

OUVRAGES D'ART

N° 15 - Juillet 93

CENTRE DES TECHNIQUES D'OUVRAGES D'ART



Projet de dalle précontrainte sous-bandée sur A 75

SOMMAIRE

■ Ouvrages à suivre	2
— Dalle précontrainte sous-bandée - Étude de l'ouvrage d'art n° 13 sur A 75 • James LEFEVRE, Jacques RESPLENDINO	
— Exécution du pont de Villeneuve-sur-Lot • Philippe VION	
■ Techniques particulières	8
— Ponts routes en ossature mixte - Vérification à la fatigue - Modifications apportées par l'Eurocode 3 - DAN • Thierry KRETZ, Joël RAOUL	
■ Équipements et entretien	10
— Bientôt des avis techniques pour les procédés d'étanchéité des ponts-routes. Mise en place d'une Commission Générale des Avis Techniques dans le domaine Ouvrages d'Art • Michel FRAGNET	

— Attention « Corniches » • Michel FRAGNET, Michel FAUCHER

■ Calculs	12
— Fiche ST1 • Gilles LACOSTE, Pierre PEYRAC	
— OPLUS, post-processeur d'OMC - Calculs des ponts en ossature mixte • Jacques BERTHELLEMY	
■ Tribune libre	17
■ Informations brèves	18
■ SETRA	19
Les dernières publications Ouvrages d'Art	
■ Coordonnées des rédacteurs	20

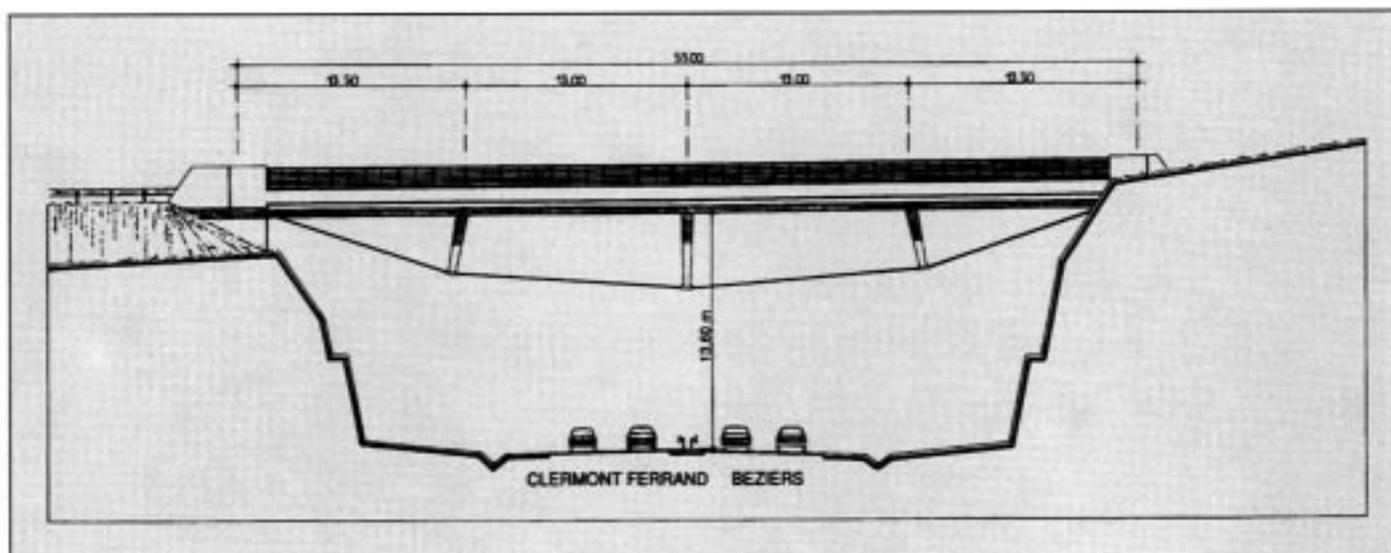


Bulletin de liaison diffusé par le Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art du
SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES

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

DALLE PRÉCONTRAÎNTE SOUS-BANDÉE

Étude de l'ouvrage d'art n° 13 sur A 75



INTERVENANTS :

Maitrise d'ouvrage :
État

Maitrise d'œuvre :
DDE de la Lozère :
A. BOURJOT
M. CLÉMENT

Conception :
— SETRA :
MM. VIRLOGEUX,
BOUCHON,
RESPLENDINO
— IOA :
MM. VALENCE, NIVET
— Architecte :
Cabinet SOBERCO
P. MILLON

Logiciel utilisé pour les études :
— ST1 (SETRA-CIOA)

Montage du dossier de consultation des entreprises :
DDE 48 avec l'appui d'IOA

Groupeement des entreprises retenues après appel d'offres :
GARDIOL
TRÉBUCHON

L'autoroute A 75 - Clermont-Ferrand/Béziers - traverse la Lozère, département au relief accusé où se succèdent déblais et remblais importants.

Réalisation pilote, A 75 fait l'objet d'un aménagement paysager et architectural d'ensemble. Cette volonté se manifeste également par le traitement structurel de quelques ouvrages choisis pour leur perception par l'usager.

Au droit du rétablissement du chemin du Truc de la Fare, à proximité de Marvejols, les déblais atteignent une hauteur de 15 mètres. Ainsi, dégagé, et situé au point haut du tracé, le franchissement de la brèche autoroutière par l'OA 13 constitue à l'évidence un site à privilégier.

La hauteur des déblais rocheux libérant un gabarit surabondant, liberté était laissée au concepteur pour projeter un ouvrage d'une portée totale d'environ 50 mètres sans appui intermédiaire.

Deux solutions de base ont été mises en concurrence à l'appel d'offres. La première était constituée d'une ossature mixte à hauteur variable et a été étudiée par le Bureau d'études IOA.

L'autre solution a été étudiée par le SETRA, en collaboration avec IOA. Il s'agit d'une dalle en béton précontraint à nervures latérales, sous-bandée par

des câbles de précontrainte prenant appui sur trois bracons métalliques.

C'est cette deuxième solution qui a été retenue à l'issue de l'appel d'offres.

Présentation de la solution

Géotechnique et fondations

Le déblai autoroutier est réalisé avec des talus très raides.

Il n'y a aucune difficulté pour fonder les culées superficiellement sur le toit calcaire, légèrement en retrait par rapport à la crête du talus.

Caractéristiques fonctionnelles

Le tracé en plan de la voie rétablie est un alignement droit perpendiculaire à l'axe de l'autoroute, et le profil en long est rectiligne avec une pente de 1%.

Le pont supporte une chaussée de 5 mètres de large et deux bords de 0,5 mètre. Il s'agit donc d'un ouvrage de 3^e classe.

Cet ouvrage servira également de passage pour le bétail. Des écrans latéraux sont donc prévus pour

masquer la perception du vide jusqu'à une hauteur de 2 mètres au-dessus de l'axe du profil en long.

Caractéristiques structurelles

Géométrie de la section transversale

Compte tenu de la nécessité de disposer d'écrans latéraux jusqu'à une hauteur de deux mètres au-dessus de l'axe du profil en long, et afin de ne pas augmenter de façon importante la hauteur totale perceptible du tablier, les nervures ont été placées latéralement et au-dessus de la dalle.

Leur hauteur est de 1,63 mètre pour une largeur moyenne, par nervure, d'environ 0,75 mètre.

La dalle a une largeur totale de 6,30 mètres. Son épaisseur est en moyenne de 30 centimètres et varie de 60 centimètres à l'encastrement sur les nervures à 26 centimètres dans l'axe de l'ouvrage, en passant par un minimum de 22 centimètres.

Conception et fonctionnement du sous-bandage

Les câbles de sous-bandage sont déviés par l'intermédiaire de trois bracons qui divisent la portée totale du tablier, 53 mètres, en quatre travées de longueurs: 13,5 m — 2 x 13 m — 13,5 m.

La position et la hauteur des bracons ont été fixées par des considérations esthétiques.

Ces câbles ne fonctionnent pas comme des câbles de précontrainte extérieure mais comme des haubans. En effet, la précontrainte est destinée à assurer une compression minimale dans le tablier. On tend les câbles jusqu'à leurs limites autorisées même si cette compression minimale est nettement dépassée.

Le haubanage sert quant à lui à obtenir dans le tablier un état de sollicitation prédéterminé, par exemple, un moment nul à vide. On atteint cet état par un réglage de la tension de chaque hauban. Il est aussi nuisible d'avoir une tension trop forte qu'une tension trop faible.

De plus, les haubans participent largement à la rigidité de la structure et peuvent subir des variations de tension importantes sous l'effet des charges d'exploitation.

La géométrie longitudinale du sous-bandage, ainsi que la force de réglage à vide des câbles, ont été déterminés de façon à respecter les deux critères suivants:

— les projections sur la verticale des efforts normaux dans les bracons sous charges permanentes

sont égales aux réactions d'appuis du tablier sur appuis simples (portées 13,5 m - 2 x 13 m - 13,5 m);
— chaque bracon est orienté suivant la bissectrice de l'angle formé par les câbles qu'il dévie.

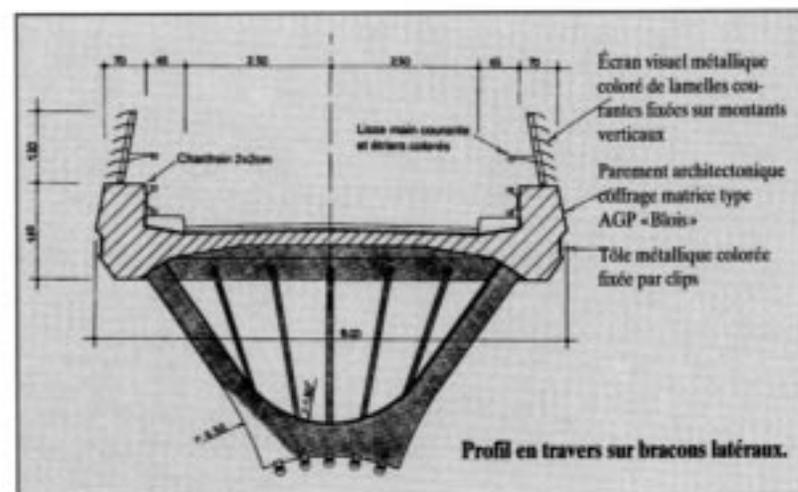
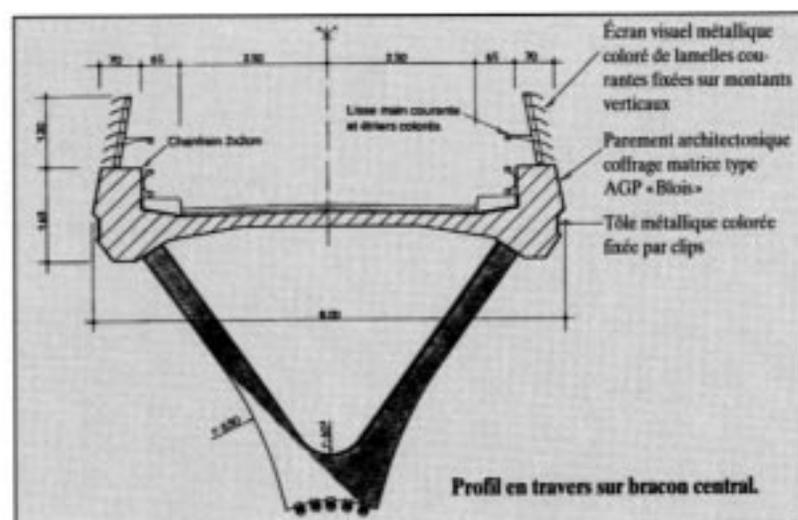
Transversalement, chaque câble est disposé dans un plan incliné dont la géométrie a été dictée par les deux points suivants:

— les ancrages aux abouts sont répartis sur toute la largeur du tablier pour minimiser les effets de la diffusion;
— à la clef de l'ouvrage, le faisceau de câbles est le plus resserré possible afin de réduire son encombrement visuel.

Géométrie des bracons

Les bracons sont des V dont chaque branche est constituée d'un caisson métallique ancré dans les nervures du tablier.

La hauteur du bracon central est de 5 mètres et celle des bracons latéraux est de 3,5 mètres.



Dimensionnement de l'ouvrage

Le tablier est dimensionné en classe II du BPEL vis-à-vis de la flexion longitudinale.

La section totale des haubans est déterminée de façon à limiter leur tension à l'ELS rare à environ $0,45 R_G$.

Ceci conduit à mettre en œuvre 5 câbles 19T15 Super. À vide, les câbles sont tendus à environ $0,37 R_G$.

Le sous-bandage reste néanmoins très souple. Les surcharges ne développent que des moments positifs sur presque toute la longueur du tablier.

Les nervures sont précontraintes longitudinalement par 6 câbles 12T15 Super (3 par nervure), filant d'un bout à l'autre de l'ouvrage.

Le tracé de ce câblage complémentaire a été déterminé de façon à obtenir une compression quasiment centrée dans le tablier, sous charges permanentes.

La dalle est précontrainte transversalement par des câbles 4T15 Super développant une compression moyenne de 2 MPa. La flexion transversale est vérifiée en classe III du BPEL.

Les câbles sont plus resserrés au droit des bracons pour équilibrer la traction transversale transmise par les branches inclinées.

Phasage de construction

Ordonnancement général

La construction de l'ouvrage débute avant les terrassements généraux de la section. Les déblais rocheux dans la zone de l'ouvrage sont donc réalisés dans le cadre du marché.

Exécution de l'ouvrage

Une fois les terrassements terminés, le tablier est entièrement réalisé sur cintre.

Ce cintre comprend des palées principales situées sous les nervures latérales au droit de chaque bracon.

Une fois le béton du tablier coulé, on met en œuvre la précontrainte intérieure, puis on enlève les coffrages courants entre les palées provisoires qui servent alors d'appuis intermédiaires au tablier.

On peut alors mettre en œuvre les haubans. Leur mise en tension permet le décollement du tablier des palées intermédiaires qui sont alors supprimées.

Le réglage final des haubans intervient après pose des superstructures.

Dévolution des travaux

Le marché a été attribué au groupement d'Entreprises GARDIOL / TRÉBUCHON.

L'Entreprise TRÉBUCHON exécute les terrassements.

Les bracons métalliques sont réalisés par l'Entreprise CIVAD. La précontrainte et les câbles de sous-bandage sont fournis et mis en œuvre par FREYSSINET.

Les études d'exécution sont faites par le Bureau d'Études IOA et le contrôle par le SETRA. ■

J. LEFEVRE
J. RESPLENDINO

EXÉCUTION DU PONT DE VILLENEUVE-SUR-LOT

La commune de Villeneuve-sur-Lot (Lot-et-Garonne) a décidé en 1989 de confier à la Direction Départementale de l'Équipement du Lot-et-Garonne la maîtrise d'œuvre pour la construction d'un nouveau pont urbain sur le Lot: le pont de Bastérou.

La DDE du Lot-et-Garonne a confié les études techniques au Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art du SETRA en collaboration avec l'Architecte B. Mikaelian.

La commune de Villeneuve-sur-Lot s'étend sur les deux berges du Lot. Les communications entre les deux rives sont assurées par deux ponts urbains (le Pont Vieux et le Pont Neuf) et, hors agglomération, par le pont de la déviation de la RN 21. Le site formé par le plan d'eau, les berges et les deux ouvrages existants est d'une grande qualité esthétique, ce qui constitue une contrainte très forte pour la conception du nouveau pont.

L'ouvrage franchit le Lot à deux cent vingt mètres à l'aval du Pont Vieux, lui-même à l'aval du Pont Neuf. Il relie le boulevard du 14 juillet en rive droite à la Place de Bastérou en rive gauche. Les emprises des voies d'accès à l'ouvrage ont été réservées et sont libres de toute construction.

Caractéristiques de la brèche et du site

La distance entre crêtes des berges au droit du franchissement est d'environ 140 mètres, dont 100 mètres occupés par le Lot. Comme le montre la coupe longitudinale (fig. 1) la brèche est dissymétrique et les études se sont orientées vers la réalisation d'un viaduc en rive droite plutôt que d'un remblai. Le pont doit aussi franchir le chemin de halage en rive gauche, et deux rues en rive droite.

En raison de l'aménagement hydroélectrique du Lot, le plan d'eau est maintenu presque en permanence à un niveau d'environ 39 NGF. Du point de vue géologique le site se caractérise par la présence d'un substratum marneux très dur et très compact presque affleurant, cet horizon de très forte épaisseur est recouvert par des matériaux alluvionnaires.



Vue générale de l'ouvrage terminé.

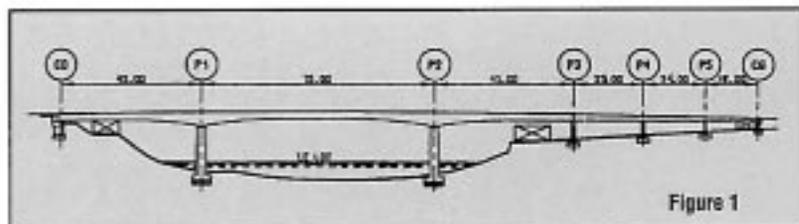


Figure 1

Toutefois l'érosion doit être prise en compte, ce qui nécessite de considérer la possibilité d'affouillement en pied de pile.

Sur le plan de l'environnement, ce type d'ouvrage en site urbain induit des contraintes d'exécution liées à l'exiguïté des emprises disponibles pour l'installation du chantier, et à la proximité des riverains.

INTERVENANTS:

Maîtrise d'ouvrage:
Commune de Ville-
neuve-sur-Lot

Maîtrise d'œuvre:
DDE de Lot-et-Garonne
Service des routes et de
l'eau

**Projet et contrôle des
études d'exécution:**
SETRA

Architecte:
B. Mikaelian

**Groupeement d'entre-
prises:**
GCA
Bouygues

Études d'exécution:
Europe Études Gecti
Agence de Toulouse

L'étude préliminaire

L'étude préliminaire, réalisée par le SETRA au cours de l'année 1990, a permis de dégager deux solutions: une solution classique en béton précontraint, et une solution innovante d'arc en treillis.

La solution en béton précontraint est une structure continue qui se compose de trois travées principales de hauteur variable au-dessus du Lot et de trois travées d'accès dont la hauteur s'amenuise jusqu'à la culée. La solution en arc est constituée d'un tube métallique rempli de béton et d'une dalle précontrainte reliés par des montants en treillis (Cf. article de la revue «TRAVAUX» n° 678 juillet-août 1992).

Le maître d'ouvrage a préféré écarter la solution innovante et a choisi la solution classique d'un pont en béton précontraint moins onéreux et à la technique plus éprouvée.

Le projet de base

L'ouvrage étudié comprend six travées de 45m - 75m - 45m - 23m - 21m - 15m, pour une longueur totale de 224 mètres entre axes d'appuis des culées. L'ouvrage principal est constitué d'un tablier en béton précontraint en forme de caisson unicellulaire à âmes inclinées construit par encorbellements successifs (fig. 2). La continuité de l'ouvrage

en rive droite est assurée par un tablier coulé sur cintre qui s'amincit progressivement jusqu'à la culée, la poutre caisson se transforme en dalle nervurée de même coffrage extérieur lorsque la hauteur du tablier devient inférieure à 1,50 m (fig. 3).

Le profil en travers se compose d'une chaussée de 7,00 m de largeur (deux voies de circulation), bordée par deux bandes cyclables de 1,25 m de largeur et deux trottoirs également de 1,25 m. Il dégage une largeur utile de 12 mètres entre nus de garde-corps. La largeur du tablier est de 12,30 m.

La culée C0 est enterrée, et la culée C6 est une culée remblayée classique avec dalle de transition.

Les piles en rivière ont un fût de section ovale, des coques préfabriquées servant de coffrage perdu ont été imposées pour la qualité des parements. Les piles à terre ont deux fûts rectangulaires reliés par une traverse.

À l'exception de la culée C6 fondée sur une semelle superficielle, le projet de base prévoyait de fonder les appuis par l'intermédiaire d'une semelle reposant sur des pieux ancrés dans la marne. Les piles en rivière, notamment étaient fondées sur 4 pieux de 1,40 m de diamètre.

Il était prévu de réaliser les fondations en rivière à l'abri d'un caisson préfabriqué constitué d'un rideau de palplanches et d'un fond en béton comportant des réservations circulaires permettant la réalisation des pieux.

La stabilité des fléaux en cours de construction était assurée par l'intermédiaire de palées provisoires métalliques prenant appui sur la semelle de fondation, et placées dans le prolongement des pieux.

Tablier

La hauteur du caisson varie de 4,50 m au droit des piles en rivière à 2,20 m à la clef de la travée centrale et à l'extrémité de la travée rive gauche, suivant une cubique assurant la continuité de l'intrados à l'extrémité des fléaux. Dans la travée en rive droite et les travées sur berge, la hauteur du tablier varie à partir de la pile P2 suivant une cubique puis suivant une droite tangente à la cubique pour atteindre une hauteur minimale de 0,60 m au droit de la culée C6.

La variation suivant une cubique a été choisie pour donner au tablier un aspect plus élancé que celui obtenu avec une variation parabolique traditionnelle. Du fait de l'amincissement du tablier pour franchir le gabarit au droit de la culée C6, les goussets des encorbellements sont minces afin de permettre le raccordement avec la nervure de 0,60 m.

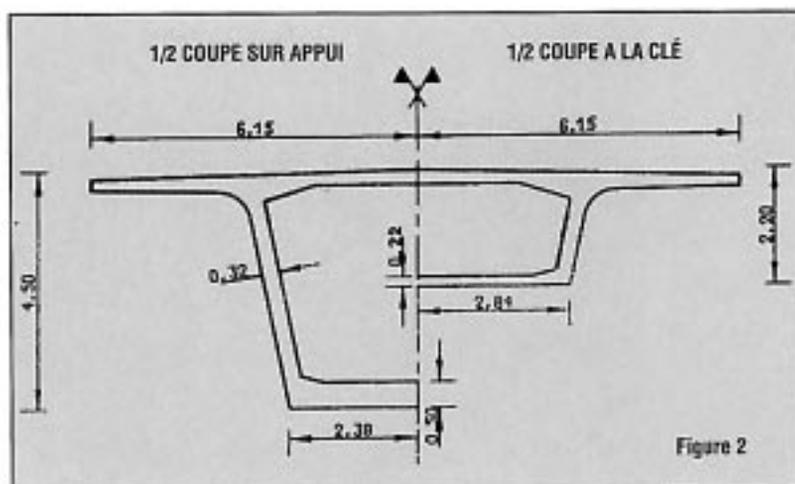


Figure 2

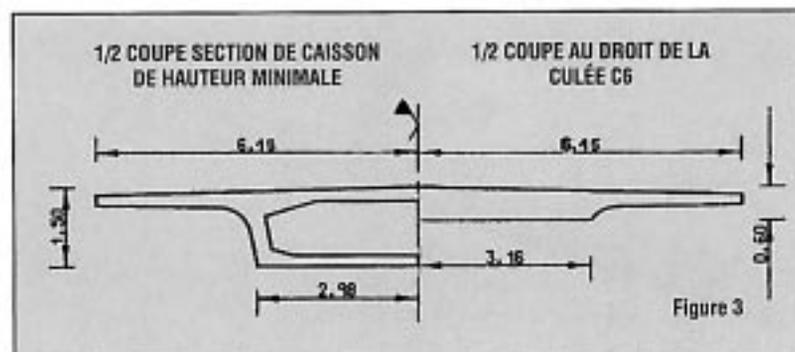


Figure 3

Câblage

Dans les travées principales, la précontrainte longitudinale se compose :

- de câbles de fléau et de câbles de solidarisation 12T15 intérieurs au béton, 9 paires pour chaque fléau et 2 paires d'éclisses à la clef de chaque travée;
- de câbles de continuité 19T15 extérieurs au béton et filants sur deux ou trois travées.

Dans les travées d'accès, la précontrainte longitudinale filante est entièrement interne au béton, elle est réalisée par sept paires de câbles 12T15.

Le câblage des travées principales et celui des travées d'accès se recouvrent au droit de la pile P3 munie d'une entretoise massive.

Le tablier est précontraint, transversalement par des monotorons T15 situés au droit des piles P1 P2 P3 et aux extrémités sur culées C0 et C6, pour assurer la diffusion de la précontrainte longitudinale.

La précontrainte du tablier en rive droite est réalisée en deux phases. Une famille de 3 paires de 12T15 est tendue en première phase après bétonnage pour permettre le décentrement des trois travées. Une famille de 4 paires de 12T15 est tendue en deuxième phase après réalisation du clavage avec le fléau sur pile P2.

Il a été prévu une précontrainte additionnelle : une paire de câbles 19T15 régnant sur les travées principales, et une paire de câbles 12T15 pour les travées d'accès.

Caractéristiques du projet d'exécution

Le maître d'ouvrage a choisi le groupement d'entreprises GCA - Bouygues pour la réalisation de l'ouvrage sur la base du dossier d'appel d'offres moyennant quelques variantes.

Les principales modifications sont les suivantes :

- la réalisation des pieux des piles en rivière se fait à l'abri des coques préfabriquées servant de batardeau, les fûts de pile reposent directement sur deux pieux de 2,00 m de diamètre, la semelle de fondation est supprimée;
- la fondation des piles en rivière sur une file de pieux ne peut pas résister au déséquilibre de fléau, aussi, il faut placer des palées de stabilité à 10 m de part et d'autre de chaque pile, ces palées sont constituées de deux tubes métalliques de 609 mm de diamètre;
- des coques préfabriquées ont aussi été utilisées pour réaliser les piles à terre et les culées;

— les piles à terre sont fondées sur une semelle superficielle.

L'entreprise a réalisé le coffrage extérieur des voussoirs sur pile à l'aide des équipages mobiles reliés par un tronçon de faible longueur. ■



P. VION

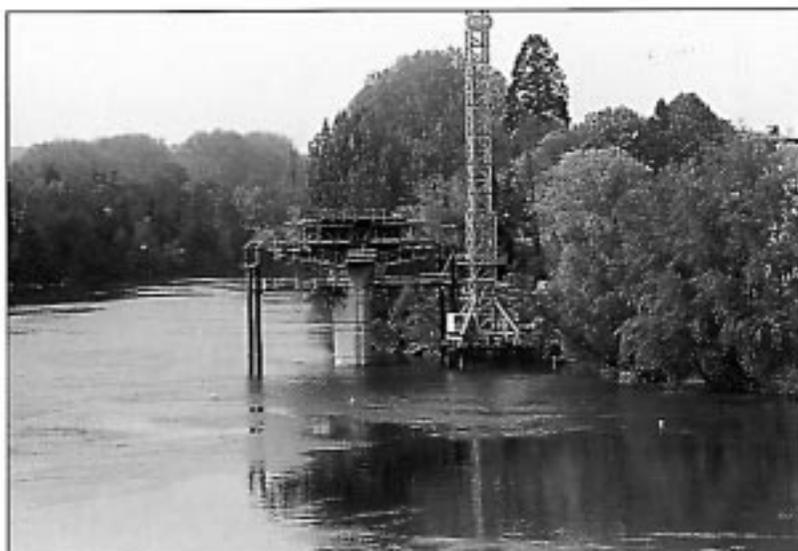
Calendrier

L'appel d'offres a été lancé en :
 janvier 1991
 Réception des plis :
 fin mars 1991
 Ouverture des plis :
 fin juin 1991
 Analyse des offres :
 juillet-août 1991
 Début des travaux :
 novembre 1991
 Fin des travaux :
 mars 1993.

Quantités

Ratios d'armatures passives :
 — 131 kg/m³ (caisson 142 kg/m³,
 dalle 90 kg/m³)
 — 75,4 kg/m² de surface de tablier

Ratios d'armatures actives :
 — 45,6 kg/m³
 — 26,2 kg/m² de surface de tablier.



Ponts routes en ossature mixte

VÉRIFICATION À LA FATIGUE

**modifications apportées
par l'Eurocode 3 - DAN***

Il n'existe aucun texte technique réglementaire sur la vérification à la fatigue des ponts métalliques ou mixtes. Toutefois le Fascicule 61 titre V impose d'effectuer cette vérification lorsqu'il y a lieu. Il est maintenant reconnu que ceci est toujours le cas. Nous rappelons ci-dessous les outils dont nous disposons pour y parvenir, puis nous présenterons les modifications apportées par la publication du document d'application nationale de l'Eurocode 3.

Rappels sur les principes du calcul

La prise en compte de la fatigue dans le dimensionnement et la conception des ponts métalliques est devenue une règle générale depuis la parution en 1987 des recommandations de la CECM, pour la vérification à la fatigue des structures en acier et la mise au point en 1990 d'un convoi de fatigue représentatif du trafic routier (références /1/ /2/ et /3/).

Les règles de la CECM ont servi de base à la rédaction de l'Eurocode 3; c'est la rédaction provisoire de l'Eurocode 3 qui était utilisée jusqu'à présent.

Ces recommandations comportent cinq tableaux indiquant la classe de résistance des assemblages courants. La classe de résistance, encore appelée catégorie de détail, est la variation de contrainte que l'assemblage peut supporter sans se rompre au moins deux millions de fois. Cette valeur varie de 36 MPa à 160 MPa selon les détails.

La résistance à 100 millions de cycle est appelée limite de troncature. Elle vaut en général 0,405 fois la catégorie du détail (résistance à 2 millions de cycles), soit en pratique 15 MPa à 30 MPa pour les assemblages courants.

Le convoi de fatigue est constitué d'un seul camion de type semi-remorque supposé circuler seul sur la voie lente de l'ouvrage. Le poids de ce camion est de 30 tonnes. Il doit être pondéré par un facteur représentatif de l'intensité du trafic sur l'ouvrage. Ce facteur vaut en général 1.0 pour les RN, 1.2 pour les autoroutes normalement chargées, 1.4 pour les autoroutes très chargées, comme l'autoroute A6 par exemple. Il convient également de tenir compte de la présence éventuelle de plusieurs voies lentes sur l'ouvrage. Ce convoi de fatigue sera légèrement modifié dans le futur Eurocode 1, mais le principe de vérification restera le même.

Dans les cas courants, la vérification à la fatigue d'une structure revient à calculer le cycle de variation de contrainte produit dans chaque assemblage par le passage du convoi de fatigue et à vérifier que chaque assemblage peut résister 100 millions de fois à ce cycle. C'est-à-dire que la variation de contrainte calculée doit être inférieure à la limite de troncature de l'assemblage.

Modifications apportées par les règles de l'Eurocode 3-DAN

La parution de l'Eurocode 3-DAN, qui est applicable au domaine du bâtiment, mais auquel il est conseillé de se référer pour la vérification à la fatigue des ponts routes, apporte quelques modifications aux calculs actuels.

Ces modifications concernent principalement les catégories de détail de certains assemblages et la prise en compte d'un coefficient partiel de sécurité.

Les catégories de détail des assemblages courants qu'il convient d'appliquer sont représentés sur la figure ci-après. Ces schémas sont très simplifiés et

(*) DAN: Document d'Application Nationale.

Bientôt des avis techniques pour les procédés d'étanchéité des ponts routes

Mise en place d'une Commission Générale des Avis Techniques dans le domaine Ouvrages d'Art

La procédure actuelle d'appréciation des étanchéités des ponts telle qu'elle est prévue dans le Fascicule 67, titre I du CCTG, présente un certain nombre d'inconvénients :

- elle est limitée à quelques procédés bien connus : bicouche asphalte, film mince adhérent au support et feuilles préfabriquées monocouches. Or il y a d'autres procédés ou systèmes valables et pour lesquels les utilisateurs souhaiteraient disposer d'éléments d'information ;

- elle s'applique uniquement à une appréciation de conformité aux spécifications d'un échantillon qui n'est pas obligatoirement représentatif de la production générale. Elle ne porte pas sur certains aspects tels que les conditions de mise en œuvre, le système qualité en fabrication ;

- de par son caractère non officiel, elle risquait de ne pas pouvoir être valablement reconnue lors des futures discussions pour la normalisation CEN (Normes ou Agrément Technique européen [ATE]).

Face à cette situation, la profession qui souhaitait, en accord avec l'Administration, proposer la voie de l'ATE dans le cadre de l'EOTA (*European Organization for Technical Approvals*), a demandé au SETRA de mettre en place une procédure d'appréciation par un Avis Technique.

Pour cela il était nécessaire de mettre en place une structure officielle chargée de traiter des Avis Techniques dans le domaine Ouvrages d'Art. Sollicités par le SETRA, les organismes représentatifs des Entreprises, des BET, des Maîtres d'Ouvrage et du réseau technique ont accepté de s'associer pour créer une **Commission Générale des Avis Techniques** spécialisée dans le domaine **Ouvrages d'Art (CGAT/OA)**, constituant ainsi le pendant de la CGAT qui fonctionne actuellement dans le domaine chaussée, à la satisfaction de tous.

Cette CGAT/OA est en cours de mise en place. Une fois son règlement institué, elle va créer des

groupes spécialisés dans divers secteurs. Le premier sera celui traitant des étanchéités des ponts routes dont le groupe est, pour le moment, constitué en groupe de travail avec la mission de préparer un guide d'appréciation. Ce guide doit être achevé pour la fin 93 afin de pouvoir commencer à instruire les premières demandes. Le groupe spécialisé « joints de chaussées » qui fonctionne actuellement sera alors rattaché à la CGAT/OA avec un nouveau guide d'appréciation.

D'autres secteurs sont envisagés : les revêtements sur supports en acier, les soutènements, etc.

Il convient de noter que cette procédure est mise en place et fonctionne en parfaite harmonie entre les divers partenaires intéressés (Professionnels, Administration, BET...).

Nous espérons que vous ferez bon accueil à ces futurs avis et que nous pourrons nous appuyer sur eux pour promouvoir une procédure d'ATE dans le cadre de l'EOTA. Cette voie nous paraît, en effet, la mieux adaptée pour traiter correctement les systèmes d'étanchéité souvent variés ou faisant l'objet de propriétés industrielles et commerciales. ■

M. FRAGNET

ATTENTION « CORNICHES »

Les corniches de pont font l'objet actuellement d'une surenchère dans le choix des matériaux, des formes et des couleurs. Ceci n'est pas critiquable à condition que l'on conserve à la corniche sa fonction essentielle de larmier et d'esthétique. Cette fonction est maintenant complètement oubliée dans certaines réalisations avec, pour conséquence, des risques à court ou moyen terme pour la sécurité des usagers, car la tenue et la durabilité de ces « ornements » ne sont pas satisfaisantes.

Nous voudrions attirer l'attention des projecteurs sur ce point en disant : « attention danger ».

Certaines réalisations récentes, trop audacieuses ou à spécifications mal définies, ont démontré leur mauvaise adaptation au choc par des parties de véhicules hors gabarit. La photo ci-contre montre les conséquences de ce heurt sur une corniche bardage. Pour les corniches en béton armé classique ces heurts sont sans conséquence grave en général ; ici la sécurité des usagers est en jeu et la responsabilité du gestionnaire peut être recherchée pour ne pas avoir fait choix de solutions plus sûres.

Ceci pose aussi le problème de la remise en état de ces équipements dont le moule ou la matrice de base a disparu et qui va coûter une fortune à refaire à l'identique.

Une précaution de base consisterait à condamner toute installation de tels habillages de bord de tablier dont la partie inférieure serait trop proche du gabarit (voire engagerait le gabarit) défini par l'intrados de l'ouvrage (un minimum de sur gabarit de 10/15 cm serait souhaitable). Ensuite, les dispositions constructives d'accrochage sur la dalle devront être justifiées en conformité avec les règlements actuels de charpente métallique pour l'ossature et les conseils du CEB, *Bulletin d'information* N° 206, pour les inserts dans la structure. Ces inserts de fixation devront être en matériau inaltérable (acier inox type A4) et la charpente correctement isolée si elle est en matériau de nature différente. Des dispositions constructives adéquates devront protéger ces ancrages et le bord de la dalle contre l'eau de pluie et permettre leur examen visuel (Cf *Bulletin OA* N° 3).

Il est possible de faire beau mais il ne faut pas nécessairement suivre et exagérer certaines modes ; il est



Dégâts occasionnés sur la corniche par un véhicule hors gabarit.



Le gestionnaire de la voirie a découpé toutes les parties endommagées qui menaçaient de tomber.

conseillé une canalisation des souhaits pour faire des ouvrages beaux durablement et sans danger.

Un prochain numéro de ce bulletin reviendra sur les dispositions constructives à conseiller. En outre, le sous-dossier « corniches » du GC 77 est en cours de refonte pour une publication prévue fin 93 et il est possible, dès maintenant, d'obtenir des éléments d'information sur ce projet. ■

M. FRAGNET
avec la collaboration de M. FAUCHER

FICHE ST1

A fin d'aider les utilisateurs du programme ST1 et leur permettre de bénéficier pleinement de ses atouts, notamment de son langage de données programmable, il a été décidé de créer des fiches d'exemples de fichiers de données ST1 que vous pourrez conserver et utiliser à l'occasion de vos propres études. La première de ces fiches est publiée ici, à titre d'exemple, d'autres sont en cours de préparation. Pour tout renseignement, s'adresser à G. LACOSTE ou P. PEYRAC.

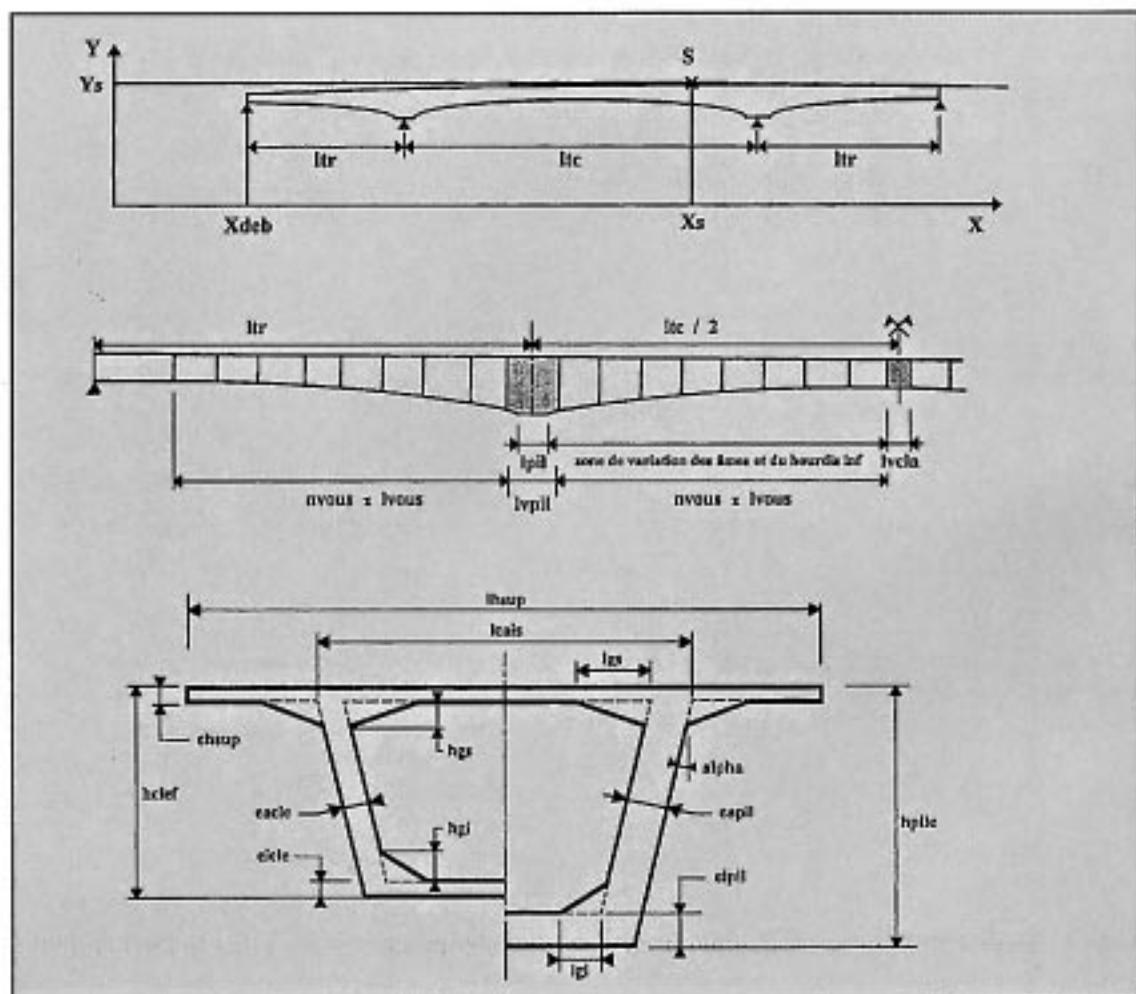
G. LACOSTE - P. PEYRAC

Fiche ST1 n° 1 Modélisation d'un pont construit par encorbellements

L'objet de cette première fiche est de modéliser automatiquement la géométrie d'un ouvrage de hauteur variable, construit par encorbellements successifs.

Cet ouvrage comporte un nombre quelconque de travées. Les travées de rive sont symétriques, et la longueur des travées courantes est constante. L'intrados est parabolique, à concavité tournée vers le bas. L'épaisseur des âmes et du hourdis inférieur varie linéairement entre les sections de pile et de clef. La hauteur du caisson varie paraboliquement.

Une deuxième fiche traitera de l'introduction de la précontrainte, du poids propre et des charges d'exploitation. Les caractéristiques longitudinales et transversales sont résumées dans les trois schémas suivants :



```

#
# Fichier : Fleau.stl
# Auteur : G. Lacoste
# Titre : Génération d'un modèle de pont construit par
#         encorbellements successifs
#
#-----
# 1 - Paramètres de l'ouvrage
#-----
#
# Profil en long de l'extrados parabolique
xs = 180.          # Abcisse du sommet de la parabole
zs = 160.95       # Cote NGF du sommet de la parabole
rayon = 30000.    # Rayon de la parabole
xdeb = 100.       # Abcisse du début de l'ouvrage
#                   # ( axe d'appui de la culée )

#
# Elévation de l'ouvrage
nc = 3            # Nombre de travées
lrc = 80.00       # Portée des travées courantes
lrr = 48.00       # Portée des travées de rive
#                   # lrr > lrc/2
nvous = 12        # Nombre de voussoirs courants par demi-fleau
lvpil = 6.00      # longueur du voussoir sur pile
lvcla = 2.00      # longueur du voussoir de clavage central
lpil = 2.00       # Epaisseur de la tête de la pile

#
# Coupes transversales
lhaup = 12.00     # Largeur du hourdis supérieur
chsup = 0.26      # épaisseur moyenne du hourdis supérieur
lcais = 6.00      # Largeur du hourdis inférieur
lgs = 0.45        # Largeur de chaque gousset supérieur
hgs = 0.30        # Hauteur de chaque gousset supérieur
lgi = 0.60        # Largeur de chaque gousset inférieur
hgi = 0.30        # Hauteur de chaque gousset inférieur
alpha = 10.       # Inclinaison des âmes sur la verticale
#                   # en degrés

# Sur pile
hpile = 5.00      # Hauteur du caisson
cipil = 0.50      # Epaisseur du hourdis inférieur
espil = 0.50      # Epaisseur d'une âme

# A la clef
hclef = 2.50      # Hauteur du caisson
eicle = 0.20      # Epaisseur du hourdis inférieur
eacle = 0.40      # Epaisseur d'une âme

#
# Constantes des matériaux
module = 35980.   # Module du béton du tablier (MPa )
poivol = 25e-3    # Poids volumique du béton (kN/m3)
#
#-----
# 2 - Calcul des autres variables géométriques
#-----
#
lpara = (lrc-lpil-lvcla)/2      # Long partie para du demi fleau
lfle = (lrc-lvpil-lvcla)/2     # Long tot des voussoirs du demi fleau
lvous = lfle/nvous             # Longueur d'un voussoir courant
nfle = nvous-1                 # Nb de joints de vous d'un 1/2 fleau
nflel = nfle+1                 # Nb de sections types d'un 1/2 fleau
nbap = nt+1                    # Nb d'appuis ( piles et culées )
ntot = 2*(nt-1)*nfle+nbap      # Nb total de sections d'étude
xcint = lrr-lfle-lvpil/2       # Long partie sur cintre en rive
alpha = pi*alpha/180           # Conversion de alpha en radian
dim nuap(nbap)                 # numéros des noeuds d'appuis
#
#-----
# 3 - Calcul des caractéristiques mécaniques des joints de voussoirs
#         d'un demi fleau ( Sections types num 1 à nfle )
#-----
#
dim xf(nflel)                  # Abcisse relative de la section
#                               # Origine du côté de la pile
dim h(nflel)                   # Hauteur de la section
dim ea(nflel)                  # Epaisseur de l'âme de la section
dim ei(nflel)                  # Epaisseur du hourdis inf de la section
dim sect(nflel)                # Surface
dim v(nflel)                   # Dist cdg/PS
dim vp(nflel)                   # Dist cdg/PI
dim iner(nflel)                # Inertie propre

dim bc(5)                      # Variables auxiliaires de stockage
dim xc(5)
dim ic(5)

```

```

X pour i = 1 a nfile+1
  <<
    ai ( i=1 )
      <<
        # Section de pile
        xf(i)=0
        ea(i)=espil/cos(alpha) # Epaisseur d'ane
        ei(i)=eipil # Epaisseur hour inf
        h(i) =hpile # Hauteur de la section
      >>
    sinon
      <<
        # Sections courantes
        xf(i)=(1-2)*lvous-(lvpil-lpil)/2
        ea(i)=(espil-(espil-ecle)*xf(i)/lpara)/cos(alpha) # Epaisseur d'ane
        ei(i)=eipil-(eipil-ecle)*xf(i)/lpara # Epaisseur hour inf
        h(i) =hclef+(hpile-hclef)*((lpara-xf(i))/lpara)**2 # Hauteur de la section
      >>
    lhinf =lcas-2*(h(i)-ei(i)/2)*tan(alpha) # larg moy du hour inf

    # Surfaces
    bc(1) = lhsup*ehsup # hourdis sup
    bc(2) = (lhinf-2*ea(i))*ei(i) # hourdis inf
    bc(3) = 2*ea(i)*(h(i)-ehsup) # anes
    bc(4) = 4*lgs*hgs/2 # 4 goussets sup
    bc(5) = 2*lgi*hgi/2 # 2 goussets inf

    # Bras de levier / FI
    zc(1) = h(i)-ehsup/2
    zc(2) = ei(i)/2
    zc(3) = (h(i)-ehsup)/2
    zc(4) = h(i)-ehsup-hgs/3
    zc(5) = ei(i)+hgi/3

    # Inerties propres
    ide(1) = lhsup/12*ehsup**3
    ide(2) = (lhinf-2*ea(i))/12*ei(i)**3
    ide(3) = 2*ea(i)/12*(h(i)-ehsup)**3
    ide(4) = 4*lgs/36*hgs**3
    ide(5) = 2*lgi/36*hgi**3
    sect(i) = 0
    hdc = 0
    v(i) = 0
    vp(i) = 0
    ic = 0

    # Cumul
    pour j = 1 a 5
      <<
        sect(i) = sect(i)+bc(j) # Surface totale
        hdc = hdc+bc(j)*zc(j)
        ic = ic+ide(j)+bc(j)*zc(j)**2
      >>
    v(i) = hdc/sect(i) # distance cdg - fs
    vp(i) = h(i)-v(i) # distance cdg - fi
    iner(i) = ic-sect(i)*v(i)**2 # inertie propre totale
  >>

# -----
# 4 - Calcul des coordonnées des noeuds et affectation des sections
# -----

dim xp(intot) # Abscisse absolue de la section de calcul
dim ze(intoc) # cote NGF de l'extrados de la section de calcul
dim typ(intot) # numéro de repère de la sect par rapport aux sect types

# Travées de rive n°1 -----
nuap(1) = 1 # num du noeud de l'appui 1
xp(1) = xdeb # Appui de culée
typ(1)= nfile
xp(2) = xdeb+xcint
typ(2)= nfile
pour i = 3 a nfile+1 # partie de hauteur variable
  <<
    xp(i) = xp(i-1)+lvous
    typ(i) = typ(i-1)-1
  >>
nuap(2) = nfile+2 # num du noeud de l'appui 2
ic = nfile+2 # num du noeud courant
xp(ic) = xp(ic-1)+lvpil/2
typ(ic)= 1

# Travées courantes -----
pour j = 1 a nt-2
  <<
    ic = ic+1
    xp(ic) = xp(ic-1)+lvpil/2
    typ(ic)= 2
    pour i = 1 a nfile-1 # demi travée de gauche -----
      <<
        ic = ic+1
        xp(ic) = xp(ic-1)+lvous
        typ(ic) = typ(ic-1)+1
      >>
    ic = ic+1
    xp(ic) = xp(ic-1)+lvcle # après la clef
  >>

```

```

typ(ic)= nfile
pour i = 1 a nfile-1      # demi travée de droite -----
  <<
    ic = ic+1
    xp(ic) = xp(ic-1)+lvous
    typ(ic) = typ(ic-1)-1
  >>
  ic = ic+1
  xp(ic) = xp(ic-1)+lvpil/2  # noeud appui fin de travée
  typ(ic)= 1
  nuap(2+j) = ic           # num du noeud de l'appui
>>

# Dernière Travée -----

ic = ic+1
xp(ic) = xp(ic-1)+lvpil/2
typ(ic)= 2
pour i = 3 a nfile-1    # partie de hauteur variable
  <<
    ic = ic+1
    xp(ic) = xp(ic-1)+lvous
    typ(ic) = typ(ic-1)+1
  >>
nuap(nbap) = ntot        # num du noeud du dernier appui
ic = nfile+2            # num du noeud courant
xp(ntot) = xp(ntot-1)+xcint
typ(ntot)= nfile

# -----
# 5 - Ecriture des commandes STI pour générer le modèle
# -----

option plane
titre '*** modele de pont construit par encorbellement ***'

# noeuds du tablier -----

noeud
pour i = 1 a ntot
  <<
    i xp(i) xs-(xp(i)-xs)**2/2/rayon-v(typ(i))
  >>
# barres du tablier -----

barre
pour i = 1 a ntot-1
  <<
    i i i+1
  >>
# appuis du tablier -----

appui
l dx dy
pour i = 2 a nbap
  <<
    nuap(i) dy
  >>
# constantes mécaniques -----

cons
tout e module nu 0.2 ro poivol temp 1.e-05

# constantes mécaniques -----

cara
pour i = 1 a ntot-1
  <<
    k = typ(i)
    k1 = typ(i+1)
    ss = (sect(k)+sect(k1))/2          # section de la barre
    in = (iner(k)+iner(k1))/2         # inertie de la barre
    ve = (v(k)+v(k1))/2              # dist cdg/FS
    we = -(vp(k)+vp(k1))/2          # -dist cdg/PI
    i sx ss ix in vy ve wy we
  >>

# -----
# 6 - rappel des caractéristiques du modèle sur fichier resu
# -----

sortie 'resu'
lister geom
sortie console

# -----
# fin des données
# -----

```

X

OMPLUS, post-processeur d'OMC

calculs des ponts en ossature mixte

Avec l'article paru dans le bulletin *Ouvrages d'Art* n° 13, j'avais mis l'accent sur le calcul détaillé des effets du phasage de construction sur les contraintes dans le hourdis de béton des ponts en ossature mixte acier-béton.

Ces contraintes doivent être aussi calculées en phase intermédiaire de bétonnage avec le module instantané du béton ($n=6$).

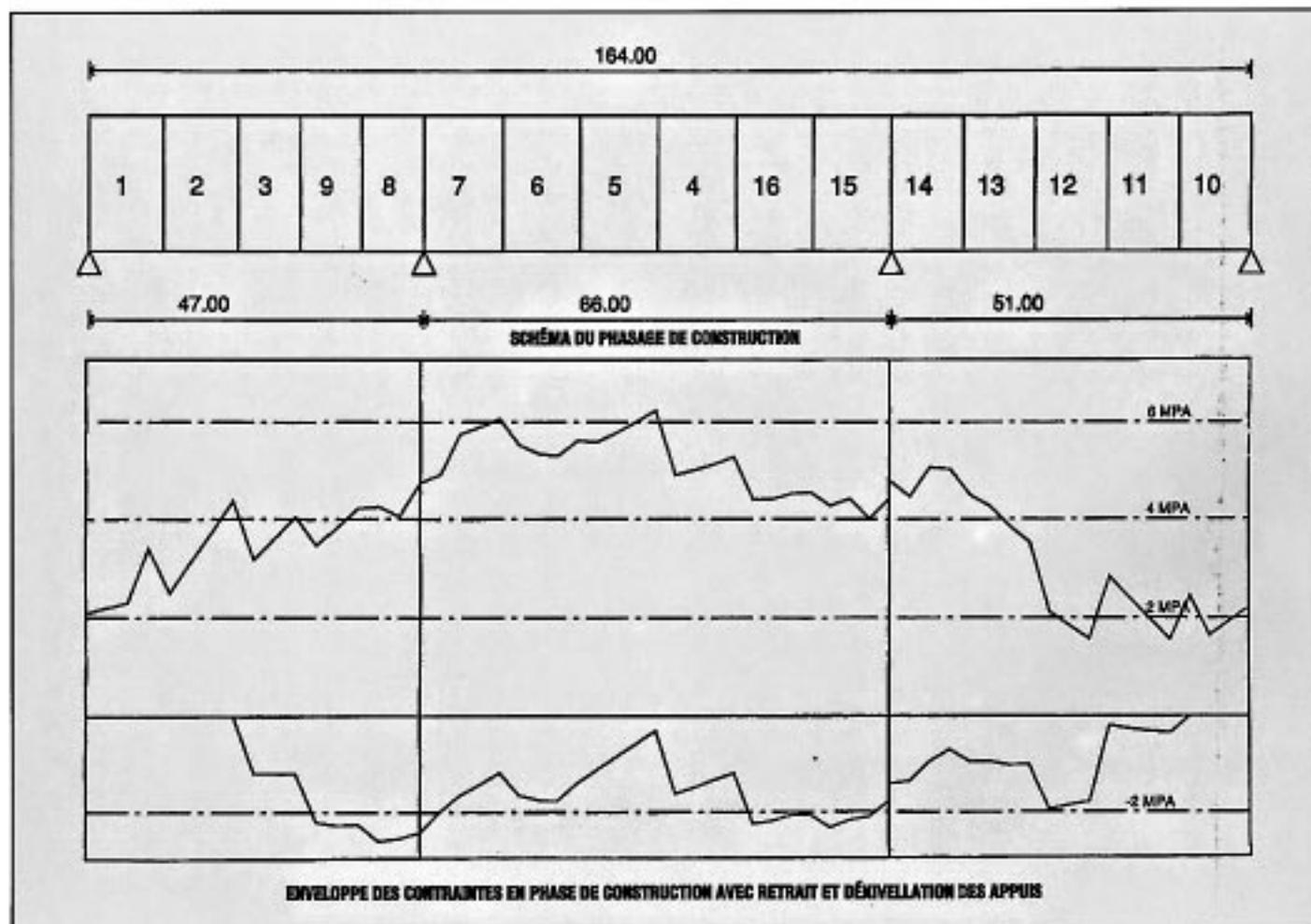
J'ai modifié le programme OMC pour faciliter l'exploitation d'un calcul détaillé du phasage de construction. Avec Jacques Teisseire, nous avons mis au point un post-processeur graphique appelé OPLUS pour mettre en évidence les effets du phasage de bétonnage. OPLUS présente plusieurs autres nouveautés: dessin en élévation schéma-

tique de la poutraison, dessin du phasage de bétonnage et vérification de la cohérence des données correspondantes, gestion des instabilités élastiques (déversement et voilement).

OMPLUS fonctionne sous MS-DOS. Toutes les sorties graphiques sont disponibles au choix sur les imprimantes laser des types Postscript, HP Laserjet III ou Kyocera.

Le post-processeur OPLUS est disponible gratuitement auprès de J. Teisseire (46 11 32 56) pour les bureaux d'études ayant signé avec le SETRA une convention d'exploitation d'OMC.

J. BERTHELLEMY



*Docteur Ingénieur Utül Hami
Professeur à l'Université Libre d'Eskiselir
TURQUIE*

Monsieur VIRLOGEUX
Chef de la Division des Grands Ouvrages
SETRA

Cher Monsieur Virlogeux,

C'est avec beaucoup de plaisir et aussi beaucoup d'intérêt que j'ai lu dans la Tribune Libre du Bulletin «Ouvrages d'Art» votre aimable réponse à ma lettre publiée en juillet 1992. À cette occasion, je voudrais rendre hommage à ce bulletin qui présente de très pertinentes contributions; je ne manque pas de le faire circuler parmi mes élèves qui y puisent un enseignement précieux.

Mais venons-en à notre sujet: votre fine analyse de la diffusion des efforts dans ce matériau complexe qu'est le béton armé me paraît excellente; elle est de nature à guider nos jeunes ingénieurs qui ont trop souvent tendance à pousser l'abstraction jusqu'à négliger le simple trajet des forces pour ne considérer que l'alignement des chiffres.

Permettez-moi cependant une petite remarque: vous citez avec juste raison dans votre propos et dans votre bibliographie d'illustres auteurs allemands, américains, suisses... Je reconnais bien là la modeste française; lorsque j'étais en stage à Paris grâce à l'ACTUM, on m'avait enseigné la méthode des bielles de Pierre Lebel; je me souviens aussi des deux tomes rouges du livre d'Yves Guyon qui donnait quelques conseils fort judicieux dans la manière d'organiser les ferrailages de diffusion; tous deux étaient les héritiers spirituels d'Albert Caquot et d'Eugène Freyssinet et plus loin encore de Mesnager et Considère, tous grands ingénieurs, dont l'inspiration et la clairvoyance ont inspiré les ingénieurs du monde entier.

Je suis sûr que les nouvelles générations d'ingénieurs français sont à la hauteur de leurs illustres aînés; votre réponse en donne une magnifique démonstration.

Merci encore pour l'attention que vous avez bien voulu accorder à mon intervention. J'espère vivement pouvoir partager avec vous le fromage de chèvre et les olives, accueil traditionnel de mon pays, dans ma modeste faculté, et dans cette attente,

Je vous prie d'agréer, Cher Monsieur Virlogeux, l'expression de mes meilleurs sentiments confraternels.

Utül Hami

Sortie en juin d'un numéro spécial de la Revue Générale des Routes et Aérodrômes sur les équipements d'ouvrages.

Les palplanches laminées par les Usines de ROMBAS (UNIMETAL) et d'ESCH-BELVAL (ARBED) sont désormais commercialisées par une Société unique, ISPC (*International Sheet Piling Company*). Les Services d'assistance technique à la clientèle (notamment, l'ancien Département Technique des palplanches de ROMBAS) ont été également regroupés à l'adresse suivante :

ISPC / Département Technique
ARBED - ESCH-BELVAL
BP 142
L - 4008 ESCH SUR ALZETTE (G.D. LUXEMBOURG)
☎ : (19) 352 5550 20 71
Fax : (19) 352 5557 25 88

Quelques stages ouvrages d'art

Pour obtenir la liste complète des stages organisés au deuxième semestre 1993, se reporter au programme des sessions de formation continue édité par l'ENPC.

■ **Gestion d'un parc d'ouvrages**
5 au 7 octobre 1993

■ **La rédaction du DCE, l'attribution et la mise au point des marchés d'ouvrages d'art**
12 au 14 octobre 1993

■ **Les ouvrages de soutènement construits en élévation: derniers développements**
19 au 21 octobre 1993

■ **Les équipements d'ouvrages d'art: derniers développements**
26 au 28 octobre 1993

■ **Conception et calcul des fondations: l'application du nouveau fascicule 62 - Titre V**
16 et 17 novembre 1993

■ **Mise en œuvre et protection de la précontrainte**
23 au 25 novembre 1993

JOURNÉES D'ÉTUDE

■ **Instrumentation, auscultation et surveillance des ouvrages en construction et en service: barrages, ouvrages d'art, grands soutènements et tunnels**
19 et 20 octobre 1993

SEMAINE EUROPÉENNE DE L'ENPC



■ **Les Eurocodes**
15 au 19 novembre 1993

Renseignements et programmes détaillés:
Tél. (1) 42 60 34 13, poste 1318 ou 1354.

