

Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



ministère  
de l'Équipement  
des Transports  
et du Logement

## Ouvrages marquants

---

- Le second franchissement du Rhin au sud de Strasbourg
  - Le viaduc d'accès côté France  
*G. TREFFOT, Y. SIMON, A. DEMARE, P. CORFDIR, B. TEUTSCH* *page 3*
  - Le viaduc d'accès côté Allemagne  
*G. TREFFOT* *page 10*

## Techniques particulières

---

- Passages supérieurs en BFUP de Bourg-lès-Valence  
*Z. HAJAR, A. SIMON, D. LECOINTRE, J. PETITJEAN* *page 17*

## Equipements et entretien

---

- Faut-il peindre les dispositifs de retenue ?  
*M. FRAGNET* *page 27*

## Informations brèves

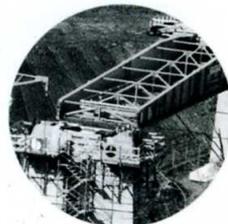
---

- Connaissez-vous l'AFCAB  
*Y. JAFFRÉ* *page 29*
- Joints de chaussées  
*M. FRAGNET* *page 34*
- Stages  
*page 35*

## Le kiosque du Setra

---

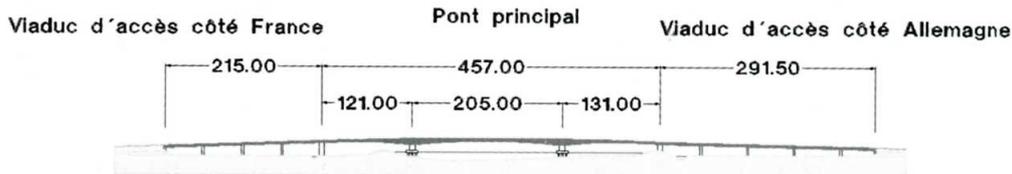
- Les dernières publications Ouvrages d'Art *page 36*



# Le second franchissement du Rhin au sud de Strasbourg

Le nouveau franchissement du Rhin au sud de Strasbourg, entre Eschau et Altenheim, long de près d'un kilomètre, comporte trois ouvrages successifs. Le pont principal franchissant le fleuve et deux viaducs d'accès en béton précontraint.

Le tablier du viaduc d'accès côté France est préfabriqué sur le remblai d'accès et mis en place par poussage alors que le tablier du viaduc d'accès côté Allemagne est coulé en place sur cintres et étaielements. Les deux articles suivants présentent la construction de ces deux viaducs.



## Le viaduc d'accès côté France



de 0.40 m d'épaisseur et un hourdis inférieur de 0.20m d'épaisseur. L'épaisseur du hourdis supérieur varie de 0.22 m à 0.41 m. Du fait de la courbure en plan, le caisson est déversé dans son ensemble de 2,5 % par rapport à l'horizontale.

Les courbures du profil en long ( $R = 12\ 000$  m) et du tracé en plan ( $R = 625$  m) construisent un cône de poussage très aplati et d'axe très légèrement incliné par rapport à la verticale.

### ■ Découpage en plots

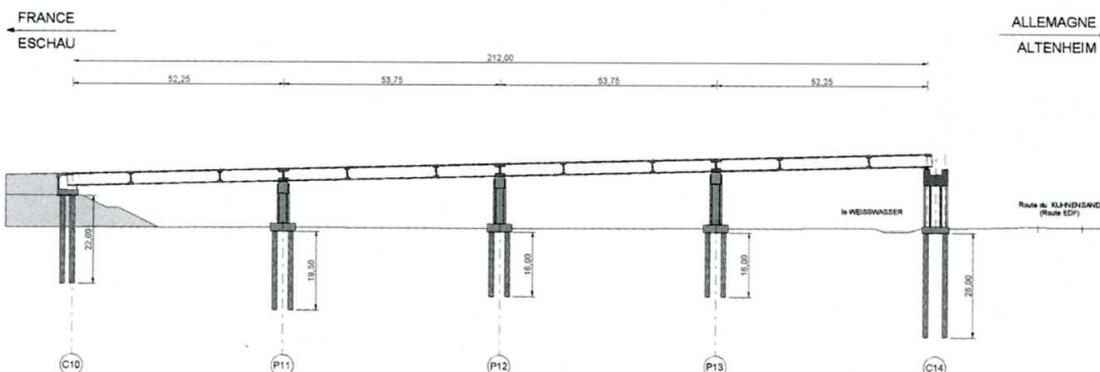
Le tablier, réalisé en béton B60, est préfabriqué en 12 plots, chaque plot intégrant une entretoise déviatrice sur pile ou un déviateur en travée (les déviateurs sont situés aux environs du tiers et des deux tiers de chaque travée)

Le bétonnage de chaque plot est réalisé en deux phases décalées dans le temps. On coule d'abord le U inférieur (hourdis et âmes), puis le hourdis supérieur. La reprise de bétonnage est située dans le gousset assurant la jonction entre âmes

## Conception générale du tablier

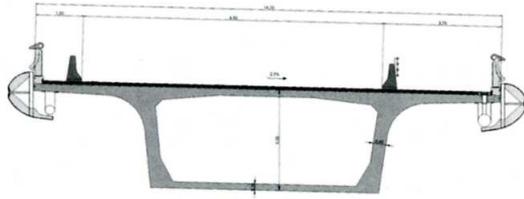
### ■ Contraintes géométriques liées au tracé routier

L'ouvrage long de 212 m comprend 4 travées de 52.25 m (travées de rives) et 53.75 m (travées centrales). Le tablier est un caisson mono-cellulaire de hauteur constante égale à 3.20 m, avec des âmes



◀ Coupe longitudinale.

► Coupe transversale.



et hourdis dans une zone moins sollicitée sous efforts tranchants.

■ **Conception du câblage longitudinal**

**La précontrainte de poussage** comprend quatre câbles rectilignes 19T 15 S intérieurs au béton qui règnent sur le plot central et les deux plots encadrant chaque appui. Six ou huit câbles 25 T 15 S extérieurs au béton au tracé ondulé complètent le câblage sur la longueur d'une travée.

**La précontrainte définitive** ajoutée à la fin du poussage comprend deux câbles extérieurs 25 T 15 S au tracé ondulé régnant sans interruption sur deux travées successives.

Après poussage (en service), tous les câbles "antagonistes" de poussage intérieurs et extérieurs au béton sont détendus. Les câbles intérieurs, laissés en place, sont injectés au coulis de ciment alors que les câbles extérieurs sont retirés. La précontrainte utilisée est le système C de Freyssinet. La protection contre la corrosion des torons est assurée par coulis de ciment "Super Stress M" pour les câbles intérieurs et par cire pétrolière pour les câbles extérieurs.

**La précontrainte transversale**

Le hourdis supérieur est précontraint par monotrons gainés - graissés - système BBV - espacés tous les 40 cm.

**Etudes d'exécution**

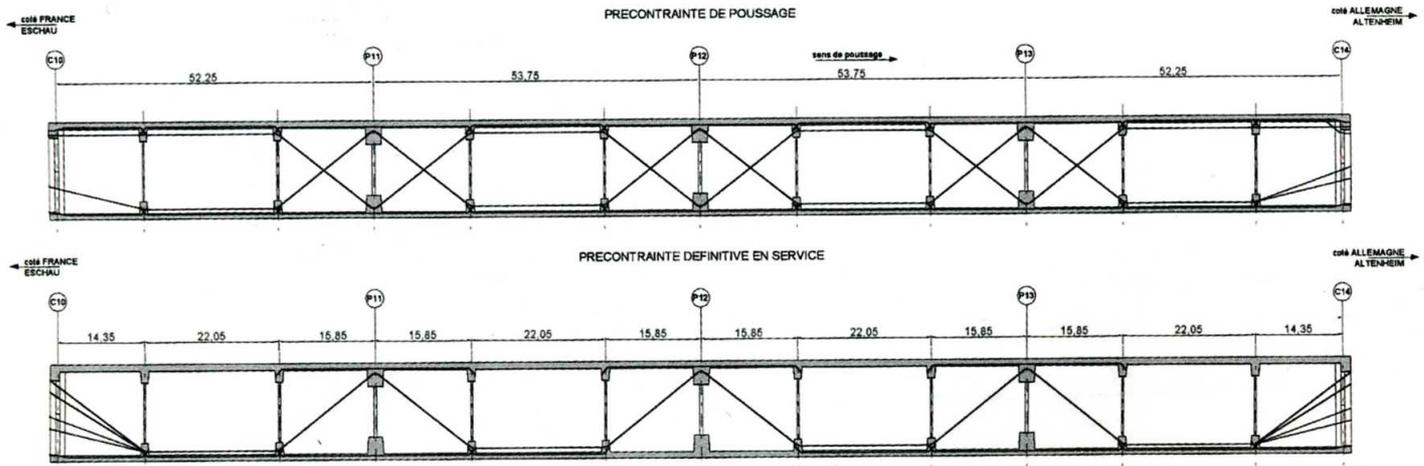
Le tablier du viaduc est de facture classique pour un ouvrage poussé en béton précontraint. Les études l'ont été également et on y retrouve les difficultés propres à ce type d'ouvrage et au matériau retenu (BHP).

Parmi les points particuliers, on retiendra notamment :

- l'étude de la flexion de l'ouvrage et des phases de poussage à l'aide du programme à barres ST1 qui prend bien en compte les différentes lois de comportement du béton dans le temps, pertes de précontraintes ou phases de construction mais dont la gestion des enveloppes est ardue ;
- la conception des ferrillages qui s'est avérée délicate, surtout au niveau des voussoirs sur culées, du fait des sections de béton réduites du hourdis inférieur ;
- la définition géométrique des éléments déviateurs -l'ouvrage étant courbe en plan et en long- et le positionnement des tubes déviateurs cintrés dans trois directions nécessitent un grand soin.

Concernant l'aléas sismique, les justifications ont été menées suivant les recommandations du « guide de conception des ouvrages courants en zone sismique ». Une analyse modale spectrale a été menée en modélisant les ouvrages de franchissement du Rhin (pont principal et viaducs d'accès) et leurs appuis.

▼ Schéma de câblage.



L'ouvrage repose sur des appuis en néoprène fretté (dimensions 900 x 800 x 8 (20+5) mm) qui contribuent à isoler le tablier des mouvements telluriques, et des butées de sécurité ont été installées afin d'éviter que le tablier ne puisse échapper de ses appuis.

Sur culées, des butées longitudinales et transversales bloquent les déplacements du tablier. Sur les piles intermédiaires, des tenons parasismiques traversant le hourdis inférieur assurent la même fonction dans le sens transversal uniquement.

## Installations de chantier

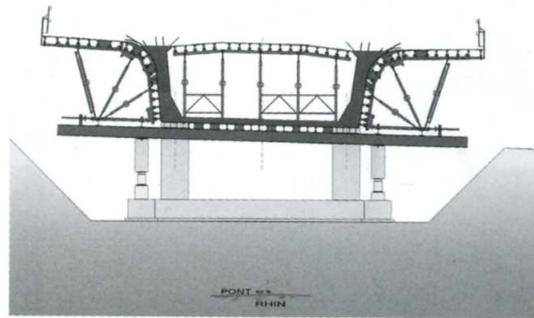
### ■ Aire de préfabrication

L'aire de préfabrication est située sur le remblai d'accès. Son édification a été anticipée de deux ans et assortie d'un préchargement pour provoquer les tassements des sols d'assises compressibles. Un suivi topographique a permis de contrôler la consolidation effective des sols de fondation.

En l'absence de risques de tassements résiduels, le banc de préfabrication a été fondé superficiellement sur des longrines. Il est constitué de deux poutres longitudinales en béton armé (section 1,20 x 0,50 m) de 30 m de longueur, portant par l'intermédiaire d'une ossature métallique secondaire (HEB 400 tous les 1,50 m), le fond de moule et les coffrages extérieurs des âmes et encorbellements.

La bonne position du fond de moule est obtenue par réglage altimétrique de chaque poutre grâce à trois vérins hydrauliques.

Les coffrages intérieurs des âmes, des déviateurs et des entretoises déviatrices, entièrement en bois, ( finition bakélinisé) sont constitués de panneaux



◀ Coupe transversale du banc de préfabrication.

modulaires ajustables suivant les configurations et les caractéristiques de chaque plot.

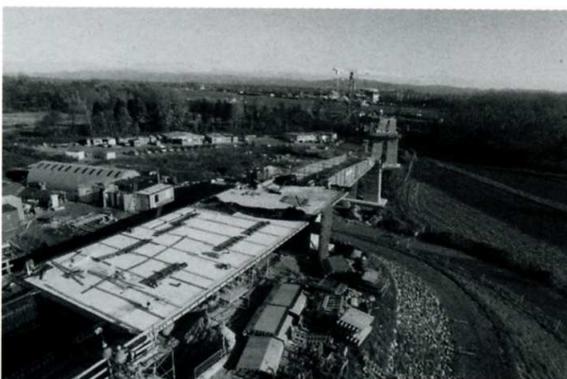
La totalité des coffrages est en bois.

La conception du banc de préfabrication permet de réduire notablement les frottements lors du poussage. Les longrines habituelles régnant sur toute la longueur du plot à construire sont réduites ici à quatre appuis munis de selles de glissement.

### ■ Dispositifs de glissement et de poussage

Des plaques de glissement en caoutchouc fretté recouvertes de PTFE sont introduites entre la sous face du tablier et les selles d'appui métalliques elles-mêmes recouvertes de plaques d'inox polies. Afin de diminuer le coefficient de frottement entre PTFE et inox (environ 3 %), les plaques sont enduites de graisse au silicone au cours du poussage. L'effort total de poussage développé en fin de poussage du tablier pour vaincre la pente ascendante et les frottements est de l'ordre de 300 tonnes.

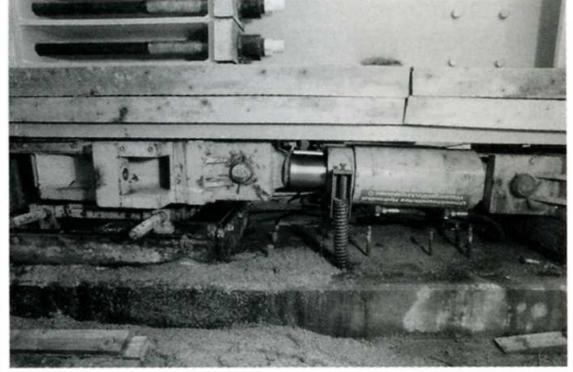
Le poussage est réalisé à l'aide de deux systèmes hydrauliques "Eberspächer" synchronisés, constitués chacun d'un vérin vertical de levage et d'un vérin horizontal de poussage d'une course d'environ 200 mm.



◀ Aire de préfabrication.

► L'avant bec.

►► Le système de poussage Eberspächer.



L'avant-bec métallique de 33 m de long et d'un poids de 70 tonnes est brélé au tablier à l'aide de barres précontraintes.

### ■ Cycle de construction des plots

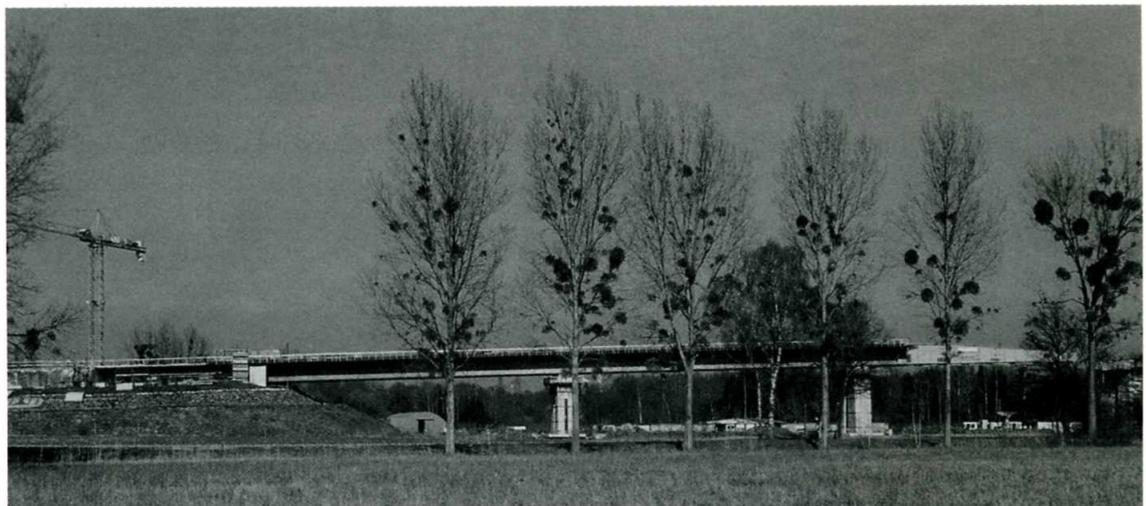
La construction d'un plot dure en moyenne une semaine et se décompose de la manière suivante :

- réglage de la plate-forme et des coffrages extérieurs ;
- treuillage des cages d'armatures du U inférieur; préfabriquées à l'arrière du banc ;
- pose des ancrages, des tubes déviateurs et des gaines de précontrainte, des coffrages intérieurs ;
- bétonnage à la pompe du U ;
- coffrage du hourdis supérieur en partie centrale ;

- pose des armatures passives et des gaines de précontrainte ;
- mise en tension des câbles de précontrainte longitudinaux, soit 4 paires de câbles 19 T 15 régnant sur la longueur de chaque plot et 4 paires de câbles 25 T 15 régnant sur la travée entière au troisième, sixième, neuvième et dernier plot ;
- décintrement du plot par abaissement des vérins de la plate-forme de préfabrication ;
- poussage ;

La mise en tension des monotorons transversaux du plot n est généralement effectuée après poussage, en temps masqué, durant la construction du plot n+1.

►► Le tablier à différentes phases de construction.



## Injection à la cire des câbles de précontrainte

Conformément aux recommandations des circulaires de 1999 et de 2001, l'injection des câbles extérieurs est effectuée à l'aide de cire pétrolière raffinée. La cire utilisée (injectelf cp) est livrée par camion-citerne et réchauffée sur chantier à une température de 100°C pour assurer une parfaite injectabilité des torons à l'intérieur des conduits.

A cette température, la cire est extrêmement fluide, et, le moindre défaut d'étanchéité des gaines polyéthylènes ou des organes particuliers (tromplaque, capots, raccords...) présente des effets désastreux pour la conduite du chantier et pour la sécurité des compagnons (risques d'éclaboussures...). Les contrôles préalables systématiques de l'étanchéité des gaines polyéthylène à l'air ont permis d'injecter la cire sans qu'aucune fuite ne survienne durant les opérations.

L'injection de la cire a été réalisée sous une pression effective de 3 bars et en maintenant une dépression à l'intérieur de la gaine de 1 bar à l'aide d'une pompe à vide située à l'autre extrémité de la gaine.

### Problèmes de chantier rencontrés

Malgré la mise en place d'un plan d'assurance qualité de niveau C, différents incidents ont émaillé le déroulement des travaux

#### ■ Erreur de formulation du béton

Lors du bétonnage du hourdis supérieur du 6<sup>ème</sup> plot, est survenue une erreur de formulation du béton à la centrale (utilisation d'un adjuvant plastifiant en lieu et place du super-plastifiant prévu dans formule). Cette non-conformité concernant 4 toupies de béton s'est traduite par un retard de prise du béton dans les coffrages supérieur à 48 heures et une présomption de non-conformité des résistances mécaniques à atteindre ( $f_{c28} = 65$  MPa). Le gel des bétons concernés précipita finalement la décision de démolir entièrement la partie de hourdis concernée. Celle-ci a été réalisée par hydrodémolition (environ 90 m<sup>2</sup>) afin de préserver les armatures en attente du U inférieur.

Au total, cet incident a entraîné un retard d'un mois sur le déroulement projeté des travaux.

#### ■ Défauts de positionnement des tubes déviateurs

Des défauts de positionnement géométrique de 6 tubes déviateurs sont survenus au droit de l'entretoise déviatrice sur la pile P13.

Ces défauts liés à des imprécisions lors du réglage des tubes se traduisaient par des cassures angulaires d'environ 9° par rapport à l'axe théorique du faisceau de câbles au droit du raccord avec la tromplaque d'ancrage. De telles cassures angulaires situées à proximité immédiate d'un ancrage et fortement susceptibles d'entraîner des ruptures de torons lors de la mise en tension des câbles correspondants sont bien évidemment inacceptables.

La solution de réparation, proposée par le groupement d'entreprises et finalement retenue, a consisté à ajuster le tracé des gaines polyéthylène à l'intérieur des tubes métalliques cintrés grâce au jeu diamétral important. L'espace annulaire résiduel a ensuite été injecté à l'aide de coulis de ciment pour assurer le maintien du positionnement des gaines lors de la mise en tension des câbles.

Cette solution a été préalablement testée en vraie grandeur sur un élément témoin.

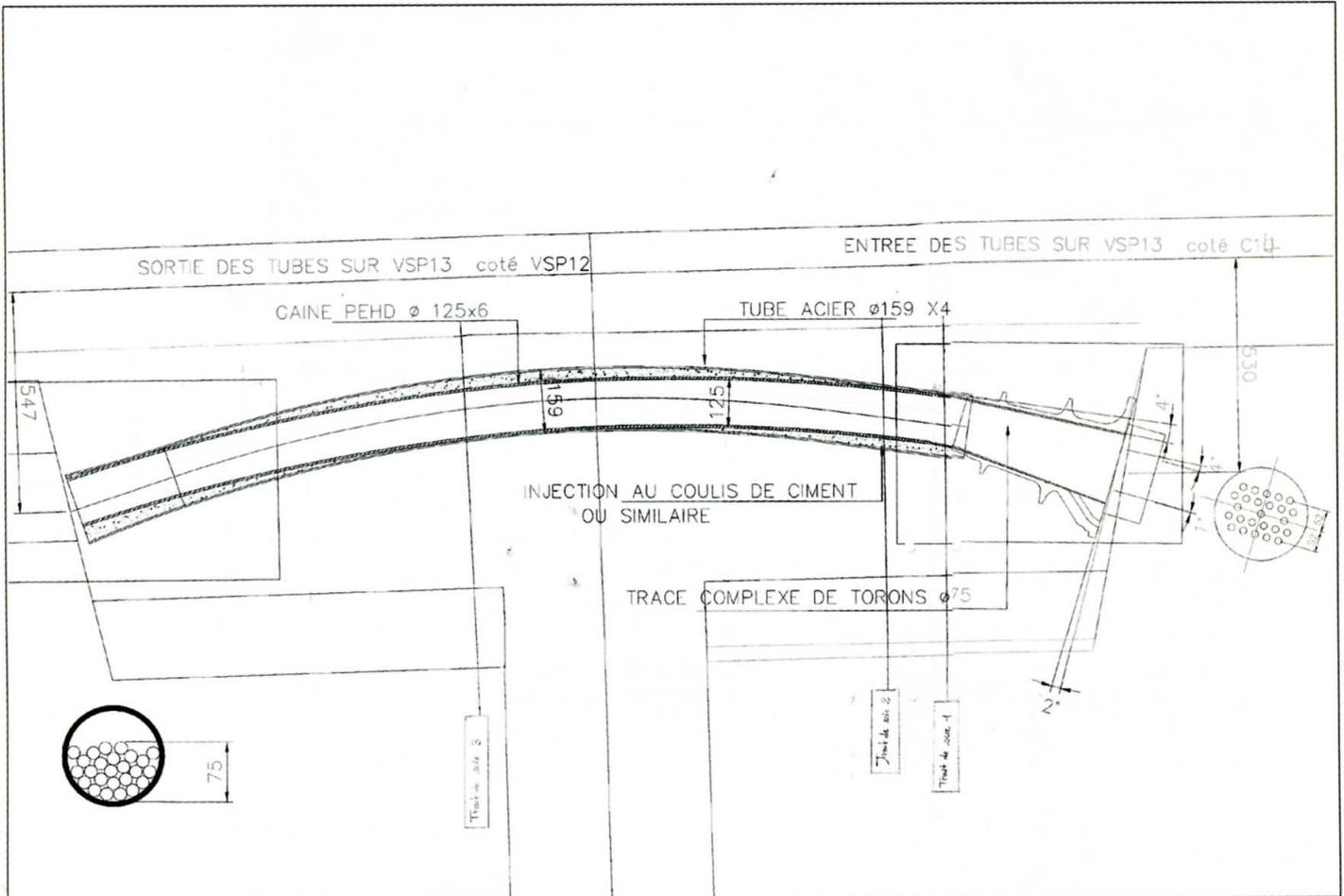
#### ■ Imprécisions de façonnage et de réglage des tubes déviateurs

Les défauts (hors tolérances) de positionnement angulaires des tubes déviateurs de la première travée se sont traduits par un placage et des ovalisations importantes des gaines en polyéthylène en sortie de tubes allant dans quelques cas jusqu'à des fissurations du polyéthylène.

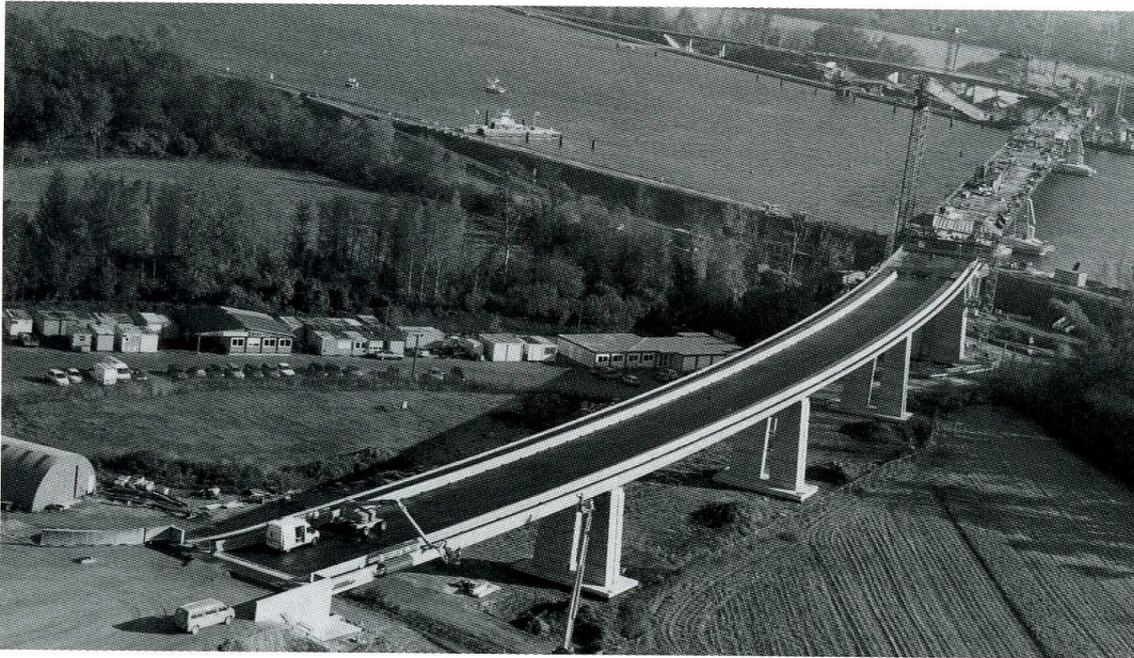
L'injection des câbles à l'aide d'un produit souple mis en oeuvre à haute température ne peut pas tolérer la moindre fuite. Aussi, les zones fissurées des gaines ont fait l'objet d'un "capotage" spécial constitué d'un dé en béton armé, conçu de sorte à être aisément démontable lorsque les câbles seront détendus.

La gestion et le traitement de ces non-conformités majeures ont fait l'objet d'une étroite concertation entre l'entrepreneur et le maître d'œuvre en vue de trouver une solution acceptable pour la

pérennité de l'ouvrage. Ces incidents rappellent l'extrême vigilance que le maître d'œuvre doit exercer tout au long des travaux...même s'il existe un plan d'assurance de la qualité très élaboré !



▲ Défaut de positionnement des tubes déviateurs sur VSP13. Solution retenue pour la réparation.



◀ L'ouvrage achevé (en arrière plan, le pont principal sur le Rhin et le viaduc d'accès allemand).

#### ■ Principales quantités du tablier

- béton B65 : 2020 m<sup>3</sup>
- aciers passifs : 307 000 kg (152 kg/m<sup>3</sup>)
- aciers actifs :
  - précontrainte définitive : 59 000 kg (29 kg/m<sup>3</sup>) ;
  - précontrainte provisoire : 35 900 kg (18 kg/m<sup>3</sup>).
- coffrages 7100 m<sup>2</sup>

#### ■ Coût total de l'ouvrage

(y compris appuis, fondations et équipements) :  
4 922 000 euros TTC (soit 1 550 euros TTC /m<sup>2</sup>)

#### ■ Principaux intervenants

- **Maîtrise d'ouvrage :**  
Ministère de l'Équipement - Direction des Routes
- **Maîtrise d'œuvre :**  
D.D.E. du Bas-Rhin - Service des Grands Travaux
- **Mises au point architecturales :**  
Philippe FRALEU, architecte

#### • Assistanes particulières à la maîtrise d'œuvre lors de la phase de réalisation des travaux :

- Contrôle des études d'exécution des structures :  
CETE de l'Est/DOA (tablier du viaduc d'accès)  
SNCF/COREDIA (appuis et fondations)
- Contrôle extérieur des travaux :  
CETE de l'Est/ LRPC Strasbourg

#### • Titulaire des marchés de travaux (pont principal et viaduc d'accès français)

Groupement d'entreprises Bilfinger + Berger et Max Früh

- Principaux sous-traitants et fournisseurs :  
Etudes d'exécution : Europe Etudes GECTI/  
SIMECSOL  
Fondations : Grund und Phalbau  
Précontrainte : Freyssinet  
Fabrication des bétons : Fehr

**G. TREFFOT, Y. SIMON, A. DEMARE,  
P. CORFDIR, B. TEUTSCH ■**

#### Guy TREFFOT

D.D.E. du Bas Rhin  
Chef de la Subdivision E.T.N.  
"Pont sur le Rhin"  
Tel : 03 90 40 27 90

#### Yves SIMON

CETE de l'Est - DOA  
Tel : 03 87 20 46 47

#### Alain DEMARE

D.D.E. du Bas Rhin  
Chef du Service des Grands Travaux  
Tel : 03 90 40 27 90

#### Pierre CORFDIR

CETE de l'Est  
Chef de la DOA  
Tel : 03 87 20 46 10

#### Bernard TEUTSCH

D.D.E. du Bas Rhin  
Subdivision E.T.N. "Pont sur le Rhin"

## Le viaduc d'accès côté Allemagne

Le viaduc d'accès de la rive droite est construit sous maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre allemandes. L'article qui suit présente brièvement les caractéristiques principales de cet ouvrage et les travaux en mettant l'accent sur des aspects particuliers de la conception et des méthodes mises en œuvre outre-Rhin.

### Caractéristiques principales

Le viaduc d'accès au nouveau pont sur le Rhin s'inscrit dans un environnement particulièrement contraignant. Le tablier surplombe les installations fixes (bandes transporteuses, cônes de graviers...) d'une très importante ballastière exploitant à l'heure actuelle les granulats du gisement rhénan jusqu'à près de 60 m de profondeur, ces matériaux étant en grande partie exportés vers le nord du pays par voie d'eau. De plus, cet ouvrage traverse le contre-canal du Rhin et les emprises du polder d'Altenheim, pouvant être noyés sur une hauteur supérieure à 4 m en cas de fortes crues du fleuve.

#### ■ Données fonctionnelles

L'ouvrage supporte une piste cyclable de 3 m, deux voies de circulation de 3,75 m séparées par une bande neutralisée de 1,00 m et un passage de service soit une largeur totale de tablier de 14,75 m.

La présence de la ballastière impose un tracé en plan suivant un rayon serré de 280 m pour raccorder le pont principal sur le Rhin à la route d'accès allemande parallèle à la digue du fleuve. Le profil en long suit une pente ascendante de 2,15 % en direction de la France, le profil en travers présente un dévers de 7 % sur chaussée et 2,5 % sur piste cyclable.

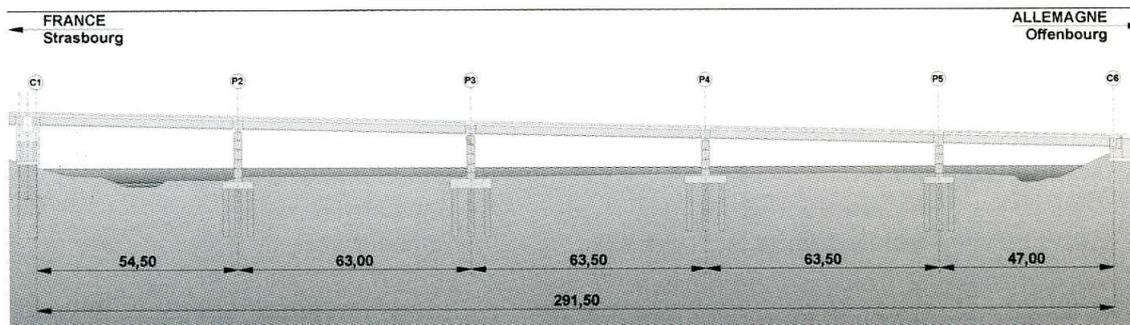
L'ouvrage, d'une longueur de 291,50 m, comprend 5 travées (54,50 m - 63,00 m - 63,50 m - 63,50 m - 47,00 m). Cette répartition des travées résulte de la position des installations fixes de la ballastière.

### Fondations

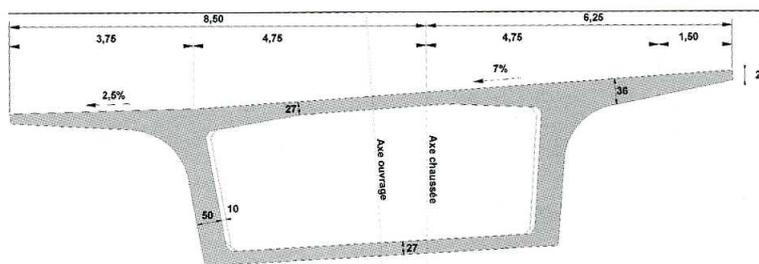
Les piles sont fondées dans les alluvions rhénanes sablo-graveleuses par l'intermédiaire de pieux forés-tubés de 1,50 m de diamètre, descendus à une profondeur d'environ 13,00 m sous le terrain naturel. Ces pieux, au nombre de 9 par pile, sont surmontés par une semelle de répartition massive réalisée à l'abri de batardeaux en palplanches compte tenu de la présence de la nappe à faible profondeur.

La culée est perchée en tête du remblai d'accès dont la construction a été anticipée d'un an afin de maîtriser les tassements.

► Coupe longitudinale.



► Coupe transversale courante.



## Appuis

La forme des piles est dérivée de celles du viaduc français en vue d'assurer la cohérence architecturale du franchissement. Elles sont toutefois plus ramassées que ces dernières compte tenu de la faible emprise au sol disponible et leur fût est plein.

Deux appuis sont ceinturés par des murs de soutènement pour éviter les poussées latérales des tas de sable dont la hauteur peut excéder 15 m. A l'ouest, le tablier s'appuie sur la pile-culée préalablement construite dans le cadre du marché du pont principal sur le fleuve.

## Appareils d'appui

L'ouvrage comporte des appareils d'appui en néoprène fretté sur toutes les lignes d'appui.

Le tablier est bloqué transversalement et longitudinalement sur la troisième ligne d'appui (comptée en partant de la pile-culée assurant la jonction entre le pont principal sur le fleuve et le viaduc) par une butée traversant le hourdis inférieur.

Sur chaque culée, des butées disposées de part et d'autre des âmes du tablier et munies d'appareils d'appui néoprène disposés verticalement, autorisent des déplacements transversaux du tablier avec un jeu de plus ou moins 5 mm.

## Tablier

Le tablier est constitué d'une poutre mono-caisson, coulée sur cintres, de hauteur constante égale à 3,20 m.

Les âmes présentent une épaisseur de 0,50 m en section courante et sont épaissies localement de 0,10 m au droit des appuis.

L'épaisseur du hourdis inférieur est constante et égale à 0,27 m, celle du hourdis supérieur varie de 0,20 m en rive à 0,48 m au droit des âmes et 0,27 m en partie centrale.

On notera l'absence de goussets au droit des jonctions âmes/hourdis.

Enfin, des entretoises massives (3,50 m d'épaisseur) en forme de « V » sont situées au droit de chaque ligne d'appui.

### ■ Précontrainte

Le câblage, entièrement intérieur au béton, est constitué d'unités « typ 6 - 19 » du système SUSPA - Litzenspannverfahren (équivalent des unités françaises 19 T 15).

L'ouvrage bétonné en place sur cintres est découpé en 5 plots, les joints entre plots déportés de 15 m par rapport aux appuis intermédiaires sont situés environ au quart de travée, dans les zones de moments nuls.

### ■ Schéma de câblage

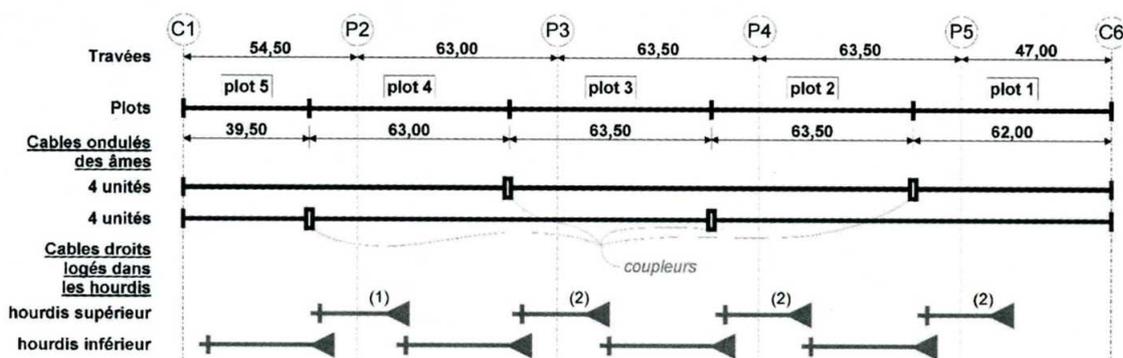
#### Câbles ondulés des âmes

Ces câbles au nombre de 8 par âme, règnent sans discontinuité sur deux plots successifs. Au droit des joints entre plots, la moitié des câbles sont rendus solidaires par coupleurs.

#### Câbles droits du hourdis supérieur et du hourdis inférieur

Ces câbles qui règnent respectivement sur la longueur de la zone de moment négatif et celle de moment positif sont tendus par une seule extrémité.

## SCHÉMA DE CABLAGE



◀ Vue de dessus - câblage représenté pour une demi-largeur du tablier.

► Mise en place des étaitements de la première travée.

► Détail des superstructures - coupe transversale schématisée.

► Détail des cintres et palées métalliques (à noter les vérins hydrauliques à vis sous les palées).

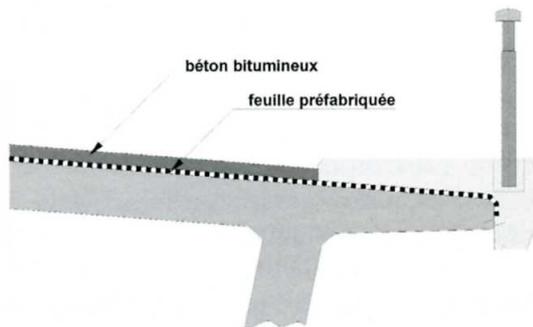
► Vue de détail des étaitements et coffrages au droit d'une pile (à noter les coffrages présentant un module de 3 mètres).

## ■ Béton :

Le béton utilisé est un B45 (résistance à la compression mesurée sur éprouvettes prismatiques suivant norme DIN, cette résistance est sensiblement équivalente à celle d'un B40 français).

## Equipements

Pour des questions évidentes d'homogénéité et de continuité, les équipements sont identiques sur l'ensemble du franchissement.



## Dévolution - attribution du marché

L'appel d'offres s'est déroulé au printemps 2000. Le règlement de consultation autorisait la remise de variantes au projet de base de l'administration. Comme cela est d'usage Outre-Rhin, l'ouverture des plis s'effectue en présence des concurrents. A l'issue de l'analyse des offres, c'est la proposition de l'entreprise Wayss et Freytag, conforme au projet de base, qui a été retenue.

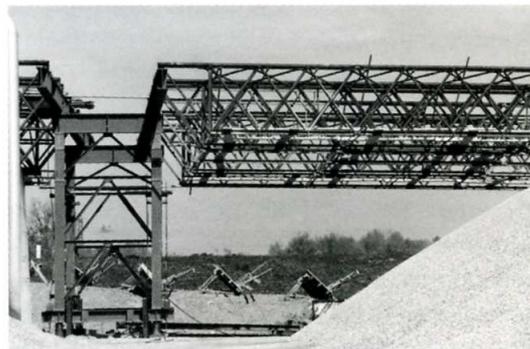
## Travaux

Les travaux sont organisés de sorte à ne réduire en aucune circonstance l'activité de la ballastière. Les installations de chantier (locaux, bureaux, stockages...) sont surélevées afin d'éviter leur submersion lors d'éventuels remplissages du polder (aucune crue n'est survenue durant la période des travaux).

L'exécution des fondations et appuis, faisant appel à des techniques classiques, n'appelle aucune remarque particulière.

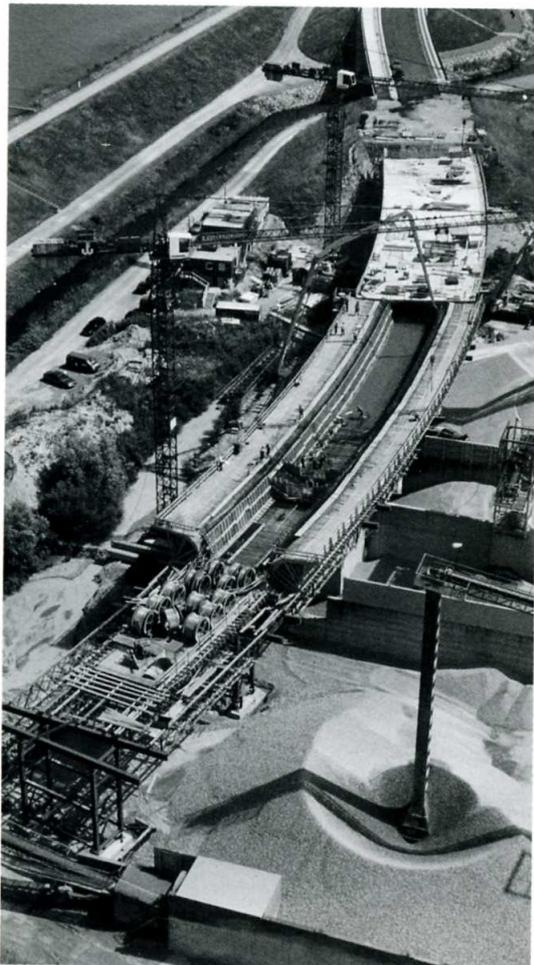
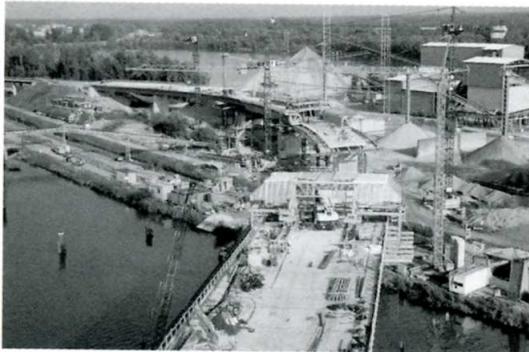
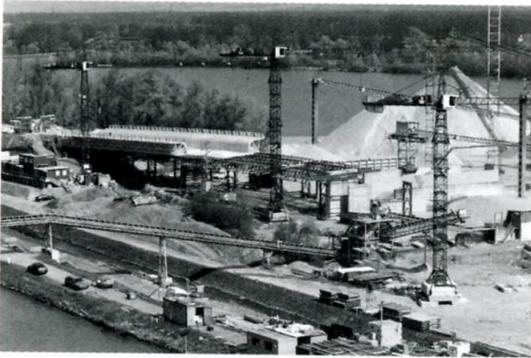
## ■ Tablier

Le tablier, découpé en 5 plots, est bétonné sur place. L'étalement est assuré par des cintres métalliques de type poutre-treillis d'environ



20 m de portée supportés par des palées métalliques.

Ces palées reposent sur les débords de la semelle au droit de chaque appui, sur des pieux « Franki » pour les palées intermédiaires au nombre de 2 par travée sauf pour la travée ouest où la présence du contre-canal nécessite 3 unités.



Ces palées sont munies en pied de vérins hydrauliques avec vis de sécurité, facilitant le décentrement.

Les coffrages extérieurs du tablier du viaduc d'accès sont constitués de planches rabotées et vernies disposées parallèlement à l'intrados. Les coffrages des âmes et encorbellements sont réalisés par modules d'environ 3,00 m pour s'adapter au rayon prononcé du tracé en plan. Des couvre-joints en contre-plaqué (section 30 x 5 mm) soulignent en creux les raccords entre les différents modules.

Chaque plot est exécuté en deux étapes avec reprise de bétonnage située à la jonction entre les âmes et le hourdis supérieur.

Les cintres et les coffrages sont déplacés au fur et à mesure de la construction des plots. L'assemblage des cintres et palées du plot n+1 est effectué en temps masqué durant la réalisation du plot n.

Les manutentions sont assurées par trois grues à tour de 50 m de portée chacune. Seule la grue desservant les extrémités du tablier est déplacée au cours du chantier.

Les travaux de fondations et des appuis ont débuté en novembre 2000, ceux du tablier en février 2001 pour s'achever en décembre 2001.



◀◀ Coffrage extérieur du premier plot achevé : du bel ouvrage !

◀◀ Bétonnage du hourdis inférieur et des âmes du second plot (à noter les bobines-dévidoirs des câbles de précontrainte à l'avant du cintre).

◀◀ Exécution du 4<sup>ème</sup> plot.

◀ Ferrailage du hourdis supérieur (à noter les gaines et les câbles de précontrainte livrés sous forme de bobines).

◀ Exécution du 5<sup>ème</sup> plot alors que s'achève le tablier du pont principal sur le Rhin.

## Quelques aspects particuliers de la construction des ponts outre-Rhin

### ■ Les coffrages en bois : un savoir-faire à (re) découvrir en France

Malgré l'implantation de grands fabricants de coffrages industriels en Allemagne, les entreprises de génie civil de ce pays ont conservé une tradition et un savoir-faire du travail du bois et possèdent encore de véritables boiseurs-coffreurs au sein de leur effectif<sup>1</sup>.

La plupart des coffrages - y compris pour les grands ponts - est réalisée à l'aide de planches de sapin - brutes ou rabotées - assemblées par clouage.

L'importance des boisements résineux qui couvrent le sud du pays explique sans doute cette situation particulière.

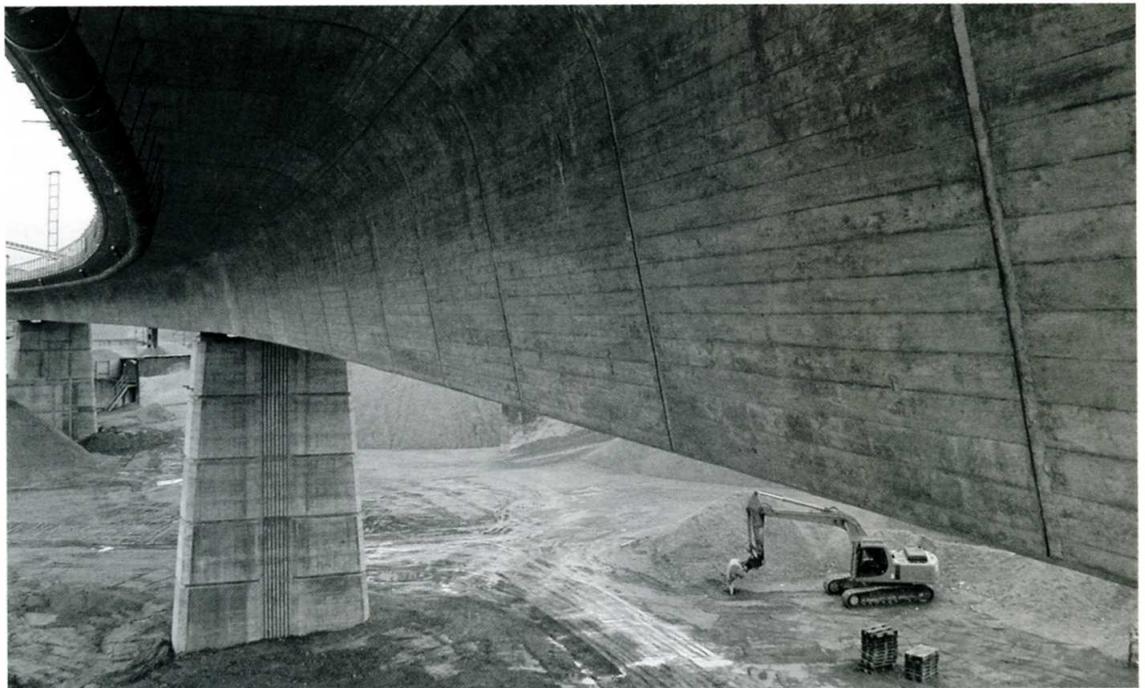
Le recours aux coffrages en bois procure plusieurs avantages :

- il anime les parements en imprimant les veines et les fibres du bois sur le béton ;
- il permet d'obtenir d'intéressants effets de reliefs par simple biseautage des planches ;
- les multiples possibilités d'assemblage des planches autorisent une très grande variété de parements architecturés ;
- les marbrures et hétérogénéités de teintes des bétons sont atténuées ;
- les défauts de planimétrie et les désaffleurements sont estompés.

Du point de vue économique, les professionnels et maîtres d'œuvre rencontrés confirment que le coffrage en bois est concurrentiel avec le panneau industriel baké devenu aujourd'hui le standard en France.

De façon générale, on retiendra que le maintien de cette tradition du coffrage bois confère un aspect particulièrement soigné des parements et contribue très favorablement à la qualité esthétique des ouvrages d'art outre-Rhin.

► Les parements.



### ■ La précontrainte

En Allemagne, la précontrainte est entièrement intérieure au béton et l'emploi de coupleurs est très largement répandu. Les câbles dont la tension est limitée à 70 % de la force de rupture garantie, sont exclusivement protégés contre la

corrosion par coulis de ciment conformément aux recommandations en vigueur dans ce pays.

De plus, les torons sont pré-enfilés dans les gaines souples en usine et l'ensemble est livré sur chantier par bobines-dévidoirs.

1. Le bois brut est largement utilisé sur les chantiers, par exemple sous forme de troncs pour réaliser des mâts ou des poteaux ou sous semi-équarri pour des soutènements provisoires (les éléments sont alors glissés entre les ailes de profilés en H préalablement battus).

Ce procédé, a priori séduisant, présente à nos yeux plusieurs inconvénients liés :

- à l'encombrement des bobines de gros diamètre (3,00 m) en extrémité de tablier où il y a rarement la place suffisante ;
- à la sécurité du personnel lors de la mise en place des gaines compte tenu de l'effet « ressort » lors de leur déroulement ;
- au réglage des gaines compte tenu de leur poids (le réglage n'est déjà pas toujours facile lorsque les gaines sont vides) ;
- aux possibles amorces de corrosion des torons en attente dans les gaines impossibles à vérifier lorsque les bobines séjournent longtemps sur le chantier !

## Equipements

### ■ Etanchéité

Les ouvrages allemands se singularisent par l'absence de relevés d'étanchéité et de contre-corniches en rives de tablier. L'extrémité de la feuille préfabriquée est traitée sous forme de simples retombées.

La chape d'étanchéité se trouve ainsi pincée entre le tablier et l'ensemble corniche - trottoir bétonné sur place en seconde phase, en une seule fois.

D'après les renseignements fournis par nos homologues, il semble que cette disposition ne donne pas lieu à des pathologies particulières y compris sur les ouvrages d'art construits depuis plus de 30 ans. Dans le cas contraire, la dépose des garde-corps et la démolition de l'ensemble

trottoirs - corniches sont nécessaires pour remplacer la chape d'étanchéité.

Notons enfin que la mise en œuvre mécanisée des feuilles préfabriquées et de l'asphalte est très répandue outre-Rhin.

### ■ Grilles-avaloirs

Outre-Rhin, l'évacuation des eaux et l'assainissement des tabliers sont traités avec un grand soin vis-à-vis des problèmes de maintenance et d'entretien.

Les eaux du tablier du viaduc d'accès au pont sur le Rhin sont récupérées par deux files d'avaloirs, l'une pour la piste cyclable, l'autre pour la chaussée, et évacuées par deux collecteurs longitudinaux, respectivement situés sous l'encorbellement et à l'intérieur du caisson (cette dernière disposition très fréquemment rencontrée en Allemagne est sans doute critiquable vis-à-vis de possibles fuites décelées très tardivement).

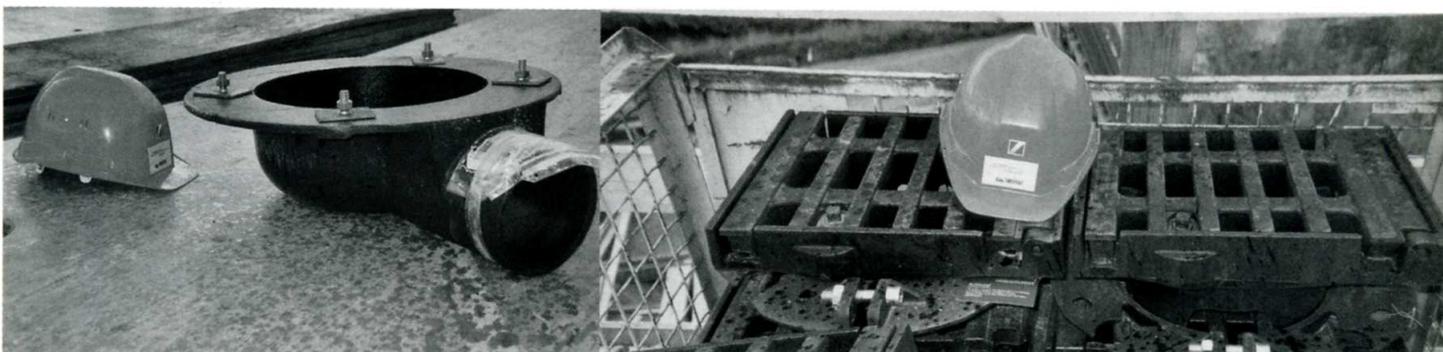
La conception des avaloirs est remarquable, notamment par leur robustesse et la prise en compte des problèmes de nettoyage et de vandalisme.

Constitués de pièces en fonte moulée de grande taille noyées dans le béton, ils sont munis d'un pot amovible destiné à récupérer les débris et d'une grille articulée verrouillable.

Compte tenu des difficultés rencontrées par les maîtres d'œuvre pour choisir des produits véritablement adaptés aux ponts en raison d'un choix restreint de fabricants sur le marché français, nous précisons que ces produits ont été produits par la société allemande Passavant Guss, installée à Aarbergen.

▼ A gauche : grille amovible verrouillable.

A droite : vue de détail d'une grille-avaloir.



## Remerciements

Le présent article se trouve enrichi des observations réalisées lors de différentes visites de chantiers d'ouvrages d'art organisées par nos homologues des services routiers de Bade-Wurtemberg.

Nous adressons tout particulièrement nos remerciements et notre gratitude à MM. KINDT, WENZEL, GRAF du Service Ouvrages d'art du

Regierungspräsidium<sup>1</sup> de Freiburg, HAMPP et BOHNER du Strassenbauamt<sup>2</sup> d'Offenburg avec lesquels la coopération et les échanges furent toujours fructueux et chaleureux tout au long de la mise au point du projet puis de la construction du nouveau franchissement du Rhin.

## Principaux intervenants

### ■ Maître d'ouvrage :

Land de Bade-Wurtemberg - Ministère des transports et de l'environnement

### ■ Maître d'oeuvre :

- Regierungspräsidium de Freiburg - Referat 43 - Brückenbau (études et conception)
- Strassenbauamt d'Offenburg (travaux)

### ■ Assistance pour le contrôle des études d'exécution :

Dr Schneider

### ■ Entrepreneur :

Wayss Et Freytag

### ■ Principaux sous-traitants et fournisseurs

- Etudes d'exécution : Leonhard, Andrä und Partner
- Fondations profondes : Demler
- Armatures passives : Ruhl (façonnage), Ünlütürk (pose)
- Précontrainte : Suspa
- Bétons : Centrale UHL
- Cintres et étaielements : Röro
- Corniches et garde-corps : Bilfinger + Berger et DR. Equipements

## Principales quantités et coûts

	Volume de béton	Ratio d'aciers passifs	Ratio d'aciers actifs
Fondations profondes	960 m <sup>3</sup>	37 kg/m <sup>3</sup>	-
Appuis	2060 m <sup>3</sup>	60 kg/m <sup>3</sup>	-
Tablier	4500 m <sup>3</sup>	100 kg/m <sup>3</sup>	45 kg/m <sup>3</sup>

Coût total de l'ouvrage (y compris appuis, fondations et équipements) :

5 500 000 euros TTC (soit 1 300 euros TTC/m<sup>2</sup>)

G. TREFFOT ■

Guy TREFFOT

D.D.E. du Bas Rhin  
Chef de la Subdivision E.T.N.  
"Pont sur le Rhin"  
Tel : 03 90 40 27 90

1. Equivalent d'une préfecture.

2. Equivalent d'un arrondissement chargé de la construction et de l'entretien des routes.

# Passages supérieurs en BFUP de Bourg-lès-Valence

## 1. Contexte général de l'opération

Les ouvrages objets du présent article sont deux passages supérieurs sur la déviation de Bourg-lès-Valence dans le département de la Drôme (Ouvrages dénommés OA4 et OA6). Il s'agit de deux ponts routiers en béton de fibres à ultra-hautes performances (BFUP) comportant chacun deux travées d'une vingtaine de mètres de portée.

La réalisation de ce type d'ouvrage routier est une première mondiale, sachant que les BFUP n'ont été utilisés pour l'instant que pour construire des passerelles piéton et pour réaliser des poutres d'aéroréfrigérants dans deux centrales EDF françaises.

Le maître d'ouvrage est l'Etat français représenté par la Direction Départementale de l'Équipement de la Drôme qui a assuré par ailleurs la maîtrise d'œuvre de l'opération, avec l'assistance du Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), et du Centre d'Études Techniques de l'Équipement (CETE) de Lyon.

Les ouvrages ont été réalisés par l'entreprise Eiffage Construction suite à un appel d'offre sur performances établi dans le cadre de la Charte de l'Innovation Ouvrages d'Art signée entre la Direction des Routes et la Fédération Nationale des Travaux Publics, qui a pour objectif de promouvoir les innovations dans le domaine des ponts, tranchées couvertes et murs de soutènements.

Le programme fonctionnel de la consultation mettait l'accent sur la volonté de disposer de solutions permettant au mieux la préfabrication et/ou l'industrialisation des procédés de construction et demandait en outre des solutions adaptables à l'ensemble des géométries traditionnelles d'ouvrages courants.

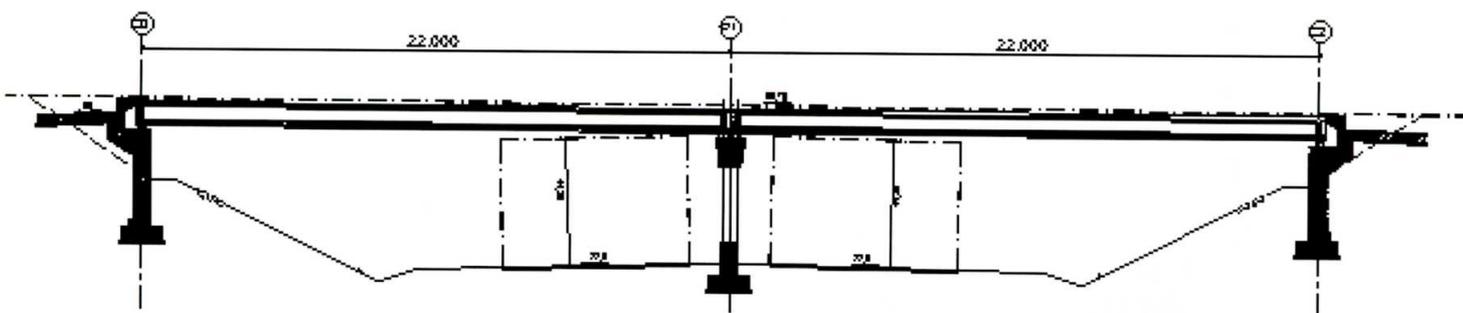
## 2. Description des ouvrages

En plan, les ouvrages sont rectilignes et sans biais. Le profil en long est une pente constante de 0,75 % (OA4) et 0,5 % (OA6). Les appuis de l'ouvrage (pile et culées) sont de conception classique en béton armé de classe B30. Toutes les fondations sont superficielles.

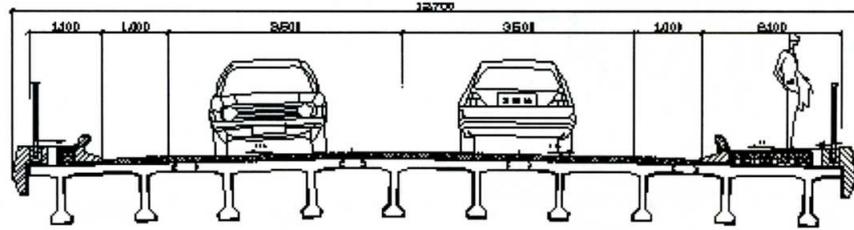
Longitudinalement, la structure s'appuie sur une conception de passage supérieur classique à poutres précontraintes.

Chaque tablier supporte une chaussée de neuf mètres de largeur bordée par deux trottoirs de un mètre et deux mètres de large. Les tabliers des deux ouvrages sont transversalement identiques et constitués d'un assemblage de 5 poutres préfabriquées en BSI (Béton Spécial Industriel) en forme de  $\pi$ . Les poutres sont entretoisées uniquement au droit des appuis. Chaque ligne d'appuis accueille 10 bossages sur lesquels la surface d'appui est ajustée par des cales biaisées situées sous les talons des poutres. Ces bossages incluent des zones de vérinage du tablier situées

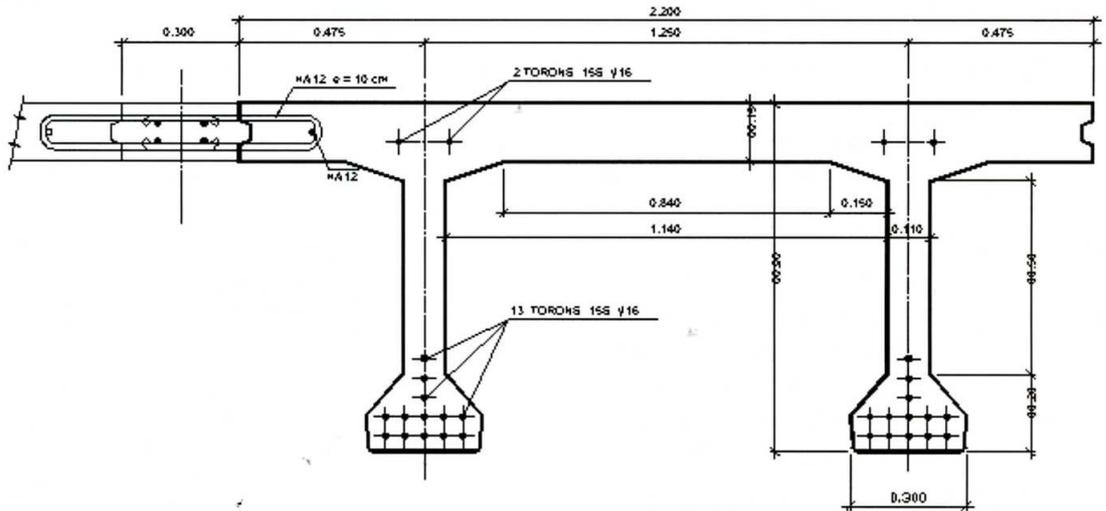
▼ Coupe longitudinale de l'OA4.



► Coupe transversale courante des ouvrages.



► Coupe transversale d'une poutre type de l'OA4 et principe de clavage.



sous les entretoises reliant les poutres pour le remplacement des appareils d'appuis. L'élanement des tabliers est de  $1/25^e$  à comparer à l'élanement courant de  $1/20^e$  pour les PRAD en béton traditionnel à travées indépendantes.

Pour chaque ouvrage, la continuité de la dalle de roulement entre travées adjacentes isostatiques est assurée au droit de la pile centrale par une portion de dalle coulée en place de type dalle de continuité. De même, les poutres en  $\pi$  sont clavées transversalement par du BFUP fabriqué et coulé en place.

Toutes les poutres sont précontraintes par prétension par des torons T15 Super, de classe de résistance 1860, à Très Basse Relaxation (TBR). Vingt six torons sont mis en œuvre dans chaque  $\pi$  pour l'OA6, trente pour l'OA4. Aucune précontrainte transversale n'est mise en place.

Les poutres en BSI ne comportent aucune armature passive de béton armé à l'exception des zones de clavages transversaux et longitudinaux entre les éléments, ainsi qu'au droit des zones d'accrochage des équipements (joints de chaussée et dispositifs de retenue).

L'épaisseur équivalente du tablier est de 0,25 m, à comparer à 0,75 m pour un pont-dalle précon-

traint classique et 0,37 m pour un tablier en BHP. Il apparaît donc que l'utilisation d'un BFUP divise environ par 3 le poids propre des poutres. Cet allègement, apprécié ici pour les manutentions, pourrait à l'avenir se révéler déterminant sur des projets de moyenne ou grande portée.

### 3. Le matériau BSI

Le BSI est un béton fibré à ultra-hautes performances (BFUP) dont la formulation est principalement caractérisée par un fort dosage en ciment, l'emploi de fumée de silice, des granulats durs de diamètre réduit et un faible rapport E/C.

Composition	
Ciment	1 114 kg
Fumée de silice	169 kg
Granulats 0 à 6 mm	1 072 kg
Fibres	234 kg
Super plastifiant	40 kg
Eau	209 kg
Rapport E/C	0,19



Des fibres métalliques sont incorporées à la matrice en grande quantité (dosage volumique de 3 % pour les ouvrages de Bourg-lès-Valence) afin de conférer au matériau sa ductilité en traction et de s'affranchir, dans la plupart des cas, d'aciers passifs.

Les fibres utilisées sont droites (longueur 20 mm, diamètre 0.3mm) et fonctionnent par adhérence dans la matrice cimentaire. Elles sont constituées d'acier à haute limite élastique ( $\sigma_e = 1200$  MPa). A l'état frais le BSI présente un comportement rhéologique particulier : d'aspect liquide-visqueux



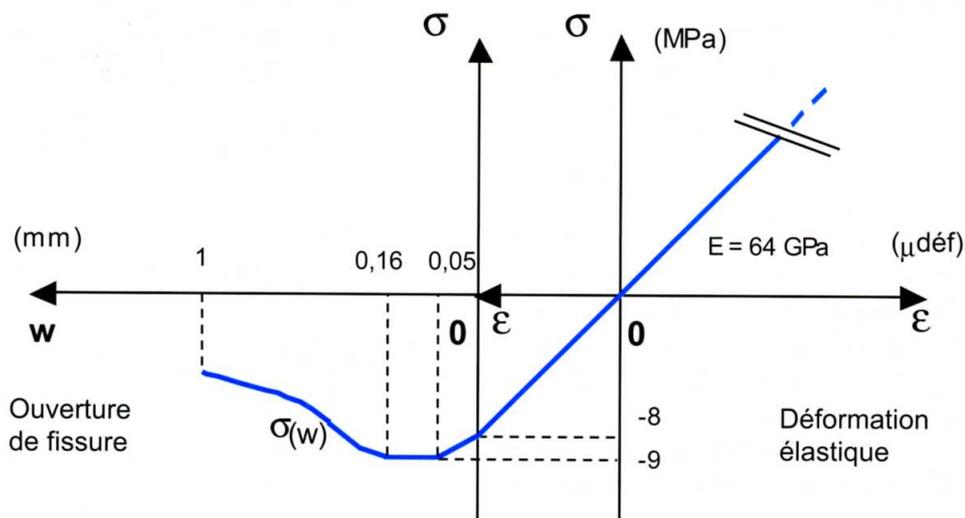
et autonivelant, il se caractérise par un étalement de 63 à 64 cm au cône DIN sans secousse de la table. Ces propriétés permettent notamment de ne pas recourir à la vibration du béton dans les coffrages.

Sa durée pratique d'utilisation (DPU) peut être adaptée en fonction des nécessités des chantiers. A titre d'exemple, le BSI mis en œuvre pour les clavages des ouvrages de Bourg-lès-Valence devait offrir une DPU minimum d'une heure, compte-tenu de la durée du transport et de la mise en œuvre.

Après 28 jours de maturation et sans traitement thermique, le BSI présente les caractéristiques suivantes :

Caractéristiques du BSI	
Résistance caractéristique en compression à 28 j	175 MPa
Résistance caractéristique en traction directe de la matrice à 28 j	8 MPa
Résistance caractéristique en traction directe post-fissuration à 28 j	9 MPa
Module d'Young	64 GPa
Masse volumique	2,8 t/m <sup>3</sup>

Ces données sont complétées par des essais de caractérisation du comportement en traction après fissuration avec mesure de l'ouverture de fissure (traction directe sur cylindres entaillés ou flexion 3 points sur prismes entaillés) afin d'obtenir une loi complète utilisable pour les calculs de structures.



◀◀ Fibres métalliques.

◀◀ Etalement au cône DIN.

◀ Loi de comportement du BSI.

## 4. Justifications de calcul

### ■ Flexion longitudinale

Aux Etats Limites de Service (ELS), les justifications sous contraintes normales sont analogues aux spécifications du BPEL :

- Compression limitée à 60 % de  $f_{cj}$  en cours d'exécution, 50 % de  $f_{c28}$  à vide, 60 % de  $f_{c28}$  sous les combinaisons rares.
- Traction limitée partout à  $f_{t28}$  aux ELS rares. Aucune traction n'est admise sous les combinaisons fréquentes. En phase d'exécution les tractions sont limitées à 70 % de  $f_{tj}$ .

Aux Etats Limites Ultimes (ELU), le moment de résistance ultime des sections est calculé selon les principes du BPEL à l'aide d'un logiciel classique de calcul de sections en considérant une loi élasto-plastique parfaite en compression, et en négligeant la résistance en traction du matériau. Le fait de négliger ici la résistance en traction du BFUP place en sécurité, mais n'est pas absurde pour des justifications conduites sur un béton précontraint dans lequel la reprise des efforts de traction est assurée pour l'essentiel par la surtension des armatures de précontrainte

### ■ Flexion transversale

Les vérifications sont sensiblement différentes en flexion transversale, sachant que le comportement se fait ici en l'absence de toute armature passive ou active en dehors des fibres métalliques.

Les tractions dans le béton sont limitées à  $f_{t28}$  sous les combinaisons ELS rare,  $0,8f_{t28}$  sous les combinaisons fréquentes. Ces dispositions visent à limiter les risques de fissuration de la structure qui peut être soumise à des sollicitations cycliques importantes.

Aux Etats Limites Ultimes, le moment résistant est calculé conformément aux recommandations de l'AFREM [1], en prenant en compte la loi de comportement du matériau fissuré. Ce moment résistant de la section fissurée est calculé à l'aide d'un programme spécifique prenant en compte une approche discrétisée de la loi de comportement en traction réelle du matériau et traduisant l'équilibre de la section fissurée. Ces calculs ont été vérifiés par le SETRA en utilisant un programme spécifique de calcul des sections (programme CDS), qui détermine l'équilibre sous chaque torseur sollicitant en prenant en compte une loi de comportement en contrainte-déformation ( $\sigma, \epsilon$ ) équivalente à la loi de comportement en ( $\sigma, \omega$ ). Cette approche permet une justification des sections basée sur une loi de comportement plus traditionnelle par rapport aux usages des calculs actuels.

Un coefficient partiel de sécurité de 1,2 a été pris en compte sur le moment résistant, pour conduire les vérifications aux ELU.

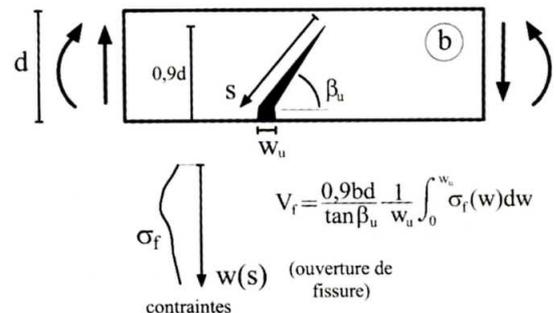
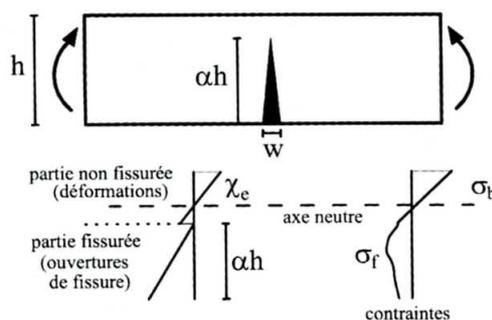
### ■ Justifications sous sollicitations tangentes

Vis-à-vis du comportement longitudinal des poutres précontraintes, les vérifications des contraintes de cisaillement aux ELS sont conduites suivant les principes du BPEL.

Vis-à-vis du comportement transversal et longitudinal de l'ouvrage, les justifications de l'effort tranchant aux ELU sont conduites en ajoutant dans les prescriptions du BPEL, la résistance apportée par les fibres calculée conformément aux recommandations de l'AFREM. Cette résistance  $V_f$  dépend de l'ouverture concomitante de fissure ultime  $w_u$  atteinte en flexion et nécessite donc la prise en compte de cette interaction.

► Comportement aux ELU en flexion transversale.

► Justifications sous sollicitations tangentes.



### ■ Condition de non-fragilité

Les conditions de non-fragilité consistent à vérifier que le taux de fibres mis en œuvre permet de reprendre les efforts de traction dans le cas d'apparition de fissures, de telle sorte que la fissuration n'entraîne pas de diminution du moment résistant de la section.

Il est vérifié que le moment élastique  $M_{el}$  correspondant à l'obtention de  $f_{tj}$  sur la fibre extrême est bien inférieur au moment résistant de la section fissurée  $M_{fis}$  calculé en prenant en compte la résistance des fibres en traction, mais en négligeant par sécurité la surtension dans les câbles de précontrainte.

### ■ Justifications des zones d'introduction de la précontrainte

Afin de limiter les effets d'éclatement et de diffusion générale aux abouts des poutres et éviter toute fissuration dans les zones d'introduction de la précontrainte, les torons ont été gainés. Trois longueurs de gainage ont été retenues : 2,2 m, 3,5 m et 5,5 m afin d'étager au mieux la répartition des efforts.

Les vérifications sont menées selon les principes du BPEL. Elles consistent à ajouter la part de résistance apportée par les fibres [2] et vérifier que les contraintes de cisaillement de diffusion sont partout inférieures aux valeurs admissibles. Dans le cas des BFUP, la longueur d'ancrage des torons se trouve considérablement réduite et par sécurité, aucune introduction progressive des efforts de précontrainte dans le cas des ancrages par adhérence n'est prise en compte. La contrainte de diffusion générale ainsi obtenue est égale à 5,6 MPa et reste donc inférieure à la résistance intrinsèque du BSI, même fissuré.

## 5. Validation expérimentale

Préalablement à la construction des ouvrages, un programme d'essai a été entrepris dans le but de valider les hypothèses retenues pour le dimensionnement du tablier et de vérifier le comportement du matériau à l'échelle de la structure. Ce programme expérimental comportait les essais suivants :

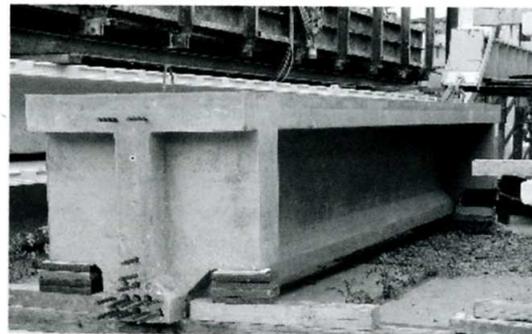
- Réalisation d'un élément de poutre témoin permettant de vérifier l'absence de problèmes de diffusion de précontrainte et de tester de nouveaux essais de caractérisation du maté-

riau (essais de flexion sur prismes sciés proposés dans [2]).

- Essais de flexion sur des éléments de dalle à l'échelle 1, dont le but était de valider le comportement en flexion transversale du tablier :
  - Essai de flexion sur un élément de dalle monolithique,
  - Essai de flexion sur un élément de dalle avec reprise de bétonnage, représentatif des joints de clavage transversal entre poutres préfabriquées.

### ■ Élément témoin

Un élément témoin d'une longueur de 5 m, représentant une demi-section de poutre en  $\pi$  a été réalisé dans les mêmes conditions que celles des poutres des ouvrages.



◀ Élément témoin.

### Diffusion de précontrainte

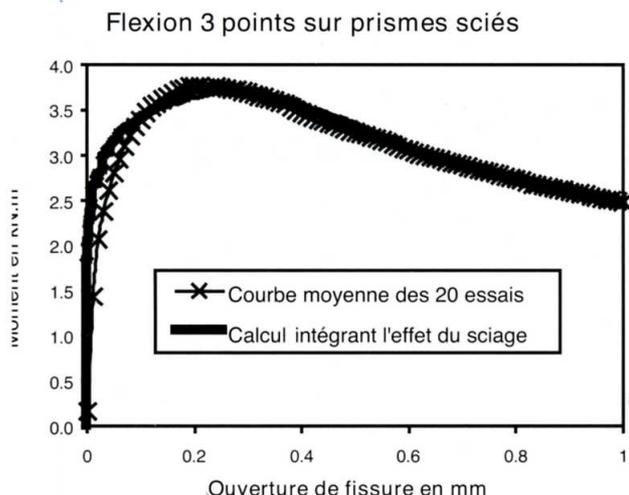
Deux dispositions d'étagement de l'ancrage des torons de précontrainte ont été testées. A une extrémité les dispositions étaient identiques à celles envisagées pour les poutres, et à l'autre un toron supplémentaire a été gainé dans le talon inférieur. L'essai a été concluant, dans la mesure où aucune fissure de diffusion n'a été constatée aux abouts de l'élément. Par ailleurs l'aspect des parements était très satisfaisant et les caractéristiques mécaniques du béton assez élevées ( $R_c$  cube  $\sim 214$  MPa).

### Essais de flexion sur prismes sciés

Afin d'étudier l'influence conjuguée du coffrage et du bétonnage sur la distribution des fibres, des prismes ont été prélevés dans l'âme et dans la table de la poutre témoin, à différents endroits et suivant des orientations prédéfinies. Ces prismes de dimensions 11x11x40, ont ensuite été testés en flexion 3 points, avec enregistrement de l'ouverture de fissure au centre de l'éprouvette où une entaille de 10 mm de profondeur a été

► Résultats d'essai.

►► Dispositif d'essai (ENTPE).



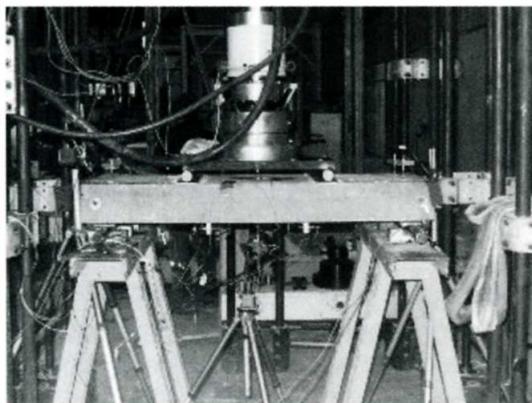
réalisée sur la face inférieure (de manière à localiser la fissure et permettre son instrumentation).

La figure ci-dessus représente la courbe moyenne des 20 essais réalisés sur les prismes prélevés dans la table de la poutre, et celle obtenue par un calcul théorique basé sur la loi de comportement du matériau, pondérée par un coefficient traduisant l'effet du sciage sur l'efficacité des fibres proches des parois latérales (les fibres utilisées ayant une longueur de 20 mm, une zone perturbée de 10 mm a été considérée de chaque côté de la section).

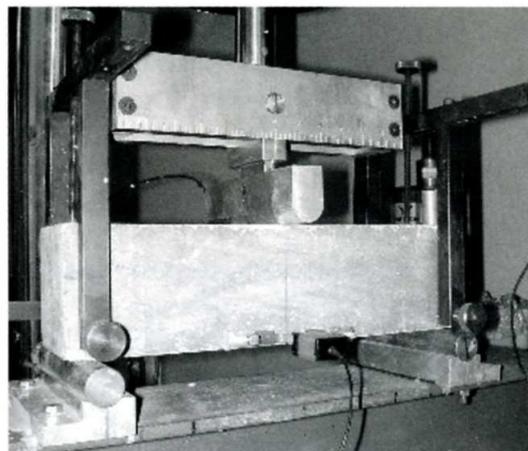
On observe une très bonne concordance entre les résultats du calcul et la moyenne des essais, sur l'intervalle d'ouverture de fissure considéré. L'écart entre le moment résistant calculé ( $M_{cal} = 3,69 \text{ kN.m}$ ) et celui issu des essais ( $M_r = 3,76 \text{ kN.m}$ ) est inférieur à 2 %.

#### ■ Essais de flexion sur dalles

Deux essais de flexion ont été réalisés au CSTB sur des éléments de dalle dont la géométrie correspondait au hourdis des ouvrages : épaisseur



► Dispositif d'essai (CSTB).



15 cm, longueur 1,15 m conforme à la portée transversale entre deux âmes de poutres. Une largeur de 40 cm a été retenue pour limiter l'influence des parois sur l'orientation des fibres. Ces essais de flexion ont été réalisés en 4 points afin de mettre en évidence la section de plus faible résistance sur une zone de moment constant.

#### Essai de flexion 4 points sur dalle monolithique

L'essai a été effectué par pilotage en déplacement (flèche au centre) jusqu'à la rupture du corps d'épreuve.

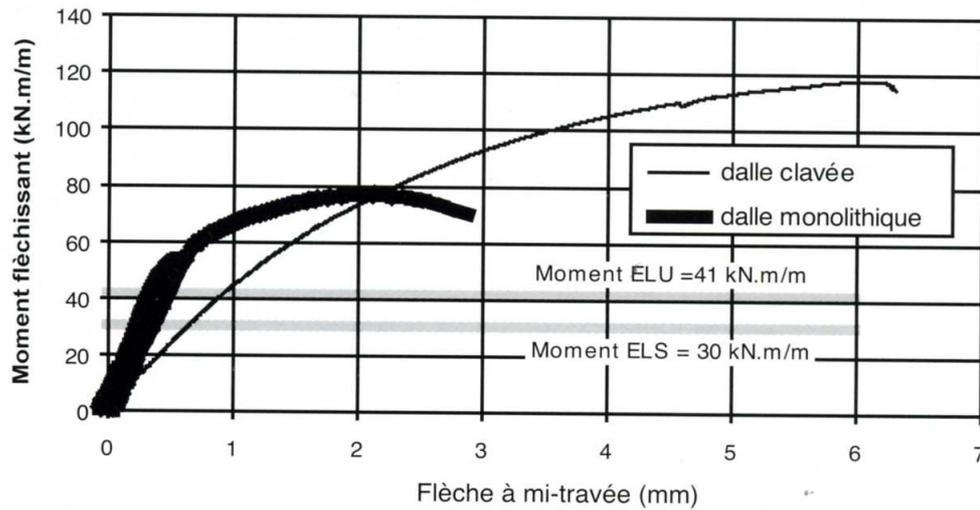
La réponse de la dalle fut caractérisée par une première phase de comportement élastique, suivie d'une phase d'allure élastoplastique (micro fissuration cousue par les fibres puis localisation d'une macrofissure) et enfin une phase adoucissante témoignant de la diminution de la capacité résistante avec l'ouverture croissante d'une macrofissure (voir courbe page suivante).

L'analyse de la courbe obtenue permet de déduire les valeurs suivantes :

- Moment de fissuration :  $M_f = 15,3 \text{ kN.m}$  (soit  $38,3 \text{ kN.m/ml}$ ) soit  $\sigma = 10,2 \text{ MPa}$  en fibre inférieure
- Module de déformation instantané :  $E = 63,7 \text{ GPa}$
- Moment de rupture :  $M_r = 30,7 \text{ kN.m}$  (soit  $76,8 \text{ kN.m/ml}$ )
- Ductilité apportée par les fibres :  $M_r / M_f = 2$

En comparant ces résultats expérimentaux aux sollicitations prises en compte pour la justification des ouvrages, on constate une marge de sécurité tout à fait confortable.

## Essais de flexion sur dalles Résultats expérimentaux et sollicitations de calcul



◀ Résultats d'essais

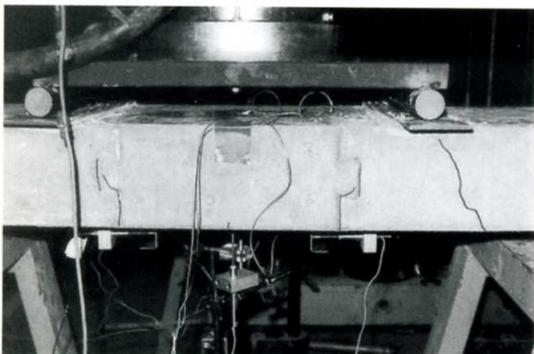
### Essai de flexion 4 points sur dalle clavée

Le corps d'épreuve a été réalisé en deux phases de bétonnage en reproduisant fidèlement les dispositions prévues sur l'ouvrage. Le dispositif d'essai était identique à celui de la dalle monolithique.

Le comportement sous charge fut caractérisé par une première phase de décollement au droit du joint de reprise, suivie par une phase de fissuration contrôlée par les aciers passifs.

La rupture de la dalle a été obtenue par une fissure située en dehors de la zone du clavage, au-delà de la zone de moment constant, à l'extrême limite de la zone ferraillée. Le moment de rupture de la dalle fut d'environ 47 kN.m à comparer à 31 kN.m obtenu pour la dalle monolithique.

La capacité portante des zones de clavage est donc surabondante et le comportement de ces zones est tout à fait satisfaisant.



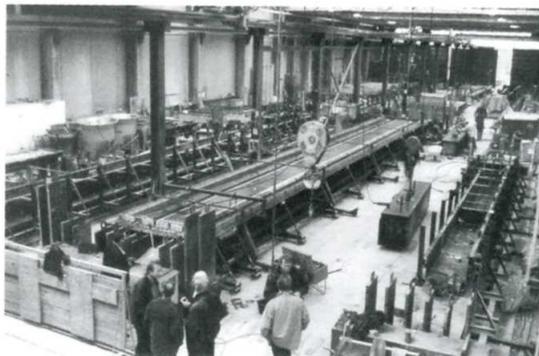
## 6. Préfabrication des poutres

Les poutres ont été réalisées dans l'usine de préfabrication de l'entreprise hollandaise HURKS BETON, dont les équipes avaient acquis une solide expérience du BSI lors de la réalisation des poutres des centrales de Cattenom et Civaux [3].

### ■ Coffrage

De conception classique, métallique, le coffrage présentait toutefois quelques particularités liées à la rhéologie du BSI et à l'absence d'armature passive :

- renforcements pour limiter la déformation des parois sous l'action de la poussée du BSI (matériau fluide-visqueux de densité supérieure à un béton traditionnel),
- soin particulier apporté à l'étanchéité des jonctions entre éléments du coffrage, afin de retenir le matériau auto-plaçant et garantir un aspect de surface parfaitement lisse,



◀◀ Clavage.

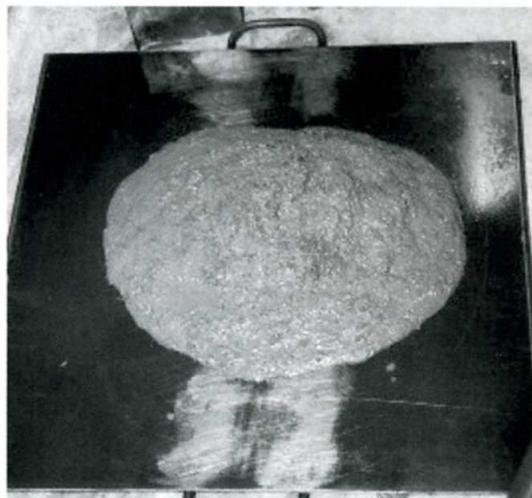
◀ Vue d'ensemble du coffrage.

- des pièces de coffrage escamotables au droit des entretoises, permettant un décoffrage progressif pour éviter toute fissuration engendrée par un retrait empêché.

### ■ Confection du BSI

Le BSI est simplement confectionné à partir d'un prémix (ensemble des constituants secs pré-dosés et pré-mélangés), auquel doivent être ajoutés l'eau, le superplastifiant et les fibres, en procédant comme suit :

- réception du prémix, désachage avec contrôle de pesée, puis introduction dans un malaxeur à double train valseur,
- bref pré-malaxage à sec pour défloculer les fines,
- introduction de l'eau, du superplastifiant et poursuite du malaxage,
- démottage, pesage puis introduction des fibres par tapis vibrant,
- poursuite du malaxage jusqu'à obtention du critère fixé sur l'énergie absorbée par le malaxeur,
- vidange du malaxeur dans une benne de bétonnage,



► Mesure de l'étalement.



► Malaxage en cours.

►► Rc en fonction de la maturité

- vérification de la qualité du BSI par prélèvement systématique (rhéologie, température teneur en air).

Un tel cycle de fabrication dure en moyenne 15 minutes à raison de gâchées de 1 m<sup>3</sup>.

### ■ Bétonnage des poutres

Le mode de bétonnage et le contrôle de la prise du béton ont fait l'objet d'une validation préalable. Un élément de poutre de 5 ml a en effet été réalisé (Cf. chapitre 5). Une procédure de bétonnage et un suivi maturométrique de la prise du BSI ont ainsi été définis.

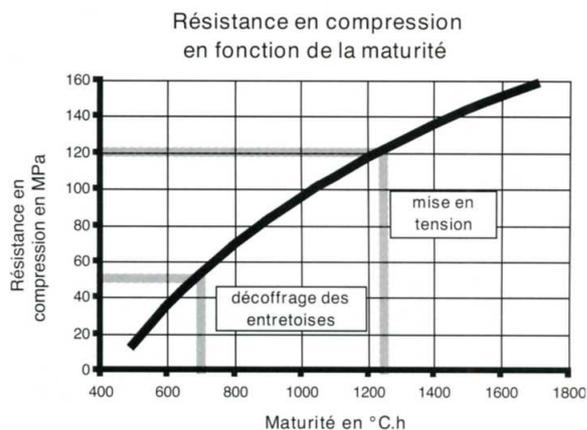
Ces précautions ont permis par la suite d'assurer une très bonne reproductibilité entre les différentes poutres, vérifiée notamment par l'absence d'écart significatif de leur flèche à mi-travée ( $\Delta < 5$  mm).

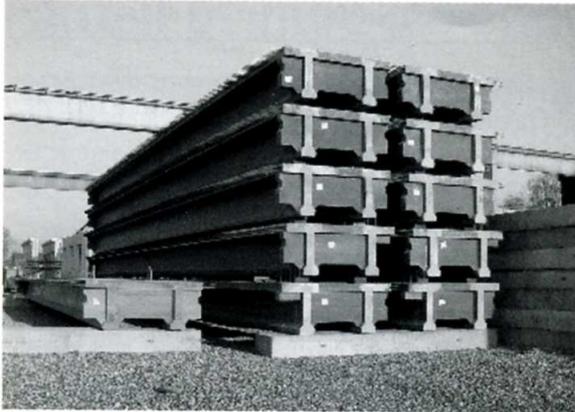
Les étapes de la réalisation d'une poutre étaient les suivantes :

- bétonnage des âmes par déplacement continu de la benne, en respectant une hauteur de chute et un débit contrôlés,
- bétonnage de la table par couches successives, en procédant à des va-et-vient transversaux continus : cette dernière disposition vise à conserver une distribution aléatoire des fibres en limitant l'écoulement du mélange,
- lissage de la surface à la taloche puis application du produit de cure.

Les opérations postérieures à la fin du bétonnage étaient régies par la maturométrie :

- décoffrage partiel au niveau des entretoises ( $R_c = 50$  MPa),
- décoffrage complet de la poutre et mise en tension ( $R_c = 120$  MPa).





Cette dernière étape survenant alors que le BSI était âgé d'environ 40 heures, une cadence de production de 2 poutres par semaine a pu être respectée.

## 7. Pose des poutres et clavages

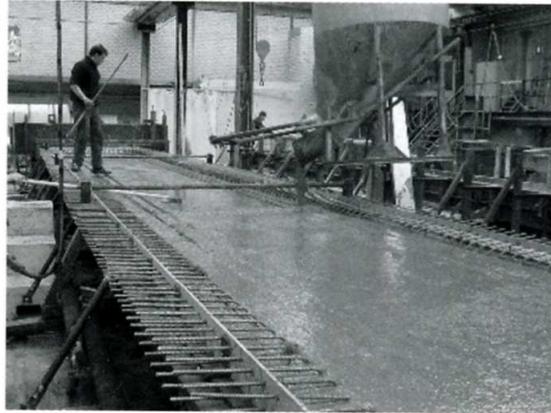
Les 20 poutres constituant les deux ouvrages ont été transportées sur le site par voie ferroviaire dans un premier temps, puis par voie routière en transport exceptionnel jusqu'à pied d'œuvre.

### ■ Pose des poutres

Après réalisation des piles et culées en béton traditionnel, les poutres furent mises en place au moyen d'une grue auto-motrice (poids d'une poutre : 35 t).

Les 10 poutres du premier ouvrage (OA4) ont été posées en un peu plus de 2 jours et celles du second (OA6) en seulement une demi-journée, au bénéfice de l'expérience acquise.

Les appuis des poutres étaient constitués de bossages avec appuis néoprènes, surmontés de cales biaises, de façon à reproduire le profil en travers des ouvrages.



### ■ Clavage des poutres

Les bandes de clavage entre poutres ont été réalisées en BSI, afin de conférer aux ouvrages un maximum d'homogénéité.

### Fabrication du BSI sur site

Le choix de la centrale BPE (Béton Prêt à l'Emploi) pour la production du BSI « in situ » fut basé sur un certain nombre de critères et notamment :

- capacité et performances du malaxeur,
- présence d'un tapis d'alimentation capable d'introduire les fibres dans le malaxeur,
- fiabilité et précision des outils de contrôle de la production,
- proximité des sites de bétonnage.

La procédure complète de fabrication en centrale et de transport en camion toupie jusqu'au chantier (environ 15 minutes), a été validée préalablement à l'exécution des travaux. Une campagne d'essais de convenance a permis d'ajuster tous les paramètres de la production et de vérifier la conformité du BSI aux exigences attendues.

Les étapes de confection du BSI étaient identiques à celles réalisées lors de la préfabrication (Cf. chapitre 6). Toutefois, compte-tenu du malaxeur de la centrale, chaque gâchée était limitée à 750 litres et la durée du cycle était proche de 20 minutes.

Avant le départ de chaque toupie vers le chantier, le BSI a fait l'objet d'un contrôle (rhéologie, température, teneur en air) et de prélèvements conservatoires. Après vérification des critères de conformité, le transport était effectué en respectant une vitesse de rotation de la toupie calibrée lors des essais de convenance. Cette mesure était destinée à prévenir toute ségrégation du mélange qu'aurait pu entraîner une centrifugation trop importante.

◀ Bétonnage de la table

◀◀ Stockage temporaire des poutres.

◀◀ Pose d'une poutre préfabriquée.

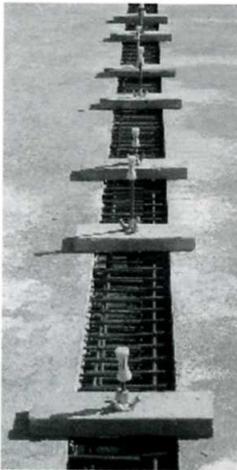
► Déversement du BSI dans les brouettes.



### Bétonnage des zones de clavage

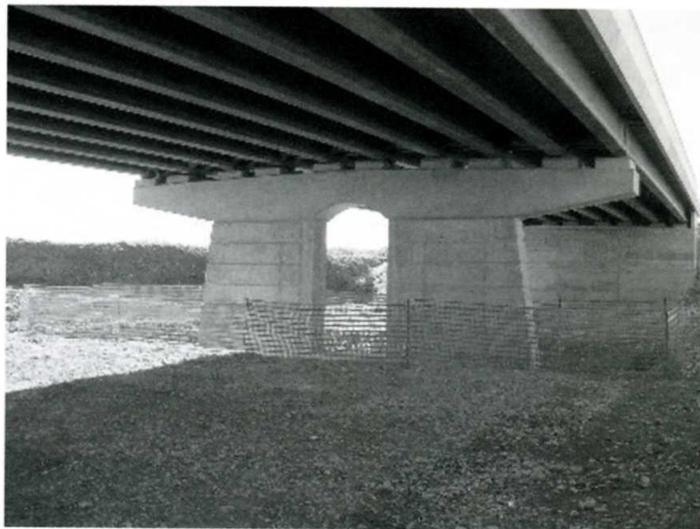
Les bandes de clavage entre poutres ont été coffrées au moyen de panneaux suspendus au tablier, évitant ainsi tout recours à des échafaudages. Une attention toute particulière fut portée à l'étanchéité de ces coffrages.

► Bande de clavage.



Compte-tenu des faibles quantités à mettre en œuvre, la technique de bétonnage employée fut des plus « rustiques ». Le BSI était déversé dans des brouettes pour être acheminé au droit des zones à claver. Le remplissage dans le coffrage s'effectue grâce au comportement auto-plaçant du matériau, sans recours à la vibration.

► Ouvrage terminé.



## 8. Conclusion

Les ouvrages innovants de Bourg-lès-Valence, premiers ponts routiers construits en béton fibré à ultra-hautes performances, constituent désormais une référence permettant l'utilisation plus large de ces nouveaux matériaux.

La publication prochaine des recommandations provisoires sur les BFUP [2] donne aux futurs maîtres d'ouvrage un cadre de référence pour définir leur cahier des charges.

Cependant, ces ponts classiques de petites portées ont certes permis de valider le bon comportement du matériau, mais n'ont pas encore pu montrer toute la liberté de conception et l'audace des formes accessibles avec les BFUP.

## 9. Références

[1] AFREM – BFM (1995) *Recommandations sur les méthodes de dimensionnement, les essais de caractérisation, de convenance et de contrôle. Eléments de structures fonctionnant comme des poutres*, décembre 1995

[2] SETRA – AFGC (2002) *Bétons fibrés à ultra-hautes performances. Recommandations provisoires*, janvier 2002

[3] G. BIRELLI, G. CADORET, F. DUTALLOIR, T. THIBAUX (2000) *A new, very high performance concrete, International symposium on high-performance and reactive powder concretes, Sherbrooke (Canada), August 2000.*

A. SIMON, Z. HAJAR, D. LECOINTRE,  
J. PETITJEAN ■

**Alain SIMON**  
Eiffage Construction  
Tel : 01 49 44 93 13

**Ziad HAJAR**  
Eiffage Construction  
Tel : 01 49 44 93 23

**Daniel LECOINTRE**  
SETRA CTOA  
Tel : 01 46 11 32 73

**Jérôme PETITJEAN**  
SETRA CTOA  
Tel : 01 46 11 36 64

# Faut-il peindre les dispositifs de retenue ?

## Les précautions à prendre pour garantir la performance de retenue

### 1. Introduction

Compte tenu de l'importance esthétique des dispositifs de retenue sur un pont, la tentation est grande de leur donner une couleur qui soit un peu moins tristoune que celle du gris zinc de la galvanisation. Ceci n'est pas critiquable sauf que cette mise en peinture ne doit pas perturber le fonctionnement de la barrière ni modifier son niveau de performance. Si la mise en peinture paraît à beaucoup sans influence sur la performance du produit, nous tenons à rappeler qu'il n'en est pas obligatoirement ainsi en fonction des produits. Le présent article vise à rappeler les conditions d'homologation des dispositifs de retenue et l'impact que peut avoir la peinture sur certains d'entre eux. On rappellera quelques règles qu'il convient de respecter si l'on en veut pas voir sa responsabilité engagée suite à un accident.

### 2. Les principes de base de l'homologation

Les dispositifs de retenue sont des produits qui reçoivent une homologation conformément aux règles définies dans l'Arrêté du 3 Mai 1978 (Cf. chapitre 2 des guides GC "Barrières pour la retenue des PL" et "Barrières pour la retenue des VL". Références F 9916 et F0115). Seuls les produits homologués peuvent être mis en œuvre sur un pont routier. Cette homologation est basée sur des résultats performanciers consistant en des essais de type selon les conditions de la norme NF EN 1317-1 et 2.

Les produits ayant fait l'objet de ces essais sont des dispositifs de retenue identiques à ceux qui seront ultérieurement utilisés, avec leur protection contre la corrosion à base de galvanisation quand les produits sont en acier. Les produits ne sont pas essayés avec une peinture complémentaire de protection. Donc l'homologation est sur un produit en acier galvanisé (pour les dispositifs de retenue en acier !).

### 3. Influence de la peinture

On pourrait avancer que la présence d'une peinture ne peut pas modifier la performance d'un dispositif de retenue. En fait, la peinture va avoir deux effets :

a) une peinture modifie le coefficient de frottement du véhicule qui glisse sur la barrière. C'est le rôle d'une peinture qui contient justement des agents diminuant le frottement justement pour éviter que la saleté ne reste "collée".

La peinture va diminuer le coefficient de frottement du véhicule sur les éléments. Or ceci n'est pas obligatoirement favorable car un fort coefficient de frottement va provoquer une décélération ce qui est l'effet recherché.

On peut estimer que ce point reste d'un effet marginal, même s'il a été mis en évidence lors de certains essais sur des dispositifs de retenue dont on avait modifié, volontairement, le coefficient de frottement des parois.

b) Certaines barrières utilisent des fixations avec des pièces en acier frottant les unes sur les autres. Le blocage est obtenu pour des pièces en acier galvanisé.

Il s'agit, notamment, des fixations des lisses sur les supports des barrières BN4, BN4, TETRA S13 et S16, Bhab.

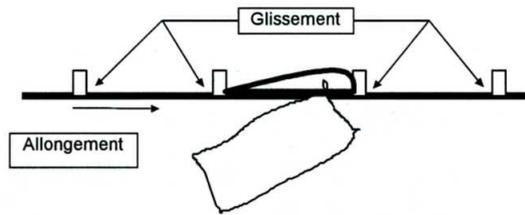
### 4. Les observations et les conséquences

Cet effet de l'influence de la peinture a été mis en évidence lors d'un essai sur un dispositif de retenue qui, pour des raisons de disponibilités de produits, était peint.

Nous avons observé un glissement des lisses par rapport au support provoquant un allongement donc une poche et le véhicule a eu les plus grandes difficultés pour arriver à ressortir de la poche.

Suite à cette observation, nous avons effectué des essais comparatifs entre différentes pièces en acier pour évaluer l'influence du coefficient de frottement selon le revêtement. Il apparaît que l'effort pour faire glisser une pièce comportant des faces peintes (revêtement de type peinture poudre cuite au four) est trois fois moins élevé que celui, dans des conditions d'essais identiques, qu'il faut mobiliser pour deux pièces en acier galvanisé.

Le comportement de la barrière BN4 de la photo sous un choc de VL, certes à vitesse élevée mais sous un angle relativement faible, illustre notre propos. Le choc a fait glisser la lisse inférieure et,



sous la flèche du dispositif de retenue, le véhicule est venu heurter le support sur le côté. Au lieu de provoquer sa redirection et aider celui-ci à sortir de la poche sur la barrière, le véhicule a embarqué le support et les fixations sur les lisses moyenne et supérieure n'ont pas joué leur rôle et ont glissé.

## 5. Un petit rappel des règles

Pour les barrières BN4, TETRA, Bhab et BN4-16, il est rappelé que les homologations sont basées sur des produits uniquement galvanisés. L'ajout d'une peinture est admis sous réserve que la zone de contact lisse/support reste en acier galvanisé. La présence d'une peinture modifierait profondément le principe de fonctionnement et les conditions de l'homologation. Ceci n'est donc pas conforme, d'autant qu'il est explicitement écrit dans l'article 3.4 des annexes techniques aux circulaires d'homologation pour les modèles Bhab et BN4-16 que l'on ne doit pas peindre ces zones.

## 6. Les solutions possibles. Les recherches

Depuis plusieurs années, nous avons recherché et testé des solutions pour éviter les inconvénients de la peinture. Pour cela nous avons mis au point un essai simple basé sur la mesure du coefficient de frottement des boulons HR.

Nous n'avons pas encore trouvé la solution. Ceci s'explique en partie par le rôle d'une peinture :

elle doit diminuer le coefficient de frottement alors que, dans le cas présent, on voudrait l'augmenter. Il faudrait soit ajouter une pièce qui permettrait de retrouver le coefficient de frottement acier galva/acier galva, soit modifier, localement, la peinture.

Aucune solution technique n'a été trouvée et nous sommes obligés de rester à la méthode consistant à ne pas peindre la zone de contact lisse/support (par ajout d'un masque sur le support au moment de la mise en peinture et par la non peinture de l'arrière des lisses), ou par la mise en peinture in situ de la barrière montée.

## 7. Conclusion

Pour le moment, les barrières BN4, TETRA, BN4-16 et Bhab ne doivent pas recevoir de peinture sur les zones de contact lisses/support comme cela est prévu par les circulaires d'homologation. L'ajout d'une peinture est une modification majeure des conditions de l'homologation qui peut engager la responsabilité des maîtres d'ouvrages en cas d'accidents.

A cette occasion, on peut soulever la question des conséquences de la mise en peinture des dispositifs de retenue. On peut comprendre le souci des Maîtres d'Ouvrage d'avoir des ouvrages agréables à regarder, cependant, un dispositif de retenue est une matière consommable et il est probable qu'après un accident on ne retrouvera pas le même dispositif peint avec la même nuance. Alors que des éléments galvanisés sont disponibles immédiatement sur parc. Dans les zones accidentogènes, on risque d'avoir un patchwork d'un curieux effet !

M. FRAGNET ■

### Rappel des références des textes relatifs aux produits cités dans cet article

NOM	Circulaire d'homologation	Propriété Industrielle et commerciale
BN4	C88.49 du 9.05.88 et XP P 98.421	
TETRA S13	C 99.64 du 16.09.99	Sté Lyonnaise d'Équipement Routier
BN4-16	C 95-68 du 28-07-95	
TETRA S16	C 99.64 du 16.09.99	Sté Lyonnaise d'Équipement Routier
Bhab	C 98-09 du 06-01-98	



## Connaissez-vous l'AFCAB ?

L'AFCAB est un organisme indépendant, créé en 1990 pour délivrer des certificats de conformité à des entreprises produisant ou mettant en œuvre des armatures pour le béton ou leurs accessoires.

Mettre en œuvre une armature certifiée par l'AFCAB, choisir une entreprise de pose certifiée par l'AFCAB, c'est donner à l'entreprise et au maître d'ouvrage la garantie que la chaîne de la qualité de l'ouvrage, depuis sa conception jusqu'à sa réalisation, ne sera pas rompue du fait des armatures. Les référentiels de certification ont été établis en commun entre toutes les parties concernées. Ils permettent de garantir que le niveau de qualité des produits certifiés satisfait les besoins de l'ensemble des acteurs de la filière.

Les règlements de certification sont rédigés dans des comités sectoriels, où tous les experts compétents du produit sont présents (laboratoires, bureaux de contrôle, donneurs d'ordre, producteurs). Pour effectuer les visites et les essais prévus par les règlements de certification, l'AFCAB s'appuie sur le réseau des Laboratoires des Ponts et Chaussées, et sur d'autres organismes compétents et expérimentés en matière d'armatures.

Les règlements de certification peuvent être obtenus sur simple demande auprès du secrétariat de l'AFCAB. Ils ne comportent aucune clause discriminatoire. Les listes des produits certifiés sont disponibles auprès du secrétariat de l'AFCAB ou sur internet (<http://www.afcab.org>).

L'AFCAB a mis en place une organisation conforme aux spécifications de la norme NF EN 45011 relative aux organismes certificateurs de produits, et a obtenu son accréditation auprès du COFRAC - Produits industriels pour cette activité sous le n° 5-007/97. Cette accréditation garantit l'indépendance, la compétence et l'impartialité de l'AFCAB.

Au sein de l'AFCAB sont représentés les producteurs de ronds à béton en barres ou en couronnes, les producteurs de treillis soudé, les armaturiers, les entreprises de pose, les donneurs d'ordre : maîtres d'ouvrage (Ministère de l'Équipement, EDF, SNCF) et entreprises (EGF : Entreprises générales de France - BTP), les laboratoires (Réseau des LPC), les bureaux de contrôle (COPREC) et le CSTB.

Les certifications AFCAB concernent notamment les domaines suivants :

- Marque  AFCAB "Armatures pour béton armé" (barres, couronnes et treillis soudés),
- Marque  AFCAB "Armatures industrielles",
- Marque AFCAB "Dispositifs de rabouillage ou d'ancrage (manchons)",
- Marque AFCAB "Pose des armatures".
- L'ensemble de ces certifications permet de garantir que l'ensemble des armatures mises en place répondra aux conditions de calcul du béton armé.

### Références normatives

La marque  AFCAB "Armatures pour béton armé" concerne les armatures relevant des normes suivantes:

- **NF A 35-016** : Armatures pour béton armé - Barres et couronnes soudables à verrous de nuance FeE500 - Treillis soudés constitués de ces armatures.
- **NF A 35-017** : Armatures pour béton armé - Barres et fils machine non-soudables à verrous.
- **NF A 35-019-1** : Armatures pour béton armé - Armatures constituées de fils soudables à empreintes - Partie 1 : Barres et couronnes.
- **NF A 35-019-2** : Armatures pour béton armé - Armatures constituées de fils soudables à empreintes - Partie 2 : Treillis soudés.
- **NF A 35-024** : Aciers pour béton - Treillis soudés constitués de fils de diamètre inférieur à 5 mm.
- **NF A 35-030** : Barres crénelées pour poteaux supports de lignes aériennes.

La marque  AFCAB "Armatures industrielles" concerne des armatures façonnées en atelier (armatures sur plans, armatures sur catalogue, armatures spéciales) ayant fait l'objet d'opérations telles que dressage, coupe, façonnage ou assemblage. Ces armatures industrielles (AIB) relèvent de la norme :

- **NF A 35-027** : Armatures pour béton armé. Armatures industrielles.

La marque AFCAB "Dispositifs de rabouillage ou d'ancrage" s'appuie sur les normes :

- **NF A 35-020-1** : Dispositifs en acier destinés au raboutage ou à l'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé - Partie 1 : Exigences générales.
- **NF A 35-020-2** : Dispositifs en acier destinés au raboutage ou à l'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé - Partie 2 : Méthodes d'essai.

L'AFCAB a organisé, le 10 octobre 2001, un Forum où se sont retrouvés des fabricants d'aciers, d'armatures industrielles, de dispositifs

de raboutage, des poseurs, des entrepreneurs, des maîtres d'œuvre, des maîtres d'ouvrage, des contrôleurs techniques et des laboratoires.

Les professionnels de l'armature du béton ont pu ainsi débattre de sujets qui la préoccupent. La manifestation a réuni 150 personnes d'horizons variés, parmi lesquelles des armaturiers (40 %), des fabricants d'acier pour l'armature (15 %), des fabricants d'accessoires et des poseurs d'armatures (10 %), mais aussi des maîtres d'œuvre et des maîtres d'ouvrage (20 %), des contrôleurs et des auditeurs (15 %).

---

#### Les informations qui suivent ont été rédigées à partir d'extraits du compte-rendu du Forum AFCAB.

Au cours de son allocution d'ouverture, le Président de l'AFCAB, Philippe JACQUES, a rapidement retracé l'histoire de l'AFCAB, depuis les discussions préliminaires à sa création en 1988-1989 jusqu'aux efforts actuels d'écoute des clients de la certification et de promotion des certificats auprès des prescripteurs, sans oublier les perspectives d'avenir liées aux évolutions européennes prévisibles.

Après cette introduction, Yann JAFFRÉ, ingénieur au SETRA et rapporteur du groupe de travail de révision du Fascicule 65A, a commenté les raisons qui ont motivé sa révision et en a expliqué l'organisation. Enfin, il a détaillé les modalités de prise en compte des certifications gérées par l'AFCAB dans les marchés publics.

La séance de questions qui a suivi a permis d'apporter des précisions aux interrogations des participants :

### 1. Pénétration de la certification AFCAB

La totalité des armatures pour béton armé est marquée **NF**.

Environ 80 % du tonnage des armatures industrielles pour le béton destinées aux TP est certifié, ce qui correspond en nombre à 50 % des armaturiers. De 80 % à 90 % du tonnage des armatures industrielles sur catalogue (60 % à 70 % des fabricants) est certifié.

Environ 15 % du tonnage des armatures industrielles pour le bâtiment (15 % des fabricants) est certifié.

Pour les dispositifs de raboutage ou d'ancrage des armatures du béton, 80 % des quantités livrées (3 fabricants sur 10) sont certifiées.

En pose TP, 30 à 40 % du tonnage (3 poseurs, soit environ 10 % à 20 %) est certifié.

En pose bâtiment, le nombre de poseurs certifiés est nul.

La proportion de produits/services certifiés varie donc de 100 % (cas des armatures pour béton armé) à 0 % (cas de la pose bâtiment).

### 2. Statut de la certification

La certification reste une démarche volontaire. Les réglementations européennes ne permettent

pas d'exclure des marchés publics un fabricant qui respecterait la partie harmonisée des normes. La mention "le produit devra être certifié (NF ou AFCAB selon le produit) ou équivalent" permet de répondre à cette exigence européenne.

### 3. Référence aux normes

La référence aux normes est obligatoire dans les marchés publics, notamment ceux qui relèvent des fascicules 65A et B. L'évolution des normes fait qu'elles couvrent de plus en plus complètement des spécifications techniques qui étaient jusqu'alors incorporées dans les fascicules du CCTG. En conséquence, la longueur de ces textes devrait se réduire à l'avenir, pour ne contenir que la liste des normes applicables et la liste des certifications existantes.

Il est à noter que le Ministère de l'Équipement a mis au point un logiciel d'aide à la rédaction des marchés (CAPTDCE). Ce logiciel prend en compte les certifications gérées par l'AFCAB.

### 4. Promotion de la certification

Il a été constaté que le fascicule 65A est assez souvent mentionné dans les marchés, mais que ses dispositions ne sont pas toujours appliquées. Face à ce problème, l'AFCAB a engagé des ambassadeurs chargés d'intervenir auprès des maîtres d'œuvre. En particulier, ils font en sorte que toutes les personnes concernées soient

complètement informées des avantages apportés par les certifications AFCAB et, à défaut, des modalités de réception par lots prévues dans les normes.

Les réceptions par lot prévues, à défaut de certification, ne sont généralement pas effectuées. Il est convenu d'être attentif à la faisabilité de la réception par lots lors de l'enquête probatoire du projet de norme révisée NF A 35-027, qui doit débiter prochainement.

*Note : Cette enquête probatoire a effectivement débuté le 20/10/2001 et s'est terminée le 20/12/2001. Le texte du document est disponible auprès de M. CRETON du Bureau de Normalisation de la Sidérurgie (bernard.creton@bns.ffa.fr).*

Pour faire prendre en compte la marque NF "Armatures industrielles pour le béton" dans le domaine de la maison individuelle, l'AFCAB interviendra auprès d'AFNOR-CERTIFICATION pour que toutes les certifications NF relatives aux armatures soient requises dans la marque NF "Maison individuelle".

Il convient de réfléchir à la promotion de la certification à prévoir en direction des assurances. L'APA (Association professionnelle des armaturiers) a entrepris de recenser l'ensemble des assurances qui sont demandées aux armaturiers, et de les classer selon leur caractère obligatoire ou non.

Il est à noter que les assurances concernent les fabricants d'aciers pour le béton, les fabricants d'armatures industrielles pour le béton, les fabricants de manchons, les poseurs d'armatures, les entrepreneurs utilisant les armatures et les négociants.

Pour les fabricants et les poseurs, la certification des produits porte sur une part importante ou la totalité du chiffre d'affaires, et une faveur de la part des assureurs peut être demandée.

Pour ce qui est des entrepreneurs, les assureurs ont plus de mal à apprécier la réduction de risque liée à l'utilisation de produits certifiés (certains produits utilisés par les entrepreneurs relèvent de la certification et d'autres non, certains produits relèvent du choix de l'entrepreneur et d'autres non).

Des contacts à un niveau plus global ont déjà été pris avec les assureurs (AFNOR, AFOCERT), et ces contacts se sont soldés par des échecs. L'AFCAB pourrait avoir plus de succès en argumentant à partir d'un type de sinistre fréquent et coûteux : le défaut d'enrobage. Il est à noter que l'assurance-construction se trouve depuis plusieurs années dans une situation financière difficile, et que toute

demande de réduction de prime pour les entreprises utilisant des produits certifiés se solde inévitablement par un refus. A contrario, une "faveur" aux fabricants de produits certifiés ou aux entrepreneurs utilisant des produits certifiés pourrait être obtenue par exemple sous la forme d'une absence d'augmentation des tarifs. La Commission communication de l'AFCAB a décidé de se saisir de ce sujet dès la fin du Forum.

Toutes les personnes concernées devraient effectivement être informées des certifications AFCAB. Il est nécessaire, pour ce faire, de disposer de la liste de ces personnes. Il convient d'intervenir très en amont des passations de marché pour que la certification soit prise en compte. Les participants sont favorables à l'idée de communiquer à l'AFCAB les noms des prescripteurs qu'ils connaissent afin d'entreprendre une action d'information. D'autre part, un enregistrement gratuit devrait bientôt être proposé sur le site Internet de l'AFCAB afin de disposer des avis de mise à jour des certificats. Il sera ainsi possible de constituer une liste de gens intéressés par les informations relatives aux armatures.

Les grandes entreprises prescriptrices comportent généralement beaucoup de directions, dont le champ de compétence peut s'étendre à différents types de constructions ou à différentes régions. Certaines d'entre elles sont moins sensibilisées ou ne sont pas informées de l'existence et de l'intérêt des certifications gérées par l'AFCAB. Une action par les ambassadeurs de l'AFCAB peut être effectuée dès que des personnes susceptibles d'être intéressées sont identifiées.

## 5. Révision du DTU 21

Pour les marchés privés de bâtiment, la norme NF P 18-201 (DTU21) qui les régit est en cours de révision. A cette occasion, la référence à la norme NF A 35-027 et aux certifications NF "Armatures industrielles pour le béton", AFCAB "Dispositifs de rabotage ou d'ancrage des armatures du béton" et "Pose des armatures du béton" sera proposée.

## 6. Ambiguïtés de terminologie

Les appellations "Armatures pour béton armé" et "Armatures industrielles pour le béton" sont très proches et provoquent une certaine confusion dans les esprits. Il a été proposé de modifier la marque ou le nom pour les armatures

pour béton armé. Cela se heurte toutefois au fait qu'il s'agit de deux marques NF, à la suite d'une volonté délibérée de profiter, pour les armatures industrielles pour le béton, de la notoriété de la marque NF dans le domaine du BTP. Un nouveau titre pour les normes concernant les barres, les couronnes et les treillis soudés a été proposé au sein de la Commission Française de Normalisation "Armatures pour béton armé". On parlerait maintenant d'aciers pour l'armature du béton. Il reste à en informer toutes les personnes concernées.

## 7. Développement de la certification

Le statut réglementaire des certifications "Armatures pour béton armé" et "Armatures industrielles pour le béton" est identique : il s'agit de certifications strictement volontaires tant du point de vue du fabricant que de celui du prescripteur. La prise en compte des certifications AFCAB dans les marchés a progressé au cours des dernières années mais a plutôt régressé en 2000. Il y a quelques années, il existait encore sur le marché des armatures pour béton armé non certifiées. Cette situation n'existe plus aujourd'hui. Cela laisse penser que la certification NF "Armatures industrielles pour le béton" devrait se développer de la même manière que la certification NF "Armatures pour béton armé". Il existe un

"seuil" dans la proportion entre certifiés et non certifiés, difficile à chiffrer, à partir de laquelle la certification s'impose.

Les tarifs de la certification sont constants depuis 1992, et ont même baissé en 1999 avec le concours du réseau des LPC. L'AFCAB a décidé de mettre en place un ensemble de dispositions destinées à réduire le coût global de la certification, tout en augmentant la quantité d'informations relatives à la conformité des produits certifiés. Par exemple, la prochaine version du Règlement de certification des armatures industrielles pour le béton envisage de réduire le nombre d'audits des usines lorsqu'aucune non-conformité n'est constatée, et de l'augmenter pour les autres usines.

Par ailleurs, nombre de producteurs certifiés ont constaté une baisse de leurs coûts de non-qualité de plusieurs % (diminution du nombre des réclamations et des retours).

Des entreprises de travaux en béton armé ont engagé des démarches de certification de système qualité ou TP-Qualité ou Qualibat. Elles sont ou devraient être sensibles aux certifications gérées par l'AFCAB. Tous les acteurs économiques sont soumis au même problème de qualité et de progrès. Là encore, un défaut d'information est à déplorer. La Commission communication examinera les actions à mettre en œuvre à ce sujet.

**L'après-midi, Bernard CRETON, Directeur du BNS (Bureau de Normalisation de la Sidérurgie, mandaté par AFNOR pour gérer la rédaction des normes sidérurgiques) a présenté l'état d'avancement des travaux de normalisation européenne dans le domaine des armatures. Après un bref historique, il a expliqué la structure et le contenu des projets de normes européennes, la relation de ces projets de normes avec le marquage CE à venir, commenté les prochaines étapes à prévoir avant la publication de ces documents et les délais correspondants, et mentionné les conséquences pour les professionnels de l'armature.**

**La séance de questions qui a suivi a permis d'apporter des précisions aux interrogations des participants :**

1. La France ne peut admettre que la future norme européenne impose aux armaturiers d'effectuer (ou de faire effectuer) des essais de traction en contrôle continu. Ce point sera défendu par la délégation française lors de la réunion de normalisation européenne des 7 et 8 novembre 2001.
2. Les armatures à empreintes et les armatures laminées à froid sont bien prévues dans le texte. Il est d'ailleurs à noter que la Commission Européenne souhaite que le passage au marquage CE ne serve en aucun cas de prétexte à l'exclusion du marché de produits qui y sont actuellement présents.
3. Les normes nationales qui traitent des mêmes sujets disparaîtront après la publication des textes européens. Elles seront remplacées par la norme européenne approuvée. Pourront toutefois subsister les normes dites "non conflictuelles", c'est à dire traitant de produits non couverts par la norme européenne.
4. Les "demi-diamètres" pourraient réapparaître à la faveur de la publication de ces nouvelles normes. A ce jour, vingt nuances environ sont demandées par les différentes délégations nationales représentées dans la Commission européenne de normalisation.

5. Aucun niveau de performance n'est prévu dans la norme EN 10080. Ceci a été voulu par la Commission européenne qui ne veut exclure aucune nuance actuellement mise sur le marché.
  6. Il n'est pas très clair de savoir si le marquage CE concerne ou non l'armature industrielle pour le béton. La question sera également posée lors de la prochaine réunion européenne. En fonction de la réponse à cette question, la norme NF A 35-027 relative aux armatures industrielles pour le béton devra sans doute être réaménagée suite à la publication des normes européennes.
  7. La mise en place du marquage CE ne devrait pas avoir lieu, dans le meilleur des cas, avant 2005. Ceci est dû à la succession de délais de procédure à prévoir. Toutefois, la Commission européenne pourrait s'impatienter et intervenir d'une manière imprévue pour accélérer la mise en place du marquage CE.
  8. Le texte actuel du projet de norme prEN 10080 n'est pas très clair pour ce qui concerne les écarts entre le marquage CE et la certification NF "Armatures industrielles pour le béton". Il est prévu de poser la question lors de la réunion de novembre du sous-comité européen de normalisation en charge de la rédaction de ce texte.
3. Il est du rôle des auditeurs d'expliquer les spécifications du Règlement au cours des audits. En revanche, les organismes de certification sont tenus (réglementation française et norme NF EN 45011) de s'abstenir de faire du conseil auprès des titulaires de certificats. Cette règle vise à garantir l'impartialité des organismes de certification. Cela ne doit pas empêcher les auditeurs d'expliquer les spécifications du Règlement afin d'aider les usines à progresser.

Le Président a ensuite remercié les participants au Forum, et a tiré les conclusions suivantes :

1. Le principe de cette réunion a retenu l'intérêt des participants, et devrait être reconduit.
  2. Le Fascicule 65A n'a pas fait l'objet d'observations quant à son contenu. Le souhait des participants est qu'il soit effectivement appliqué. Cela s'entend à deux niveaux : celui de l'introduction effective de ses prescriptions dans les cahiers des charges, et celui de l'application effective de ses clauses lorsqu'il y a lieu. Des efforts ont déjà été faits par l'AFCAB à ce sujet, par l'intervention d'ambassadeurs auprès de personnes ciblées. La coordination de tous est nécessaire pour réussir la promotion de la certification.
  3. La communication devrait être clarifiée, notamment pour que les utilisateurs distinguent bien les certifications "Armatures pour béton armé" et "Armatures industrielles pour le béton".
  4. Les entrepreneurs souhaitent que la qualité des ouvrages s'améliore, et il convient de mieux leur faire connaître les certifications AFCAB.
  5. Pour ce qui concerne l'Europe, les utilisateurs sont inquiets de la mise sur le marché d'un grand nombre de classes de produits, ce qui reviendrait à "organiser le désordre" et induire des risques pour la sécurité des ouvrages, non pas en raison des défauts de qualité des produits mais en raison de confusions entre différents produits présents sur chantiers.
  6. Les participants sont intéressés par le contenu technique des normes et ses conséquences sur le marché. Toutefois, les projets de textes actuels ne permettent pas de répondre à toutes les interrogations. Le Président note également que la Commission Européenne redoute une certaine dispersion d'appréciation entre les différents organismes notifiés pour attribuer le marquage CE, et a mis en place un groupe de coordination de ces organismes.
- La séance des questions diverses a permis de traiter quelques autres sujets :
1. Il est rappelé qu'il n'y a pas équivalence entre la certification NF "Armatures industrielles pour le béton" et un couplage de la certification NF EN ISO 9001 avec un approvisionnement en armatures pour béton armé certifiées NF, car les domaines couverts ne sont pas les mêmes. Les trois certifications sont volontaires et ce sont les clients qui décident quelles certifications ils désirent retenir dans leur cahier des charges. Il est à noter que l'AFCAB peut offrir, en collaboration avec AFNOR-CERTIFICATION une certification des systèmes selon la norme NF EN ISO 9001 si les titulaires des certifications gérées par l'AFCAB le désirent.
  2. La légitimité d'AENOR (Asociación Española de Normalización) en France est celle que les clients français lui accordent. Les clients présents dans la salle ont indiqué qu'ils ne se réfèrent, pour les armatures, qu'aux certifications gérées par l'AFCAB.

## Jointts de chaussées

Nous portons à la connaissance des lecteurs deux informations concernant les joints de chaussées. La première est un appel à la vigilance concernant les procédures de mise en œuvre des drains, la seconde porte sur la mise à disposition d'articles types pour aider à la rédaction des marchés pour la fourniture et la pose des joints de chaussées.

### 1. Les drains

L'analyse de certaines demandes d'avis techniques déposées auprès de la Commission fait ressortir actuellement des propositions dont vous avez peut être déjà eu connaissance. Certains proposent de supprimer le drain transversal au droit des traits de scie. Il est alors remplacé par un drain positionné en barbacane en point bas du profil en travers.

Nous rappelons que la Commission n'a pas donné son accord pour cette suppression et nous tenons à préciser que nous continuons à exiger que le drain soit positionné le long du trait de scie. Soyez vigilant lors de la signature du marché et n'hésitez pas à exiger la mise en place

du drain conformément au guide "joints de chaussées des ponts route", page 57.

Rappelons que le drain est obligatoire sur les joints posés sur un pont dont la pente longitudinale est inférieure à 1% et seulement en amont du joint, en aval du tablier, si la pente longitudinale est supérieure à 1 %.

En outre, la fermeture de l'étanchéité est obligatoire à partir du moment où on coupe cette étanchéité, qu'il y ait un drain ou non.

### 2. Articles types

Pour la préparation des marchés (consultation, CCTP, CCAP, garantie, BPU..) il existait des éléments dans le guide déjà cité ci-dessus. Compte tenu de l'évolution des techniques et du fait que les éléments étaient dispersés dans le document, nous avons procédé à un regroupement de ceux-ci et à une mise à jour des articles types constituant l'annexe du guide pour permettre une utilisation plus pratique.

Ces éléments sont disponible sous fichier Word 2000 sur simple demande.

**M. FRAGNET ■**

# Stages

## ■ Formation ENPC dans le domaine des ouvrages d'art

Elargissement des ponts en maçonnerie – Session Flash	23 mai 2002
Formuler les bétons (1) : des constituants aux performances	28 au 30 mai 2002
Concevoir et réaliser les ponts courants	3 au 5 juin 2002
Les nouvelles normes d'exécution des travaux géotechniques	10 et 11 juin 2002
Maîtriser la mise en œuvre des bétons	11 et 12 juin 2002
Calcul et réalisation des murs de soutènement	Juin 2002
PARAM 2002 "Identification et détermination des paramètres des sols et des roches pour les calculs géotechniques" Symposium International	2 au 4 septembre 2002
NUMGE 2002 "Numerical methods in Geotechnical engineering" 5ème Congrès Européen	4 au 6 septembre 2002

Renseignements et programmes détaillés des stages ENPC : 01 44 58 27 28  
Renseignements concernant les cycles internationaux : 01 44 58 28 28 ou 28 27.



### BON DE COMMANDE POUR RECEVOIR LES PUBLICATIONS DU CTOA

Retournez votre commande – ou faxez-la – à : Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes  
Bureau de vente des publications • BP 100 - 92225 Bagneux Cedex  
Tél. **01 46 11 31 53** - Fax. 01 46 11 33 55

Je désire recevoir \_\_\_\_\_ exemplaires(s) Nom et adresse du demandeur : \_\_\_\_\_

TITRE \_\_\_\_\_

Réf. \_\_\_\_\_

Prix Unitaire \_\_\_\_\_ Prix total \_\_\_\_\_ Tél. \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_ Signature \_\_\_\_\_

**Frais d'envoi** (à ajouter au montant de la commande) : 3,50 € pour toute commande inférieure à 20 € et 4,57 € pour toute commande égale ou supérieure à 20 €

**Autres pays** : 10 % du montant de la commande avec un minimum de 7 €

**Mode de règlement** (à réception de facture) : chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des recettes du Setra • Virement bancaire : relevé d'identité bancaire (RIB) :

Code banque : **40071** • Code guichet : **92000** • N° de compte : **00001000261** • Clé RIB : **11** • Domiciliation : **RGFIN Paris Nanterre**

### OUVRAGES D'ART CENTRE DES TECHNIQUES D'OUVRAGES D'ART

**Ce bulletin de liaison vous intéresse...** retournez le formulaire ci-dessous à :  
Bulletin de Liaison **OUVRAGES D'ART** • SETRA Communication CTOA  
46, Avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 Bagneux Cedex

Nom : \_\_\_\_\_

Service, société : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Tél. : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Désire être destinataire d'un exemplaire du bulletin de liaison OUVRAGES D'ART gratuit



### COMITÉ DE RÉDACTION

#### SETRA :

Mme Abel-Michel,  
MM. Bouchon, Millan

#### CETE :

M. Paillusseau (Bordeaux)  
M. Tavakoli (Lyon)  
M. Carles (Aix)

#### DDE :

M. Portier (DDE 13)  
M. Bouvy (AIOA-A75)

#### LCPC :

M. Godart

#### IGOA :

M. Bois

#### Coordination :

Jocelyne Jacob (Setra-Ctoa)  
Tél : 01 46 11 32 79  
Fax : 01 46 11 34 74  
Jacqueline Thirion (Setra-Ctoa)  
Tél : 01 46 11 34 82

#### Réalisation :

Barbary Et Courte • Tél: 01 44 50 52 51  
www.barbary-courte.com

#### Flashage :

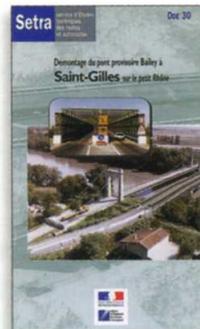
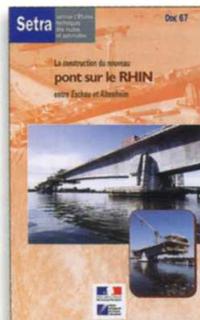
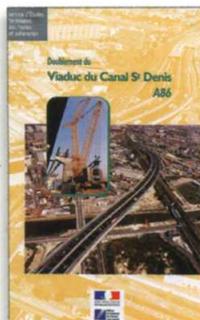
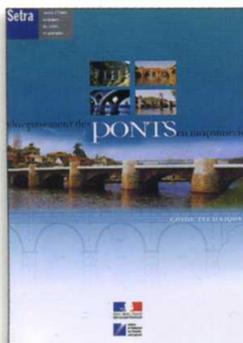
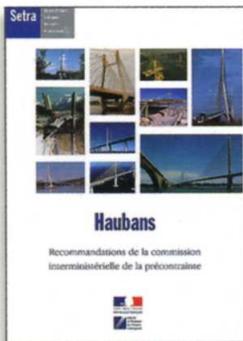
13<sup>e</sup> heure • Tél: 01 40 47 85 27

#### Impression :

Caractère • Tél : 04 71 48 05 46

#### ISSN :

1266-166X



# Le kiosque du Setra

## PUBLICATIONS

### ■ Guide — Haubans

Recommandations de la commission interministérielle de la précontrainte  
 • Réf. F0128 (198 pages) — Prix : 26 euros

Au début de l'année 1997, la Commission Interministérielle de la Précontrainte (CIP) a décidé la constitution d'un groupe de travail chargé d'étudier les problèmes technologiques liés aux haubans, afin de mettre en place un système d'agrément semblable à celui qui s'applique aux procédés de précontrainte.

Le présent guide fait le point sur l'état de l'art et donne des recommandations sur la conception, la qualification et la mise en œuvre des systèmes de haubanage. Il a été rédigé en tirant parti des connaissances accumulées sur des ponts à haubans construits depuis trente ans en France ou à l'étranger. Cela comprend des ponts à haubans de grandes dimensions, tels que le pont de Brotonne, le pont de Normandie, le Second Pont sur la Severn, le pont Vasco de Gama, etc. mais aussi une grande variété d'ouvrages de dimensions plus modestes.

La technologie de haubanage décrite dans ce guide concerne principalement les ponts à haubans, dont les câbles se caractérisent par des surtensions importantes, des sollicitations en fatigue et une exposition directe à l'environnement. Plus généralement, on trouvera dans ce guide des recommandations utiles pour les câbles directement exposés aux agressions de l'environnement, et notamment les suspentes des ponts bowstring, les câbles de précontrainte extradossés ou sous-bandés, ainsi que les câbles utilisés dans toute structure haubanée de génie civil : couverture de stades, pylônes, etc.

### ■ Avis technique — Étanchéité

Produit	Entreprise	Date	Validité	Réf.
SOPRALENE - FLAM - ANTIROCK P - GLACIVAP *	SOPREMA	05.2001	05.2006	FATET01.03
SOPRALENE - FLAM - ANTIROCK - ASP - SR/GLACIVAP	SOPREMA	07.2001	07.2006	FATET01.04

Rappel : le prix de chaque avis technique est de 3,05 euros

\* Remarque : cet avis remplace l'avis technique "GLACIDUR" qui prend une nouvelle dénomination "GLACIVAP".

## AUDIOVISUELS

### ■ Doublement du Viaduc du Canal St-Denis — A 86

Cassette vidéo VHS — Durée : 21 mn  
 • Réf. F0121 — Prix : 23 euros

Dans le cadre des travaux d'élargissement de l'autoroute A 86, un nouveau viaduc vient doubler au Nord le premier viaduc et permet de franchir le Canal Saint-Denis, les voies ferrées Paris-Soissons et le RER B, ainsi que les D. 24, D. 27 et D. 30. Cet ouvrage à ossature mixte, long de 768 mètres, comportant 16 travées dont la plus grande mesure 83 mètres en franchissant le Canal Saint-Denis, supporte 4 voies de circulation.

### ■ La construction du nouveau pont sur le Rhin entre Eschau et Altenheim

Cassette vidéo VHS — Durée : 20 mn  
 • Réf. F0203 — Prix : 23 euros

La construction du nouveau pont sur le Rhin au sud de Strasbourg permettra de relier directement l'autoroute allemande A5 (Hambourg/Francfort/Bâle), à l'autoroute

française A35 (Karlsruhe/Strasbourg/Mulhouse). Le pont principal, long de près de d'un kilomètre comporte trois ouvrages. Le franchissement sur le fleuve d'une longueur de 457 m comprend une travée centrale de 205 m. Il est encadré par deux viaducs, long de 215 m côté France et de 292 m côté Allemagne.

### ■ Élargissement des ponts en maçonnerie

Guide technique (164 pages)  
 • Réf. F0127 — Prix : 26 euros

Le problème de l'élargissement de ponts existants afin de les adapter à l'évolution du trafic s'est posé dès le XVIII<sup>e</sup> siècle, et reste encore largement d'actualité, notamment pour les plus anciens d'entre eux, les ponts en maçonnerie. Le présent document est plus particulièrement destiné aux maîtres d'œuvre ayant à élaborer et à réaliser un projet d'élargissement de ce type, mais il s'adresse également aux bureaux d'études, architectes et entreprises participant au projet.

Après un bref rappel de l'historique des ponts en maçonnerie, de leur constitution et de leur fonctionnement, on y aborde les principales étapes à respecter dans un projet d'élargissement, les différentes solutions envisageables en fonction du problème posé, ainsi que certains aspects particuliers relatifs aux travaux proprement dits.

L'ensemble est complété par une importante bibliographie, un exemple de calcul complet, et 17 fiches techniques décrivant des élargissements effectivement réalisés.

française A35 (Karlsruhe/Strasbourg/Mulhouse). Le pont principal, long de près de d'un kilomètre comporte trois ouvrages.

Le franchissement sur le fleuve d'une longueur de 457 m comprend une travée centrale de 205 m.

Il est encadré par deux viaducs, long de 215 m côté France et de 292 m côté Allemagne.

### ■ Démontage du pont provisoire Bailey à Saint-Gilles sur le petit Rhône

Cassette vidéo VHS — Durée : 15 mn  
 • Réf. F0202 — Prix : 23 euros

Depuis l'interdiction de circulation sur l'ancien pont suspendu, un pont Bailey permet de franchir le petit Rhône. Aujourd'hui un nouveau pont de type Bowstring est en service. Le pont Bailey n'a plus son utilité et peut donc être démonté.

L'ouvrage provisoire est composé de 4 travées isostatiques de 40 mètres chacune et le poids de l'ensemble est de 1065 tonnes.