

# **GESTION OPTIMISEE D'UN PARC D'OUVRAGES DE GENIE CIVIL**

Y. LEFEUVRE

Ministère de l'Équipement, France

yloa@infonie.fr / yvan.lefeuvre@equipement.gouv.fr

## **RESUME**

L'étude menée dans ce rapport cherche à répondre aux besoins pratiques du gestionnaire d'ouvrages de génie civil dans sa quête d'outils faciles à mettre en oeuvre mais répondant au mieux à la prise en compte de l'ensemble des facteurs influençant la qualité de son patrimoine sur le long terme. Pour ce faire le rapport rappelle, en premier lieu, les grands principes théoriques de l'approche économique de la maintenance d'un patrimoine d'ouvrages. La complexité théorique n'est pas transposable, telle quelle, pour gérer au quotidien un patrimoine d'ouvrages d'art. C'est pourquoi un modèle est proposé pour définir, d'abord, des indices d'état de chaque ouvrage pris individuellement afin de visualiser, ensuite, une photographie globale du patrimoine sur une représentation graphique confrontant à la fois l'état de dégradation des ouvrages et l'évaluation de leurs impacts socio-économiques. Enfin le modèle offre la possibilité au gestionnaire de proposer à son maître d'ouvrage différents scénarios sur la base d'estimations financières des coûts prévisionnels d'entretien. L'effort de conceptualisation du processus a permis la réalisation d'un modèle conceptuel de données de la connaissance des indices d'état et de leurs modes de saisie. Ce qui s'est traduit concrètement par la réalisation, par l'auteur, de deux solutions informatiques complémentaires : OASIS le système de gestion d'un parc d'ouvrages d'art et OkAPI la solution portable de saisie informatisée des désordres directement sur site. C'est à travers la diffusion de ces solutions informatiques, depuis deux ans, que le modèle décrit dans ce rapport a connu une vaste mise en oeuvre en France puisque près de 60000 ouvrages d'art français sont actuellement concernés. Ce modèle présente l'expérience du transfert de compétence du modèle de gestion étudié à un pays en voie de développement : le Ghana, et à un pays en transition : la Roumanie.

## **MOTS CLES**

OUVRAGES D'ART / GESTION / TRANSFERT DE COMPETENCE/ LOGICIEL

## **1 PROBLEMATIQUE**

### **1.1 Formulation du problème**

Le projet s'intéresse à la modélisation, et sa mise en pratique, en France et dans des pays en voie de développement ou en transition, de la théorie économique de gestion budgétaire optimisée d'un patrimoine d'ouvrages .

#### **1.1.1 Les hypothèses du problème**

Le projet s'appuie sur la thèse de Mme LLANOS [La maintenance des ponts routiers-approche économique/ Presses des Ponts et Chaussées 1992] ; étude menée aussi bien en France qu'aux Etats-Unis.

Dès lors, il est rappelé les hypothèses nécessaires pour assurer une gestion optimisée du budget annuel alloué à l'entretien d'un patrimoine d'ouvrages d'art :

- il faut connaître l'évolution de l'état des O.A.
- il faut mesurer l'impact socio-économique qu'un défaut de fonction de l'ouvrage peut ne plus assurer,
- il faut quantifier l'évolution du montant des réparations d'un ouvrage selon son état,
- il faut établir toutes ces données en fonction du type d'O.A. et de sa géométrie,
- il faut pouvoir tenir compte des contraintes environnementales (topographie, géotechnique) et climatiques.

Toutes ces hypothèses donnent une idée du champs d'application des recherches à mener dans ce domaine. Mme LLANOS décrit précisément certaines lois de dégradation pour certains ouvrages mixtes de la ville de New York.

### 1.1.2 Les contraintes techniques et organisationnelles

Des contraintes techniques : premièrement les lois de dégradation des structures et des matériaux sont encore largement méconnues quant ce ne sont pas de nouvelles pathologies qui sont découvertes. Ensuite la mesure de l'impact socio-économique d'un ouvrage reste délicate car sa valorisation monétaire est difficile à appréhender. Enfin les spécificités techniques des ouvrages et les sites d'implantation sont autant de variables dont l'impact n'est pas quantifiable aisément.

Des contraintes organisationnelles : le gestionnaire est souvent confronté à la maintenance d'un parc constitué de plusieurs centaines d'ouvrages voire plusieurs milliers. La quantité du nombre d'ouvrage impose une méthodologie rigoureuse pour organiser l'administration du patrimoine, à fortiori lorsque les ressources humaines disponibles sont limitées.

Ces contraintes peuvent amener le gestionnaire à répondre à l'urgence, qui intuitivement ne semble pas être la méthode optimale de gestion d'un patrimoine d'ouvrages. C'est pourquoi le projet se propose de donner certaines clés simplifiant la problématique, afin de systématiser et de fiabiliser plusieurs processus de gestion.

### 1.1.3 Les 3 niveaux de la gestion : technique, économique, pratique

La maintenance patrimoniale d'un parc d'ouvrages de génie civil peut se concevoir selon trois approches :

1. La réalité technique qui valorise les règles de conception et se propose d'étudier les lois de dégradation des matériaux et les phénomènes de fatigue des structures.
2. La maintenance économique qui recherche l'optimisation des budgets à long terme pour l'entretien et la maintenance des ouvrages.
3. La logique de terrain dont les contraintes de gestion quotidienne sont nombreuses : administration du patrimoine, surveillance juridique, programmation sous contraintes budgétaires, pilotage des travaux d'entretien, ressources humaines limitées.

Le projet s'intéresse plus particulièrement à la logique de terrain mais en se calant au maximum sur la théorie économique et en proposant des outils capables de mesurer l'évolution des pathologies à moyen terme.

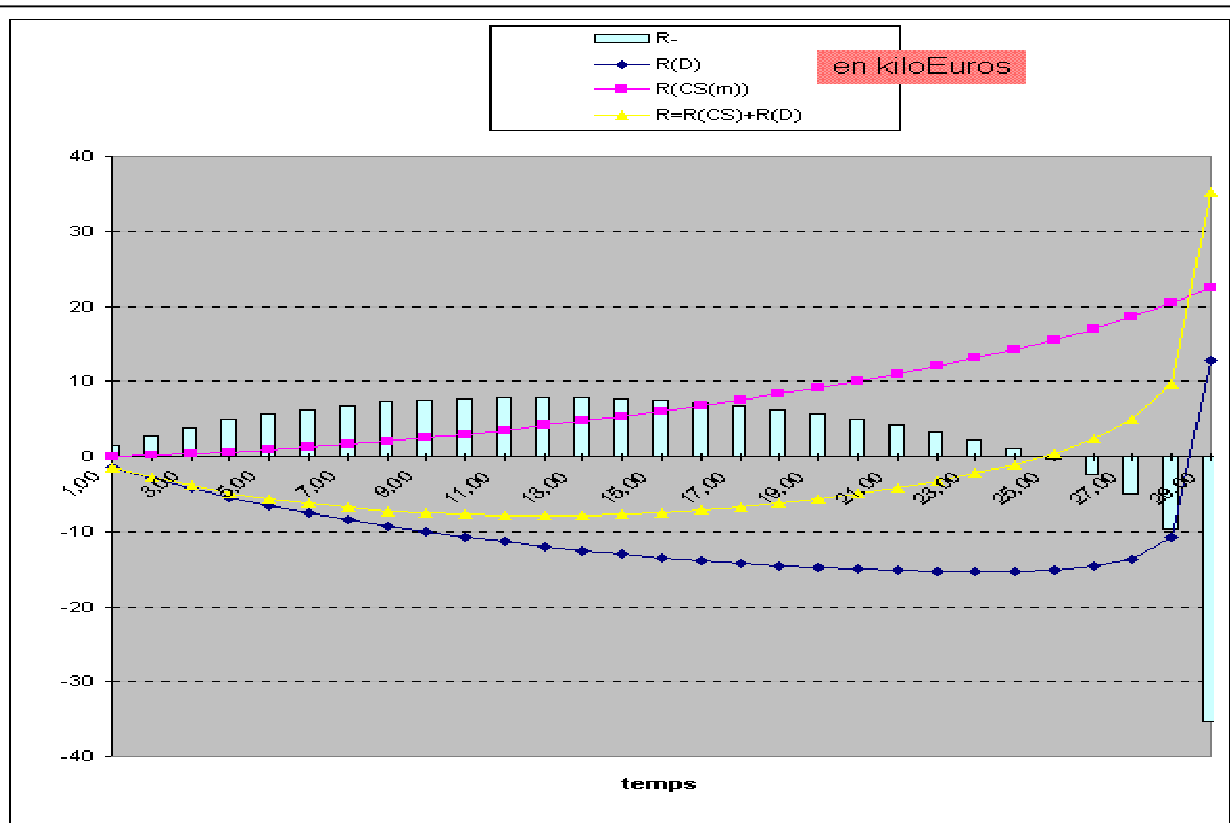
#### 1.1.4 Exemple d'optimisation budgétaire à 30 ans pour un ouvrage

Il est proposé de visualiser, sur la base d'un exemple simple, la mise en équation du problème d'optimisation à long terme du budget de réparation d'un patrimoine d'ouvrages, selon l'approche économique développée par Mme LLANOS.

Les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Etude d'un seul ouvrage dont la loi de dégradation est connue sur 30 ans,
- Relation exponentielle entre l'état (IG= Indice de Gravité) d'un ouvrage et son coût de réparation : plus les désordres s'accroissent et plus les travaux seront importants,
- Relation parabolique entre les coûts sociaux supportés par l'utilisateur et l'état de l'ouvrage : plus l'état de l'ouvrage se dégrade en s'accroissant et plus il y a un risque que l'ouvrage perde une partie de ses fonctions : fermeture d'une voie, limitation de tonnage,
- Le taux d'actualisation est pris égal à 0,09.

Le graphique suivant permet d'établir à quelle date le gestionnaire a le plus intérêt à réparer son ouvrage. Il met en balance d'une part l'accroissement des coûts de réparation (en bleu) dus à l'accroissement des désordres de l'ouvrage et d'autre part les coûts sociaux (en rose) supportés par la collectivité qui s'ajoutent chaque année car subis en continu.



$$R = R(D) + R(RCS(m))$$

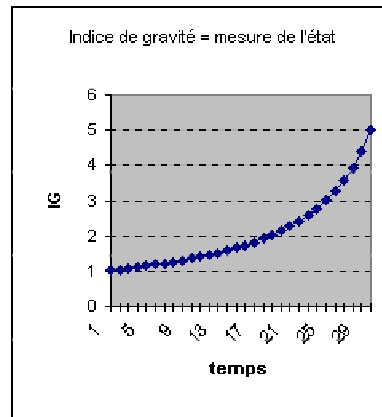
$D(n)$  : effort de réparation à l'année  $n$

$r$  : taux d'actualisation

$CS(t)$  : coût sociaux induits par l'état de l'ouvrage et les risques d'accidents à l'année  $t$

si  $R > 0$  alors il faut réparer l'ouvrage à l'année  $n$  ( ici à partir de l'année 26 )

si  $R < 0$  alors il est plus rentable de reporter la réparation



Si l'année 0 correspond à la construction de cet ouvrage, c'est à partir de la 26<sup>ème</sup> année que le gestionnaire devrait envisager sa réparation car les coûts sociaux et les coûts de réparation additionnés deviennent alors trop importants à supporter pour la collectivité.

### 1.1.5 Conclusions

Les paragraphes précédents ont démontré la complexité de la problématique de gestion budgétaire optimisée.

Des travaux plus précis complétant l'analyse du paragraphe présenté, élaborés dans le cadre de la thèse de doctorat de l'auteur, notamment en étudiant un parc d'ouvrages avec des dates de construction différentes, ont permis de faire ressortir deux règles principales qui guideront la modélisation du problème:

- Règle 1 : A une année donnée, il est plus rentable pour la collectivité de réparer un ouvrage en état médiocre ayant une fonction stratégique forte plutôt qu'un ouvrage en très mauvais état mais offrant que peu d'avantages à la collectivité.
- Règle 2 : Reculer la réparation, c'est attendre des désordres qui s'accélèreront rapidement et augmenteront les coûts sociaux induits.

La prise en compte des contraintes organisationnelles conduit à proposer une troisième règle visant à simplifier les tâches du gestionnaire :

- Règle 3 : Le gestionnaire doit disposer d'outils de mesure simples et pratiques pour évaluer l'état de santé des ouvrages et les avantages socio-économiques qu'ils procurent à la collectivité afin de systématiser des règles objectives de programmation budgétaire de travaux de maintenance.

### 1.2 Les objectifs du projet

Afin de prendre en considération les 3 règles précédentes, le projet présenté au concours de l'AIPCR 2003 limite ses ambitions aux objectifs suivants :

- Décrire un modèle réaliste et pratique de la gestion optimisée d'un patrimoine d'ouvrages.
- Proposer des outils informatiques pour assister le gestionnaire dans la mise en œuvre du modèle.
- Etablir un bilan de la mise en application du projet en France, au Ghana et en Roumanie.

## 2 MODELISATION THEORIQUE DE LA PROGRAMMATION BUDGETAIRE

### 2.1 Des indices d'état pratiques pour modéliser l'approche économique

Le modèle, décrit dans ce rapport, vise à simplifier la mise en œuvre d'une politique de gestion d'un patrimoine d'ouvrages d'art à la fois pragmatique, c'est à dire facilement applicable en pratique, et respectueuse des enjeux socio-économiques. Ce projet a été traité partiellement dans un article de la RGRA de juin 2000, intitulé « OA-MéGA : une méthode de gestion automatisée des ouvrages d'art » et rédigé par M. Yvan Lefeuvre dans le cadre de sa thèse de doctorat.

Pour être pratique, le modèle est fondé sur l'utilisation systématique d'indices numériques facilitant l'automatisation de la préparation du programme budgétaire d'entretien des ouvrages d'art. Ainsi le modèle présenté propose de décrire l'état de santé d'un ouvrage à l'aide de cinq indices de diagnostic :

- qualification de l'état des dégradations,
- prise en compte spécifique de la sécurité des usagers ,

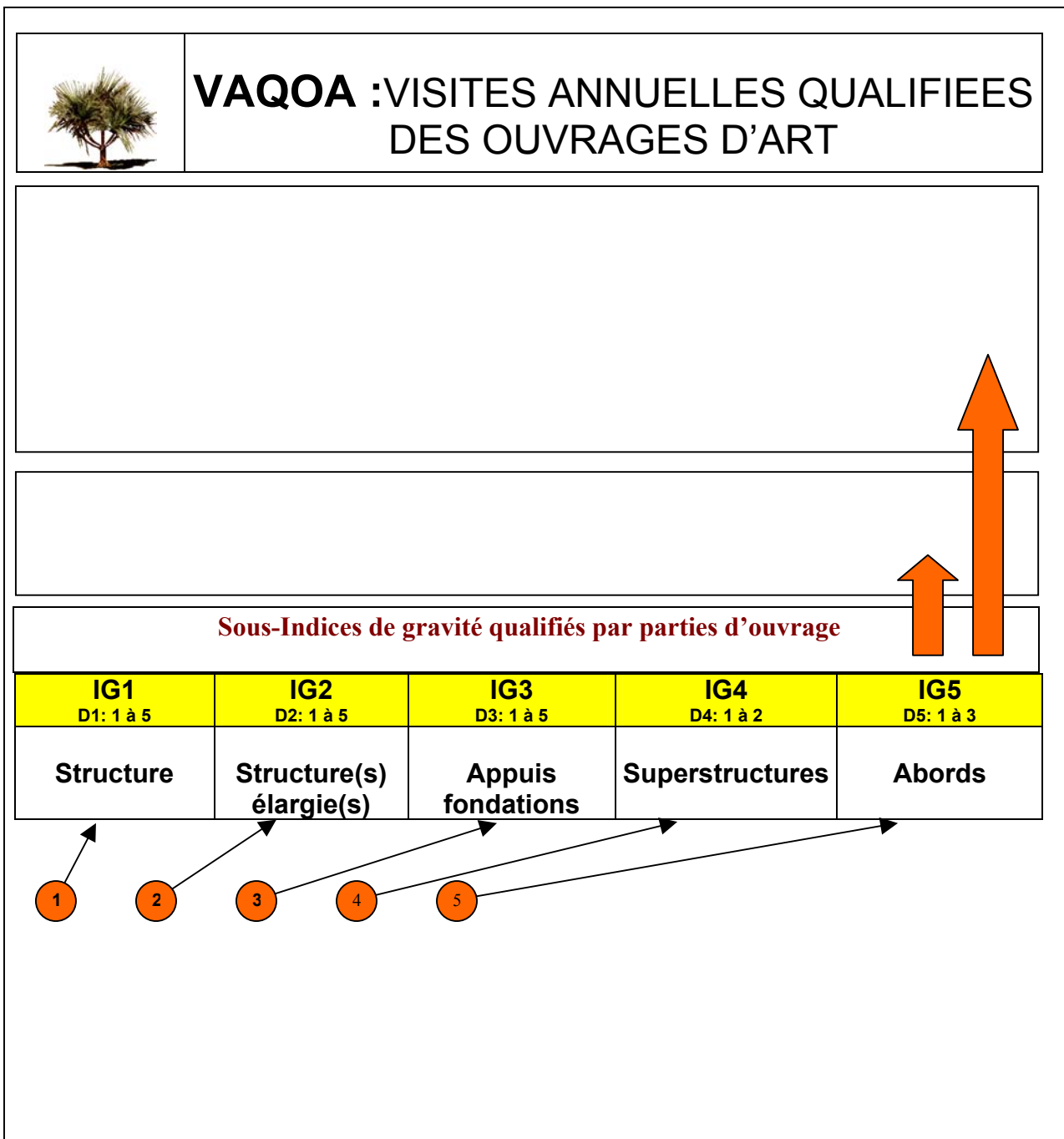
- description des impacts socio-économiques liés à l'ouvrage,
- estimation des coûts de réparation
- niveau d'avancement des études de confortement.

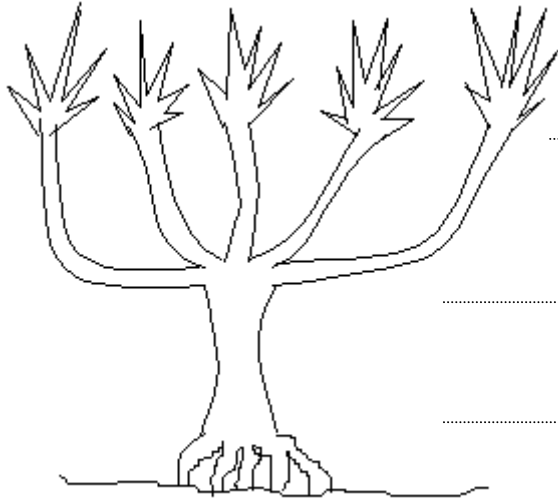
Ces indices d'état sont décrits, un à un, dans les paragraphes suivants. Leurs effets cumulés permettront de caler le modèle au plus près de la théorie économique, notamment en proposant d'abord un classement des ouvrages selon un indice de programmation, puis en affinant ensuite les choix grâce à des estimations financières des coûts d'entretien.

## 2.2 Description et rôle des indices

### 2.2.1 Les indices de gravité

Le modèle prévoit de caractériser l'état de santé d'un ouvrage par un indice de gravité reflet de la plus grave des pathologies observées sur chacune de ses parties. Le diagramme suivant se lit du bas vers le haut. Il s'appuie sur une représentation en arborescence pour définir les indices de gravité par partie d'ouvrage, puis l'indice de gravité de l'ouvrage, et enfin l'indice de gravité global qui prend en compte l'ensemble des pathologies :





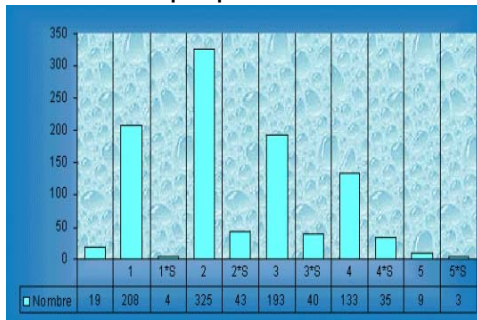
**Les feuilles** = la liste des **DESORDRES TYPES** par partie d'ouvrage

**Les branches** = Les **5 parties structurelles** d'un pont ( paramétrable en fonction du type d'ouvrage étudié et qui peuvent être découpées en sous-parties dans le cas d'ouvrages complexes à décrire )

**Le tronc = l'unité :**  
UN ouvrage d'art

**Les racines = le tout :**  
le **PATRIMOINE** des ouvrages d'art

Le principal intérêt de l'indice de gravité global (**IGG**) est de décrire l'état de l'ouvrage sur une échelle de valeurs réelles et non entières comme pour l'indice de gravité. Ainsi l'IGG propose une meilleure classification, car plus détaillée, en tenant compte



de toutes les parties d'ouvrage. De plus, la formulation mathématique de l'IGG, décrite dans l'encadré en page précédente, établit avantageusement une correspondance directe avec l'indice de gravité de l'ouvrage.

Un exemple de notation est proposé dans le tableau ci-dessous :

IGG	IG	Explication	Haute-Savoie
0 à 3	1	Ouvrage en bon état : entretien courant par défaut.	Nombre d'ouvrages par classe d'indice de gravité
4 à 7	2	Ouvrage dont la structure porteuse est en bon état mais nécessitant un entretien spécialisé.	
8 à 11	3	Ouvrage dont la structure porteuse est faiblement altérée, sans mise en cause de la sécurité des usagers à court terme, nécessitant des travaux de réparation importants à plus ou moins long terme.	
12 à 15	4	Ouvrage dont la structure porteuse est altérée, sans mise en cause de la sécurité de l'utilisateur à court terme, mais qui nécessite une réparation rapide.	
15 à 20	5	Ouvrage dont la structure porteuse est gravement altérée mettant en cause la sécurité de l'utilisateur à court terme ; mesures de prévention urgentes.	

Ces valeurs sont paramétrables selon le souhait du maître d'ouvrage. Cependant le modèle prévoit d'appliquer le même système de notation pour tous les types d'ouvrages ( ponts, murs de soutènement, tunnels, portiques et potences, digues, quais, etc.) et reste inchangé dans le temps pour un même maître d'ouvrage.

Le même le nombre de parties d'ouvrage pour décrire un type d'ouvrage est rendu paramétrable par le modèle, de manière, par exemple, à rendre plus précis le détail des désordres sur chacun des appuis d'un ouvrage.

Le cas des pathologies évolutives :

L'approche technique met en exergue l'importance des lois de dégradations dans la description d'un modèle de maintenance. Les visites régulières permettent de mesurer les indices de gravité de chacun des ouvrages à la date du relevé sur site. Le modèle prévoit, dans sa traduction informatique, de donner les moyens au visiteur de comparer l'évolution d'une pathologie avec son état précédemment observé. Pour les cas où l'évolution relevée est rapide, et après vérification des experts dans le processus de visites périodiques, le modèle propose d'augmenter d'un point l'indice de gravité. Il s'agit d'une réponse pragmatique pour conserver des valeurs numériques et favoriser la réparation d'une pathologie évolutive sur une partie d'ouvrage.

Le procès verbal de visite :

Le modèle VAQOA, défini plus haut, permet de décrire tous les types d'ouvrages (ponts, murs de soutènement, quais, etc. ) en le décomposant en autant de sous-parties structurelles que nécessaire et auxquelles on affecte un domaine de valeur pour l'indice de gravité correspondant. A chaque sous-partie est affectée une liste des désordres potentiels qui peuvent être quantifiés ou qualifiés avec une échelle de valeur, par exemple en fonction de l'importance de la surface ouvragée concernée et de leurs localisations, définie par le maître d'ouvrage. Ces informations aideront le visiteurs à évaluer l'indice de gravité de la sous-partie d'ouvrage.

Le modèle permet donc de décrire tous les désordres par sous-parties d'ouvrage. Il devient alors aisé de constituer un procès verbal adapté à l'ouvrage.

A ce jour, des procès verbaux de ponts et de murs ont été réalisés selon plusieurs méthodes propres aux maîtres d'ouvrages: méthode IQOA ( Etat français ), VAQOA simplifié pour les conseils généraux, méthodes spécifiques. Sur ce modèle un procès verbal offrant la possibilité de visiter les portiques et potences a été mis au point dans le cadre de la normalisation européenne. Des procès verbaux pour les ouvrages hydrauliques ont également été réalisés : digues, seuils, épis.

## 2.2.2 L'indice fonctionnel (ou socio-économique)

L'introduction, par le modèle, de l'indice fonctionnel ou socio-économique, voire stratégique, est une réponse directe à l'approche économique développée au chapitre 1. Le modèle propose une définition de l'indice fonctionnel (IF) paramétrable, à établir en relation étroite avec le maître d'ouvrage. Une fois le système de notation socio-économique établi, le modèle prévoit, comme pour les indices de gravité, qu'il reste immuable et qu'il s'applique à tous types d'ouvrage pour un même maître d'ouvrage.

S'agissant d'une description modélisée de l'approche économique, le modèle propose de calculer l'indice fonctionnel d'un ouvrage comme la somme de critères particuliers.

En France le cas le plus courant envisage une décomposition en cinq critères afin d'évaluer :

1. l'importance fonctionnelle de la voie portée, voire franchie : en reprenant une hiérarchisation préalable des réseaux d'infrastructures routières, fluviales, piétonnes ,
2. les conditions d'exploitation : en estimant les temps de déviation en cas de coupure,
3. les types de trafic multimodaux supportés : véhicules légers, poids lourds, deux roues, piétons, transports en commun, fluvial, maritime, etc.
4. les risques particuliers :



- les risques naturels : liés à la proximité d'habitations, à la sensibilité aux risques de crues, aux séismes, aux risques d'avalanches, à la prise en compte des contraintes relevées dans un plan de prévention aux risques,
- les risques immédiats pour la sécurité des usagers : liés à la présence de réseaux portés ( gaz, électricité, eau potable, eaux usées, etc. ), à la proximité d'habitations, aux défauts des équipements de sécurité (à rapprocher de l'indice de sécurité ), etc.
- les risques potentiels liés à la conception : position des piles, biais important par rapport à l'obstacle franchi ( fleuve ), confort de l'utilisateur (sinuosité du tracé), etc.

## 5. L'IMPORTANCE PHYSIQUE DE L'OUVRAGE, EN LONGUEUR OU EN SURFACE

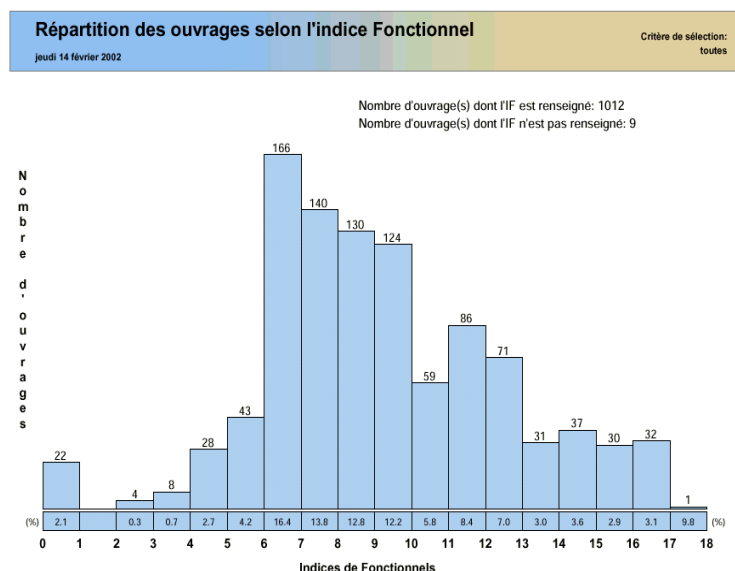
Un dernier critère consiste à évaluer la perte d'avantages pour les usagers due à des dégradations exceptionnelles, lourdes de conséquences à court terme : fermeture d'une voie, surcoûts d'exploitation en hiver, etc. Compte tenu de l'aspect exceptionnel de ces cas, le modèle propose de donner la note maximale à l'indice fonctionnel pour les ouvrages concernés. Cette réponse pragmatique permettra de remonter artificiellement l'ordre de priorité de ces ouvrages en vue d'accélérer leurs réparations. Il en est de même pour les ouvrages à fort impact touristique ou patrimonial.

Dans les autres cas, chaque critère fait l'objet d'une notation ( par exemple de 1 à 5 ); l'indice fonctionnel en est la somme. La note est d'autant plus forte que l'impact stratégique est grand et donc que l'ouvrage apporte d'autant plus d'avantages à la collectivité.

Le modèle propose de borner l'indice de gravité global et l'indice fonctionnel par la même valeur ( par exemple 20 dans le cas le plus courant en France ).

Voici un exemple de la photographie des indices fonctionnels du patrimoine des ponts sur le réseau départemental de la Haute-Savoie :

Croiser ce graphe des ponts avec celui des murs de soutènement par exemple, avec une même échelle de notation, permet de mesurer l'impact socio-économique d'un type de patrimoine à l'autre.



Enfin, le modèle permet de définir un procès verbal aidant au calcul de l'indice fonctionnel. Le cadre de définition de l'indice fonctionnel a été traduit sous informatique.

### 2.2.3 L'indice de sécurité

Le modèle propose, si le maître d'ouvrage le souhaite, de sortir de la définition de l'indice fonctionnel les risques d'accidents susceptibles d'être occasionnés à un citoyen usant du bénéfice de l'ouvrage (conformément à l'approche économique rappelée au chapitre 1) et de créer un indice de sécurité dédié.

En effet, l'indice de sécurité identifiera rapidement s'il existe sur l'ouvrage un désordre ou une non-conformité à des règlements de sécurité (normalisation) qui n'altère pas la stabilité de l'ouvrage mais qui représente un risque immédiat pour les usagers.

Cet indice pourra prendre les valeurs suivantes et sera rajouté en suffixe à l'indice de gravité :

- « S » : dans le cas d'un risque global
- « SGC » : dans le cas d'un risque induit par un problème de garde-corps
- « SJC » : dans le cas d'un risque induit par un problème de joint de chaussée

L'introduction de l'indice de sécurité rend possible la programmation objective de travaux spécifiques sur les équipements de sécurité défectueux, dissociée du programme de grosses réparations. Car l'approche technique de la gestion met en évidence un vieillissement plus rapide des superstructures par rapport aux structures.

### 2.2.4 L'indice de programmation

L'indice de programmation (IP), introduit par le modèle, permet de classer les ouvrages du plus prioritaire (à réparer) au moins urgent sur l'ensemble d'un patrimoine. Le calcul précis de l'indice de programmation relève d'un choix du maître d'ouvrage dans sa politique de gestion budgétaire de son patrimoine d'ouvrage. C'est pourquoi son calcul fait l'objet d'un paramétrage répondant au double enjeu de l'optimisation économique et des contraintes budgétaires imposées par le maître d'ouvrage et respectant la règle n°1.

Le modèle propose de calculer automatiquement cet indice de programmation, véritable clé de voûte de la gestion du patrimoine d'ouvrage au chapitre 2.3 « Classification des ouvrages ».

Une fois cet indice paramétré, son mode de calcul doit rester inchangé. Il permettra alors de dresser la liste de tous les ouvrages classés les uns par rapport aux autres selon l'IP décroissant.

Le modèle permet alors de définir le rang de programmation d'un ouvrage comme correspondant au rang de classement de cet ouvrage dans la liste de tous les ouvrages classés.

### 2.2.5 L'influence du type de travaux d'amélioration sur les indices d'état

On utilise couramment 4 types d'intervention de type travaux sur les ouvrages de génie civil :

- L'entretien courant : il permet de stabiliser l'état de l'ouvrage en limitant les risques d'évolution des désordres. Il est à réaliser annuellement.
- L'entretien spécialisé : petites réparations nécessitant des compétences techniques particulières.

- Les travaux de réparation : ils permettent de remettre l'ouvrage dans l'état de son niveau de service initial.
- Les travaux de modernisation : en plus de restaurer l'ouvrage, ces travaux permettent d'augmenter les avantages que fournit l'ouvrage à la collectivité ( élargissement par exemple ).

Le tableau suivant met en lumière l'influence de chacun de ces types de travaux sur l'évolution des indices d'état proposés par le modèle, ainsi que l'appréciation des usagers bénéficiaires :

Types de travaux d'entretien	IG	IGG	IF	IS	IP	Usagers
Entretien courant	=	= parfois pour les abords : IGGf<IGGi	=	ISf<ISi	=	Satisfait de l'intégration paysagère et de la propreté
	→	→	→	↓	→	😊😊
Entretien spécialisé	IGf<IGi	IGGf<IGGi ( pour au moins une partie d'ouvrage )	=	ISf<ISi	IPf<IPi	Souvent ces travaux sont peu visibles
	↓	↓	→	↓	↓	😊
Travaux de réparation	IGf=1	IGGf=1 ( pour toutes les parties d'ouvrage )	=	ISf=0	IPf<<IPi	Ouvrage en parfait état de fonctionnement
	↓↓	↓↓	→	↓↓	↓↓	😊😊😊
Travaux de modernisation	IGf=1	IGGf=1 ( pour toutes les parties d'ouvrage )	IFf>IFi	ISf=0	+/-	Accroissement de la capacité de l'ouvrage
	↓↓	↓↓	↑	↓↓	↓↔	😊😊😊😊

**Légende :**

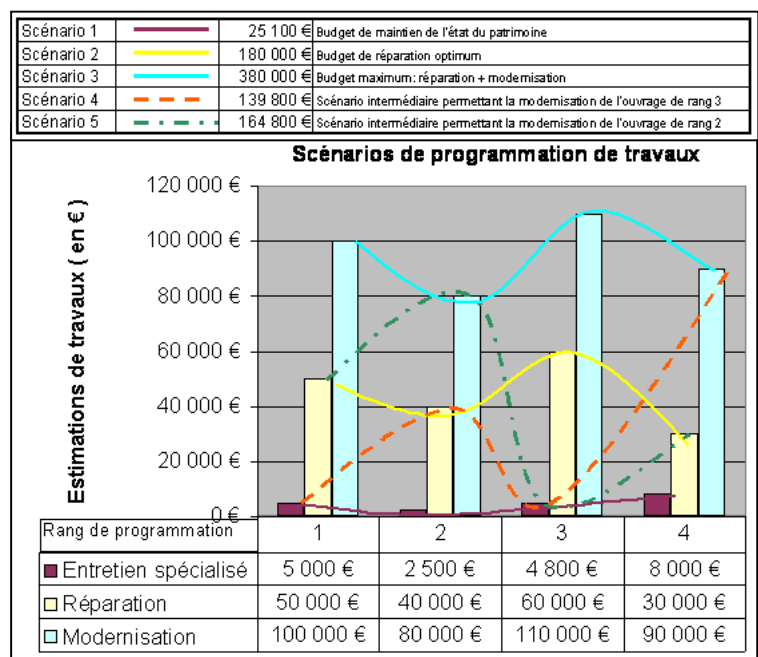
i :initial	< :inférieur
f :final	<< :très inférieur
+/- : Plus ou moins selon les cas	😊 : évaluation de l'opinion des usagers
IG :Indice de Gravité	IF :Indice Fonctionnel
IGG : Indice de Gravité Global	IS :Indice de Sécurité
IP :Indice de Programmation	

Ces différents types de travaux font l'objet d'estimations financières, qui sont utilisées par le modèle pour établir des scénarios de maintenance.

L'estimation des coûts de travaux est indispensable pour caler le modèle sur l'approche économique.

Dans l'exemple ci-contre, le classement des ouvrages par ordre de priorité est déjà réalisé par l'application du modèle, en respect de la règle n°1: rang 1 à 4.

L'étape suivante consiste donc à associer à chaque ouvrage prioritaire des types de coûts d'amélioration, influençant soit



l'indice de gravité, soit l'indice de sécurité, soit l'indice fonctionnel, voire une combinaison des trois(cf. tableau supra).

L'exemple montre que le modèle offre le choix au gestionnaire de composer des scénarios financiers évaluant les types de travaux d'entretien pour chaque ouvrage prioritaire par le modèle en fonction de ses priorités spécifiques (autres projets connexes, volonté politique, contraintes d'exploitation, etc.) et des contraintes du budget annuel.

Au minimum, il est nécessaire de proposer des travaux d'entretien spécialisés sur un ouvrage classé dans la liste des ouvrages prioritaires afin de respecter la règle n°2 définie au chapitre 1.1.5. Le maître d'ouvrage conserve le choix final du scénario.

Dans l'exemple, le scénario 1 correspond au budget le plus faible (en violet). Le scénario 3 correspond au budget maximum autorisant des travaux de modernisation sur tous les ouvrages jugés prioritaires par le modèle. Le scénario 2 est le cas optimal permettant de conforter durablement les ouvrages en les réparant à fonction constante. Deux situations existent : à budget optimal et à budget contraint :

- Si le budget annuel du maître d'ouvrage est calé sur le scénario 2 alors le patrimoine sera bien entretenu car tous les indices de gravité sont ramenés à la valeur minimale :1.
- Mais si le budget est plus contraint et que de surcroît, les contraintes environnementales ou les partis d'aménagement locaux imposent la modernisation de l'ouvrage n°4 alors le scénario 4 (en pointillés orange) sera jugé optimal.

Dans les deux cas, les règles 1 et 2 du modèle sont respectées.

## 2.2.6 Le niveau d'avancement des études

La connaissance du niveau d'avancement des études est un élément de bonne gestion afin de ne retenir dans le programme de l'année suivante que les opérations suffisamment avancées.

Ce paramètre doit donc être connu et apparaître dans les tableaux de classement des ouvrages. S'agissant d'une vision à court terme de l'optimisation budgétaire de la programmation , ce paramètre sera directement interprété par le gestionnaire, ne pouvant donc être exploité dans aucune automatisation informatique.

## 2.3 Classification des ouvrages

### 2.3.1 Représentation graphique

Il faut déterminer les zones du graphe IF(Indice Fonctionnel)/IGG (Indice de Gravité Global) qui répondent au meilleur gain pour la collectivité avec le budget annuel alloué par le Maître d'Ouvrage.

Nous choisissons de sélectionner les ouvrages du programme annuel situé « au-dessus » de la courbe de type hyperbolique :

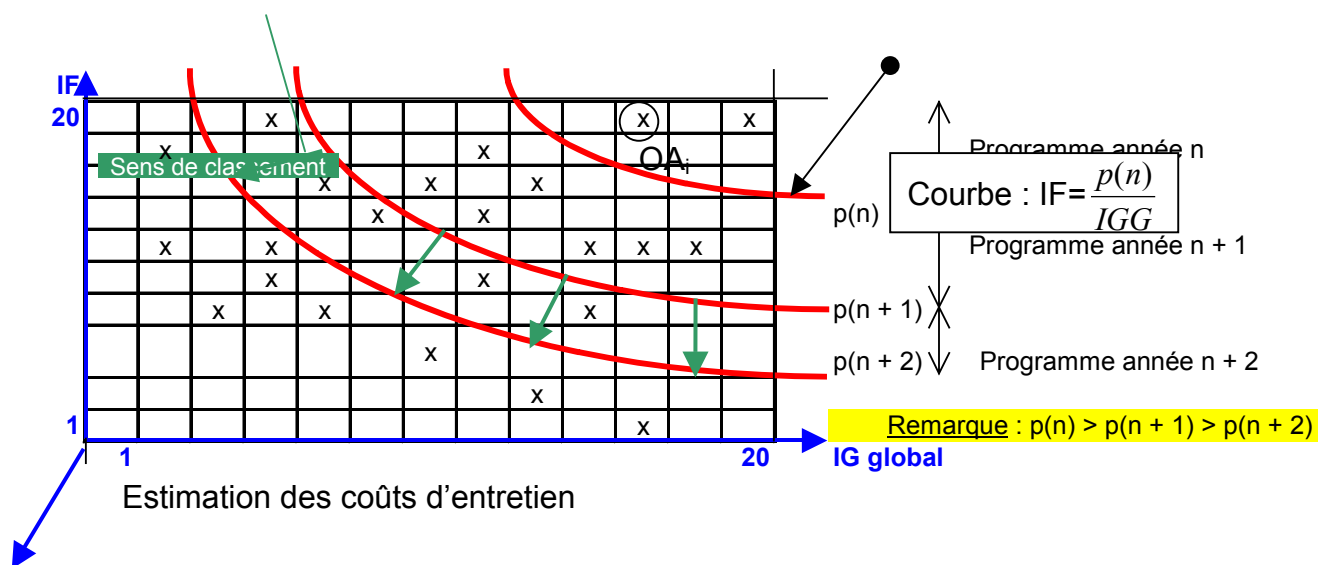
$$IF = \frac{\alpha \cdot p(n)}{IGGlobal^\beta}$$

où :

- n est l'année de programmation
- La variable « p » devient le paramètre de sélection du programme travaux.
- Les paramètres  $\beta$  et  $\alpha$  permettent de donner plus d'importance à IF par rapport à IGGlobal (ou inversement).

Remarquons qu'il est possible de prendre comme autre courbe : une droite, un carré, un arc de cercle qui définissent d'autres normes topologiques.

On détermine « p » pour que tous les ouvrages situés au-dessus de l'arc d'hyperbole puissent être réparés avec la ligne budgétaire annuelle des O.A.



### 2.3.2 Algorithme de classement

Le classement des ouvrages prioritaires répondant à la fois à l'amélioration de l'état de santé de l'ouvrage et la prise en compte de plus grands avantages apportés à la collectivité s'établit en choisissant les ouvrages situés sur les courbes de classement dont le paramétrage définit la politique de gestion budgétaire du Maître d'Ouvrage. Ce classement établit le pré-programme de travaux avant choix définitif par le maître d'ouvrage.

L'algorithme d'automatisation du processus est décrit ci-après :

- Soit  $A_n$  le budget des OAis à l'année n
  - soit  $p(n)$  le paramètre de sélection des OA pour l'année n
  - soit i l'indice des OA retenus
  - soit  $E_{i,n}$  l'estimation prévisionnelle des travaux de l'OA n°i à l'année n
- Un ouvrage d'art n°i est défini sur le graphe IF-IGG par trois coordonnées :
- |        |  |
|--------|--|
| $OA_i$ | $IGG_i$ : Indice de gravité global             |
|        | $IF_i$ : indice fonctionnel                    |
|        | $E_{i,n}$ : estimation du programme de travaux |

La résolution du problème se fait par le système d'inéquations suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} IF_i \geq \frac{p(n)}{IGG_i} \\ \sum_i E_{i,n} \leq A_n \end{array} \right. \Leftrightarrow IP_i = IF_i \times I G_i G_i \geq p(n)$$

(IP<sub>i</sub> défini donc l'indice de programmation de l'OAI)

Cet algorithme de décision est aisé à manipuler sur informatique.

L'étude périodique du centre de gravité des points obtenus dans le graphe IF-IGG permet de suivre les effets du programme annuels de travaux sur l'état du patrimoine.

### 2.3.3 Exemple de calcul

Un exemple de calcul des indices d'état proposé par le modèle est décrit ci-dessous :

P Partie d'ouvrage	Domaine de valeur.	I.G.	Exemples de pathologies
P1	1 à 5	4	Fissure transversale en clé de voûte
P2	1 à 5	3	Eclats de béton, fissuration à 20%
P3	1 à 5	1	RAS
P4	1 à 2	2 [S]	Gardes-corps détérioré, Pb sécurité
P5	1 à 3	2	fossés non entretenus à dégager

$$IG = \max(I G_i) = 4 \text{ [S]}$$

$$IGG = (4 - 1) \times 4 + \frac{3}{5} + \frac{1}{5} + \frac{2}{2} + \frac{2}{3} = 14,5 \text{ [S]}$$

*Cet ouvrage se situe donc dans la zone des ouvrages les plus dégradés de la classe 4 des indices de gravité (IGG de 12 à 16).*

$$\text{Si } IF = 5 \text{ et } IGG = 14,5 \text{ alors } IP_{(IG=4)} = IF * IGG = 87 \text{ [S]}$$

$$\text{Si } IF = 14 \text{ et } IGG = 10 \text{ alors } IP_{(IG=3)} = IF * IGG = 140 \text{ [S]}$$

Le seul Indice de Gravité n'est pas suffisant pour classer les ouvrages entre eux. Celui situé sur un itinéraire apportant beaucoup plus d'avantages à la collectivité devra être réparé avant l'ouvrage certes plus dégradé mais moins stratégique au regard des critères fixés par le maître d'ouvrage ( car  $IP_{(IG=3)} > IP_{(IG=4)}$  ). La règle 1 du chapitre 1 .1.5. est respectée.

## 2.3.4 Exploitation attendue : le pré-programme de travaux

Le modèle propose en sortie un tableau de classification des ouvrages par ordre de priorité :

		Identification					Indices					
Type	Clé	Commune	Voie		Nom de l'ouvrage	PR	IP	IF	IGG	IG	Etudes	rang
PONT	564	CHALLONGES	RD	31	Pont de Pyrimont	47+0909	202,8	11	19,2	5*S	PRO	1
PONT	1454	ST ANDRE DE BOEGE	RD	20	Pont chez Chodet	16+0000	190,3	11	18,6	5	PRO	2
PONT	95	LES HOUCHES	RD	243	Pont du Bourgealet	0+0886	180,5	10	19,0	5*S	EP	3
PONT	455	LE PETIT BORNAND GLIERES	RD	12	Ponceau des Ecoisseaux	35+0315	178,2	11	18,0	5	AVP	4
MUR	225	PASSY	RD	902	MUR du Gibloux n° 2	85+0815	177,9	15	15,4	4	PRO	5
PONT	376	FILLINGES	RD	907	Pont de Fillinges	6+0910	173,3	15	15,2	4*S	AVP	6

Dans ce tableau les voies « RD » concernent des routes départementales, et la mention « PR » correspond au point de repère kilométrique de l'ouvrage sur la voie. Les ouvrages, quels que soient leur type –ponts, murs de soutènement, tunnels,... – sont classés les uns par rapport aux autres par ordre de priorité en respectant le cadre général du modèle d'une part et la définition des paramètres définis par le maître d'ouvrage d'autre part : indices de gravité, indice fonctionnel, et indice de programmation dont la formulation décrit la courbe de classement des ouvrages et donc la politique d'entretien.

## 3 SOLUTIONS INFORMATIQUES

Les solutions informatiques présentées dans ce chapitre sont le fruit d'expérience en sites pilotes dans plusieurs types de collectivités françaises : conseils généraux, communes, groupements de communes, CNR, VNF représentatifs de tous les types de mode de transports supportés. Elles répondent directement à la problématique du projet en appliquant le modèle paramétrable étudié dans ce rapport.

### 3.1 OASIS

#### 3.1.1 Philosophie du système de gestion d'ouvrages d'art : OASIS

La vocation du système de gestion OASIS est de pérenniser la connaissance du patrimoine des ouvrages d'art, et d'en assurer son suivi avec un outil informatique fiable et convivial dans le respect des règles de gestion propres à chaque maître d'ouvrages. Objectifs :

Disposer d'un outil simple ,efficace et stabilisé d'aide à la gestion du patrimoine Ouvrages d'Art d'un maître d'ouvrage :

- Aide au recensement – Fiches détaillées d'ouvrages
- Aide au suivi des interventions : surveillance, visites, travaux, courriers divers, etc...
- Aide à la qualification de l'état du patrimoine
- Aide à la description fonctionnelle des ouvrages
- Aide à l'estimation des coûts de travaux
- Aide à la pré programmation de travaux ( classement des ouvrages )
- Aide au suivi des opérations : études – travaux – archivage
- Aide à l'exploitation des données : recherches, éditions, statistiques, etc.

### 3.1.2 Présentation succincte

La solution OASIS répond à tous les objectifs du système de gestion d'un patrimoine d'ouvrages d'art et respecte, à ce titre, le déroulement des missions de gestion : connaissance, surveillance, programmation, pilotage des opérations, archivage.

Le choix de restreindre ce rapport au modèle de programmation impose de cibler un exemple de présentation de la fiche d'intervention d'OASIS.

Cette fiche permet de renseigner les indices d'état de l'ouvrage à la date de la visite. Ce travail effectué sur chaque ouvrage du patrimoine ( et automatisé à l'aide de la solution OkAPI ) permet au système de gestion OASIS de calculer en permanence les indices de programmation correspondants et d'établir le rang de classement de chacun des ouvrages.

De plus, OASIS propose un outil d'estimation de coûts de réparation ou de modernisation de manière à éditer, dans un deuxième temps, les tableaux de programmation financiers permettant au gestionnaire d'établir des scénarios budgétaires à soumettre au maître d'ouvrage.

## 3.2 OkAPI

### 3.2.1 Une nouvelle approche : le métier embarqué

La solution OkAPI propose de renseigner directement sur un Pocket PC et sur site le procès verbal de visite de l'ouvrage visité ; elle permet plus particulièrement :



- de paramétrer les procès verbaux de visites périodiques définis par le maître d'ouvrage : VAQOA, Visites Quantifiées, IQOA, etc.
- de saisir le détail des désordres relevés par parties d'ouvrages,
- de saisir les critères de définition des indices fonctionnels,
- de saisir les tâches d'entretien courant spécifiques,
- d'apporter une aide à l'utilisateur sur la signification des désordres à l'aide d'une bibliothèque de schémas types de désordres et de photos,
- de stocker ces informations dans une base de données,
- de suivre l'avancement d'une campagne de visite périodique,
- de relever les erreurs de saisie,
- de pérenniser les données liées à l'état de dégradation de tous types d'ouvrages et de les réutiliser à la prochaine visite,



- de les éditer sous un format informatique et de dresser des bilans synthétiques.

### 3.2.2 Liaison entre OkAPI et OASIS

La solution OkAPI s'interface avec le système de gestion OASIS afin d'alimenter sa base de connaissance des interventions sur les ouvrages. Ensuite OASIS permet d'éditer l'ensemble des exploitations nécessaire à la programmation de travaux : bilan des visites et photographies des indices d'état, tableau automatique de classement des ouvrages selon l'indice de programmation, visualisation du graphe IF-IGG, proposition de scénarios financiers.

## 4 BILAN DE L'EXPERIENCE FRANÇAISE

L'expérience de mise en application des modèles, développés dans ce rapport, est très concluante en France métropolitaine ainsi qu'à l'île de la Réunion. Cette conceptualisation de l'approche théorique est en fait l'aboutissement de quinze ans de réflexion collective des professionnels de la gestion des ouvrages d'art en France.

### 4.1 Historique de la mise en œuvre du système de gestion informatisé

L'origine du projet se situe en 1996, date à laquelle le conseil général de Haute-Savoie a souhaité mettre l'accent sur la maintenance de son patrimoine considérable d'ouvrages d'art constitué de 1000 ponts, 6000 murs de soutènement, une vingtaine de tunnels et paravalanches et une centaine de filets de protection de falaises. Cette volonté politique affirmée a permis d'enclencher un processus de recherche méthodologique afin d'établir une photographie de l'état du patrimoine en vue d'optimiser le budget alloué à son entretien. Ce travail commença donc par l'analyse des solutions de gestion disponibles dans les services territoriaux des collectivités et de l'Etat. Ce dernier affirme sa politique de surveillance à travers une instruction technique ministérielle datant de 1979 et remise à jour en 1995. Il s'agit du seul document officiel français expliquant l'une des missions de gestion d'un parc d'ouvrages d'art : les surveillances périodiques, continues et exceptionnelles. Il ne s'applique de fait qu'au réseau national dont le patrimoine est estimé dix fois moins important que celui des collectivités territoriales. L'Etat proposait également, à cette époque, la base de données informatique Edouart, développée sous MSDOS, donc dépassée technologiquement. De plus cette base de données ne proposait pas véritablement d'outil de gestion à exploiter.

Fort de ce constat, il fallu innover sur deux plans : d'une part imaginer une doctrine de gestion spécifique à une collectivité respectueuse du nombre considérable d'ouvrages à gérer et d'autre part inventer de nouvelles solutions informatiques susceptibles de répondre aux besoins de proximité des gestionnaires (**règle n°3**).

Le conseil général de la Haute-Savoie, sous l'impulsion de l'auteur, alors responsable du service des ouvrages d'art, a entrepris la première campagne française de visite des murs de soutènement de 1996. Pour cela plusieurs outils furent créés : réalisation du procès verbal de visite, création d'une base de données informatique ergonomique et utile, déploiement dans toutes les subdivisions départementales, constitution et formation d'un réseau de correspondants techniques au niveau local. La campagne dura une année, et les résultats permirent aux élus du conseil général de doubler le budget de réparation dès l'année suivante.

Cette expérience de terrain s'est poursuivie, avec les visites des ponts en 1997. Ce fut l'occasion de créer la première version du logiciel OASIS, un véritable système de

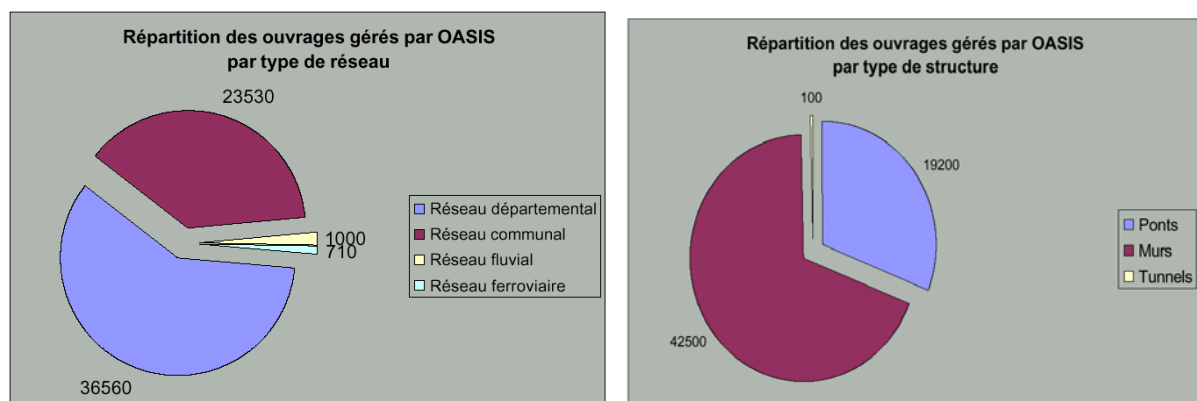
gestion traitant toutes les missions de la gestion : connaissance, surveillance, programmation, suivi des opérations de réparation, archivage.

Dans la foulée, en 1998, le conseil général de la Haute-Savoie entrepris d'élargir le potentiel de ce logiciel en créant un groupe national de sites pilotes représentatifs de plusieurs types de collectivités françaises : villes, groupement de communes, conseils généraux, gestionnaires de domaines fluviaux, etc. **Son but : appliquer la règle n°3 du modèle.**

Cette démarche a trouvé un large écho en France, en particulier à l'occasion du colloque européen sur les ponts de Toulouse, où OASIS est présenté chaque année depuis 1997. Le groupe de travail national a permis de concevoir une solution partagée, adaptable et répondant aux soucis du gestionnaire de terrain : simplicité et efficacité. Le système s'est stabilisé en 2000, ce qui a conduit l'auteur à le faire maintenir par une société informatique.

#### 4.2 Bilan quantitatif d'utilisation opérationnelle

A ce jour, c'est 60000 ouvrages d'art français qui sont traités par le système de gestion informatisé OASIS et qui sont par conséquent gérés selon le modèle de gestion décrit dans ce rapport. La répartition des réseaux concernés est décrite sur les graphes suivants :



Il est à noter que les ouvrages nationaux sont directement gérés par l'Etat.

Par ailleurs, l'expérience OkAPI, fondée sur le modèle VAQOA (cf. chapitre 2.2.1.) a démarré en 2001 à la Compagnie Nationale du Rhône, et s'est poursuivie en 2002 au Conseil général du Finistère, sur le réseau ATMB et à la Communauté Urbaine de Dunkerque. Il en ressort que la portabilité d'OkAPI est très appréciée par les utilisateurs de terrain. Car elle évite les ressaisies dans une base de données. Finalement la productivité des missions sur site s'accroît.

#### 4.3 Analyse des autres systèmes de gestion en vue d'un transfert de technologie vers le GHANA et la Roumanie

La portabilité du système à un pays étranger s'est posé en 2001, lorsque deux sociétés d'ingénierie françaises ont répondu à des consultations internationales visant à installer au Ghana et en Roumanie un système de gestion des ouvrages d'art. Une étude des solutions proposées dans d'autres pays a été menée sur la base d'une consultation bibliographique sur internet et surtout avec l'appui des expériences européennes exposées au colloque de Toulouse. Il en ressort que l'Allemagne, la Belgique, l'Italie introduisent des concepts proches du modèle présenté dans ce rapport en ce qui concerne l'impact socio-économique des

ouvrages d'art sur la collectivité. La ville de New York teste également cette approche malgré des pratiques américaines habituellement basées sur l'intervention ultime en cas de risque de rupture. Les Etats-Unis ont également développé une solution informatique du nom de Pontis qui est utilisée dans certains pays de l'Est comme la Bulgarie. De son côté, le Royaume-Uni tente de privatiser son patrimoine. Le Danemark propose aussi une solution informatique sur le marché international. Enfin, la Pologne a développé, dans les années 1990, une solution très riche du point de vue de la technique des ouvrages d'art, en proposant des solutions d'évolution des dégradations des matériaux. Ce panel d'expériences internationales est finalement balbutiant. La priorité des politiques de maintenance sur les politiques d'investissement se traduit progressivement par des solutions informatisées.

L'application de la solution française à des pays en voie de développement ou en transition s'est avérée la plus prometteuse car elle s'est construite, et confirmée sur une décennie, sur les expériences opérationnelles variées des gestionnaires de terrain dont les préoccupations sont proches des contraintes de ces pays : budget contraint, moyens faibles, patrimoine important.

C'est pourquoi ce rapport décrit le modèle français le plus utilisé en collectivité fondé sur des bases théoriques économiques fiables et faciles à mettre en œuvre grâce à des indicateurs de diagnostic paramétrables par tout type de maîtres d'ouvrages, comme c'est le cas en particulier au Ghana et en Roumanie.

## **5 TRANSFERT DE TECHNOLOGIE**

### **5.1 Introduction**

La mise en œuvre du modèle de gestion, décrit dans ce rapport, dans les pays en voie de développement ou de transition est relativement aisée du fait du paramétrage des indices qu'il a introduit. De plus ce modèle s'est construit sur des logiques de terrain comparables : avec des contraintes budgétaires à court terme, des moyens insuffisants en personnel.

Le principal déséquilibre réside dans les faibles ressources en matériel des pays en voie de développement ou de transition : difficultés à disposer de matériel informatique, distribution électrique aléatoire, nombre de véhicules insuffisants pour réaliser les visites sur site.

De plus les financements des travaux de réparations restent limités et répondent le plus souvent à l'urgence critique. Au contraire, les collectivités françaises savent augmenter leur budget de réparation des ouvrages suite à la mise en œuvre du modèle qui démontre souvent la nécessité d'une programmation pluriannuelle de remise à niveau du patrimoine avant de rétablir un budget d'entretien normal (environ 1% du coût du patrimoine, selon la référence de l'OCDE). Ce qui conduit d'ailleurs à un déséquilibre flagrant entre les possibilités d'entretien des ouvrages des collectivités et les ouvrages du réseau national français aux ressources fortement contraintes.

Enfin les caractéristiques fonctionnelles des ouvrages sont assimilables par le modèle proposé car les enjeux de continuité des réseaux qu'assurent les ouvrages d'art sont similaires d'un pays à l'autre. De même les types de structures sont paramétrés par le modèle dans la mesure de l'état de santé des ouvrages.

Ainsi le modèle expérimenté par les collectivités françaises depuis 1998 a pu être transféré à des pays en voie de développement ou de transition.

## 5.2 Un transfert de compétence de l'ingénierie française à destination d'un pays en voie de développement : le GHANA

La République du Ghana, pays anglophone d'Afrique de l'Ouest, est divisé en dix régions administratives, chacune ayant en charge la connaissance et le suivi du patrimoine des infrastructures de l'Etat.

Le GHA ( Ghana Highway Authority ) représente le gouvernement du Ghana pour la partie administration de tous les ponts du réseau national.

Le gouvernement du Ghana a obtenu une aide de la banque mondiale pour obtenir l'assistance de spécialistes internationaux dans le domaine de la gestion et la maintenance des ponts .



Le recensement des ouvrages d'art, « National Bridge Inventory » effectué en 1995 par le GHA permet une première estimation du patrimoine à 328 ponts ayant des ouvertures supérieures à 12 mètres et à 1903 ouvrages ayant des ouvertures comprises entre 1 et 12 mètres. On retrouve une forte proportion de ponts en béton armé ( 70% du patrimoine ).

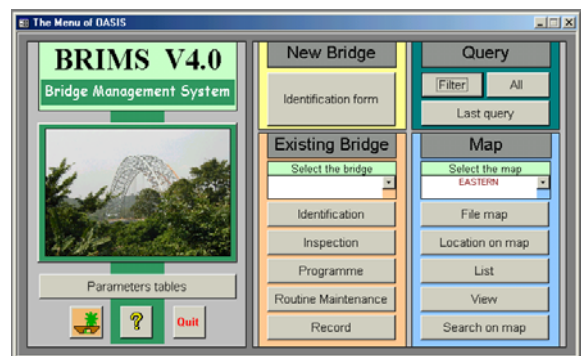
Certaines routes supportées par des ouvrages d'art sont les seuls moyens d'accès à des zones agricoles éloignées ou à des pays frontaliers. La fonction socio-économique et stratégique des ponts est un enjeu primordial pour GHA.

Les bureaux d'études HAG Consult (implanté au Ghana) et BCEOM ont été retenus sur un appel d'offre international pour organiser en 2001 la gestion des ouvrages d'art du pays dans le cadre d'un transfert de compétence.

Le contrôle extérieur du projet était assuré par un ingénieur mis à disposition du gouvernement du Ghana par le Japon.

A cette occasion, la méthode de gestion et les modèles ( indices d'état ) développés dans ce rapport ont été traduits en anglais pour s'adapter aux spécificités locales. Le procès verbal de type VAQOA a été repris.

La solution informatique OASIS a été retenue ; l'interface d'accueil est représentée ci-contre :



Le projet consistait également à transmettre aux acteurs locaux la compétence de gestionnaire par le biais de guides méthodologiques, d'outils contextuels et de formations adaptées. La mission s'est achevée fin 2001 avec la satisfaction du client ghanéen puisqu'il a étendu le contrat pour mettre en oeuvre une architecture réseau local autour d'OASIS.

Développé dans un premier temps en 2001, sur un échantillon pilote se limitant à 40 ponts et 50 ouvrages représentatifs du patrimoine national, le système est actuellement, en 2002 en cours de généralisation sur les ouvrages nationaux et devrait prochainement, en 2003, s'étendre à la gestion des ouvrages régionaux.

### 5.3 Le projet en Roumanie

Le fort impact socio-économique du réseau routier, son positionnement géographique stratégique et sa volonté d'adhérer à l'Union Européenne ont permis à la Roumanie de bénéficier de fonds d'aide internationaux venant principalement de l'Europe. La contrepartie étant l'obligation de mettre en place, au moins sur le réseau national, un système de gestion de l'entretien des routes et notamment des ponts.

C'est dans ce contexte que la société GETEC s'est positionnée auprès des instances gouvernementales pour promouvoir le « savoir-faire » français en matière de gestion des ouvrages d'art.



Fort de l'expérience OASIS dans les collectivités françaises, il a été proposé à l'ANR de gérer le patrimoine des ponts roumains selon la chaîne de missions hiérarchisées suivante : Connaître, Apprécier, Programmer, Corriger. La méthode redéfinie pour les besoins propres de l'ANR les indices de qualité de gestion : indice de gravité (état de santé), indice fonctionnel (impact socio-économique), estimation des coûts d'entretien. Croiser ces indices permet de trier les ouvrages prioritaires. Le maître d'ouvrage disposera donc d'une clé décisionnelle en vue d'optimiser sa programmation budgétaire de remise à niveau du patrimoine des ponts routiers.

En Octobre 2001, plus de 200 ponts ont été visités et qualifiés selon les critères définis supra. Cette campagne d'initialisation a été pilotée par un ingénieur de GETEC avec l'assistance de techniciens roumains de l'ANR. L'expérience acquise lors de cette première campagne va permettre à GETEC de dépêcher une équipe complète d'ingénieurs et techniciens spécialisés en pathologie d'ouvrages d'art pour achever la mission terrain. Dans un second temps il est prévu d'enrichir le système de gestion OASIS de manière à pérenniser la connaissance et à systématiser les outils de surveillance et de programmation.

### 5.4 Analyse des transferts de compétence

Le modèle est simple car calé sur la logique de terrain au plus près des gestionnaires opérationnels. Il est rigoureux car fondé sur la théorie économique de maintenance d'un patrimoine. Il est paramétrable et s'adapte donc aux référentiels de chaque maître d'ouvrage : définitions spécifiques des indices de diagnostic (indice de gravité, indice fonctionnel), choix de la courbe de classement (indice de programmation) qui définit la politique de réparation.

Dès lors que ces références sont paramétrées dans le logiciel, le gestionnaire dispose en temps réel de la photographie de l'état de son patrimoine et peut éditer la priorisation objective des travaux à mener.

L'ergonomie des solutions informatiques proposées, testées depuis 5 ans par plusieurs collectivités françaises est, en outre, le gage d'une appropriation réussie lors du transfert de compétence.

En ce qui concerne le transfert de technologie opérationnel vers le Ghana, la revue de projet finale permet de tirer quelques enseignements de l'expérience africaine :

- le positionnement des ouvrages imposait l'utilisation du GPS.
- la fourniture d'une solution clé en main, matériel et logicielle, est imposé par l'éloignement entre le commanditaire et le prestataire.
- l'appropriation locale nécessite des cycles de formation étalés sur au moins un semestre. Un relais local est un plus indéniable.
- la maintenance logicielle est à organiser, en priorité, via l'internet.

## 6 CONCLUSION

Ce rapport a décrit un modèle de gestion budgétaire optimisée d'un patrimoine de génie civil. Pour cela il s'appuie sur l'approche économique qui démontre la nécessité de prendre en compte à la fois les coûts d'entretien des ouvrages et les avantages fonctionnels apportés par ces ouvrages aux usagers et à la collectivité. Le modèle propose aussi de se caler au plus près des besoins opérationnels des gestionnaires. C'est pourquoi il introduit trois règles pratiques calées sur la modélisation économique et les contraintes des gestionnaires. Ces règles ont permis d'introduire des indicateurs de diagnostic paramétrables et facilement mesurables par tout gestionnaire de patrimoine.

Le modèle trouve une traduction informatique au travers du système de gestion OASIS et de son extension OkAPI. Ces outils ont été validés par un groupe de travail national de collectivités représentatif de la variété des maîtrises d'ouvrages françaises.

Après deux années de déploiement de ces solutions informatiques, le modèle présenté dans ce rapport est largement mis en œuvre en France.

LA question du transfert de technologie vers le GHANA et la Roumanie s'est posé en 2001. C'est avec succès que l'expérience ghanéenne a été menée puisque l'adaptabilité du modèle et la portabilité du système de gestion ont assuré l'appropriation locale de la solution française. Le Ghana envisage d'élargir, en 2003, le système à la gestion des ouvrages régionaux.

Les perspectives de développement de ce projet se situent sur plusieurs plans :

- Réalisation d'un guide aidant à la rédaction de la doctrine de gestion d'un maître d'ouvrage reprenant les concepts développés par le modèle décrit.
- Inscrire cette action de définition de la politique de gestion dans le cadre d'une démarche qualité. En France, le conseil général de Haute-Savoie et la Compagnie Nationale du Rhône ont défini, respectivement en 2000 et 2001, leur manuel qualité de gestion de leur patrimoine ouvrages d'art selon le modèle décrit.
- Elargir le système de gestion OASIS à d'autres ouvrages que les ponts et murs de soutènement puisque les indicateurs de diagnostic et la courbe de classement des ouvrages sont indépendants du type d'ouvrage ; les règles de

gestion sont donc identiques. Les projets en cours sont les modules portiques et potences et tunnels.

- Décrire l'ensemble des procès-verbaux de visite dans le modèle VAQOA pour tout type d'ouvrage de génie-civil. Des premières expériences sont actuellement tentées pour paramétrer OkAPI sur la base IQOA-Ponts et IQOA-Murs de l'Etat.
- Proposer une solution en réseau local et en réseau distant et améliorer l'ergonomie du système informatique : c'est ce qui vient d'être achevé avec la version 5 d'OASIS.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- RGRA 799-oct. 2001 « Mise en œuvre d'un système de gestion des ponts en Roumanie » - Yvan Lefeuvre, Christian Tridon GETEC
- RGRA 785-juin 2000 « OA-MéGA : une méthode de gestion automatisée des ouvrages d'art » - Yvan Lefeuvre
- RGRA 793-mars 2001 « République du GHANA, gestion et maintenance des ponts » Yvan Lefeuvre, Guy Deambroggio, Pascal Jolly BCEOM
- Presse ENPC-livre thèse de Mme LLANOS-1990 « La maintenance des ponts routiers, approche économique »
- Club d'échanges d'expériences sur routes départementales : « guide méthodologique de la gestion des ouvrages d'art »
- Conseil général de la Haute-Savoie-2000-« Charte qualité des ouvrages d'art »
- TWS-bulletins d'informations INFO-TWS – « expériences OASIS et OkAPI en France et au GHANA »
- ROADS 314-avril 2002 « Proposition de stratégie pour l'intégration du secteur privé dans les systèmes de gestion des ponts au Royaume Uni » -JJ Collins