

# Autoroute A4. Renforcement du viaduc de Woippy

**Le viaduc de Woippy sur l'autoroute A4 a été réalisé en 1974-1975.**

**La construction des tabliers a été faite en mettant en œuvre plusieurs procédés de construction avec des parties d'ouvrage exécutées en encorbellement coulées avec des équipages mobiles et d'autres en voussoirs préfabriqués posés à l'avancement avec mât de haubannage ou sur cintre.**

**Les hypothèses de calculs de l'époque ont conduit à sous-estimer certains effets entraînant des ouvertures dans des joints entre voussoirs préfabriqués.**

**Il est apparu nécessaire au maître d'ouvrage de renforcer le viaduc en mettant en œuvre une précontrainte additionnelle constituée de trois paires de câbles 19T15S et de profiter de cette opération pour changer les appareils d'appuis en néoprène fretté, les joints de chaussée, refaire l'étanchéité et la couche de roulement des tabliers.**

**Les contraintes de circulation ont imposé une gestion précise des voies de circulation et des interventions sur le tablier.**

## ■ Présentation de l'ouvrage existant

### Construction, site géométrie (photo 1)

L'ouvrage situé à Woippy en Moselle est de type non courant avec un caisson en béton précontraint, de hauteur variable suivant les travées. Il permet à l'autoroute A4 de franchir des voies ferrées, le triage de Woippy et la RD 953.

Il comporte deux tabliers indépendants, avec un tracé en plan courbe de rayon  $r = 1100$  m environ.

## Travures - Chaussées

Chaque tablier comporte sept travées dont les portées – de la culée C0 (côté Paris) à la culée C7 (côté Strasbourg) – sont les suivantes :

- tablier nord : 24,70 m - 33,52 m - 66,76 m - 102,11 m - 59,255 m - 39,30 m - 24,70 m ;
- tablier sud : 25,20 m - 31,58 m - 69,86 m - 102,16 m - 61,95 m - 39,30 m - 25,20 m.

En profil en travers et par tablier :

- la largeur hors tout est de 14,40 m ;
- deux voies avec BAU sont actuellement ouvertes à la circulation.

## Les appuis

Chaque tablier repose sur huit appuis repérés C0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, C7, de Paris vers Strasbourg.

Les piles P1, P2, P5, P6 dites « courantes », sont constituées d'un voile béton armé de longueur 7,60 m, d'épaisseur 0,80 m et d'une hauteur de 8 m à 11 m selon les piles.

Les piles P3 et P4 qui encadrent la travée centrale de 102 m comportent un fût en béton armé, de forme oblongue, de dimensions suivantes : longueur 6,60 m environ, épaisseur 2,50 m et hauteur de 7,25 m à 8,25 m selon les piles.

Les deux culées (C0, C7) reposent sur des chevêtres fondés superficiellement et « perchés » sur les remblais d'approche.

## Les appareils d'appuis

En tête des appuis, les deux tabliers reposent sur des appareils d'appuis de type néoprène fretté constitués :

- d'une seule plaque de néoprène sur les culées (C0 et C7) et les piles P1 ;

**Jean-Jacques Prodent**  
Directeur agence  
Lorraine  
demathieu & bard

**Luc Brunel**  
Directeur de travaux  
demathieu & bard

**Jacques Mossot**  
Directeur scientifique  
demathieu & bard

**Claude Néant**  
Président – Directeur  
général  
Étic

**Denis Weisse**  
Directeur technique  
TSV

**Adrien Loiseau**  
Ingénieur-conseil  
Lux Ouvrage d'Art



Photo 1

Vue d'ensemble du viaduc au-dessus des voies de la gare de triage de Woippy  
General view of the viaduct above the tracks of the Woippy marshalling yard

## Autoroute A4. Renforcement du viaduc de Woippy



Photo 2

Trains travaux sous le viaduc pendant le vérinage du tablier  
 Work trains under the viaduct during deck jacking

- de deux plaques jointives sur les piles « courantes » (P2, P5, P6);
- de quatre plaques jointives sur les piles P3 et P4 encadrant la travée centrale.

Au cours des inspections détaillées en 2000 et fin 2005, il a été constaté :

- une très forte dégradation de tous les appareils (forte distorsion, corrosion des frettes, notamment);
- une importante corrosion des plaques métalliques de calage de construction;
- que les appuis glissant sur les culées, très dégradés, n'étaient plus en état de jouer leur rôle;
- que sur la culée C0 et pour les deux tabliers, les appuis étaient excentrés par rapport aux âmes des caissons (ils ont été implantés au droit des zones de vérinage vers l'intérieur des tabliers).

### Travaux de confortement réalisés avant 2000

Les tabliers ont fait l'objet de travaux de confortement en 1989, concernant des renforcements des premiers joints de voussoirs à proximité des quatre culées.

### Les tabliers

Les tabliers réalisés en 1974 et 1975, de type mono caisson en béton précontraint, sont constitués de voussoirs de hauteur variable en fonction des travées :

- travées C0/P1, P1/P2, P5/P6 et P6/C7 : hauteur constante égale à 2,55 m;
- travées P2/P3 et P4/P5 : hauteur variant de 2,55 m (au droit de P2 et P5) à 5,20 m (au droit de P3 et P4);
- travée centrale P3/P4 : hauteur variant de 5,20 m sur appuis à 2,55 m à la clé;
- épaisseur des âmes : 0,40 m;
- épaisseur du hourdis supérieur : 0,25 m en partie centrale; 0,208 m à l'extrémité des encorbellements;

- épaisseur du hourdis inférieur : 0,15 m sauf sur 1,25 m de part et d'autre des appuis P3 et P4 : 0,70 m.

Pour des problèmes de délais lors de la construction de l'ouvrage, et notamment de disponibilité du mât de haubanage que l'entreprise avait envisagé d'utiliser pour construire une partie du tablier à l'avancement, plusieurs techniques et modes de mise en place ont été retenus par cette dernière :

- tous les voussoirs sur piles ou sur culées ont été coulés en place, sur des longueurs variables suivant les appuis;
- la travée centrale (P3/P4) et les demi-travées adjacentes (P2/P3 et P4/P5) ont été réalisées par encorbellements successifs avec des équipages mobiles;
- le fléau sur P5 jusqu'au clavage avec le fléau sur P4 a été coulé par voussoirs sur cintre;
- les travées C0/P1, P1/P2, P5/P6, P6/C7 et la demi-travée P2/P3 ont été réalisées avec des voussoirs préfabriqués mis en place sur cintre entre C0 et P1 et à l'avancement à l'aide d'un mât de haubanage provisoire dans les autres parties.

La précontrainte mise en place dans les deux tabliers est intérieure au béton. Elle est constituée :

- de câbles de fléau de type 12T13;
- de câbles de continuité de type 12T13.

L'ouvrage a été dimensionné suivant les règles CCBA 68 et IP1 (Instruction provisoire n° 1 sur l'emploi du béton précontraint de 1979).

Il a été calculé sans tenir compte des effets liés au retrait, fluage et gradient thermique. Les textes réglementaires relatifs à la prise en compte de ces efforts ont été publiés après le début des travaux (circulaire du 2 avril 1975). Cela s'est traduit par l'ouverture et le battement de joints de voussoirs insuffisamment comprimés constatés lors des inspections de l'ouvrage. Une première intervention consista à mettre en œuvre des clavettes expansives type Freyssinet dans les joints de hourdis supérieur concernés par ce manque de compression, ou à réaliser un brélage métallique.

L'ensemble de ces constatations avait abouti à une cotation IQOA 3 de l'ouvrage.

L'étude préliminaire EPROA dans le cadre d'un renforcement délicat d'ouvrages d'art a été réalisée par Quadric conformément au livre « Maintenance et réparation des ponts », notamment le chapitre 3 « Bases du projet de réparation ou de renforcement » de J.-A. Calgaro et le chapitre 4 « Projet de renforcement ou de réparation des ponts en béton » de D. Poineau. Cette étude a été instruite et validée par l'autorité concédante.

- Selon l'EPROA les travaux de réparation consistent à :
- mettre en place dans chaque tablier une précontrainte longitudinale additionnelle extérieure à la structure et ancrée aux extrémités dans des massifs en béton armé;
  - remplacer les appareils d'appuis et les joints de chaussée;
  - réaliser des travaux connexes (assainissement, superstructures).

L'avant-projet de renforcement APROA a été établi par le maître d'œuvre SNCF.

### ■ Description des travaux de réparation à réaliser

Comme le niveau de service à terme de l'ouvrage n'était pas garanti, notamment dans le cadre d'une future mise en circulation à 2 x 3 voies des tabliers, Sanef a décidé d'engager des travaux de renforcement et de réhabilitation de l'ouvrage. À savoir :

- rétablir le niveau de service de l'ouvrage tant pour 2 x 2 voies que pour 2 x 3 voies;
- fermer et rétablir la continuité des joints de voussoirs du hourdis supérieur pour assurer la durabilité de la chape d'étanchéité et éviter des poussées au vide entre joints de hourdis;
- remettre à niveau les équipements et les superstructures défaillantes : remplacement des appuis, mise à niveau des équipements de sécurité et de l'assainissement du viaduc, pose d'écrans de sécurité au droit des voies ferrées grandes lignes et électrifiées;
- réhabiliter les bétons endommagés;
- mettre à niveau, avec les textes en vigueur en matière de CMSPS, les équipements spécialisés (trappes d'accès, éclairage des caissons, repérage...).

### Renforcement des tabliers

Les études menées en phase de conception ont montré l'intérêt de mettre en place une précontrainte additionnelle filante d'une extrémité à l'autre de chaque tablier. Celle-ci, pour chaque tablier et à proximité de chaque âme, se décompose en :

- deux câbles 19T15S disposés entre les entretoises d'ancrage à créer à l'avant des voussoirs sur culées;
- un câble 19T15S disposé entre les entretoises d'ancrage à créer à proximité immédiate des appuis P1 et P6.

Pour assurer les variations de tracés tout au long des tabliers, les déviations sont réalisées d'une part au droit des voussoirs sur pile (VSP), et d'autre part, par l'intermédiaire de déviateurs mis en place dans les trois travées centrales de grande longueur.

Des massifs d'ancrage sont à mettre en œuvre à l'avant

des culées C0 et C7 et à proximité immédiate des piles P1 et P6, côté culées. Ils sont intégralement implantés à l'intérieur des caissons; seuls les ancrages des barres de précontrainte transversale sont visibles depuis l'extérieur.

Les massifs d'ancrage à l'avant des culées ont une longueur de 2,30 à 2,50 m et une épaisseur de 1,00 m, avec une entretoise buton en béton armé de 0,20 m d'épaisseur au-dessus des hourdis inférieurs et deux butons en béton armé de 0,50 m de hauteur situés au-dessous du hourdis supérieur.

Les structures latérales en béton armé sont destinées à recevoir les ancrages de deux câbles de précontrainte additionnelle de type 19T15S. Elles sont rendues solitaires des âmes existantes par des barres de précontrainte et par scellement d'aciers passifs.

Le bétonnage des massifs d'ancrage est réalisé depuis la plate-forme autoroutière à partir de forages réalisés préalablement dans le hourdis supérieur des caissons. Le béton utilisé est de type C 40/50 de classe d'environnement XF3.

Les massifs d'ancrage à proximité des piles P1 et P6 ont une longueur de 1,75 m et une épaisseur de 1,00 m complétés par des butons inférieurs et supérieurs (2).

Des déviateurs sont disposés dans les caissons en fonction des longueurs de travée. Ils jouent le rôle, d'une part, d'« écarteur » (déviation en plan) du fait du tracé en plan en courbe des deux tabliers, et d'autre part de « déviateur » (déviation dans la hauteur).

Ce sont des structures latérales en béton armé de 1 m de longueur sur 0,50 m d'épaisseur.

Les efforts de déviation étant faibles, il n'est pas nécessaire de les ancrer par des barres de précontrainte.

Les déviations au droit des voussoirs sur piles sont également réalisées par les structures existantes à l'intérieur des caissons, constituées des entretoises disposées au droit de chaque pile. Ainsi, des carottages de diamètre adapté, sont exécutés dans ces structures. Puis un tube déviateur métallique galvanisé, comprenant à chaque extrémité un évasement, est inséré dans chaque forage; il est ensuite liaisonné à la structure et bétonné depuis l'intérieur des caissons.

Les câbles de précontrainte additionnelle retenus sont de type 19T15S. Leur nombre est de trois par âme, deux étant mis en place entre les massifs d'ancrage extrêmes, proches des culées, et un entre les massifs d'ancrage proches des piles P1 et P6.

La longueur totale des deux câbles les plus longs est d'environ 350 m. Celle du câble le plus court est légèrement supérieure à 305 m.

Chaque câble est inséré dans un tube de protection étanche de type PEHD série PN10 et mis en tension depuis ses deux extrémités, à l'aide de vérins mis en

### LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

#### Maître d'ouvrage

Sanef

#### Maître d'œuvre

Inexia

#### Entreprises

Groupement demathieu & bard - Étac - TSV

#### Bureau d'études

Lux Ouvrage d'Art

#### Contrôle externe des études

demathieu & bard - Direction scientifique

#### Instrumentation de l'ouvrage

Cete de l'Est

## Autoroute A4. Renforcement du viaduc de Woippy

## LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Précontrainte additionnelle (19T15) : 90534 kg
- Barres de clouage des massifs Ø 50 : 4 197 kg (152 barres)
- Béton pour massifs d'ancrage et déviateurs : 177 m<sup>3</sup>
- Armatures HA : 22 076 kg

## Coût de l'opération (pour les deux tabliers)

- Marché de base valeur juin 2006 : 4 022 000 €/HT

place à l'arrière des massifs d'ancrage; il est ensuite injecté à l'aide d'un produit souple (cire pétrolière).

Pour limiter les vibrations dans les câbles extérieurs au béton, engendrées par les circulations routières, il convient de mettre en œuvre des dispositifs « antivibratoires » en profilés métalliques, disposés tout le long des câbles suivant un pas de 20 m environ.

## Remplacement des appareils d'appuis

Le remplacement des appareils d'appuis nécessite le vérinage des tabliers, prévu après les phases de renforcement des tabliers par précontrainte additionnelle.

Des appareils d'appuis « glissants » (inox-téflon) de type néoprène fretté ont été préférés aux appareils d'appuis à pots, compte tenu du manque d'espace disponible entre le dessus du chevêtre et le dessous des tabliers.

Des platines métalliques sont prévues de part et d'autre des plaques de néoprène pour assurer une meilleure répartition des efforts.

Il n'y a pas de lignes d'appuis fixes longitudinalement. En revanche, transversalement, il y a blocage d'une des files d'appuis au droit des culées, par mise en place de taquets adaptés au droit des platines supérieure et inférieure encadrant les plaques de néoprène.

Sur la base du dimensionnement des appareils d'appuis, et notamment de leur encombrement, un relevage définitif des deux tabliers de l'ordre de 5 cm est réalisé.

## Travaux d'injection des fissures

Un certain nombre de fissures dans les structures, essentiellement à l'intérieur des caissons a été identifié. Or, pour la bonne transmission des efforts dus à la précontrainte additionnelle et la répartition des contraintes dans les sections du tablier selon la loi de Navier, il est nécessaire d'injecter les fissures dont l'ouverture est supérieure à 0,3 mm :

- les fissures d'ouverture supérieure à 0,3 mm et inférieure à 1 mm seront injectées à la résine;
- les fissures d'ouverture supérieure à 1 mm seront injectées au coulis à base de ciment fin.

Ces opérations seront réalisées sous coupure totale des circulations routières, pendant les temps de polymérisation ou de séchage des produits injectés.

## Travaux de ragréage ou réfection des parties béton

Comme les bétons de l'ouvrage ne souffrent pas, après 30 ans de service, de vieillissement par carbonatation, seul un traitement local par repiquage et ragréage des parties endommagées a été réalisé.

## Travaux sur les équipements

Dans le cadre de ces travaux de réparation, ont également été prévus :

- la révision complète et la reprise partielle des BN4 y compris la longrine les supportant;
- le remplacement des joints de chaussée de type « joints à pont en porte à faux » à peigne;
- la réfection de l'étanchéité sur les deux tabliers par moyens à haute cadence et la réalisation de la couche de roulement avec incorporation préalable de bandes « répondeur Radar »;
- la mise en œuvre des dispositifs de sécurité (de type BCE) en rive des tabliers au droit des voies ferrées;
- le remplacement des glissières de sécurité (en rive intermédiaire des deux tabliers et aux extrémités de l'ouvrage);
- l'éclairage intérieur des caissons.

## ■ Contraintes particulières imposées au chantier

## Conditions d'accès au site

L'ouvrage franchit principalement les voies ferrées du triage de Woippy et de la ligne principale Metz-Luxembourg. Les accès aux différents appuis, notamment la culée C0 et les piles, se font en site ferroviaire à côté de voies exploitées et en circulation. En conséquence, le chantier est soumis à autorisations délivrées par la SNCF, dans le respect des consignes de sécurité très strictes.

## Phasage des travaux

Les travaux sont programmés sur deux années consécutives, un tablier par année sur une durée de 7 mois par ouvrage, selon un phasage et ordre d'exécution impératif. Ils comprennent notamment :

- la réalisation des trappes d'accès à l'intérieur des caissons;
- l'instrumentation et investigation de l'ouvrage;
- la dépose des câbles téléphoniques;
- le balisage des voies de circulation (une seule voie centrée sur le tablier en circulation);
- l'injection des fissures;
- la réalisation de massifs d'ancrage et déviateurs, carottages des entretoises de VSP;
- le clavage des massifs d'ancrage;
- la mise en place de la précontrainte additionnelle, la mise en tension et l'inspection des câbles;
- la mise en œuvre de joints de chaussées provisoires;
- le remplacement des appareils d'appui;
- la préparation des appuis avant vérinage;

- la mise en place des vérins;
- le vérinage selon le phasage arrêté;
- le remplacement des appareils d'appuis;
- la réfection de l'étanchéité et de la couche de roulement en deux phases;
- le remplacement des joints de chaussée en deux phases;
- la mise en place d'équipements divers.

### Exploitation de l'autoroute

L'ouvrage est situé entre la Croix d'Hauconcourt (échangeur entre les autoroutes A4 et A31) et l'échangeur donnant accès à la zone commerciale de Semécourt. La proximité de ces deux échangeurs a imposé des règles de maintien de la circulation permettant de garantir la disponibilité des accès, en particulier de jour.

Pendant les travaux de renforcement des tabliers par précontrainte, de remplacement des appareils d'appuis, de mise en place des équipements de protection des voies ferrées, de révision des équipements de sécurité latéraux, de ragréage des parties béton endommagées, de dépose latérale des joints de chaussée, il a été décidé :

- de maintenir une seule voie de circulation, axée sur l'ouvrage lors des travaux de rebouchage des fissures et de dépose des parties centrales des joints de chaussée;
- de couper la circulation routière de nuit (de 22 heures à 6 heures) pendant la durée de polymérisation du produit d'injection;

Pour la réalisation de l'étanchéité et de la couche de roulement et la mise en place des joints de chaussée définitifs, une seule voie de circulation est maintenue, en rive extérieure ou intérieure de l'ouvrage selon la zone en travaux.

Les voies de circulation font alors l'objet d'un balisage de niveau BT4 et les modifications à opérer lors des changements de voies, lors du passage d'une phase à l'autre, se font de nuit (déplacements des BT4 et marquages au sol provisoires).

### Exploitation des voies ferrées

Les contraintes sont ici liées à l'obtention de la nécessaire neutralisation des voies ferrées du triage encadrant chaque pile, pour le montage et le démontage des échafaudages d'accès et plate-forme de travail ainsi que pour les interventions de vérinage et remplacement des appareils d'appuis.

Pour les travaux effectués à l'extérieur des caissons, depuis une nacelle à déport négatif, des interceptions de voies et des consignations caténaïres sont indispensables. Les interventions concernent les injections des



fissures, le ragréage et la réfection des bétons et la mise en place des équipements de sécurité vis-à-vis des voies ferrées.

### ■ Étude du renforcement

Le renforcement doit permettre de garantir, à partir de la date de sa réception et pour une durée de 50 ans, un état de contraintes dans l'ouvrage répondant aux critères de classe I du B.P.E.L.

### Modélisation

Le renforcement de l'état de contraintes par précontrainte additionnelle nécessite préalablement de définir un modèle de calcul dont les caractéristiques statiques se rapprochent au mieux de la situation réelle avant travaux. Pour cela, la modélisation doit intégrer l'histoire « réelle » de l'ouvrage depuis sa construction, ainsi que le vieillissement des matériaux utilisés. Ce phasage, intégré dans le modèle de calcul construit en utilisant le programme ST1 du Sétra permet d'obtenir l'image statique la plus proche de celle du tablier actuel avant travaux.

L'ouvrage ayant été construit selon des méthodes diverses :

- construction en encorbellement symétrique à partir des piles à l'aide d'équipages mobiles;
- pose de voussoirs préfabriqués sur cintre;
- construction à l'avancement avec mât de haubannage et voussoirs préfabriqués,

il est difficile de confirmer le degré de précision de la situation statique ainsi modélisée. Seul un pesage des réactions d'appui permet d'approcher l'état des sollicitations dans la structure.

Le « recalcul » montre que, dans la situation existante sous ELS rares, 50 % de la fibre inférieure de l'ouvrage est tendue, confirmant ainsi les ouvertures de joints sous trafic réel, et la nécessité du renforcement.

Photo 3

Trains de marchandises en attente sous le viaduc pendant les travaux

*Freight trains waiting under the viaduct during the works*

## Autoroute A4. Renforcement du viaduc de Woippy

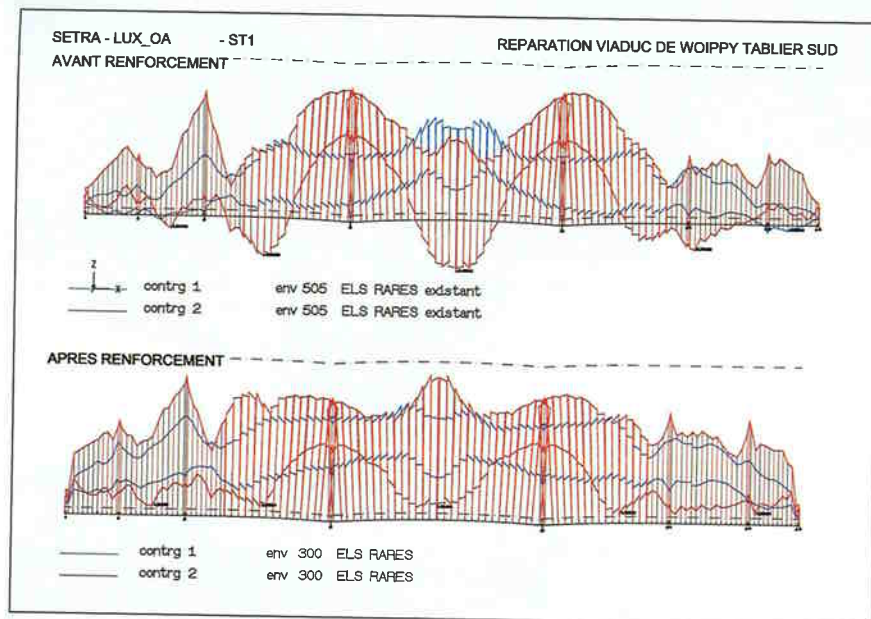


Figure 1

Courbes des contraintes dans le tablier avant et après renforcement par précontrainte additionnelle  
Deck stress curves before and after strengthening by additional prestressing

### Le dispositif d'ancrage

Les massifs d'ancrage sont composés de blocs cloués aux âmes par des barres précontraintes de diamètre 50 mm Macalloy 1030, représentant un effort de compression de 1450 t pour 968 t à ancrer. Ces blocs sont reliés par un tirant et un buton supérieur et par une dalle de liaison inférieure. Ce système auto-équilibré permet de limiter l'introduction d'efforts parasites lors de la mise en tension dans la structure existante. La justification du fonctionnement des massifs a été faite en application de la norme NF P 95-104. Les résultats obtenus montrent une efficacité « réelle » du dispositif voisine de 97 %.

### La géométrie du câblage

Toutefois la précision des calculs ne peut être efficace que si l'exploitation des données et la réalisation des travaux le sont aussi. L'exploitation informatique tridimensionnelle des tracés, avec introduction de la géométrie réelle du tablier, a permis de regrouper les tubes de déviation en trois familles, dont l'implantation se limite à un faible nombre de paramètres, limitant ainsi les risques d'erreurs et d'imprécisions. Au début des travaux, le chantier s'est ainsi aperçu que l'implantation du tablier était légèrement différente par rapport à celle indiquée sur les plans.

### Le vérinage

Le changement des appuis et le relèvement du tablier nécessitent un renforcement des têtes de piles par plats collés carbone et par barres de précontrainte traversantes. La géométrie et la situation existante ne laissent que peu d'options au regard des descentes de charges très importantes (jusqu'à 2000 t/appui). Les vérifications du tablier sous vérinage, critiques sous les efforts ponctuels, ont nécessité la prise en compte des caractéristiques mécaniques réelles du béton afin d'éviter la réalisation de renforcements trop importants.

### Études

Les études comprennent (figure 1) :

- la détermination de la précontrainte longitudinale;
- l'étude des massifs d'ancrage en béton armé avec la diffusion des efforts de précontrainte dans ces massifs et dans le tablier.

L'établissement de la précontrainte longitudinale requiert :

- la recherche de l'état de la structure avant réparation;
- la détermination des sollicitations après réparation

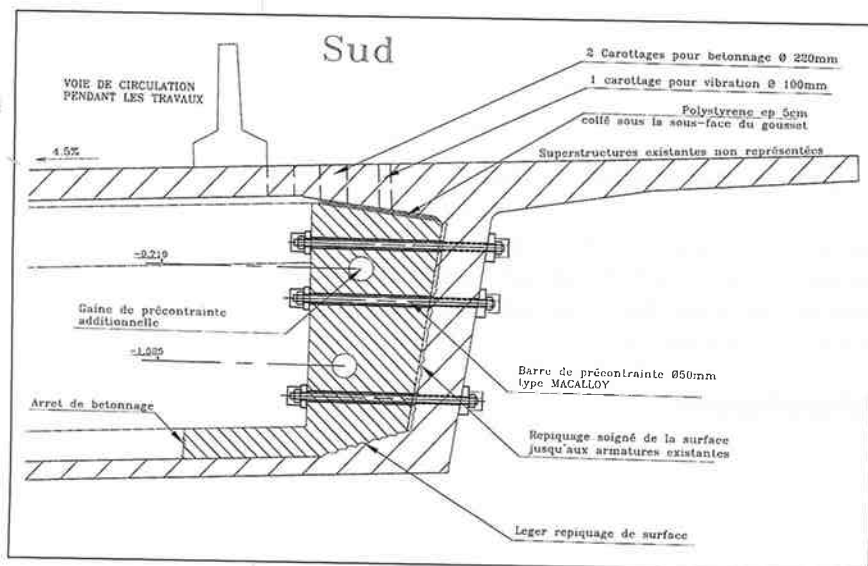


Figure 2

Disposition d'un massif d'ancrage proche d'une culée  
Layout of an anchor foundation block near an abutment

### La précontrainte

Le renforcement se compose de deux paires de câbles de trois unités 19T15S (soit un effort de compression total  $P_0 = 2544$  t) introduits par des massifs aux extrémités d'une part ( $2/3$  des efforts), et à proximité des piles adjacentes aux culées d'autre part.

Les câbles sont déviés sur les entretoises existantes des VSP et sur des voiles de déviation créés en travée afin d'optimiser et d'exploiter au mieux les effets statiques et hyperstatiques de la précontrainte.

L'obtention des critères de la classe I, nécessite la création de cinq déviateurs dans le tablier sud et quatre dans le tablier nord. Les tracés en élévation passent par les extrêmes disponibles en utilisant ainsi la pleine capacité des unités prévues.

en vérifiant qu'elles sont bien conformes à l'objectif fixé par le marché;

- le calcul des sollicitations dans les sections instrumentées pendant les phases de mise en tension des câbles de précontrainte, d'épreuves de l'ouvrage et sous un gradient thermique;
- les réactions d'appui après réparation pour déterminer les charges de vérinage à prévoir;
- les déformées du tablier pendant les épreuves.

L'étude des massifs d'ancrage permet de déterminer :

- la précontrainte transversale de clouage de chaque massif sur l'âme du tablier nécessaire à la transmission des efforts de la précontrainte longitudinale additionnelle;
- les armatures des massifs d'ancrage pour permettre la diffusion des efforts dus à la précontrainte de clouage et ceux dus à la précontrainte longitudinale;
- les armatures de couture à prévoir entre le hourdis inférieur du tablier et le raidisseur inférieur pour vérifier la résistance du hourdis inférieur de 150 mm d'épaisseur sous les sollicitations de diffusion de la précontrainte.

### ■ Réalisation des massifs d'ancrage et déviateurs à l'intérieur du caisson

Le coffrage des éléments en béton à l'intérieur du caisson (massifs d'ancrage - butons et déviateurs) a été envisagé en coffrage traditionnel adapté sur place. En effet, eu égard :

- à la configuration intérieure du caisson (âmes inclinées, gousset sur hourdis supérieur et inférieur) de dimension variable;
- à la manutention des éléments de coffrage (approvisionnement intérieur par les trappes d'accès, déplacement entre chaque massif...);
- aux réservations à prévoir pour le passage des trompettes et des gaines longitudinales de précontrainte additionnelle, des gaines des barres de précontrainte de clouage transversal,

il n'était pas possible d'avoir recours à des panneaux de coffrage préconstitués, peu adaptés à l'ensemble de ces contraintes.

Pour permettre l'amenée du matériel dans le tablier, des ouvertures ont été faites dans le hourdis inférieur à proximité des appuis sur les culées.

Pour le bétonnage des massifs et des déviateurs, conformément au CCTP, l'entreprise avait prévu d'utiliser un béton « classique » de classe de résistance C 40/50 (40 MPa) avec un ciment CEM1 52,5 dosé à 400 kg, une granulométrie  $D_{max}$  16 mm, et un fluidifiant dosé à 1 % avec une plasticité S3. Le remplissage se fait par che-



Photo 4

Ferrailage et gaines de précontrainte dans un massif d'ancrage

*Reinforcing bars and prestressing ducts in an anchor foundation block*

minées de bétonnage créées dans le hourdis supérieur par carottages  $\varnothing$  200 pour le passage du tuyau d'une pompe à béton et carottage  $\varnothing$  100 pour le passage d'une aiguille vibrante.

Constatant le cheminement difficile du béton à travers un ferrailage important ( $250 \text{ kg/m}^3$  dans les massifs d'ancrage), les gaines de précontrainte longitudinale, de précontrainte de clouage transversal, les tiges de serrage des panneaux de coffrage – l'entreprise a proposé d'employer un béton autoplaçant, compact, répondant parfaitement aux caractéristiques exigées.

Ce produit a été élaboré par Holcim. Il est de la classe de résistance C40/50, avec un ciment CEM1 52,5, dosé à 420 kg, une granulométrie  $D_{max}$  8 mm, et une plasticité S5 obtenue avec un fluidifiant réducteur d'eau FH/R Glenium 27 dosé à 1,4.

Ce béton autoplaçant a permis d'obtenir un remplissage optimum avec une qualité de parement excellente. L'ensemble des massifs d'ancrage bétonné avec l'amorce du buton inférieur des déviateurs et des butons supérieurs a été réalisé avec ce béton autoplaçant (figure 2). Son utilisation nécessite toutefois la mise en œuvre de coffrages parfaitement étanches et renforcés pour reprendre sa poussée (photo 4).

### ■ Mise en œuvre de la précontrainte additionnelle

#### Généralités

Le principe de renforcement mis en œuvre sur l'ouvrage de Woippy consiste à implanter des câbles de précontrainte longitudinaux à l'intérieur des caissons, ondulés et ancrés en extrémité sur des massifs d'ancrage

## Autoroute A4. Renforcement du viaduc de Woippy

Figure 3

Ancrage d'un câble 19T15S  
Anchoring of a 19T15S cable

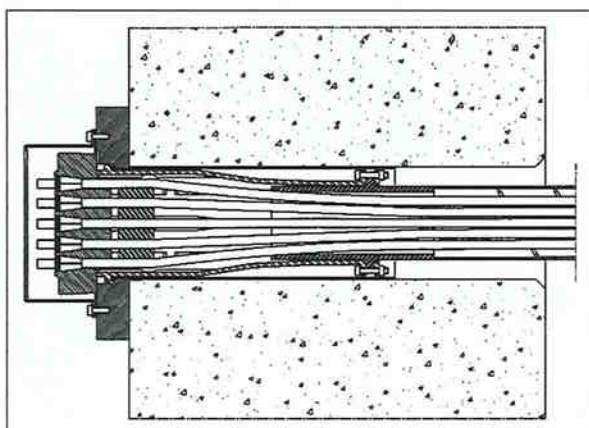


Photo 5

Précontrainte sur un massif  
d'ancrage proche d'une culée  
.. Prestressing on an anchor  
foundation block near  
an abutment



restitués à cet effet. Ces massifs permettent de diffuser les efforts de compression par l'intermédiaire des âmes du caisson. C'est ainsi que, par âme, trois câbles longitudinaux type 19T15 sont mis en œuvre : deux filants d'une extrémité à l'autre (longueur totale 350 m de C0 à C7) et le troisième ancré de part et d'autre des deux piles latérales à chaque culée (longueur totale 310 m de P1 à P6).

Ce principe reprend la technique générale utilisée maintenant depuis plusieurs décennies pour renforcer des ouvrages de ce type par une précontrainte mise en œuvre à l'extérieur des structures existantes (voir norme NF P95-104).

### Point sur la réglementation

Le système choisi bénéficiait d'une homologation de la CIP, « Commission interministérielle de la précontrainte » jusqu'en 2007. Il est rappelé qu'après dissolution de la CIP par décret le 30 juin 2006, il a été admis que tous les systèmes précédemment agréés par la CIP pourraient bénéficier d'une autorisation de commercialisation jusqu'en décembre 2009 avec l'obligation par tous les détenteurs des procédés de précontrainte de présenter un nouveau système homologué suivant le nouveau référentiel européen (ETAG 013), système qui doit bénéficier du marquage CE avant ou à partir de cette date (agrément technique européen).

### Description du système de précontrainte longitudinale

Le système de précontrainte longitudinale reprend la technique dite « précontrainte extérieure démontable », c'est-à-dire :

- un tubage général filant d'une extrémité à l'autre des organes d'ancrage, constitué de tubes en PEHD type PN 10 de diamètre 110,2/125 mm;
- des tubes déviateurs permettant de traverser chaque structure rencontrée le long du tracé et d'assurer dans certains cas l'ondulation recherchée du câble filant;
- des organes d'ancrage à double enveloppe permettant d'extraire le câble après détension sans intervention sur la structure existante;
- un faisceau de 19 torons T15 continus d'un ancrage à l'autre;
- un produit souple confiné dans l'enveloppe étanche constitué par le gainage général en PEHD. Ce produit d'injection est une cire pétrolière InjectElf (figure 3 et photo 5).

Le système choisi pour ces travaux est du type :

- système d'ancrage 19T15 Dywidag type VC;
- faisceau de 19T15 S classe 1860;
- gainage PEHD type PN10;
- capot d'extrémité permettant de protéger les surlongueurs.

Cf. encadré « Point sur la réglementation ».

### Description du système de précontrainte de cloutage des massifs d'ancrage

Il s'agit d'un système de précontrainte à barres courtes de haute nuance, adhérent aux structures et présentant les caractéristiques suivantes :

- barres de diamètre 50 mm traversant les structures de part en part après forage des parements traversés;
- tubage de protection;



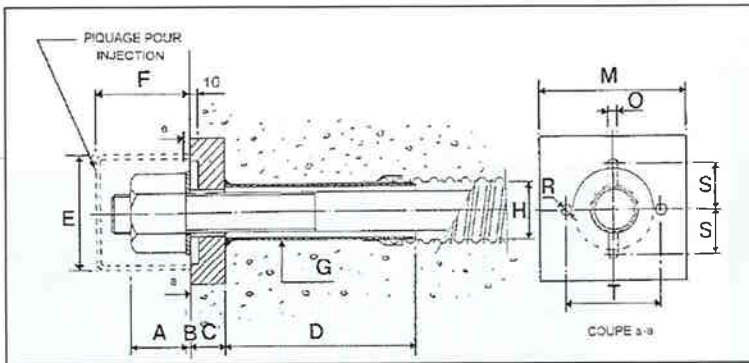


Figure 4  
Ancrage d'une barre Macalloy  
Anchoring of a Macalloy bar

- organe d'ancrage à chaque extrémité avec plaque, écrou de blocage et capot;
- protection des barres tendues par injection d'un coulis de ciment type Superstresscem.

Les quantités des barres d'ancrage varient suivant l'effort de précontrainte longitudinale à ancrer, avec :

- 13 barres D50 sur chaque massif d'ancrage des culées C0 et C7;
- 6 barres D50 sur chaque massif d'ancrage des piles P1 et P6 (figure 4).

Le système choisi pour ces travaux est du type :

- système Macalloy barre diamètre nominal 50;
- classe des aciers 1030 MPa;
- gainage par tube acier;
- capot d'extrémité pour injection au coulis de ciment.

La remarque sur la réglementation énoncée dans le paragraphe précédent s'applique aussi à ce système (photos 6 et 7).

### Description des travaux de précontrainte

La mise en œuvre sur ce chantier se déroule en deux phases distinctes :

- la précontrainte par barres courtes des massifs d'ancrage;
- la précontrainte par câbles de renforcement des caissons.

### Précontrainte transversale des massifs d'ancrage et déviateurs

Ces travaux sont réalisés avant la mise en place de la précontrainte par câbles. Ils ont été réalisés de manière classique adaptée à des éléments tendus de très courtes longueurs, à savoir :

- étude par le LRPC de Nancy, de l'implantation des barres en fonction de la position des aciers existants relevée par radar géologique de type impulsif (radar GSSI, modèle SIR 3000) pour ne pas endommager la précontrainte existante;

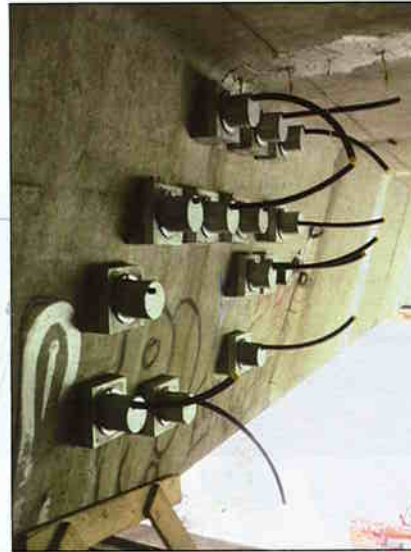


Photo 6  
Ancrages des barres Macalloy à l'extérieur du tablier  
Anchoring of Macalloy bars outside the deck

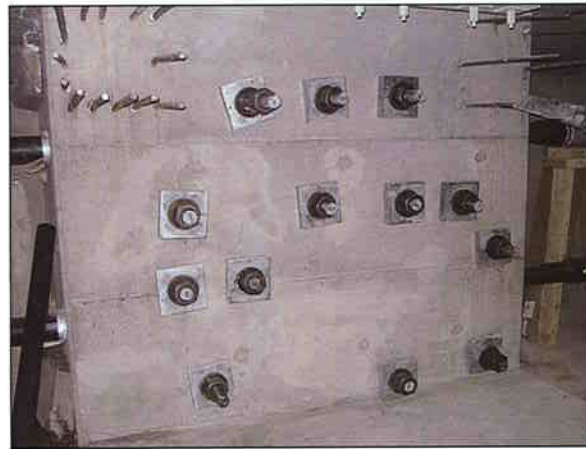


Photo 7  
Ancrages des barres Macalloy à l'intérieur du tablier  
Anchoring of Macalloy bars within the deck

- positionnement soigné du forage et forage des âmes des caissons;
- pose soignée des organes d'ancrage permettant d'assurer une parfaite perpendicularité de l'axe de l'élément tendu avec le plan de l'organe d'ancrage;
- mise en tension contrôlée par paliers et recalage des efforts pour reprendre la rentrée des ancrages (figure 5).

Des adaptations sur le tracé des barres (barres positionnées horizontalement), ont permis de réaliser un outil coffrant de ces massifs plus adapté. Les plaques support étaient donc équipées de cales biaisées pour compenser et rattraper l'angle d'inclinaison des âmes des caissons.

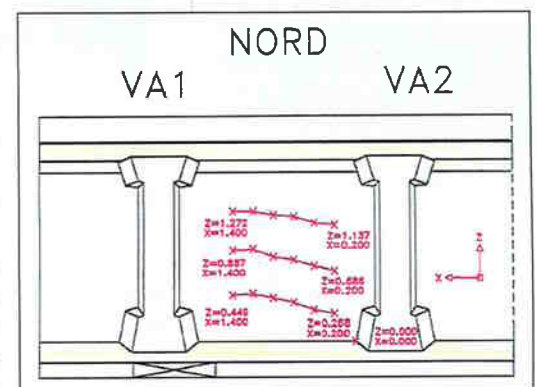


Figure 5  
Relevé des câbles de précontrainte par le LRPC de Nancy  
Survey of prestressing cables by LRPC de Nancy

Les barres tendues et capotées ont été injectées avec un coulis stabilisé Superstresscem couramment employé dans la protection des armatures tendues. À noter que ce coulis, et le matériel spécifique de l'EDS (Entreprise Distributrice Spécialisée) utilisé pour sa préparation, font l'objet d'une autorisation d'emploi délivrée par la CIP. Cette autorisation sera remplacée par une ATE (Agrément technique européen) courant 2008 (cf. encadré « Point sur la réglementation »).

## Autoroute A4. Renforcement du viaduc de Woippy

Photo 8

Précontrainte dans le tablier  
*Prestressing in the deck*



Photo 9

Suspentes provisoires  
des gaines PEHD  
*Temporary suspenders  
of HD polyethylene ducts*



Photo 10

Raccordement tube PEHD  
courant sur la trompette  
de l'ancrage à l'aide  
d'un manchon électro-soudable  
*Connection of standard HD  
polyethylene tube to the anchor  
trumpet junction with  
an electrically weldable sleeve*



### Les travaux de précontrainte longitudinale : quatre grandes phases

#### Mise en place du gainage et enfilage des faisceaux de torons

Le gainage est constitué de tubes en PEHD, de pression nominale PN 10, mis en place à partir d'éléments de grandes longueurs droites, assemblés individuellement par soudeur au miroir, pilotée par un automate. Le supportage provisoire des tubes a été réalisé par des étais indépendants et par un câble de suspension funiculaire d'une extrémité à l'autre (photos 8, 9 et 10).

La fermeture et l'étanchéité totale des conduits sont assurées par :

- raccordement direct sur les trompettes du système Dywidag à l'aide d'un manchon thermo-soudable;

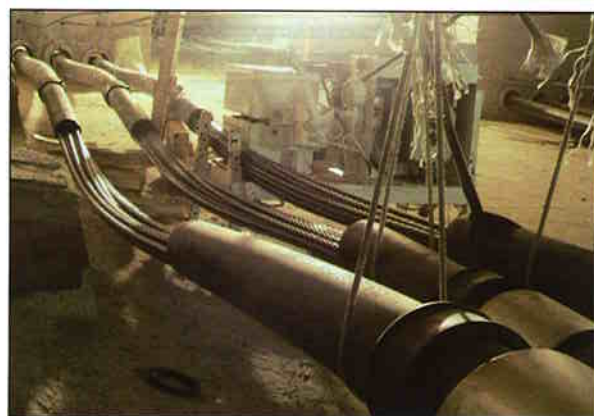


Photo 11

Machine pour enfilage des torons  
*Machine for strand threading*

- fermeture du conduit courant après les opérations de tension sur les câbles par un manchon du même type.

La phase d'enfilage sur ces câbles de 350 m a demandé une adaptation particulière des matériels habituellement utilisés pour ce type de travaux.

Les torons ont été enfilés par unité à l'aide de deux pousseurs de grande puissance, le premier (hydraulique) étant positionné en extrémité et le second au milieu du tracé, afin d'opérer en relais du premier. Grâce à cette méthode les faisceaux de câbles 19T15S ont pu être enfilés sur toute leur longueur dans des conditions techniques très satisfaisantes (photo 11).

#### Mise en tension des câbles

Les travaux de mise en précontrainte ont été programmés :

- après les opérations de mise en précontrainte des massifs d'ancrage;
- après les opérations d'injection des fissures;
- avant les opérations de vérinage pour changement des appuis.

Le contrôle des frottements a été assuré par une mesure de coefficient de transmission. Cette mesure a été limitée à un seul câble compte tenu de la similitude et de la faible ondulation des 2 x 3 câbles du renforcement d'un caisson.

La mise en tension des câbles s'est effectuée de manière symétrique, à chaque extrémité, par les vérins appropriés. Les opérations se sont déroulées par passes successives, selon le phasage déterminé par le bureau d'études (photo 12).

#### Injection à la cire

Les faisceaux de torons ont été protégés par une cire pétrolière, un produit souple permettant une pré-



Photo 12

Préparation du faisceau de torons avant mise en place de la tête d'ancrage

*Preparation of the bundle of strands before installation of the anchoring head*

contrainte non adhérente aux structures, « détachable » ou « retensionnable » et démontable. Ce produit est désormais développé et distribué par la société Civetea qui a repris l'activité de Total – Division InjectElf.

Compte tenu des quantités mises en œuvre, le produit est acheminé par camion équipé d'une citerne et d'une unité de chauffage.

La procédure d'injection a été adaptée à ces câbles de grande longueur en prévoyant une entrée sous pression du produit chaud (température +100 °C) en milieu du tracé, pour limiter le temps de parcours, donc le refroidissement du produit jusqu'aux organes de sortie situés aux ancrages. Les opérations d'injection des six câbles ont été réalisées en 4 heures environ (photos 13 et 14).

#### Mise en place de dispositifs anti-vibratoires

Des dispositifs permettant de relier les conduits de précontrainte extérieurs aux caissons ont été posés le long du tracé suivant les directives du bureau d'études. De type consoles, ils ont été réalisés à partir de système constructif standard.

Les longueurs sont adaptées aux emplacements et le dispositif est équipé d'une platine permettant sa fixation aux structures existantes (photos 15 et 16).

Nous avons tenu compte des remarques faites dans l'article du bulletin « Ouvrages d'art » du Sétra sur l'injection à la cire des câbles de grande longueur, en adoptant des gaines PEHD de diamètre plus important que celui strictement nécessaire selon l'agrément.

On vérifie que le ratio  $\phi_i / \sqrt{A_p} > 1,8$

avec  $\phi_i = 110 \text{ mm}$  et  $A_p = 19 \times 150 = 2850 \text{ mm}^2$ , est égal à 2,06.

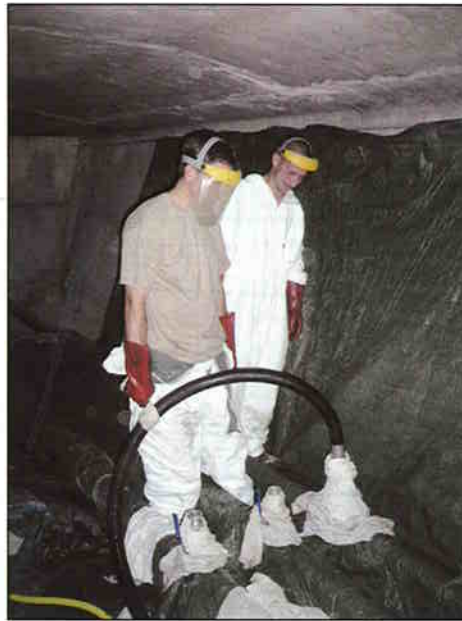


Photo 13

Injection de la cire pétrolière  
*Paraffin wax injection moulding*



Photo 14

Événements d'injection  
*Injection moulding riser materials*



Photos 15 et 16

Supports anti-vibratiles des câbles  
*Anti-vibration cable supports*



Autoroute A4. Renforcement du viaduc de Woippy

Figure 6  
Coupe transversale sur une culée  
Cross section on an abutment

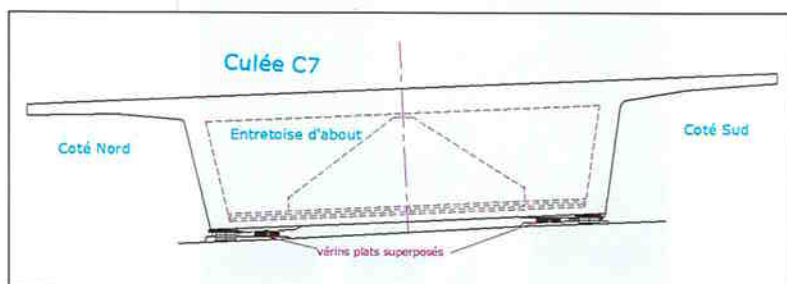


Figure 7  
Plan général d'aménagement des piles latérales  
General drawing of the layout of side piers

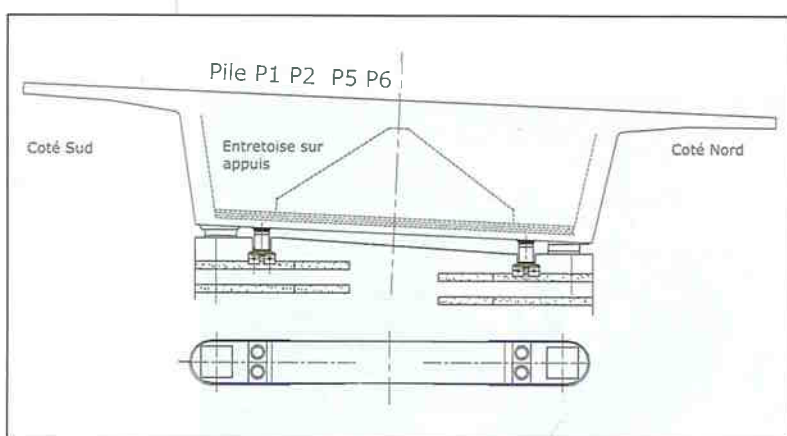


Photo 18  
Vue sur une pile latérale après vérinage de 50 mm  
A side pier after jacking by 50 mm



Photo 19  
Vue sur un appui avec le calage de construction en charge sur les bossages de vérinage  
A support with the construction bracing under load on the jacking anchor blocks



Photo 17  
Vue sur un point de vérinage  
A jacking point

Le vérinage et le remplacement des appareils d'appui

Généralités

Le poids propre du viaduc, de l'ordre de 8700 t, se répartit de manière très inégale sur huit lignes d'appui classées en trois groupes de caractéristiques dimensionnelles très différentes : les culées, les piles latérales et les deux piles centrales.

Le tablier est relevé de 50 mm afin de dégager suffisamment de hauteur pour construire les nouveaux appuis avec des dimensions normalisées.

Système de vérinage sur les culées

Des bossages de vérinage existent à côté des appareils d'appuis. Ils ont été utilisés en l'état pour mettre en œuvre des vérins plats d'un diamètre de 480 mm pour une capacité maximale de 240 t (figure 6).

Le vérinage des culées ne présentait pas de difficulté technique particulière. Seule l'implantation des calages de sécurité a été soigneusement étudiée de manière à ne pas créer de sollicitations excessives dans le chevre d'appui ou dans le hourdis inférieur.

Système de vérinage sur les piles latérales

Compte tenu des descentes de charge, 350 t à 440 t par appui, nous avons choisi de mettre en œuvre deux

vérins de 250 t pour 150 mm de course par appui. Par ailleurs, l'absence des plans de ferrailage et les sondages menés sur site ont conduit à renforcer les piles dans les deux directions :

- par deux barres Dywidag passant sous les niches;
- par un chaînage complémentaire réalisé avec des lamelles en fibre de carbone.

Les bossages supérieurs de vérinage ont été démolis car leur état ne permettait pas de reprendre les charges de vérinage. Les vérins prennent appui directement sur le hourdis inférieur par l'intermédiaire d'un calage métallique de répartition adapté (figure 7, photos 17 et 18).

### Système de vérinage sur les piles centrales

La mise en œuvre d'une solution de vérinage adaptée aux piles centrales s'est révélée ardue. En plus de la forte charge à soulever (1 700 t par appui), les calages avec vérin plat mis en place à la construction sur les bossages de vérinage, sont restés coincés par le poids du tablier (photo 19).

Pour équiper les têtes de pile, il a été convenu d'installer un groupe de dix vérins de 220 t chacun, fabriqués spécialement pour s'adapter au mieux à la place disponible sur les piles centrales. Comme les vérins ne pouvaient être équipés d'écrous de sécurité, il a également fallu trouver des solutions pour mettre en œuvre un calage de sécurité, pendant le vérinage, et un calage pendant les travaux de démolition et de reconstruction des appuis.

La pile est renforcée selon le petit côté par des barres traversantes du fait de la proximité des vérins du bord de pile et de l'absence de plan d'armatures des chevêtres des piles (photo 20 et figure 8).

### Vérinage du tablier

Le tablier est vériné au total de 50 mm. Le phasage est vérifié par le bureau d'études.

Le suivi des déplacements se fait, en temps réel, par des capteurs de déplacement reliés à un pupitre de contrôle dans le véhicule technique. Les plus grosses difficultés ont été rencontrées sur les piles centrales. En effet, la faible course des vérins (28 mm) ne permettait pas de faire des passes supérieures à 5 ou 10 mm dans le meilleur des cas. Le tassement des calages de sécurité et des calages sous les vérins occasionnaient à chaque passe, une forte perte en course réelle de levage (phénomène de « pistonnage ») (figure 9).

### Réalisation des nouveaux appuis

La démolition des bossages pour les culées et les piles latérales se fait avec des moyens pneumatiques tradi-

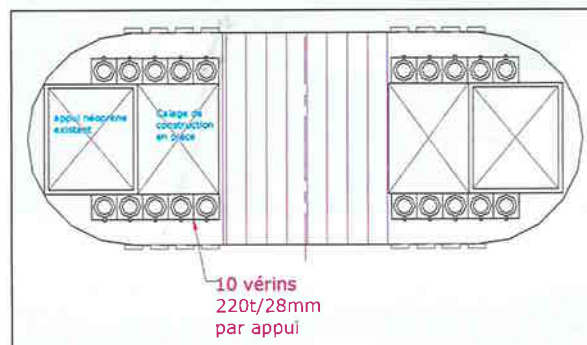


Figure 8

Schéma d'implantation des vérins sur la pile  
*Layout diagram of jacks on the pier*



Photo 20

Vue sur les cinq vérins d'un côté d'une P3 et P4 avec l'ancrage des barres de renfort

*The five jacks on one side of a P3 and P4 with anchoring of the reinforcing bars*

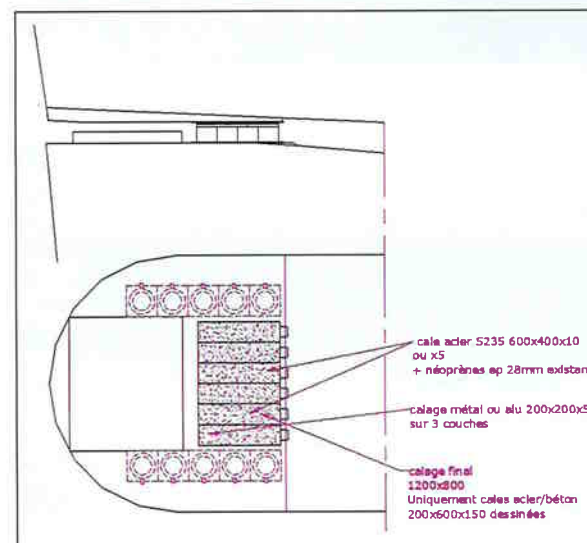


Figure 9

Piles P3 et P4 - Schéma d'implantation des calages entre les appuis en fin de vérinage en substitution des calages de construction non utilisables

*Piers P3 and P4 - Layout diagram of bracing between supports at the end of jacking to replace the unusable construction bracing*

## Autoroute A4. Renforcement du viaduc de Woippy

Photo 21

Nouveaux appuis  
sur une pile latérale  
*New supports  
on a side pier*



Photo 22

Appui glissant  
sur une culée  
*Sliding support  
on an abutment*



Photo 23

Sciage du bossage  
inférieur  
*Sawing the lower  
anchor block*



Photo 24

Appui en place calé  
contre le bossage  
supérieur  
*The support in place  
is braced against  
the top anchor block*



Photo 25

Appui terminé  
*Completed support*



tionnels. Pour les piles centrales, un sciage au câble diamanté des bossages inférieurs de très grande surface (1,10 x 1,10 m<sup>2</sup>) et fortement ancrés, a été retenu. Pour les culées et les piles latérales la réalisation des appuis se fait de manière traditionnelle, à savoir construction d'un bossage inférieur et réalisation d'un bossage supérieur par matage sur une plaque inox posée sur le néoprène fretté (photos 21 et 22).

Les appuis des piles centrales sont réalisés différemment : la sous-face des bossages supérieurs existante présentait un état de surface de très bonne qualité, lisse, plan et de niveau. L'appareil d'appui mis en contact du tablier par vis a été calé par matage traditionnel sur la pile (photos 23, 24 et 25).

La mise en œuvre des appareils d'appuis en caoutchouc fretté a nécessité des moyens originaux compte tenu du poids unitaire de chaque pièce : 250 kg pour les piles latérales et 600 kg pour les piles centrales. Pour ce faire, un chemin de ripage en cornières métalliques a été spécialement fabriqué, pour glisser les blocs à leur emplacement définitif (figure 10).

## ■ Instrumentation et contrôles

### Généralités

Par une méthodologie adaptée, une instrumentation de l'ouvrage a été effectuée dans le but d'apporter une connaissance structurelle de l'ouvrage avant travaux (état zéro) et après travaux (état à la réception), ainsi qu'une appréciation qualitative et quantitative de la réparation effectuée.

L'instrumentation mise en place permet de suivre la structure après mise en précontrainte et épreuves au regard des :

- déformations et déplacements;
- des efforts normaux et de leur transmission (mise en place de capteurs avec enregistrement des données);
- des efforts de cisaillement (mise en place de capteurs avec enregistrement des données);
- des efforts locaux (mise en place de capteurs avec enregistrement des données).

L'ensemble des mesures porte sur :

- le gradient thermique dans une section (des sondes de température sont placées en hourdis supérieur et inférieur);
- les variations de contrainte suivant huit jauges (trois jauges en sous-face du hourdis supérieur, deux à mi-hauteur des âmes et trois en extrados du hourdis inférieur) dans trois sections critiques à renforcer;
- les variations de contrainte suivant deux rosettes dans deux sections situées au niveau des massifs d'ancrage. Elle est complétée par la mesure d'ouverture de deux joints par capteur de déplacement.

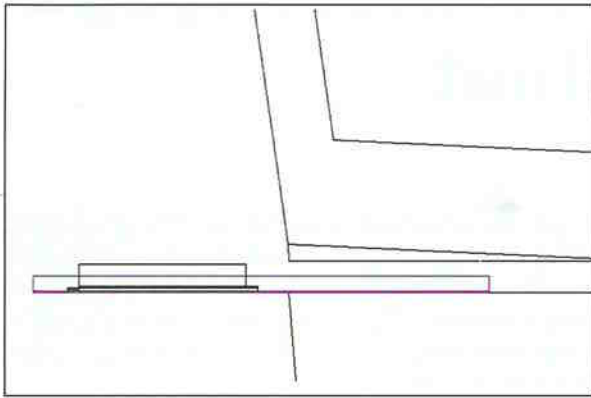


Figure 10

Principe de mise en œuvre des blocs appuyés sur les piles à l'aide d'un chemin de ripage

Schematic of installation of support blocks on the piers with a skidding path

## Résultats

Les résultats des mesures lors de la mise en tension montrent que la mise en œuvre des câbles donne une compression proche de celle prévue dans le recalcul. Au vérinage de l'ouvrage, aucune mesure ne présente de fortes variations de contrainte. Cela confirme que le vérinage de l'ouvrage s'est fait, comme prévu, sans application de sollicitations trop importantes dans le tablier. Les résultats des épreuves indiquent une bonne concordance entre les mesures obtenues et le recalcul. On note dans les sections instrumentées des diagrammes de Navier montrant un comportement élastique de ces sections. Les mesures des déformations de l'ouvrage, lors des épreuves, donnent des flèches légèrement inférieures aux flèches théoriques, ce qui confirme le bon fonctionnement de l'ouvrage renforcé.

Les valeurs des réactions trouvées lors des vérinages restent en phase avec le recalcul. Au cours des trois chargements d'épreuve dynamique aucune vibration des câbles de renfort n'a été constatée, garantissant ainsi le bon positionnement et l'efficacité des dispositifs antivibratoires. ■

## Références

- *Bulletin AFPC* 1975 – Viaduc de Woippy – Pages 137 à 140.
- Nicolas Roussel – Protection des câbles de précontrainte extérieure par injection de cires pétrolières. Modélisation de l'injection et conséquences pratiques – *Bulletin Ouvrages d'art du Sétra*, n° 51 – Mars 2006.
- Thierry Kretz – Suppression de la Commission interministérielle de la précontrainte (CIP) – *Bulletin Ouvrages d'art du Sétra*, n° 53 – Novembre 2006.

## ABSTRACT

### Repair of Woippy viaduct on the A4 motorway

J.-J. Prodent, L. Brunel, J. Mossot,  
Cl. Néant, D. Weisse, A. Loiseau

Woippy viaduct on the A4 motorway was constructed in 1974-1975. Construction of the decks was performed using several construction processes, with parts of the structure executed in cantilever poured with mobile rigs and others in pre-fabricated segments placed as the work progressed with a cable staying tower or on centres.

The design assumptions made at the time led to under-estimation of certain effects resulting in openings in joints between prefabricated segments.

The owner considered it necessary to strengthen the viaduct by applying additional prestressing consisting of three pairs of 19T15S cables and to take advantage of this operation to change the shrunk-on neoprene support devices and the waterproofing and the wearing course of the decks.

Traffic constraints required precise management of the traffic lanes and of operations on the deck.

## RESUMEN ESPAÑOL

### Reparación del viaducto de Woippy (57) en la autopista A4

J.-J. Prodent, L. Brunel, J. Mossot,  
Cl. Néant, D. Weisse y A. Loiseau

El viaducto de Woippy en la autopista A4 fue realizado en 1974-1975.

La construcción de los tableros se ha llevado a cabo mediante la puesta en aplicación de varios procedimientos de construcción con diversas partes de estructura ejecutadas en voladizo fundidas por medio de equipajes móviles y otros en dovelas prefabricadas tendidas por voladizo con mástil de arriostamiento o en arco de bóveda.

Las hipótesis de cálculos de la época han conducido a infravalorar ciertos efectos que acarrearán aberturas en las juntas entre dovelas prefabricadas.

La entidad contratante ha estimado que es necesario reforzar el viaducto mediante la implementación de un pretensado adicional formado por tres pares de cables 19T15S y aprovechar esta operación para cambiar los aparatos de apoyo en neopreno por ajuste por contracción, las juntas de pavimento, realizar la hermeticidad y la capa de rodadura de los tableros.

Los imperativos de tráfico rodado impusieron una gestión precisa de los carriles de circulación y de las intervenciones en el tablero.