

Ouvrages D'Art

Numéro 1 - Février 1987

SOMMAIRE

- 1 - **OUVRAGES A SUIVRE**
 - . Liaison Rê-continent: une équipe
 - . Traversée sous funiviale de la Marne par l'autoroute A 86
 - . Un nouveau pont sur la Nive
- 2 - **TECHNIQUES PARTICULIERES**
 - . Précontrainte transversale des ponts mixtes Acier-Etôn
 - . Voliements des âmes métalliques sous charge localisée.
 - . Confortement des voûtes
 - . Corrosion des armatures en acier inoxydable dans les ouvrages en terre armée.
 - . Parements préfabriqués
- 3 - **CALCULS-INFORMATIQUE**
 - . Evolutions du système P.C.P.
 - . CABPOL : un programme - deux fonctions
- 4 - **EQUIPEMENTS ET ENTRETIEN**
 - . Dispositifs de visite et d'entretien des ouvrages
 - . Contrôle des appareils d'appui en élastomère fretté
 - . Accidents sur les dispositifs de retenue
 - . Déformation des supports de garde corps S 8 sous l'effet du gel
- 5 - **INFORMATIONS BREVES**
 - . Plaquettes étalon de surfacage
 - . Etanchéité : Le Teranap
 - . Arnico n'est plus ...
- 6 - **TRIBUNE LIBRE**
 - . PAQ .. PAQ pas que ça à faire!
- 7 - **DOA-SETRA : LES DERNIERES PUBLICATIONS**
- 8 - **COORDONNEES DES REDACTEURS**

EDITORIAL

Une nouvelle publication, pourquoi? Pour qui?

Les revues spécialisées apportent déjà une information détaillée sur les travaux et réalisations en matière d'ouvrages d'art. Les documents techniques du SETRA ou d'autres organismes apportent une information relativement complète sur les techniques. Alors?

Alors il nous semble que le besoin se fait sentir d'une circulation d'informations brèves et d'échanges entre tous les professionnels des ouvrages d'art. Ce bulletin voudrait être un lien entre tous ceux-ci, spécialistes ouvrages d'art des DDE, des CETE et du SETRA, ainsi que des bureaux d'études et des entreprises.

Pour répondre à cet objectif, les articles doivent être brefs, bien ciblés, et aller tout de suite à l'essentiel. Ils doivent aussi émaner de tous, et pas du seul SETRA. Notre souhait serait que chacun puisse lire entièrement **OUVRAGES D'ART**, pour y cueillir ce qui l'intéresse plus particulièrement, pour recevoir en même temps une information plus large, et y consacrer le minimum de temps.

Nous faisons appel à toutes les bonnes volontés pour qu'elles nous adressent des communications ou articles conçus dans cet esprit. Toutes les rubriques vous sont ouvertes. Deux observations : chaque auteur s'engage que lui, et pas l'organisme ou la société dont il fait partie. Les coordonnées des auteurs figurent à la fin du bulletin, afin qu'ils puissent être consultés facilement par les personnes intéressées.

Un mot de notre présentation : elle est modeste, comme le sont les moyens dont dispose le Département des Ouvrages d'Art du SETRA, mais nous préférons ne pas attendre des lendemains meilleurs pour commencer. Nous comptons sur votre indulgence, et espérons que l'intérêt pour le contenu compensera la sobriété de la forme.

Nous souhaitons pouvoir sortir deux bulletins par an. Cela dépend aussi de vous et de l'intérêt que vous porterez à **OUVRAGES D'ART**. A vous de jouer!

Pierre LEMARIE



Bulletin de liaison diffusé par le Département Ouvrages d'Art
du Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA)
46 Av A. Briand BP 100 - 92223 BAGNEUX CEDEX tel : (1) 42 31 31 31

. Liaison Ré-continent: une équipe

Il est question d'un pont reliant l'île de Ré au continent depuis bien longtemps. N'a-t-on pas entendu le slogan "vingt ans d'études, vingt mois de travaux". Le SETRA a été associé à ces longues études pratiquement depuis leur origine. Les premières esquisses datent de 1970 puis, comme pour tous les grands projets d'infrastructure, on a vu réapparaître les anneaux du serpent de mer deci delà... Les études se sont succédées avec un rythme nettement plus soutenu à partir de 1982, dégageant lors de l'étude préliminaire de 1983 le parti qui a finalement été adopté pour l'ouvrage.

Le dernier pas a été franchi par le Maître d'Ouvrage, le Conseil Général de Charente Maritime, au printemps de 1985 lorsqu'il a pris la décision de choisir la Direction Départementale de l'Équipement de Charente Maritime comme Maître d'Oeuvre, en lui demandant de lancer la consultation des entreprises dans les premiers mois de 1986.

Le Maître d'Oeuvre a immédiatement demandé au SETRA de l'assister pour la mise au point du dossier de consultation des entreprises, poursuivant ainsi la collaboration établie depuis des années. L'importance de l'affaire et les délais fixés par le Maître d'Ouvrage ont conduit le SETRA à proposer la formation d'une équipe de projet. Cette équipe a été dirigée par la Division des Grands Ouvrages en Béton du DOA et comprenait :

- l'arrondissement B3, chargé de l'étude du tablier de la solution de base, de l'étude de variantes mixtes précontraintes et de la coordination;
- l'arrondissement T2, chargé de l'étude des fondations;
- l'arrondissement M3, chargé de l'étude d'une solution variante mixte traditionnelle;
- le Bureau d'Étude SOGELERG, chargé de l'étude des appuis de la solution de base, et de la mise au net du projet;
- le Bureau d'Étude P.X. Consultant, chargé de l'étude d'une solution variante à haubans;
- le Cabinet d'Architecture de M. Charles LAVIGNE.

Cette démarche paraît tout à fait intéressante. Tout d'abord, les objectifs fixés ont été atteints, puisque l'avant projet détaillé de la solution de base a été terminé en décembre 1985 et que l'appel d'offres a pu être lancé en Février 1986.

À une heure où il est beaucoup question de la décentralisation et de la mise à disposition des services du Ministère de l'Équipement auprès des départements, il était très important qu'une DDE assistée par un Service Central démontre sa capacité à remplir une mission technique de cette envergure.

Par ailleurs, l'association du SETRA avec des bureaux d'études privés est tout à fait fructueuse. Elle permet la confrontation de méthodes de travail, de compétences et d'expériences diverses. Cette collaboration qui s'inscrit dans la politique menée par la Direction des Routes est destinée à améliorer la situation des bureaux d'études vis à vis de l'exportation : l'établissement d'un projet de grand ouvrage est toujours enrichissant pour les ingénieurs, et contribue largement à la notoriété d'un bureau d'étude qu'il soit public ou privé.

Sur le plan technique, cette collaboration a permis d'établir un avant projet tout à fait satisfaisant puisque chacune des trois entreprises les mieux classées à l'issue de l'appel d'offres a proposé en solution moins disante, une solution de base aménagée moins chère que ses solutions variantes larges.

L'équipe constituée pour établir le projet a participé au jugement des offres, et travaille maintenant pour le contrôle du projet d'exécution établi par l'entreprise.

L'Entreprise Bouygues a été retenue par le Maître d'Ouvrage parce qu'elle a proposé un délai d'exécution extrêmement court de 20 mois, permettant la livraison de l'ouvrage avant le début des vacances d'été 1988.

L'Entreprise met en oeuvre pour tenir ce délai des moyens d'exécution exceptionnels en matériel et en personnel: le travail se fera à trois postes. Bien sûr, en contrepartie, le Maître d'Ouvrage a accepté de payer l'ouvrage un peu plus cher.

L'opération est donc placée sous le signe de délais très courts mais tout semble indiquer aujourd'hui qu'ils pourront être respectés.

Gilles CAUSSE.

. Traversée sous fluviale de la Marne par l'autoroute A 86

Dans le langage courant, lorsqu'on évoque "les Ouvrages d'Art" on pense immédiatement aux ponts. En fait ce terme recouvre une catégorie bien plus importante de réalisations telles que châteaux d'eau, tranchées couvertes, certains tunnels etc.

Pour la traversée sous fluviale de la Marne par l'autoroute A 86 à Nogent, le tunnel est réalisé selon des principes qui ne sont pas sans évoquer certaines constructions de ponts.

En effet ce "tunnel" qui permet la jonction entre A86 et A4, en passant sous la Marne en aval immédiat du Pont de Nogent, est constitué dans sa partie fluviale d'une succession de caissons en béton précontraint, vousoirs "géants" enfouis sous le lit de la rivière.

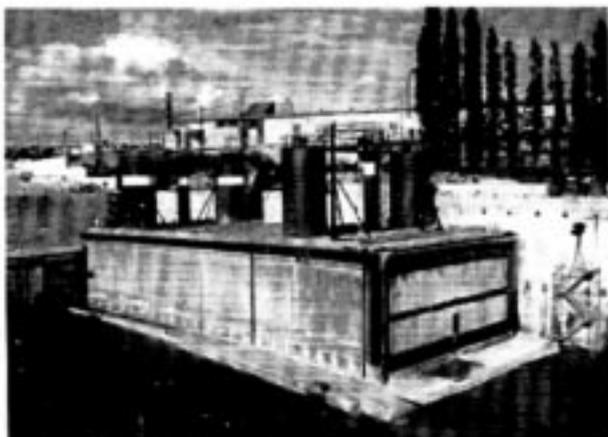
Le procédé d'exécution de l'ouvrage est original puisque les caissons sont construits à sec dans une darse de préfabrication, véritable forme de radoub, puis mis en flottaison et déplacés par treuillage avant d'être coulés et échoués sur des appuis en béton, exécutés au fond de souilles draguées en rivière.

La darse est une "boîte étanche" dont les cotés sont des parois moultées ancrées dans le calcaire et prolongées par des voiles de terrain injectés qui se raccordent horizontalement pour former le fond de cette boîte. Elle est isolée de la Marne par un double rideau de palplanches et peut être mise en communication directe avec la rivière en déplaçant un ouvrage amovible en béton armé appelé "bateau pont".

La faible profondeur de la Marne d'environ 4 mètres en période normale, implique de creuser une souille de plus de 12 mètres (dont environ 5 mètres dans le calcaire grossier) sous le fond de la rivière pour y "enterrer" totalement les caissons.

Des caissons sous 16m d'eau...

Intéressons nous plus particulièrement aux caractéristiques des caissons qui constituent les morceaux de cet ouvrage posés bout à bout sous plus de 16 mètres d'eau. Pour réaliser les deux tunnels immergés il faut construire 7 caissons aux dimensions imposantes. Chacun d'eux est un parallépipède ("ou presque", puisque le rayon en plan est de l'ordre de 300 mètres) de 45 à 55 m de long, 17,50m de large et de 9 m de haut, dont le poids varie de 6500 à 7500 tonnes. Les éléments formant l'enveloppe du caisson sont précontraints longitudinalement et transversalement. Cette précontrainte "dans les trois dimensions" a été conçue pour que le béton reste comprimé dans les conditions normales, et pour limiter les tractions sur des fibres extrêmes à des valeurs inférieures à 10 bars au delà de la crue décennale. Elle est constituée de câbles 12 T 15 dont l'espacement moyen dans le sens transversal est de l'ordre de 30 cm.



Et l'étanchéité ?

Au niveau de chaque caisson l'étanchéité est assurée "dans la masse" du béton sans aucune autre protection ou disposition particulière, par le jeu de la précontrainte, qui assure dans tous les cas une continuité de la section comprimée. La formulation et la mise en oeuvre du béton ainsi que le phasage de la précontrainte ont par ailleurs été étudiés de façon à réduire la fissuration et l'ouverture des joints de reprise de bétonnage.

Quant à l'étanchéité entre caissons, elle est réalisée par un joint torique en caoutchouc, comprimé par la pression hydrostatique lors de la mise en place d'un caisson contre le précédent. Ce joint qui assure l'étanchéité et la jonction entre deux caissons, est doublé intérieurement par sécurité par un autre joint démoniable.

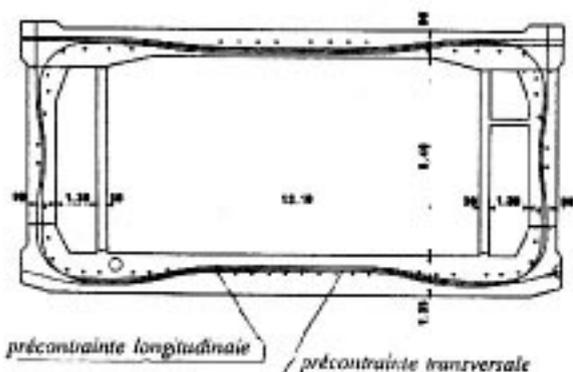
Les deux derniers caissons ont été posés en Août 1986 et les travaux de Génie Civil vont se poursuivre jusqu'au printemps 1987 avec la construction de l'usine de ventilation et du tronçon de tranchée couverte situés à l'emplacement de la darse de préfabrication.

La traversée de la Marne est désormais physiquement possible par cet ouvrage d'art souterrain, dont la perception visuelle extérieure éphémère et partielle n'aura été possible que "par morceaux" pendant la durée d'exécution de chaque élément.

Laurent CANIARD

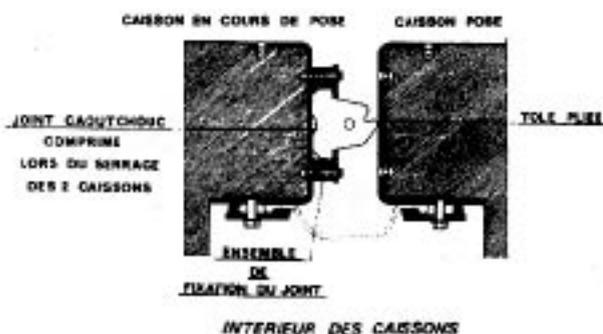
coupe transversale type

CÂBLES DE PRÉCONTRAINTE



détail du joint

LA MARNE



Un nouveau pont sur la Nive

L'aménagement de la rocade Est de Bayonne dans le prolongement du deuxième Pont Urbain sur l'Adour comprend le franchissement de la Nive par un ouvrage d'art qui constituera le 5e pont sur cette rivière.

Les études, entreprises en Septembre 1984, ont abouti à l'élaboration d'un dossier de consultation des entreprises comprenant deux versions : l'une définissant un pont en béton précontraint classique, bien que très élancé (1/22 sur pile et 1/35 à mi-travée), l'autre un ouvrage à ossature mixte métal-béton dont la conception développée ci-après a permis d'élaborer une structure originale s'adaptant particulièrement bien au site.

L'obstacle à franchir est composé de l'avenue Paul Pras, d'un parking, de la Nive et d'une bretelle d'accès à la rocade. L'ensemble constitue une brèche de 270 mètres de longueur.

Le profil en long du tracé routier fixe le niveau de la chaussée à une dizaine de mètres au dessus du terrain naturel.

Dans le souci de sauvegarder la transparence des vues vers Bayonne, les architectes ont souhaité une structure légère dégageant de tout appui le lit de la Nive, large d'une centaine de mètres.

Le remblaiement en rive droite d'une zone de marage a permis de réduire la portée principale à 94,50 mètres. L'ouvrage comporte quatre travées : 49,14m, 68,07, 94,50 et 56,70.

Les gabarits routiers imposent une hauteur d'ouvrage inférieure à 3 mètres.

Pour des raisons d'insertion dans le site, les structures à poutres latérales ou haubanées permettant le franchissement avec des tabliers de hauteur constante, ont été exclues. La structure est par conséquent à poutres sous chaussée et de hauteur faiblement variable (3,96m sur pile et 2,86m à mi-portée).

Le concepteur est alors confronté au problème de la construction :

Le lançage du tablier est impossible. La structure de hauteur variable se prête difficilement à l'opération, et surtout l'aire d'assemblage des éléments métalliques, obligatoirement aménagée sur les remblais d'accès, n'est pas dans l'axe du tracé projeté.

D'autre part, la rivière non navigable n'offre pas la possibilité d'utiliser une barge, et le sol de très mauvaise qualité rend onéreuse l'implantation de palées provisoires.

La mise en place retenue est la suivante :

On construit sur chaque rive et parallèlement à la rivière deux fléaux de 94,5m, centrés sur les piles.

La position définitive du tablier est obtenue après rotation autour d'un appui. L'équilibre du fléau est assuré par un lest et une béquille arrière se déplaçant sur un chemin de roulement circulaire. La partie d'ouvrage situé sur le parking est montée à la grue.

Un tel mode de construction impose naturellement une structure à tablier unique. L'ouvrage a une largeur de 21 mètres.

Par commodité pour la construction et compte tenu du faible espace dont on dispose en rive gauche entre la rangée de platanes, classée par la commission des sites, et le bord de la Nive, le nombre de poutres est fixé à deux et leur entre-axe, égal à 7 mètres, réduit au maximum.

Le rapprochement des poutres permet de diminuer les dimensions, et donc le poids des piles, offrant ainsi une économie significative sur les fondations compte tenu de la qualité médiocre du terrain. Une faible emprise au sol des piles est intéressante sur le parking.

Les larges encorbellements sont favorables à l'aspect de légèreté souhaité puisqu'ils créent une zone d'ombre sur les poutres et réduisent la ligne générale de l'ouvrage à celle de la corniche.

Les pièces de pont se prolongent en console de part et d'autre des poutres et soutiennent la dalle en béton armé de 0,22m d'épaisseur. Leur espacement de 3,78 mètres est régulier tout le long de l'ouvrage.

Le recueil et l'évacuation des eaux pluviales est assuré par un caniveau réalisé en tôle pliée, fixé aux extrémités des pièces de pont.

L'appel d'offre sera lancé au premier trimestre 1987. Résultat au prochain numéro ...

Maître d'ouvrage : Etat (55%) - District Bayonne. Anglet Biarritz. (45%)

Maître d'oeuvre : DDE Pyrénées Atlantiques

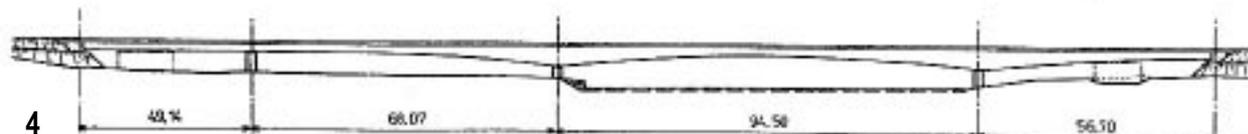
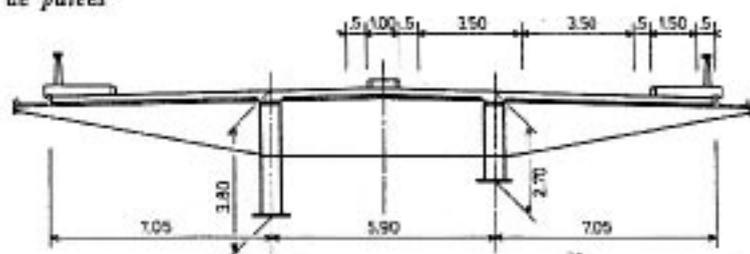
Architecte : B. Mikaelian

Etudes techniques :

• Béton précontraint : CETE de Bordeaux/SECOA

• Ouvrage Mixte métal-béton : DOA.SETRA.

Jean Louis MICHOTÉY



. Précontrainte transversale des ponts mixtes Acier-Béton

La conception de la coupe transversale d'un pont mixte acier-béton dépend essentiellement de la largeur de l'ouvrage : ainsi, dans le cas d'une structure à poutres sous chaussée, le projecteur aura le choix du nombre de poutres et celui du fonctionnement de la dalle : béton armé ou béton précontraint.

Si le tablier est très large (à partir de 18 m environ), on peut concevoir, comme schéma transversal, une dalle d'épaisseur variable précontrainte transversalement appuyée sur deux poutres métalliques. Cette solution a été adoptée en 1974 pour le pont de Conflans-Sainte-Honorine (largeur utile : 20,00m-portée maximale : 90,00 m).

En 1985, cette solution est de nouveau envisagée puis réalisée. Il s'agit du viaduc de l'Oise sur l'autoroute A 26, conçu par Sceltauroute, et de largeur égale à 18,50 m. Le schéma ci-dessous indique les caractéristiques de la coupe transversale :

La division "Ouvrages en Métal" du SETRA étudie actuellement un ouvrage de conception analogue et de largeur égale à 22,60 m. Dans ces deux cas, dimensionnée par le passage de convois militaires, la précontrainte est assurée par des câbles 4 T 15 disposés tous les 70 cm. Par contre, les portées étant plus importantes dans notre cas (65 - 65 - 63 - 35 à comparer à 37 - 9 fois 45 pour le viaduc de l'Oise), les membrures des poutres métalliques deviennent très importantes : 1 300 mm par 145 mm sur la première pile. Cette étude en cours est menée en parallèle avec une solution classique consistant à disposer deux tabliers séparés, de largeurs 10,45 m et 12,25 m. Un bilan pourra être dressé entre ces

deux solutions et sur les problèmes spécifiques au tablier unique vers le milieu de l'année 1987.

En ce qui concerne l'utilisation de la précontrainte transversale, quelques précautions sont à prendre :

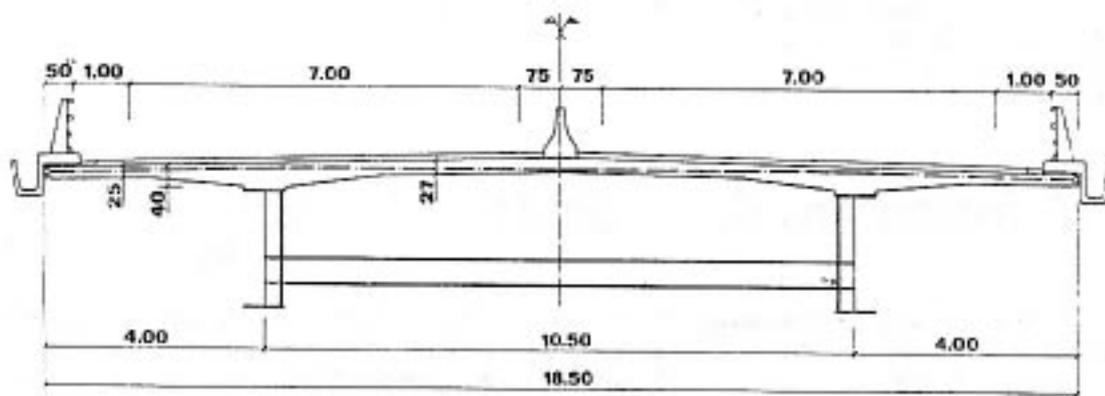
- le tracé du câble doit être aussi simple que possible pour réduire les pertes de tension et limiter les incertitudes géométriques.

Ainsi, dans le cas d'un profil en travers en toit, un tracé rectiligne du câble entre les poutres permet à celui-ci d'être au point haut de la dalle au droit de la poutre et au point bas dans la section médiane.

- le câble sera mis dans un tube métallique rigide cintré. Ce tube métallique, qui assure une bonne géométrie du tracé du câble par ailleurs, a pour but de protéger le câble contre la corrosion. En effet, dans le cas où l'ouvrage n'est précontraint que transversalement, le règlement de calcul des ponts mixtes admet que la dalle soit fissurée dans le sens longitudinal dans les zones de moment négatif. Le câble sera ainsi protégé du risque d'infiltration d'eau.

- les calculs de flexion transversale seront faits selon la classe III du BPEL en s'assurant que la dalle reste comprimée sous les charges permanentes.

Catherine MARQUE



. Voilements des âmes métalliques sous charge localisée.

- La majorité des ponts métalliques construits à l'heure actuelle sont des ponts mixtes constitués de 2 poutres métalliques connectées à une dalle en béton armé.

Ces poutres sont de hauteur constante ou faiblement variable ce qui rend possible le montage de l'ossature métallique par lançage sur des chaises à galets. C'est le mode de montage le plus couramment utilisé aujourd'hui.

Dans ce cas, l'âme est soumise :

- à une charge semi-répartie au droit de la chaise,
- à de fortes contraintes longitudinales de flexion concomitantes.

Une vérification au voilement est donc nécessaire.

Or le règlement de calcul actuel (F 61 titre V) ne définit pas la vérification au voilement de l'âme sur la chaise à galet. Des propositions de vérifications figurent bien dans les bulletins techniques n° 5 (1970) et n° 8 (1973) du S.E.T.R.A. Elles font intervenir la hauteur de l'âme, son épaisseur et la longueur de répartition de la charge mais non les contraintes de flexion concomitantes.

Par ailleurs, une étude de DELESQUE publiée dans la revue C.M. 2-1974 donne une charge ultime expérimentale dans le cas d'une âme non raidie soumise à une charge ponctuelle isolée. Ce cas théorique ne correspond pas à la pratique du lancement sur un ensemble de galets.

Aussi de nombreux essais ont été réalisés depuis 1970 par différents chercheurs (BERGFELD et ROCKEY notamment). Ces essais ont montré que les paramètres qui intervenaient étaient non seulement l'épaisseur de l'âme t_w mais aussi l'épaisseur de la semelle au contact de la charge qui joue un rôle répartiteur. La hauteur de l'âme h_w n'intervient pas pour des valeurs h_w/t_w telles que $h_w/t_w > 60$ à 80.

Les propositions de vérification évoquées ci-dessus, qui ne faisaient intervenir que les caractéristiques de l'âme sont donc caduques. Le problème présente un intérêt actuel en raison des évolutions suivantes :

- intérêt pour le lancement de structures lourdes (bipoutres très larges de portées importantes),
- augmentation des charges au droit de chaque galet (50 tonnes),
- recherches concernant le lançage de l'ossature avec tout ou partie de la dalle,
- rédaction du futur règlement de calcul des constructions en acier.

Très peu d'essais ont été réalisés dans les conditions de chargement de l'âme lors du lançage (charges provenant de plusieurs galets et contraintes de flexion concomitantes). D'autre part les vérifications avec les méthodes actuelles amènent en général à renforcer certaines sections par un raidisseur longitudinal situé en partie inférieure.

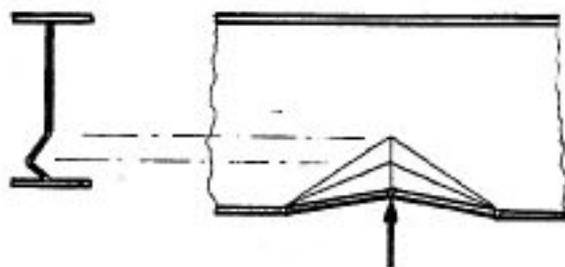
C'est pourquoi une campagne d'essais a été entreprise au L.C.P.C. en collaboration avec Mme RADOUANT, M. GODART (ingénieurs au L.C.P.C.) et M. GALEA (ingénieur au C.T.I.C.M.) afin de cerner :

- le gain de charge ultime apporté par la mise en place d'un raidisseur longitudinal (au 1/4 ou au 1/5e de la hauteur de l'âme),
- l'influence des contraintes de flexion longitudinales concomitantes.

- Les premiers résultats des essais réalisés au L.C.P.C. semblent indiquer que la formule de ROBERT (1981) paramétrée à partir d'un mécanisme de ruine défini à la figure, et calibrée sur la base de 114 essais place très en sécurité. Le gain de charge ultime résultant de la mise en place d'un raidisseur au 1/4 ou au 1/5e de la hauteur serait de l'ordre de 40%.

Ce résultat intéressant sera à exploiter en vue d'une meilleure adéquation entre les dispositions constructives couramment utilisées et l'économie ainsi que la sécurité des projets.

Joël RAOUL



. Confortement des voûtes

Qu'il s'agisse de conforter une arche béton armé fissurée, une arche maçonnée disloquée, ou de renforcer un ouvrage en vue d'un élargissement, les techniques de confortement passaient jusqu'à présent soit par la mise en place d'arcs métalliques avec comme

corollaire la limitation du gabarit, l'obligation de lutter contre la corrosion, l'aspect inesthétique soit par la projection de béton qui amenait essentiellement une surcharge de poids mort à la voûte au moment le plus inopportun.

Le procédé breveté de l'Entreprise CAMPENON BERNARD, déjà utilisé pour le confortement des arches du pont de Levallois (diamètre 14,20m) ou pour le confortement d'ouvrages plus modestes, ouvre désormais la porte à un renforcement à la fois simple, rationnel et économique de ce type de structures.

En effet, il s'agit de réaliser des coques béton armé préfabriquées, que l'on vient plaquer à l'aide de vérins contre l'intrados de la structure en place. Comme il est impératif que cet élément travaille en coque, donc que son chargement soit radial, ou très voisin, on interpose entre les deux structures un dispositif de glissement. Puis une injection d'un coulis de ciment est réalisée dans l'espace annulaire, entre la voûte et le complexe de glissement, de manière à transmettre les charges de façon continue et bloquer la coque selon ses déformations radiales.



Autre gros avantage, les interventions peuvent s'effectuer dans la majeure partie des cas, sans interruption de la circulation, ce qui permet une mise en sécurité

Avantage du procédé :

- désolidarisation continue de la coque et de l'arche, ce qui peut rendre ce confortement provisoire avec récupération de la coque ;
- possibilité, en cas de dénivellation des appuis, de révéner la coque pour la mettre en charge;
- en raison des faibles épaisseurs des coques- de l'ordre de 0,12m pour les ouvrages courants il y a peu de répercussion sur la réduction du gabarit;
- au plan de l'esthétique, le confortement reste discret, et selon les nécessités de l'ouvrage, des matériaux de parements peuvent être utilisés en fond de coffrage lors de la préfabrication.

immédiate, des délais de chantiers réduits, une économie de déviation, etc...

Gilles GIORA

. Corrosion des armatures en acier inoxydable dans les ouvrages en terre armée.

C'est en 1973 que les armatures en acier inoxydable ont été introduites dans la constitution des ouvrages en terre armée, apparemment en raison des espoirs que suscitait l'emploi de ce métal passivable, réputé devoir se recouvrir spontanément d'un film d'oxyde protecteur et stable dans les conditions d'utilisation prévues. Entre 1973 et 1975 près d'une cinquantaine de lots d'ouvrages, représentant une surface totale de parement de 50 000 m² environ, ont été ainsi réalisés.

L'effondrement brutal d'une partie d'un de ces ouvrages est survenu en Avril 1985, fort heureusement sans conséquences graves grâce à une intervention rapide des Services de la D.D.E, et indiscutablement imputable à une très importante perte de résistance par corrosion des armatures et attaches en acier inoxydable (nombreuses armatures rompues ou perforées; écrous totalement dissous par corrosion), a été à l'origine d'une vaste opération de contrôle effectuée sur l'ensemble des ouvrages de ce type.

Les investigations auxquelles il a été systématiquement procédé (notamment ouverture de fouilles pour l'examen direct de l'état d'un nombre suffisant d'armatures) ont permis de constater que les armatures et attaches de la plupart de ces ouvrages étaient corrodées, certes à des degrés divers d'un ouvrage à l'autre, mais également à des degrés très divers d'une armature à l'autre au sein d'un même ouvrage, soulignant ainsi le caractère très aléatoire du développement de la forme particulière de corrosion constatée.

Sans entrer dans une trop longue description du mode de développement du phénomène de corrosion en cause, il convient de préciser qu'il s'agit d'une corrosion de type localisée, dite cavernueuse et qui, comme cela est le cas pour d'autres types de corrosion localisées, connaît deux stades d'évolution : un premier stade d'amorçage, au cours duquel le film passif est localement détruit, et un second stade de propagation, au cours duquel la corrosion se propage rapidement à l'intérieur du métal. Il apparaît donc que le risque de dégradation local du film passif protecteur ait été sous-estimé.

Les mesures et les analyses effectuées sur les échantillons de sols prélevés ne font apparaître aucune relation évidente entre les valeurs des paramètres auxquels on se réfère habituellement pour caractériser l'agressivité d'un sol et le degré de corrosion constaté; la présence d'eau dans le sol paraît, par contre, plus significative.

Les résultats des investigations font apparaître que pratiquement tous les ouvrages concernés devront être renforcés, à plus ou moins brève échéance. Près de la moitié des ouvrages devront être renforcés à court terme et, pour certains d'entre eux dans les plus brefs délais, le reste pouvant se répartir pour moitié à moyen terme, dans les deux à quatre ans à venir, et pour moitié à plus long terme, au delà de cette période.

. Parements préfabriqués

Une idée originale :

Utilisation d'une technique bien maîtrisée en bâtiment sur un chantier de génie civil.

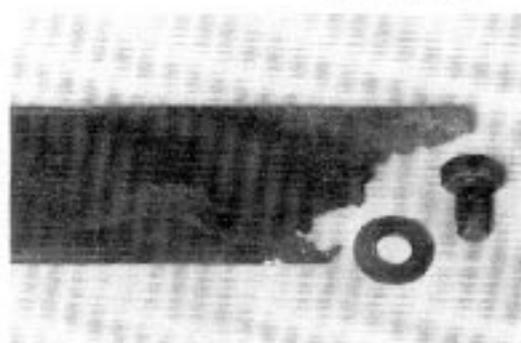
A Marseille :

Des parements préfabriqués en béton clair servent de coffrage perdu pour des piles.

Cette technique permet en effet de s'affranchir de coffrages traditionnels qui nécessitent souvent beaucoup d'espace autour de la pile pour assurer leur stabilité et qu'il est parfois impossible d'installer à proximité immédiate de voies ferrées pour respecter les gabarits ferroviaires.

On ne saurait terminer cette courte information sans attirer l'attention sur la nature des aciers concernés, dont l'emploi a été abandonné depuis 1976, et sur la nécessité d'éviter tout amalgame avec l'acier doux galvanisé, actuellement employé, mais également utilisé depuis les premières réalisations, à la fin des années 60. En effet le comportement de cet acier est assez bien connu et s'est trouvé confirmé par de nombreuses constatations et mesures effectuées sur des ouvrages. Pour cette raison, le procédé terre armée, dans sa technologie actuelle, reste un procédé de construction très intéressant lorsqu'il est utilisé à bon escient. (cf. document de Recommandations LCPC SETRA de Septembre 1979).

Gilbert HAJUN



Ces parements doivent répondre à certaines exigences :

- D'un point de vue technique ils doivent être auto-stables, résister à la poussée du béton frais, être les plus minces possibles pour ne pas perdre de section résistante et respecter la géométrie des ouvrages.

- Pour l'aspect extérieur, il convient dans ce cas particulier, de présenter des formes les rendant anti-affiches, propres et durables ce qui implique un traitement de surface adéquat du béton.

En outre, par souci d'esthétique et d'insertion dans l'environnement, leur couleur devait être adaptée à la dominante chromatique du quartier (secteur des tuileries), leur forme originale.

Pour respecter toutes ces contraintes, la pré-fabrication en usine s'est imposée; il a fallu veiller à une parfaite maîtrise des opérations de transport, de manipulation et stockage pour ne pas les salir ni les épaufrer.

- La solution mise en oeuvre fait appel :

- Pour les fûts à des éléments tubulaires de 1 mètre de hauteur "empilés" les uns au-dessus des autres (l'étanchéité et le calage sont parfaitement maîtrisés).

- Pour les chevêtres à deux coquilles assemblés au sol et mis en place (en moins d'une heure) à la grue.

- Le béton est un béton réalisé avec du ciment blanc, des agrégats roses. Le traitement de surface est constitué par un lavage à l'acide. Un produit retardateur de prise ayant été préalablement appliqué sur le coffrage métallique des éléments.

G. GILLET



Evolution du système P.C.P.

Le système P.C.P. est le calculateur de structures mis au point par le SETRA pour la vérification des ponts construits par phases; il s'agit d'un système très complet, capable de prendre en compte les modes de construction les plus variés. Après la version de base qui permettait la simulation de la construction par encorbellement des grands ouvrages, la version suivante qui ajoutait le poussage, le haubanage et l'étude sous charges d'exploitation, voici la nouvelle version de ce système.

Prise en compte des efforts différés

La nouvelle version, permet le calcul forfaitaire des pertes de précontrainte et la redistribution des efforts par fluage conformément à l'ancien et au nouveau règlement. Les lois de fluage et de retrait du béton et la loi de relaxation des câbles de précontrainte du nouveau règlement B.P.E.L. sont maintenant disponibles pour un calcul rhéologique fin.

Dans les deux cas, scientifique ou forfaitaire, l'utilisateur peut obtenir l'état de sollicitation de la structure ainsi que les valeurs en fourchette de la précontrainte requise par le B.P.E.L. Le calcul forfaitaire permet un dégrossissage plus rapide des solutions. En revanche il tend à majorer les efforts différés par rapport à un calcul rhéologique fin.

Prise en compte de l'adaptation du câblage aux phases de construction

Pour faire face aux récentes techniques de construction notamment dans les ponts poussés, de nombreux développements dans la nouvelle version sont consacrés au traitement de la précontrainte. Des câbles peuvent être détendus à tout moment. Le calcul des pertes élastiques pour les câbles non injectés ou extérieurs prend en compte les glissements possibles par rapport au béton. Enfin certaines restrictions concernant la disposition relative des sections et des ancrages de câbles sont levées.

Nouvelles sorties graphiques

Le calcul des valeurs extrêmes survenues durant la construction réservé jusqu'à présent aux contraintes est généralisé aux efforts et réactions et ces résultats peuvent être visualisés sous forme de graphes au même titre que les valeurs probables. Nous conseillons l'emploi systématique des sorties graphiques, dans la mesure du possible, à la fois pour éviter les sorties volumineuses et pour faciliter l'exploitation des résultats.

Connexion au logiciel C.D.S. de calcul des sections

Enfin une connexion de P.C.P. vers le logiciel C.D.S. permet de calculer conformément aux règlements une série quelconque de sections précontraintes aux états limites ultimes ou aux états limites de service sous un chargement permanent et un autre de courte durée.

Toutes les données de C.D.S. sont générées par le système P.C.P. :

- contours des sections,
- précontrainte active avec sa tension probable,
- lois de comportement des matériaux,
- sollicitations normales issues du calcul.

Après coup, l'utilisateur peut éventuellement introduire dans ce fichier les aciers passifs.

Grâce à ces développements le système PCP dispose d'un ensemble complet de fonctionnalités qui devrait satisfaire les utilisateurs les plus exigeants.

Jean GUAL

CABPOL : un programme - deux fonctions

Dans le logiciel P.C.P., on a choisi de décrire la géométrie des câbles de précontrainte à l'aide d'une méthode simple (points de passage obligé avec ou sans tangente imposée) mais générale.

En contrepartie de cette généralité, l'établissement de données de câblage (souvent à partir de plans) peut être long et fastidieux.

Or, on rencontre souvent des câbles à tronçons droits reliés par des arcs de cercles tangents "dans l'espace" (haubans de précontrainte extérieure au béton par exemple).

Un câble de ce type s'appuie sur une ligne brisée dont les deux extrémités sont les ancrages et les points intermédiaires des "pôles" (points de concours des parties droites) en chacun desquels on impose le rayon d'un cercle de raccordement.

De tels câbles sont plans par tronçons et bénéficient des avantages liés à cette propriété.

Une amélioration significative.

Le programme CABPOL (CABles à POLES) permet de générer des câbles directement lisibles par P.C.P., à partir de la définition simplifiée suivante:

Chaque sommet de polygonale est défini par une abscisse curviligne, deux coordonnées locales et un rayon facultatif (un rayon non fourni indiquant la présence d'une brisure).

Les points de brisure sont traités à l'aide de cercles de rayons "très petits" judicieusement choisis, pour ne pas engendrer de perturbation (points trop rapprochés).

Les points de tangence sont calculés, dans des conditions de sécurité optimales, de manière à engendrer des câbles ayant des parties droites toujours existantes donc de longueur minimale.

En cas de "conflit" de raccordements, les rayons des cercles concernés sont diminués ou augmentés de façon équilibrée.

Sur option, on peut insérer des points de tabulation sur les parties circulaires, si on craint que les cubiques de P.C.P. ne s'éloignent trop des cercles théoriques.

Les points fournis et calculés sont retraduits en repères locaux, conformément au découpage retenu pour le tablier traité (fibre repère de P.C.P. lue conjointement).

Une simplification des contrôles de projets d'exécution

CABPOL est un outil indépendant, mais il rend également possible l'établissement d'une jonction entre un logiciel d'Entreprise qui détient des données de câblage et P.C.P., via un fichier véhiculé sur bande magnétique.

Ce type de transfert qui a déjà été mené à terme avec succès dans un autre contexte et qui pourrait se généraliser progressivement supprime l'acquisition des données à partir de plans et les risques d'erreurs qui pourraient en résulter.

Les gains réalisés en énergie humaine et en délai sont considérables.

Lucien GRENET

. Dispositifs de visite et d'entretien des ouvrages

Au cours de la visite d'un certain nombre de grands ouvrages nous avons constaté :

1) Des actes de vandalisme :

Les portes, les trappes d'accès des ouvrages sont systématiquement défoncées, les dispositifs d'éclairage détruits, les gouttières et évacuation des eaux démontées et même les grilles des gargouilles sont volées ! Plus grave encore, des feux sont allumés à l'intérieur des ouvrages ou sous les ouvrages.

Il est donc absolument nécessaire de prévoir des dispositifs de protection efficaces, tout particulièrement pour les ouvrages à précontrainte extérieure et s'assurer que les câbles extérieurs ne sont pas trop exposés ce qui peut-être le cas dans les ponts à nervures à proximité des culées :

. Portes avec tôles de l'ordre de 5 mm, 3 verrous de sûreté avec canons non apparents et plaques de renfort soudées ... le tout galvanisé contre la corrosion,

. Grilles galvanisées à barreaux pleins 30 x 30 espacés de 15 cm dont les boulons de fixation doivent être pointés à l'arc pour éviter le démontage,

. Murs caches au droit des culées empêchant le passage,

. Evacuation des eaux non apparentes ou sous forme de gargouilles intégrées à la structure comme dans les églises,

. Suppression des "recoins urinoirs"

2) La présence d'animaux :

Les oiseaux nichent dans les trous horizontaux des âmes des ponts caissons lorsque ceux-ci atteignent un diamètre de l'ordre de 40 à 50 mm. (Ils ne peuvent pénétrer dans les trous de fixation des coffrages $\varnothing = 20$ mm). Ils accumulent ainsi à l'intérieur des caissons des quantités impressionnantes de foin ce qui peut inciter les vandales à allumer des feux.

Il y a donc lieu de clore les trous d'aération par des grillages.

3) Des corrosions :

... - des parties métalliques :

- les conduits métalliques, les capots de projection, les supports ... (en précontrainte extérieure), les dispositifs de mines, les trappes d'accès, les échelles ... sont soumis à des condensations lors des changements atmosphériques et rouillent très facilement (la qualité des peintures est sûrement à mettre en cause) :

Il est donc préférable de galvaniser toutes les parties métalliques (en général de l'ordre de 500 gr/m² soit 70µm d'épaisseur) :

. les aciers à galvaniser doivent répondre aux stipulations de la norme NFA 35-503

. l'exécution de la galvanisation doit s'effectuer conformément à la norme NFA 91-121 et les épaisseurs à mettre en oeuvre sont celles du fascicule de documentation NFA 91-122

. le contrôle de la galvanisation est à faire conformément aux normes NFA 91-121 (convenance) et NFA 91-201 (contrôles de réception).

... - de certaines parties en béton :

- Les abouts des tabliers, les garde-grèves, les corbeaux d'ancrage des joints ... sont très exposés, malgré les précautions prises à la conception, à l'humidité et aux sels de déverglaçage.

Il serait utile de prévoir en sus des dispositions habituelles (larmiers, gouttières, caniveaux, espaces aérés ...) l'enduction des parties exposées par un produit adapté (1) par exemple un brai-époxy (cf. dossier STER 81).

(1) Si vous avez une expérience concluante dans ce domaine, faites en profiter les collègues.

Daniel POINEAU

. Contrôle des appareils d'appui en élastomère fretté

La procédure de contrôle de la qualité de ces appareils d'appui dite du "BT4" devrait être, très prochainement, modifiée pour tenir compte des nouvelles commercialisations et des problèmes que posait cette procédure. Cette nouvelle procédure devrait, en principe, être basée sur :

- un examen par l'Administration de la capacité du produit à répondre à l'usage pour lequel il est fabriqué.
- pour le fournisseur sur sa capacité à maintenir une fabrication de qualité suivie.

Chaque fourniture fera l'objet d'un AVIS TECHNIQUE SETRA.

Dans l'attente de la mise en place de cette procédure les productions "hors BT4" doivent faire l'objet d'une réception soit en usine, soit sur chantier avant l'utilisation pour vérifier leurs caractéristiques par rapport aux prescriptions du marché, reprenant celles du BT4. Les vérifications que l'entreprise se doit de faire effectuer par un laboratoire de l'Administration doivent porter, au moins, sur :

- le contrôle dimensionnel,
- le module G,
- le contrôle de la liaison élastomère/frette,
- la résistance à la rupture en compression.

G. ENNESSER

. Accidents sur les dispositifs de retenue

La mise au point de dispositifs de retenue efficaces s'appuie sur des expériences de chocs réalisées en site d'essai.

Cependant, il est également nécessaire de connaître le comportement des dispositifs dans les conditions réelles de fonctionnement.

C'est pourquoi le SETRA a lancé avec l'INRETS (Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité) une étude des accidents survenant sur des ponts ou leurs abords et impliquant des dispositifs de retenue conformes aux dessins types du dossier GC77.

Pour mener à bien cette recherche, il est nécessaire d'être informé sur le maximum de cas d'accidents sur barrières ou glissières sans qu'il y ait nécessairement franchissement ou mauvais comportement du véhicule ou du dispositif de retenue.

Le plus difficile est d'être rapidement informé de ces cas pour recueillir le maximum de renseignements. C'est pourquoi nous lançons un appel aux bonnes volontés.

Si vous avez connaissance de chocs ou d'accidents sur des dispositifs de retenue conformes au dossier GC77, prenez contact par téléphone avec M. VULIN de l'INRETS (tel 78-26-14-18) qui vous adressera une fiche à remplir.

Nous pourrions ainsi constituer un fichier permettant des exploitations statistiques.

d'avance merci

M. FRAGNET

. Déformation des supports de garde corps S 8 sous l'effet du gel

1) Origine des désordres.

Si l'eau, par nuissellement surtout, peut pénétrer à l'intérieur des tubes constituant le garde corps (il suffit d'un trou parfois microscopique) sans qu'elle ne puisse s'évacuer, il y a accumulation. Quand le volume d'eau est important et qu'une période de gel intervient il y a expansion de l'eau et déformation allant jusqu'à l'éclatement du profil. Voir la photo dans le guide de visite des équipements des ponts, p.11, (annexe du F21 de l'Instruction sur la surveillance des OA).

Cette pénétration peut se faire soit par un évent ménagé pour permettre la circulation des fluides lors de la galvanisation à chaud, soit par une soudure non continue ou non étanche, comme nous l'avons observé sur des barreaux intermédiaires du S8, à la jonction barreau/main courante et comme des expériences en laboratoire l'ont démontré.

2) Les remèdes

Ils sont fonction du stade auquel on se place et de l'importance de la détérioration

2.1) Action sur la conception du garde corps S8 (et des constructions faisant appel à ces profils).

Il faut que les prescriptions du dossier GC77, pièce S8, §3.2 dernier alinéa, soient respectées : cordons de soudure parfaitement étanches et continus.

Les évents pour la galvanisation sont à positionner en un point que l'eau de ruissellement ne peut atteindre et leur dessin pourra s'inspirer de celui de la fig. 1.

2.2) Garde corps en place non détériorés.

Prévoir un percement systématique en pied de support avec un reconditionnement de la zone de l'acier mise à nu par une peinture riche en zinc. Ensuite on remplira, par un coulis de ciment par exemple, le support jusqu'au niveau du trou.

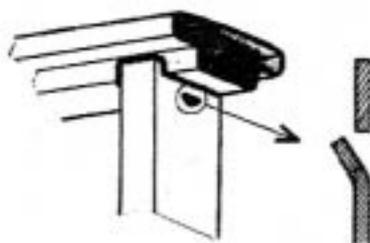


fig.1

2.3) garde corps présentant un désordre d'ampleur limitée

a) reconstituer le cordon de soudure continu et étanche à la liaison avec la main courante.

b) réaliser le percement décrit au § 2.2 ci-dessus.

c) redonner au profil sa forme initiale à l'aide de petits vérins.

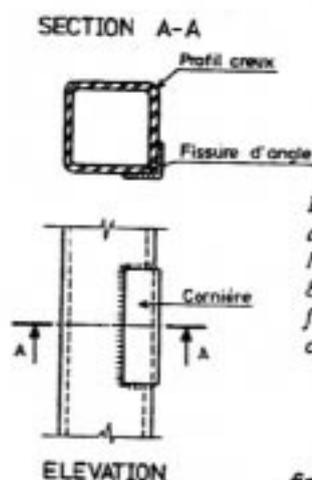
d) souder les lèvres fissurées.

e) apporter un renfort par une cornière soudée (voir fig.2)

2.4) Garde corps très abimés

La décision à prendre sera fonction de l'état de détérioration qui peut remettre en cause sa résistance, donc sa fonction de sécurité vis-à-vis des usagers.

Michel FRAGNET



Extrait d'un article paru dans la revue Construction Métallique n° 352, Octobre 81. Cet article traite de l'effet du gel sur les profils creux contenant de l'eau.

fig.2

5 -

INFORMATIONS BREVES

. Plaquettes étalon de surfaçage

Elles existent !

Les plaquettes P1 et P2 présentées par le STER 81, sous dossier Surfaçage des Tabliers, signalées dans le F65 (art.36.2.4. commentaires) et dans le F67 (art.9.1.2.2.) sont fabriquées par :

la Société des Résines Synthétiques (SRS)
B P - 7 0 2 7, A v. J. F. K E N N E D Y
77793 NEMOURS CEDEX

C'est à cette Société qu'il convient de s'adresser pour toutes commandes de plaquettes

Leur coût est de 60 F.le jeu (t.c).

. Etanchéité : Le Teranap

Une note d'information sur l'étanchéité des ponts en maçonnerie, "condition de mise en oeuvre du procédé TERANAP" est actuellement diffusée par le DOA du SETRA.

. Armco n'est plus ...

La division Construction de ARMCO-FRANCE (Buses Métalliques) n'existe plus. L'usine d'ABBEVILLE a cessé toute activité et celle de GENAY-NEUVILLE (Buses Spiwell) a été reprise par la Société COFRECIS (Buses Spirhelco). Les produits SPIWELL et SPIRHELCO sont distribués par la Société DAVUM TP.

. PAQ .. PAQ pas que ça à faire!

"Alors qu'est ce qu'on fait ? il faut vraiment faire un PAQ ?

*- Ben ... c'est prévu au marché ...
- Alors, on va abattre une forêt nouvelle, vous avez vu les papiers qu'il faut vous donner ?*

*- ...
- Comment fait-on ? Que voulez-vous exactement ?
- Heu ...j'sais pas bien ... on applique le Fascicule 65... bon, on va faire une réunion".*

Le stress est aussi grand dans l'Entreprise que chez les Maîtres d'Oeuvres depuis que le nouveau Fascicule 65 est entré en application.

Il est vrai que ce monument de notre littérature réglementaire n'est pas sur tous les points facile à digérer et à mettre en application.

Le P.A.Q. (Plan d'Assurance Qualité) par exemple est livré en Kit dans le texte ..., charge à chacun, selon son tempérament ou ses objectifs, selon l'importance relative qu'il accordera au fond et à la forme, d'imaginer l'allure que prendra le produit fini.

L'important est de cerner l'esprit de ce texte : un PAQ pourquoi faire ?

A mon avis, pour donner au Maître d'Ouvrage l'assurance qu'il deviendra propriétaire d'un ouvrage de la qualité attendue. Cette assurance ne sera fondée que si Maître d'Oeuvre et Entreprise engagent dès le début de l'opération une réflexion globale sur les procédures garantissant la qualité et dont la mise en oeuvre effective puisse être prouvée ultérieurement.

Plus simplement, le PAQ doit répondre aux questions principales suivantes :

- Comment l'Entreprise est-elle organisée?*
- Qui fait quoi, comment et avec quoi?*
- Comment prouver que l'objectif sera ou qu'il est atteint (convenances/fiches de suivi)?*

Rien de bien révolutionnaire si ce n'est l'obligation de matérialiser la réponse à chaque question afin qu'elle ne reste pas prisonnière des seules méninges de son auteur, les objectifs principaux étant :

- Emulation des concepteurs et des réalisateurs*
 - Chasse à l'improvisation*
 - Limitation des accidents et des malfaçons*
- Bon ça va, compris pour le fond mais il faut formaliser tout cela !*

Ca vient, ... des propositions peuvent être faites par le SETRA ... elles ne sont pas encore diffusées systématiquement car elles s'enrichissent encore des premières expériences. A signaler que quelques rares Entreprises se sont déjà organisées en vue de fournir et de mettre en application des PAQ cohérents.

Tout n'est pas encore gagné pour que les PAQ rendent les services qu'on attend d'eux :

Si Maîtres d'Oeuvre et Entreprises font tourner les photocopieuses pour demander ou fournir des PAQ.

S'il est exigé autant de "procédures d'exécution" pour réaliser un mur anti-bruit qu'un pont à haubans,

Si le PAQ est préparé par un "solitaire" pour être, après visa, sagement classé dans des armoires, sans "descendre sur le terrain",

Si le PAQ ne présente aucune utilité pour l'exécutant,

Si le contrôleur extérieur n'accepte pas le principe du contrôle interne,

Si les "fiches de suivi" sont remplies le vendredi soir à la veillée....

**C'EST VRAI QU'UNE FORET AURA
INUTILEMENT ETE SACRIFIEE**

Christian BOITEAU

7 - DOA-SETRA : LES DERNIERES PUBLICATIONS

Dalles de transition - référence au catalogue F 8504 - prix de vente 21F parution
Juin 85 -

Guide d'emploi du règlement français de béton précontraint aux états limites
(BPEL) - référence au catalogue 8576 - prix de vente 120 F - parution Janvier 86-

Présentation du fascicule 65 du CCTG - (SETRA - SNBATT) - référence au cata-
logue F 8624 - prix de vente 40 F. parution FEVRIER 1986 -

Ponts dalles à poutrelles ajourées et précontraintes transversalement (PSIPAP)
- Guide de calcul - référence au catalogue F 8626 - prix de vente 40 F - parution
JUN 1986 -

2ème partie de l'instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ou-
vrages d'art : les fascicules suivants :

Fascicule 32 - Sous-fascicule 32.1 - Ponts courants - référence au catalogue
8009/14 - prix de vente 27 F. - parution MARS 1986 -

Fascicule 12 - appuis - référence au catalogue F 8009/13 - prix de vente 27
F. - parution MARS 1986 -

Fascicule 34 - Ponts suspendus et ponts à haubans - sous fascicule 34.1 et
34.2 - référence au catalogue F 8009/15 - prix de vente 27 F - parution-
MARS 1986 -

En cours de diffusion : Répertoire des textes et documents techniques essentiels re-
latifs aux ouvrages d'art : édition N° 1 DECEMBRE 1986.

A reproduire ou à découper

- NOM :

Service

- Société :

tél.

Entreprise

- Adresse :

- Désire être destinataire de ... exemplaire(s) du bulletin de liaison Ouvrages d'Art.
- Accepte éventuellement de proposer un (des) article(s) pour ce bulletin.
- Vous fait part des observations suivantes: