

OUVRAGES D'ART

N° 17 - Mars 1994

CENTRE DES TECHNIQUES D'OUVRAGES D'ART



SOMMAIRE

Rubans d'Or 2



Deuxième palmarès
des paysages routiers

Ouvrages à suivre 6

- Le pont sur la Severn (G.B.) • Jacques COMBAULT
- Portiques mixtes du giratoire d'Ancely • Michel BOILEAU, Michel BOY
- Passerelle du Chemin du Viaduc • Ferry TAVAKOLI

Équipements et entretien 18

- À propos des abouts de ponts dalles • Alain BOURJOT, Michel CLÉMENT

Gestion et qualité 20

- IQOA - Image Qualité des Ouvrages d'Art • Christian BINET

SETRA 23

Les dernières publications Ouvrages d'Art

Coordonnées des rédacteurs 24



Bulletin de liaison diffusé par le Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art du
SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
46, avenue Aristide Briand - BP 100 - 92223 Bagneux cedex - France
Tél. : (1) 46 11 31 31 - Télécopieur : (1) 46 11 31 69 - Télex : 632 263 F

RUBANS D'OR 93

2^e palmarès des paysages routiers

Le 17 novembre, Monsieur Bernard Bosson a procédé à la remise des trophées du 2^e palmarès des paysages routiers.

Lancés avec succès en 1991, à l'initiative de Monsieur Christian Leyrit, les Rubans d'Or ont pour objectif de stimuler la recherche de la qualité paysagère dans les projets routiers. Ils récompensent les aménagements du réseau national les plus réussis en matière d'inscription dans le paysage ou de mise en valeur des sites.

Pour ce deuxième palmarès, le jury composé de personnalités indépendantes sous la présidence de Monsieur Christian Leyrit a sélectionné 23 lauréats sur les 75 dossiers présentés.

Parmi les réalisations retenues, six ouvrages d'art ont reçu des distinctions.

RUBAN D'OR

Pont sur la Truyère, à Garabit
A75, La Méridienne

- Maîtrise d'ouvrage:
État, DDE du Cantal
- Maîtrise d'œuvre:
DDE - Alain Jouanno, Ambroise Nangeroni, Yves Morel
Arrondissement interdépartemental des ouvrages d'art -
Georges Gillet, Bernard Cantrot
- Concepteurs:
Ambroise Nangeroni, Bernard Bouvy, Jean Goyet, Michel Virlogeux, Hélène Abel
- Architecte:
Alain Spielmann
- Entreprises:
Dumez et GTM Lyon

Le palmarès

CATÉGORIE «AUTOROUTE»

- or: A5, Troyes-Chaumont
- argent: A43, Chambéry-Albertville
A75, la Méridienne
- bronze: A51, Peyruis-Sisteron

CATÉGORIE «AIRE SUR AUTOROUTE»

- or: aire de Caissargues, A54
- argent: aire des volcans d'Auvergne, A71
- bronze: aire du lac de Sylans, A40

CATÉGORIE «ROUTE NATIONALE»

- or: RN 164, Pleyben-Châteaulin
- argent: RN 90, Albertville-Moutiers
- bronze: RN 117, voie est-ouest de Pau

CATÉGORIE «AIRE SUR ROUTE NATIONALE»

- or: aire de Saint-Goustan, Auray, RN 165

CATÉGORIE «GRAND OUVRAGE D'ART»

- or: pont sur la Truyère à Garabit, A75
- argent: viaduc sur l'Isère à Saint-Lattier, A49
- bronze: viaduc de l'Arrêt-Darré, A64

CATÉGORIE «PETIT OUVRAGE D'ART»

- or: déviation de la Mothe, A75
- argent: échangeur d'Azé, RN 162
- bronze: échangeur d'Ifs, RN 513

Photo AIOA





Scauroute - Photo P. Petit

RUBAN D'ARGENT

Viaduc sur l'Isère
à Saint-Lattier - A49

- Maîtrise d'ouvrage : AREA
- Maîtrise d'œuvre : Scauroute - Jean Gaillard, Bernard Durandau, Jacques Marin, Léo Perdiel
- Concepteur : Jean Muller International
- Architecte : Alain Spielmann
- Entreprise : Bouygues

RUBAN DE BRONZE

Viaduc de l'Arrêt-Darré
A64

- Maîtrise d'ouvrage : État, DDE des Hautes-Pyrénées
- Maîtrise d'œuvre : DDE - Serge Dutray, Jean Gallet, Bernard Reynes
- Concepteurs : Olivier Foix, M. Sarteaux, M. Tanis, Jacques Dalbion, Michel Virlogeux, Philippe Lecroq
- CITRA Sud-Ouest (Groupe SPIE Batignolles) - Yves Chataud, M. Servant, M. Sidibe
- Architecte : Alain Spielmann
- Entreprise : CITRA

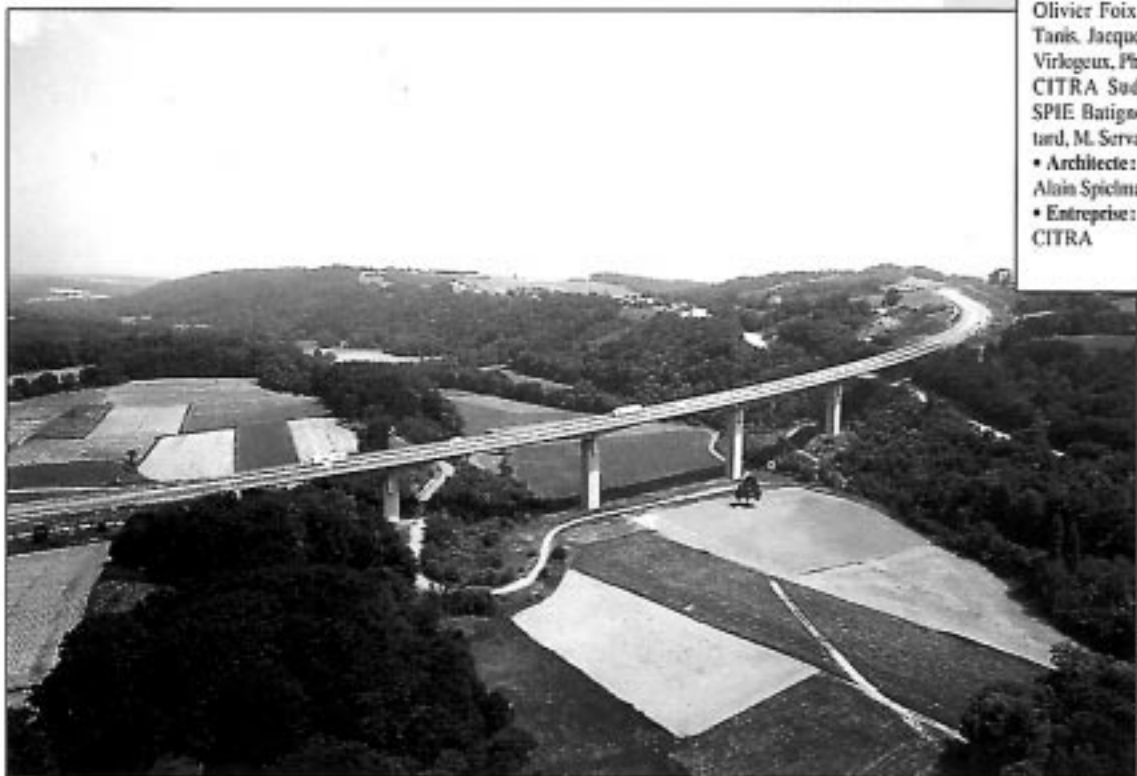


Photo Albert Berenguer

GRAND OUVRAGE D'ART

Photo DDE Lozère



RUBAN D'OR

Pont de la départementale 52
Déviation de la Mothe
La Méridienne A75

- Maîtrise d'ouvrage:
État, DDE de la Lozère
- Maîtrise d'œuvre:
DDE - Claude Argeron
- Concepteur:
Alain Bourjon
- Architecte:
Bordj Mikaelian
- Paysagiste:
Claude Chuzelle
- Entreprise:
Gardiol

Photo Y. Arlinas Bernaud



RUBAN D'ARGENT

Échangeur d'Azié
à Château-Gontier - RN 162

- Maîtrise d'ouvrage:
État, DDE de la Mayenne
- Maîtrise d'œuvre:
DDE - Georges Botton, Yves
Laurent, Hubert Maldonado
- Concepteurs:
Yves Laurent, Georges Botton
INGC - Jean-Pierre Bellouard
SNCF - Paul Blanloil
- Architecte:
William Gohier
- Paysagiste:
Françoise Bosc
- Entreprises:
SPIE, CITRA, Midi Atlantique



Direction des Routes - Y. Arthaud Bertrand

RUBAN DE BRONZE

Échangeur d'Ils à Caen
RN 513

- Maîtrise d'ouvrage:
État, DDE du Calvados
- Maîtrise d'œuvre:
DDE - François Terrié, Marin
Pailloux, Serge Wallon, Jean-
Pierre Soudée
- Concepteurs:
CETE Normandie-Centre,
DDE
- Architecte:
Laurent Barbier
- Paysagiste:
Impact Décision
- Entreprise:
Torres et Vilault

PETIT OUVRAGE D'ART

Rendez-vous a été donné pour les Rubans d'Or 95 !



GRANDE-BRETAGNE

PONT SUR L'ESTUAIRE DE LA SEVERN

une réalisation impressionnante

Lorsque le visiteur arrive sur le chantier, au bord de la Severn, et que son regard se tourne vers l'estuaire qui s'élargit sans cesse en s'incurvant vers l'ouest pour déboucher dans l'océan, il ne peut être que frappé par l'ampleur de ce nouveau grand chantier qui marquera sans aucun doute la dernière décennie de notre XX^e siècle.

Car, incontestablement, les moyens qu'il a fallu déployer pour affronter les éléments naturels, les marées et les courants, le vent et la pluie, sont sans aucune mesure avec ce que l'on a l'habitude de voir sur nos chantiers de France et de Navarre.

Ajoutons à cela le fait que les contraintes de conception particulières imposées par les spécifications font de cet ouvrage un prototype de la Précontrainte Extérieure au béton et l'on comprendra mieux les raisons pour lesquelles la curiosité du visiteur est tout à fait justifiée.

Mais laissons-nous guider, tout d'abord, par un bref rappel historique, une description sommaire des ouvrages et les chiffres à retenir qui, bien mieux qu'un long discours, mettront en évidence l'ampleur de la tâche à accomplir.

La nécessité du projet

L'autoroute M4, qui constitue la principale liaison entre l'Angleterre et la partie Sud du Pays de Galles, franchit la rivière Severn sur un pont suspendu qui a été mis en service en 1966. La conception de cet ouvrage était à l'époque relativement innovante. La longueur des travées, 305 m en rive et 988 m au centre, en faisait un des plus grands ponts suspendus du monde. En outre le tablier était constitué d'une poutre caisson, en acier, profilée afin d'en améliorer le comportement sur le plan aérodynamique.

L'ouvrage était conçu pour porter deux voies de circulation dans chaque sens. Du fait de la croissance continue du trafic en Grande-Bretagne et des embouteillages engendrés en période de pointe, en cas d'accident ou lorsque les vents forts imposent



Plan du site.

des restrictions de circulation, le Gouvernement du Royaume-Uni décida de construire un second franchissement de la Severn en 1988.

En fait, le nouvel ouvrage devait franchir l'estuaire de la Severn à 5 km en aval de l'ouvrage existant. Sa mise en service, prévue pour 1996, devait permettre d'assurer le trafic à venir entre l'Angleterre et le Pays de Galles pour de nombreuses années. En outre, la construction de ce nouveau pont devait être financée par le secteur privé. Le pont existant et le nouveau pont seraient donc à péage et gérés par une compagnie concessionnaire qui endosserait la totale responsabilité de la conception, de la construction et du financement de l'opération ainsi que la responsabilité de l'exploitation et de la maintenance des deux ouvrages.

La dévolution des travaux

L'appel d'offres fut lancé en 1988 sur la base d'un dossier préparé par un groupement des Bureaux d'Études WS Atkins & Partners et G. Maunsell & Partners qui avait été retenu comme Ingénieur Conseil par le Gouvernement Britannique.

Le nouveau pont devait porter trois voies de circulation dans chaque sens séparées par un terre-plein central. Chaque sens de circulation devait en outre comporter une bande d'arrêt d'urgence et un passage de service disposé entre les barrières de sécu-



Rendu artistique du franchissement.

rité et les écrans pare-vent latéraux. Les résultats d'une reconnaissance préliminaire des sols constituant le lit de l'estuaire, les données topographiques relatives au projet, ainsi que les données concernant le trafic étaient fournies aux groupements d'entreprises préqualifiés.

Il s'agissait donc de concevoir, étudier et construire une structure de 5 200 m de longueur totale et de plus de 33 m de largeur, en tenant compte des marées, des courants, des vents violents et des chocs de navires éventuels.

Le projet retenu fut celui qui avait été proposé par le groupement d'entreprises franco-anglais Laing-GTM-Entrepose sur les bases d'une structure conçue en étroite collaboration avec le groupement des Bureaux d'Études Sir William Halcrow & Partners (Londres) et SEEE (Société d'Études et d'Équipements d'Entreprises - France).

L'ensemble du franchissement comportait un pont à

haubans, ayant une travée centrale de 456 m de portée dont le tablier était constitué d'une ossature mixte formée de 2 poutres longitudinales en acier régulièrement entrecroisées et coiffées par la dalle béton sous chaussée, et deux viaducs d'accès en béton précontraint.

Les pylônes de 137 m de hauteur étaient prévus en béton armé et précontraint.

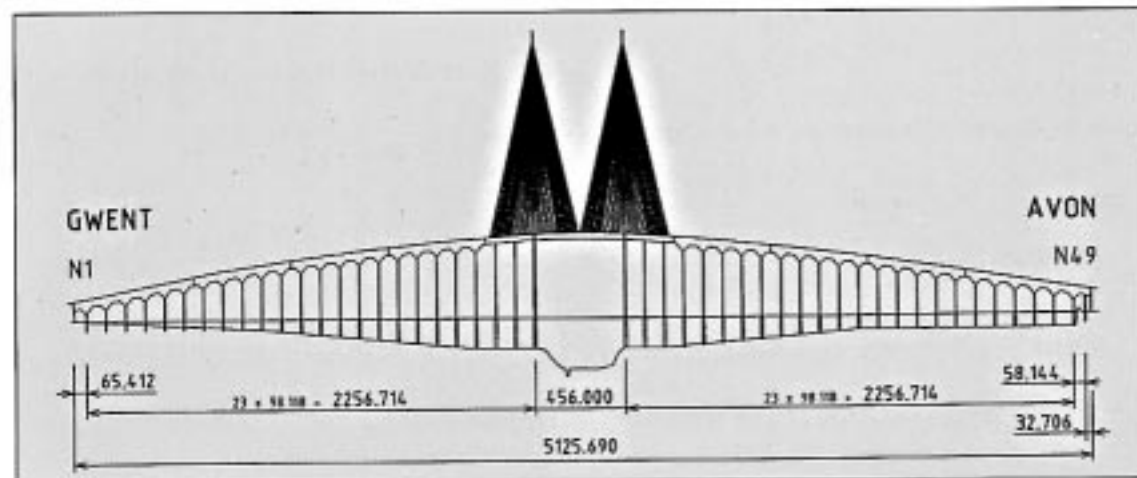
Les viaducs d'accès, de plus de 2 000 m de longueur chacun et situés de part et d'autre du pont à haubans, devaient avoir une portée de 98,12 m.

Les tabliers de ces ouvrages étaient réalisés à l'aide de deux poutres caissons parallèles et solidaires en béton précontraint constituées de voussoirs préfabriqués assemblés à joints conjugués collés.

Les caractéristiques générales des ouvrages

Les viaducs d'accès sont constitués de deux poutres caissons monocellulaires en béton précontraint solidarisiées de manière à former un tablier de 33,20 m de largeur, sur la presque totalité de la longueur des ouvrages, qui s'élargit progressivement sur une longueur de 240 m pour atteindre 46 m de largeur au niveau de la culée située sur le côté anglais de l'estuaire.

Le viaduc d'accès reliant le Pays de Galles à l'ouvrage principal a une longueur de 2 076,80 m. Il se compose d'une travée de rive de 65,4 m, de 20 travées de 98,12 m et d'une console de 49,06 m sur laquelle repose l'extrémité du pont à haubans.



Coupe longitudinale de l'ensemble des ouvrages.



Vue générale du chantier.

La passe navigable, the Shoots, conduisit à envisager la réalisation d'un pont à haubans dont la portée principale dépassait 450 mètres. Les contraintes architecturales imposaient par ailleurs de prévoir des pilettes sous les travées de rive, afin que les portées soient identiques à celles des travées des viaducs d'accès en béton précontraint. Les extrémités de cet ouvrage devaient donc s'appuyer sur des consoles formées par une demi-travée courante des viaducs d'accès.

Le pont à haubans a ainsi une longueur totale de 946,60 m. Il repose, d'une part sur les traverses inférieures des pylônes par l'intermédiaire d'appuis simples, en étant buté transversalement, d'autre part sur quatre pilettes situées de part et d'autre des pylônes par l'intermédiaire d'appuis anti-soulèvement et enfin, sur les extrémités des viaducs d'accès par l'intermédiaire d'appuis simples. C'est un ouvrage symétrique à 5 travées prolongé par deux consoles de 49,06 m dont les portées sont respectivement : 98,12 m — 98,12 m — 456,00 m — 98,12 m — 98,12 m.

Le viaduc d'accès reliant l'Angleterre à l'ouvrage principal a une longueur de 2 102,20 m. Il se compose d'une travée de rive de transition de 58 m, de 20 travées courantes de 98,10 m et d'une console de 49 m reposant sur l'autre extrémité du pont à haubans.

Le matériel et les quantités mises en œuvre

À l'heure actuelle, toutes les composantes de cet ouvrage remarquable sont en chantier.

Nous n'avons décrit ici que le concept de ce projet grandiose en cours de réalisation.

La revue *Ouvrages d'Art* du SETRA publiera, dans

de prochains numéros, d'autres articles consacrés à la **Conception** et à la **Construction** de cet ouvrage.

L'usage intensif de la préfabrication dans toutes les parties de l'ouvrage, le recours à des moyens lourds et à des engins de manutention puissants se sont avérés indispensables pour vaincre les éléments parfois déchainés de cette partie de la Grande-Bretagne située entre l'Angleterre et le Pays de Galles et exposée à de nombreuses intempéries.

Les chiffres qui résument les quantités mises en œuvre ne manqueront pas d'interpeller le lecteur averti.

Jacques COMBAULT

LES CHIFFRES

APPUIS

Béton de pieux :	9 000 m ³
Béton de fondation massive :	162 000 m ³
Béton des piles et culées :	20 220 m ³
Armatures passives :	16 900 t

TABLIERS

Superficie totale :	171 875 m ²
— Viaducs d'accès	
Superficie :	138 753 m ²
Voussoirs préfabriqués :	2 302 u
Béton des tabliers :	105 000 m ³
Armatures passives :	16 000 t
Acier dur de précontrainte :	5 045 t
— Pont à haubans	
Superficie :	33 131 m ²
Béton des pylônes :	10 600 m ³
Armatures passives des pylônes :	2 700 t
Acier de charpente (E 355 FP) :	7 000 t
Béton de la dalle :	9 000 m ³
Armatures passives de la dalle :	2 520 t
Haubanage :	1 733 t

Une visite du site, assortie d'exposés détaillés sur la conception et la réalisation de ce franchissement, est d'ores et déjà organisée par l'AFPC. Elle aura lieu les 28 et 29 avril 1994.

PORTIQUES MIXTES DU GIRATOIRE D'ANCELY à Toulouse (OA 5)

La liaison de Toulouse à son aéroport : le Fil d'Ariane

La liaison autoroutière entre Toulouse et son aéroport international à Muret s'organise en trois branches s'articulant autour de l'échangeur de Saint-Michel du Touch : les branches Ouest et Est à maîtrise d'ouvrage État et la branche Sud (RD 901) à maîtrise d'ouvrage départementale.

Déclarée d'utilité publique en novembre 1987, l'opération baptisée Fil d'Ariane a commencé par le chantier des branches Ouest et Sud dont la mise en service, en décembre 91, a réalisé le premier raccordement autoroutier de l'aéroport au réseau des rocades urbaines.

La branche Est, avant d'aboutir sur la rocade Nord-Ouest de Toulouse, devra franchir les principaux obstacles suivants :

- l'avenue des Arènes Romaines,
- la rivière le Touch,
- la Garonne, en empruntant le Pont de Blagnac réparé (voir article de P. Barras dans le bulletin OA n° 16) et un nouvel ouvrage le doublant,
- la route de Blagnac.

Le Fil d'Ariane sera complètement tissé au début de 1997.

La maîtrise d'œuvre assurée par la DDE de la Haute-Garonne (Service des Grands Travaux n° 2) s'est associée le concours de l'architecte Alain Spielmann sur l'ensemble des branches Ouest et Est.



Vue générale des ouvrages en voie d'achèvement.

Les contraintes du projet

Particularités du site

Les ouvrages présentés (OA 5) permettent le passage du Fil d'Ariane sous l'avenue des Arènes Romaines, ou plutôt sous le giratoire d'Ancely. Car, alors que l'avant-projet prévoyait la réalisation d'un ouvrage unique sous l'avenue, les études de définition ont rapidement fait apparaître la nécessité de le doubler afin de l'intégrer dans le giratoire associé au diffuseur d'Ancely qui a pour vocation d'assurer les échanges de trafic importants entre Toulouse et Blagnac.

Cela pour deux raisons principales :

- de trafic futur, imposant le branchement de la

bretelle Sud du diffuseur sur le giratoire lui-même, — de maintien de la circulation sur l'avenue pendant la réalisation de l'ouvrage ; celle-ci ne pouvant quasiment pas être déviée car étroitement coincée entre le Touch au Sud et le giratoire actuel au Nord (voir figure 1 page suivante).

Contraintes de profil en long et profil en travers

Le choix de franchissement inférieur du Fil d'Ariane s'imposant en raison des nécessaires raccordements aux ouvrages existants d'une part, des problèmes d'environnement d'autre part, il importait de placer le fil rouge le plus haut possible afin de mettre l'autoroute à l'abri des crues du Touch de fréquence inférieure à 100 ans.

INTERVENANTS :

Maître d'ouvrage :
État

Maîtrise d'œuvre :
DDE de la Haute-Garonne - Service des Grands Travaux 2
assisté de :
— Alain SPIELMANN, architecte
— Europe Études Toulouse
— Laboratoire Régional de l'Équipement de Bordeaux et Toulouse

Entreprises :
— charpente métallique : ACCMA
— génie-civil : SOGIA (mandataire)
— parois moulées : RODIO

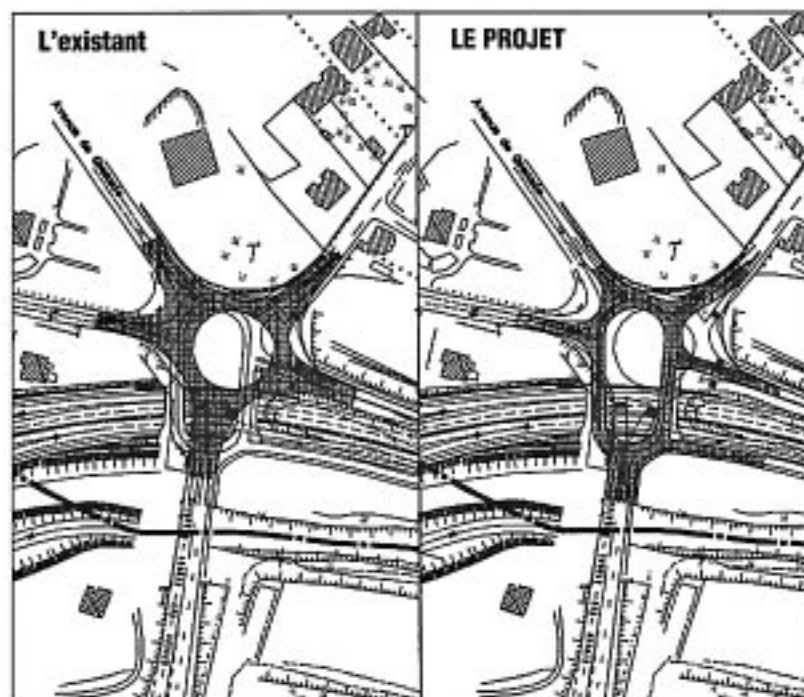


Figure 1.

Par ailleurs, le tracé plan comporte à cet endroit une courbure prononcée ($R = 275 \text{ m}$) qui a deux conséquences :

- dévers de 5% dirigé vers le Sud,
- présence d'un appui dans le Tpc peu souhaitable pour des raisons de visibilité.

Le profil en long des voies portées (les branches principales du giratoire) devait nécessairement «coller» au terrain, soit une rampe de 1,8% dirigée vers le Nord.

Contraintes de réalisation

L'exiguïté des emprises, contrainte majeure associée à la permanence de la circulation sur l'avenue des Arènes Romaines, a interdit tout recours à une solution conduisant à des déblais importants tels qu'un ouvrage classique (POD, PSDP...) le nécessite.

La conception générale

Dans un contexte proche, la branche Ouest du Fil d'Ariane comporte une tranchée profonde aux soutènements en parois moulées ancrées.

Reliant les deux murs près de leur point le plus haut, l'OA 9 permet de rétablir une artère locale. Sa conception technique et architecturale a fortement influencé celle des «jumeaux» d'Ancely: il s'agit d'un portique dont les piédroits sont constitués de parois moulées butonnées en tête par une traverse en ossature mixte. Le profil en travers

inférieur étant en toit, il autorisait une hauteur de tablier plus importante sur appui qu'à mi-portée, ce qui a été mis à profit en faisant varier la hauteur des poutres de façon favorable vis-à-vis des efforts généraux (voir figure 2).

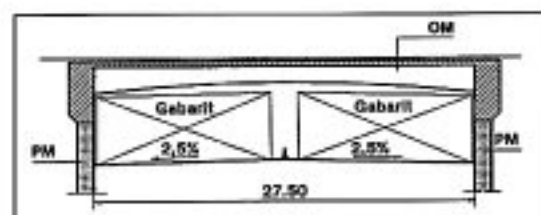


Figure 2: OA 9 - Coupe schématique.

La figure 3 illustre dans quelles conditions particulières se posait l'inscription de la structure des tabliers d'Ancely dans l'espace laissé libre par le gabarit de circulation et la réponse qui leur a été donnée.

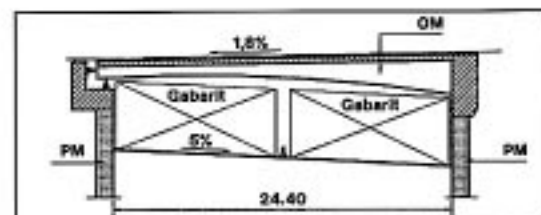


Figure 3: OA 5 - Coupe schématique.

La conception générale des OA 5 fait appel également à une structure portique à traverse mixte sur piédroits en parois moulées. Mais, alors que la traverse a été bi-encastree sur l'OA 9, nous avons retenu ici :

- une rotule côté point haut du gabarit,
 - un encastrement côté point bas du gabarit,
- le schéma statique ainsi défini s'accompagnant d'une charpente bipoutre à hauteur décroissante de l'encastrement vers la rotule.

Cette conception présentait à nos yeux les avantages suivants :

- fonctionnement autostable des parois moulées (absence de tirants précontraints), les traverses faisant butons,
- piédroits intégrés au système de fondation dont la technique d'exécution limite fortement l'importance de fouilles ouvertes ou la nécessité de blindages conséquents,
- rapidité d'exécution de la traverse par recours à la charpente métallique,
- réponse formelle témoignant de la dissymétrie des contraintes.

En revanche, la nature peu courante des liaisons de la traverse sur ses piédroits réclamait :

- la validation de la conception de la rotule,
- l'amélioration de la technique d'exécution de

l'encastrement dont la mise en œuvre avait été quelque peu laborieuse.

Sur la base d'une étude préliminaire, un marché d'étude couvrant le projet de définition, le DCE et les contrôles des documents d'exécution a été confié à l'agence d'Europe Études.

Description des ouvrages

Les deux ouvrages qui supportent le giratoire sont parfaitement symétriques (voir figure 4).

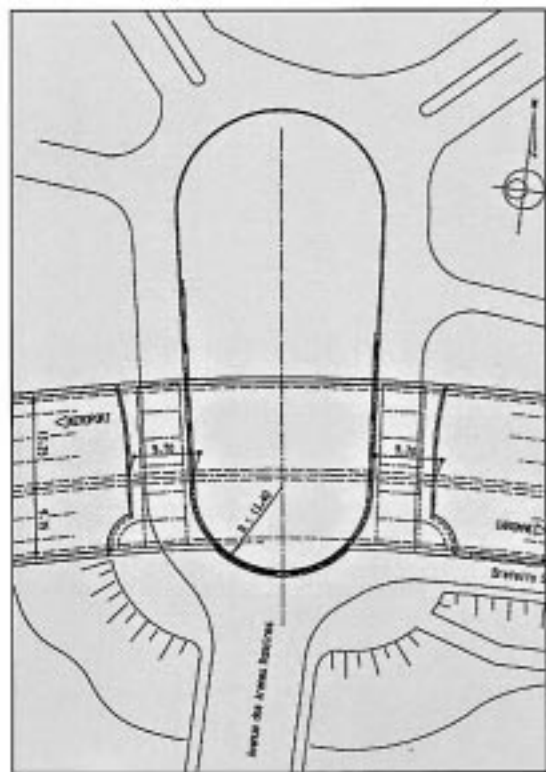


Figure 4.

Leur profil en travers se décompose comme suit :

- un trottoir (largeur mini 2,20 m) côté extérieur du giratoire,
- une chaussée de 6,75 m (2 voies),
- un dispositif de retenue (type BN2) côté intérieur au giratoire.

Les ouvrages ont donc une largeur minimale de 9,70 m et s'élargissent sur culées jusqu'à 16,10 m. La portée entre axes des parois moulées est de 25,00 m.

La charpente

La structure métallique est constituée par un bi-poutre dont la hauteur varie de 0,50 m au droit de l'articulation jusqu'à 1,20 m côté encastrement.

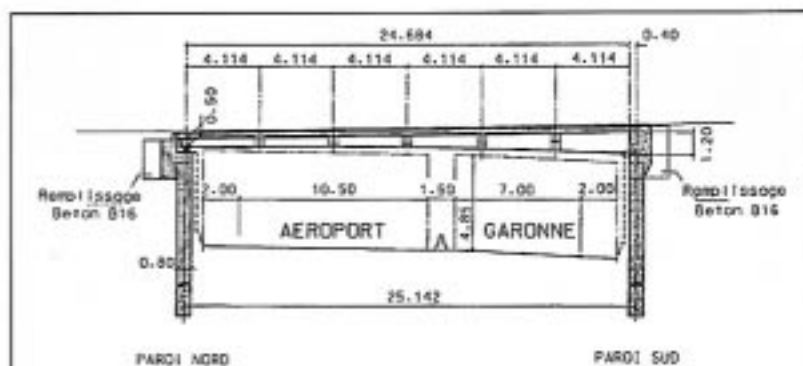


Figure 5: coupe longitudinale.

Cette variation importante de hauteur (rapport supérieur à 2) suit une loi parabolique (voir figure 5).

Les pièces de pont sont espacées de 4,10 m. Côté encastrement, la dernière d'entre elles se prolonge au-delà de la poutre principale en 1/4 de cercle pour supporter l'élargissement du trottoir en forme de belvédère, dessiné par Alain Spielmann.

Le hourdis

Il est en béton armé avec une épaisseur variable de 0,22 m (côté articulation) à 0,30 m sur l'encastrement. Cette dernière épaisseur permet de loger les armatures passives de gros diamètre qui assurent l'encastrement du tablier sur les parois moulées.

Les parois moulées ont une épaisseur de 0,80 m au droit des ouvrages ; au-delà des tabliers, leur épaisseur est ramenée à 0,60 m et elles sont stabilisées par des tirants d'ancrage.

Côté Sud, le chevêtre de couronnement qui assure l'encastrement a une épaisseur de 1,20 m.



Pose des poutres principales (noter la conception de la charpente côté encastrement).



Vue latérale de la rotule (noter le boîtier électrique de l'appui spécial pesant).

L'articulation

Le système rotulé est réalisé au moyen de deux appareils d'appui disposés à l'about de chaque poutre métallique :

- un appareil « courant » en caoutchouc fretté, horizontal, pour reprendre les charges verticales,
- un appareil d'appui à pot, vertical, pour encaisser les efforts de butée ; ce type d'appareil a été préféré compte tenu de l'importance des efforts à reprendre (jusqu'à 200 tonnes/appareil) et de la meilleure pérennité que l'on peut en espérer (son remplacement n'étant pas aisé).

Ces derniers appareils sont équipés d'une cellule dynamométrique intégrée devant permettre la mesure de la réaction horizontale de butée.

Par ailleurs, des zones de vérinage ont été prévues afin de pouvoir remplacer ces appareils d'appui.

Il y a donc lieu de noter qu'il n'y a jamais d'inversion d'efforts et que les deux appareils restent en permanence comprimés.

L'encastrement

Les dispositions prévues au niveau de l'encastrement sont les suivantes :

- l'about de la charpente est équipé d'une platine verticale épaisse au contact direct du béton,
- des connecteurs (cornières) sont soudés sur la semelle supérieure pour assurer la liaison avec le hourdis béton. Cette semelle s'arrête contre la platine verticale,

— la semelle inférieure se prolonge dans le béton du chevêtre de la paroi moulée afin d'assurer la transmission de la charge verticale. Cette partie ainsi que le gousset vertical dans le prolongement de l'âme de la poutre sont percés pour permettre le passage d'armatures passives.

Les études

Les études de la structure (au stade de l'avant-projet détaillé ainsi qu'à l'exécution) ont été établies à l'aide d'un modèle aux éléments finis intégrant le tablier et les parois moulées (voir figure 6).

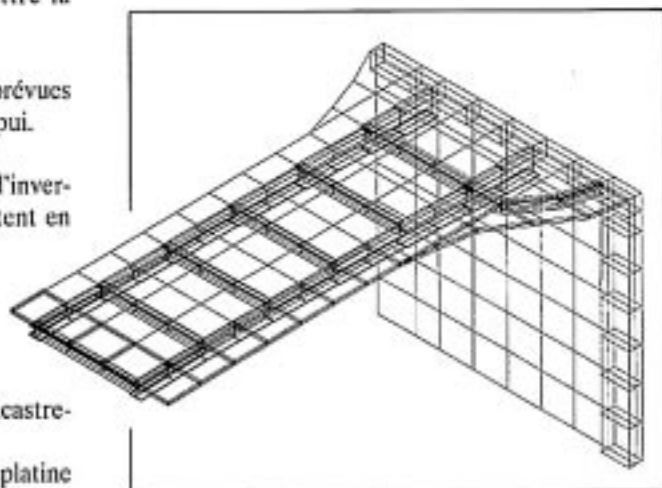
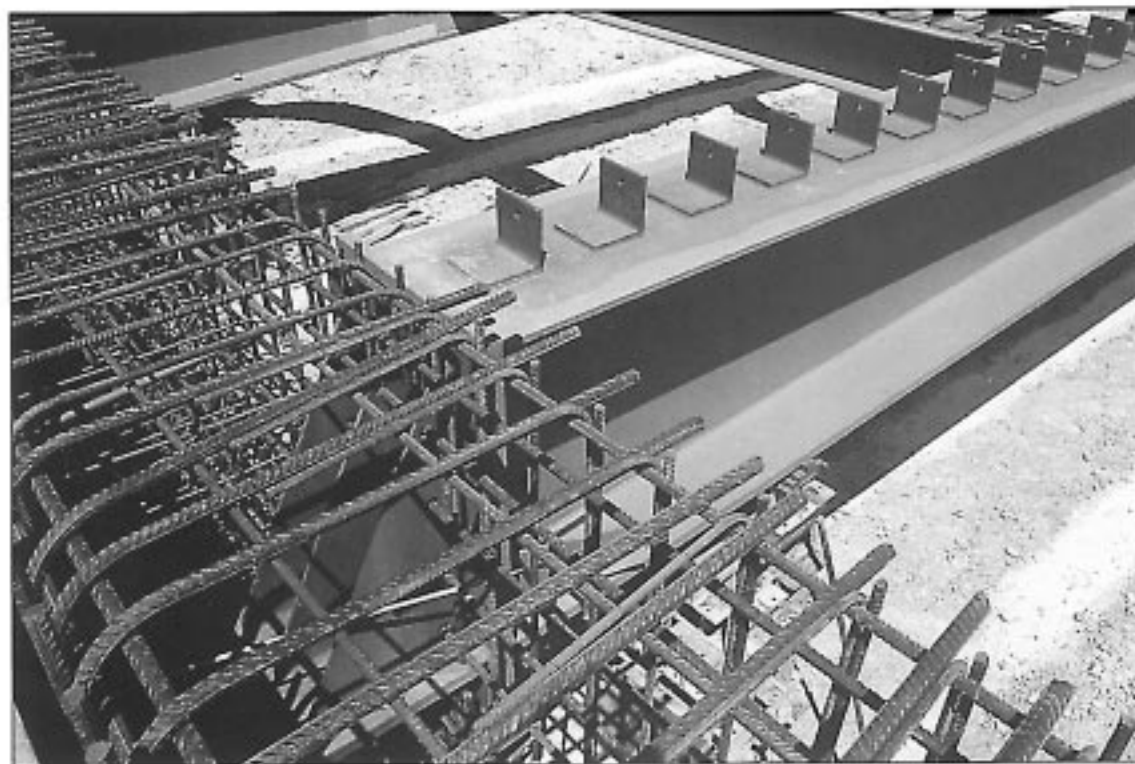


Figure 6 : OA 5 - Perspective - Système Hercule.



Le ferrailage du chevêtre d'encastrement (noter les aciers traversant la platine et les goussets).



Bétonnage de la dalle en cours (noter l'étalement au sol, y compris de la charpente).

Nous évoquerons les différents points suivants :

Interaction sol-structure

Pour ce type d'ouvrage, cette interaction a une incidence directe sur la répartition des efforts dans le tablier.

Un calcul préliminaire de la paroi moulée en élastoplastique a permis de déterminer une fourchette du comportement de la partie enterrée, et a servi d'hypothèse pour le modèle aux éléments finis. (Les mesures de réactions horizontales prévues doivent permettre de préciser où se situe la réalité par rapport à la fourchette de calcul).

Comportement en ouvrage mixte

L'objectif était d'évaluer les efforts et de vérifier les contraintes dans les zones où le modèle faisait apparaître des tractions dans le hourdis, afin de se raccorder aux règlements en vigueur.

En fait, la compression longitudinale amenée par le fonctionnement en portique conduit à limiter à quelques mètres la longueur du hourdis tendu au droit de l'encastrement. Un test, réalisé en remplaçant le béton tendu par une section d'acier (forai-

taire, correspondant à 1% de la section béton) n'a eu que peu d'influence sur la répartition des moments dans la structure.

L'incidence est plus sensible pour le calcul des contraintes dans cette zone, ce qui nécessite des exploitations manuelles complémentaires. Il y a lieu de noter que le modèle avait également été conçu pour simuler la non-continuité de la semelle supérieure de la charpente : sous sollicitations de flexion (moment toujours négatif) et effort normal de compression, l'équilibre de l'effort est assuré uniquement par la partie inférieure de la charpente qui est comprimée et par les aciers passifs dans le hourdis.

Dans les vérifications, la semelle supérieure de la charpente a été négligée sur une longueur au moins égale à celle nécessaire aux connecteurs pour équilibrer l'effort de traction qui aurait été développé dans la semelle selon les règles de calculs des OA mixtes.

Rotule

Les modèles ont fait apparaître une diffusion rapide de l'effort de butée de la charpente vers le hourdis, ce qui a entraîné un renforcement local des connecteurs au voisinage des abouts de poutres et des zones de vérinage.

Phase 1
Réalisation des parois
moulées.

Phase 2
Excavation sur 3 m et
recèpage des parois.

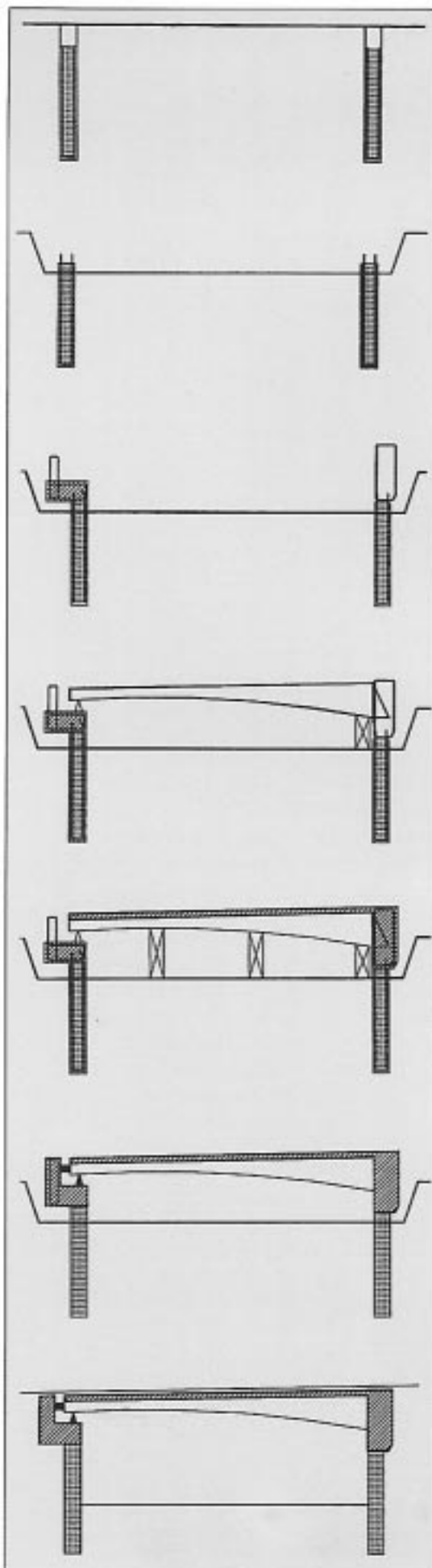
Phase 3
— ferrailage et béton-
nage du chevêtre côté
rotule
— ferrailage du chevêtre
côté encastrement.

Phase 4
Mise en place et assem-
blage de la charpente.

Phase 5
— coffrage du hourdis
(étalement au sol) +
calage de la charpente
— bétonnage hourdis +
chevêtre d'encastrement.

Phase 6
— décentrement général
— mise en place de la
rotule (néoprène horizon-
tal + appui spécial verti-
cal + garde-grève ren-
forcé).

Phase 7
— remblaiement
— équipements et
superstructures
— mise en circulation
— terrassement inférieur.



Les points particuliers des travaux

L'exécution des parois moulées, tout à fait clas-
sique, n'appelle pas de commentaires particuliers.
En revanche, deux points méritent d'être soulignés.

Le phasage des travaux

Il est décrit par les schémas de la figure 7.

Il faut signaler que l'étalement simultané de la char-
pente et du hourdis conduit à un fonctionnement de
la traverse en section mixte en toutes phases. Cela a
permis de minimiser la section de membrure infé-
rieure. En revanche, la dalle est tendue aussitôt, au
niveau de l'encastrement, sous l'effet du poids de
l'ossature. Cette traction est toutefois compensée
partiellement par la compression qui se développe
au fur et à mesure du terrassement.

À noter que l'on aurait pu, pour limiter cette trac-
tion, effectuer une dénivellation d'appui côté rotule.

La mise en œuvre de l'encastrement

La réalisation de l'encastrement s'est faite en deux
phases de bétonnage.

La première a situé un arrêt de bétonnage
quelques centimètres en dessous de la platine hori-
zontale des poutres métalliques. Le vide entre la
platine et le béton a été ensuite rempli au moyen
d'un mortier spécial de calage.

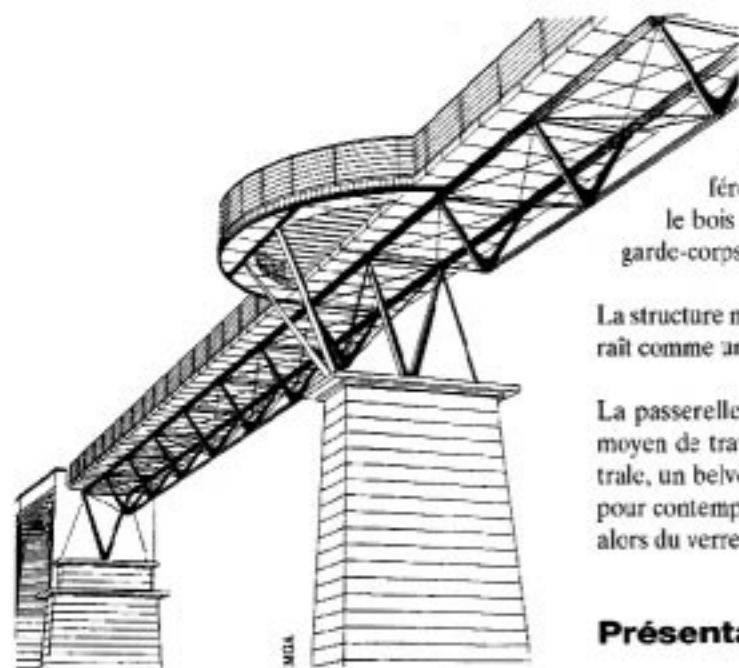
La deuxième et dernière phase a permis de béton-
ner le reste du chevêtre et la totalité du hourdis.

Nous avons craint, en effet, qu'un bétonnage
direct de la totalité du chevêtre n'emprisonne sous
la platine des poches d'air nuisibles à la bonne
transmission de la réaction d'appui. ■

Michel BOILEAU
Michel BOY

Figure 7.

PASSERELLE DU CHEMIN DU VIADUC



Perspective: belvédère et travée côté Fourvière.

En 1992, la Communauté Urbaine de Lyon a décidé la construction d'une passerelle sur la colline de Fourvière à proximité de la cathédrale Notre-Dame.

La passerelle repose sur les appuis de l'ancien viaduc du tramway de Loyasse datant du XIX^e siècle. Elle est réalisée dans le cadre d'un cheminement piéton projeté sur les crêtes de Fourvière.

La solution retenue, suite à un concours d'architecte, s'intègre parfaitement dans un site bénéficiant d'une exposition exceptionnelle. L'ouvrage

est visible de la colline de la Croix-Rousse et la rive gauche de la Saône à côté de la cathédrale et la tour de télécommunication. Elle allie des matériaux différents tels que l'acier pour la structure, le bois pour le platelage et le verre pour les garde-corps.

La structure métallique est fine et légère, elle apparaît comme une simple ligne entre deux parcs.

La passerelle n'est pas traitée comme un simple moyen de traverser. Elle comprend, en partie centrale, un belvédère circulaire où l'on peut s'arrêter pour contempler le paysage. Le revêtement devient alors du verre, permettant de voir la structure.

Présentation de l'ouvrage

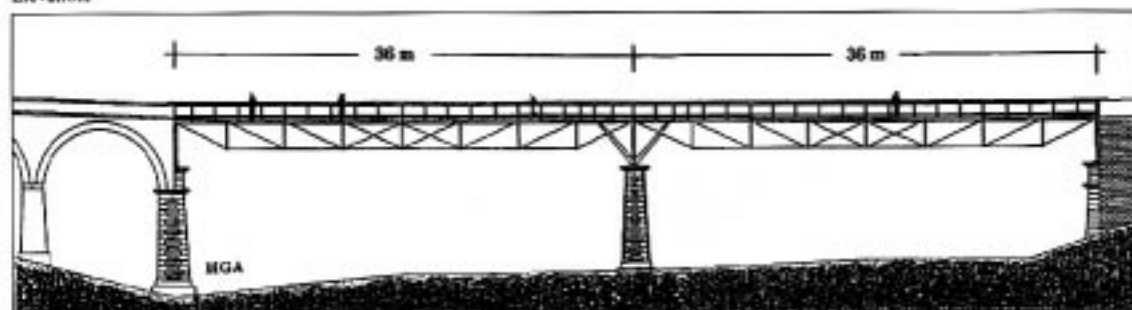
D'une longueur de 72 m, le tablier repose sur deux culées et une pile en maçonnerie. La largeur de l'ouvrage est de 3,70 m entre nus de garde-corps. Il est conçu pour supporter la charge a(l) et la circulation d'un véhicule d'entretien de 3,5 tonnes.

Tablier

Le tablier est une structure sous-bandée de 1,80 m de hauteur. Les haubans prennent appui sur des montants (ou bracons) espacés de 4,50 m.

La membrure supérieure est constituée de deux tubes reposant sur les montants. Le tablier repose sur les appuis existants par l'intermédiaire d'une structure triangulaire en tube.

Élévation.



INTERVENANTS :

Maître d'ouvrage :
Communauté Urbaine de Lyon

Conception - Réalisation - Études :
— Manuelle GAUTRAND et Associés: architectes
— Société FRAMATHIC: construction métallique
— Marc MALINOWSKI: ingénieur structure

Contrôle des études d'exécution :
CETE de Lyon: Division Ouvrages d'Art



Travée côté Loyasse.

Transversalement la structure est en forme de V. Les tubes, espacés de 2,20 m, ont 323 mm de diamètre pour une épaisseur de 8 mm. Ils sont constitués d'acier de nuance E 275-3 et sont reliés, transversalement, par des tubes ϕ 102 mm au droit de chaque montant.

Les montants sont fabriqués à partir de tôles oxy-coupées, en acier de nuance E 28-3, pour constituer un PRS (profil reconstitué soudé) en forme de V.

Les haubans au nombre de quatre, sont resserrés au maximum sous la base des montants afin de réduire leur encombrement visuel. Ce sont des tirants réglables DEHA-CORD d'esthétique indiscutable.

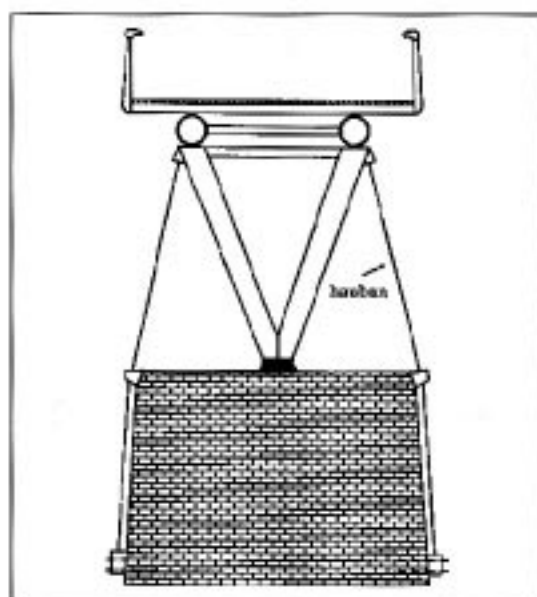
Chaque barre, en acier E 36, comporte à ses extrémités, deux chapes en fonte moulée dessinées en forme de goutte d'eau. Le filetage de la barre avec un pas à gauche et un pas à droite permet le vissage de la barre sans tendeur. Le diamètre des haubans est de 52 mm en partie médiane et 36 mm aux extrémités.

Des tirants, constituant des diagonales tendues, complètent la structure en reliant les montants et les membrures.

Contreventement

La stabilité au vent est assurée par un contreventement horizontal situé sous le platelage. La poutre au vent est constituée des deux membrures, des tubes transversaux formant montants et des diagonales formant des croix de St-André. Les diagonales, reliant les membrures au droit de chaque montant, sont des tirants dont le diamètre varie de 20 à 36 mm.

Au droit de chaque appui le tablier repose sur les maçonneries par l'intermédiaire d'une structure, en forme de V, constituée de tubes en acier E 275-3.



Coupe transversale sur culée.

L'appareil d'appui unique est situé à la base de cette structure. Les efforts horizontaux dus au vent sont repris par deux haubans déviés en tête de pile et culées et ancrées dans la maçonnerie.

Platelage

Le platelage en bois est en « ipé » ayant une résistance à la rupture de 1 840 daN/cm² en flexion. Les planches ont 145 mm de largeur et 38 mm d'épais-



Passerelle en cours de montage.

seur et comportent trois nervures antidérapantes. Elles sont fixées sur le cadre support par des vis en inox.

Les cadres supports de platelage sont constitués de profilés en U ou en Omega en acier inox. Les profilés sont formés à partir de tôles de 5 mm d'épaisseur coupées en bande puis pliées.

Belvédère - Garde-corps

Le belvédère est porté par un tube cintré (6 m de diamètre) et un tube droit corde. Les efforts sont transmis à la pile par une structure métallique en forme de V.

Le garde-corps en verre comprend des montants en acier espacés de 1,80 m. La main courante, en bois et demi tube inox, est montée sur un caisson en tôle galvanisée permettant de recevoir un système d'éclairage.

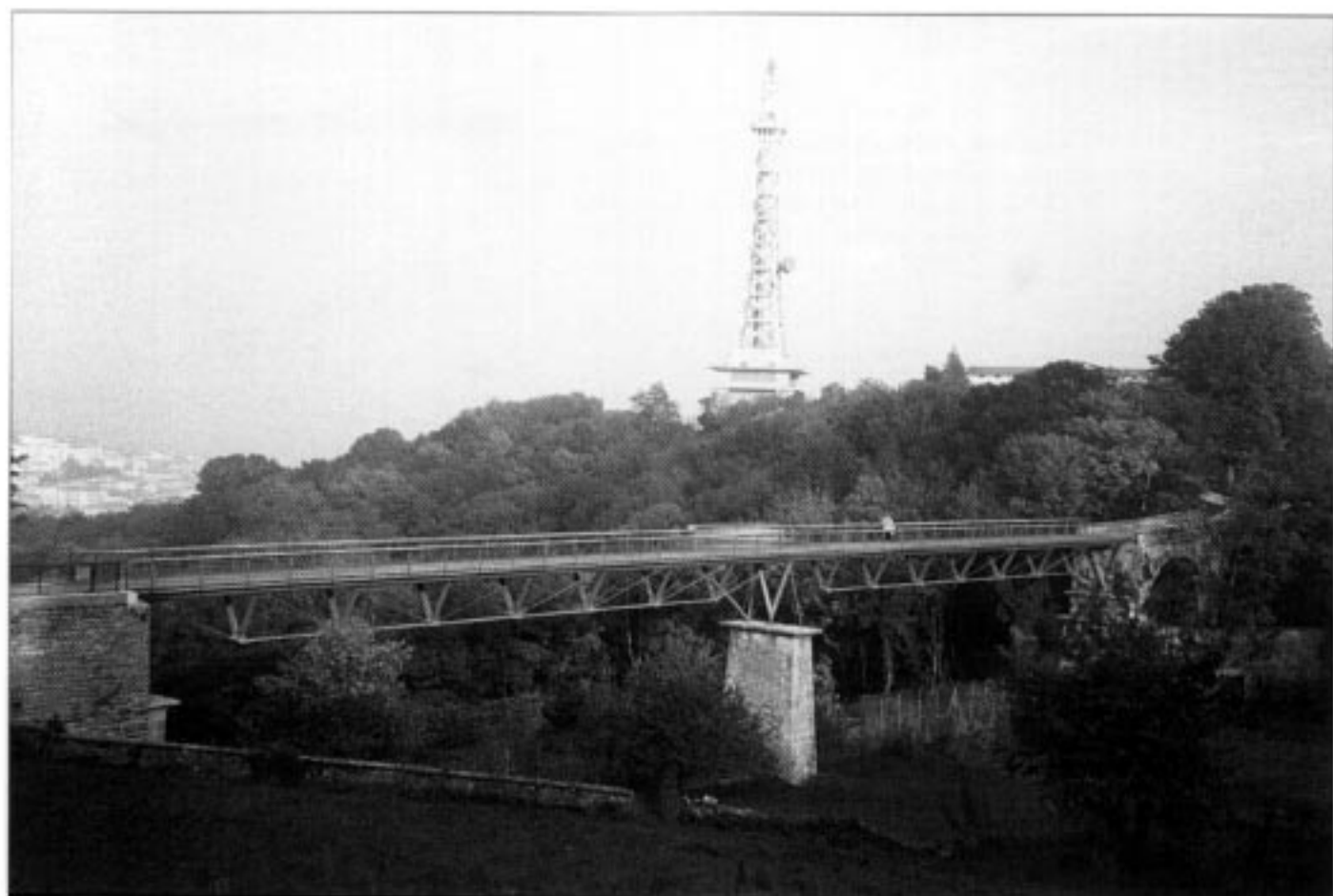
Montage

En raison de l'accès difficile du chantier la passerelle a été livrée par petits éléments qui ont été assemblés au sol en deux tronçons de 36 m.

Principales phases de montage :

- 1 - Mise en place et assemblage des tubes membrures sur supports provisoires.
- 2 - Montage des montants sous les membrures.
- 3 - Montage des haubans, des diagonales et du contreventement.
- 4 - Mise en place des cadres inox, du platelage et du garde-corps.
- 5 - Réglage des haubans et des diagonales.
- 6 - Mise en place de la passerelle en 2 tronçons sur ses appuis à l'aide de 2 grues de 30 tonnes.
- 7 - Réalisation du haubanage sur culées et pile et mise en place du belvédère. ■

Ferry TAVAKOLI



À PROPOS DES ABOUTS DE PONTS DALLES COURANTS

NDLR: cet article présente une solution mise en œuvre par la DDE 48. Le débat est ouvert!

Pour les passages supérieurs (PSDA ou PSDP) de longueur courante (de 30 à 60 m), la conception des culées et about d'ouvrage la plus fréquemment rencontrée est celle qui consiste à réaliser un mur garde-grève séparé de l'about de dalle uniquement par le souffle du joint de chaussée (3 à 5 cm) (figure 1).

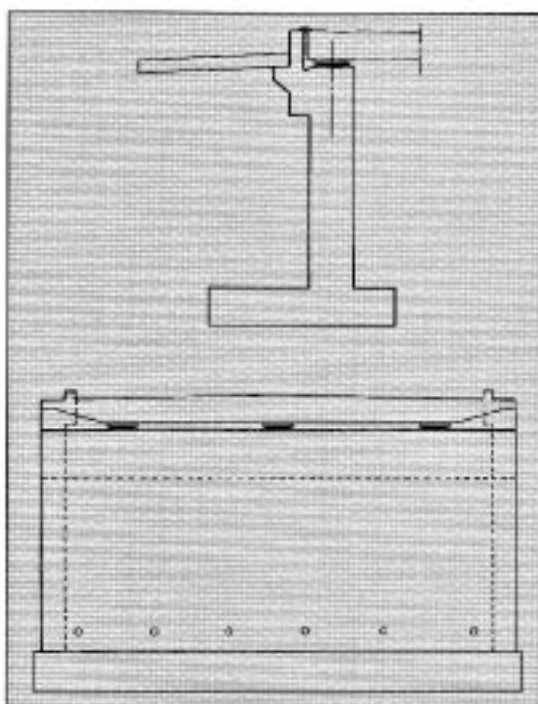


Figure 1.

Cette disposition, certainement la moins onéreuse pour des ouvrages nécessitant un joint de chaussée, présente toutefois à notre avis quelques inconvénients.

En premier lieu, au niveau de la réalisation. En effet, l'usage fait que l'on réalise le coffrage intérieur du garde-grève avec un polystyrène dur habillé d'un contreplaqué de peau. Le calage en pied est très laborieux compte tenu du faible espace entre le chevêtre et l'intrados du tablier. Il en résulte souvent une reprise de bétonnage peu satisfaisante qui reste ce qu'elle est, vu l'impossibilité d'intervenir après décoffrage.

Si ce n'est déjà fait au bétonnage, bien souvent le caniveau sur chevêtre se trouve obstrué soit au décoffrage, soit à la réalisation des joints de chaussées.

En phase de service, les joints pouvant présenter des défauts d'étanchéité, tout au moins à moyen terme, on peut se trouver en présence d'une zone continuellement humide (sans aucune ventilation), voire gorgée d'eau suivant les saisons. On a même vu des chevêtres «baignant» allègrement, sur lesquels surnagent les dés d'appui.

Cette zone, et particulièrement l'angle inférieur d'about de tablier, est un site privilégié de pathologie des bétons (oxydation d'armatures provoquant des éclatements de béton), notamment dans les régions à gel fréquent, aggravé de surcroît par les sels de déverglaçage.

La présence d'humidité (ou d'eau) en permanence est encore plus gênante dans le cas d'ouvrages en béton précontraint, car c'est aux abouts que se trouvent tous les ancrages des câbles de précontrainte et c'est leur cachetage qui se trouve menacé.

La Lozère étant, comme chacun le sait, une région aux hivers rigoureux, où le thermomètre met autant de zèle à descendre sous zéro que les agents de l'Équipement à saler les routes, et après avoir pu constater sur les premiers ouvrages de l'A75 quelques-uns des phénomènes décrits précédemment, il a été décidé d'adopter des dispositions différentes, suivant la nature de la voie.

Voies à faible trafic

Pour les rétablissements agricoles ou les voies communales à très faible trafic, la disposition adoptée, que l'on retrouve d'ailleurs dans le dossier PP 73 consiste à faire une retombée de dalle qui fait office de garde-grève (figure 2).

L'étanchéité du tablier descend jusqu'au bas de la retombée, protégeant bien l'about de dalle (et les cachetages de précontrainte). Elle peut être protégée par un géotextile contre lequel s'appuie une paroi drainante qui récupère les eaux d'infiltration dans le remblai, ou provenant de la fissure qui peut se produire sur la chaussée du fait de l'absence de joint de chaussée. À noter qu'à ce jour, sur les ouvrages réalisés ainsi, on n'a pas encore observé de désordre notable sur la chaussée.

Cette disposition est bien adaptée pour les ouvrages

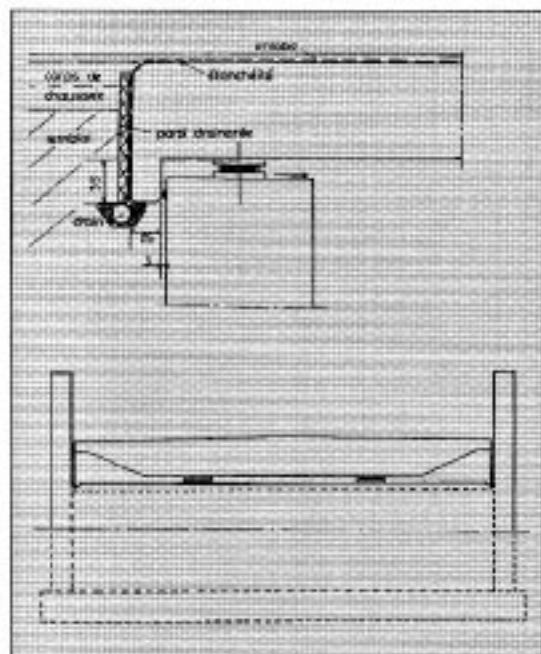


Figure 2.

à culée perchée avec une faible hauteur de remblai, donc un faible tassement de celui-ci, où vu le faible trafic, une dalle de transition ne s'impose pas.

L'exutoire du drain en pied de paroi drainante peut se faire de différentes façons suivant la configuration des culées (forme en U avec pente contre les murs en retour, à travers un de ces murs, ou même à travers le chevêtre avec un raccordement approprié, ou descendu en pied de mur de front avec la paroi drainante suivant le cas...).

Le chevêtre a une pente vers l'extérieur avec deux petits caniveaux latéraux pour les eaux s'infiltrant entre les murs en retour et le bord de la dalle (5 mm de joint suffisent).

Il y a bien sûr d'autres configurations possibles : murets cache-appui avec corniches qui retombent, etc., mais le principe reste le même, chaque projecteur trouvera bien sûr les dispositions adaptées à la configuration de la culée.

Autres voiries

Pour les ouvrages où le trafic impose un joint de chaussée et une dalle de transition (en fait la plupart), le principe retenu est celui des grands ouvrages, c'est-à-dire l'aménagement d'un espace suffisant entre l'about du tablier et le mur garde-grève permettant la mise en place d'un dispositif de recueil et d'évacuation des eaux, mais aussi sa visite et son entretien ultérieur.

Cet espace est obtenu par des corbeaux (un sur garde-grève, un en bout de tablier). Mais, vu la faible épaisseur en général des tabliers courants, l'accès à cet espace et la hauteur nécessaire pour s'y déplacer (1,50 m minimum) sont obtenus par un épaissement du chevêtre dans lequel est ménagée une réservation (figure 3).

Les eaux percolant à travers les joints de chaussée et trottoirs sont récupérées dans un chéneau pourvu d'une descente d'eau à l'une de ses extrémités, et récupérés ensuite dans le caniveau entre chevêtre et garde-grève. L'exutoire de ce dernier peut se faire de plusieurs façons suivant les pentes et configuration de la culée : à travers un mur en retour, ou à travers le chevêtre (culée perchée), descendu par fourreau dans le béton en pied du mur de front (culée creuse), etc.

L'about du tablier peut aussi être revêtu d'une étanchéité.

Une disposition de bonne construction consiste à décaler légèrement l'axe des appareils d'appuis de l'axe des poteaux ou voiles porteurs du chevêtre pour équilibrer à vide les moments dus au porte-à-faux plus important dans ce cas, du garde-grève et de la dalle de transition.

Évidemment, cette conception majore légèrement le coût de l'ouvrage : de 100 KF environ, soit de l'ordre de 2,5% du coût total.

Mais sur une opération d'investissement, une faible majoration peut souvent être acceptable, surtout si elle a pour but de prévenir des désordres (mêmes mineurs), donc d'alléger le coût d'entretien. ■

Alain BOURJOT
Michel CLÉMENT

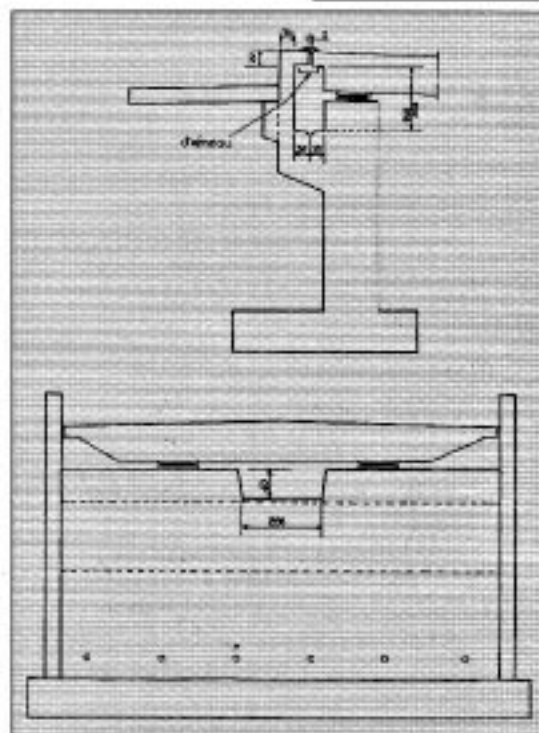


Figure 3.

Image Qualité des Ouvrages d'Art

Préambule

La Direction des Routes a décidé de lancer en 1994 une opération d'évaluation de l'état des ponts de son patrimoine non concédé, appelée IOOA.

Cette opération est similaire à celle déjà entreprise les années passées pour l'évaluation des chaussées (IORN) mais avec des différences qui résultent de la nature spécifique des ouvrages à évaluer.

Ainsi, la Direction des Routes s'est fixée trois objectifs prioritaires :

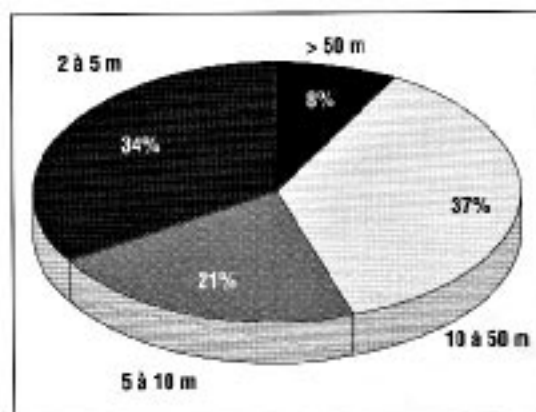
- avoir un inventaire complet des ouvrages,
- avoir un indicateur de l'état de son patrimoine, et suivre son évolution,
- avoir des évaluations suffisantes des coûts d'entretien et de réparations pour proposer et défendre une politique budgétaire plus rationnelle.

Inventaire

L'inventaire des ouvrages d'art a été mené fin 92 pour l'ensemble des ponts de plus de 2 m d'ouverture situés sur le réseau routier non concédé ; il sera étendu ultérieurement aux murs de soutènement et autres ouvrages.

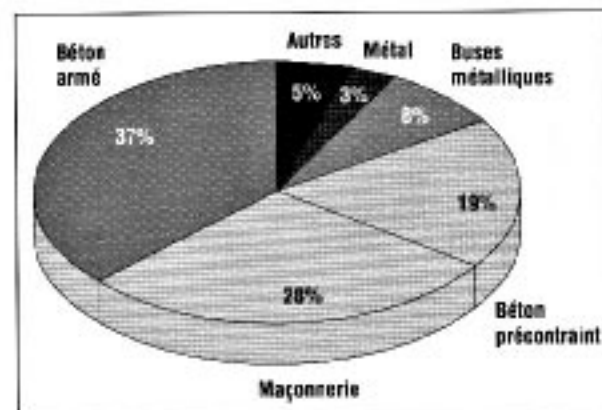
Les résultats principaux en sont les suivants :
nombre de ponts : 18 496,
soit en moyenne 1 ouvrage tous les 1,5 km
pour une superficie totale de 6 950 000 m²
et répartis de la manière suivante :

■ selon la portée principale :

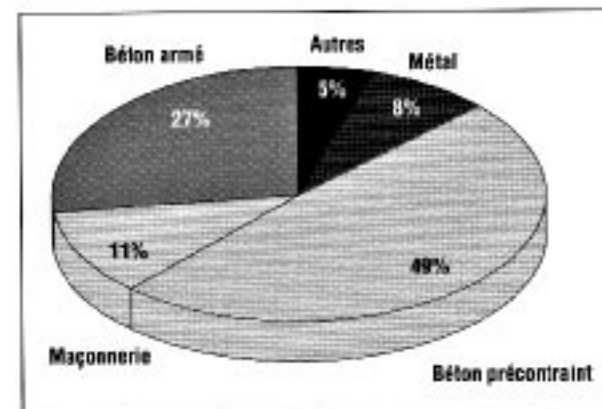


■ selon le type d'ouvrage :

— en nombre :



— en surface :



État des ouvrages

C'est l'évaluation de cet état qui constitue l'objectif principal de l'opération IOOA pour l'année 1994.

Contrairement aux chaussées pour lesquelles on dispose d'appareils de mesure et d'enregistrement à « grand format », l'état des ouvrages d'art est fonction de paramètres multiples, différents suivant le type d'ouvrage, et non mesurables ; son appréciation ne peut donc résulter que d'un diagnostic fait par un spécialiste à la suite d'une inspection.

Il est par ailleurs très difficile de constituer un seul indicateur véritablement pertinent qui serait la traduction en valeur économique des défauts constatés, car cela supposerait que l'on puisse traduire facilement ces défauts en coûts de réparation et que l'on connaisse par ailleurs les lois d'évolution dans le temps de l'état des ouvrages.

L'indicateur retenu pour l'IOOA est donc simplement constitué du classement de chaque ouvrage dans l'une des trois classes suivantes, elles-mêmes décomposées en sous-classes :

■ **classe 1** - ouvrage en bon état apparent ne nécessitant que de l'entretien courant au sens de l'instruction technique du 19 octobre 1979 ;

■ **classe 2** - ouvrage dont les défauts n'affectent pas la structure ou ne l'affectent que de manière mineure, et qui nécessite un entretien spécialisé ou des réparations mineures :

— si cet entretien est jugé urgent pour garantir la sécurité des usagers, l'ouvrage est classé **2S** (sécurité) ;

— si cet entretien est jugé urgent pour prévenir le développement rapide de désordres dans la structure, l'ouvrage est classé **2E** (évolution) ;

— s'il n'y a aucun caractère d'urgence, l'ouvrage est classé **2** ;

■ **classe 3** - ouvrage dont la structure est altérée et qui nécessite des travaux de réparation :

— si ces travaux sont jugés urgents en raison de

l'insuffisance de la capacité portante, immédiate ou à court terme, l'ouvrage est classé **3U** (urgence), — sinon, l'ouvrage est classé **3**.

Pour procéder au classement d'un ouvrage, il est demandé, soit de disposer d'un rapport d'inspection détaillé récent, soit de réaliser une visite rapide de l'ouvrage avec des moyens courants, l'objectif n'étant pas dans ce dernier cas de faire une inspection détaillée complète, mais de relever ce qui est nécessaire pour procéder au classement ; bien entendu, une telle visite qui peut être faite en l'espace de 2 heures pour un ouvrage courant servira à noter tous les défauts constatés pour décider si nécessaire de réaliser une inspection détaillée complémentaire ou même directement certains travaux d'entretien.

Compte tenu du nombre important d'ouvrages à évaluer, le principe retenu par la Direction des Routes est de demander aux DDE (CDOA) de procéder aux évaluations suivant une méthodologie mise au point par le réseau technique SETRA, LCPC et laboratoires régionaux avec l'aide de quelques CDOA et la participation de l'inspection générale ouvrages d'art ; les CETE auront par ailleurs la mission de diffuser la méthodologie dans les DDE et de contrôler son application.

À cet effet, des procès-verbaux de visite ont été mis au point* ; ils permettront aux subdivisions territoriales de réaliser les visites des ouvrages les plus courants et de soulager d'autant l'intervention des CDOA sur le terrain.

Il est vraisemblable que cet outil créé pour la circonstance deviendra un outil d'usage courant pour la visite des ouvrages que les subdivisions ont à faire périodiquement.

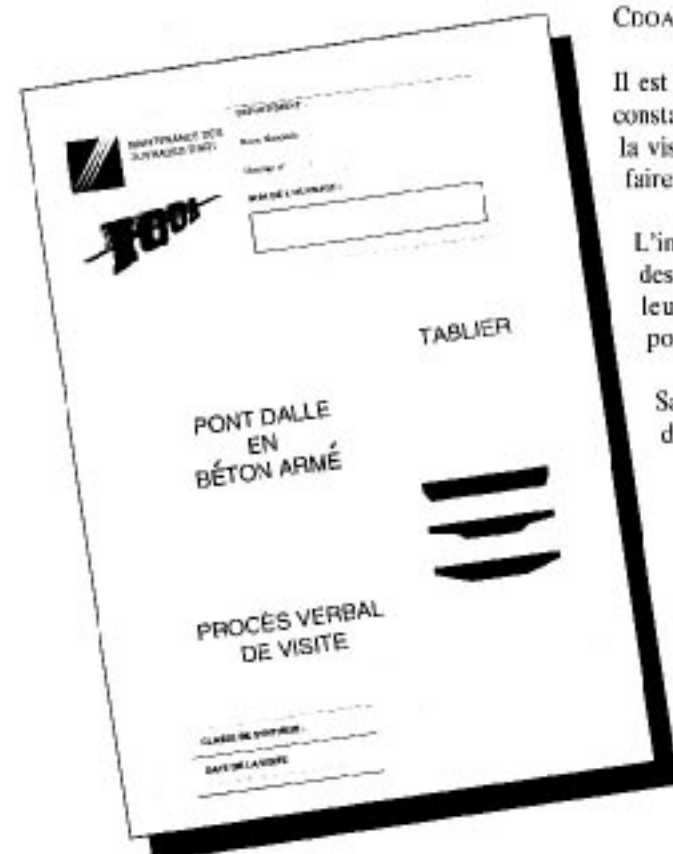
L'indicateur IOOA, constitué du dénombrement des ouvrages classés dans chaque catégorie, et de leur surface, sera réactualisé périodiquement pour suivre l'évolution dans le temps.

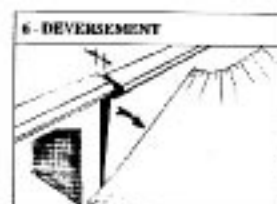
Sa première évaluation est attendue pour la fin de l'année 1994.

Coûts d'entretien et de réparation

Alors que les travaux financés sur le programme triennal de grosses réparations sont parfaitement connus (240 MF par an environ), le reste des interventions, tant d'entretien que de remise en état est mal appréhendé depuis que la dotation spécifique correspondante a été réintégrée en

(*) Les DDE seront averties de la date à partir de laquelle elles pourront se procurer ces procès-verbaux auprès du bureau de vente des publications du SETRA.





ANALYSE DES EFFETS	NORMES EN VIGNEUR	EVALUATION	NORMES EN VIGNEUR	EVALUATION
1. TOUTES LES PARTIES DU PONT	1			
2. PONTILLES	2			
3. PONTILLES	3			
4. PONTILLES	4			
5. PONTILLES	5			
6. PONTILLES	6			
7. PONTILLES	7			
8. PONTILLES	8			
9. PONTILLES	9			
10. PONTILLES	10			

Extrait du document « Pont dalle en béton armé - Procès verbal de visite » (à paraître).

1988 dans la dotation globale d'entretien des routes nationales.

Même si cette part a pu être évaluée à environ 43 MF en 1989 par Mlle Llanos dans le cadre d'une thèse faite sur l'économie de la maintenance des ponts, une meilleure connaissance des interventions d'entretien et de leur coût est nécessaire aujourd'hui.

Par ailleurs, l'estimation du coût de l'entretien courant (au sens de sa normalité) d'une part, et des travaux de remise en état des ouvrages dégradés d'autre part, nécessite une approche théorique et des constats complémentaires à l'évaluation IQOA de l'état des ouvrages.

Les informations remontant au SETRA au cours de

l'exploitation d'IQOA contiendront des indications sur l'état des parties constitutives des ouvrages (équipements, éléments de protection de la structure, tabliers, appuis); leur analyse devrait donc aider à segmenter la population des ouvrages en sous-ensembles plus homogènes et de ce fait à en permettre une estimation moyenne du coût de leur réparation.

Une fois cette étape franchie, il restera — si l'on peut dire — à mieux cerner les conséquences techniques et économiques d'un report dans le temps des interventions d'entretien, par suite d'une contrainte budgétaire; il faudra pour cela mieux connaître les lois d'évolution des dégradations; mais le chemin qui y mène risque d'être long. ■

Christian BINET