

OUVRAGES D'ART

CENTRE DES TECHNIQUES D'OUVRAGES D'ART

Bulletin de liaison diffusé par
le Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art
du Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes



N° 29
Mars 1998

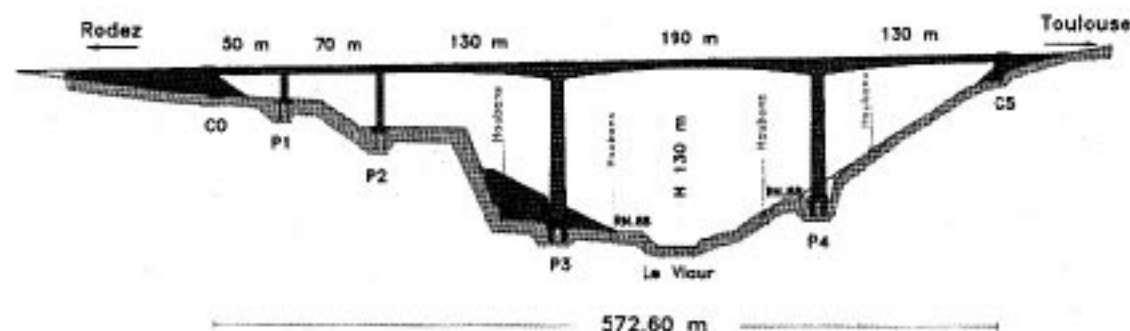
Le viaduc du Viaur des grands fléaux sous haute surveillance

1 - Du rêve à la réalité

Grande liaison d'aménagement du territoire, la RN 88 qui relie TOULOUSE à LYON permet de désenclaver une partie du sud du massif central et en particulier le département de l'Aveyron avec une connexion à l'A75 en cours de réalisation dans ce même département. Cet itinéraire doit s'effectuer dans une région caractérisée par de nombreuses vallées profondes, dont celle du Viaur. Lors des études préliminaires de tracés, l'option de franchir la vallée de plateau à plateau a été retenue, poussée en avant par le SETRA qui a étudié avec la D.D.E. de l'Aveyron et des bureaux d'études privés associés quelques options techniques envisageables.



Ponts en arcs métalliques ou en béton, ponts à haubans, ponts à pikes en Y, ponts à voussoirs, autant de solutions techniques qui ont été recherchées pour franchir une brèche de 600 m de long à 130 m de haut. A l'issue des comparaisons techniques et financières de ces différentes solutions, un viaduc à voussoirs précontraints construit par encorbellement a été retenu. La réalisation de cet ouvrage projetait la mise en œuvre de cette technique au delà du domaine d'application classique en portant la plus grande travée à des valeurs proches de 200 m. Finalement un ouvrage de 570 m de longueur totale, à cinq travées (50-70-130-190-130) et à 4 voies a été retenu, ce choix provenant des contraintes topographiques et géologiques du site.



Élévation

2 - La dévolution des travaux

L'équipe de conception (le S.E.T.R.A et la D.D.E. de l'Aveyron) a associé au projet, l'architecte Philippe Fraileu afin d'intégrer au mieux l'ouvrage retenu dans le site et de mettre en valeur l'harmonie de ses lignes de structure, et le bureau d'étude Europe Études Gecti de Toulouse à qui a été confié l'étude de certaines parties de l'ouvrage. C'est donc sur un projet bien défini techniquement et esthétiquement abouti, que l'ouvrage devait être mis en consultation. Le montant prévisionnel était finalisé à 125 MF soit environ 12 000 F TTC par m² de surface utile de tablier. Le financement de l'ouvrage était réparti à parts égales dans le cadre d'un contrat entre l'État,

ministère de l'Équipement, et la Région Midi Pyrénées. La procédure d'appel d'offre a été lancée en 1994 sans variante large ; seules étaient autorisées certaines variantes techniques relatives aux découpages des voussoirs, aux levées de pile, au recours à des solutions de poussage, et à l'utilisation de certains types de peaux coffrantes. Le règlement de l'appel d'offre interdisait toute offre dont le délai d'exécution était inférieur à 32 mois.

Le jugement de l'appel d'offre s'est effectué selon des critères classiques du code des marchés publics (valeur technique, prix et délais).

L'analyse de la valeur technique des prestations a été basée sur l'examen technique et financier d'un

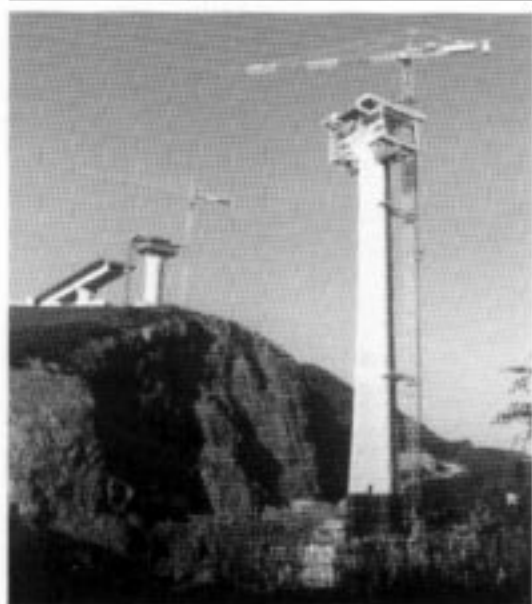
dossier à remettre à l'appui de l'offre par chaque candidat, répondant à une dizaine de questions techniques, précisées dans le règlement de l'appel d'offre et portant sur des points techniques peu courants (mode de construction des grandes piles, des grands VSP, bétonnage des grands voussoirs, options sur le nombre d'équipages mobiles...).

Par exemple, le surcoût d'un deuxième équipage mobile a été jugé par la maîtrise d'œuvre largement compensé par le fait de sortir du chemin critique la construction des fléaux de 70 m des travées d'accès nord.

Après l'analyse des dossiers, l'offre du groupement d'entreprises SPIE BATIGNOLLES - DODIN SUD - SOGEA était retenue pour la mise au point du marché, marché validé par la Commission Spécialisée des Marchés Publics.

Le marché a été notifié en février 1995 pour un démarrage des travaux en juillet 1995, le cahier des charges imposant une période de préparation de 5 mois dans un délai d'exécution de 34 mois, hors intempéries.

3 - La construction de l'ouvrage

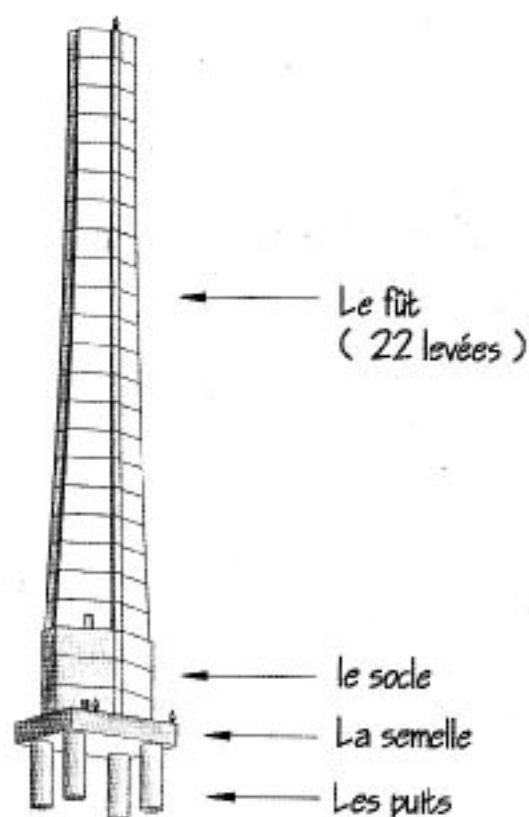


La pile n° 3

Les points intéressants de la construction sont essentiellement l'exécution des grandes piles, des grands fléaux, et une organisation précise pour assurer un bon suivi des nivellements de ces fléaux très souples. Quelques options relatives aux conditions d'accès en hauteur et aux intempéries seront signalées.

■ Construction des grandes piles

Les deux grandes piles P3 et P4 hautes de 103 m et de 87 m encadrent la brèche. Leur forme intégrait l'évolution de 2 courbes paraboliques ce qui per-



La pile P3

mettait de faire varier harmonieusement les sections, de la base au voussoir sur pile. Elles sont fondées sur 4 puits de 10 m de profondeur et 3 m de diamètre, excavés à l'explosif dans un rocher dur et ancrés dans une semelle de 880 m³ bétonnée en deux phases. Le cycle moyen a été de 4 jours pour la vingtaine de levées de 4 m.

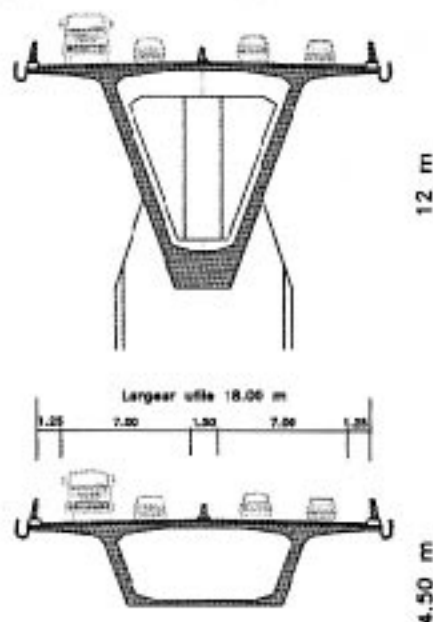
Compte tenu de l'importance des efforts à reprendre pour stabiliser l'ensemble pile-fléau sous les effets du vent ⁽¹⁾ et malgré la présence des haubans, le taux de ferrailage des piles a atteint 235 kg d'armatures par mètre cube de béton. Les grandes sections du bas des piles nécessitaient la mise en œuvre de 115 m³ de béton sur un grand périmètre. La rhéologie du béton, dont la stabilité initiale a été imposée contractuellement à 2 heures minimum, permettait de revenir sur les couches de béton précédentes dans de bonnes conditions, ceci favorisant en outre l'aspect des parements. Le recours à des cages préfabriquées par 2 levées a été retenu dans le but d'économiser les recouvrements. Cette disposition ne doit pas systématiquement être recherchée car :

— la hauteur de la cage dépassant le niveau de bétonnage et leur inclinaison due à la forme de la pile ont rendu l'utilisation des bennes à

manchettes impossible pour des raisons de non verticalité et de sécurité ;

- l'utilisation de bennes de 3 m³ à vidange latérale a donc été nécessaire. Mais l'inclinaison des roties, associée à de forts taux de ferrailage et à une levée de 4 m, a abouti à l'obligation d'adapter la formule de béton et à préciser de nouvelles procédures de vibration pour éviter les nids de cailloux, préjudiciables pour les parements.

■ La réalisation du tablier



Le tablier à 4 voies d'une longueur totale de 573 m, d'une largeur totale de 19 m pour 18 m utile a été réalisé sur la base d'un mono-caisson avec des âmes d'épaisseur constante de 60 cm, l'épaisseur des bords variant de 25 à 30 cm. La cinématique de construction a été la suivante :

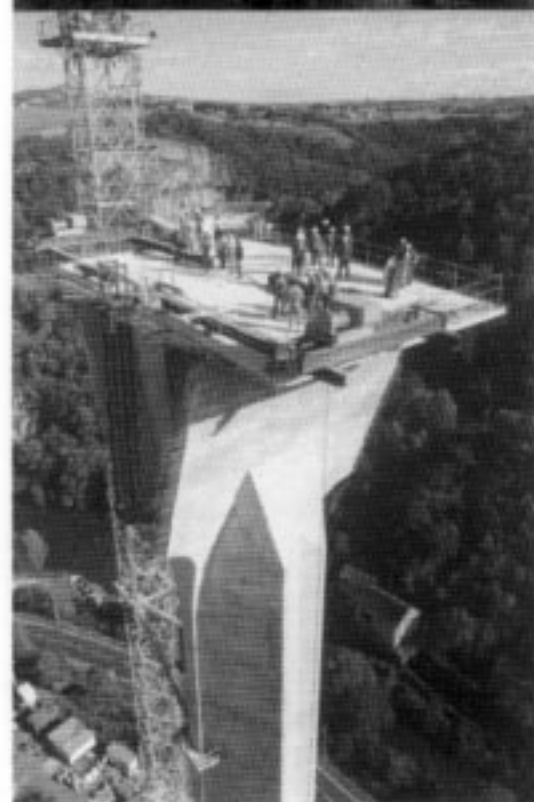
- 2 fléaux de 70 m (P1 et P2) de hauteur constante égale à 4,50 m (11 paires de voussoirs de 2,76 m par fléau). En phase définitive, ces fléaux reposent sur des appareils d'appuis. Leur construction classique, selon un cycle de 4 jours par voussoir, a fait appel à un équipement mobile renouvelé, permettant de sortir du chemin critique la construction de ces fléaux.
- 2 grands fléaux de 190 m (P3 et P4) à hauteur variable de 12 m à 4,50 m (32 paires de voussoirs de 2,76 m par fléau). Ils sont ancrés sur les grandes piles par l'intermédiaire d'un voussoir sur pile de 12 m de haut, dont la forme particulière souligne l'encastrement de l'ensemble pile fléau.

L'importance de ce voussoir sur pile, la hauteur des premiers voussoirs, la longueur des fléaux ont nécessité pour l'entreprise une réflexion très impor-

tante sur les choix techniques et matériels, dont voici quelques éléments :



Le fléau P3
(photo G. Forquet - Setra)



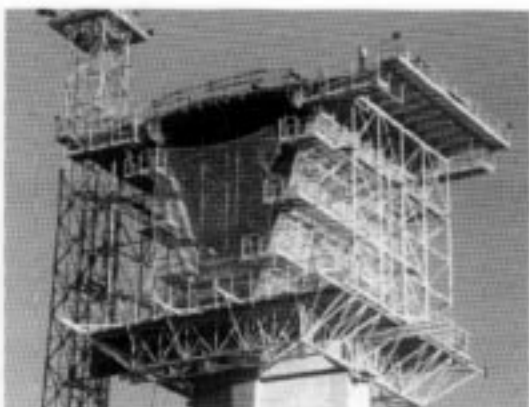
Voussoir encasturé sur la pile 3

- Sur une plate-forme de 28 tonnes de charpente posée en tête de pile, les coffrages métalliques du voussoir sur pile ont été mis en place par l'assemblage de quatre panneaux coffrants représentant 56 tonnes de char-

Équipage mobile au démarrage du fléau P3 (remarquez les protections mises en place)

Coffrage du VSP 3

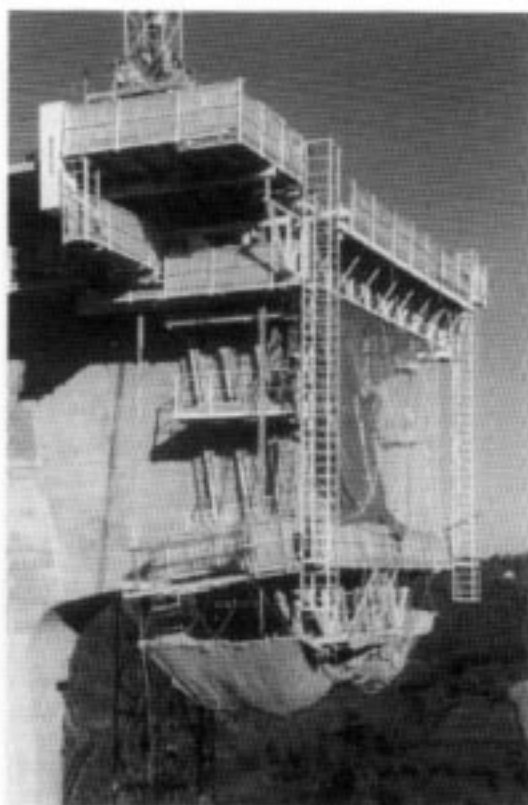
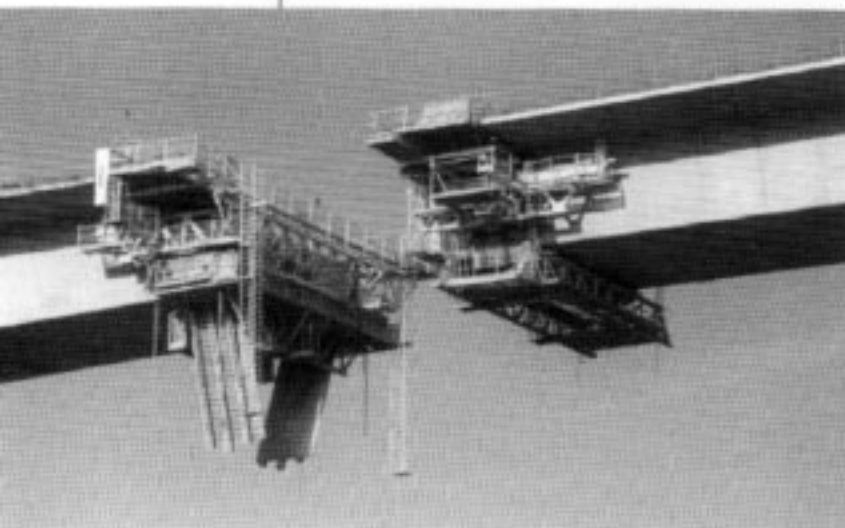
penne. Le voussoir sur pile a été bétonné en trois phases. La charge de béton de la première phase était reportée sur la plate-forme et transférée à la pile par les 4 consoles d'appui Artéon équipées chacune d'un boulon de 64 mm (radiographié), spécialement fabriquées pour les besoins du chantier. Le complément de charge des autres phases était mécaniquement, par un système de déverinage de points d'appui, transféré directement sur le béton durci de la première phase, les boulons des consoles d'appui ne permettant pas de reprendre l'ensemble du poids du VSP.



- Un équipage mobile neuf de 45 tonnes de charpente, capable de reprendre 235 tonnes en porte à faux, a été conçu pour s'adapter à des voussoirs dont la hauteur variait de 12 à 4,5 m. Il a permis de réaliser des voussoirs avec un cycle moyen de 5 jours. Les taux de ferrailages passifs de ces grands fléaux atteignent à 160 kg/m³ de béton.
- Au delà de la portée des grues principales (grues de type K5/50c avec 20 tonnes au crochet à 23,50 m), une grue mobile de 20 tonnes permettait les manutentions sur le fléau. Le béton, acheminé par la grue à tour

Le fléau P3 haubané provisoirement

Équipage mobile à l'extrémité du fléau 3



depuis le sol dans une trémie tampon sur le tablier, était pompé en extrémité de voussoir.

- A partir de 40 m de longueur de fléaux, des haubans provisoires 19T15 étaient mis en œuvre. Ces haubans, tendus à 30 % de leur capacité, permettaient de solliciter 550 t d'effort vertical destinés à stabiliser provisoirement la structure avant clavage. Ces haubans ont été supprimés après clavage.



- Construction d'une travée d'extrémité côté C0 coulée sur cintre en 3 phases.
- Construction d'une travée d'extrémité côté C5 partiellement coulée sur cintre et complétée par la construction de 6 voussoirs en surencorbellement.
- Réalisation de 4 clavages de raccordement des fléaux.

■ La précontrainte

La précontrainte de construction des fléaux utilise des unités 19T15 super, au tracé simple, c'est à dire maintenu pour l'essentiel dans la zone des goussets des hourdis supérieurs. Les coefficients de rendement des câbles, mesurés sur site, ont indiqué des valeurs d'environ 15 à 20 % supérieures aux valeurs théoriques calculées avec les coefficients $f = 0.2$ et $\phi = 0.003$. Pour les premiers câbles courts, ces valeurs théoriques engendraient des dépassements d'allongement théoriques à la pression P_0 , perturbant les habitudes de chantier par rapport à l'application des règles habituelles. Une procédure particulière imposée par la maîtrise d'œuvre, exploitant les informations en temps réel des allongements mesurés au fur et à mesure des paliers de pression, permettait d'indiquer l'allongement maximal à ne pas dépasser dans le domaine élastique, déduit par ordinateur ou graphiquement. Ceci recoupait en fait des avis précisés ultérieurement dans un article paru dans le numéro 25 du Bulletin Ouvrages d'Art¹². Par la suite, les directives pression allongement ont été revues avec des coefficients $f = 0.15$ et $\phi = 0.002$, valeurs plus proches de la réalité de l'ouvrage.

Les goussets des hourdis supérieurs des caissons étaient encombrés par les 66 gaines de précontrainte. Un espace supplémentaire aurait été bienvenu pour favoriser le bétonnage des âmes par le dessus du hourdis. Ceci devrait être pris en compte dès la conception pour d'autres ouvrages de cette dimension.

La précontrainte extérieure était constituée d'unités 27T15 dont le tracé restait classique pour ce genre d'ouvrage. Les gaines PEHD sont de la gamme PE 80, n'utilisant pas de produits régénérés. Il serait intéressant à ce sujet de préciser à nouveau les critères de choix de ces matériaux, indiqués aux maîtres d'œuvre par les documents relatifs à la précontrainte extérieure, qui ne sont plus d'actualité et peuvent entraîner des choix peu appropriés. Il semble donc actuellement plutôt prudent de se rapprocher du SETRA pour élaborer ses cahiers des charges.

Les coulis d'injection ont fait l'objet d'une procédure d'essai au tube, adaptée au contexte de l'ouvrage pour des câbles de 190 m de long. Malgré les résultats probants de ces essais, des anomalies portant sur la stabilité de la rhéologie des coulis sont apparues sans que les essais au tube n'aient pu déceler le problème. Aucune explication officielle n'a pu être trouvée. Les remplissages des gaines apparaissaient cependant bons. Les formulations de coulis ont néanmoins été revues en utilisant un nouveau coulis à base de STRESS CEM qui



a donné satisfaction. En attendant l'évolution réglementaire sur l'utilisation des coulis, pour de prochains chantiers de ce type, nous pensons imposer des valeurs d'exsudation plus faibles que celles autorisées à ce jour (de 0 à 0,5 %) et mesurées sur des éprouvettes plus grandes.

Enfin, le hourdis était précontraint transversalement par torons gainés graissés. Les ancrages de type bitrons étaient positionnés tous les 50 cm.

■ Les bétons

Le béton de type B40 utilisait une formule à base de matériaux locaux essentiellement calcaires. Le recours à des bétons de type B60 n'a pas été retenu compte tenu qu'une réduction des sections ne favorisait pas le comportement de la structure sous les effets du vent. Après quelques ajustements, la composition des bétons retenue était la suivante :

- ciment CPJ CEM2 / A 42.5 en provenance du site de LEXOS, reconnu pour sa clarté
- adjuvants CHRYSO utilisant un super fluidifiant T.H.P et un retardateur CERITARD
- squelette composé de granulats calcaires 14/20, 8/14, 0/3 en provenance de carrières locales, avec un ajout de sables de rivière pour la formule du tablier
- un rapport E/c de 0,35 à 0,38

Les résistances obtenues varient de 16 à 20 MPa à 16 heures, et de 50 à 60 MPa à 28 jours.

■ Les grands fléaux sous surveillance

Il est rare d'associer des piles très hautes (supérieures à 80 m) à de très grands fléaux (supérieurs à 150 m). L'ensemble constitue dans sa phase provisoire, avant clavage, une structure très souple et réagissant de façon très sensible aux efforts, mais

Les goussets du hourdis supérieur (photo G. Forquet - Setra)



Le fléau P3 dans les brumes du matin

Les principaux intervenants

- **Maître d'ouvrage**
ETAT ministère des Transports
- **Maître d'œuvre**
Direction Départementale de l'Équipement de l'Aveyron - Bureau des ouvrages d'art
- **Projet de base**
SETRA.
- **Architecte**
M. Philippe FRALEU
- **Titulaire du marché**
Groupement d'entreprises : SPIE BATIGNOLLES TP (mandataire) - DODIN SUD - SOGEA

Les études

- **Les études d'exécution**
SPIE BATIGNOLLES TP SERF
- **Les contrôles d'études**
SETRA (piles)
EUROPE ETUDES GECTI (tablier)

aussi aux conditions météorologiques (vent et ensoleillement). Ceci avait été constaté et mesuré par la maîtrise d'œuvre lors de la construction du viaduc de Bourran à RODEZ, ouvrage du même type avec des piles de 50 m de haut et des fléaux de 100 m : les mouvements en extrémité de fléaux atteignaient 5 cm sous les effets de l'ensoleillement et du vent.

La bonne gestion des déformations de la structure pendant les phases de construction était essentielle compte tenu des fortes amplitudes prévisibles liées à la hauteur de la pile et à la longueur du fléau associé : ces amplitudes pouvaient atteindre jusqu'à 20 cm sans les haubans, et 10 cm avec les haubans ! En outre le rattrapage en niveau d'un voussoir mal bétonné est toujours délicat, la "marche" ainsi produite interférant avec les superstructures et parfois même avec l'esthétique de l'ouvrage. Vu les incidences des déformations prévisibles, il importait donc de comprendre et de suivre parfaitement les déformations des grandes piles.

Ces déformations sont dues essentiellement à quatre phénomènes, qui se cumulent algébriquement :

■ **1 - Le tassement de la pile :** Le chargement progressif des 11 000 tonnes du fléau allait provoquer un tassement, pendant le temps de la construction de la pile, estimé à 25 mm. Ce tassement a été introduit progressivement dans les références de nivellement.

■ **2 - Le gradient thermique de la pile :** Compte tenu de l'orientation de l'ouvrage, l'ensoleillement intéressait exclusivement les faces sud des piles, déplaçant ainsi leur tête d'environ 20 mm et entraînant une rotation du fléau associé. Il a été constaté que l'ouvrage réagissait très vite aux phénomènes d'ensoleillement, variations effectives entre le matin et le soir.

■ **3 - Le gradient thermique du tablier :** Pour un écart de température de 6 °C entre le hourdis supérieur et le hourdis inférieur, la baisse de niveau à l'extrémité des grands fléaux atteignait 33 mm.

■ **4 - Les charges dissymétriques :** Plusieurs facteurs influençaient les mouvements de la pile et du fléau, essentiellement :

- l'utilisation de la grue mobile de 20 tonnes se déplaçant sur le fléau,
- les bétonnages différenciés des raidisseurs et entretoises,
- les charges de chantier (bobines de câbles, stockages divers),
- les dilatations et retraites des haubans provisoires en cas de longueurs différentes (pile P4).

Le SETRA a fourni à la maîtrise d'œuvre des courbes précisant les variations prévisibles de niveau sur les différents voussoirs en fonction de la position variable d'une charge de 20 tonnes. Un essai de chargement a été effectué, validant parfaitement les prévisions de déformations calculées. Ainsi en fonction de la position des charges sur le tablier et de leur intensité, il était donc possible de connaître les déformations théoriques associées.

Sur le chantier, après bétonnage et mise en tension de chaque voussoir, des opérations de nivellement étaient effectuées pour connaître la position du fléau par rapport à la courbe théorique de construction et en déduire les corrections et les réglages à apporter aux voussoirs suivants.

Mais les difficultés tenaient au fait que ces opérations de nivellement mesuraient l'état instantané du fléau, influencé algébriquement par les quatre paramètres, évoqués ci dessus, qui variaient sans cesse. Il fallait alors corriger les niveaux calculés par des compensations, ramenant ces niveaux à des valeurs fictives différentes, correspondant à l'état idéal du fléau au repos, seule référence possible pour la construction et le raccordement des différents fléaux entre eux.

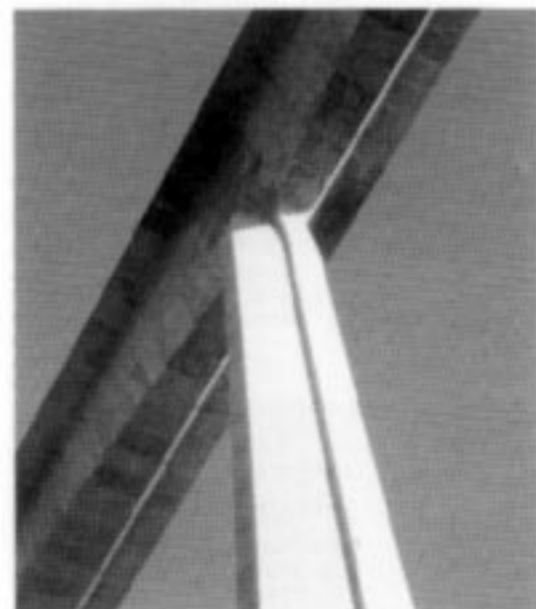
L'entreprise a basé son principe de suivi des fléaux sur un système nécessitant des mesures de distance par rapport à des parties d'ouvrage déjà construites, pour juger des mouvements des têtes de pile à chaque opération de nivellement.

La maîtrise d'œuvre a fait installer sur chaque grande pile un fil à plomb, véritable pendule constitué d'un câble monoton de 104 m de haut accroché au niveau du voussoir sur pile, lesté par une masse de béton munie d'une pige réglable. Une mire positionnée sous cette pige et réglée, l'ouvrage étant au repos, permettait ensuite de constater les mouvements de la tête de pile, représentatifs des déformations dues au gradient ther-

mique de la pile et aux charges dissymétriques du fléau. Les courbes de variations de niveau du SETRA permettaient parallèlement de confirmer les observations du pendule et de connaître en outre la déformation propre du fléau. Des sondes de température installées au niveau des hourdis supérieurs et inférieurs précisaient le gradient thermique réel du moment et par interpolation les déformations associées du fléau.

Une procédure du contrôle extérieur aboutissait, grâce à l'analyse croisée de tous ces éléments, à la définition des compensations à apporter pour le contrôle des réglages des niveaux des équipages mobiles des voussoirs suivants. La méthode établie a permis de suivre sans manipulations topographiques compliquées l'évolution de la construction du fléau, et d'encadrer toute dérive de construction.

■ Les parements



L'approche esthétique de l'ouvrage, basée sur l'élégance des piles et l'orientation nord-sud de l'ouvrage, permettait d'utiliser l'éclairage naturel du soleil pour créer des jeux d'ombres et de lumières sur les parements de ces grandes piles d'autant que les bétons produits localement ont la particularité d'être relativement clairs. Le cahier des charges fixait un certain nombre de contraintes au niveau des peaux coffrantes, des précautions de chantier, des calepinages, des bétons, reprenant d'ailleurs globalement les principes signalés dans le numéro 10 du Bulletin Ouvrages d'Art^[314]. Ces préoccupations ont été reprises à leur compte par le groupement d'entreprises au travers de ses procédures d'exécution. Les parties d'ouvrages délicates, telles que les voussoirs sur pile restant longtemps coffrés, ont fait l'objet d'un ponçage ultérieur des parements. La qualité finale est à la hauteur des

espérances compte tenu des contraintes liées à un ouvrage coulé en place.

■ La sécurité des travaux en grande hauteur

L'organisation du chantier était suivie par un Collège Inter-entreprise de Santé et Sécurité et de Coordination des Travaux, au travers duquel l'organisation technique et sécuritaire des travaux était expliquée. Des exercices de secours et d'évacuation de chantier ont été effectués pour tester les capacités opérationnelles des intervenants au travail en grande hauteur, et à l'utilisation des nacelles de chantier spécifiquement conçues.

Compte tenu de la nature spécifique des travaux en grande hauteur, une attention particulière a été apportée par la maîtrise d'œuvre aux différentes étapes du chantier. Tout d'abord au niveau du cahier des charges un certain nombre de dispositions ont été précisées notamment :

- l'usage d'ascenseurs de chantier pour les piles de plus de 40 m de hauteur, desservant les tabliers, mais également chaque levée de grande pile. Bien qu'onéreux, ce choix de la maîtrise d'œuvre a été dicté par son expérience propre, sur la base d'une relation empirique entre la hauteur d'accès et le temps d'utilisation,
- les principes de protection sous les équipages mobiles devant franchir par deux fois la RN 88 ont été également précisés. Des solutions de tunnels de protection ont été abandonnées, car au vu de la hauteur des travaux, leur longueur devenait hors de proportions avec l'environnement de la RN 88. La taille exceptionnelle des voussoirs rendait délicate leur protection par enveloppe, pour des raisons de résistance au vent. L'utilisation combinée d'un filet de protection inférieur associé à un géotextile a été retenue. Aucune chute d'objet ou de matériaux n'a été relevée sur la RN 88. Par contre les eaux de lavage restent difficiles à contenir avec la conception actuelle des équipages mobiles.

Sur le chantier, les problèmes d'accès et de circulation dans et sur les outils coffrants ont été intégrés très en amont par l'ensemble des procédures de l'entreprise. Ces procédures recevaient un visa de la maîtrise d'œuvre qui, en plus de l'analyse qualitative et dimensionnelle classique, se prononçait sur le plan de la sécurité. L'observation de situations à risques peu ou mal résolues au niveau des procédures, se concrétisait par des informations formalisées entre la maîtrise d'œuvre et l'entreprise, débouchant sur des adaptations des procédures ou

Les principaux participants

- Terrassements
LAMIC
- Tirants
S.A.T.S.
- Armatures passives
PRESIDER FRANCE
TOULOUSE ARMATURES
- Précontrainte intérieure
SPIE RATIGNOLLES TP
- Précontrainte extérieure
CIPEC
- Bétons
SEMAT

Les jeux d'ombres et de lumière

Les quantités principales

- Bétons
21 000 m³
- Aciers passifs
3 900 tonnes
- Coffrages
45 000 m²
- Précontrainte
650 tonnes
- Effectifs moyens sur site
61 personnes



Vue d'ensemble

des consignes rapides, grâce à la proximité des intervenants.

La maîtrise d'œuvre considérait que le seuil habituel de référence de 72 km/h (arrêt des grues) apparaissait trop élevé pour la sécurité des hommes. La quantification précise du seuil d'arrêt des travaux restait néanmoins délicate. Ainsi après une période d'observation de quelques mois, et d'analyse des risques en site réel, l'entreprise et la maîtrise d'œuvre tombaient d'accord pour baisser ce seuil à un niveau de 55 km/h pour un vent turbulent. En fait sur 42 jours d'intempéries effectives constatées, le vent est à l'origine de 90 % de ces intempéries.

4 - Les enseignements tirés

À l'issue de la construction, on peut tirer quelques enseignements sur plusieurs points :

- Pour les études au vent, il aurait été intéressant d'évaluer le comportement de la structure pour des situations réelles afin de comparer les valeurs mesurées aux valeurs calculées. Une instrumentation de l'ouvrage très délicate (et laquelle ?) aurait peut-être permis d'obtenir quelques éléments de réponse. Cependant la complexité des opérations à mettre en œuvre et les précisions demandées aux mesures (vitesses, directions, turbulences et variations du vent dans les trois dimensions) relevaient de la recherche pure. Plus simplement pour un mode non apprécié et avant haubanage, des mesures de mouvement du fléau sous des vents de 190 km/h ont été vérifiées inférieures à 5 mm pour une période d'environ 14 secondes.

- Pour les fondations, les semelles ont été initialement conçues comme superficielles avec quatre puits dessous. Ces puits étaient appelés à travailler en traction pour résister au basculement de l'ensemble pile-fléau sous tempêtes extrêmes. À l'exécution l'épaisseur des semelles des grandes piles a été profondément modifiée (de 2,50 à 4 m), car elle a été calculée pour transmettre les efforts verticaux et les moments sur ces quatre puits selon la règle de répartition des bielles, en ignorant la portance de ce rocher compact. Le cahier des charges a manqué de précision à ce niveau.
- Les haubans ont initialement été conçus pour résister aux effets du vent en construction. Avec du recul, leur justification peut être assurée rien que par leur utilité dans l'atténuation des mouvements de la structure, ce qui a contribué à bien maîtriser la géométrie.

En conclusion, la conjugaison de la grande hauteur et de la taille exceptionnelle des fléaux a fait apparaître des problèmes techniques particuliers. Leur résolution montre que la limite de portée de ces fléaux peut, sous réserve d'un bon dimensionnement et d'un bon suivi de réalisation, être portée bien au-delà. Sur un autre registre, l'insertion de l'ouvrage dans ce site exceptionnel s'est faite sur le plan qualitatif et esthétique, mais aussi sur le plan humain par une large communication avec les habitants de la région. Un point d'information expliquant tous les aspects et les enchaînements du chantier a vu une affluence jamais démentie. En outre, des visites techniques guidées ont accueilli près de 5 000 personnes sur le chantier. Tout ceci a contribué très efficacement à l'acceptation et à l'insertion de l'ouvrage dans le paysage local.

R. GACHITEGUY - G. VIOSSANGES ■

Références

- ⁽¹⁾ E. Bouchon, J. Lefèvre - Pont de Tanus, les études des effets du vent - Bulletin Ouvrages d'Art n° 19 novembre 1994
- ⁽²⁾ M. Haran, G. Le Mestre - Mise en œuvre de la précontrainte, la quête de P0 ! - Bulletin Ouvrages d'Art n° 25 novembre 1996
- ⁽³⁾ H. Mathieu - Editorial - Bulletin Ouvrages d'Art n° 10 juillet 1991
- ⁽⁴⁾ R. Gachiteguy, G. Viossanges - Le viaduc de Rodez, Etude des facteurs de la qualité des parements d'un pont à voussoirs coulés en place - Bulletin Ouvrages d'Art n° 10 juillet 1991

GACHITEGUY
Roland

LTPE - DDE de l'Aveyron
Bureau Ouvrages d'Art
Tél : 05 65 72 01 00

VIOSSANGES
Gérard

C.S.T.P.E. - DDE de l'Aveyron
Bureau Ouvrages d'Art
Tél : 05 65 72 01 00