvre d'une politique d'entretien et de préservation du patrimoine ;
- optimiser les actions de gestion, afin de parvenir à l'adéquation des moyens et des résultats.

*Cette méthode doit également prendre en compte les spécificités des départements :*

- les parcs départementaux d'ouvrages d'art (OA) sont, dans la plupart des cas, importants, mais très variables : si chaque département possède en moyenne 900 ponts, les effectifs départementaux vont d'un minimum de 150 à un maximum de 2 600 ;
- l'organisation des services gestionnaires des OA diffère selon les départements : la répartition des tâches doit s'adapter aux moyens disponibles ;
- les enjeux socio-économiques varient selon les départements : chaque maître d'ouvrage doit être à même de pouvoir les définir.

#### *Les principaux utilisateurs de la Méthode départementale*

*Avant d'aller plus loin dans la description des objectifs de la présente méthode, il est important de distinguer le gestionnaire et le maître d'ouvrage, personnes auxquelles elle s'adresse principalement.*

*Le maître d'ouvrage est chargé de la gestion du patrimoine départemental d'ouvrages d'art. Il lui appartient de décider des priorités, de programmer les opérations de maintenance et de réparation – après s'être assuré de leur faisabilité – et d'en arrêter l'enveloppe financière. Il s'appuie sur les informations que lui fournit le gestionnaire. Voir les chapitres III (La programmation des actions de maintenance) et IV (Outils macro-économiques d'aide à la définition d'une politique budgétaire).*

*Le gestionnaire opère sous l'autorité du maître d'ouvrage. Il lui fournit les données et les documents de synthèse nécessaires à l'établissement de sa politique de gestion. Voir à ce titre les chapitres I (Évaluation technique) et II (Indices de priorité). Cependant, le maître d'ouvrage pouvant déléguer certaines activités d'administration au gestionnaire, ce dernier est également concerné par les chapitres III et IV.*

Le présent guide n'est établi que pour les ponts (y compris les plus petits d'entre eux, et notamment les buses), mais la Méthode proposée peut se transposer à d'autres types ouvrages d'art.



*Pont mixte sur autoroute*

Il va de soi que l'application de la présente Méthode implique l'existence, au sein du département, d'une structure spécialisée dans la gestion des ouvrages d'art.

Enfin, il faut noter que, bien qu'elles soient indispensables à la bonne application de la Méthode départementale, les opérations suivantes n'en font pas partie :

- recensement de tous les ouvrages d'art du département ;
- établissement de diagnostics pour les ouvrages jugés dégradés ;
- élaboration des projets de réparation ;
- estimation des coûts de réparation.

## Organisation de la méthode départementale

*Après avoir exposé les différents besoins qui motivent la mise en place d'une Méthode de gestion des ouvrages d'art – Méthode suffisamment souple pour être adaptée à chaque département –, nous présentons les différentes parties qui la composent. Celles-ci, au nombre de quatre, constituent un ensemble complet d'outils d'évaluation des ouvrages d'art et d'outils de gestion macro-économique à l'échelle d'un département.*

*Les deux premières parties (chapitres I et II) détaillent deux étapes indissociables, l'évaluation technique des ouvrages et la définition des critères de priorité de maintenance de ces ouvrages.*

*Les deux autres parties de la Méthode (chapitres III et IV) concernent la programmation et la gestion à l'échelle du département. Elles fournissent les outils macro-économiques qui aideront le maître d'ouvrage à définir les choix nécessaires à l'élaboration des programmes de maintenance et de réparation.*

Dans le cadre de ses fonctions de planification et de gestion, le maître d'ouvrage a besoin de définir une politique de surveillance, d'entretien et de préservation du parc d'ouvrages d'art dont il a la charge. Cette politique doit être adaptée au patrimoine de son département, lequel a ses propres spécificités, comme nous l'avons précédemment souligné.

Pour mener à bien une telle politique de suivi, dans le cadre d'une utilisation optimale de la Méthode départementale, le maître d'ouvrage doit prendre connaissance :

- de l'état précis du patrimoine et du niveau de service qu'il offre aux usagers ;
- des données économiques relatives au coût de remise en état et d'entretien des ouvrages.

Indépendamment des moyens dont dispose le département (moyens en personnel et moyens financiers), l'importance du parc d'ouvrages d'art rend systématiquement nécessaire l'établissement d'une hiérarchie en fonction de l'intérêt socio-économique des ouvrages et du niveau de service souhaité.

Devant la complexité des paramètres à gérer, le maître d'ouvrage a besoin d'une aide pour mettre en œuvre une hiérarchisation pertinente, indispensable pour décider d'une programmation de maintenance. C'est cette aide que la Méthode se propose de lui fournir.

Par la suite, le maître d'ouvrage sera à même de définir les grandes orientations de la politique de maintenance, ainsi que les budgets associés.

La mise en pratique d'une politique de maintenance des ouvrages d'art peut conduire à des besoins financiers non compatibles avec les budgets des départements. Il devient alors indispensable de réviser cette politique de maintenance. Les maîtres d'ouvrage ont la possibilité soit de modifier les orientations des services d'entretien, soit d'augmenter les budgets, soit les deux.

Une fois que l'équilibre entre les besoins financiers et l'enveloppe budgétaire est atteint, le département peut enclencher la phase de programmation des actions de maintenance.

L'enchaînement de ces différentes actions et décisions est explicité au moyen d'un organigramme général (voir Figure 1) où sont représentées les différentes parties de la Méthode (les décisions qui relèvent du maître d'ouvrage sont indiquées en orange, les apports de la Méthode sont représentés en bleu).

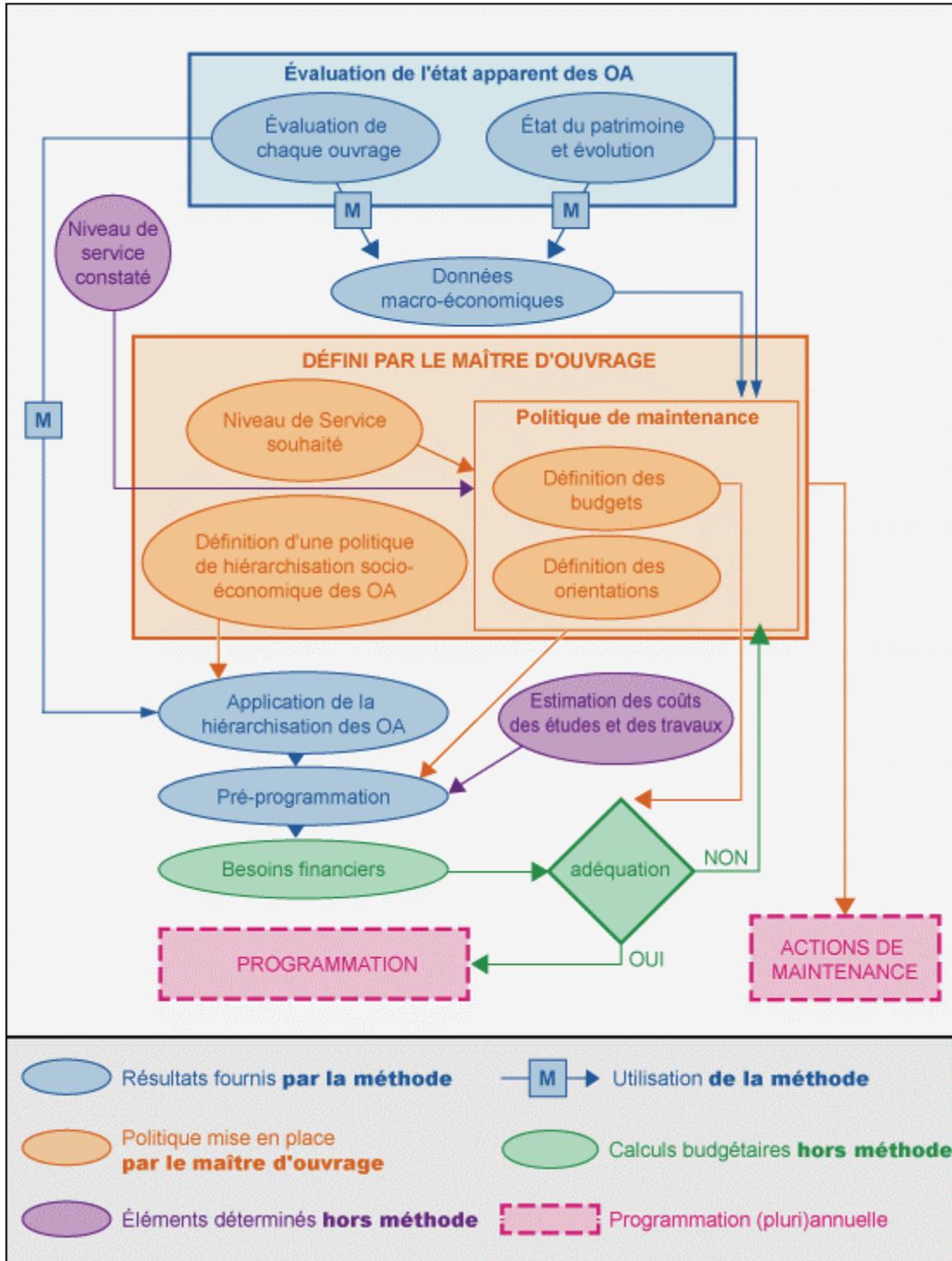


Figure 1 – Organigramme des opérations et des outils de gestion des ouvrages d'art.

La Méthode départementale permet notamment :

- de donner une évaluation de l'état des ouvrages d'art (cf. chapitre I, *Évaluation technique des ouvrages d'art*) ;
- d'établir des indices socio-économiques en fonction de la politique décidée par le maître d'ouvrage (cf. chapitre II, *Indices de priorité*) ;
- de proposer une pré-programmation des actions de maintenance (cf. chapitre III, *La programmation des actions de maintenance*) ;
- de fournir des données macro-économiques sur le coût de la maintenance (cf. chapitre IV, *Outils macro-économiques d'aide à la définition d'une politique budgétaire*).

Enfin, un glossaire des termes spécifiques et techniques ainsi que la description des sigles employés dans ce Guide pourront être consultés après les annexes afin d'éclairer le lecteur.

## 1. Contenu

Les opérations et outils nécessaires au maître d'ouvrage pour lui permettre de gérer les ouvrages d'art sont listés ci-dessous. Ceux qui figurent en caractères gras soulignés sont pris en compte dans la Méthode.

Recensement des ouvrages

**Surveillance périodique**

**Classification des ouvrages**

**Établissement des indices de priorité technique (IT) et socio-économique (ISE)**

**Estimation macro-économique des coûts de maintenance**

Élaboration des projets de réparation

**Programmation des actions de maintenance**

Maîtrise d'œuvre des travaux de réparation

Gestion de l'entretien courant

### ***Observations***

Le recensement de tous les ouvrages d'art d'un département permet de disposer d'une bonne connaissance du patrimoine à gérer. Nous rappelons que cette opération est un préalable indispensable à l'utilisation de toute Méthode de gestion.

La Méthode présentée dans ce guide ne comprend pas l'évaluation des différentes solutions techniques étudiées dans le cadre d'un projet de réparation.

La gestion de l'entretien courant n'est pas intégrée dans la Méthode. Cependant, l'entretien courant n'en demeure pas moins un maillon essentiel de la gestion des ouvrages, puisqu'il permet de garantir une bonne qualité du niveau de service offert aux usagers et de réduire la fréquence des réparations. Cette charge revient au maître d'ouvrage.

## 2. Outils

La Méthode met en œuvre un ensemble cohérent d'outils. Chacun de ces outils est conçu en fonction des autres : les résultats fournis par l'un peuvent ainsi constituer des données d'entrée pour le suivant. Un schéma fonctionnel (Figure 2) donne l'articulation entre les différents outils.

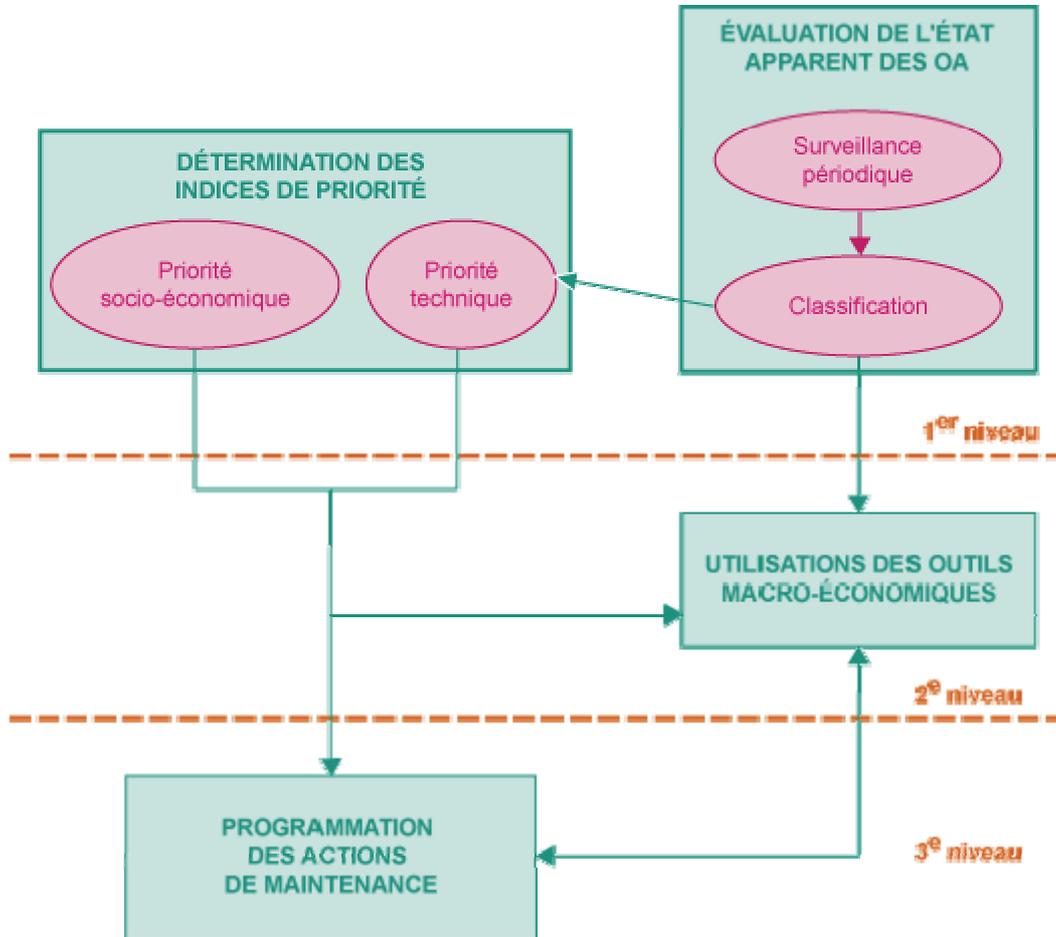


Figure 2 – Articulation des outils de la Méthode départementale

Certains de ces outils peuvent être utilisés indépendamment les uns des autres par les gestionnaires qui souhaiteraient employer la Méthode partiellement. Il s'agit essentiellement des outils de premier niveau :

- évaluation de l'état apparent des ouvrages ;
- détermination des indices de priorité.

Néanmoins, l'utilisateur qui dispose de données compatibles avec celles qui sont mises en jeu dans ces parties de la Méthode peut envisager d'utiliser de façon isolée soit l'outil d'aide à la programmation, soit les outils macro-économiques.

En revanche, les outils de base « surveillance périodique » et « classification des ouvrages » ne peuvent être dissociés. Ils forment les deux composantes de la Méthode d'évaluation de l'état apparent des ouvrages.



# Chapitre I

## Évaluation technique des ouvrages d'art

*Gérer les ouvrages d'art d'un département, c'est notamment établir un programme d'interventions tenant compte des priorités techniques, socio-économiques et budgétaires.*

*Étape préalable à cette programmation, l'évaluation technique des ouvrages d'art permet d'effectuer un classement de ceux-ci en fonction des résultats de leur surveillance. On peut ainsi mettre en évidence le risque qu'un ouvrage présente vis-à-vis des usagers, ou qu'il pourrait présenter dans l'avenir.*

*Ce chapitre décrit la méthode d'évaluation technique, à la charge d'un agent qualifié. Pour faciliter son contrôle, l'ouvrage est décomposé virtuellement en éléments et parties. Après avoir relevé les désordres et les défauts rencontrés, le visiteur les classe dans un procès-verbal. Les ouvrages sont placés soit dans une liste verte, soit dans une liste rouge.*

*In fine, à chaque ouvrage est attribué un indice d'état apparent qui permet de déterminer s'il y a nécessité d'une intervention à court ou moyen terme.*

**L'évaluation technique des ouvrages d'art (OA) met en jeu deux processus complémentaires : leur surveillance périodique et leur classification.**

- **La surveillance périodique** d'un ouvrage est principalement assurée par les **agents de terrain**, dans le cadre de visites d'évaluation. Elle permet de relever, puis de classer les défauts et les désordres rencontrés.
- **La classification** des ouvrages s'opère en fonction de leur état apparent, déterminé à partir des désordres constatés lors des opérations de surveillance périodique. Cette deuxième phase de l'évaluation technique doit être réalisée par le service ouvrages d'art.

Ces deux étapes sont indissociables et inhérentes à la méthode d'évaluation. On comprendra aisément que, bien que la phase de surveillance ne permette pas d'évaluer l'état d'un ouvrage par rapport aux autres, elle en constitue toutefois un préalable indispensable.

### **Une méthode adaptée aux ouvrages classiques**

*L'évaluation technique des OA s'applique dans son intégralité aux ouvrages que l'on peut qualifier de classiques. Par l'adjectif classique, on désigne un ouvrage pour lequel il existe des documents techniques nécessaires à son évaluation (procès-verbal et catalogue de désordres).*

*Les autres ouvrages d'art, dits non classiques ou exceptionnels, représentent une très faible proportion du patrimoine. Ils doivent être soumis à un processus de surveillance plus approprié et être visités ou inspectés par des spécialistes. Toutefois, leur classification s'effectue elle aussi en fonction de leur état apparent, suivant une échelle – proposée par la méthode – permettant de les intégrer dans le système général d'évaluation technique.*

La surveillance exceptionnelle, décidée pour un ouvrage qui présente déjà des désordres, n'est pas traitée dans cette Méthode (cf. Circulaire du 19 octobre 1995, pour la surveillance des ouvrages d'art, ainsi que le Glossaire à la fin de ce guide). Cependant, si un ouvrage en fait l'objet, les résultats fournis par cette surveillance pourront être utilisés pour obtenir une évaluation initiale de l'ouvrage ou une nouvelle évaluation technique.

L'organigramme de la figure 3 décrit, dans sa totalité, le déroulement des différentes étapes de l'évaluation technique des ouvrages. Cet organigramme précise quelles opérations de traitement sont à réserver aux ouvrages en fonction de leur nature (« classique » ou « non classique »).



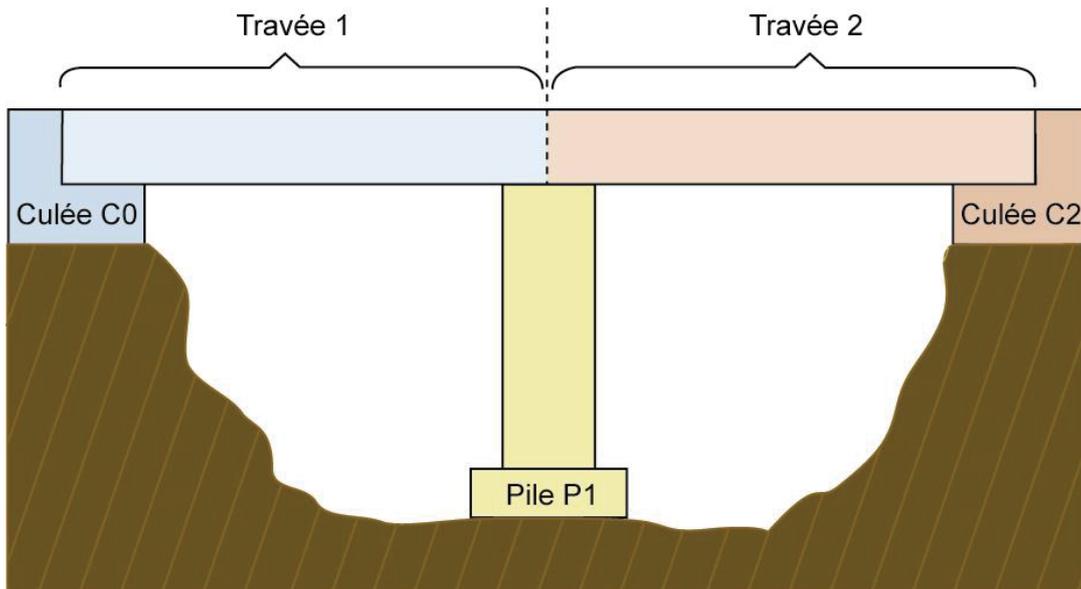
## Éléments et parties d'ouvrage

L'application de la Méthode impose une décomposition des ouvrages en **éléments d'ouvrage**. Cette étape, au cours de laquelle les éléments doivent être définis avec précision, est très importante.

Chacun des éléments d'ouvrage est homogène en termes de structure et de mécanique.

*Exemple :*

Si l'on considère un pont à 2 travées, l'ouvrage peut être divisé en 5 éléments d'ouvrage : les travées 1 et 2, les culées C0 et C2 et la pile P1.



*Figure 4 – Décomposition d'un ouvrage d'art en parties d'ouvrage.*

On appelle **partie d'ouvrage** un regroupement d'éléments qui sont de même nature.

Trois parties d'ouvrage peuvent être distinguées, la partie « équipements », la partie « appuis » et la partie « tablier ».

La partie **équipements** comporte les dispositifs ajoutés à la structure porteuse permettant à l'utilisateur d'utiliser l'ouvrage dans de bonnes conditions, tant de confort que de sécurité ; il est à noter que ces dispositifs améliorent également l'esthétique de l'ouvrage.

La partie **appuis** intègre tous les éléments d'ouvrage destinés à la transmission des efforts vers le sol de fondation.

La partie **tablier** regroupe tous les éléments d'ouvrage sensiblement horizontaux situés sous la voie portée ; par extension, un élément d'ouvrage de type *voûte* sera considéré comme un élément de la partie d'ouvrage « tablier ».

*Exemple :*

Si l'on reprend l'exemple précédent, la partie « appuis » est constituée des culées C0 et C2 et de la pile P1, tandis que la partie « tablier » comprend les travées 1 et 2.

On peut consulter l'annexe 1, où est décrite la décomposition d'un ouvrage plus complexe en parties d'ouvrage.



*Pont en maçonnerie*

## 1. Surveillance périodique

Les objectifs de la surveillance périodique des ouvrages sont les suivants :

- dresser un constat où seront répertoriés les défauts et les désordres relatifs à chaque ouvrage ;
- identifier les ouvrages dégradés (rôle d'alerte).

### Défauts et désordres

La Méthode distingue deux types de dégradations sur un ouvrage. Il s'agit des défauts et des désordres.

- Les **défauts** sont observés le plus souvent sur les équipements. Ce sont des anomalies constructives ou évolutives n'ayant pas, à terme, d'incidence sur son fonctionnement mécanique.
- Les **désordres**, en revanche, correspondent aux anomalies constructives ou évolutives qui modifient le fonctionnement mécanique de l'ouvrage.

Cette distinction permet notamment :

- d'éviter que l'existence de défauts ne fausse la perception que l'on a de l'état global de l'ouvrage (c'est-à-dire de son état structurel) ;
- d'élaborer un programme de traitement des défauts, indépendamment de la planification des travaux de réparation structurelle (*cf.* chapitre III, § 2.3 *Traitement des défauts*).

Cependant, même si un défaut, par définition, n'a pas d'incidence sur la structure de l'ouvrage, sa présence nécessite la plus grande attention, car il peut être dû à des désordres d'origine structurelle. Ainsi, la présence d'un défaut peut aussi révéler au visiteur de l'ouvrage un dysfonctionnement mécanique.

La mise en place d'un protocole de surveillance périodique ne dispense pas les gestionnaires de recourir à d'autres moyens de veille, tels le contrôle annuel ou la surveillance continue, qui permettent de détecter rapidement l'existence d'un risque pour l'usager. En effet, bien qu'un examen rigoureux soit effectué lors de la surveillance périodique, la fréquence des visites n'est pas suffisante pour assurer le même niveau de sécurité.

La surveillance périodique comporte les modalités suivantes :

- visites d'évaluation (§ 1.1) ;
- inspections détaillées et visites par plongeurs (§ 1.2).

### 1.1. Visites d'évaluation

Ces visites permettent d'établir un constat des défauts et des désordres et de produire des informations qui permettront d'accomplir la phase d'évaluation de l'état de l'ouvrage. Elles doivent être simples et objectives.



*Inspection des appuis d'une culée de pont*

L'étendue des défauts est également notifiée, ce qui favorise la programmation de l'entretien courant (cf. annexe 5 et chapitre III, § 2.3, *Traitement des défauts*). Toutefois, les visites ne comportent pas d'analyses sur les causes des désordres constatés.

Les visites d'évaluation concernent les ouvrages dits « classiques », pour lesquels il existe un catalogue de défauts et de désordres ainsi qu'un modèle de procès-verbal (PV). Elles sont effectuées par des non spécialistes. Toutefois, les ponts en béton précontraint (BP) et en métal doivent être évalués par des spécialistes, de même que les ouvrages non-classiques et exceptionnels.

Le matériel utilisé est léger et peu encombrant. Il comporte :

- un procès-verbal de visite ergonomique, édité au préalable et personnalisé suivant les caractéristiques de l'ouvrage à visiter (adapté à chaque partie de l'ouvrage) ; il s'agit d'une grille de relevés de défauts et de désordres (un extrait de PV est joint en annexe 2) ;
- un catalogue de désordres ad hoc pour l'ouvrage (se reporter à l'extrait joint en annexe 3 pour les « ponts-voûtes en maçonnerie ») ;
- un support de saisie (par exemple, une planche au format A3 permettant d'accrocher catalogue et PV ; un outil électronique nomade) ;
- un matériel classique de visite comprenant un équipement individuel de sécurité, des jumelles, un appareil photographique, une lampe, des instruments de mesure, etc.

## a) Établissement du procès-verbal

Après avoir été relevés, les défauts et les désordres sont répertoriés dans un procès-verbal dont des modèles (extrait) sont présentés aux figures 5a à 5d.

Celui-ci doit être considéré comme une *check-list* des défauts et des désordres, que le visiteur remplit *in extenso*.

Il comporte les colonnes suivantes :

- « description du défaut ou du désordre » ;
- « numéro de la page correspondante dans le catalogue » ;
- NE (*non évalué*) colonne permettant d'indiquer les défauts, ou désordres, n'ayant pu être évalués faute d'accessibilité ;
- deux colonnes « défauts » : existence et étendue du défaut ;
- cinq colonnes « niveaux de désordre » de D0 à D4 ;
- S (*risque immédiat pour l'utilisateur*) ;
- « renvois commentaires ».

Un cadre destiné aux « commentaires », situé en bas de chaque feuillet, permet au visiteur d'ajouter toute précision ou remarque qu'il jugera utile et pertinente avec la possibilité, grâce à la colonne « renvois commentaires », de lier un commentaire à l'existence d'un défaut ou d'un désordre (*cf.* annexe 2, *Extrait d'un procès-verbal*, ainsi que les extraits d'un procès-verbal de visite d'évaluation pour un pont en maçonnerie avec murs en aile, sur les Figures 5a, b, c et d).

Quatre niveaux de désordres ont été définis : l'agent chargé de la visite indique par une croix le niveau constaté, de D1 à D4. En l'absence de désordre, il coche la colonne D0. Les niveaux de désordres sont donnés par le catalogue des désordres. Leur attribution est univoque : à un désordre donné, il ne correspond qu'un seul niveau.

Par exemple, pour un tympan de pont maçonnerie avec mur en retour, on attribue un niveau de désordre D2 à un disjointoiement de la maçonnerie sur une surface d'un seul tenant inférieure à 1 m<sup>2</sup>, sans descèlement des pierres, mais avec la présence de concrétions.

S'agissant des défauts, le PV dresse une liste exhaustive de tous ceux qui sont susceptibles d'être rencontrés sur l'ouvrage. Le visiteur doit simplement cocher le défaut relevé lors de l'inspection et remplir la colonne qui lui permet d'en préciser l'ampleur, lorsque celle-ci s'avère importante à signaler. Pour éviter toute ambiguïté, l'unité de mesure (ou unité d'œuvre) *ad hoc* est alors précisée (mètre carré ou mètre linéaire, par exemple).

La notion de risque immédiat encouru par l'utilisateur est introduite au moyen de la mention « S ». Le catalogue signale au visiteur quels sont les désordres et les défauts pour lesquels il convient d'apprécier si la sécurité des usagers est menacée ; le visiteur peut toutefois cocher la mention « S » pour tout défaut ou désordre, s'il le juge nécessaire.

**PROCES-VERBAL DE VISITE D'EVALUATION****PONT MACONNERIE AVEC MURS EN AILE****1. EQUIPEMENTS**

| Description   | page | NE | Défauts |                 | Désordres |    |    |    |    | S | Renvois<br>commentaires |   |
|---|------|----|---------|-----------------|-----------|----|----|----|----|---|-------------------------|---|
|   |      |    | Existe  | Etendue         | D0        | D1 | D2 | D3 | D4 |   |                         |   |
| <b>EQUIPEMENTS SUR OUVRAGE</b>  |      |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.1 Défauts du revêtement de chaussée                                   | 7    |    | X       | 5m <sup>2</sup> |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.2 Affaissement de la chaussée   | 9    |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.3 Effondrement local de la chaussée                                   | 9    |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.4 Fissures transversales de la chaussée                               | 9    |    | X       |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.5 Fissures longitudinales de la chaussée                              | 9    |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.6 Mauvaise conception chaussée -<br>accotements                       | 9    |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.7 Défauts du revêtement des trottoirs                                 | 11   |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.8 Affaissement du corps du trottoir                                   | 11   |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.9 Défauts sur les éléments de bordures                                | 11   |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.10 Déplacement ou dislocation du<br>parapet                           | 13   |    | X       | 2m <sup>2</sup> |           |    |    |    |    |   |                         | X |
| 1.11 Défaut d'alignement en plan du<br>parapet                          | 13   |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.12 Défaut d'alignement en élévation du<br>parapet                     | 13   |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.13 Altération des matériaux constitutifs<br>du parapet                | 13   |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.14 Colmatage des dispositifs<br>d'évacuation                          | 15   |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |
| 1.15 Dégradation ou mauvaise conception<br>des dispositifs d'évacuation | 15   |    |         |                 |           |    |    |    |    |   |                         |   |

3

**COMMENTAIRES**

X About aval concerne 3 éléments suite accident auteur connu assurance en cours.

(X About aval concerne 3 éléments suite accident auteur connu assurance en cours)

**Figure 5a** – Modèle de procès-verbal de visite d'évaluation (extrait) pour un pont en maçonnerie avec murs en aile pour les équipements.

**PROCES-VERBAL DE VISITE D'EVALUATION**

**PONT MACONNERIE AVEC MURS EN AILE**

2. CULEE R.G. Amont + Aval C0

| Description                                | page | NE | Défauts |                  | Désordres |    |    |    |    | S | Renvois<br>commentaires |
|--|------|----|---------|------------------|-----------|----|----|----|----|---|-------------------------|
|  |      |    | Existe  | Etendue          | D0        | D1 | D2 | D3 | D4 |   |                         |
| <b>TYMPANS</b>                             |      |    |         |                  |           |    |    |    |    |   |                         |
| 2.1 Perte de verticalité                   | 27   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.2 Courbure des lits de pierre            | 27   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.3 Bombement ou décrochement              | 27   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.4 Décrochement du tympan / bandeau       | 27   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.5 Fractures I, II, III, ou IIIbis        | 29   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.6 Fractures IV                           | 29   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.7 Fractures VI                           | 29   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.8 Renforcement par tirants : corrosion   | 29   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.9 Végétation                             | 31   |    | X       | 5                |           |    |    |    |    |   | X                       |
| 2.10 Disjointoiement de surface            | 31   |    | X       | 8m <sup>2</sup>  |           |    |    |    |    |   |                         |
| 2.11 Disjointoiement et descellement       | 31   |    |         |                  |           | X  |    |    |    |   |                         |
| 2.12 Ecoulement, efflorescence, concrétion | 31   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.13 Altération des pierres                | 33   |    |         |                  |           | X  |    |    |    |   |                         |
| <b>MURS</b>                                |      |    |         |                  |           |    |    |    |    |   |                         |
| 2.14 Perte de verticalité                  | 35   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.15 Courbure des lits de pierre           | 35   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.16 Bombement ou décrochement             | 35   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.17 Fractures                             | 37   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.18 Dislocation du rampant                | 37   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.19 Végétation                            | 39   |    | X       | 15m <sup>2</sup> |           |    |    |    |    |   | X                       |
| 2.20 Disjointoiement de surface            | 39   |    |         |                  |           |    |    |    |    |   |                         |
| 2.21 Disjointoiement et descellement       | 39   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.22 Ecoulement, efflorescence, concrétion | 39   |    |         |                  | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 2.23 Altération des pierres                | 41   |    |         |                  |           | X  |    |    |    |   |                         |

3 16 3

COMMENTAIRES  
 X Végétations herbes + ronces  
 (X Végétations herbes + ronces)

Figure 5b – Modèle de procès-verbal de visite d'évaluation (extrait) pour un pont en maçonnerie avec murs en aile pour la culée C0.

**PROCES-VERBAL DE VISITE D'EVALUATION**

**PONT MACONNERIE AVEC MURS EN AILE**

3. PILE (suite)

P1

| Description   | page | NE | Défauts |         | Désordres |    |    |    |    | S | Renvois<br>commentaires |
|---|------|----|---------|---------|-----------|----|----|----|----|---|-------------------------|
|   |      |    | Existe  | Etendue | D0        | D1 | D2 | D3 | D4 |   |                         |
| <b>FÛT DE PILE</b>  |      |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 3.14 Perte de verticalité                                   | 67   |    |         |         | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 3.15 Perte d'horizontalité des lits de pierres              | 67   |    |         |         | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 3.16 Bombement ou décrochement                              | 67   |    |         |         | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 3.17 Fractures VI   | 69   |    |         |         | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 3.18 Décollement ou fracture entre chaîne d'angle et pile   | 69   |    |         |         | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 3.19 Fractures verticales dans l'avant-bec ou l'arrière-bec | 69   |    |         |         |           |    | X  |    |    |   | X                       |
| 3.20 Fracture verticale ou circulaire                       | 71   |    |         |         | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 3.21 Fracture horizontale à la naissance de la voûte        | 71   |    |         |         | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 3.22 Végétation   | 73   |    | X       | 1       |           |    |    |    |    |   | XX                      |
| 3.23 Disjoiement de surface                                 | 73   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 3.24 Disjoiement et descèlement                             | 73   |    |         |         | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 3.25 Ecoulement, efflorescence, concrétion                  | 73   |    |         |         | X         |    |    |    |    |   |                         |
| 3.26 Altération des pierres                                 | 75   |    |         |         | X         |    |    |    |    |   |                         |

1 10 1

**COMMENTAIRES**

X fracture sur avant bec aval suivant les joints de moellons ouverture  $\approx 0,5$  cm

XX végétation sur tête de avants becs.

- × Fracture sur avant bec aval suivant les joints des moellons ouverture  $\approx 0,5$  cm
- ×× Végétation sur tête des avants becs

**Figure 5c** – Modèle de procès-verbal de visite d'évaluation (extrait) pour un pont en maçonnerie avec murs en aile pour la pile P1.

**PROCES-VERBAL DE VISITE D'EVALUATION**

**PONT MAÇONNERIE AVEC MURS EN AILE**

4. VOÛTE *V3*

| Description  | page | NE | Défauts |         | Désordres |    |    |    |    | Renvois<br>commentaires |   |
|--|------|----|---------|---------|-----------|----|----|----|----|-------------------------|---|
|  |      |    | Existe  | Etendue | D0        | D1 | D2 | D3 | D4 |                         |   |
| <b>BANDEAUX</b>  |      |    |         |         |           |    |    |    |    |                         |   |
| 4.1 Déformation dans la géométrie des bandeaux               | 83   |    |         |         | X         |    |    |    |    |                         |   |
| 4.2 Fracture sur bandeau en extradoss dans la zone des reins | 83   |    |         |         | X         |    |    |    |    |                         |   |
| 4.3 Décollement du bandeau / corps de voûte                  | 83   |    |         |         | X         |    |    |    |    |                         |   |
| <b>CORPS DE VOÛTE</b>  |      |    |         |         |           |    |    |    |    |                         |   |
| 4.4 Fractures longitudinales                                 | 85   |    |         |         | X         |    |    |    |    |                         |   |
| 4.5 Fractures obliques                                       | 85   |    |         |         | X         |    |    |    |    |                         |   |
| 4.6 Fracture transversale à la clé                           | 85   |    |         |         | X         |    |    |    |    |                         |   |
| 4.7 Fracture transversale entre naissance et reins           | 87   |    |         |         | X         |    |    |    |    |                         |   |
| 4.8 Bombement ou décrochement                                | 87   |    |         |         | X         |    |    |    |    |                         |   |
| 4.9 Renforcement par contre-voûte : dégradation              |      |    |         |         | X         |    |    |    |    |                         |   |
| 4.10 Végétation  | 89   |    |         |         |           |    |    |    |    |                         |   |
| 4.11 Disjointoiement de surface                              | 89   |    | X       | 15      |           |    |    |    |    |                         | X |
| 4.12 Disjointoiement et descellement                         | 89   |    |         |         | X         |    |    |    |    |                         |   |
| 4.13 Ecoulement, efflorescence, concrétion                   | 89   |    |         |         | X         |    |    |    |    |                         |   |
| 4.14 Altération des pierres                                  | 91   |    |         |         |           |    | X  |    |    |                         |   |

*1 11 1*

COMMENTAIRES

*x Disjointoiement important mais superficiel ; altération sur ≈ 1 cm de profondeur des joints cause : qualité du mortier de jointoiement ??*

x Disjointoiement important mais superficiel altération sur ≈ 1 cm de profondeur des joints : qualité du mortier de jointoiement ?

Figure 5d – Modèle de procès-verbal de visite d'évaluation (extrait) pour un pont en maçonnerie avec murs en aile pour la voûte V3.

## **b) Interprétation du procès-verbal**

Elle peut être effectuée au moyen d'un logiciel qui comptabilise les données du PV.

Toutefois, la présence simultanée de plusieurs désordres (ou de défauts *et* de désordres) sur un même élément d'ouvrage ou sur des éléments adjacents peut être le signe d'une dégradation plus importante que celle que provoquerait le même nombre de désordres dispersés.

Cette observation doit conduire à « surcoter » les désordres ainsi associés – ou certains d'entre eux – de un, voire de plusieurs niveaux. La « surcotation » se traduira dans l'édition informatique du procès-verbal de visite ; les données recueillies lors de la visite d'évaluation resteront inscrites, mais mises entre parenthèses (voir plus loin, *Tableau 2*).

## **c) Fréquence des visites**

Elle dépend de nombreux paramètres : on ne peut donc établir de règle générale. La fréquence doit être fixée par le maître d'ouvrage en fonction du patrimoine dont il a la charge, en tenant compte de différents facteurs.

La fréquence des visites d'évaluation peut être adaptée à l'état, à la robustesse ou à l'importance socio-économique de l'ouvrage considéré. Une périodicité maximale de 5 ans est préconisée. Ce système de visites ne dispense pas d'un contrôle annuel des ouvrages.

La durée des visites, pour un ouvrage simple, est estimée entre une heure et demie et deux heures. En l'espace d'une journée, trois ou quatre ouvrages peuvent être raisonnablement visités.

Après tout travail de réparation effectué sur un ouvrage, on réévalue son état pour prendre en compte les améliorations apportées.

## **d) Moyens en personnel et qualifications requises**

Pour des raisons de sécurité évidentes, la présence de deux agents sur le site s'avère indispensable.

La qualification requise pour l'un au moins des deux agents est de niveau chef d'équipe. Ce dernier aura suivi une formation spécifique à la Méthode.

## **e) Résultats**

À partir de l'enregistrement du PV sur support informatique, on produit de manière automatique un tableau de synthèse qui donne :

- pour chaque élément d'ouvrage, le nombre de défauts ou de désordres potentiels non évalués, de défauts existants, de désordres constatés répartis suivant les cinq niveaux D0 à D4, et du total des désordres constatés ;
- un tableau à l'identique doit être fait pour les 3 parties d'ouvrage (équipements, appuis et tablier).

Des concomitances de désordres peuvent être gérées de façon automatique, celles-ci sont donc prises en compte dans le tableau de synthèse, pour la suite de l'évaluation. Les « surcotations » modifient la répartition des désordres suivant les différents niveaux Di. Toutefois, la répartition d'origine reste indiquée entre parenthèses, comme le montre l'exemple ci-dessous.

|                      | Défauts ou désordres non évalués (NE) | Défauts | Désordres |    |    |    |    | Total des désordres examinés | Sécurité S |
|----------------------|---------------------------------------|---------|-----------|----|----|----|----|------------------------------|------------|
|                      |                                       |         | D0        | D1 | D2 | D3 | D4 |                              |            |
| <b>Equipements</b>   |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |
| Travée (0;1)         |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |
| Travée (1;2)         |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |
| ...                  |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |
| Travée (n-1;n)       |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |
| <b>Total Tablier</b> |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |
| Culée 0              |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |
| Pile 1               |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |
| Pile 2               |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |
| ...                  |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |
| Culée n              |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |
| <b>Total Appuis</b>  |                                       |         |           |    |    |    |    |                              |            |

**Tableau 1** – Tableau de synthèse d'un procès-verbal (PV).

|                       | D <sub>0</sub> | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> | D <sub>3</sub> | D <sub>4</sub> | ΣD <sub>i</sub> |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| élément d'ouvrage i   | 7              | 15             | (8) 7          | (1) 2          | 0              | 31              |
| élément d'ouvrage i+1 | 12             | (6) 4          | (10) 11        | (5) 6          | 0              | 33              |

**Tableau 2** – Exemple de répartition des désordres des éléments d'un ouvrage

Il s'agit ici d'un exemple fictif de concomitance d'un désordre sur l'élément d'ouvrage i avec deux désordres sur l'élément d'ouvrage i + 1. Cette concomitance conduit à « surcoter » le désordre détecté sur l'élément i de D2 en D3 et les deux désordres observés sur l'élément i + 1 de D1 en D2 pour l'un et de D1 en D3 pour l'autre. Les désordres donnant lieu à une surcotation font l'objet d'une précision dans les PV et les catalogues.

### 1.2. Inspections détaillées et visites par plongeurs

Ce sont des visites périodiques de modalités différentes de celles des visites d'évaluation présentées plus haut. Toutefois, comme pour les visites d'évaluation, un PV de type « visite périodique » est rempli.

Les ouvrages devant faire l'objet d'inspections détaillées périodiques sont listés par la cellule ouvrages d'art ou par le gestionnaire. Il s'agit d'ouvrages dont la taille, la nature ou l'état requièrent de telles inspections, notamment les ponts en béton précontraint et en métal et les ouvrages dont la structure offre un accès peu aisé.

Seuls les ouvrages listés par la cellule ouvrages d'art ou le gestionnaire font l'objet d'une visite par des plongeurs. Cette liste comprend les ponts dont les fondations ne sont jamais visibles, même en période d'étiage. Elle est systématique dans les zones affouillables.

La périodicité des visites par plongeurs, comme celle des inspections détaillées, doit être établie en même temps que la liste d'ouvrages à visiter.

Une visite d'évaluation est recommandée entre deux visites d'inspection détaillée périodique.

## a) Résultats

Une inspection détaillée devra permettre d'établir un PV de la même forme que ceux des visites d'évaluation. Ce PV est établi à partir du relevé exhaustif des défauts et désordres figurant (en principe) dans la première partie du rapport d'inspection.

Une visite par plongeurs permet, quant à elle, de compléter un PV de visite d'évaluation.

À partir de l'enregistrement du PV sur support informatique, on dresse un tableau de synthèse qui donne, pour chaque élément d'ouvrage :

- le nombre de défauts ou de désordres non évalués ;
- le nombre de défauts existants ;
- le nombre de désordres évalués.

Ces nombres sont répartis suivant l'échelle de niveaux (allant de D0 à D4), puis additionnés.

Les résultats recherchés sont les mêmes que pour des visites d'évaluation : chaque ouvrage, qu'il soit soumis à des visites d'évaluation ou à des inspections détaillées, est évalué selon la même échelle de désordres.

## b) Qualifications requises

On se reportera à l'*Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art* (1979, révisée en 1995) et à l'*Exécution des visites par plongeurs autonomes* (1978).

Voir aussi *Fondations de ponts en site aquatique en état précaire - Guide pour la surveillance et l'entretien* (Direction des Routes et de la Circulation Routière, 1980, diffusé par le LCPC et le Sétra).

## 2. Classification des OA suivant leur état

Deux étapes précèdent la classification des OA en fonction de leur état : un tri d'ouvrages (§2.1) et une attribution d'indices d'état apparent (IE) pour chacun d'eux (§2.2).

Le tri permet de classer les ouvrages en deux groupes : les ouvrages peu ou pas dégradés sont classés en liste verte, les autres en liste rouge. La façon de calculer et d'attribuer les indices d'état n'est pas la même pour chacune des deux listes.

Enfin, la Méthode comporte une phase supplémentaire pour les ouvrages ayant déjà subi une évaluation, à partir de la deuxième évaluation (§2.3). Lors de cette phase, le visiteur est amené à identifier les dégradations significatives qui se seraient produites entre les deux évaluations successives.



*Passerelle au-dessus de l'autoroute*

## 2.1. Tri des ouvrages en deux listes

### a) Objectif

Le tri permet de bien séparer les ouvrages en bon état, ou pas dégradés, des ouvrages qui nécessitent une expertise du service ouvrages d'art (OA), compte tenu des risques potentiels qu'ils présentent pour les usagers. On cherche ainsi à finaliser le rôle d'alerte joué par la surveillance périodique.

Deux listes d'ouvrages sont produites :

- une *liste verte*, répertoriant les ouvrages qui présentent peu ou pas de désordres ;
- une *liste rouge*, répertoriant les ouvrages présentant des risques potentiels, et qui doivent être examinés par le service OA.

Le classement ne peut être effectué que pour des ouvrages ayant fait l'objet d'une surveillance périodique aboutissant à un tableau de synthèse des désordres.

### b) Procédé

On réalise un tri informatique des ouvrages à partir de leurs tableaux de synthèse, afin de les affecter à la liste verte ou à la liste rouge. Aucune qualification particulière n'est requise pour ce tri informatisé.

Pour effectuer le tri, chaque élément d'ouvrage est examiné. On intègre dans la liste rouge tout ouvrage dont un seul élément est dégradé de manière significative. Ceci est important car, globalement, l'état de l'ouvrage pourrait être jugé bon si tous les autres éléments qui le composent ne présentaient que peu ou pas de désordres.

Le procédé est explicité ci-dessous à partir du tableau de synthèse.

|                      | Défauts ou désordres non évalués (NE) | Défauts | Désordres |    |    |    |    | Total des désordres examinés | Sécurité<br>S |
|----------------------|---------------------------------------|---------|-----------|----|----|----|----|------------------------------|---------------|
|                      |                                       |         | D0        | D1 | D2 | D3 | D4 |                              |               |
| Équipements          | 0                                     | 10      |           |    |    |    |    | 0                            | 2             |
| Travée 1             | 0                                     | 1       | 6         | 4  | 1  | 4  | 0  | 15                           | 1             |
| Travée 2             | 0                                     | 0       | 10        | 3  | 2  | 0  | 0  | 15                           | 0             |
| Total Tablier        | 0                                     | 1       | 16        | 7  | 3  | 4  | 0  | 30                           | 1             |
| Culée C <sub>0</sub> | 0                                     | 1       | 12        | 0  | 2  | 0  | 0  | 14                           | 0             |
| Pile P <sub>1</sub>  | 0                                     | 0       | 8         | 3  | 0  | 1  | 0  | 12                           | 0             |
| Culée C <sub>2</sub> | 0                                     | 0       | 10        | 2  | 1  | 1  | 0  | 14                           | 0             |
| Total Appuis         | 0                                     | 1       | 30        | 5  | 3  | 2  | 0  | 40                           | 0             |

Tableau 3 – Exemple de tableau de synthèse d'un pont à deux travées.

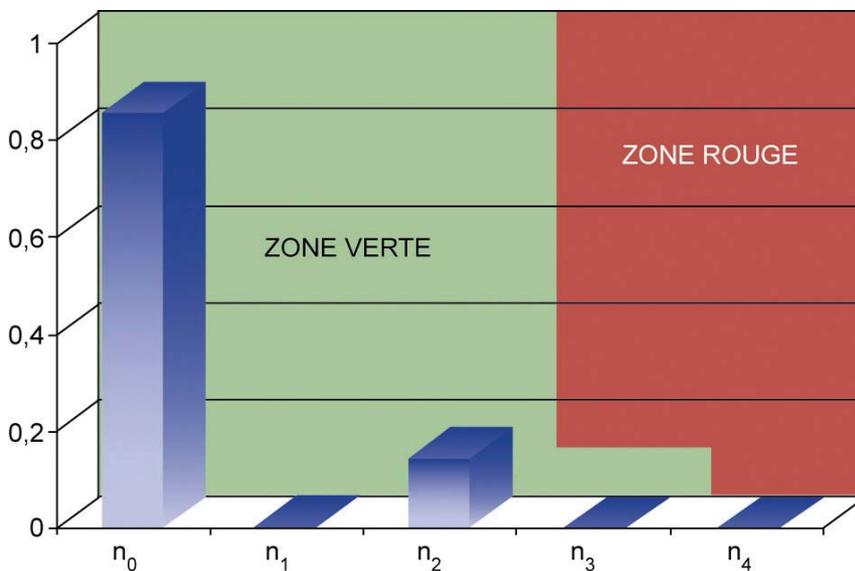
Pour chaque **élément** d'ouvrage, la ligne du tableau de synthèse correspondante est traduite sous la forme d'un histogramme représentant les fréquences  $n_i$  d'apparition de chaque niveau de désordre  $D_i$ .

Pour une **partie** d'ouvrage, si  $N_i^j$  représente le nombre de défauts de la classe  $D_i$ , et  $\sum_{0-4} N_i^j$  le nombre cumulé de défauts des classes  $D_0$  à  $D_4$ , on calcule :

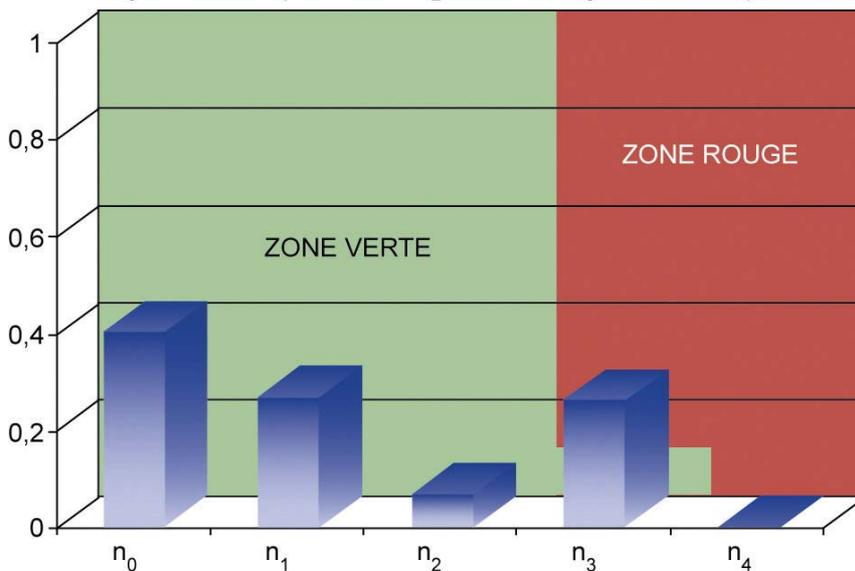
$$n_i^j = N_i^j / \sum_{0-4} N_i^j$$

L'arrière-plan des histogrammes est découpé en deux zones fixes correspondant à chacune des deux listes. Ainsi, la position des histogrammes indique si l'ouvrage se trouve en liste verte ou en liste rouge. La limite entre ces deux zones a été établie afin de détecter au mieux les ouvrages à problèmes potentiels tout en évitant de surcharger la liste rouge.

Dès qu'un ouvrage présente un désordre de niveau  $D_4$ , il est automatiquement classé en liste rouge. Dans l'exemple choisi, on compare les histogrammes obtenus pour la culée C0 et pour la travée 1 (Figures 6 et 7).



**Figure 6** – Fréquences  $n_i$  d'apparition des niveaux de désordre  $D_i$  pour la culée C0.



**Figure 7** – Fréquences  $n_i$  d'apparition des niveaux de désordre  $D_i$  pour la travée 1.

On remarque que sur la Figure 6, l'historgramme correspondant à la culée C0 ne pénètre pas dans la zone rouge. La culée C0 est considérée comme peu dégradée. En revanche, l'historgramme correspondant à la travée 1 (Figure 7) pénètre dans la zone rouge. Cela signifie donc que les désordres constatés sur cet élément sont tels que l'ouvrage présente des risques potentiels. Il doit donc être classé en liste rouge.

## 2.2. Attribution d'un indice d'état apparent (IE) à chaque ouvrage

### a) Objectifs

- Évaluer l'état apparent de chaque ouvrage.
- Obtenir une image de l'état du patrimoine.

### b) Domaine d'emploi

Ouvrages faisant l'objet d'une visite périodique de surveillance ou d'une inspection détaillée périodique, à l'exclusion de ceux qui ne font l'objet que d'un contrôle annuel.

### c) Principes

L'indice global IE, qui qualifie l'état général de l'ouvrage, se calcule à partir de 2 indices d'état partiels  $IE_t$  et  $IE_a$  correspondant respectivement aux parties d'ouvrage « tablier » et « appuis ».

Les indices d'état sont définis suivant une échelle allant de 1 à 8, plus un indice NE :

- 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.

Selon que l'ouvrage est classé en liste verte ou en liste rouge, un traitement différent est appliqué pour la détermination des indices partiels et de IE.

#### **Ouvrages de la liste verte :**

Comme nous l'avons vu précédemment, un ouvrage jugé peu ou pas dégradé est placé en liste verte. Les indices d'état partiels sont affectés de façon automatique. Le procédé d'attribution est explicité à l'aide d'un exemple de pont à 3 travées dont le tableau de synthèse des désordres est donné ci-dessous (cf. Tableau 4).

- Les lignes du tableau de synthèse correspondant aux parties d'ouvrages « tablier » et « appuis » sont représentées sous la forme d'histogrammes (cf. Figures 8 et 9). Ceux-ci donnent les fréquences d'apparition  $n_i$  de chaque niveau de désordre  $D_i$  ;
- la zone correspondant à la liste verte est découpée en petits secteurs pour les indices les plus faibles (jusqu'à IE = 5) comme il est indiqué sur les figures ;
- l'indice d'état partiel de chacun des deux composants d'ouvrage correspond au secteur le plus préjudiciable dans lequel s'intègre l'histogramme ; dans notre exemple, pour la partie « tablier », il s'agit du secteur IE = 5 donc  $IE_t = 5$ , alors que pour la partie « appuis », l'histogramme entre dans le secteur IE = 3 donc  $IE_a = 3$ .

|                      | Défauts ou désordres non évalués (NE) | Défauts  | Désordres |          |           |          |          | Total des désordres examinés | Sécurité<br>S |
|----------------------|---------------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|------------------------------|---------------|
|                      |                                       |          | D0        | D1       | D2        | D3       | D4       |                              |               |
| Équipements          | 0                                     | 10       |           |          |           |          |          | 0                            | 2             |
| Travée 1             | 0                                     | 1        | 9         | 4        | 1         | 1        | 0        | 15                           | 1             |
| Travée 2             | 0                                     | 1        | 6         | 2        | 6         | 1        | 0        | 15                           | 0             |
| Travée 3             | 0                                     | 0        | 10        | 2        | 3         | 0        | 0        | 15                           | 0             |
| <b>Total Tablier</b> | <b>0</b>                              | <b>2</b> | <b>25</b> | <b>8</b> | <b>10</b> | <b>2</b> | <b>0</b> | <b>45</b>                    | <b>1</b>      |
| Culée C <sub>0</sub> | 0                                     | 1        | 12        | 0        | 2         | 0        | 0        | 14                           | 0             |
| Pile P <sub>1</sub>  | 0                                     | 0        | 8         | 3        | 0         | 0        | 0        | 11                           | 0             |
| Pile P <sub>2</sub>  | 0                                     | 0        | 6         | 2        | 3         | 0        | 0        | 11                           | 0             |
| Culée C <sub>3</sub> | 0                                     | 0        | 10        | 2        | 2         | 0        | 0        | 14                           | 0             |
| <b>Total Appuis</b>  | <b>0</b>                              | <b>1</b> | <b>36</b> | <b>7</b> | <b>7</b>  | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>50</b>                    | <b>0</b>      |

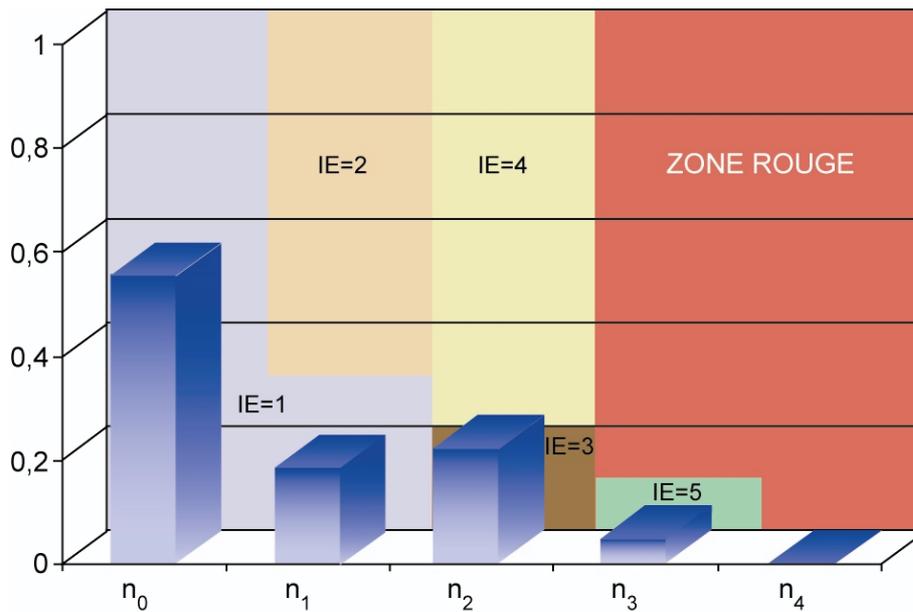
Tableau 4 – Exemple (fictif) d'un tableau de synthèse d'un pont à 3 travées.

#### Ouvrages de la liste rouge :

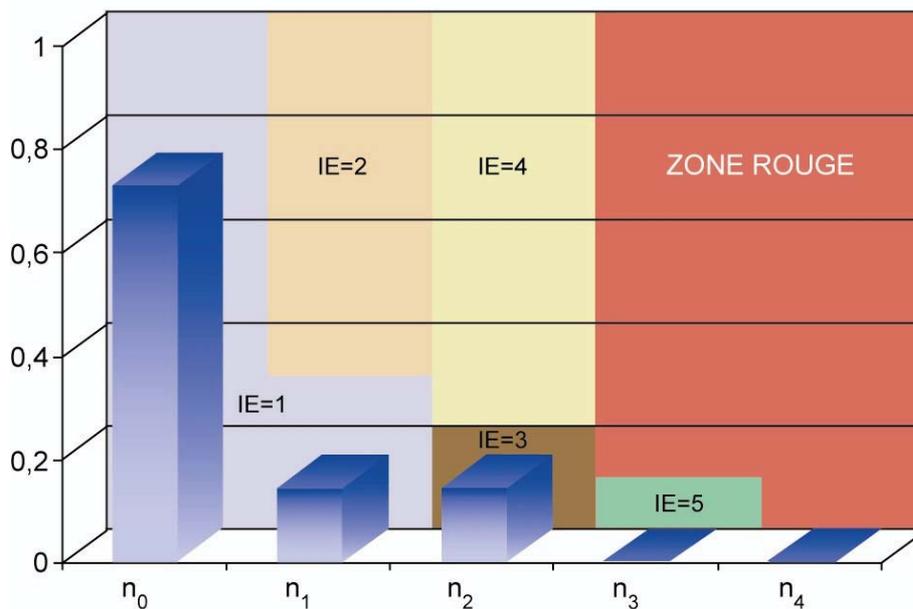
L'évaluation de l'état d'un ouvrage de la liste rouge est effectuée par le service OA :

le spécialiste établit un pré-diagnostic et attribue des indices d'état partiel à partir d'un examen approfondi du dossier, d'une contre-visite et, si nécessaire, d'une inspection détaillée ; ces indices d'état partiel peuvent varier de 1 à 8. Il est à noter que l'ouvrage peut se révéler dans un état satisfaisant, même s'il fait partie de la liste rouge ; le PV et le tableau de synthèse ne sont pas pour autant modifiés puisqu'il s'agit de désordres effectivement constatés, même s'ils portent peu à conséquence pour la santé de l'ouvrage. Ainsi, après attribution de l'indice d'état, un spécialiste peut reclasser en liste verte cet ouvrage, qui conservera un statut particulier au regard des visites périodiques.

**Remarque :** Il est parfois nécessaire de recourir à des études complémentaires (investigations, calculs) pour juger de l'état réel d'un ouvrage. Pour des raisons de calendrier, l'attribution des indices d'état est faite sans attendre le résultat de ces études. C'est donc bien un état apparent de l'ouvrage qui est déterminé.



**Figure 8** – Attribution de l'indice d'état partiel  $IE_t$  à partir de l'histogramme d'apparition des différents niveaux de désordres pour la partie «tablier»



**Figure 9** – Attribution de l'indice d'état partiel  $IE_a$  à partir de l'histogramme d'apparition des différents niveaux de désordres pour la partie «appuis»

**Calcul de l'indice IE :**

Pour tous les ouvrages (liste rouge comme liste verte), l'indice d'état global IE est pris comme étant le maximum des deux indices partiels  $IE_t$  et  $IE_a$ . Dans le cas du pont à 3 travées évoqué ci-dessus, l'indice d'état global IE est égal à 5 puisque les indices partiels sont respectivement 5 pour  $IE_t$  et 3 pour  $IE_a$ .

En ce qui concerne les ouvrages dits non « classiques », le service OA fait une appréciation directe à partir des visites ou inspections détaillées réalisées sur ceux-ci. Si nécessaire, le service OA peut effectuer des visites ou des investigations complémentaires. L'indice d'état IE correspond à l'appréciation de leur état.

Un ouvrage peut avoir un indice d'état IE égal à NE pour deux raisons :

- soit l'ouvrage est classé en liste rouge, et le pré-diagnostic pour définir son état apparent n'a pas encore été effectué par le service OA ;
- soit un pourcentage significatif de désordres ou de certains désordres considérés comme critiques dans le cas de cet ouvrage n'a pu être coté au cours de l'action de surveillance, notamment pour des raisons d'accessibilité ; dans ce cas, des moyens complémentaires doivent être mis en œuvre afin d'évaluer la présence et le niveau de ces désordres éventuels.

Le regroupement de tous les indices d'état propres à chaque ouvrage permet d'obtenir une image de l'état global du patrimoine (ouvrages des listes verte et rouge, ouvrages dits « non classiques », ouvrages soumis à IDP).

De nombreux traitements statistiques peuvent ensuite être faits à partir de ces données pour analyser l'état du patrimoine suivant différents critères, à définir selon les souhaits du maître d'ouvrage.

Une évolution de cette image dans le temps pourra permettre d'évaluer l'efficacité de la politique de maintenance mise en place.

#### **d) Qualifications requises**

Cette phase d'évaluation est du ressort d'un agent de niveau ingénieur, spécialisé en ouvrages d'art.

#### **e) Résultats**

Pour chaque ouvrage, il y a attribution de deux indices d'état partiel  $IE_t$  et  $IE_a$ , respectivement pour les parties « tablier » et « appuis », et d'un indice d'état global IE.

### **2.3. Évolution de l'état de l'ouvrage**

On cherche à identifier, au sein du patrimoine, les ouvrages présentant une évolution significative de leur dégradation entre deux évaluations ; cette identification prend notamment toute son importance pour les ouvrages placés en liste verte.

Cette identification ne peut être opérée que sur les ouvrages ayant fait au préalable l'objet d'au moins deux évaluations.

La Méthode propose deux outils à l'aide desquels les gestionnaires peuvent dresser une liste des ouvrages dont la dégradation semble avoir évolué significativement entre deux évaluations :

- un outil très global fournissant la liste des ouvrages pour lesquels la valeur de l'indice d'état IE a augmenté ;
- un outil un peu plus pointu permettant d'identifier les ouvrages dont le pourcentage de désordres pour lesquels le niveau de désordre  $Di$  a augmenté et est devenu supérieur à un pourcentage limite. Ce pourcentage limite est à fixer par le gestionnaire.

Un système de requêtes multicritères couplé à ces outils permettra au gestionnaire de restreindre la sélection d'ouvrages ou, lors de l'utilisation du deuxième outil, de faire varier le pourcentage limite, soit de façon globale, soit en fonction des ouvrages concernés (suivant leur importance socio-économique, par exemple).

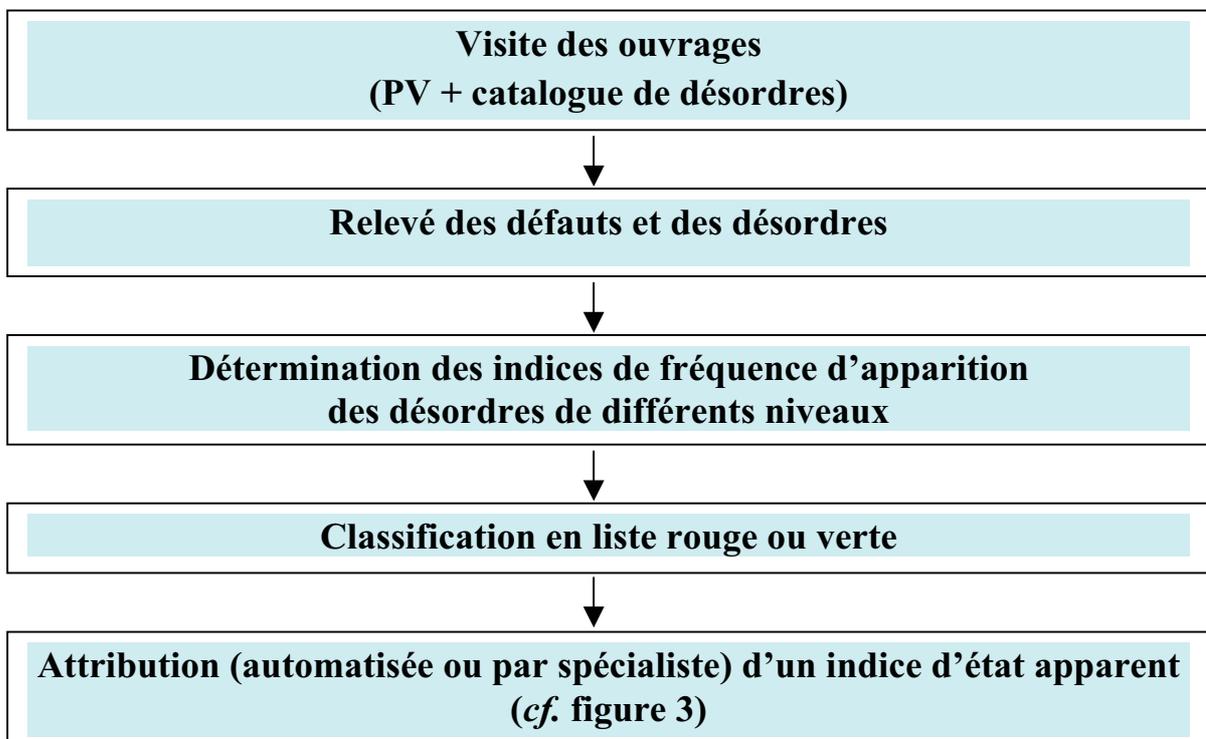
Ces outils, destinés à la consultation, peuvent être mis à la disposition de l'ensemble des agents gestionnaires des ouvrages (service ouvrages d'art ou subdivisions).

On obtient des listes des ouvrages dont la dégradation semble avoir significativement évolué entre deux évaluations.

# Aide-mémoire

## Chapitre I

### Attribution d'un indice d'état apparent aux ouvrages classiques (cas général)



# Chapitre II

## Indices de priorité

*Deux types de priorités sont à prendre en compte dans la programmation des actions de maintenance d'un patrimoine d'art : il s'agit des priorités techniques et des priorités socio-économiques.*

*Ce chapitre présente les indices de priorité technique (dont la détermination est explicitée dans le chapitre III), qui permettent d'établir un ordre d'intervention selon des critères exclusivement techniques, tandis que les indices de priorité socio-économiques permettent de traduire l'urgence relative des différentes interventions en fonction de paramètres plus diversifiés, d'ordre politique, économique et social.*

### 1. Les indices de priorité technique

L'objectif est de déterminer l'ordre de priorité de réparation des ouvrages d'art selon des critères techniques. Cette étape s'avère nécessaire pour la phase ultérieure de programmation des interventions. On obtient un classement des ouvrages devant être réparés à court ou moyen terme, suivant l'indice de priorité technique (IT) attribué à chacun.

Les indices de priorité technique permettent de définir dans quel ordre il serait souhaitable d'engager des réparations sur les ouvrages concernés, sans prendre en considération leur importance socio-économique.

#### a) Ouvrages concernés et échelle des indices

L'attribution d'un indice de priorité technique concerne les ouvrages pour lesquels des travaux de réparation doivent être prévus à court ou moyen terme. Ces ouvrages ont déjà fait l'objet d'un diagnostic, puis d'une étude préliminaire permettant de disposer d'un montant estimatif des travaux.

*Les indices de priorité technique ne concernent pas :*

- *les ouvrages pour lesquels il n'est pas envisagé, à court et moyen terme, de travaux autres que l'entretien courant ;*
- *les ouvrages ayant déjà fait l'objet d'une décision de travaux (motivée, par exemple, par des problèmes de sécurité, ou intégrée dans une opération de modernisation, etc.).*

L'échelle des indices de priorité technique compte cinq niveaux : CT1, CT2, CT3, MT1 et MT2.

- **Court terme** : les indices CT1, CT2 et CT3, définissent le niveau décroissant de priorité des réparations prévues à court terme : p. ex. 1 an, 2 ans ou 3 ans.
- **Moyen terme** : les indices MT1 et MT2 définissent le niveau décroissant de priorité des réparations prévues à moyen terme : p. ex. 4 ans (MT1) ou 5 ans (MT2).

Suivant les pratiques de programmation observées dans le département, chaque maître d'ouvrage affectera aux notions de « court terme » et de « moyen terme » une signification temporelle, en les situant dans une échelle de temps (programmation pluriannuelle).

On détermine également un indice NE pour les ouvrages dont l'indice de priorité technique n'a pas encore été évalué.

## **b) Mise en œuvre**

Pour évaluer l'indice de priorité technique de réparation d'un ouvrage d'art, il est nécessaire d'avoir effectué au préalable son diagnostic et d'avoir envisagé une solution de réparation.

Le diagnostic permet de déterminer si les désordres constatés sont d'origine et/ou stabilisés, ou évolutifs. Le diagnostic se révèle donc incontournable pour la détermination d'un indice de priorité technique : des désordres stabilisés n'impliquent pas de réparation urgente, alors qu'un désordre évolutif peut motiver la programmation d'une intervention.

On comprend ainsi que l'attribution des indices de priorité technique (IT) ne peut être automatique :

- elle nécessite une réflexion pertinente de la part du gestionnaire des ouvrages d'art, lequel doit prendre en compte de nombreux facteurs, dont, entre autres :
- l'évolution potentielle de l'état de l'ouvrage (désordres stabilisés ou évolutifs) ;
- l'évolution potentielle du coût de la réparation, dans l'hypothèse où celle-ci est différée ;
- l'environnement de l'ouvrage et son évolution probable ;
- l'évolution des charges sur l'ouvrage ;
- la nature de l'ouvrage et son « niveau » de fragilité (voir l'exemple ci-dessous).
- Cette liste n'est pas exhaustive. Elle peut être complétée en fonction des observations de terrain. En outre, l'importance relative des différents facteurs varie selon les ouvrages.

Par ailleurs, l'indice de priorité technique n'est pas uniquement lié au niveau de dégradation des ouvrages. À ce titre, l'indice d'état IE (Voir le chapitre I, *Évaluation technique des OA*), tout à fait pertinent pour définir l'indice de priorité technique IT, n'est pourtant pas déterminant, comme l'illustre l'exemple ci-dessous.

*Exemple :*

Considérons deux ouvrages aux conceptions différentes, à savoir un pont en béton précontraint et un pont en maçonnerie.

*Le pont en béton précontraint présente, en about de dalle (au niveau du cachetage des corps d'ancrage de la précontrainte) une fissure de retrait comportant des traces d'humidité.*

*Le pont en maçonnerie plein cintre est en pierres de taille. Ses joints sont totalement dissous, mais les éléments de maçonnerie se sont redistribués, ce qui permet un fonctionnement pratiquement normal.*

L'état de l'ouvrage en maçonnerie peut être considéré comme significativement plus mauvais que celui du pont en béton précontraint :  $IE_M$  étant l'indice d'état global du pont en maçonnerie et  $IE_{BP}$  l'indice d'état global du pont en béton précontraint, on a :

$$\boxed{IE_M > IE_{BP}}$$

Cependant, une intervention urgente s'impose sur le pont en béton précontraint, avant que les dégradations n'atteignent la précontrainte :

$$\boxed{IT_M < IT_{BP}}$$

En effet, reporter l'intervention sur le pont en béton précontraint provoquerait un accroissement important du coût de la réparation. En revanche, pour le pont en maçonnerie, l'évolution lente de la dégradation permet d'attendre, sans risque de modification notable du coût de la réparation.

*L'indice IT est important lorsqu'il s'agit de départager des ouvrages en mauvais état en tenant compte du budget et des moyens humains.*

### **c) Qualifications requises**

L'attribution d'un indice de priorité technique IT est de la responsabilité d'un agent de niveau ingénieur spécialisé en pathologie des ouvrages d'art.

Il est recommandé que tous les indices de priorité technique soient attribués par une même personne, pour des raisons évidentes d'homogénéité.

## **2. Les indices de priorité socio-économique ISE**

Ces indices sont conçus pour refléter le niveau d'intérêt que présentent les ouvrages – selon le jugement du maître d'ouvrage – d'un point de vue stratégique, politique, économique, social, culturel, etc., afin d'en tenir compte dans la politique de maintenance. Cette politique comprend la programmation des actions de surveillance, des études et des travaux de réparation ou de modernisation.

Un indice de priorité socio-économique (ISE) peut être attribué à tout ouvrage non exceptionnel du patrimoine. Cet indice doit être le reflet des orientations souhaitées par le maître d'ouvrage.

L'indice ISE est défini suivant une échelle allant de 1 à 5. Il vaut 1 lorsque l'ouvrage considéré est peu stratégique. Le maître d'ouvrage attribue à l'indice ISE la valeur maximale de 5 lorsque l'ouvrage présente un intérêt majeur.

Le processus d'attribution se décompose en deux étapes :

- une définition des règles de détermination des indices ISE par le maître d'ouvrage ;
- une mise en œuvre de ces règles par le gestionnaire dans le but d'attribuer un indice ISE à chaque ouvrage.

### **a) Élaboration des règles de détermination de l'indice ISE**

Avec l'aide du service gestionnaire, le maître d'ouvrage élabore les règles de détermination de l'indice ISE. Ces règles doivent être cohérentes avec ses choix politiques.

En premier lieu, le maître d'ouvrage détermine tous les critères nécessaires à la définition de l'importance socio-économique des ouvrages. Ces critères relèvent des catégories suivantes :

- A. CLASSIFICATION DU RÉSEAU
- B. ENJEUX
- C. VALEUR PATRIMONIALE
- D. INCIDENCE DE LA RÉDUCTION DU NIVEAU DE SERVICE

Puis, le maître d'ouvrage définit le poids relatif qu'il souhaite donner à chacune des catégories A, B, C et D en fonction des orientations politiques du département. Dans ce but, des coefficients pondérateurs,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  et  $\delta$ , sont affectés aux catégories A, B, C et D ( $A\alpha$ ,  $B\beta$ ,  $C\gamma$ ,  $D\delta$ ), sachant que la somme de ces coefficients vaut l'unité ( $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$ ).



*Passerelle sur l'autoroute*

*Exemple de calcul de l'indice ISE :*

Cet exemple pourra fournir une trame permettant d'aider le maître d'ouvrage et le gestionnaire à établir des règles adaptées aux orientations du département.

Les critères proposés sont les suivants :

- A. CLASSIFICATION DU RÉSEAU
  - Hiérarchisation du réseau routier.
- B. ENJEUX
  - Trafic routier ;
  - Trafic piétons ;
  - Itinéraire de transport en commun ou scolaire ;
  - Desserte d'un pôle économique, touristique, etc. ;
  - Enjeux particuliers.
- C. VALEUR PATRIMONIALE
  - Valeur de reconstruction ;
  - Intérêt culturel.
- D. INCIDENCE DE LA RÉDUCTION DU NIVEAU DE SERVICE
  - Véhicules autorisés ;
  - Capacité portante ;
  - Transports exceptionnels ou militaires ;
  - Incidence d'une déviation.

*(La définition précise de ces différents critères est donnée en annexe 4 du présent document.)*

On détermine pour cette série de critères les coefficients pondérateurs suivants :

- $\alpha = 10 \%$  ;
- $\beta = 40 \%$  ;
- $\gamma = 25 \%$  ;
- $\delta = 25 \%$ .

La valeur de 10 % affectée au coefficient  $\alpha$  peut paraître faible, mais elle s'explique par le fait que la catégorie CLASSIFICATION DU RÉSEAU contient exclusivement le critère « hiérarchisation du réseau routier ». En effet, ce critère dépend presque exclusivement du trafic routier, déjà inscrit dans la catégorie ENJEUX. Si  $\alpha$  était trop important, le trafic routier risquerait d'occulter l'influence des autres catégories ou critères.

À partir de cette trame, le maître d'ouvrage peut ajouter, supprimer ou remanier des critères dans chaque catégorie, modifier les coefficients pondérateurs  $\alpha$  à  $\delta$  pour adapter le poids relatif des différentes catégories.

L'affectation d'une très petite valeur à l'un des coefficients pondérateurs vis-à-vis des autres signifie que la catégorie correspondante n'a que très peu d'influence sur l'importance socio-économique des ouvrages. Ainsi, il est préférable de supprimer totalement cette catégorie, par souci de simplification<sup>1</sup>.

### ***Prendre du recul par rapport aux indices !***

*La détermination d'indices ISE permet de prendre en compte la dimension socio-économique des ouvrages dans la politique de maintenance du patrimoine. Cependant, ces indices ont leurs limites, tout comme les critères à partir desquels les indices sont déterminés. Quel que soit le mode de calcul adopté, il est toujours bon d'avoir cette observation en tête.*

*En effet, de nombreux facteurs, autres que ceux choisis comme critères, peuvent, de façon ponctuelle, entrer en ligne de compte. A contrario, des critères retenus pour déterminer l'indice ISE peuvent ne présenter aucun intérêt pour certains types d'interventions. Par exemple, c'est le cas pour le critère d'« incidence d'une déviation », si la réparation à effectuer ne gêne en rien la circulation sur l'ouvrage. Un indice ISE doit donc être avant tout considéré comme un indicateur global de l'intérêt que présente l'ouvrage pour la collectivité.*

## **b) Attribution d'un indice ISE à chaque ouvrage**

Le gestionnaire détermine l'indice socio-économique ISE de chaque ouvrage du patrimoine, à partir des règles établies par le maître d'ouvrage.

Il attribue une valeur  $V(J)$  de 1 à 5 à chaque catégorie  $J$ , pour  $J = A$  à  $D$ , en jugeant de l'importance des différents critères de cette catégorie (par ex. :  $V(A) = 4$ ). S'agissant de cette étape, aucune formule mathématique n'est proposée. En effet, pour un ouvrage donné, un seul critère (voire deux) s'avère suffisant dans une catégorie.

Il calcule ensuite l'indice ISE avec la formule :

$$\alpha V(A) + \beta V(B) + \gamma V(C) + \delta V(D)$$

<sup>1</sup> L'élaboration du mode de détermination des indices ISE est un travail des plus délicats. Il faut définir précisément les différents critères retenus, veiller à leur représentativité, éviter les effets pervers.

Si l'on n'y prend pas garde, certains critères peuvent inclure totalement ou partiellement d'autres critères également sélectionnés, et donc conduire à des comptes doubles, voire triples, qui diminueraient fortement l'influence des autres paramètres. Une étude de sensibilité des critères et des coefficients pondérateurs choisis paraît donc un préalable indispensable à la réalisation de la deuxième étape.

Le gestionnaire attribue alors comme indice ISE à l'ouvrage l'une des deux valeurs entières les plus proches du résultat de ce calcul.

À titre d'exemple, l'attribution d'un indice ISE à quatre ouvrages ayant des caractéristiques et des fonctions fort différentes est présentée dans l'annexe 4. Les indices ISE y ont été déterminés suivant les règles proposées par défaut.

En conclusion, la détermination d'un indice ISE pour chaque ouvrage du patrimoine est un travail assez conséquent pour le gestionnaire. Cependant, l'indice ISE constituant une valeur intrinsèque de l'ouvrage, il ne devrait pas faire l'objet d'une réévaluation systématique.

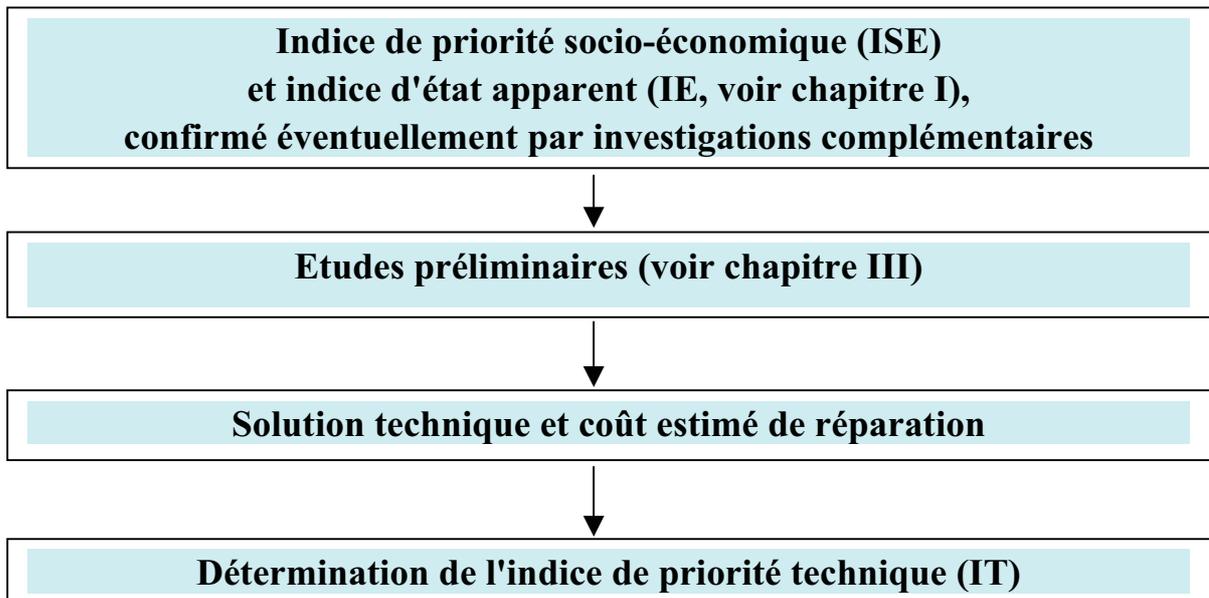
### **c) Qualifications requises**

La définition des règles de calcul est de la responsabilité du maître d'ouvrage.

La phase d'attribution des indices ISE est du rôle d'un agent qualifié ayant une bonne connaissance de la situation et des fonctions de tous les ouvrages du patrimoine. Par souci d'homogénéité lors de l'attribution des indices, il semble préférable que ce travail soit mené par le même agent.

## Aide-mémoire Chapitre II

### Détermination de l'indice de priorité technique (par spécialiste)





# Chapitre III

## La programmation des actions de maintenance

*Ce chapitre présente toutes les opérations inhérentes à la programmation des travaux de réparation et d'entretien des ouvrages d'art, ainsi qu'à celle des études préalables à ces travaux.*

*Trois catégories d'études sont définies et des modes de programmation sont proposés pour chacune et pour l'ensemble de ces trois catégories. Puis, une méthode d'aide à la programmation des travaux est présentée à l'attention du gestionnaire et du maître d'ouvrage. Enfin, des outils graphiques adaptés sont mis à la disposition de ces derniers, afin qu'ils puissent affiner leur programmation de l'ensemble des travaux de maintenance à entreprendre.*

Dans le tableau suivant (Tableau 5) est présenté l'enchaînement des différentes actions à mener pour un ouvrage qui nécessite des travaux de réparation à court ou moyen terme. Ce tableau indique quelles données sont disponibles pour la programmation et quels résultats sont obtenus à chaque étape.

| Actions à mener / Données disponibles | Résultats obtenus                             |
|---------------------------------------|---|
| Classement socio-économique           | ISE (indice socio-économique)                 |
| Évaluation (visite + classification)  | IE (indice d'état apparent)                   |
| Investigations complémentaires        | Diagnostic + réévaluation de IE               |
| Étude préliminaire                    | Solution technique + coût de la réparation    |
| Classement de l'urgence technique     | IT (indice technique)                         |
| Programmation des travaux             | Décision de travaux (programme pluriannuel)   |
| Études opérationnelles                | Projet de réparation, dossier de consultation |
| Mise en œuvre des travaux             | Ouvrage réparé                                |

**Tableau 5** – Ensemble des actions liées à la maintenance d'un ouvrage d'art.

**Remarque :** les deux premières actions sont indiquées ici pour mémoire : pour le « classement socio-économique », voir le chapitre II (détermination de l'indice de priorité socio-économique, ISE) et pour l'« évaluation », voir le chapitre I (attribution d'un indice d'état apparent, IE).

## 1. Les études

Il existe trois catégories d'études parmi les opérations à effectuer pour la réparation d'un ouvrage (*cf.* Tableau 5). Ces études nécessitent la compétence d'un agent de niveau ingénieur spécialisé en ouvrages d'art. Il s'agit :

- d'investigations complémentaires, afin d'établir un diagnostic (*cf.* § a) ;
- d'études préliminaires, en vue de définir les solutions de réparation et leur coût (*cf.* § b) ;
- d'études opérationnelles, qui permettent d'élaborer un projet de réparation (*cf.* § c).

À l'échelle d'un département ou de toute autre collectivité territoriale, il est nécessaire d'établir un ordre de priorité pour chacune des trois catégories d'études. On détermine ainsi un programme général – annuel ou pluriannuel – des études à entreprendre, quelles que soient leurs natures.

### a) Les investigations complémentaires

Elles concernent **tous** les ouvrages pour lesquels les éléments recueillis au cours de la phase d'évaluation périodique ne suffisent pas à établir un diagnostic. Les investigations complémentaires peuvent prendre la forme d'actions spécifiques de surveillance, de sondages ou de mesures effectuées sur l'ouvrage ou de calculs.

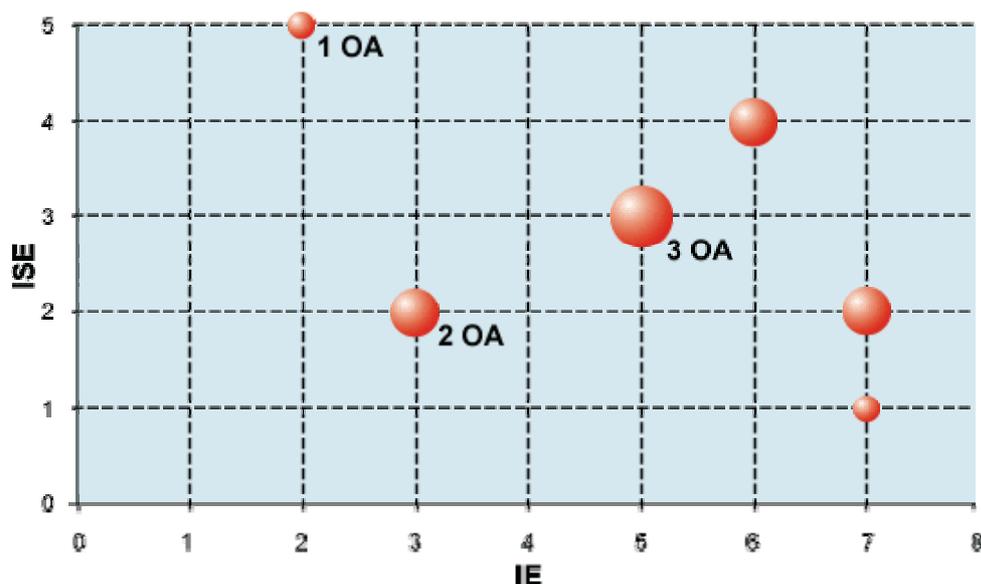
L'indice d'état apparent IE (*cf.* chapitre I) est utile pour déterminer, sur un ensemble d'ouvrages, ceux qui doivent faire l'objet d'investigations complémentaires en priorité. Ainsi, ces investigations peuvent se programmer selon l'ordre décroissant de l'indice IE des ouvrages concernés.

### b) Les études préliminaires

Elles ont pour objet de déterminer, pour un ouvrage d'art devant être réparé à court ou moyen terme, la solution technique la mieux adaptée et d'évaluer son coût approximatif. Ces éléments vont compléter les informations qui serviront ensuite à définir l'indice de priorité technique de l'ouvrage, IT (*cf.* chapitre II).

Les données, établies au préalable et nécessaires à ces études, sont l'indice de priorité socio-économique (ISE) et l'indice d'état apparent (IE, indice éventuellement réévalué après diagnostic afin de refléter l'état réel de l'ouvrage). La méthode proposée consiste à utiliser ces deux indices pour l'établissement d'un ordre de priorité des études préliminaires.

Un graphe croisé avec, en abscisse, l'indice IE et, en ordonnée, l'indice ISE, permet au gestionnaire de visualiser la répartition des ouvrages concernés par ce type d'études (*cf.* Figure 10). Le diamètre du « point » correspondant à un couple donné (IE, ISE) sur le graphe dépend du nombre d'ouvrages concernés.



**Figure 10** – Répartition des ouvrages suivant les couples IE, ISE, avec indication du nombre d'ouvrages concernés.

Le gestionnaire a la possibilité de réaliser, pour chaque point du graphe, un tableau présentant les ouvrages concernés avec leur localisation, le libellé des études et leur montant. Un exemple d'un tel tableau est donné ci-dessous.

| OUVRAGES CONCERNÉS |                |             |         | ÉTUDES                       |              |                 |
|--------------------|----------------|-------------|---------|------------------------------|--------------|-----------------|
| Identifiant        | Nom            | Voie portée | PR+abs. | Libellé                      | Coût         | Charge          |
| 45D016B45          | Pont du moulin | RD 16       | 8+365   | Protection des fondations    | 0 k€         | 0,25 h.m        |
| 45D029M85          | Pont de Guérin | RD 29       | 12+78   | Réfection chape d'étanchéité | 25 k€        | 1,00 h.m        |
| 45D143M27          | Pont / Volane  | RD 143      | 25+162  | Renforcement                 | 15 k€        | 0,10 h.m        |
| <b>TOTAL</b>       |                |             |         |                              | <b>40 k€</b> | <b>1,35 h.m</b> |

**Tableau 6** – Études prévues pour les ouvrages du couple (IE = 5, ISE = 3) sur le graphe de la Figure 10.

Le graphe croisé (Figure 10), associé aux informations fournies par le tableau ci-dessus, permet au gestionnaire de déterminer un ordre de priorité pour les études préliminaires.

### c) Les études opérationnelles

De telles études contribuent à la définition des projets de réparation. Dans la majorité des cas, elles s'appliquent aux ouvrages ayant déjà fait l'objet d'une décision d'intervention, dans le cadre de la programmation pluriannuelle des travaux de réparation.

La programmation des études opérationnelles dépend de celle des travaux eux-mêmes.

- Pour les ouvrages dont les travaux sont planifiés à court terme, toutes les études correspondantes doivent être prévues en fonction du calendrier des travaux.
- Pour les ouvrages dont les travaux ne sont pas encore planifiés, mais qui ont fait l'objet d'une étude préliminaire, des études opérationnelles peuvent également être programmées. Elles constituent une « réserve » de projets de réparation en vue d'une programmation ultérieure. Leur ordre de priorité est alors fixé par le gestionnaire en fonction des réparations qu'il pense proposer au cours des prochaines années.

## **d) La programmation globale des études**

En fonction de l'ordre de priorité défini pour les trois catégories d'études (investigations complémentaires, études préliminaires et opérationnelles), le gestionnaire établit leur programmation globale. Une telle programmation doit en outre tenir compte des moyens humains et financiers dont le gestionnaire dispose.

Cette phase de programmation, qui nécessite la compétence d'un agent de niveau ingénieur spécialisé en ouvrages d'art, permet d'obtenir un programme général, annuel ou pluriannuel, des études à entreprendre.

La programmation des études opérationnelles constitue le « noyau dur » de la procédure générale. En effet, dans la plupart des cas celle-ci est imposée, car les études concernent des ouvrages pour lesquels les travaux de réparation sont déjà programmés. Le gestionnaire construit ainsi sa programmation générale autour de celle des études opérationnelles. Il le fait dans les limites du budget accordé, tout en veillant à conserver un plan de charges admissible.

Malgré le caractère prioritaire des études opérationnelles, le gestionnaire devra préserver un certain équilibre de programmation entre les trois catégories d'études (investigations complémentaires, études préliminaires, études opérationnelles), afin de garantir pour les années futures le programme des travaux.

## **2. Les travaux de réparation**

Il est souvent difficile pour le gestionnaire et le maître d'ouvrage de choisir parmi un grand nombre d'ouvrages ceux qui doivent être réparés en priorité.

La méthode proposée ici fournit des outils pour aider le gestionnaire à établir une proposition de programmation annuelle ou pluriannuelle des travaux, et sa présentation au maître d'ouvrage.

Les ouvrages pour lesquels la sécurité vis-à-vis des usagers est gravement mise en cause doivent être réparés immédiatement. La programmation des travaux est d'une priorité absolue.

### **2.1. Aide à la programmation des travaux**

Cette phase d'élaboration de propositions nécessite les compétences d'un agent de niveau ingénieur.

Les ouvrages concernés sont ceux sur lesquels une réparation doit être effectuée à court ou moyen terme, à l'exclusion de ceux dont les dégradations nécessitent une intervention immédiate.

Les ouvrages doivent avoir fait au préalable l'objet d'une évaluation de leur indice socio-économique (ISE) et de leur indice de priorité technique (IT). En outre, ils ont fait l'objet d'études nécessaires à la définition d'un projet de réparation (études préliminaires et opérationnelles, et éventuellement investigations complémentaires), avec une première estimation du coût de la réparation.

La méthode proposée constitue une aide à la programmation et non une méthode de programmation. Elle vise à faciliter le travail du **gestionnaire**, en mettant à sa disposition une palette d'outils pratiques, tout en le laissant libre de ses propositions.

Le gestionnaire peut visualiser l'ensemble des ouvrages d'art concernés sur une grille en fonction de leurs indices de priorité IT et ISE. Pour chaque couple (IT, ISE), il peut connaître le nombre d'ouvrages concernés ainsi que le montant total des travaux. La Figure 11 donne un exemple (partiel) d'une telle grille remplie.

La représentation de tous ces ouvrages sur une grille croisée (IT, ISE) en donne une vision synthétique, mais très instructive, car elle prend en compte à la fois les dimensions technique et socio-économique relatives à chaque ouvrage.

|     |   |                |                |                |                |                 |
|-----|---|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|     | 5 | 2 OA<br>95 k€  |                |                |                | 10 OA<br>230 k€ |
|     | 4 |                | 5 OA<br>140 k€ | 4 OA<br>120 k€ |                |                 |
| ISE | 3 |                | 6 OA<br>300 k€ |                | 4 OA<br>150 k€ |                 |
|     | 2 | 1 OA<br>100 k€ |                | 3 OA<br>85 k€  |                |                 |
|     | 1 |                |                |                |                | 1 OA<br>25 k€   |
|     |   | CT1            | CT2            | CT3            | MT1            | MT2             |
|     |   | IT             |                |                |                |                 |

**Figure 11** – Exemple de répartition d'ouvrages d'art sur une grille croisée (IT, ISE).

### Quelques exemples extrêmes

- Si les ouvrages sont en majorité situés dans la partie supérieure de la grille, cela signifie qu'un nombre important d'ouvrages à réparer, à court ou moyen terme, sont des ouvrages considérés par le maître d'ouvrage d'un intérêt majeur ;
- À l'opposé, s'ils se situent plutôt dans la partie inférieure de la grille, on peut dire que les ouvrages à fort indice socio-économique nécessitent peu de travaux de réparation ; il est alors possible de se consacrer aux ouvrages d'un intérêt moins stratégique ;
- Si de nombreux ouvrages sont localisés vers la gauche de la grille, la situation peut être considérée comme critique car beaucoup de travaux de réparation devront être menés à court terme ;
- À l'opposé, s'ils se trouvent dans la partie droite de la grille, la situation est jugée suffisamment bonne pour programmer les réparations sans attendre une dégradation significative des ouvrages.

Comme l'illustre l'exemple qui suit, il est possible de circonscrire une ou plusieurs zones de la grille au sein desquelles s'effectuera de préférence le choix des ouvrages à retenir dans la programmation. En outre, on peut affecter aux différentes zones de la grille des niveaux de priorité distincts.

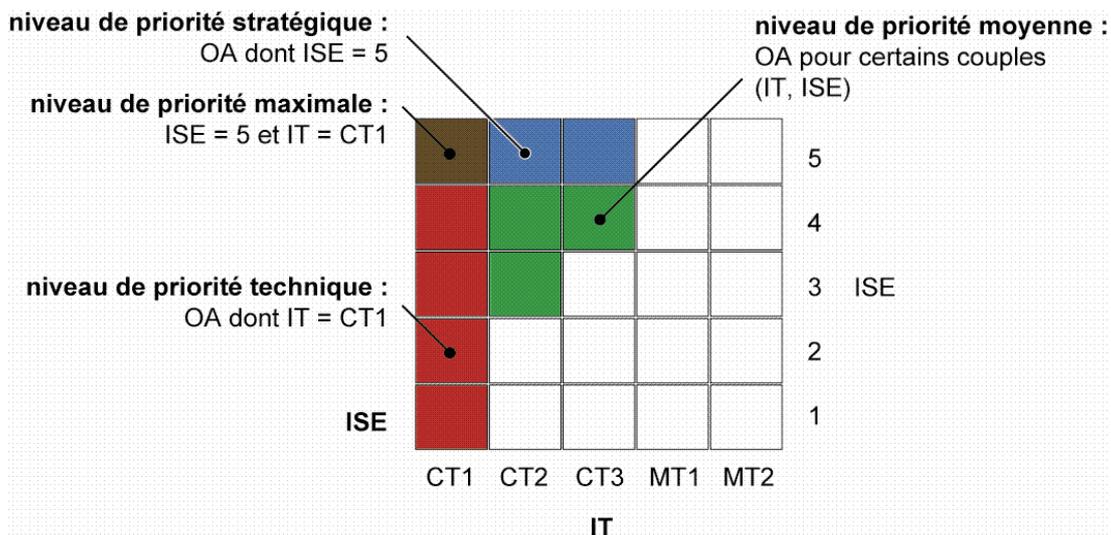
*Exemple :*

*Nous découpons la grille croisée (IT, ISE) en zones prioritaires de réparation.*

*La couleur rouge est utilisée pour les réparations à caractère techniquement urgent (IT = CT1).*

*La couleur verte est utilisée pour les ouvrages dont la réparation doit être réalisée à court terme (IT = CT2 ou CT3).*

*Enfin, la couleur bleue est utilisée pour les travaux dont la réparation s'avère stratégique (ISE = 5) pour la politique d'entretien du patrimoine.*



**Figure 12 - Exemple de mise en œuvre de choix politiques.**

Les informations apportées par cette grille, malgré leur indéniable pertinence, sont souvent trop globales pour permettre au gestionnaire d'effectuer directement son choix. Or, il peut compléter de façon judicieuse la grille couplée, au moyen d'un tableau. Il y dressera la liste des ouvrages correspondant à tout couple (IT, ISE), fournissant pour chacun quelques informations les concernant :

- identifiant de l'ouvrage ;
- localisation de l'ouvrage ;
- valeur des indices de priorité ISE et IT ;
- date d'attribution de l'indice IT ;
- libellé de la réparation ;
- coût de la réparation ;
- maître d'œuvre des travaux ;
- délai prévisionnel de réalisation des travaux.

Le Tableau 7 présente, à titre d'exemple, une liste d'ouvrages pour le couple (IT = CT2, ISE = 4).

| Identité OA | Voie portée | PR+abs | ISE | IT  | Date IT  | Libellé réparation        | Coût en K€ | ME travaux | Date prévisionnelle des travaux |
|-------------|-------------|--------|-----|-----|----------|---------------------------|------------|------------|---------------------------------|
| 45D028 M03  | RD 28       | 7+456  | 4   | CT2 | fév. 01  | rempl. étanchéité         | 40         | CDOA       | janv. 03                        |
| 45D132 B27  | RD 132      | 12+89  | 4   | CT2 | mai 02   | réparation fondations     | 20         | CDOA       | mai 03                          |
| 45D017 M83  | RD 17       | 22+600 | 4   | CT2 | sept 00  | enrochements              | 15         | subdi X    | juin 04                         |
| 45D132 M65  | RD 132      | 8+54   | 4   | CT2 | janv. 02 | rejointoiement maçonnerie | 25         | subdi Y    | nov. 04                         |
| 45D247 B92  | RD 247      | 15+298 | 4   | CT2 | avril 01 | réfection du tablier      | 40         | CDOA       | sept. 03                        |
| TOTAL       |             |        |     |     |          |                           | 140        |            |                                 |

**Tableau 7** - Liste des ouvrages pour le couple (IT = CT2, ISE = 4)

Si nécessaire, le gestionnaire pourra compléter ce tableau par des informations qu'il jugera utiles (ex. : description plus détaillée des travaux de réparation, contraintes administratives ou techniques relatives à l'ouvrage ou aux travaux, etc.).

De même, le gestionnaire a la possibilité de réaliser plusieurs tableaux dans le cas d'une programmation pluriannuelle. À partir des informations fournies par la grille et les tableaux, il pourra proposer plus clairement sa programmation au maître d'ouvrage.

Dans l'hypothèse d'un problème majeur sur une programmation répartie sur plusieurs années (par exemple un retard important), un programme annuel (exception faite de la dernière année) peut être proposé par défaut, en fonction de la programmation établie l'année précédente (glissement d'une année).

## 2.2. Propositions au maître d'ouvrage

Il s'agit ici de fournir des outils graphiques permettant au gestionnaire de proposer une programmation au maître d'ouvrage.

Ces outils de représentation des objets de type « ouvrage » doivent permettre au gestionnaire d'illustrer de façon claire et synthétique la programmation qu'il propose – annuelle ou pluriannuelle –, éclairant ainsi la décision du maître d'ouvrage.

Deux formes de représentation graphique sont proposées au gestionnaire :

- une représentation des ouvrages sous la forme d'un graphe croisé (IT, ISE) ;
- un positionnement des ouvrages sur fond cartographique.

### a) Graphe croisé (IT, ISE)

La représentation sous la forme d'un graphe croisé est fondée sur le même principe que la grille proposée pour illustrer la phase d'aide à la programmation (§ 2.1). Les ouvrages sont positionnés sur le graphe en fonction de leur indice IT en abscisse et de leur indice ISE en ordonnée (voir plus loin les Figures 13 et 14).

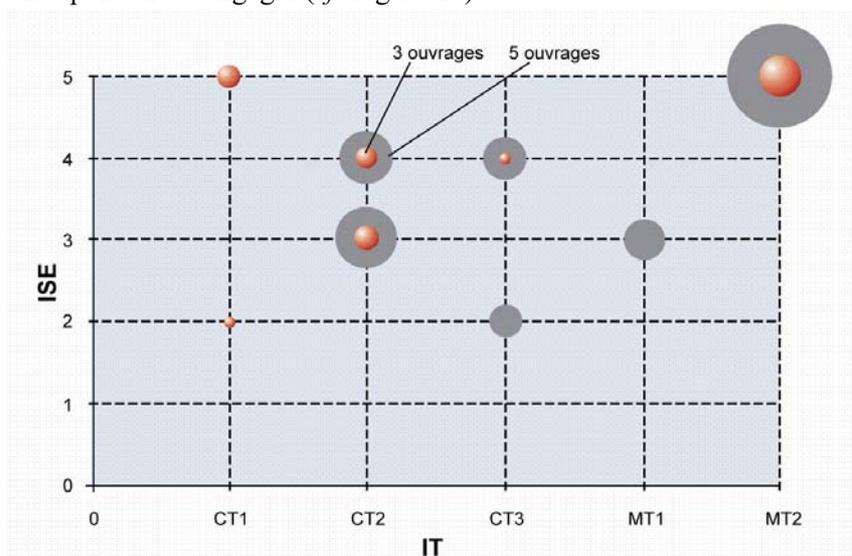
L'ensemble des ouvrages devant faire l'objet, à court ou moyen terme, d'une programmation de travaux, est représenté sur le graphe. Les ouvrages retenus dans la proposition de programmation sont identifiés.

Fournissant une vue d'ensemble pertinente, le graphe permet d'identifier où doit porter l'effort de remise à niveau. D'une part, le graphe présente la répartition des ouvrages nécessitant une intervention et, d'autre part, met en valeur ceux qui doivent être traités en priorité.

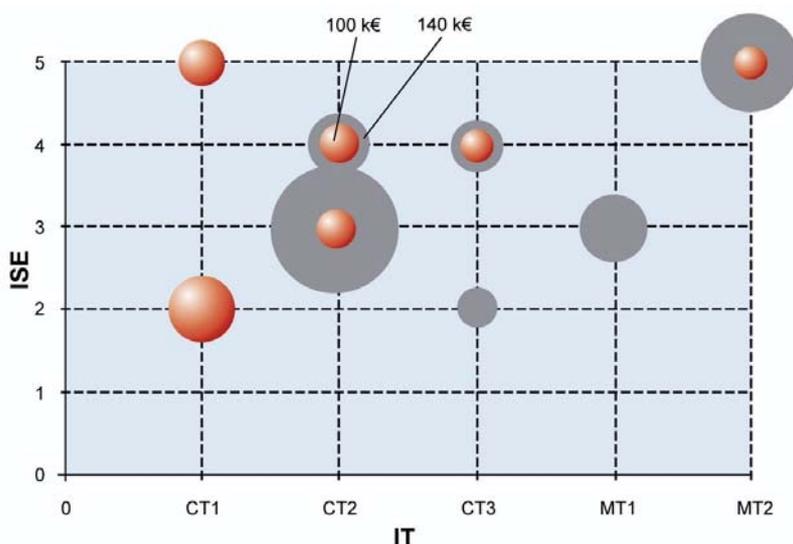
*Exemple : si l'on reprend le cas des ouvrages pour le couple IT = CT2, ISE = 4, on constate, à partir des Figures 13 et 14, que trois des cinq ouvrages (lignes 1, 2 et 5 du Tableau 7 p 45) sont retenus dans le projet de programme, ce qui correspond à un montant de travaux de 100 k€ programmés (alors que, pour les cinq ouvrages, le montant total est de 140 k€).*

Dans le cas d'une programmation pluriannuelle, ce type de graphe peut être réalisé pour l'ensemble du programme, mais aussi pour chacune des années d'un programme pluriannuel.

Cette représentation graphique permet, pour un couple (IT, ISE), de visualiser facilement grâce au diamètre des points soit le nombre d'ouvrages concernés (cf. Figure 13), soit le volume de travaux correspondants à engager (cf. Figure 14).



**Figure 13 –**  
Exemple de représentation sur un graphe croisé des ouvrages devant être réparés (en gris) et identification de ceux proposés dans le programme de réparation (en rouge).



**Figure 14 –**  
Exemple de représentation sur un graphe croisé des montants de travaux devant être réalisés (en gris) et identification de ceux proposés dans le programme de réparation (en rouge).

## b) Positionnement des ouvrages sur fond cartographique

Les informations dont dispose le maître d'ouvrage pourront être utilement complétées à l'aide d'une représentation cartographique. Celle-ci lui permettra de décider d'une programmation.

Tous les ouvrages qui doivent être réparés à court et moyen terme sont positionnés sur un fond cartographique. Les ouvrages retenus dans la proposition de programmation sont identifiés par un signe distinctif. Dans le cas d'une proposition de programme pluriannuel, des symboles adaptés permettent de différencier les ouvrages proposés pour chaque année de programmation.

Une telle représentation géographique des ouvrages permet, entre autres :

- de déterminer les zones « critiques » où l'on trouve une concentration plus importante d'ouvrages devant être réparés, et sur lesquels doit porter en priorité l'effort de programmation ;
- d'éviter une trop grande disparité de la programmation vis-à-vis des différentes zones géographiques du département ;
- de concentrer la programmation sur certaines zones, par exemple sur un itinéraire donné.

## 2.3. Traitements des défauts

Lors des opérations de surveillance, chaque gestionnaire définit les interventions destinées à remédier aux défauts détectés sur les ouvrages.

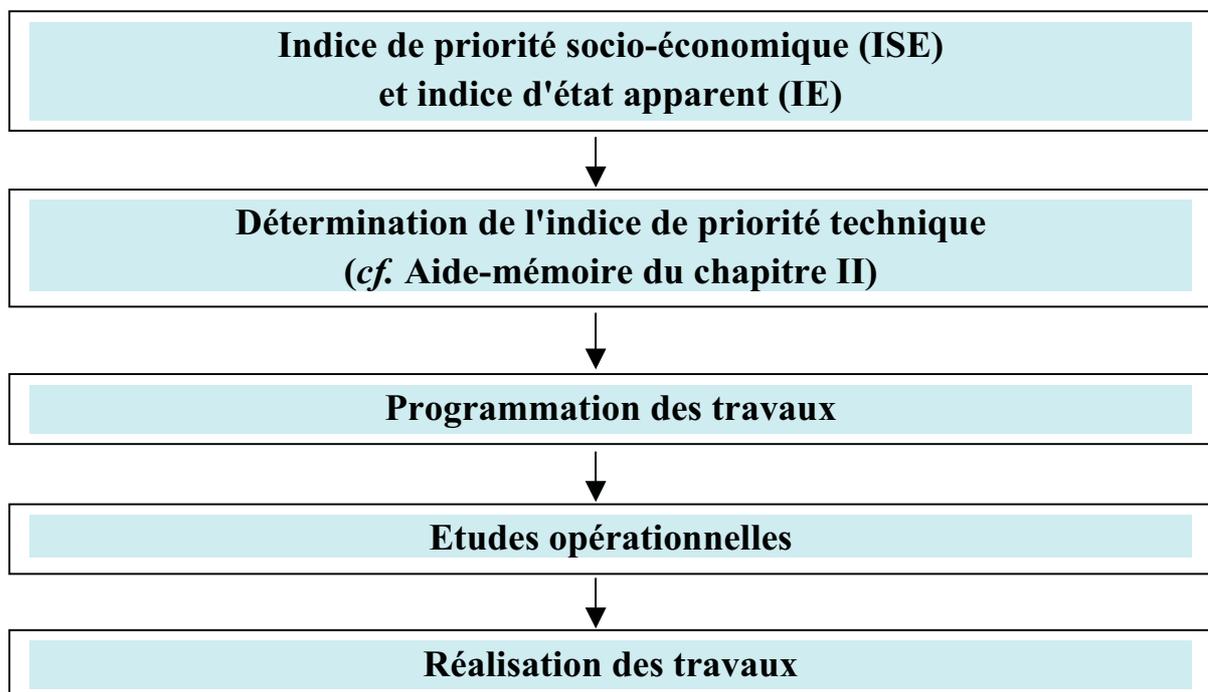
La distinction entre **défait** et **désordre**, proposée par la Méthode dans le relevé des dégradations lors de la surveillance des ouvrages (*cf.* chapitre I, *Évaluation technique des ouvrages d'art*) vise à différencier deux types d'intervention :

- la réparation d'un ouvrage dégradé ;
- le traitement des défauts (le plus souvent observés sur les équipements), qui peut s'avérer nécessaire même si l'ouvrage est dans un bon état général.

Des tableaux décisionnels permettent d'optimiser la programmation des actions de maintenance (voir annexe 5).

## Aide-mémoire Chapitre III

### Programmation des actions de maintenance



# Chapitre IV

## Outils macro-économiques d'aide à la définition d'une politique budgétaire

*Pour la gestion globale d'un patrimoine départemental d'ouvrages d'art, la définition d'une politique budgétaire prévisionnelle s'avère fondamentale. Ce chapitre présente des outils macro-économiques efficaces qui aideront le maître d'ouvrage à définir une telle politique budgétaire. Il pourra élaborer un recueil d'informations sur les coûts de maintenance (réparation, entretien spécialisé), représenter graphiquement les coûts, à court terme et à moyen terme (voir le chapitre III), mais également mesurer a posteriori l'efficacité de sa politique de maintenance.*

*La gestion des équipements « consommables » est également traitée. Sa pertinence se trouve renforcée par l'élaboration de scénarios de maintenance.*

Il apparaît nécessaire que le maître d'ouvrage dispose d'estimations macro-économiques adaptables aux besoins budgétaires – à moyen et long terme – dans le domaine de la maintenance du patrimoine d'ouvrages d'art. En effet, de telles estimations lui permettraient d'élaborer sa politique de maintenance.

Toutefois, le nombre de variables indépendantes susceptibles d'intervenir dans l'évolution d'un ouvrage d'art semble aujourd'hui trop important pour que l'on puisse escompter, à brève échéance, bâtir des modèles numériques fiables de vieillissement et de maintenance.

Malgré cette carence, le présent guide propose des outils réalistes, bien que limités comme, par exemple, un « observatoire des coûts » (cf. §1.1). Il s'agit d'outils de capitalisation des informations sur les coûts permettant de mesurer *a posteriori* l'efficacité d'une politique.

D'autres outils prédictifs peuvent également être élaborés, notamment pour les actions récurrentes. Leur usage se limite à la maintenance des équipements de type « consommables » (dispositifs de retenue, joints de chaussée, etc.). La durée de vie moyenne de tels équipements ainsi que les différentes interventions de maintenance qu'ils nécessitent peuvent être évaluées assez correctement. On peut donc estimer les besoins budgétaires moyens nécessaires à leur maintenance.

Il en est de même pour la surveillance et l'entretien courant des ouvrages. Il est donc relativement simple de déterminer le coût moyen de ces actions périodiques à partir du ou des scénarios d'intervention retenus.

## 1. Maintenance de la structure des ouvrages

On définit deux types d'outils macro-économiques destinés à l'évaluation des coûts de réparation :

- un « observatoire » structuré des coûts de maintenance, qui permet d'enregistrer les dépenses effectives ;
- des représentations graphiques (histogrammes) des coûts prévus à court et moyen termes pour la maintenance des ouvrages.

Des outils similaires à ceux proposés ci-dessus peuvent également être élaborés et adaptés aux trois catégories d'études (investigations complémentaires, études préliminaires et études opérationnelles, voir chapitre III).

### 1.1. Observatoire des coûts de maintenance

Il s'agit d'un outil permettant de recueillir un ensemble d'informations sur les coûts de maintenance des ouvrages. Les actions de maintenance concernées sont du type *réparation* ou *entretien spécialisé*.

On cherche à déterminer le coût des réparations effectuées sur l'ensemble des ouvrages du patrimoine départemental. Une telle vision globale, bien que ne présentant pas d'intérêt immédiat pour une évaluation macro-économique, peut permettre à plus long terme de faire un certain nombre de constats sur :

- les actions de réparation les plus fréquentes ;
- les liens entre désordres et réparations ;
- l'impact des réparations sur l'état des ouvrages ;
- le coût moyen des différents types de réparations ;
- la date des réparations ;
- etc.

Si l'on souhaite que les informations recueillies soient exploitables, il est indispensable de les enregistrer de façon rigoureuse. À cette fin, la Méthode départementale propose au gestionnaire de créer un observatoire des coûts de maintenance.

Un tel observatoire qui doit être rigoureusement structuré comprendra, au minimum, les items suivants :

- nature des réparations ;
- quantités mises en œuvre ;
- coûts ;
- indices d'état des ouvrages avant et après réparation ;
- désordres réparés.

Les procès-verbaux (PV) qui évaluent l'état des ouvrages avant et après réparation, peuvent être également liés aux données sur les réparations, afin d'en mesurer l'impact.

Une globalisation des coûts forfaitisés ou rapportés au m<sup>2</sup>, par exemple, n'est pas suffisamment précise pour être prise en compte, sous peine de rendre la base de données inexploitable. Il est judicieux de choisir le type de réparation dans une liste établie au préalable, facilitant ainsi les analyses ultérieures.

Enfin, il est important de connaître le coût exact des réparations, d'avoir des informations sur leur recouvrement, afin de garantir à terme une exploitation fiable des données. Dans ce but, il est utile d'enregistrer, outre le coût total de la réparation, sa décomposition en coût fixe et coût variable.

L'élaboration et l'enrichissement de l'observatoire structuré des coûts de réparation nécessitent la compétence d'un agent de niveau ingénieur qualifié dans les domaines du diagnostic et de la réparation des ouvrages.

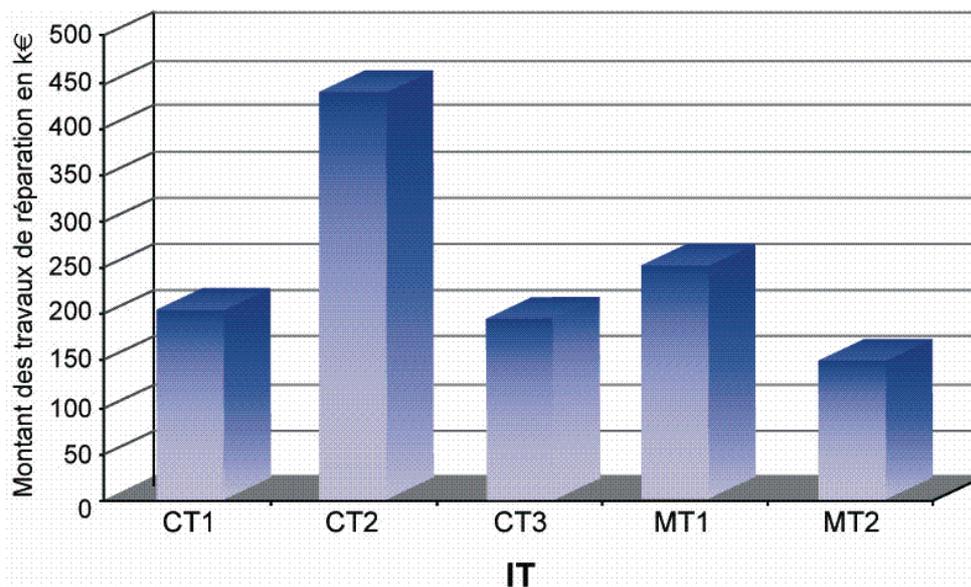
## 1.2. Représentation graphique des coûts à court et moyen termes

La représentation du coût des réparations sous forme graphique (histogrammes) concerne les actions de maintenance de type *réparation* ou *entretien spécialisé* prévues à court et moyen terme (voir chapitre III). Le montant des travaux prévus pour ces ouvrages doit avoir fait l'objet d'une estimation, même approximative.

Si l'élaboration d'un outil prédictif est impossible dans l'état actuel des connaissances sur le vieillissement des ouvrages, l'objectif de ces histogrammes est néanmoins de mettre à disposition des gestionnaires des représentations graphiques donnant, *a posteriori*, une vision synthétique du coût des réparations.

Il ne s'agit pas d'élaborer des outils de méthodologie mais des outils utilisant les indicateurs fournis par la Méthode.

La figure 15 propose un exemple de représentation graphique en fonction de l'indice de priorité technique IT. Des histogrammes similaires peuvent être construits, soit à partir de l'indice d'état apparent IE, soit à partir de l'indice de priorité socio-économique ISE.



**Figure 15** – Répartition des montants globaux de travaux en fonction de l'indice de priorité technique IT.

Le suivi dans le temps, facilité par ce type de graphique, fournit des indications complémentaires sur l'évolution des besoins financiers nécessaires aux réparations. En outre, ce suivi permet de mesurer *a posteriori* l'efficacité d'une politique de réparation.

En guise d'illustration, un exemple de suivi temporel de l'évolution des coûts de travaux en fonction de l'indice IT est fourni par la Figure 16. Dans cet exemple, les montants des travaux prévus à court terme (en l'occurrence CT2 et CT3) diminuent au fil des années. Ce qui indique que la politique de réparation mise en place porte bien ses fruits.

**Remarque importante :**

Cette représentation graphique pouvant être automatisée, elle ne nécessite pas de compétences particulières. En revanche, la phase d'analyse des graphiques doit être menée avec prudence par un agent de niveau ingénieur.

Ce type d'outil doit être utilisé **avec beaucoup de précaution**. Il peut poser problème dans le cas de travaux particuliers (réparation sophistiquée, ouvrage de taille importante ou à accès délicat, etc.). Les coûts de tels travaux risquent de masquer une évolution globale des montants, voire d'en créer une artificiellement. Il est donc nécessaire de veiller à ce que les coûts de ces tâches spécifiques ne soient ni insérés dans la base de données, ni pris en compte lors de la construction des graphiques.

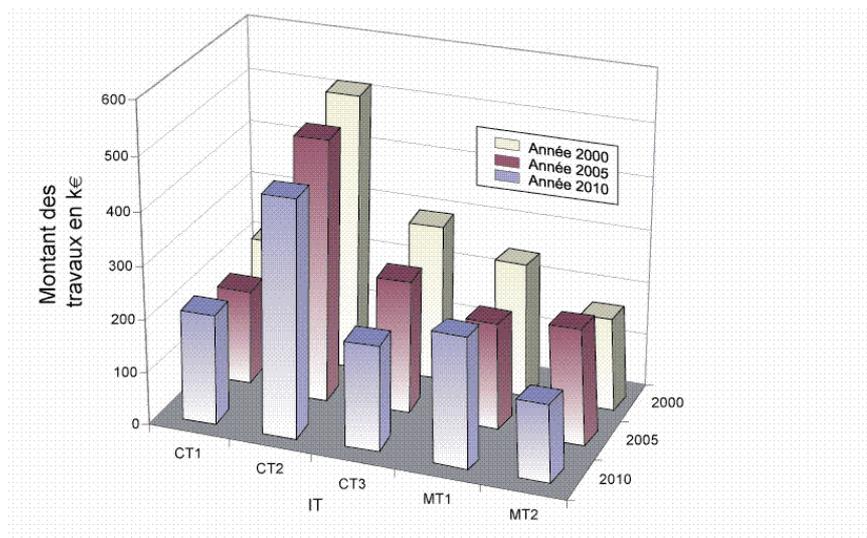


Figure 16 – Évolution dans le temps du montant des travaux.

## 2. Maintenance des équipements « consommables »

La Méthode propose d'établir le cadre de réalisation des évaluations macro-économiques des coûts de maintenance. Les hypothèses de ces calculs doivent être définies en fonction de la politique souhaitée par le maître d'ouvrage. Les estimations macro-économiques de ces coûts permettent de l'éclairer dans la définition d'une politique de maintenance du département.<sup>2</sup>

À titre d'exemple, on se reportera à l'annexe 5 du présent document, qui décrit l'ensemble du processus appliqué au cas des dispositifs de type « retenue métallique ».

L'évaluation des coûts de maintenance doit être faite indépendamment pour chaque groupe d'équipements. Ensuite, ces coûts peuvent être additionnés pour déterminer l'évaluation globale des coûts de maintenance de tous les équipements « consommables ».

*Dans la suite de ce chapitre, on nommera « groupe d'équipements » un ensemble homogène d'équipements dont les interventions de maintenance à prévoir sont similaires (même nature d'intervention, même durée de vie moyenne, coûts moyens de même ordre de grandeur).*

<sup>2</sup> Les estimations reposent sur les grandes orientations de cette politique. On comprendra qu'il est parfois nécessaire d'effectuer plusieurs ajustements pour atteindre un équilibre entre besoins financiers et budgets.

L'évaluation des coûts de maintenance d'un groupe d'équipements se décompose en deux étapes :

1. une élaboration du/des scénario(s) de maintenance ;
2. une évaluation des coûts annuels moyens de maintenance à partir de ces scénarios puis du coût global.

## 2.1. Élaboration des scénarios de maintenance

Dans un premier temps, il convient d'inventorier les différentes natures d'intervention de maintenance (remise à niveau ou entretien du groupe d'équipements).

Pour chaque nature d'intervention retenue, il faut fixer une périodicité moyenne et un coût moyen par unité d'œuvre. Ces valeurs peuvent être répertoriées dans un tableau (voir Tableau 10).

Pour chaque nature d'intervention (périodicité et coût), on pourra faire varier les valeurs moyennes suivant les ouvrages, en fonction de critères socio-économiques ou autres. Dans ce cas, il sera plus simple lors de l'évaluation des coûts de les traiter comme des groupes d'équipements distincts. Les coûts de maintenance seront calculés, puis combinés, afin d'établir une évaluation globale de ce type d'équipements.

|                                       | Intervention 1 | Intervention 2 | ... | Intervention n |
|---------------------------------------|----------------|----------------|-----|----------------|
| Période moyenne entre 2 interventions | $P_1$          | $P_2$          |     | $P_n$          |
| Coût moyen par unité d'œuvre          | $C_1$          | $C_2$          |     | $C_n$          |

*Tableau 10 – Exemple d'interventions programmées sur des dispositifs de retenues métalliques avec leur coût moyen.*

Après avoir déterminé les natures des interventions et les coûts moyens, il est nécessaire de définir quels sont le ou les scénarios retenus pour assurer la maintenance de chaque groupe d'équipements (voir exemple en annexe 6).

Une fois les scénarios mis au point, une **évaluation macro-économique** des coûts de maintenance est possible. L'intervention sur un équipement dépend de son état et non de sa date de mise en service (cf. annexe 5, tableaux décisionnels).

### a) Exemples de scénarios

#### *Régénération d'une peinture*

Pour des raisons esthétiques, la fréquence de régénération de la peinture peut être augmentée sur les ouvrages du réseau structurant, par exemple tous les 6 ans, par rapport à ceux du réseau secondaire, par exemple tous les 8 ans.

#### *Maintenance des dispositifs de retenue métalliques*

Différents scénarios extrêmes peuvent par exemple être envisagés pour la maintenance des dispositifs de retenue métalliques. Dans le cadre d'une politique curative, on peut décider de remplacer ces dispositifs tous les 25 ans. Entre deux remplacements, seul l'entretien courant est assuré. *A contrario*, la régénération de la peinture tous les 8 ans peut être envisagée dans le cadre d'une politique préventive afin de toujours conserver les dispositifs en bon état.

Dans le cas présenté à l'annexe 6, un scénario intermédiaire a été choisi : remise à niveau des dispositifs de retenue par des interventions « lourdes » comme le remplacement ou le sablage, puis régénération périodique de la peinture pour maintenir le patrimoine en bon état.

### **Autres exemples**

On remplace un garde-corps au bout de 25 ans, même si ce dernier ne présente que quelques piqûres de rouille. En revanche, un dispositif plus récent mais présentant des signes de rouille, recevra un traitement local accompagné d'une régénération complète de la peinture. De même, on ne change pas un joint de chaussée en fonction de son âge, mais de son état.

### **b) Amélioration des scénarios**

Il est intéressant d'« évaluer » la gêne causée à l'usager, selon la nature d'intervention, dans le but de la minimiser et d'optimiser les scénarios.

Dans la mesure où le choix des scénarios optimaux d'intervention n'est pas aisé, il est souvent utile d'imaginer des scénarios alternatifs au scénario de base et de mener les calculs des coûts en parallèle. *A posteriori*, on pourra choisir le meilleur scénario afin de répartir la charge financière sur une plus longue période (cf. annexe 6, §3).

Certains scénarios peuvent conduire à des besoins budgétaires trop élevés pour la maîtrise d'ouvrage. Dans ce cas, il devient nécessaire de définir un scénario moins « ambitieux » et de reprendre l'évaluation des coûts.

## **2.2. Évaluation des coûts de maintenance**

Une fois les scénarios d'intervention choisis, deux hypothèses de calcul restent à déterminer. Il s'agit de la période sur laquelle sont effectués les calculs de coûts et de la prise en compte – ou non – de l'actualisation des coûts.

### **a) Période de calcul**

La période prise en compte dans les calculs doit notamment être déterminée en fonction de deux facteurs :

d'une part, l'appréciation qu'a le maître d'ouvrage du **long terme** ;

d'autre part, la plus grande des périodes moyennes des différentes natures d'intervention. La **période de calcul** doit au moins être aussi longue que celle-ci.

*Par exemple, dans l'annexe 6, la période moyenne entre deux remplacements de dispositifs de retenue est de 25 ans. La période de calcul (qui correspond à la plus grande période moyenne d'intervention à apprécier par le maître d'ouvrage) est donc fixée à 26 ans (2002-2027).*

### **b) Actualisation des coûts**

Certains économistes prennent en compte un taux d'actualisation  $a$  dans l'évaluation macro-économique des coûts (voir annexe 6). Ainsi, une dépense  $D$  effectuée l'année  $n$  est moins onéreuse pour le maître d'ouvrage que la même dépense effectuée l'année  $n - 1$ . Les définitions de  $D_n$  en fonction de  $a$  sont les suivantes :

$$D_n = D_{n-1} \times \frac{1}{1+a} \text{ donc } D_n = D_0 \times \frac{1}{(1+a)^n}$$

où  $D_0$  est le montant effectif de la dépense.

Chaque maître d'ouvrage sera à même de juger de la nécessité d'un taux d'actualisation. Dans l'affirmative, il en fixera la valeur sur une période de son choix.

### **c) Calcul des coûts**

Sur la base des hypothèses évoquées précédemment (scénario(s) d'intervention, période de calculs, taux d'actualisation éventuel), l'évaluation macro-économique des coûts annuels de maintenance peut être faite à partir des données recueillies sur le patrimoine du groupe d'équipements. Un exemple complet et détaillé est fourni en annexe 6.

Les phases d'élaboration des scénarios d'intervention et du choix des hypothèses de calcul sont essentielles à la validité des coûts calculés. Elles doivent donc être confiées à un agent ayant une bonne connaissance de la maintenance des équipements d'ouvrages d'art et placées sous la responsabilité du responsable du service ouvrages d'art<sup>3</sup>.

Le calcul des coûts et leur représentation graphique peuvent être en grande partie automatisés. Aucune compétence particulière n'est requise, exception faite de la maîtrise d'un tableur de type *Excel*.

L'influence du taux d'actualisation sur l'évaluation macro-économique des coûts de maintenance est traitée dans l'annexe 6.

## **3. Surveillance et entretien courant des ouvrages**

Ces actions sont généralement des actions périodiques. L'évaluation de leur coût moyen annuel peut donc être traitée au moyen d'une méthode similaire à celle développée pour la maintenance des équipements « consommables » (*cf.* annexe 7).

---

<sup>3</sup> Ces phases doivent être l'occasion de nombreux échanges avec le maître d'ouvrage, étant donnée l'interaction entre estimations macro-économiques et politique de maintenance.



# Annexes

Les annexes qui suivent, au nombre de huit, complètent les quatre chapitres de la Méthode. Elles constituent tout autant des illustrations de ce qui a été présenté au fil des chapitres que des exemples d'application.

**L'annexe 1** fournit un exemple de décomposition d'un ouvrage (pont-voûte en maçonnerie) en éléments de base, puis en parties d'ouvrage. Cette décomposition est explicitée au chapitre I, *Évaluation technique des ouvrages d'art*.

**L'annexe 2** fournit, dans le cas d'un pont-voûte, un extrait du cadre d'un procès-verbal (PV) permettant au visiteur de l'ouvrage de noter les désordres et les défauts rencontrés lors de son examen.

**L'annexe 3** livre un extrait du catalogue des désordres relevés sur le corps de voûte (même cas que ci-dessus). Au tableau dûment documenté par le visiteur, viennent s'ajouter trois figures censées localiser les désordres.

**L'annexe 4** vient compléter le chapitre II, *Indices de priorité*. Après un rappel sur la hiérarchisation du réseau routier, quatre exemples de calcul du critère socio-économique (ISE) sont donnés. Il s'agit :

- d'un pont en béton armé portant une route de 1<sup>re</sup> catégorie ;
- d'un pont en maçonnerie portant une route de 3<sup>e</sup> catégorie ;
- d'un pont en rase campagne portant une route de dernière catégorie ;
- d'un ouvrage urbain remarquable portant une route de 3<sup>e</sup> catégorie.

**L'annexe 5** présente des tableaux décisionnels de programmation des actions de maintenance.

**L'annexe 6** fournit, pour le cas des dispositifs de retenue métalliques, une estimation macro-économique des coûts de maintenance d'un patrimoine d'équipements.

**L'annexe 7** complète le chapitre IV en ce qui concerne l'évaluation macro-économique des coûts de surveillance et d'entretien courant des ouvrages.

**L'annexe 8** présente un exemple d'application de la Méthode départementale sur un patrimoine de 165 ouvrages.

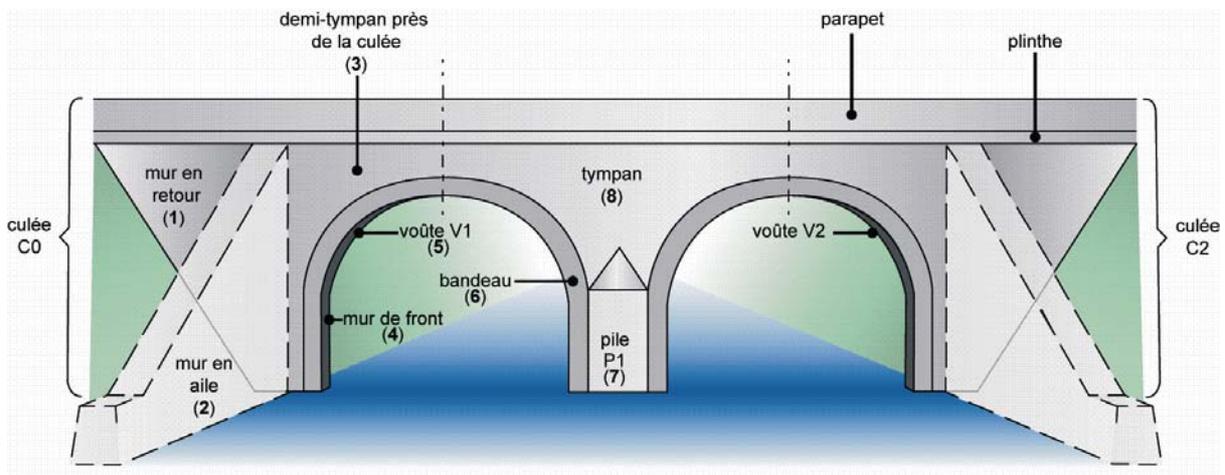


# Annexe 1

## Décomposition en parties d'ouvrage

Comme nous l'avons vu dans le chapitre I (*Évaluation technique des ouvrages d'art*), la décomposition d'un ouvrage en éléments de base, regroupés ensuite en parties d'ouvrage, peut se révéler difficile à mettre en œuvre. Lors de cette opération, il est essentiel d'isoler sans aucune ambiguïté les différents composants de la structure étudiée, tout en veillant à respecter une bonne cohérence vis-à-vis des autres types d'ouvrages, puisqu'ils seront comparés ultérieurement afin de mettre en place la programmation de maintenance (cf. chapitres II, III et IV). Ainsi, ce découpage devra pouvoir être appliqué aussi bien aux ponts à arche unique qu'aux ponts multi-arches.

### Cas du pont-voûte en maçonnerie



**Figure 19** – Découpage adopté pour un pont en maçonnerie de type multi-arches (ici composé de deux arches) en éléments de base.

Les éléments de base de la figure 19 (numérotés de 1 à 8) sont regroupés pour former les parties d'ouvrages :

- **la partie « appuis »** comprend d'une part la « culée », avec les murs en retour ou en aile, en amont et en aval (1 ou 2), les demi-tympan accolés à ces murs (3) et le mur de front (4) et, d'autre part, la « pile » (7) avec les tympan (8) amont et aval ;
- **la partie « tablier »** comprend la voûte (5) et les bandeaux amont et aval qui lui sont accolés (6), ainsi que les parapets et les plinthes, qui participent à la résistance de la structure.

Exemple de découpage d'un pont en maçonnerie à 2 arches.

- |                     |              |
|---------------------|--------------|
|                     | • culée C0 ; |
| • Appuis            | • culée C2 ; |
| 2 parties d'ouvrage | • pile P1.   |
| • Tablier           | • voûte V1 ; |
|                     | • voûte V2.  |

## Annexe 2

### Modèle de cadre de procès-verbal (Extrait)

#### Cas du pont-voûte en maçonnerie

##### Voûte

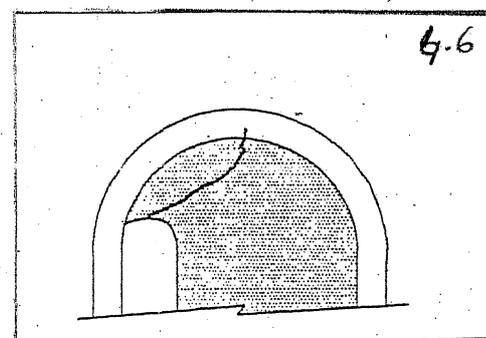
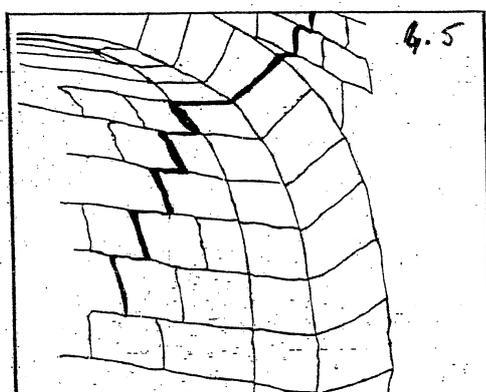
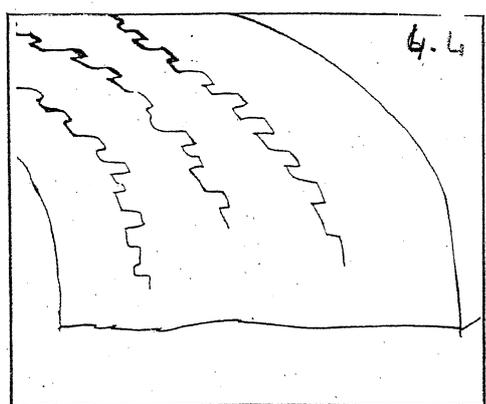
| Description des désordres                                   | page | NE | Défauts |         | Désordres |    |    |    |    | S | Renvois<br>commentaires |
|---|------|----|---------|---------|-----------|----|----|----|----|---|-------------------------|
|   |      |    | Existe  | Etendue | D0        | D1 | D2 | D3 | D4 |   |                         |
| <b>BANDEAUX</b>   |      |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.1 Déformation dans la géométrie des bandeaux              | 77   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.2 Fracture sur bandeau en extrados dans la zone des reins | 77   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.3 Décollement du bandeau / corps de voûte                 | 77   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| <b>CORPS DE VOÛTE</b>                                       |      |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.4 Fractures longitudinales                                | 79   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.5 Fractures obliques                                      | 79   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.6 Fracture transversale à la clé                          | 79   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.7 Fracture transversale entre naissance et reins          | 81   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.8 Bombement ou décrochement                               | 81   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.9 Renforcement par contre-voûte : dégradation             | 81   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.10 Végétation   | 83   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.11 Disjointoiement de surface                             | 83   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.12 Disjointoiement et descellement                        | 83   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.13 Ecoulement, efflorescence, concrétion                  | 83   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| 4.14 Altération des pierres                                 | 85   |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |
| <b>COMMENTAIRES</b>   |      |    |         |         |           |    |    |    |    |   |                         |

## Annexe 3

### Modèle de catalogue de désordres (Extrait)

#### Cas du pont-voûte en maçonnerie

##### Corps de voûte : Fractures et déformations



| N°  | DESCRIPTION DES DESORDRES OU DEFATS   | NOTE   |
|-----|---|--|
| 4.4 | <p><b>Fractures longitudinales à l'intrados</b><br/>réparties ou non sur la largeur de l'ouvrage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sans rejet</li> <li>■ Avec rejet</li> </ul> <p>👁 <i>Ne pas confondre fracture et joint de construction dans le cas des ouvrages élargis !</i></p>   | <p><b>D3</b></p> <p><b>D4</b></p>                  |
| 4.5 | <p><b>Fracture oblique</b><br/>pouvant ou non se prolonger dans le bandeau</p>  | <b>D4</b>  |
| 4.6 | <p><b>Fracture transversale à la clé</b><br/>située à l'intrados et pouvant se prolonger dans les bandeaux</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sans rejet                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• s'il n'y a ni déformation d'un bandeau, ni de fractures transversales du corps de voûte entre la naissance et la zone des reins (intrados ou extrados),</li> <li>• s'il y a au moins l'un de ces désordres</li> </ul> </li> <li>■ Avec rejet</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> Dans le cas d'une fracture sans rejet, sans déformation d'un bandeau ni existence d'autres fractures transversales du corps de voûte, la présence concomitante de courbure des lits de pierres des tympans adjacents entraînera une augmentation automatique du niveau de désordre.</p> | <p><b>D1</b></p> <p><b>D4</b></p> <p><b>D4</b></p> |

## Annexe 4

# Critères socio-économiques proposés par défaut

### 1. Définition des critères

**A. CLASSIFICATION DU RÉSEAU :** ce critère rend compte de l'importance de la voie portée par l'ouvrage au sein du schéma routier mis en place dans le département.

**Hierarchisation du réseau routier :** la valeur prise par ce critère « A » dépend uniquement de la catégorie de la voie portée par l'ouvrage<sup>4</sup>.

**B. ENJEUX :** ce critère indique le niveau d'importance des enjeux liés à l'ouvrage.

**Trafic routier :** ce critère apprécie le volume du trafic routier sur la voie portée.

**Trafic piéton :** ce critère apprécie le volume du trafic piéton sur la voie portée.

**Itinéraire de transport en commun ou scolaire :** ce critère caractérise l'impact de l'ouvrage sur le transport en commun ou scolaire (par exemple modification d'itinéraire)<sup>5</sup>.

**Desserte d'une activité économique, touristique :** ce critère caractérise l'impact de l'ouvrage au regard de l'activité économique, touristique des alentours<sup>6</sup>.

**Enjeux particuliers :** ce critère permet d'évaluer l'impact de l'ouvrage sur tous autres types d'enjeux<sup>7</sup>.

**C. VALEUR PATRIMONIALE :** ce critère témoigne de la valeur – financière et autre – de l'ouvrage comme élément du patrimoine.

**Valeur de reconstruction :** ce critère considère l'importance du coût de reconstruction d'un ouvrage, c'est-à-dire le coût de démolition et le coût de construction d'un nouvel ouvrage garantissant au moins le même niveau de service.

**Intérêt culturel :** ce critère caractérise l'intérêt architectural, technique, esthétique ou historique que présente l'ouvrage<sup>8</sup>.

**D. INCIDENCE DE LA RÉDUCTION DU NIVEAU DE SERVICE** (par rapport au niveau de service initial)

**Capacité portante – Véhicules autorisés :** ce critère donne une estimation de l'impact induit par une réduction de la capacité portante ou une limitation des véhicules autorisés sur ou sous l'ouvrage. La structure du trafic de la voie portée (pourcentage de poids lourds) a donc un impact fort sur l'évaluation de ce critère.

**Transports exceptionnels et convois militaires :** ce critère permet d'évaluer l'importance de l'impact induit par une limitation du transport exceptionnel ou militaire sur l'ouvrage.

**Déviations :** ce critère caractérise les incidences de déviation en cas de coupure temporaire ou définitive de l'ouvrage (possibilité de déviation ou non, gêne induite pour les usagers).

---

<sup>4</sup> Si cette voie est, par exemple, classée comme une voie structurante, le critère prendra une valeur forte.

<sup>5</sup> Si par exemple, l'ouvrage se trouve sur un itinéraire de transport en commun ou scolaire, l'impact sera fort.

<sup>6</sup> Si par exemple, l'ouvrage est le seul à desservir une entreprise vitale pour l'économie locale, l'impact sera très fort.

<sup>7</sup> Comme, par exemple, l'importance de la voie franchie.

<sup>8</sup> Par exemple, un ouvrage classé monument historique.

## 2. Exemples d'attribution de l'indice socio-économique ISE

On se place dans le cas d'un département ayant mis en place un schéma routier comportant quatre catégories de réseau routier. Se reporter au chapitre II, *Indices de priorité*, pour la détermination de l'indice ISE.

### Calcul de l'indice ISE

Soit  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  et  $\delta$  les coefficients pondérateurs respectivement affectés aux catégories A, B, C et D. Ces coefficients sont tels que :

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$$

La formule qui permet de calculer l'indice ISE est la suivante :

$$ISE = \alpha V(A) + \beta V(B) + \gamma V(C) + \delta V(D)$$

**Cas 1 :** On considère un pont en BA (béton armé) d'une longueur de 15 m, portant une route de 1<sup>re</sup> catégorie. Le trafic moyen est de 10 000 véhicules par jour et il comporte une proportion de PL (poids lourds) assez importante.

- ouvrage portant une route de 1<sup>re</sup> catégorie →  $V(A) = 5$  ;
- très fort enjeu car trafic important →  $V(B) = 5$  ;
- ouvrage assez important →  $V(C) = 3$  ;
- incidence limitation de tonnage assez importante (% de PL) →  $V(D) = 4$ .
- $\alpha = 0,1$  ;  $\beta = 0,4$  ;  $\gamma = 0,25$  ;  $\delta = 0,25$

$$\begin{aligned} ISE &= \alpha V(A) + \beta V(B) + \gamma V(C) + \delta V(D) \\ &= 0,1 \times 5 + 0,4 \times 5 + 0,25 \times 3 + 0,25 \times 4 \\ &= 4,25 \end{aligned}$$

L'indice ISE étant un entier, nous obtenons :

$$\boxed{\text{Donc, ISE} = 4.}$$

**Cas 2 :** On considère un pont en maçonnerie d'une longueur de 8 m portant une route de 3<sup>e</sup> catégorie. Le trafic moyen est de 1 500 véhicules par jour. L'ouvrage dessert directement une grosse entreprise (transit de très nombreux PL).

- ouvrage portant une route de 3<sup>e</sup> catégorie →  $V(A) = 2$  ;
- fort enjeu car desserte économique et trafic moyen →  $V(B) = 4$  ;
- ouvrage modeste →  $V(C) = 1$  ;
- très forte incidence déviation ou limitation de tonnage (entreprise) →  $V(D) = 5$ .
- $\alpha = 0,1$  ;  $\beta = 0,4$  ;  $\gamma = 0,25$  ;  $\delta = 0,25$

$$\begin{aligned} ISE &= \alpha V(A) + \beta V(B) + \gamma V(C) + \delta V(D) \\ &= 0,1 \times 2 + 0,4 \times 4 + 0,25 \times 1 + 0,25 \times 5 \\ &= 3,3 \end{aligned}$$

L'indice ISE étant un entier, nous obtenons :

$$\boxed{\text{Donc, ISE} = 3.}$$

**Cas 3 :** On considère un pont en rase campagne, d'une ouverture inférieure à 5 m. Il porte une route de dernière catégorie desservant un hameau (trafic très faible), la déviation est possible, mais avec un rallongement significatif du parcours.

- ouvrage portant une route de dernière catégorie →  $V(A) = 2$  ;
- très faible enjeu (hameau) →  $V(B) = 1$  ;
- ouvrage de très petite taille →  $V(C) = 1$  ;
- incidence déviation moyenne (gêne significative mais peu d'usagers) →  $V(D) = 3$ .
- $\alpha = 0,1$  ;  $\beta = 0,4$  ;  $\gamma = 0,25$  ;  $\delta = 0,25$

$$\begin{aligned} \text{ISE} &= \alpha V(A) + \beta V(B) + \gamma V(C) + \delta V(D) \\ &= 0,1 \times 2 + 0,4 \times 1 + 0,25 \times 1 + 0,25 \times 3 \\ &= 1,6 \end{aligned}$$

L'indice ISE étant un entier, nous obtenons :

**Donc, ISE = 2.**

**Cas 4 :** On considère un ouvrage urbain remarquable d'une longueur de 20 m. Il porte une route de 3<sup>e</sup> catégorie. Le trafic moyen est de 1 000 véhicules par jour. Le pont franchit un cours d'eau (déviation possible mais significative pour piétons).

- ouvrage portant une route de 3<sup>e</sup> catégorie →  $V(A) = 2$  ;
- fort enjeu car trafic piéton important et activité économique (centre-ville) →  $V(B) = 4$  ;
- ouvrage important et remarquable →  $V(C) = 5$  ;
- incidence déviation moyenne →  $V(D) = 2$ .
- $\alpha = 0,1$  ;  $\beta = 0,4$  ;  $\gamma = 0,25$  ;  $\delta = 0,25$

$$\begin{aligned} \text{ISE} &= \alpha V(A) + \beta V(B) + \gamma V(C) + \delta V(D) \\ &= 0,1 \times 2 + 0,4 \times 4 + 0,25 \times 5 + 0,25 \times 2 \\ &= 3,55 \end{aligned}$$

L'indice ISE étant un entier, nous obtenons :

**Donc, ISE = 4.**

## Annexe 5

# Élaboration des tableaux décisionnels pour le traitement des défauts

### Aide à la programmation des actions de maintenance

Pour gérer le traitement des défauts, les tableaux décisionnels permettent au gestionnaire de définir chaque intervention à prévoir en fonction, d'une part, de la nature (et éventuellement de la gravité) du défaut constaté sur l'ouvrage et, d'autre part, de l'ancienneté de l'équipement concerné ou du dernier traitement réalisé.

La lecture d'un tableau décisionnel fournit au gestionnaire une indication sur la nature de l'intervention à effectuer *a priori*. Cependant, d'autres facteurs – comme l'impact sur l'environnement ou l'indice socio-économique de l'ouvrage – peuvent largement influencer sur la décision d'intervention.

L'élaboration des tableaux décisionnels nécessite la compétence d'un agent de niveau ingénieur, familier avec les problèmes d'entretien des équipements.

Les tableaux décisionnels sont illustrés ici à travers deux exemples classiques de traitement des défauts :

- traitement de la dégradation des dispositifs de retenue métalliques due à l'altération de la peinture et à la corrosion ;
- traitement de la détérioration d'un joint de chaussée mécanique à souffle modéré et avec profilé élastomère.

| Réduction de section       | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel en Garantie Contractuelle | Appel en Garantie Contractuelle | Appel en Responsabilité     | Remplacement                | Remplacement       |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|
| <b>Rouille généralisée</b> | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel en Garantie Contractuelle | Appel en Garantie Contractuelle | Sablage + Peinture          | Sablage + Peinture          | Sablage + Peinture |
| <b>Cloquage</b>            | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel en Garantie Contractuelle | Appel en Garantie Contractuelle | Sablage + Peinture          | Sablage + Peinture          | Sablage + Peinture |
| <b>Quelques piqûres</b>    | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel en Garantie Contractuelle | Appel en Garantie Contractuelle | Traitement local + peinture | Traitement local + peinture | Sablage + Peinture |
| <b>Défauts d'aspect</b>    | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel en Garantie Contractuelle | Régénération                    | Régénération                | Régénération                | Régénération       |
| <b>Pas de défaut</b>       |                                      |                                 |                                 |                             | Régénération                | Régénération       |
|                            | 1 an                                 | 5 ans                           | 7 ans                           | 10 ans                      | 15 ans                      |                    |

**Tableau 8** – Traitement de la dégradation des dispositifs de retenue métalliques due à l'altération de la peinture et à la corrosion. En rouge : courbe de vieillissement.

Les natures des défauts peuvent être hiérarchisées suivant leur ordre d'apparition (par exemple, la rouille généralisée n'est constatée que suite à l'apparition de piqûres de rouille ; elle ne correspond qu'à une détérioration complémentaire).

À titre indicatif, une courbe de « vieillissement » peut être superposée au tableau décisionnel. Elle illustre, de façon qualitative, l'évolution moyenne de l'état d'un dispositif de retenue.

|   |                      |                                      |  |  |  |  |
|---|----------------------|--------------------------------------|--|--|--|--|
| <b>Arrachement d'éléments métalliques</b> |                      | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel <sup>(1)</sup> en Garantie Contractuelle | Appel en Responsabilité                        | Diagnostic pour évaluer l'intervention         | Diagnostic pour évaluer l'intervention         |
| <b>Désordres sur les ancrages</b>         | <b>descellement</b>  | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel <sup>(1)</sup> en Garantie Contractuelle | Appel en responsabilité                        | Diagnostic pour évaluer l'intervention         | Diagnostic pour évaluer l'intervention         |
|   | <b>corrosion</b>     | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel <sup>(1)</sup> en Garantie Contractuelle | Diagnostic pour évaluer l'intervention         | Diagnostic pour évaluer l'intervention         | Diagnostic pour évaluer l'intervention         |
|   | <b>desserrage</b>    | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel <sup>(1)</sup> en Garantie Contractuelle | Resserrage des boulons à la clé dynamométrique | Resserrage des boulons à la clé dynamométrique | Resserrage des boulons à la clé dynamométrique |
| <b>Détérioration du solin</b>             | <b>désagrégation</b> | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel <sup>(1)</sup> en Garantie Contractuelle | Appel en responsabilité                        | Diagnostic pour évaluer l'intervention         | Diagnostic pour évaluer l'intervention         |
|   | <b>épaufures</b>     | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel <sup>(1)</sup> en Garantie Contractuelle | Ragréage                                       | Ragréage                                       | Ragréage                                       |
| <b>Arrachement d'éléments élastomère</b>  |                      | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel <sup>(1)</sup> en Garantie Contractuelle | Remplacement                                   | Remplacement                                   | Remplacement                                   |
| <b>Arrachement du couvre-joint</b>        |                      | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel <sup>(1)</sup> en Garantie Contractuelle | Remplacement du couvre-joint                   | Remplacement du couvre-joint                   | Remplacement du couvre-joint                   |
| <b>Défauts d'étanchéité</b>               |                      | Appel en Garantie Parfait Achèvement | Appel <sup>(1)</sup> en Garantie Contractuelle | Remplacement si défaut lié au vieillissement   | Remplacement si défaut lié au vieillissement   | Remplacement si défaut lié au vieillissement   |
| <b>Pas de défaut</b>                      |                      |                                      | Entretien régulier du joint                    |
|   |                      | <b>1 an</b>                          | <b>5 ans</b>                                   | <b>10 ans</b>                                  | <b>15 ans</b>                                  |  |

**Tableau 9** – Traitement des défauts d'un joint de chaussée mécanique à souffle modéré (environ 50 cm) avec profilé élastomère.

<sup>1</sup> L'appel à la Garantie Contractuelle ne pourra être possible qu'à la condition que le joint ait été entretenu régulièrement.

Il peut s'avérer impossible de déterminer le type d'intervention à effectuer à partir du tableau. Par exemple, les causes d'un défaut - considéré comme tel - ne sont pas toujours identifiables. Le tableau 9 (joint de chaussée) met en avant la nécessité d'établir un diagnostic en cas de corrosion des ancrages ou d'arrachement des éléments métalliques.

## Annexe 6

# Estimation macro-économique des coûts de maintenance d'un patrimoine d'équipements

### Cas des dispositifs de retenue métalliques

Des interventions de différentes natures peuvent être effectuées dans le cadre de la maintenance des dispositifs de retenue selon leur état.

Dans le tableau 11, dans le cas des dispositifs de retenue métalliques, nous donnons la nature des interventions ainsi que leur périodicité moyenne et leur coût moyen au mètre linéaire. Bien entendu, les chiffres ne constituent pas des coûts de référence pour la maintenance des dispositifs de retenue.

|                                       | Remplacement | Sablage | Régénération |
|---------------------------------------|--------------|---------|--------------|
| Période moyenne entre 2 interventions | 25 ans       | 17 ans  | 8 ans        |
| Coût moyen par mètre linéaire         | 250 €        | 150 €   | 30 €         |

*Tableau 11 – Exemple de programmation de maintenance d'un dispositif de type retenue métallique*

#### 1. Choix du scénario d'intervention

Étant donné les écarts de coût moyen entre les différentes natures d'intervention (en regard des périodicités) le scénario d'intervention le plus intéressant – du point de vue économique – consiste à réaliser, dans la mesure du possible, l'opération la moins coûteuse, même si elle doit être plus fréquente :

- pour les dispositifs de retenue pour lesquels la dernière intervention date de 8 ans ou moins, le coût d'une régénération devra être pris en compte au bout de 8 ans, puis tous les 8 ans ;
- pour les dispositifs dont la dernière intervention date de 9 à 17 ans, il faut prendre en compte le coût d'un sablage à l'échéance de 17 ans, puis celui d'une régénération tous les 8 ans ;
- enfin, pour ceux dont la dernière intervention date de plus de 17 ans, le coût d'un remplacement au bout de 25 ans devra être comptabilisé puis celui d'une régénération tous les 8 ans<sup>9</sup>.

La décision d'intervenir sur un dispositif de retenue doit dépendre de l'état de cet équipement. Il n'est pas utile de réaliser un sablage sur un garde-corps sur lequel rien n'a été fait depuis 17 ans si celui-ci ne présente que quelques défauts d'aspect.

En revanche, il peut être utile de réaliser un traitement local, voire un sablage de celui-ci au bout de 7 ans, s'il présente des piqûres de rouille ou des cloquages.

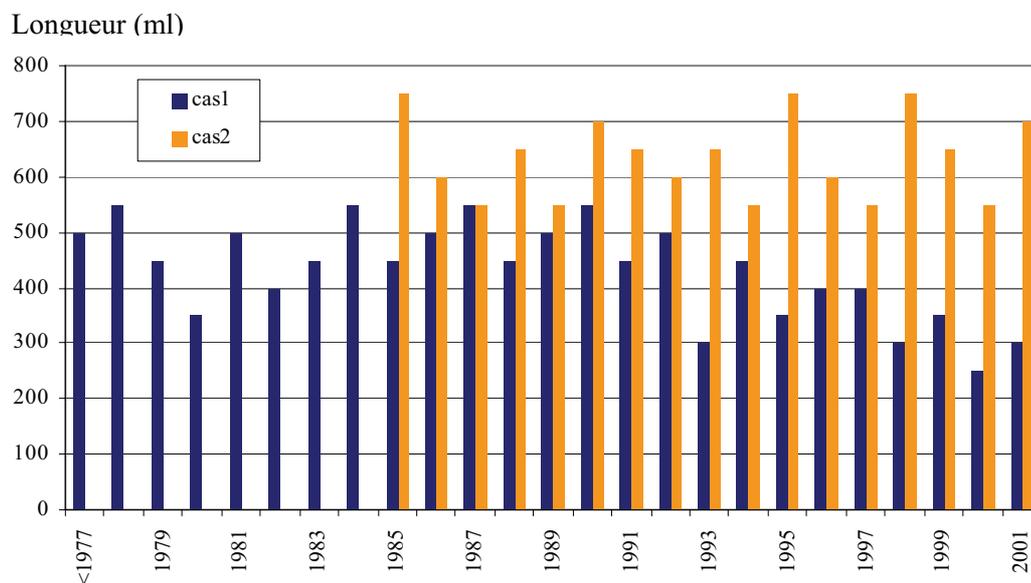
*Exemple :*

Dans deux cas (notés **cas 1** et **cas 2**), nous déterminons à partir de 2002, pour une durée de 25 ans, l'évaluation macro-économique des coûts annuels de maintenance d'un patrimoine de dispositifs de retenue (10 800 ml au total). On distingue les cas 1 et 2 de la manière suivante :

<sup>9</sup> La valeur théorique de remplacement d'un garde-corps étant de 25 ans, ce scénario ne signifie pas qu'il faut systématiquement intervenir à échéance de cette période.

- **cas 1** : pour un patrimoine peu entretenu (aucune intervention n'a été faite depuis 20 ans ou plus sur une part significative du patrimoine) ;
- **cas 2** : pour un patrimoine mieux entretenu (les dispositifs de retenue ont tous fait l'objet d'une intervention au cours des 17 dernières années).

La Figure 20 donne la répartition du linéaire de dispositifs de retenue en fonction de la date de la dernière intervention de maintenance pour les deux cas de figure.



**Figure 20** – Répartition du linéaire de dispositifs de retenue en fonction de la date de la dernière intervention de maintenance pour les cas 1 et 2.

*Interprétation de la figure 20* : après examen de celle-ci, il apparaît qu'il faut prévoir le coût du remplacement de tous les dispositifs de retenue dont la dernière intervention est antérieure à 1985, puis la régénération de la peinture de ces nouveaux équipements tous les 8 ans.

Par exemple, pour les dispositifs de retenue dont la dernière intervention de maintenance remonte à 1978, un remplacement devra être envisagé en 2003, suivi d'une première régénération en 2011, d'une deuxième en 2019 et d'une troisième en 2027. Dans le cas d'une maintenance antérieure à 1977, le coût du remplacement devra être comptabilisé en 2002.

Pour les équipements dont la dernière maintenance a été réalisée entre 1985 et 1993, il faut prévoir le coût d'un sablage puis d'une régénération de la nouvelle peinture tous les 8 ans.

Enfin, pour les dispositifs dont la maintenance est récente (depuis 1994), le coût d'une régénération de la peinture doit être pris en compte.

## 2. Évaluation des coûts de maintenance pour les cas 1 et 2

Les évaluations des coûts annuels de maintenance, à partir du scénario d'intervention retenu, sont calculées pour chaque nature d'intervention puis globalement. Les résultats pour les cas 1 et 2 sont présentés dans les tableaux suivants (Tableau 12 – cas 1, Tableau 13 – cas 2).

Dans le cas 2, aucun coût de remplacement n'est à prévoir dans l'**estimation macro-économique** puisque, pour tous les dispositifs de retenue, une action de remise en état a été réalisée depuis 1985. Cependant, l'état de certains de ces équipements conduira à leur remplacement (**échelle micro-économique**).

Les évaluations macro-économiques des coûts sont représentées graphiquement ci-dessous sous la forme d'histogrammes (Figures 21 et 22).

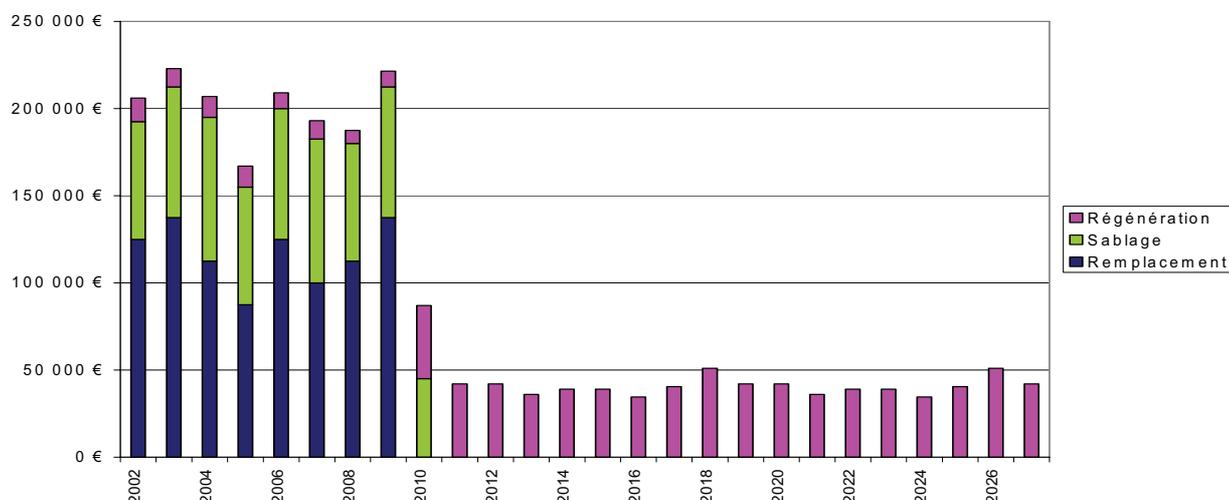


Figure 21 – Cas 1, patrimoine peu entretenu (voir tableau 12).

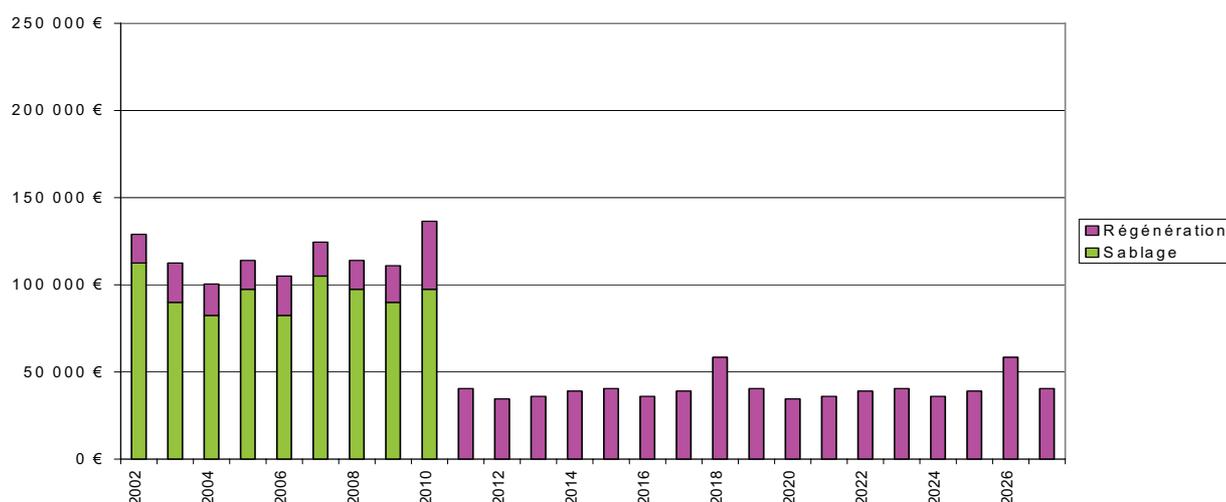


Figure 22 – Cas 2, patrimoine mieux entretenu (voir tableau 13).

Dans les deux cas (Figures 21 et 22), on remarque que les besoins budgétaires sont sensiblement plus importants jusqu'en 2010 (en moyenne 202 k€ annuels, dans le cas 1 et 116 k€ dans le cas 2). Ces besoins correspondent à la remise en état du patrimoine des dispositifs de retenue par des interventions « lourdes », comme le remplacement ou le sablage.

Ceci s'explique par un niveau de maintenance plutôt médiocre puisque, pour 62 % des dispositifs de retenue, la dernière intervention remonte à plus de 10 ans (cas 1).

À partir de 2011, les coûts moyens annuels se stabilisent autour de 40 k€ dans les deux cas, ce qui correspond à une politique préventive de régénération de la peinture des dispositifs de retenue tous les 8 ans.

Tableau 12 – CAS 1 : Patrimoine de dispositifs de retenue peu entretenus.

| Année        | Remplacement |              | Sablage     |              | 1 <sup>re</sup> régénération |              | 2 <sup>e</sup> régénération |              | 3 <sup>e</sup> régénération |              | 4 <sup>e</sup> régénération |             | Cumul régénération |            | Cumul interventions |              |
|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|-------------|--------------------|------------|---------------------|--------------|
|              | Long. en ml  | Coût en k€   | Long. en ml | Coût en k€   | Long. en ml                  | Coût en k€   | Long. en ml                 | Coût en k€   | Long. en ml                 | Coût en k€   | Long. en ml                 | Coût en k€  | Long. en ml        | Coût en k€ | Long. en ml         | Coût en k€   |
| 2002         | 500          | 125,0        | 450         | 67,5         |                              | 13,5         |                             |              |                             |              |                             |             |                    | 450        | 13,5                | 206,0        |
| 2003         | 550          | 137,5        | 500         | 75,0         |                              | 10,5         |                             |              |                             |              |                             |             |                    | 350        | 10,5                | 223,0        |
| 2004         | 450          | 112,5        | 550         | 82,5         |                              | 12,0         |                             |              |                             |              |                             |             |                    | 400        | 12,0                | 207,0        |
| 2005         | 350          | 87,5         | 450         | 67,5         |                              | 12,0         |                             |              |                             |              |                             |             |                    | 400        | 12,0                | 167,0        |
| 2006         | 500          | 125,0        | 500         | 75,0         |                              | 9,0          |                             |              |                             |              |                             |             |                    | 300        | 9,0                 | 209,0        |
| 2007         | 400          | 100,0        | 550         | 82,5         |                              | 10,5         |                             |              |                             |              |                             |             |                    | 350        | 10,5                | 193,0        |
| 2008         | 450          | 112,5        | 450         | 67,5         |                              | 7,5          |                             |              |                             |              |                             |             |                    | 250        | 7,5                 | 187,5        |
| 2009         | 550          | 137,5        | 500         | 75,0         |                              | 9,0          |                             |              |                             |              |                             |             |                    | 300        | 9,0                 | 221,5        |
| 2010         |              |              | 300         | 45,0         |                              | 28,5         | 450                         | 13,5         |                             |              |                             |             |                    | 1 400      | 42,0                | 87,0         |
| 2011         |              |              |             |              |                              | 31,5         | 350                         | 10,5         |                             |              |                             |             |                    | 1 400      | 42,0                | 42,0         |
| 2012         |              |              |             |              |                              | 30,0         | 400                         | 12,0         |                             |              |                             |             |                    | 1 400      | 42,0                | 42,0         |
| 2013         |              |              |             |              |                              | 24,0         | 400                         | 12,0         |                             |              |                             |             |                    | 1 200      | 36,0                | 36,0         |
| 2014         |              |              |             |              |                              | 30,0         | 300                         | 9,0          |                             |              |                             |             |                    | 1 300      | 39,0                | 39,0         |
| 2015         |              |              |             |              |                              | 28,5         | 350                         | 10,5         |                             |              |                             |             |                    | 1 300      | 39,0                | 39,0         |
| 2016         |              |              |             |              |                              | 27,0         | 250                         | 7,5          |                             |              |                             |             |                    | 1 150      | 34,5                | 34,5         |
| 2017         |              |              |             |              |                              | 31,5         | 300                         | 9,0          |                             |              |                             |             |                    | 1 350      | 40,5                | 40,5         |
| 2018         |              |              |             |              |                              | 9,0          | 950                         | 28,5         | 450                         | 13,5         |                             |             |                    | 1 700      | 51,0                | 51,0         |
| 2019         |              |              |             |              |                              | 31,5         | 1 050                       | 31,5         | 350                         | 10,5         |                             |             |                    | 1 400      | 42,0                | 42,0         |
| 2020         |              |              |             |              |                              | 30,0         | 1 000                       | 30,0         | 400                         | 12,0         |                             |             |                    | 1 400      | 42,0                | 42,0         |
| 2021         |              |              |             |              |                              | 24,0         | 800                         | 24,0         | 400                         | 12,0         |                             |             |                    | 1 200      | 36,0                | 36,0         |
| 2022         |              |              |             |              |                              | 30,0         | 1 000                       | 30,0         | 300                         | 9,0          |                             |             |                    | 1 300      | 39,0                | 39,0         |
| 2023         |              |              |             |              |                              | 28,5         | 950                         | 28,5         | 350                         | 10,5         |                             |             |                    | 1 300      | 39,0                | 39,0         |
| 2024         |              |              |             |              |                              | 27,0         | 900                         | 27,0         | 250                         | 7,5          |                             |             |                    | 1 150      | 34,5                | 34,5         |
| 2025         |              |              |             |              |                              | 31,5         | 1 050                       | 31,5         | 300                         | 9,0          |                             |             |                    | 1 350      | 40,5                | 40,5         |
| 2026         |              |              |             |              |                              | 9,0          | 300                         | 9,0          | 950                         | 28,5         | 450                         | 13,5        |                    | 1 700      | 51,0                | 51,0         |
| 2027         |              |              |             |              |                              |              |                             |              | 1 050                       | 31,5         | 350                         | 10,5        |                    | 1 400      | 42,0                | 42,0         |
| <b>TOTAL</b> |              | <b>937,5</b> |             | <b>637,5</b> |                              | <b>324,0</b> |                             | <b>324,0</b> |                             | <b>144,0</b> |                             | <b>24,0</b> |                    |            | <b>816,0</b>        | <b>2 391</b> |

Tableau 13 – CAS 2 : Patrimoine de dispositifs de retenue mieux entretenus, scénario 1.

| Année        | Sablage     |              | 1 <sup>er</sup> régénération |              | 2 <sup>e</sup> régénération |              | 3 <sup>e</sup> régénération |              | 4 <sup>e</sup> régénération |             | Cumul régénération |              | Cumul interventions |               |
|--------------|-------------|--------------|------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|-------------|--------------------|--------------|---------------------|---------------|
|              | Long. en ml | Coût en k€   | Long. en ml                  | Coût en k€   | Long. en ml                 | Coût en k€   | Long. en ml                 | Coût en k€   | Long. en ml                 | Coût en k€  | Long. en ml        | Coût en k€   | Long. en ml         | Coût en k€    |
| 2002         | 750         | 112,5        | 550                          | 16,5         |                             |              |                             |              |                             |             | 550                | 16,5         |                     | 129,0         |
| 2003         | 600         | 90,0         | 750                          | 22,5         |                             |              |                             |              |                             |             | 750                | 22,5         |                     | 112,5         |
| 2004         | 550         | 82,5         | 600                          | 18,0         |                             |              |                             |              |                             |             | 600                | 18,0         |                     | 100,5         |
| 2005         | 650         | 97,5         | 550                          | 16,5         |                             |              |                             |              |                             |             | 550                | 16,5         |                     | 114,0         |
| 2006         | 550         | 82,5         | 750                          | 22,5         |                             |              |                             |              |                             |             | 750                | 22,5         |                     | 105,0         |
| 2007         | 700         | 105,0        | 650                          | 19,5         |                             |              |                             |              |                             |             | 650                | 19,5         |                     | 124,5         |
| 2008         | 650         | 97,5         | 550                          | 16,5         |                             |              |                             |              |                             |             | 550                | 16,5         |                     | 114,0         |
| 2009         | 600         | 90,0         | 700                          | 21,0         |                             |              |                             |              |                             |             | 700                | 21,0         |                     | 111,0         |
| 2010         | 650         | 97,5         | 750                          | 22,5         | 550                         | 16,5         |                             |              |                             |             | 1300               | 39,0         |                     | 136,5         |
| 2011         |             |              | 600                          | 18,0         | 750                         | 22,5         |                             |              |                             |             | 1350               | 40,5         |                     | 40,5          |
| 2012         |             |              | 550                          | 16,5         | 600                         | 18,0         |                             |              |                             |             | 1150               | 34,5         |                     | 34,5          |
| 2013         |             |              | 650                          | 19,5         | 550                         | 16,5         |                             |              |                             |             | 1200               | 36,0         |                     | 36,0          |
| 2014         |             |              | 550                          | 16,5         | 750                         | 22,5         |                             |              |                             |             | 1300               | 39,0         |                     | 39,0          |
| 2015         |             |              | 700                          | 21,0         | 650                         | 19,5         |                             |              |                             |             | 1350               | 40,5         |                     | 40,5          |
| 2016         |             |              | 650                          | 19,5         | 550                         | 16,5         |                             |              |                             |             | 1200               | 36,0         |                     | 36,0          |
| 2017         |             |              | 600                          | 18,0         | 700                         | 21,0         |                             |              |                             |             | 1300               | 39,0         |                     | 39,0          |
| 2018         |             |              | 650                          | 19,5         | 750                         | 22,5         | 550                         | 16,5         |                             |             | 1950               | 58,5         |                     | 58,5          |
| 2019         |             |              |                              |              | 600                         | 18,0         | 750                         | 22,5         |                             |             | 1350               | 40,5         |                     | 40,5          |
| 2020         |             |              |                              |              | 550                         | 16,5         | 600                         | 18,0         |                             |             | 1150               | 34,5         |                     | 34,5          |
| 2021         |             |              |                              |              | 650                         | 19,5         | 550                         | 16,5         |                             |             | 1200               | 36,0         |                     | 36,0          |
| 2022         |             |              |                              |              | 550                         | 16,5         | 750                         | 22,5         |                             |             | 1300               | 39,0         |                     | 39,0          |
| 2023         |             |              |                              |              | 700                         | 21,0         | 650                         | 19,5         |                             |             | 1350               | 40,5         |                     | 40,5          |
| 2024         |             |              |                              |              | 650                         | 19,5         | 550                         | 16,5         |                             |             | 1200               | 36,0         |                     | 36,0          |
| 2025         |             |              |                              |              | 600                         | 18,0         | 700                         | 21,0         |                             |             | 1300               | 39,0         |                     | 39,0          |
| 2026         |             |              |                              |              | 650                         | 19,5         | 750                         | 22,5         | 550                         | 16,5        | 1950               | 58,5         |                     | 58,5          |
| 2027         |             |              |                              |              |                             |              | 600                         | 18,0         | 750                         | 22,5        | 1350               | 40,5         |                     | 40,5          |
| <b>TOTAL</b> |             | <b>855,0</b> |                              | <b>324,0</b> |                             | <b>324,0</b> |                             | <b>193,5</b> |                             | <b>39,0</b> |                    | <b>880,5</b> |                     | <b>1735,5</b> |

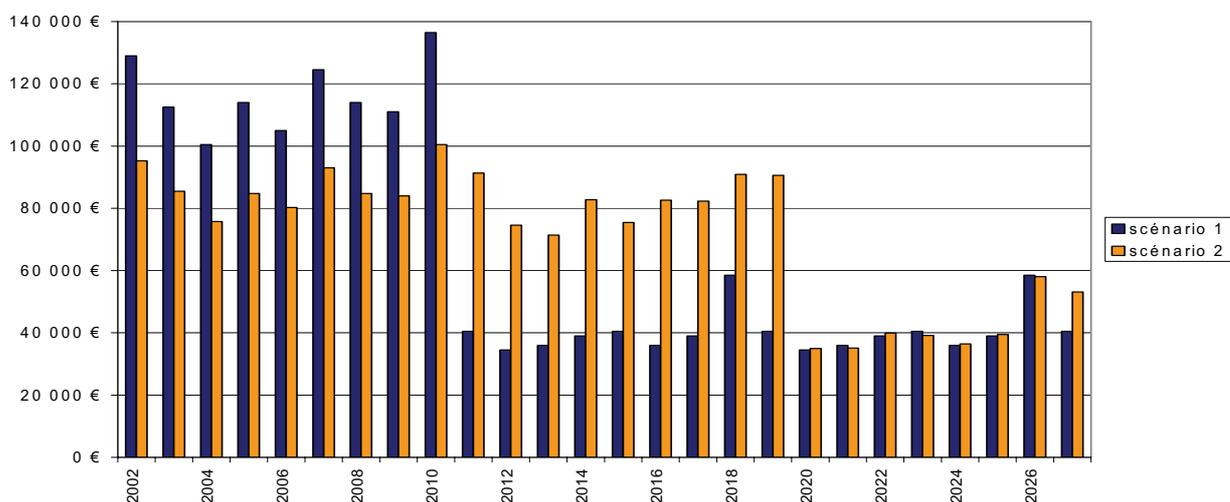
### 3. Tentative de réduction de l'effort budgétaire annuel : modification du scénario d'intervention initial

Dans les exemples précédents, on constate que l'effort budgétaire annuel est important dans les 9 premières années. Cet effort financier peut ne pas être recevable par le maître d'ouvrage. Il devient impératif de répartir l'effort budgétaire sur une période plus longue, en modifiant le scénario d'intervention afin de remettre à niveau le patrimoine avant d'appliquer une politique préventive.

*Exemple – Application au cas 2 :*

Il est possible de ne pas procéder au sablage d'une partie des dispositifs de retenue qui le nécessiterait suivant le premier scénario : on remplacera ces dispositifs 25 ans environ après leur dernière maintenance.

L'histogramme ci-dessous (Figure 23) compare la répartition initiale de l'effort budgétaire annuel (scénario 1, cf. Figure 22, Tableau 13) avec celle obtenue si 30 % des dispositifs de retenue sont remplacés au bout de 25 ans au lieu d'être sablés après 17 ans (scénario 2, Tableau 14).



**Figure 23** – Cas 2, comparaison entre deux scénarios d'intervention (voir tableau 14).

Avec le scénario 2, les besoins budgétaires sont mieux répartis (cf. Tableau 14, p. suivante). Sur la plus grande période en moyenne, le scénario 1 donne 116 k€ annuels sur 9 ans, puis 40 k€ les années suivantes, alors que le scénario 2 se traduit par un budget de 85 k€ annuels sur une période de 18 ans : il représente une réduction du coût moyen annuel de 27 % (85 k€ rapportés à 116 k€).

Cependant, on constate un écart du coût global de maintenance pour la période 2002-2027 d'un montant de 1 861,9 k€ pour le scénario 2 contre 1 735,5 k€ pour le scénario initial, soit une hausse du coût global de 7 %.

**Tableau 14 – CAS 2 : Patrimoine de dispositifs de retenue mieux entretenus, scénario 2 (30 % des dispositifs de retenue sont remplacés au bout de 25 ans. 2002 est l'année de référence). Comparaison avec le scénario 1.**

| Remplacement (1) |            | Sablage (2) |            | 1 <sup>re</sup> régénération (3) |            | 2 <sup>e</sup> régénération |            | 3 <sup>e</sup> régénération |            | 4 <sup>e</sup> régénération |            | Cas 2 Scénario 2 |                  | Cas 2 Scénario 1 |                  |
|------------------|------------|-------------|------------|----------------------------------|------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Année            | Coût en k€ | Année       | Coût en k€ | Année                            | Coût en k€ | Année                       | Coût en k€ | Année                       | Coût en k€ | Année                       | Coût en k€ | Année            | Coût total en k€ | Année            | Coût total en k€ |
|                  |            | 2002        | 78,7       | 2002                             | 16,5       |                             |            |                             |            |                             |            | 2002             | 95,2             | 2002             | 129,0            |
|                  |            | 2003        | 63,0       | 2003                             | 22,5       |                             |            |                             |            |                             |            | 2003             | 85,5             | 2003             | 112,5            |
|                  |            | 2004        | 57,7       | 2004                             | 18,0       |                             |            |                             |            |                             |            | 2004             | 75,7             | 2004             | 100,5            |
|                  |            | 2005        | 68,2       | 2005                             | 16,5       |                             |            |                             |            |                             |            | 2005             | 84,7             | 2005             | 114,0            |
|                  |            | 2006        | 57,7       | 2006                             | 22,5       |                             |            |                             |            |                             |            | 2006             | 80,2             | 2006             | 105,0            |
|                  |            | 2007        | 73,5       | 2007                             | 19,5       |                             |            |                             |            |                             |            | 2007             | 93,0             | 2007             | 124,5            |
|                  |            | 2008        | 68,2       | 2008                             | 16,5       |                             |            |                             |            |                             |            | 2008             | 84,7             | 2008             | 114,0            |
|                  |            | 2009        | 63,0       | 2009                             | 21,0       |                             |            |                             |            |                             |            | 2009             | 84,0             | 2009             | 111,0            |
|                  |            | 2010        | 68,2       | 2010                             | 15,7       |                             | 16,5       |                             |            |                             |            | 2010             | 100,5            | 2010             | 136,5            |
| 2011             | 56,2       |             |            | 2011                             | 12,6       |                             | 22,5       |                             |            |                             |            | 2011             | 91,3             | 2011             | 40,5             |
| 2012             | 45,0       |             |            | 2012                             | 11,5       |                             | 18,0       |                             |            |                             |            | 2012             | 74,5             | 2012             | 34,5             |
| 2013             | 41,2       |             |            | 2013                             | 13,6       |                             | 16,5       |                             |            |                             |            | 2013             | 71,4             | 2013             | 36,0             |
| 2014             | 48,7       |             |            | 2014                             | 11,5       |                             | 22,5       |                             |            |                             |            | 2014             | 82,8             | 2014             | 39,0             |
| 2015             | 41,2       |             |            | 2015                             | 14,7       |                             | 19,5       |                             |            |                             |            | 2015             | 75,4             | 2015             | 40,5             |
| 2016             | 52,5       |             |            | 2016                             | 13,6       |                             | 16,5       |                             |            |                             |            | 2016             | 82,6             | 2016             | 36,0             |
| 2017             | 48,7       |             |            | 2017                             | 12,6       |                             | 21,0       |                             |            |                             |            | 2017             | 82,3             | 2017             | 39,0             |
| 2018             | 45,0       |             |            | 2018                             | 13,6       |                             | 15,7       |                             | 16,5       |                             |            | 2018             | 90,9             | 2018             | 58,5             |
| 2019             | 48,7       |             |            | 2019                             | 6,7        |                             | 12,6       |                             | 22,5       |                             |            | 2019             | 90,6             | 2019             | 40,5             |
|                  |            |             |            | 2020                             | 5,4        |                             | 11,5       |                             | 18,0       |                             |            | 2020             | 34,9             | 2020             | 34,5             |
|                  |            |             |            | 2021                             | 4,9        |                             | 13,6       |                             | 16,5       |                             |            | 2021             | 35,1             | 2021             | 36,0             |
|                  |            |             |            | 2022                             | 5,8        |                             | 11,5       |                             | 22,5       |                             |            | 2022             | 39,9             | 2022             | 39,0             |
|                  |            |             |            | 2023                             | 4,9        |                             | 14,7       |                             | 19,5       |                             |            | 2023             | 39,1             | 2023             | 40,5             |
|                  |            |             |            | 2024                             | 6,3        |                             | 13,6       |                             | 16,5       |                             |            | 2024             | 36,4             | 2024             | 36,0             |
|                  |            |             |            | 2025                             | 5,8        |                             | 12,6       |                             | 21,0       |                             |            | 2025             | 39,4             | 2025             | 39,0             |
|                  |            |             |            | 2026                             | 5,4        |                             | 13,6       |                             | 22,5       |                             | 16,5       | 2026             | 58,0             | 2026             | 58,5             |
|                  |            |             |            | 2027                             | 5,8        |                             | 6,7        |                             | 18,0       |                             | 22,5       | 2027             | 53,1             | 2027             | 40,5             |
|                  |            |             |            |                                  |            |                             |            |                             |            |                             |            | TOTAL            | 1 861,9          | TOTAL            | 1 735,5          |

(1) Le coût de remplacement concerne 30 % du linéaire en place depuis 25 ans (p. ex. en 2011 pour le linéaire mis en place en 1985).

(2) Les 70 % restants sont soumis au sablage.

(3) Cette colonne donne les coûts de régénération au bout de 8 ans (p. ex. en 2002 pour le linéaire entretenu en 1994).

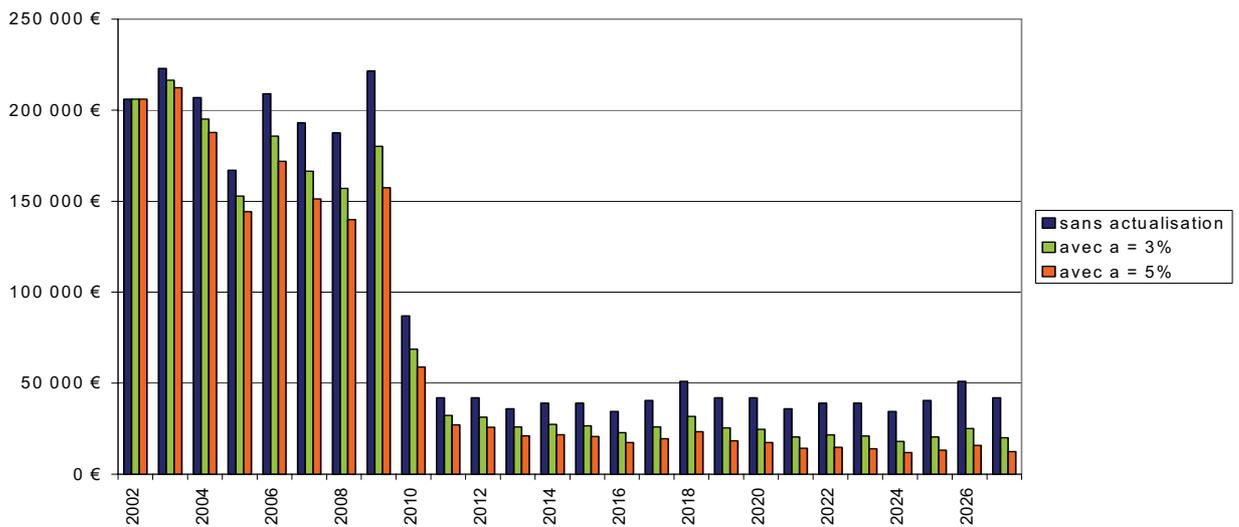
#### 4. Influence du taux d'actualisation sur l'évaluation des coûts de maintenance

Le coût global de la maintenance du groupe d'équipements (somme de tous les coûts annuels sur la période de calcul) est un facteur complémentaire à prendre en compte dans le choix du meilleur scénario. En effet, une répartition équilibrée des efforts budgétaires peut, dans certains cas, s'accompagner d'une augmentation significative du coût global de maintenance. Dans cette hypothèse, il revient au maître d'ouvrage de choisir.

L'utilisation d'un taux d'actualisation, même faible, dans le calcul des coûts, tend vers une réduction significative des coûts annuels de maintenance à moyen et long terme. Le choix entre deux scénarios d'intervention peut alors s'en trouver inversé. Il est donc important de manier cette notion d'actualisation des coûts avec beaucoup de précaution.

Un exemple d'évaluations macro-économiques avec ou sans prise en compte de l'actualisation des coûts, est détaillé ci-après (Figure 24, Tableau 15). Les calculs ont été effectués à partir des hypothèses suivantes :

- patrimoine : cas 1 (peu entretenu) présenté précédemment (Fig. 21, Tableau 12) ;
- scénario d'intervention initial : remise à niveau des équipements par remplacement si la dernière maintenance est antérieure à 1985 ou par sablage si elle a été effectuée entre 1985 et 1993 puis régénération de la peinture tous les 8 ans ;
- taux d'actualisation de 3 % ou de 5 %.



**Figure 24** – Cas 1, comparaison des coûts annuels de maintenance avec ou sans prise en compte d'une actualisation des coûts (voir tableau 15).

Sur cette figure, au bout de 10 ans, le coût est déjà réduit de 25 % avec un taux de 3 % et de 39 % avec 5 %. Il est divisé par 2 après 23 ans pour un taux de 3 % et dès 14 ans pour 5 %. Le taux d'actualisation joue un rôle significatif après seulement quelques années, même lorsque ce taux n'est que de 3 %.

**Tableau 15** – Cas 1 : coût total selon le scénario initial (patrimoine de dispositifs peu entretenus, sans prise en compte d'une actualisation des coûts), avec une actualisation au taux de 3 % et avec une actualisation au taux de 5 %.

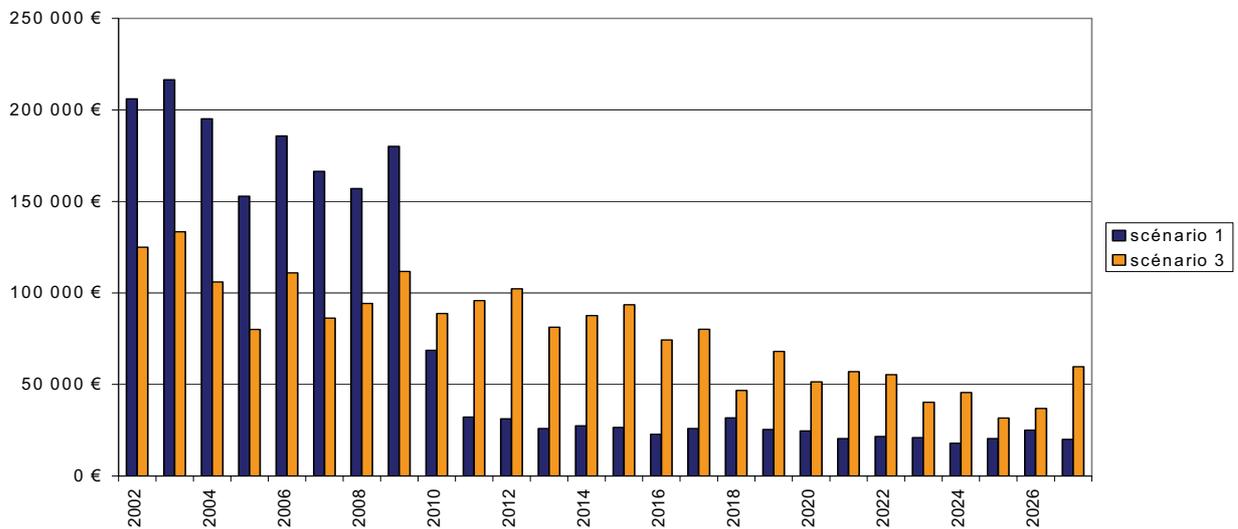
| Année        | n  | Coût sans actualisation (Tabl. 12) | Coût avec a = 3 % | Coût avec a = 5 % |
|--------------|----|------------------------------------|-------------------|-------------------|
|              |    | en k€                              | en k€             | en k€             |
| 2002         | 0  | 206,0                              | 206,0             | 206,0             |
| 2003         | 1  | 223,0                              | 216,5             | 212,4             |
| 2004         | 2  | 207,0                              | 195,1             | 187,8             |
| 2005         | 3  | 167,0                              | 152,8             | 144,3             |
| 2006         | 4  | 209,0                              | 185,7             | 171,9             |
| 2007         | 5  | 193,0                              | 166,5             | 151,2             |
| 2008         | 6  | 187,5                              | 157,0             | 139,9             |
| 2009         | 7  | 221,5                              | 180,1             | 157,4             |
| 2010         | 8  | 87,0                               | 68,7              | 58,9              |
| 2011         | 9  | 42,0                               | 32,2              | 27,1              |
| 2012         | 10 | 42,0                               | 31,3              | 25,8              |
| 2013         | 11 | 36,0                               | 26,0              | 21,0              |
| 2014         | 12 | 39,0                               | 27,4              | 21,7              |
| 2015         | 13 | 39,0                               | 26,6              | 20,7              |
| 2016         | 14 | 34,5                               | 22,8              | 17,4              |
| 2017         | 15 | 40,5                               | 26,0              | 19,5              |
| 2018         | 16 | 51,0                               | 31,8              | 23,4              |
| 2019         | 17 | 42,0                               | 25,4              | 18,3              |
| 2020         | 18 | 42,0                               | 24,7              | 17,5              |
| 2021         | 19 | 36,0                               | 20,5              | 14,2              |
| 2022         | 20 | 39,0                               | 21,6              | 14,7              |
| 2023         | 21 | 39,0                               | 21,0              | 14,0              |
| 2024         | 22 | 34,5                               | 18,0              | 11,8              |
| 2025         | 23 | 40,5                               | 20,5              | 13,2              |
| 2026         | 24 | 51,0                               | 25,1              | 15,8              |
| 2027         | 25 | 42,0                               | 20,1              | 12,4              |
| <b>TOTAL</b> |    | <b>2 391,0</b>                     | <b>1 949,2</b>    | <b>1 738,3</b>    |

Il apparaît ainsi (Figure 24, Tableau 15 ci-dessus) que la notion d'actualisation des coûts est à manier avec prudence car elle peut modifier sensiblement l'intérêt économique d'un scénario.

Par exemple, avec un taux d'actualisation de 3 %, le **scénario 3** consistant à remplacer les dispositifs tous les 25 ans (politique exclusivement curative) devient presque aussi intéressant que le scénario 1 (également actualisé) présenté au § 1, pourtant considéré sans ambiguïté comme le plus performant lorsqu'on ne prend pas en compte l'actualisation des coûts.

Dans le cas du scénario 3, les coûts moyens annuels sont en effet mieux répartis tout au long de la période de calcul (cf. Figure 25, Tableau 16).

Ceci s'avère plus avantageux pour établir des budgets. Le coût global de la maintenance reste cependant un peu plus élevé pour le scénario 3 (environ 2 045 k€ contre 1 950 k€ pour le scénario 1).



**Figure 25** – Cas 1, comparaison entre deux politiques d'intervention avec un taux d'actualisation de 3 % appliqué aux deux scénarios. (voir Tableau 16).

**Tableau 16** – Cas 1 : coût selon le **scénario 3** (remplacement des dispositifs tous les 25 ans), comparaison avec le scénario 1, avec une actualisation au taux de 3 %.

| Année de mise en place | Long. en ml   | Année de remplacement | Coût en k€     | Cas 1 scénario 3   |                | Cas 1 scénario 1         |
|------------------------|---------------|-----------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------------|
|                        |               |                       |                | sans actualisation | taux de 3 %    | taux de 3 % (Tableau 15) |
| < 1977                 | 500           | 2002                  | 125,0          | 125,0              | 125,0          | 206,0                    |
| 1978                   | 550           | 2003                  | 137,5          | 137,5              | 133,5          | 216,5                    |
| 1979                   | 450           | 2004                  | 112,5          | 112,5              | 106,0          | 195,1                    |
| 1980                   | 350           | 2005                  | 87,5           | 87,5               | 80,1           | 152,8                    |
| 1981                   | 500           | 2006                  | 125,0          | 125,0              | 111,1          | 185,7                    |
| 1982                   | 400           | 2007                  | 100,0          | 100,0              | 86,3           | 166,5                    |
| 1983                   | 450           | 2008                  | 112,5          | 112,5              | 94,2           | 157,0                    |
| 1984                   | 550           | 2009                  | 137,5          | 137,5              | 111,8          | 180,1                    |
| 1985                   | 450           | 2010                  | 112,5          | 112,5              | 88,8           | 68,7                     |
| 1986                   | 500           | 2011                  | 125,0          | 125,0              | 95,8           | 32,2                     |
| 1987                   | 550           | 2012                  | 137,5          | 137,5              | 102,3          | 31,3                     |
| 1988                   | 450           | 2013                  | 112,5          | 112,5              | 81,3           | 26,0                     |
| 1989                   | 500           | 2014                  | 125,0          | 125,0              | 87,7           | 27,4                     |
| 1990                   | 550           | 2015                  | 137,5          | 137,5              | 93,6           | 26,6                     |
| 1991                   | 450           | 2016                  | 112,5          | 112,5              | 74,4           | 22,8                     |
| 1992                   | 500           | 2017                  | 125,0          | 125,0              | 80,2           | 26,0                     |
| 1993                   | 300           | 2018                  | 75,0           | 75,0               | 46,7           | 31,8                     |
| 1994                   | 450           | 2019                  | 112,5          | 112,5              | 68,1           | 25,4                     |
| 1995                   | 350           | 2020                  | 87,5           | 87,5               | 51,4           | 24,7                     |
| 1996                   | 400           | 2021                  | 100,0          | 100,0              | 57,0           | 20,5                     |
| 1997                   | 400           | 2022                  | 100,0          | 100,0              | 55,4           | 21,6                     |
| 1998                   | 300           | 2023                  | 75,0           | 75,0               | 40,3           | 21,0                     |
| 1999                   | 350           | 2024                  | 87,5           | 87,5               | 45,7           | 18,0                     |
| 2000                   | 250           | 2025                  | 62,5           | 62,5               | 31,7           | 20,5                     |
| 2001                   | 300           | 2026                  | 75,0           | 75,0               | 36,9           | 25,1                     |
| 2002                   |               | 2027                  | 125,0          | 125,0              | 59,7           | 20,1                     |
| <b>Total</b>           | <b>10 800</b> |                       | <b>2 825,0</b> | <b>2 825,0</b>     | <b>2 044,9</b> | <b>1 949,2</b>           |

## Annexe 7

# Surveillance et entretien courant des ouvrages

Dans le cadre de la surveillance, le scénario d'intervention peut varier suivant les ouvrages en fonction, par exemple :

- de leur état ;
- de leur indice socio-économique (ISE) ;
- de leur type.

L'évaluation macro-économique du coût devra alors être réalisée pour chaque ensemble d'ouvrages ayant le même scénario d'intervention, puis totalisée.

S'agissant de l'entretien courant des ouvrages, l'évaluation du coût moyen peut être faite sur une année puisqu'il s'agit d'une action récurrente.

Il convient alors d'identifier les différentes tâches d'entretien puis, pour chacune, de leur affecter un coût unitaire moyen et d'évaluer la quantité d'œuvre associée (exemple : nombre d'ouvrages concernés, longueur, surface...). L'évaluation macro-économique du coût annuel de l'entretien courant est la somme des coûts moyens de chaque tâche.

Ce travail nécessite la compétence d'un agent ayant une bonne connaissance du programme de surveillance et d'entretien courant des ouvrages.

### Liste non exhaustive des actions d'entretien courant

- le nettoyage des dispositifs d'écoulement des eaux,
- le nettoyage de la chaussée et l'enlèvement des dépôts,
- le nettoyage des trottoirs, notamment ceux comportant des dalles amovibles,
- le nettoyage des joints de chaussée, de leurs accessoires et des joints divers,
- le maintien en état des dispositifs de retenue (parapets, garde-corps, glissières, barrières) et des accès de visite (trappes, échelles...),
- le maintien en état de la signalisation relative à l'exploitation de l'ouvrage et située sur les voies adjacentes (limitation de gabarit ou de tonnage),
- le maintien en état de tous les équipements liés à l'usage et l'exploitation de la voie portée ou de la brèche franchie supportés par l'ouvrage, tels que candélabres, signalisation verticale, réservations des réseaux de concessionnaires, en particulier le maintien en état des dispositifs de fixation de ces équipements à l'ouvrage,
- le nettoyage des sommiers d'appui, de l'intérieur du tablier,
- l'élimination de toute la végétation nuisible sur l'ensemble de l'ouvrage et à ses abords,
- le nettoyage des parements de tous graffitis et affiches,
- l'enlèvement de corps flottants au niveau des appuis,
- etc.

## Annexe 8

# Exemple d'application de la méthode départementale

### Introduction

Le CETE Méditerranée a été chargé de tester les outils de la Méthode sur un patrimoine de 165 ponts. Pour chaque ouvrage, le CETE a déterminé les trois indices du guide de la Méthode départementale : indice d'état (IE), indice socio-économique (ISE) et l'indice technique (IT).

Dans la mesure où les procès verbaux de visite et catalogues de désordres spécifiques à la Méthode départementale ne sont pas élaborés, le CETE a utilisé les outils existants suivants : procès verbaux IQOA classiques, rapports d'inspections détaillées périodiques, procès verbaux simplifiés plus concis que les PV IQOA. Certains ouvrages ne possédant qu'une note IQOA (sans PV papier) ont également été pris en compte.

Ces procès verbaux ont été élaborés par des subdivisions territoriales, une CDOA ou des experts.

### Détermination de l'indice d'état IE

Les classes des PV IQOA ont été converties en niveaux de désordres de la Méthode départementale à l'aide du tableau d'équivalence suivant :

| Classe des défauts<br>IQOA | Niveau de désordres<br>MD |
|----------------------------|---------------------------|
| 0                          | D0                        |
| 1                          | D0                        |
| 2                          | D1                        |
| 2E                         | D2                        |
| 3                          | D3                        |
| 3U                         | D4                        |

Remarque : d'autres tableaux d'équivalence pourraient être aisément établis, dans la perspective où la collectivité territoriale concernée exploiterait une méthode différente pour évaluer ses ouvrages.

Par ailleurs, seules les informations relatives à la structure (tablier et appuis) sont traitées. Dans la Méthode départementale, les équipements ne comportent que des défauts, lesquels ne rentrent pas dans le calcul de l'indice d'état : les notes provenant de la partie « Équipements » des PV IQOA n'ont donc pas été prises en compte.

Le CETE a élaboré, sur cette base de 165 ouvrages, des fichiers Excel permettant de déterminer l'indice d'état IE de chaque ouvrage.

Les résultats obtenus par la Méthode départementale après conversion des notes IQOA en niveaux de désordres MD sont pertinents. Cependant, un réajustement s'avère nécessaire, notamment en ce qui concerne les classes 0 et 1 de la méthode IQOA. Il semble plus judicieux de faire passer la classe IQOA 1 en niveau de désordre D1 (au lieu de D0) puisque dans ce cas l'ouvrage comporte un ou plusieurs défauts de faible importance même s'il est en bon état selon IQOA.

L'utilisation des PV IQOA a mis en évidence un biais systématique pour le calcul de l'indice d'état IE, qui se trouve minoré à cause du nombre important de désordres D0. On pourrait y remédier en ne prenant pas en compte les désordres D0 et en calculant les fréquences uniquement avec les désordres supérieurs ou égaux à D1 ou bien en modifiant les limites des classes d'état.

En outre, les ouvrages pour lesquels  $IE = 5$  doivent faire l'objet d'un examen de la part d'un spécialiste dans la mesure où ils sont susceptibles de passer en liste rouge.

L'indice IE peut être obtenu à partir d'autres méthodes existantes : soit par la création de passerelles entre l'évaluation des désordres, soit de façon directe. Des outils spécifiques à la Méthode départementale (procès verbaux et catalogues) pourraient être développés afin d'éviter l'utilisation de passerelles entre méthodes.

### **Détermination de l'indice socio-économique ISE**

Sa détermination est du ressort exclusif du maître d'ouvrage, sur la base d'une proposition de ses services techniques. Elle n'a pas posé de problèmes particuliers. Les critères énoncés dans le guide ont été appliqués avec leurs différentes pondérations.

### **Détermination de l'indice technique IT**

Pour les ouvrages de la liste rouge, les informations suivantes ont été recueillies pour déterminer l'indice technique IT :

- réajustement éventuel de l'indice IE ;
- urgence et coût des travaux ;
- difficultés du projet ;
- délais d'étude ;
- coût des études complémentaires ;
- coût de la mise au point du projet, estimé en semaines d'équipe projet.

La détermination de l'indice IT se fait de manière empirique à partir des indications ci-dessus. Cet indice est obtenu grâce à l'expérience d'un spécialiste en ouvrages d'art. Les difficultés sont relativement mineures dès lors que l'estimation des travaux de réparation est simple (par exemple, par application des prix d'un marché à bons de commande).

## Conclusion

Dans la mesure où l'on connaît le processus de notation de la Méthode départementale, la plus grande partie du travail réside dans le recueil et la saisie des données.

Cette saisie peut être automatisée à la source au moyen d'un appareil nomade de type PDA ou tablettes. Le CETE Méditerranée a réalisé un outil de saisie des PV IQOA, sous forme de feuilles Excel qui peuvent être transférées et saisies dans un appareil nomade. Ces feuilles Excel calculent automatiquement l'indice d'état IE. Le CETE a également réalisé des outils présentant graphiquement les informations recueillies et constituant une aide à l'analyse.

La Méthode départementale et la méthode IQOA sont différentes : la première comptabilise les désordres tandis que la seconde ne prend en compte que le désordre le plus grave. Néanmoins, il est possible de mettre au point des passerelles permettant l'utilisation des outils de l'une ou de l'autre. En l'occurrence, les PV et catalogues IQOA ont été utilisés pour le calcul des indices d'état de la Méthode départementale.

Les tests réalisés ont permis de valider les principes de la Méthode départementale.

Le rapport complet des tests est disponible sur le site PILES du Sétra à l'adresse suivante :

<http://www.piles.setra.equipement.gouv.fr>



## Glossaire

|   |  |
|---|--|
| Affouillement général   | Mise en suspension des matériaux meubles constituant le lit d'un cours d'eau, se traduisant par son creusement.  |
| Affouillement local   | Fosse creusée par l'eau à la base d'un obstacle situé dans un cours d'eau et résultant d'une accélération locale du courant.   |
| Ancrage   | Dans une construction en béton précontraint, dispositif permettant de maintenir un câble tendu et de transmettre la force de précontrainte au béton.   |
| Appui   | Partie d'ouvrage transmettant les sollicitations provenant du tablier, au sol de fondation (l'appui comprend : la pile, la culée ou la pile-culée, et sa fondation).                             |
| Bandeau   | Face verticale vue d'une voûte.  |
| Béton précontraint  | (voir <i>Précontrainte</i> )   |
| Buse  | Ouvrage hydraulique ou routier en béton armé ou en acier, de forme cylindrique, ovale ou en arc.   |
| Cachetage   | Protection d'un ancrage de câble de précontrainte réalisé en mortier.  |
| Cellule ouvrages d'art  | Unité chargée de la gestion des ouvrages d'art pour le compte d'un maître d'ouvrage.   |
| Cintre  | Ouvrage provisoire permettant de supporter des structures en phase de construction.  |
| Clé (ou Clef)   | Partie centrale d'un arc, d'une voûte, ou section médiane d'une poutre.  |
| Cloquage  | Formation ou présence de cloques dans l'épaisseur d'une couche de peinture.  |
| Coefficient pondérateur<br>( $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ , $\delta$ ) | Valeur affectée à une catégorie de critères socio-économiques (A, B, C ou D) pour construire un indice ISE.  |
| Concrétion  | Assemblage de matériaux en un corps solide.  |
| Corps d'ancrage   | Pièce métallique servant à l'ancrage d'un câble de précontrainte.  |
| Corrosion   | Destruction progressive, effritement ou désagrégation d'une surface métallique, par effet chimique.  |
| Couvre-joint  | Élément permettant de recouvrir un vide entre partie d'ouvrages, ou un joint entre deux pièces métalliques, ou de masquer un joint de dilatation dans un mur de soutènement.                     |
| Culée   | Appui d'extrémité d'un tablier, d'une voûte ou d'un arc, assurant la fonction de transmission des charges provenant du tablier et de soutien des terres.   |
| Défaut  | Anomalie constructive ou évolutive d'un ouvrage qui ne modifie pas, à terme, le fonctionnement mécanique de celui-ci.  |
| Désordre  | Anomalie constructive ou évolutive d'un ouvrage qui modifie son fonctionnement mécanique.  |
| Efflorescence   | Transformation des sels hydratés qui perdent une partie de leur eau de cristallisation au contact de l'air et deviennent pulvérulents.   |
| Épaufrure   | Éclat de béton, entaille sur une pierre...   |
| Extrados  | Surface supérieure d'un pont.  |
| Fondation   | Partie d'un ouvrage d'art assurant la liaison entre le corps de l'appui et le sol. On distingue les fondations superficielles (semelles et radier) et les fondations profondes (pieux et puits). |
| Fracture  | Fissure de dimension supérieure à 0,5 mm environ.  |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Garde-corps                   | Dispositif de protection d'un passage pour piétons ; on distingue les garde-corps pour piétons et les garde-corps de service.   |
| Histogramme                   | Représentation graphique des classes d'une variable statistique, associant à chaque classe un rectangle proportionnel – par sa longueur à l'amplitude et par sa hauteur à l'effectif – de cette classe.   |
| Intrados                      | Surface inférieure d'un pont.   |
| Joint                         | Dispositif ou matériau reliant deux parties initialement séparées ( <i>cf. joint de chaussée</i> ).   |
| Joint de chaussée             | Dispositif placé entre la culée et le tablier, ou entre deux tronçons du tablier, pour permettre les déplacements relatifs, dus principalement aux variations de température, en assurant la continuité de la surface de la chaussée.   |
| Liste verte                   | Liste qui intègre les ouvrages d'art présentant peu ou pas de désordres.  |
| Liste rouge                   | Liste qui intègre les ouvrages d'art présentant des risques potentiels et qui doivent être examinés par le service OA.  |
| Maître d'ouvrage              | Personne morale propriétaire d'un patrimoine d'ouvrages d'art. Il lui appartient d'en organiser la gestion, c'est-à-dire de décider des priorités, de programmer les opérations de maintenance et de réparation après s'être assuré de leur faisabilité et d'en arrêter l'enveloppe financière. |
| Mur en aile                   | Mur de tête formant un angle compris entre 30 et 60 degrés avec l'axe de la voie franchie, voire parallèle à la voie franchie.  |
| Mur de front                  | Dans une culée, mur portant le tablier et soutenant les terres.   |
| Mur de soutènement            | Ouvrage de retenue des terres.  |
| Mur de tête (ou d'extrémité)  | Mur composant une culée et servant, avec le mur de front, à supporter les charges routières et les remblais.  |
| Mur en aile                   | Mur de tête sensiblement parallèle à l'axe de la voie franchie.   |
| Mur en retour                 | Mur de tête sensiblement parallèle à l'axe de la voie portée.   |
| Non-classique (ouvrage)       | Ouvrage de dimensions exceptionnelles ou de type original par sa conception, sa structure ou son mode de construction.  |
| Ouvrage d'art                 | Ouvrage de génie civil lié à l'établissement et à l'exploitation d'une voie de circulation terrestre, fluviale ou maritime (pont, mur de soutènement, tunnel, estacade) ou d'une adduction d'eau (barrage, aqueduc).  |
| Ouvrage classique             | Ouvrage courant dans sa conception, sa réalisation et ses dimensions.   |
| Ouvrage exceptionnel          | Ouvrage non classique dont la nature, le caractère innovant ou les dimensions considérables impliquent une gestion particulière.  |
| Ouvrage non classique         | Ouvrage sortant de l'ordinaire du fait de ses dimensions, de sa conception ou de sa réalisation.  |
| Ouvrage du réseau structurant | Ouvrage situé sur une voie de communication importante sur le plan économique.  |
| Ouvrage visitable             | Ouvrage comportant des accès qui permettent d'inspecter toutes les parties sans moyens spécifiques.   |
| Ouvrage non-visitable         | Ouvrage dont certaines parties sont inaccessibles sans moyens spécifiques.  |
| Partie d'ouvrage              | Regroupement d'éléments d'ouvrage de même nature.   |
| Pathologie des ouvrages d'art | Désordres affectant une certaine catégorie d'ouvrages d'art.  |
| Période d'étiage              | Période annuelle de plus basses eaux.   |
| Pieu                          | Élément allongé en bois, béton ou métal, destiné à transmettre des efforts au sol de fondation en profondeur.   |
| Pile                          | Appui intermédiaire d'un pont.  |
| Piqûre                        | Corrosion localisée observée sur un élément métallique.   |

|                      |  |
|----------------------|--|
| Plein cintre         | Cintre décrivant un demi-cercle parfait, sans brisure. <i>Cf. Cintre.</i>  |
| Pont                 | Ouvrage permettant de franchir un obstacle naturel ou une voie de circulation. Suivant la nature de la voie portée : pont-route, pont-rail, pont-canal.  |
| Précontrainte        | Technique consistant à soumettre artificiellement un béton à des compressions permanentes dans le but d'augmenter sa résistance.   |
| Profilé              | Pièce métallique obtenue par laminage, par pliage ou par soudage, allongée et de section constante.  |
| Puits                | Élément de fondation profonde de gros diamètre, exécuté à la main.   |
| Radier               | Dalle posée sur le sol et formant une fondation superficielle ; semelle généralisée aux dimensions de l'ouvrage.   |
| Ragréage             | Rebouchage de défauts dans un parement en béton ou dans un ouvrage en maçonnerie.  |
| Rejet                | Dénivellation produite par une faille.   |
| Réseau structurant   | Réseau permettant de structurer un territoire et d'assurer les liaisons principales. Un tel réseau constitue l'ossature de la voirie d'un territoire (État, Région, Département, Commune). De par sa fonction, il doit répondre aux besoins du trafic de transit (longue et moyenne distance). |
| S                    | Mention destinée à indiquer un risque.   |
| Sablage              | Opération qui consiste à décaper une pièce métallique ou en béton à l'aide d'un jet de sable projeté par air comprimé.   |
| Service gestionnaire | Service chargé de la gestion courante d'ouvrages d'art.  |
| Service OA           | Service constitué de spécialistes du domaine des ouvrages d'art.   |
| Sol de fondation     | <i>Cf. Fondation.</i>  |
| Solin                | Couvre-joint qui assure l'étanchéité.  |
| Soutènement          | Fonction d'un ouvrage destiné à soutenir les terres ( <i>cf. Mur de soutènement</i> ).   |
| Structure porteuse   | Tablier d'un ouvrage d'art.  |
| Surcotation          | Attribution d'une cotation plus élevée que la normale pour tenir compte de la concomitance de plusieurs défauts ou désordres.  |
| Tablier              | Dans un pont, partie comprenant la dalle de couverture et la partie de l'ossature sensiblement horizontale (poutre, caissons, arcs très surbaissés) situées sous la voie portée.   |
| Travée               | Partie d'un tablier entre deux appuis successifs.  |
| Tympan               | Mur de tête d'un pont-voûte servant à maintenir les terres de remblai des voûtes.  |
| Visiteur             | Agent désigné par la cellule Ouvrage d'art qui dresse un procès-verbal (PV) de l'ouvrage visité.   |
| Voie portée          | Route passant sur un ouvrage d'art (par opposition à la voie franchie).  |
| Zone affouillable    | Voir <i>affouillement général</i> et <i>affouillement local</i> .  |

## Sigles et abréviations

|               |   |
|---------------|---|
| BA            | Béton armé  |
| BP            | Béton précontraint  |
| CT1, CT2, CT3 | Niveaux de réparation à court terme                             |
| Di            | Niveau de désordre  |
| ID            | Inspection détaillée ( <i>cf.</i> Glossaire pour la définition) |
| IDP           | Inspection détaillée périodique                                 |
| IQOA          | Image qualité des ouvrages d'art                                |
| IE            | Indice d'état apparent  |
| ISE           | Indice de priorité socio-économique                             |
| IT            | Indice de priorité technique                                    |
| ml            | Mètre linéaire (unité de mesure ou d'œuvre)                     |
| MO            | Maître d'ouvrage  |
| MT1, MT2      | Niveaux de réparation prévue à moyen terme, IT étant évalué     |
| NE            | Non évalué  |
| OA            | Ouvrage d'art   |
| PL            | Poids lourd   |
| PV            | Procès-verbal   |



46 avenue  
Aristide Briand  
BP 100  
92225 Bagneux Cedex  
France  
téléphone :  
33 (0)1 46 11 31 31  
télécopie :  
33 (0)1 46 11 31 69  
internet : [www.setra.equipement.gouv.fr](http://www.setra.equipement.gouv.fr)

Ce guide a été élaboré à la demande du club d'échange d'expériences sur les routes départementales (Club RD). Outre les départements, il s'applique à d'autres maîtres d'ouvrages ayant à gérer un patrimoine d'ouvrages (communes, communautés urbaines et autres collectivités territoriales).

Il doit permettre au maître d'ouvrage de dresser un bilan de l'état de ses ouvrages d'art et de mettre en œuvre une politique de maintenance.

La méthodologie présentée dans ce guide pourra évoluer en fonction des propositions et suggestions faites par nos partenaires des collectivités territoriales.

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :

- Internet : <http://www.setra.equipement.gouv.fr>
- I2 (réseau intranet du ministère de l'Équipement) : <http://intra.setra.i2>

*Crédit photo couverture : Sétra.*

*L'autorisation du Sétra est indispensable pour la reproduction même partielle de ce document.*  
© 2006 Sétra – Dépôt légal : 2<sup>ème</sup> trimestre 2006 – ISBN : 2-11-094645-8 - Référence : 0627w

Le Sétra appartient  
au Réseau Scientifique  
et Technique  
de L'Équipement

