

25 avril 2008 à Woippy L'ouvrage d'art de Woippy sur l'autoroute A4

La délégation Grand-Est a organisé, le 25 avril une journée consacrée au pont de Woippy.

Rappel du programme

9 h30 : Accueil au CETE de l'Est

10 h 00 - 12 h 30 : Exposés

- Présentation générale du projet - Gestion des travaux sous circulation
Y. Jeanjean, R. Gentner - SANEF
- Diagnostic
J.M. Chenot - Quadric
- Projet de réparation de la MOE
J.J. Richard - SNCF
- Etude d'exécution - Applications pratiques
A. Loiseau, F. Doddeler - Lux OA

- Réalisation de la réparation
J.J. Prodent, L. Brunel - Demathieu & Bard
- Mise en précontrainte de câbles longs
C. Néant - Etic ; N. Raudin - Eiffage TP
- Vérinage
D. Weisse - TSV
- Mesures et contrôles du pont
X. Berdos, F. Renaudin - CETE de l'Est

13 h 00 : Déjeuner au CETE de l'Est

14h00 à 16h30 : Visite du chantier en 4 groupes
L'accès au chantier étant difficile, le transport se fera obligatoirement en bus.
Casques fournis - Prévoir chaussures adaptées.

17 h00 : Retour parking CETE de l'Est

Déroulement de la journée

Présentation générale du projet

Y. Jeanjean - SANEF

Le viaduc de Woippy est un ouvrage d'art de type caisson en béton précontraint d'une longueur de 355 m à deux tabliers courbes indépendants, et à sept travées continues à inertie variable.

Construit en 1974 sans prise en compte des phénomènes de gradient thermique et de retrait / fluage, il a fait appel à plusieurs modes de construction pour répondre aux contraintes de délai.

Des désordres de plusieurs types ont été constatés lors des inspections, notamment ouvertures de joints au niveau du hourdis supérieur et dégradation des appareils d'appui.

Dans la perspective d'une mise à 2 x 3 voies il était nécessaire de le renforcer avec prise en compte des derniers règlements en vigueur.



Localisation



Environnement général de l'ouvrage

- 1 - A proximité immédiate d'un centre commercial
- 2 - Franchissant un important nœud ferroviaire
- 3 - Distant de 1 km du diffuseur A4/A31

Historique des travaux réalisés

- 1977 : Changement des appuis de la culée Ouest,
- 1989 : Travaux pour limiter les ouvertures de joints :
 - En extrémités de tablier (sensibilité aux effets dynamiques) mise en place de poutres métalliques fixées de part et d'autre des joints liaisonnées par barres précontraintes et de poutres en béton armé au droit des joints (VSC/V1 et V1/V2) ,
 - Entre joints V2/V3 et V3/V4, mise en place de « goujons expansifs » ou connecteurs de dalles.



17/10/89 - Sens Metz - Paris Côté Metz
Poutre métallique et coffrage poutres béton

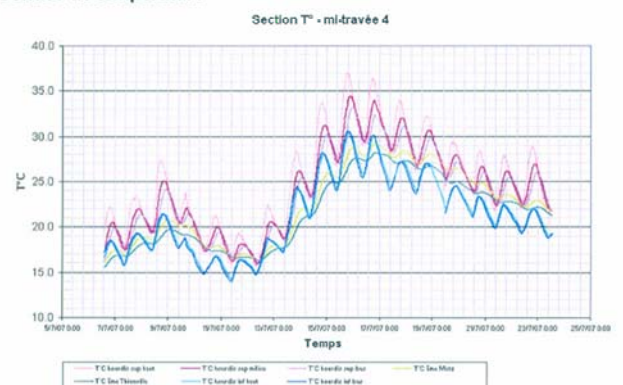


Traitement 1989 joint VSC/V1



Ancien et nouveau renforcement

Sondes de température



Les températures dans le hourdis supérieur sont les plus élevées et l'on note le net gradient (jusqu'à 5°C) dans l'épaisseur de ce hourdis. La température dans le hourdis inférieur est plus faible et relativement homogène dans l'épaisseur de ce hourdis. Compte tenu de l'épaisseur plus importante des âmes, les amplitudes de variation de températures dans celles-ci sont comparativement plus faibles.

Gradient thermique observé

Quelques chiffres

- Montant : 5.1 M€ HT

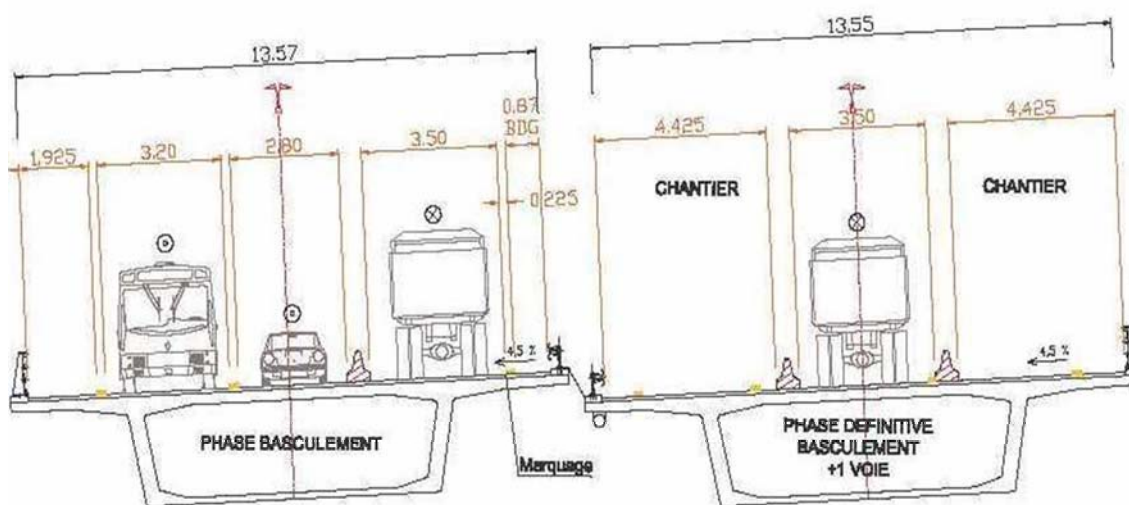
- Planification :
 - 2003 : Diagnostic - Etudes Préliminaires du renforcement
 - 2006 : Avant Projet de Réparation
 - 2006 : Etablissement DCE - Consultation Entreprises
 - Travaux
 - 2007 : Tablier Sud
 - 2008 : Tablier Nord
- Très fortes contraintes d'exploitation

Travaux préparatoires

- anticiper l'exploitation : en amont du chantier, Sanef a réalisé des travaux préparatoires d'élargissement entre Sémécourt et Hauconcourt pour permettre l'exploitation du chantier 2007 et 2008 en basculement partiel 2+1 et 1
- 2 enjeux pour Sanef : garantir la fluidité du trafic et la sécurité des clients et des intervenants sur une section fortement circulée

Gestion des travaux sous circulation

R. Gentner - SANEF



Le bilan 2007

- Un succès technique
- Les engagements annoncés tenus
 - en termes de sécurité, pas d'accident majeur à déplorer
 - en termes de fluidité, pas de bouchon ou de gêne importante
 - en termes de planning, la fin du chantier est intervenue à la période annoncée début novembre

- Travaux préparatoires pour anticiper l'exploitation 2008

En 2007 en cours de chantier, Sanef a réalisé des travaux d'élargissement de la bretelle Sémécourt / Strasbourg, pour faciliter l'exploitation du chantier 2008

- Dossier d'exploitation 2008

En 2007 le DESC a été retravaillé pour présenter une solution sans coupure de bretelle du diffuseur sens Sémécourt / Strasbourg

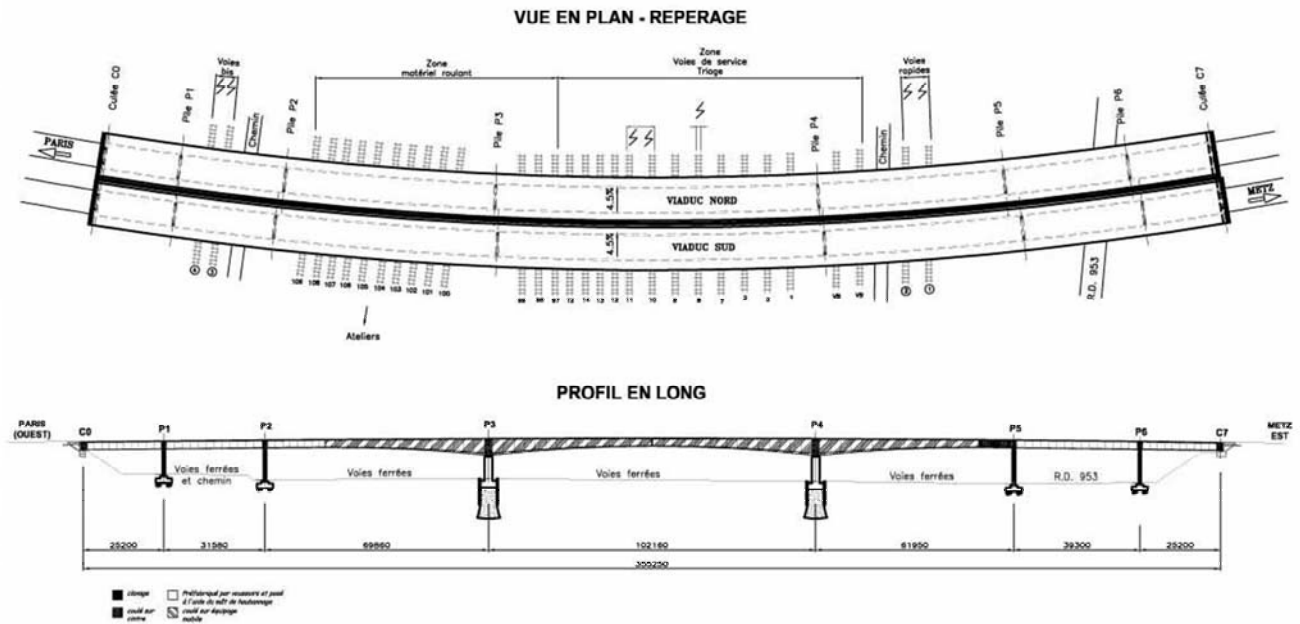
Actions de communication

Volonté forte de Sanef d'accompagner les travaux d'actions d'information et de communication adaptées.

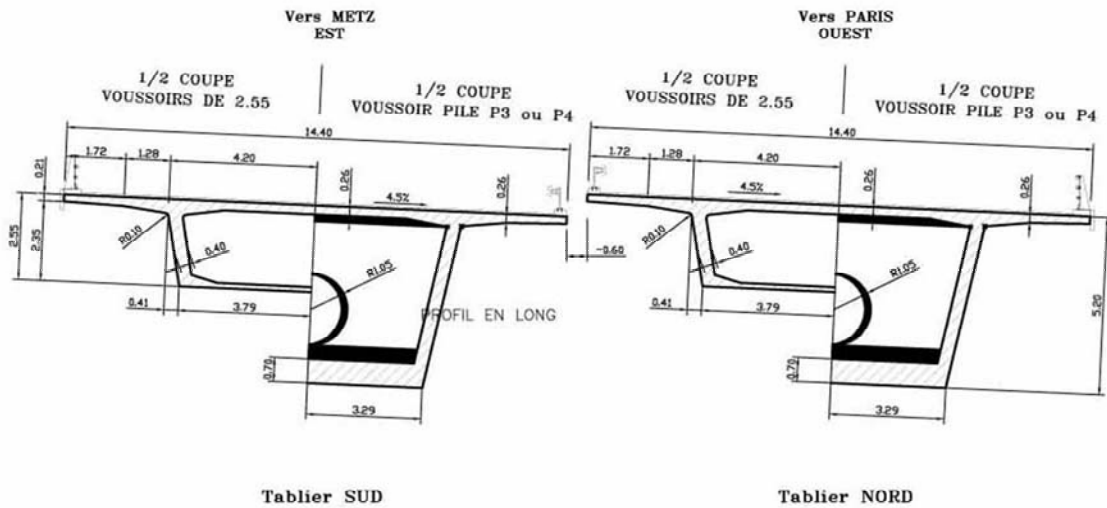


Diagnostic

J.M. Chenot - Quadric



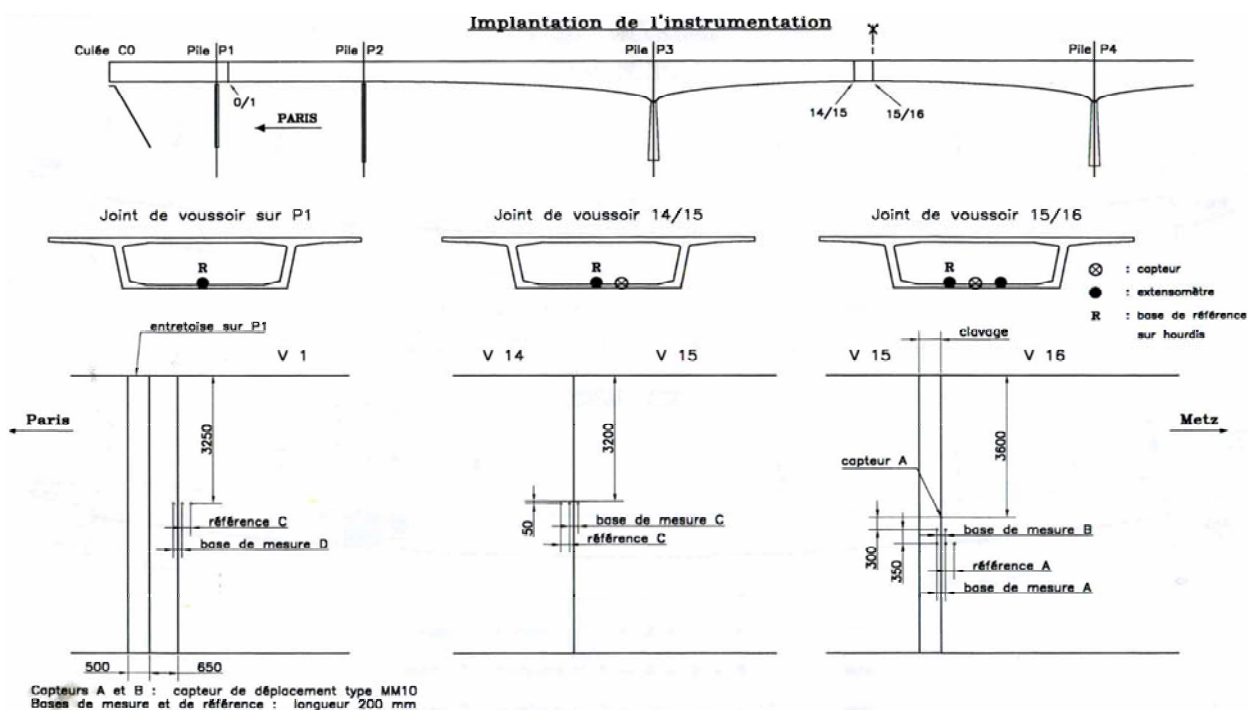
DEMI-COUPES TRANSVERSALES TYPES



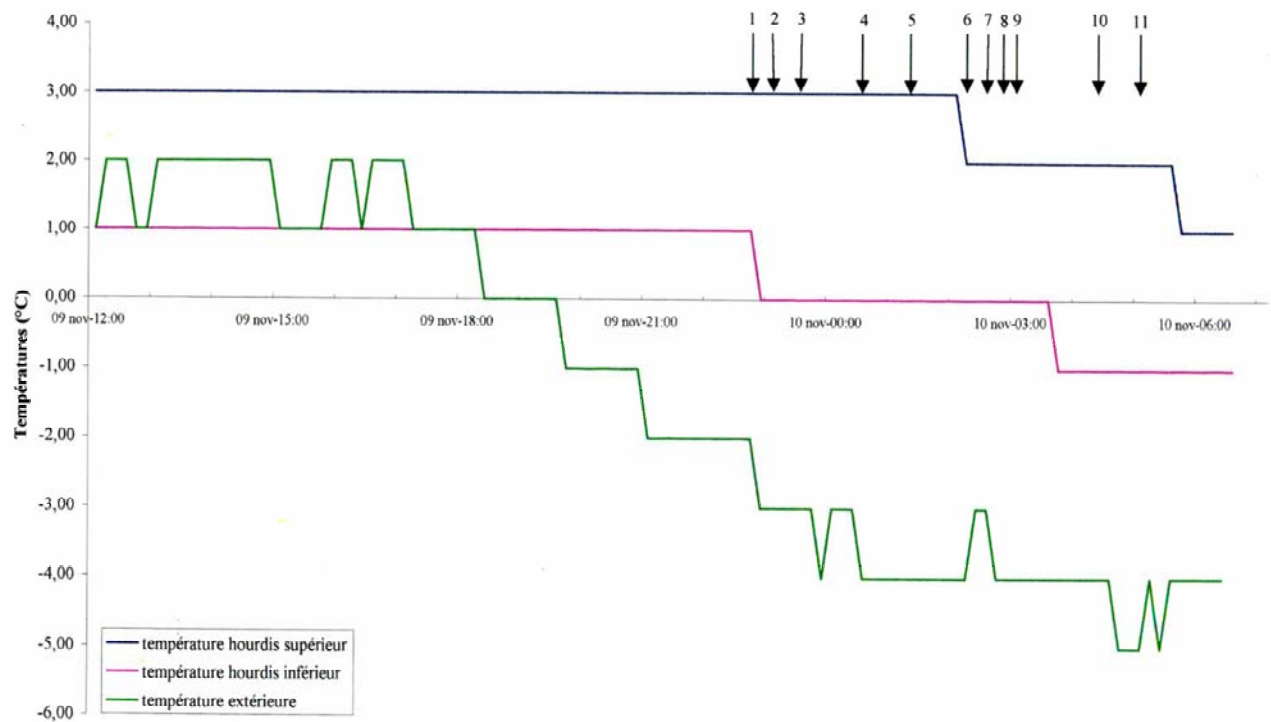
Principales caractéristiques de l'ouvrage

POINT	Flèche ou tassement (mm)		Commentaires
	Tablier Nord	Tablier Sud	
C0	- 21	- 23	Fondations superficielles
T1	- 7	- 7	
P1	- 2	0	Référence (sur pieux)
T2	- 1	0	
P2	- 2	- 2	Fondation sur pieux
T3	0	- 8	
P3	- 10	- 11	Caisson havé
T4	- 80	- 75	
P4	- 21	- 13	Caisson havé
T5	- 4	- 2	
P5	- 4	- 2	Fondation sur pieux
T6	- 9	- 6	
P6	- 11	- 11	Fondation sur pieux
T7	- 18	- 17	
C7	- 35	- 35	Fondation superficielle

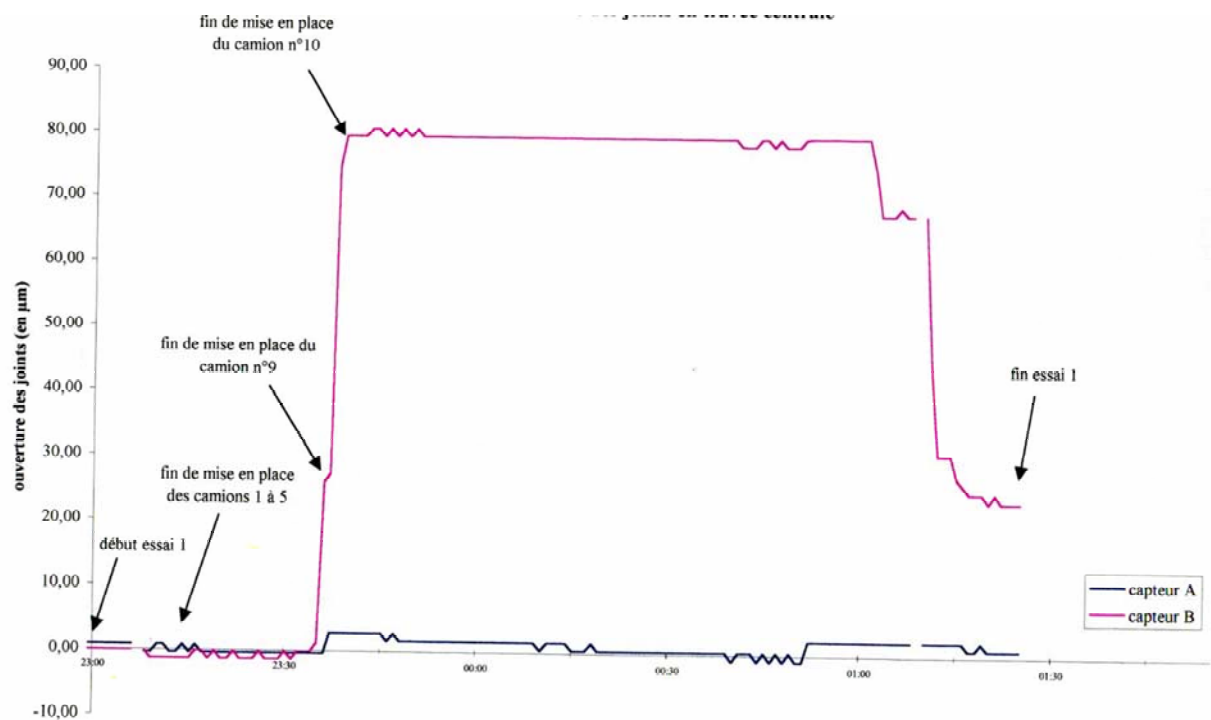
Nivellement de l'ouvrage



Essais de chargement : Définition de l'instrumentation



Essais de chargement : Relevé de températures



Essais de chargement : Variation d'ouverture des joints en travée centrale

Projet de réparation de la MOE *J.J. Richard - SNCF*

La maîtrise d'œuvre est assurée par INEXIA.
Une partie des prestations est sous traitée à
SNCF - Direction de l'Ingénierie.

Travaux envisagés

- Mise en œuvre dans chaque caisson d'une précontrainte additionnelle pour compenser les effets de retrait et fluage du béton, mal pris en compte lors de l'exécution des ouvrages en 1974, et en vue de la mise en circulation d'une troisième voie routière sur l'ouvrage.
- Remplacement de l'ensemble des appareils d'appuis, en très mauvais état.
- Réparations localisées de l'ensemble des caissons (injection des fissures, protection des aciers apparents ...).
- Réfection de la couche de roulement et de l'étanchéité par moyens à haute cadence
- Remplacement de certains équipements (joints de chaussée, ancrages de BN4, mise en place d'une conduite d'assainissement sous le tablier Nord ...).

L'ouvrage existant

- Date de réalisation : 1974
- Nature d'ouvrage : deux caissons en béton précontraint mis en place par encorbellements successifs (haubanage provisoire) et sur cintres
- Longueur totale : 355,25 m (pour chaque tablier)
- Largeur : 14,40 m (pour chaque tablier)
- Portée principale : 102,16 m
- 7 travées : 25,20 + 31,58 + 69,86 + 102,16 + 61,95 + 39,3 + 25,2
- Précontrainte existante :
 - ✓ câbles de fléau : 12 T13
 - ✓ câbles de continuité : 12 T13
- Dimensionnement de l'ouvrage :
 - ✓ suivant les règles CCBA68 et IP1
 - ✓ sans tenir compte des effets liés au retrait, au fluage et au gradient thermique



Vue depuis C0



Vue depuis C7



Vue intérieure du caisson



Les appareils d'appuis

Le renforcement du tablier

Principes

- Limitation de l'impact des travaux sur l'exploitation autoroutière :
 - ✓ Suppression des culées creuses prévues à l'EPROA
 - ✓ Création de massifs d'ancrage à l'intérieur des caissons

Recalculs

- Modélisation des deux tabliers sous ST1
- Prise en compte du phasage de construction (dates de bétonnage des voussoirs, de leur mise en place, du nivellement des ouvrages, de la précontrainte de fléau et de la précontrainte de continuité)
- Intégration des paramètres liés au retrait, fluage du béton et application des effets liés au gradient thermique

Hypothèses de calculs

- Vérifications en classe I vis-à-vis des ELS, au sens du BPEL (pas de traction dans toutes les sections, compte tenu de l'absence de continuité des armatures entre voussoirs successifs)
- Surcharges routières : fascicule 61 Titre II (système A, système B, Mc120)
- Gradient thermique : 6°C

Nature du renforcement

Pour chaque tablier et à proximité de chaque âme :

- ✓ Deux câbles 19T15S disposés entre des massifs d'ancrages à créer à l'avant des voussoirs sur culées
- ✓ Un câble 19T15S disposé entre des massifs d'ancrages à créer à proximité immédiate des appuis P1 et P6

La précontrainte additionnelle

- Câbles 19T15S
- Longueur des câbles les plus longs : environ 350m
- Protection par une gaine PEHD Ø 110
- Mise en tension depuis les deux extrémités, par paire symétrique, à l'aide de vérins mis en place à l'arrière des massifs d'ancrage
- Injection d'un produit souple (Circulaire no2001-16 du 28 février 2001)

Les massifs d'ancrage

- En béton armé
- Solidarisation à la structure de l'ouvrage par des barres de précontrainte Ø 50mm (10 par âme en C0 et C7; 6 par âme en P1 et P6) disposées perpendiculairement aux âmes, et par scellement d'armatures.
- Butonnage supérieur et inférieur en béton armé entre les massifs d'ancrage

Les déviateurs

- Déviation des câbles sur appuis au droit des entretoises sur piles par mise en place de tubes déviateurs après forage du béton.
- Déviation des câbles en travées par des déviateurs en béton armé, à créer, rendus solidaires de la structure par scellements d'aciers.

Les équipements particuliers

- Des dispositifs anti-vibratoires, métalliques, sont implantés tous les 20m environ.

Le remplacement des appareils d'appui

Situation existante

- Très forte dégradation de l'ensemble des appareils d'appui en néoprène fretté (forte distorsion, corrosion des frettes, notamment) et des plaques métalliques de calage mises en place à l'exécution (très forte corrosion).
- Les appareils d'appuis au droit des culées, de type glissant, ne jouent plus leur rôle du fait de leur très mauvais état.
- Au moment de l'exécution il a été mis en place jusqu'à quatre plaques de néoprène au droit d'un même appui (piles P3 - P4).

- Ces dispositions présentent le risque de constituer deux lignes d'appuis consécutives dans le sens longitudinal des tabliers.

Principe retenu pour le remplacement

- Les appareils d'appuis à pot ne sont pas retenus :
 - ✓ trop épais compte tenu de l'espace disponible, nécessitant un relevage définitif très important des tabliers
 - ✓ surface d'appui très inférieure à celle des néoprènes existants, présentant le risque de poinçonnement, à charges équivalentes
- Les appareils d'appuis de type néoprène fretté sont retenus :
 - ✓ leur mise en place nécessite toutefois un relevage définitif des tabliers de 5cm.
 - ✓ ils sont constitués, chacun, d'un seul élément, nécessitant une fabrication « hors catalogue » pour certains d'entre eux (1,10m x 1,10m au droit des piles P3 et P4)

Méthodologie de remplacement - Vérinage

Deux possibilités de vérinage :

- Vérins implantés sur les têtes d'appuis
 - ✓ Place disponible limitée, en particulier au droit des piles principales (présence de vérins "plats" injectés)
 - ✓ Absence de renseignement sur les armatures présentes dans les piles : nécessité de prévoir des investigations
 - ✓ Nécessité de renforcer les têtes de piles, notamment au droit des niches de vérinage existant sur les piles "courantes"
- Vérins implantés sur des structures provisoires prenant appui en dehors des piles
 - ✓ Structures provisoires classées en première catégorie, à justifier comme des structures définitives
 - ✓ Justification des zones d'appuis sur tablier
 - ✓ Nécessité d'avoir les autorisations de la SNCF gérant le triage de Woippy (interception de voies)

Etude d'exécution - Applications pratiques

A. Loiseau, F. Doddeler - Lux OA

Réalisation de l'état 0

- Documents du dossier d'ouvrage adapté
 - ✓ Dossier de plans relativement complet
 - ✓ Notes de calcul partielles

- Etablissement de l'état 0
 - ✓ Définition des câbles à partir des plans de câblage
 - ✓ Définition des sections à partir des plans de coffrage
 - ✓ Définition du phasage de construction à partir des fiches de mise en tension et des notes de calcul
- Phasage de construction
 - ✓ Etablissement d'un document de synthèse

Modélisation

- Le choix d'une modélisation 3D
 - ✓ Évaluation plus précise des pertes
 - ✓ Descente de charge sur les appuis (ouvrage courbe / phasage)
- La modélisation
 - ✓ Définition des câbles en 3D à partir de plans 2D
 - ✓ Détermination du retrait et fluage
 - ✓ Définition des charges d'exploitation
 - Gradient thermique de 6°C
 - Convois A, B et Mc120

Recalcul de l'ouvrage

Les étapes du recalcul

- L'état 0 : état de contrainte de l'ouvrage au 1 avril 2007
 - ✓ Non prise en compte dans le calcul initial du gradient thermique
 - ✓ Sous estimation des pertes et des effets de la relaxation.
 - Décompression de 50 % l'ouvrage aux ELS rares.
- L'état après renforcement (Classe I du BPEL 91 rév. 99 avec Pm)
 - ✓ Compression minimale de 0.70 MPa
 - ✓ Compression maximale inférieure à 16.80 MPa
- L'état après renforcement après 50 ans (Classe I du BPEL 91 rév. 99 avec Pm)
 - ✓ Compression minimale de 0.70 MPa
 - ✓ Compression maximale inférieure à 16.80 MPa

La précontrainte de renforcement

Les massifs d'ancrage

- Système auto-équilibré d'introduction des efforts dans la section du caisson.
- Clouage des massifs par des barres de précontrainte.
- Utilisation des nervures existantes pour le dimensionnement du clouage aux ELU, ce qui a permis de réduire le nombre de barres.
- Renforcement du hourdis inférieur pour répondre aux critères de diffusion généralisée.

- Etablissement d'un phasage de bétonnage de la dalle sur le hourdis inférieur pour pallier à la résistance insuffisante du ferrailage du hourdis.

Les déviateurs et tubes déviateurs

- Les déviateurs sont fixés au caisson par des aciers passifs scellés dans les âmes et le hourdis inférieur
- Les tubes déviateurs sont scellés en deuxième phase dans des réservations ou des forages, permettant une implantation plus précise de ceux-ci.

La géométrie des câbles

Un tracé 3D

- La courbure de l'ouvrage, ainsi que les déviations en plan et en élévation donnent pour chaque câble un tracé unique.
- Ce tracé est spatial, l'orientation de chaque plan de déviation est quelconque, principalement du fait de la courbure de l'ouvrage.
- La description du tracé exact nécessite la connaissance :
 - ✓ Du Pk de la déviation ou l'abscisse curviligne, permettant de définir la section de déviation.
 - ✓ Des coordonnées du point de passage théorique dans cette section.
 - ✓ De l'orientation du plan de déviation et de la déviation angulaire effective.
 - ✓ Des angles horizontaux et verticaux d'arrivée et de sortie du câble.

Du tracé théorique au tracé pratique

- Le tracé est défini dans le modèle ST1 de recalcul
- Ce tracé est transféré dans AutoCAD®
- On y injecte la réalité de la géométrie de l'ouvrage (décalage entre l'axe de la section et l'axe théorique de l'ouvrage), afin d'avoir le tracé théorique réel des câbles.
- On applique pour l'implantation des câbles dans la section les différentes excentricités suivant l'orientation du plan de déviation des câbles.
- On obtient alors les coordonnées locales d'implantation des axes des tubes déviateurs.

- Deux séries de coordonnées supplémentaires sont calculées sur les faces amonts et aval des déviateurs pour donner au tube son orientation.

Les tubes déviateurs

- Les tubes déviateurs ont été divisés en 3 familles ou types :
 - ✓ Les tubes courants de type A (TTG) permettant les déviations au niveau des nouveaux déviateurs et des entretoises des piles courantes
 - ✓ Les tubes des piles principales de type B (T2TG).
 - ✓ Les tubes des massifs P1 et P6 de type C (T1TG).
- Cette option a permis de simplifier le repérage des tubes et de réduire le risque d'erreur à la pose :
 - ✓ 36 tubes identiques de type A.
 - ✓ 12 tubes identiques de type B.
 - ✓ 8 tubes différents de type C.
 - Soit 10 références de tubes différents pour 56 points de déviations.

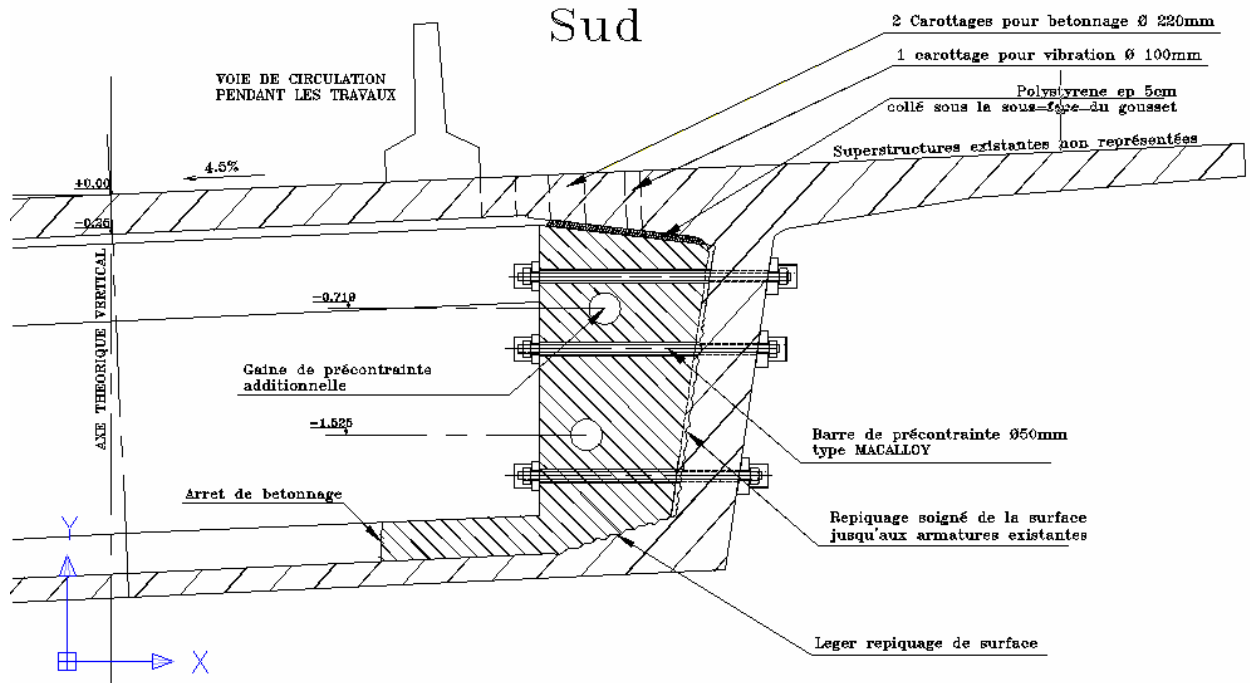
L'implantation sur site

- **TABLIER SUD**
 - ✓ L'implantation des réservations et forages s'est fait localement section par section.
 - ✓ L'implantation des tubes c'est faite par géomètre sur l'ensemble de l'ouvrage.
 - Des écarts sont apparus entre les deux systèmes d'implantation, posant le problème d'un axe de référence et de la prise en compte de la géométrie réelle de l'ouvrage dans le positionnement des tubes déviateurs.
- **TABLIER NORD**
 - ✓ Toute l'implantation c'est faite par géomètre à partir d'un axe de référence théorique.
 - ✓ La géométrie de l'ouvrage est intégrée directement dans le calcul des implantations et du positionnement des tubes déviateurs.
 - Ce système permet une approche globale de la géométrie des câbles.

Réalisation de la réparation

J.J. Prodent, L. Brunel - Demathieu & Bard

Réalisation des massifs d'ancrages et déviateurs à l'intérieur du caisson.



FERRAILAGE ET GAINES DE PRECONTRAINTE DANS UN MASSIF D'ANCRAGE

Gestion des joints de chaussée pendant les phases de vérinage



TRAITEMENT DU JOINT DE CHAUSSEE EN PHASE PROVISOIRE

Contraintes particulières imposées au chantier



CHEMINEMENT ET ACCES A LA PILE P3 (DANS LE TRIAGE)

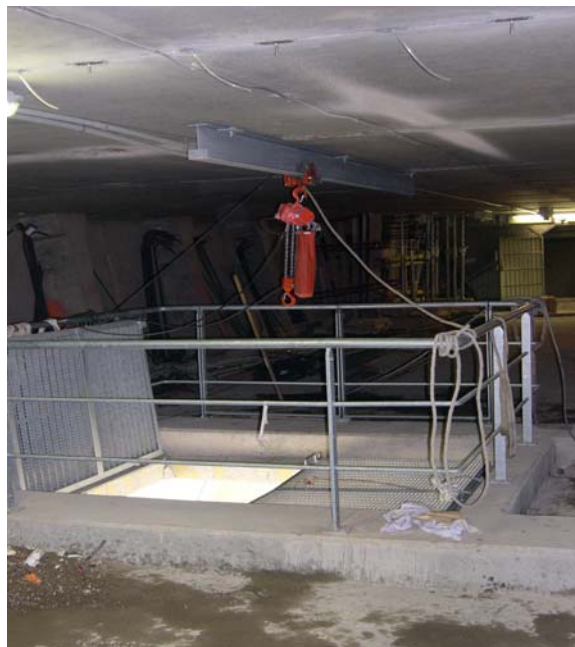


TRAVAIL DEPUIS NACELLE DEPORTEE EN SOUS FACE DE CAISSON

Contraintes d'accès et de travail à l'intérieur des caissons.



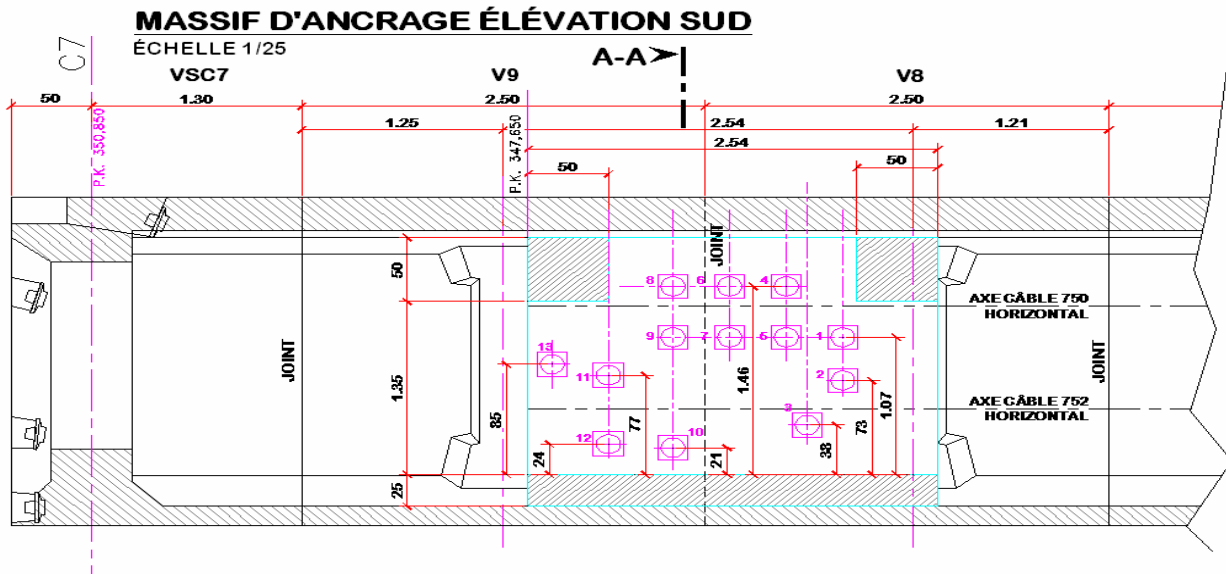
*PASSAGE A DIMENSIONS REDUITES
AU DROIT DES APPUIS P1-P2 et P5-P6*



*TRAPPE D'ACCES
(POUR AMENEE DU MATERIEL ENTRE P6 et C7)*

Mise en précontrainte de câbles longs

C. Néant - Etic ; N. Raudin - Eiffage TP



Coupe longitudinale sur culée C0 et C7



Vue extérieure et intérieure sur culée après mise en tension

Quantités Mise en œuvre

- Barres ϕ 50 mm = 76 unités / 135 ml
- Plaques d'appuis 185 x 185 mm = 152 unités
- Ecrous et rondelles sphériques = 152 unités

Injection au coulis de ciment

Précontrainte longitudinale

Description du projet

- Système DSI
- Phasage de mise en œuvre
- Pose des gaines

- Enfilage des armatures
- Mise en tension des câbles
- Injection à la cire pétrolière
- Pose des systèmes antivibratoires

Phasage de mise en œuvre

- Pose des gaines
- Enfilage des armatures
- Mise en tension des câbles
- Injection à la cire pétrolière
- Pose des systèmes antivibratoires

**Vérinage de l'ouvrage, Remplacement des appuis,
Injection des fissures**
D. Weisse - TSV

Injection des joints de voussoirs

Objectif : Recréer une continuité entre les voussoirs afin de diffuser au mieux les nouveaux efforts de précontrainte



Réalisation des injections en début de soirée pour permettre la polymérisation des résines de nuit sans circulation sur le viaduc.

Vérinage

Objectif : Mise en conformité des appareils d'appui : le tablier est relevé de 5cm afin de permettre la mise en œuvre des nouveaux appareils d'appui sur des bossages reconstruits



Avant



Après

Les manifestations régionales

Principaux désordres sur les appuis existants

Culées C0 C7 : appuis néoprène mal positionnés - plaques de glissement corrodées

Piles latérales P1 P2 P5 P6: appuis fortement déformés par le retrait du tablier ; bossages et calages des néoprènes douteux



Piles principales P3 P4: épaisseur des néoprènes fortement insuffisante ; le tablier est encore partiellement en appui sur des calages laissés à la construction



Travaux préparatoires - Zones de vérinage

- Culées C0 et C7 : Qver = 170 tonnes / appui

Pas de disposition particulière : utilisation de vérins plats

- Piles latérales P1 P2 P5 P6 : Qver = 450 tonnes / appui

Les niches existantes ont été aménagées pour recevoir nos vérins de 250 tonnes : 2 u par niche

Des sondages en tête de pile ont mis en évidence un déficit d'armature sous les niches

Par conséquent :

- renforcement pérenne par matériau composite selon le grand coté des piles
- renforcement provisoire sous les niches selon le petit coté par barres traversantes



- Piles principales P3 P4 : Qver = 1700 tonnes / appui

La solution de vérinage mise en œuvre a tenu compte :

- de la forte descente de charge
- de la présence des calages de construction à côté des appareils d'appui
- de la faible hauteur libre entre la pile et l'intrados

Par appui nous avons mis en place 2x5 vérins 220 tonnes pour 28mm de course ayant une hauteur de 130 mm piston entré.

Renforcement de la pile par des barres traversantes.



Bossage pile principale



Zone de vérinage piles principales

- Réalisation des bossages - Piles latérales



Bossage pile latérale

Phasage sur les piles centrales

Les vérins en place et le mode de calage permettent de réaliser des passes de relevage de 10mm environ.

- Phasage :
 - Vérinage de 40mm (4 passes de 10mm)
 - Calage sur les bossages d'appui
 - Dépose des calages de construction
 - Vérinage à +50mm et mise en place du calage de sécurité « définitif » entre les appuis

- Démolition des bossages existants

Culées et les piles latérales => marteaux électriques ou pneumatiques

Piles centrales => sciage au câble du bossage inférieur bossage supérieur conservé

Reconstruction des appuis

- Réalisation des bossages - Pose des néoprènes

Les bossages sont réalisés avec des micro-béton
Sur les 6 piles les appuis néoprènes sont mis en place avec un chemin de ripage. Poids d'un appui 250 à 500 kg

- Réalisation des bossages - Piles principales

L'appui néoprène est calé contre le bossage supérieur conservé ; puis réalisation du bossage inférieur

Mesures et contrôles du pont

X. Berdos, F. Renaudin - CETE de l'Est

A la demande de la maîtrise d'œuvre, afin de valider les travaux de réparation du Viaduc de Woippy, le Laboratoire des Ponts et Chaussées de Nancy est intervenu en tant que sous traitant de l'entreprise Demathieu et Bard pour réaliser une instrumentation du caisson.

Les principaux objectifs de cette instrumentation étaient de suivre les phases de mise en tension de la précontrainte additionnelle et les épreuves de l'ouvrage.

L'instrumentation

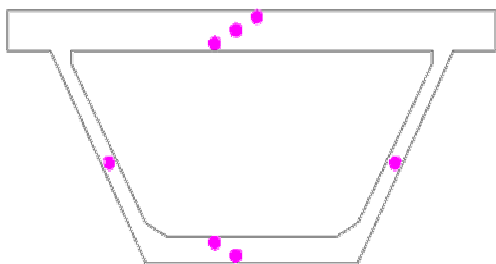
3 grandes familles de mesure :

Les mesures de températures

Objectif : évaluer la température moyenne et le gradient de température dans le caisson

Dans une section principale:

- 3 sondes dans le hourdis supérieur (8cm, 16cm, 24cm)
- 1 sonde dans chaque âme (20cm)
- 2 sondes dans le hourdis inférieur (8cm et 16cm)



Les mesures de déformation

- Section de jauge dans le caisson

Objectif : mesurer les déformations engendrées par la précontrainte dans chaque section

3 sections de 8 jauges (travée 1, travée centrale, travée 6):

- 3 sur le hourdis supérieur
- 1 sur chaque âme
- 3 sur le hourdis inférieur

- Rosettes à proximité des culées

Objectif : déterminer les contraintes ainsi que leur sens de diffusion à proximité des massifs d'ancrage des culées.

2 rosettes à chaque extrémité (3 jauges à 120°)

- sur l'âme (en extérieur)
- sur le hourdis inférieur (en extérieur)

Les manifestations régionales

Les mesures de déplacement

- Capteurs sur joints de voussoir

Objectif : mesurer les variations d'ouverture/fermeture des joints de voussoir

6 sections de 2 capteurs de déplacement positionnés sur le hourdis inférieur

- Capteurs aux extrémités du tablier

Objectif : mesurer l'allongement/rétrécissement (souffle) du tablier en fonction des variations de température, suivre le raccourcissement du tablier sous l'effet de la précontrainte additionnelle

2 capteurs à fil au droit des culées

Les épreuves d'ouvrage

Objectif : vérifier par des essais de charge (statique et dynamique) le bon fonctionnement de l'ouvrage en cohérence avec la note de calcul d'épreuves du Bureau d'Etudes

Matériel utilisé : 2 théodolites pilotés par informatique

Déroulement des épreuves:

- 24 cas de chargements statiques (appuis et travées)
- 2 cas dynamiques

Pour information, ces essais ont nécessité l'utilisation de 10 camions

