

OA-MéGA : une méthode de gestion automatisée des ouvrages d'art

Yvan LEFEUVRE

▼
Yvan LEFEUVRE
ITPE analyste de l'Etat
Subdivisionnaire
de Bonneville
DDE 74

Les maîtres d'ouvrage des collectivités territoriales sont à la recherche de critères de gestion simples et rigoureux pour établir une politique de gestion de leur parc d'ouvrages d'art (OA). La méthode OA-MéGA est une réponse complète et facile d'utilisation qui s'applique aussi bien aux ponts qu'aux murs de soutènement. Elle enregistre, exploite et associe trois indices de diagnostic : qualification de l'état de dégradation des OA, évaluation de la fonction socio-économique et prise en compte de la sécurité des usagers pour déterminer une proposition de programme d'entretien. Un OA est décomposé en cinq parties dont l'état de chacune conditionne l'état de l'ensemble de l'ouvrage. La méthode est numérique et automatisable. Ainsi les responsables opérationnels disposent d'un classement automatique des ouvrages les uns par rapport aux autres. Associé à la connaissance du niveau d'avancement des études et à l'estimation des travaux de réparation, cet outil est une force de propositions du gestionnaire au maître d'ouvrage pour la programmation pluriannuelle des OA. Validée en 1998 par un groupe de sites pilotes (six conseils généraux, trois villes, la CNR⁽¹⁾, quatre bureaux d'études OA), elle a d'ores et déjà été adoptée par une vingtaine d'organismes impliqués dans la gestion des ouvrages d'art.

A b s t r a c t

OA-MéGA: an automated engineering structure management method

The public works agencies of local governments are looking for simple and rigorous management criteria on which to base a their bridge management policies. The OA-MéGA method is a complete, easy-to-use answer that applies not only to bridges but also to retaining walls. It records, analyzes, and combines three diagnostic indexes - deterioration of the bridge, evaluation of the social-economic function, and allowance for user safety - to determine a proposed maintenance program. A bridge is broken down into five parts; the condition of each shapes the condition of the bridge as a whole. The method is digital and can be automated. This gives the operating authorities an automatic rank-ordering of the bridges. Combined with knowledge of the degree of progress of the studies and estimates of the repair work, this tool gives weight to the operating authority's proposals to the public works agency concerning long-term scheduling of work on bridges. Validated in 1998 by a group of pilot sites (six general councils, three cities, the Compagnie Nationale du Rhône, four bridge engineering firms), it has already been adopted by a score of organizations involved in bridge management.

Gestion des ouvrages d'art en collectivité territoriale

Les collectivités territoriales (les conseils généraux, les villes, les communautés de communes, mais aussi les concessionnaires d'ouvrages de génie civil comme VNF, la CNR et les sociétés d'autoroute) gèrent la majorité des parcs d'ouvrages d'art. Pour le conseil général de la Haute-Savoie il s'agit de : 1000 ponts, 5000 murs, une douzaine de tunnels et paravalanches, des ouvrages de protection de falaises. Depuis 1998, l'aboutissement de sa politique de gestion a permis de dégager un budget annuel de l'ordre de 18 MF en réparation des ponts, de 1 MF pour les garde-corps et de 6 MF pour les murs. La gestion est pilotée par le Service départemental des ouvrages d'art qui s'appuie sur un réseau de correspondants ouvrages d'art répartis au sein des centres techniques départementaux.

Une charte qualité de la gestion des ouvrages d'art a été établie sur les bases de la méthode OA-MéGA [4].

L'objectif est d'étudier le meilleur moyen de distribuer une masse budgétaire annuelle pour la réparation d'ouvrages dont l'état de santé est disparate.

Quels sont les critères fixant la priorité d'un ouvrage à être réparé avant un autre ?

Le responsable d'un parc d'ouvrages d'art doit [1] :

- connaître l'évolution de l'état des ouvrages d'art (OA) ;
- mesurer l'impact socio-économique qu'un défaut de fonction d'ouvrage peut ne plus assurer ;
- mesurer l'évolution du montant des réparations d'un ouvrage selon son état ;
- établir toutes ces données en fonction du type d'OA et de sa géométrie ;

▼
Yvan Lefeuvre
a été chef
de la CDOA
du Conseil général 74
de 1995 à 1998



« Il est plus rentable de réparer un ouvrage en état médiocre ayant une fonction stratégique forte plutôt qu'un ouvrage en mauvais état mais n'offrant que peu d'avantages pour la collectivité. »

▼
(1) Compagnie nationale du Rhône

● tenir compte des contraintes environnementales (topographique, géotechnique) et climatiques.

De nombreux essais et thèses existent sur le sujet [3] et le champ des nouvelles recherches à mener est vaste.

Quant à la méthode OA-MéGA, finalisée et mise en œuvre depuis 1998, elle a été conçue pour les responsables opérationnels en vue de leur permettre d'appliquer concrètement les concepts issus de ces recherches. Elle s'inscrit dans la continuité des travaux engagés depuis dix ans pour qualifier l'état et la fonction socio-économique des OA dans les collectivités territoriales.

Les principes de la méthode OA-MéGA

Une méthode complète

Cette méthode est complète pour assurer toutes les missions de gestion d'un patrimoine OA :

- connaissance ;
- surveillance et entretien courant ;
- interprétation de la surveillance ;
- évaluation financière des travaux ;
- programmation budgétaire ;
- intervention sur ouvrage ;
- archivage physique et informatique ;
- suivi des garanties.

La méthode générale permet d'appliquer les mêmes principes de gestion pour tous les ouvrages : ponts, murs, etc.

Méthode concrète et pragmatique, OA-MéGA préconise la mise en œuvre de systèmes informatiques (OASIS) capables d'apporter une aide sur les fonctions 6A suivantes (6A) : acquérir, archiver, accéder, afficher, analyser, adapter.

Une méthode utilisable et cohérente

Avec cette méthode, le maître d'ouvrage dispose d'outils simples et facilement utilisables pour la mise en place de sa politique de gestion des OA. Elle est fondée sur l'utilisation systématique d'indices numériques facilitant l'automatisation de la programmation. Ces indices concernent le diagnostic de l'ouvrage (état physique, fonction, sécurité de l'usager), ainsi que l'estimation des coûts de réparation et l'avancement des études en cours.

Rigoureuse, la méthode OA-MéGA est cependant fondée sur les mêmes principes que ses consœurs, plus lourdes à mettre en œuvre : recensement systématique, description normalisée des ouvrages, utilisation d'indices, etc.

Aussi, elle est cohérente avec les outils existants de surveillance tels que les procès-verbaux (PV) quantifiés ou IQOA (image de la qualité des ouvrages d'art), les systèmes de notation étant facilement adaptés.

Au-delà de cette cohérence, la principale qualité de la méthode OA-MéGA réside dans

son adaptation aux moyens humains et financiers dont disposent les collectivités territoriales pour gérer leur parc d'ouvrages d'art. Méthode simple, OA-MéGA est appliquée depuis plusieurs années par le département de la Haute-Savoie et lui permet de mettre en œuvre une gestion systématisée des ouvrages d'art, cohérente avec les moyens humains et financiers disponibles au service de la collectivité.

L'application des autres méthodes ne pouvait être que partielle au conseil général de Haute-Savoie, alors que l'application d'OA-MéGA a été totale. Ainsi, avec OA-MéGA, la fonction préprogrammation – finalité de la gestion – devient opérationnelle.

En Haute-Savoie, la campagne de visites de l'ensemble du patrimoine s'étend sur environ 15 mois, laquelle inclut la formation, la rédaction automatique des PV de visites, le diagnostic sur site, la consolidation des données dans le logiciel OASIS, l'exploitation informatique de la méthode, la mise au point du préprogramme de réparation (la visite d'un pont prend deux heures en moyenne et celle d'un mur une heure pour aboutir à la notation de l'ouvrage).

Les cinq parties d'un ouvrage d'art

L'originalité d'OA-MéGA est de décomposer un OA en cinq parties essentielles :

- la structure d'origine : le tablier, les piles...
- la structure élargie : élargissement transversal ou par dalle supérieure ;
- les fondations superficielles ou profondes, les radiers et les seuils ;
- la superstructure : garde-corps, joints de chaussée...
- les abords : quarts de cône, fossés, chaussée.

L'état de chacune des parties conditionne celui de l'ensemble.

Dans OA-MéGA, les contrôles annuels et les inspections détaillées sont l'occasion de qualifier l'ampleur des désordres sur chaque partie.

Un indice unique pour la programmation

La maintenance des ouvrages d'art doit répondre à une approche économique de leur gestion. Il n'est pas envisageable d'entretenir les OA uniquement selon leur état de santé. En effet, la construction d'un ouvrage apporte des avantages à la collectivité.

OA-MéGA propose une définition adaptable de la fonction d'un OA traduisant son impact socio-économique.

Selon le modèle économique [1], le croisement de l'état de l'OA et de sa fonction ramenée à une seule donnée monétaire permet d'apprécier le meilleur gain financier. Jusqu'à ce jour, les lois peu connues de l'évolution de la dégradation des ouvrages et des dépenses associées ne peuvent être explicitement prises en compte pour le calcul des préprogrammes de travaux.

Cependant il est admis que reculer la réparation, c'est attendre des désordres qui s'accroîtront rapidement et augmenteront les coûts sociaux induits.

Il est plus rentable de réparer un ouvrage en état médiocre ayant une fonction stratégique forte plutôt qu'un ouvrage en mauvais état mais n'offrant que peu d'avantages pour la collectivité.

En réponse, OA-MéGA croise l'état des OA et leur fonction dans un seul indice de programmation pour un classement objectif de réparation.

Les indices de qualité de la méthode OA-MéGA

Nous utilisons plusieurs indices d'aide à la programmation qui sont détaillés dans l'encadré 1).

L'indice de gravité (IG) de l'ouvrage

La méthode propose de décrire l'état des ouvrages selon cinq parties de structure. Chacune est notée par un sous-IG dont la définition et l'échelle des valeurs seront identiques pour tous les types d'OA évalués (encadré 2).

L'IG de l'ouvrage, maximum des sous-IG par parties d'ouvrage, privilégie la partie la plus dégradée. L'IG dresse une photographie générale de l'état du patrimoine selon cinq classes de notation dont l'interprétation est aisée pour les décideurs. La classe 5 correspond aux ouvrages les plus dégradés (encadré 3).

La formule de l'IG de l'ouvrage est décrite de la façon suivante :

$$\text{IG ouvrage} = \text{Max (IGi)}$$

IGi décrit les cinq sous-indices de gravité par partie d'ouvrage ▶

L'indice de gravité	IG	1 à 5
L'indice de gravité global	IGG	1 à 20
L'indice de sécurité	IS	S
L'indice fonctionnel	IF	1 à 20 (+ suffixe)
L'indice de programmation	IP	1 à 400 (paramétrable)
Le niveau d'avancement des études	Etudes	missions MOP
Les coûts	Coûts	-d'entretien spécialisé -de réparation -de modernisation chiffrage financier

Encadré 1

Définition des indices OA-MéGA

Definition of the OA-MéGA indexes

P :	Partie d'ouvrage	Domaine de valeur D :	Explication
P ₁	La structure d'origine	D ₁ : 1 à 5	voûtes, culées et poutres, tablier, piles, ...
P ₂	La structure élargie	D ₂ : 1 à 5	les élargissements (parties d'ouvrage complémentaires postérieures à la réalisation d'origine)
P ₃	Les fondations	D ₃ : 1 à 5	fondations superficielles , profondes, radier et seuil à proximité d'ouvrage, etc.
P ₄	La superstructure	D ₄ : 1 à 2	dispositif de retenus, trottoirs, éclairage ; etc.
P ₅	Abords	D ₅ : 1 à 3	tous les abords de l'ouvrage : assainissement, ¼ de cône , berge

Les valeurs de l'IG s'échelonnent de 1 à 5 pour les parties d'ouvrage structurantes (structure d'origine et élargie, fondations) et sont réduites pour la superstructure et les abords afin de limiter leur influence.

Encadré 2. Définition des parties d'ouvrage

Definition of bridge parts

Valeur de l'Indice de Gravité Global	Valeur de l'Indice de Gravité	Définition des indices
1 à 4	1	Ouvrage en bon état nécessitant un entretien courant.
4 à 8	2	Ouvrage dont la structure porteuse est en bon état mais nécessitant un entretien spécialisé.
8 à 12	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 16	4	Ouvrage dont la structure porteuse est altérée, sans mise en cause de la sécurité de l'usager à court terme, mais qui nécessite une réparation rapide.
16 à 20	5	Ouvrage dont la structure porteuse est gravement altérée mettant en cause la sécurité de l'usager à court terme ; mesures de prévention urgentes.

Encadré 2. Définition des indices de gravité

Definition of severity indices

L'indice de gravité global (IGG)

Le principal intérêt de l'IGG est de décrire l'état d'un ouvrage selon une échelle de valeur élargie de 1 à 20. L'IGG offre une meilleure classification, car plus détaillée, en tenant compte de l'état de dégradation de toutes les parties de l'ouvrage. La formulation mathématique de l'IGG,

décrite dans l'encadré 4, offre l'avantage d'établir une correspondance directe avec l'IG (encadré 2).

L'indice sécurité (IS)

Nous introduisons l'indice sécurité. Il signifie qu'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 présente un risque immédiat pour les usagers du réseau géré.

A l'indice de gravité de l'ouvrage sera ajouté le suffixe « S ».

L'introduction de l'indice de sécurité rend possible la programmation objective de travaux spécifiques sur les dispositifs de retenue et les joints de chaussée, dissociée du programme de grosses réparations.

L'indice fonctionnel (IF)

L'indice fonctionnel ou stratégique est une réponse objective à l'approche économique de la gestion des OA [1] en décrivant les avantages économiques que procure un ouvrage d'art à la collectivité.

La méthodologie originale des PV quantifiés [2] introduit le concept de « hiérarchisation des OA » selon l'importance stratégique des ouvrages pris individuellement. Nous utilisons cette étude pour définir l'indice fonctionnel en le quantifiant via cinq sous-indices (dont la définition exacte est à valider par le maître d'ouvrage) précisant : l'importance fonctionnelle de la voie portée, les difficultés d'exploitation routière, le débit de circulation piétonne, l'importance physique de l'ouvrage et les risques particuliers en cas de mise en péril. En cohérence avec l'IGG, nous bornons l'IF de 1 à 20 ; la note est d'autant plus élevée que l'impact stratégique est grand.

L'indice de programmation (IP)

Nous définissons l'IP comme une fonction de type hyperbolique entre l'indice de gravité global et l'indice fonctionnel. Le suffixe S est rajouté si un problème de sécurité est identifié par l'IS (démonstration à l'encadré 6) :

$$IP = \frac{IGG^\alpha * IF}{\Omega} [S]$$

α : jauge l'importance donnée à l'état de l'ouvrage par rapport à sa fonction selon le maître d'ouvrage,

Ω : facteur d'échelle,

[S] : note potentielle de l'IS.

Exemples

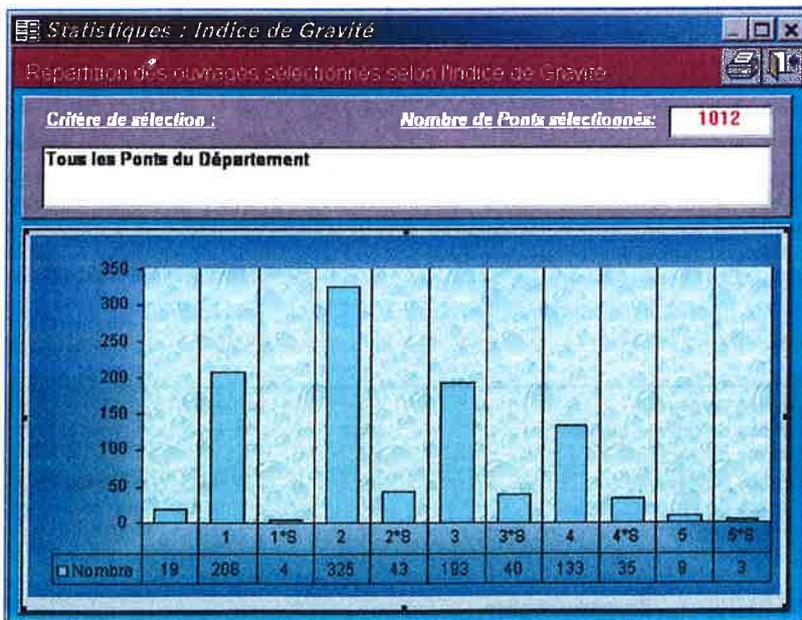
$\alpha = 1$ et $\Omega = 1$ impliquent $IP = IGG * IF$

Courbe hyperbolique de classement avec $IP_{maxi} = 400$ donnant *autant* d'importance à l'état qu'à la fonction de l'ouvrage ;

$\alpha = 2$ et $\Omega = 20$ implique $IP = IGG^2 * IF / 20$

Courbe de type hyperbolique de classement avec $IP_{maxi} = 400$ donnant *plus* d'importance à l'état qu'à la fonction de l'ouvrage. Un exemple complet est présenté dans l'encadré 5.

Cet indice nous servira à classer les ouvrages les uns par rapport aux autres dans le but de proposer une préprogrammation de travaux objective à l'intention du maître d'ouvrage.



Encadré 3

Etat du patrimoine du CG 74 en 2000 (histogramme issu du logiciel OASIS 2000)

Condition of the bridges of Savoie in 2000



Soit P_j la partie d'ouvrage n° j
 Soit D_j le domaine des valeurs de l'indice de gravité pour la partie d'ouvrage P_j .
 Soit IG_j le sous-indice de gravité de la partie d'ouvrage P_j
 Soit IG_{max} la valeur maximum des cinq sous-indices de gravité par partie d'ouvrage (c'est-à-dire l'indice de gravité de l'ouvrage).

Nous définissons l'indice de gravité global par :

$$IGG = (IG_{max} - 1) \times 4 + \sum_{j=1}^{IG_{max}} \frac{IG_j}{D_j}$$

Encadré 4
Formulation de l'indice de gravité global
Formulation of the global severity index

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

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

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

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).

Si IF = 5 et IGG=14,5 alors $IP_{(IG=4)} = IF \cdot IGG = 87 \text{ [S]}$
 Si IF = 14 et IGG=10 alors $IP_{(IG=3)} = IF \cdot IGG = 140 \text{ [S]}$

Le seul IG 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 ($IP_{(IG=3)} > IP_{(IG=4)}$).

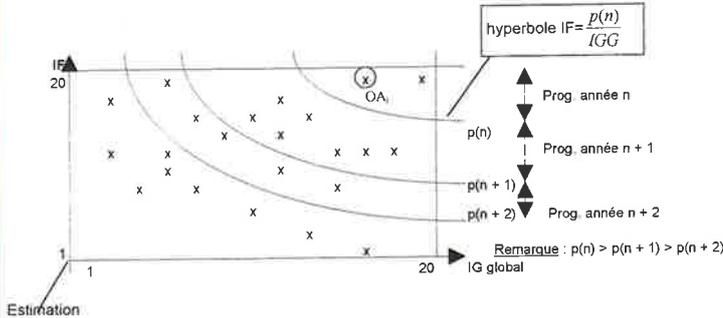
Encadré 5
Exemple de calcul de l'indice de programmation
Example of calculation of the scheduling index

Il faut déterminer les zones du graphe IF/IGG qui répondent au meilleur gain pour la collectivité avec le budget annuel alloué par le Conseil Général.

Pour simplifier la démonstration nous choisissons de sélectionner les ouvrages du programme annuel situé « au-dessus » de la courbe de type hyperbolique $IF = p/IGG$ où la variable « p » devient le paramètre de sélection du programme travaux.

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.



Automatisation : Soit A_n le budget des OAi 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 par trois coordonnées :

OA_i | IGG_i : indice de gravité global
 | IF_i : indice fonctionnel
 | $E_{i,n}$: estimation du programme de travaux

La définition du problème est résolu par le système d'inéquation suivant :

$$IF_i \geq \frac{p(n)}{IGG_i} \Leftrightarrow IP_i = IF_i \times IGG_i \geq p(n)$$

et $\sum_i E_{i,n} \leq A_n$

Cet algorithme de décision est aisé à manipuler sur informatique, il est intégré dans le nouveau logiciel OASIS.

Encadré 6
Formulation de la méthode OA-MéGA
Formulation of the OA-MéGA method

Les travaux et les études dans la méthode OA-MéGA

Rang de programmation

La méthode OA-MéGA permet de classer automatiquement les ouvrages d'art les uns par rapport aux autres selon l'IP décroissant. Le rang de programmation d'un OA correspond au rang de classement de cet OA dans la liste de tous les ouvrages d'art classés (encadré 7).

L'étude du centre de gravité des points obtenue dans le graphe $IF = f(IGG)$ permet de suivre l'état du patrimoine OA en fonction du programme annuel des travaux.

Les études

La connaissance du niveau d'avancement des études est nécessaire à l'établissement du programme définitif de réparation. En effet, le maître d'ouvrage doit s'assurer de la faisabilité de réalisation des travaux pour l'année de programmation.

Les coûts de travaux

L'objectif est d'établir l'estimation prévisionnelle provisoire du programme (loi MOP) de réparation de chacun des ouvrages. Le gestionnaire pourra avantageusement utiliser des ratios ou des prix

moyens au regard de sa propre expérience et des programmes antérieurs.

Le cumul des coûts de travaux des ouvrages prioritaires (IP les plus grands) permettra d'établir une liste d'ouvrages pour une vision pluriannuelle du programme budgétaire.

Conclusions et perspectives

OA-MéGA est fondée sur des concepts issus de travaux de recherche [1] menés en France et aux Etats-Unis et sur l'expérience de gestionnaires en activité. Méthode pragmatique pour la gestion des parcs d'ouvrages d'art des collectivités ►

territoriales, OA-MéGA systématise le recensement, la surveillance, la programmation des travaux.

Fondée sur les mêmes principes que ses consœurs, plus contraignantes au regard des moyens humains nécessaires, elle reste cohérente avec elles, facilitant par là même les évolutions.

Elle a été testée et améliorée, notamment dans le cadre des travaux issus d'un groupe constitué de dix sites pilotes en collectivités territoriales autour du progiciel OASIS depuis deux ans.

Elle constitue un cadre de référence utile au gestionnaire d'un parc d'ouvrages souhaitant clarifier sa gestion, et elle peut être mise en œuvre de façon progressive.

A ce jour adoptée par une vingtaine d'organismes (collectivités territoriales et bureaux d'études), elle est mise en application pour gérer 15 000 ouvrages d'art français.

Compte tenu de sa spécialisation et du nombre de ponts gérés par les départements, OA-MéGA devrait rapidement

Identification de l'OA						Indices OA-MéGA					
Type	Clé	Commune	Voie	Nom de l'ouvrage	PR	IP	IF	IGG	IG	Etudes	rang
PONT	564	CHALLONGES	RD 31	Pont de Pymont	47+0909	202,6	11	19,2	5°E	DET	1
PONT	1454	ST ANDRE DE BOEGE	RD 20	Pont chez Chodet	18+0000	180,2	11	18,8	5	DET	2
PONT	95	LES MOUCHES	RD 243	Pont du Bourgealet	D+0886	180,6	10	19,0	5°E	PRO	3
PONT	455	LE PETIT BORNAND GUERES	RD 12	Ponceau des Ecoisseaux	35+0315	178,2	11	18,0	5	ACT	4
PONT	225	PASSY	RD 902	Pont du Gibloux n° 2	85+0605	177,8	15	15,4	4	DET	5
PONT	376	FILLINGES	RD 907	Pont de Fillinges	8+0910	175,3	18	15,2	4°E	ACT	6
PONT	213	DEMI QUARTIER	RD 909	Buse du Darbon	30+0676	170,8	16	14,8	4	ACT	7
PONT	561	MARLOZ	RD 27	Pont chez les Gay	1+0650	169,9	10	18,4	5	DET	8
PONT	4	SAMCIENS	RD 4	Pont de la Glère	42+0661	162,1	15	14,7	4	AVP	9
PONT	300	VACHERESSE	RD 22	Ponceau du Fontany	50+0150	167,6	14	15,0	4°E	EP	10
***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

Encadré 7 (ci-dessus et ci-dessous)

Edition automatique du préprogramme de travaux

Automatic printing of the preliminary schedule of works

séduire un grand nombre de collectivités territoriales françaises.

C'est la raison pour laquelle les nouvelles évolutions de la méthode OA-MéGA, rendues nécessaires par l'évolution des besoins des gestionnaires, seront désormais définies

dans le cadre du club de ses utilisateurs. OASIS 2000 et la méthode OA-MéGA viennent justement de faire l'objet d'une présentation au Club OA de l'Association des ingénieurs des villes de France le 24 mai dernier.

Bibliographie

[1] Livre-thèse « La Maintenance des Ponts Routiers – Approche économique », Presses de l'ENPC

[2] Guide méthodologique de la gestion des ouvrages d'art du Club d'échange d'expériences sur les routes départementales

[3] Gestion des ouvrages d'art, 1990, Presses de l'ENPC

[4] Charte qualité de gestion des ouvrages d'art départementaux du conseil général de Haute-Savoie

