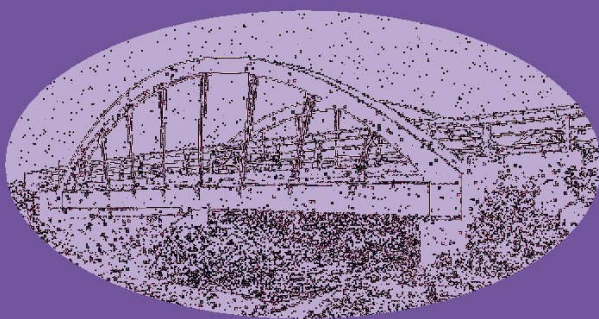




Sétra



direction
interdépartementale
des routes
Nord

Innovation :

Entretien des ponts

Renforcement et remise en peinture des ponts du Dancourt

O. Cros / DIR Nord
J. Berthelley / Sétra

AFGC 26-27 mars 2013

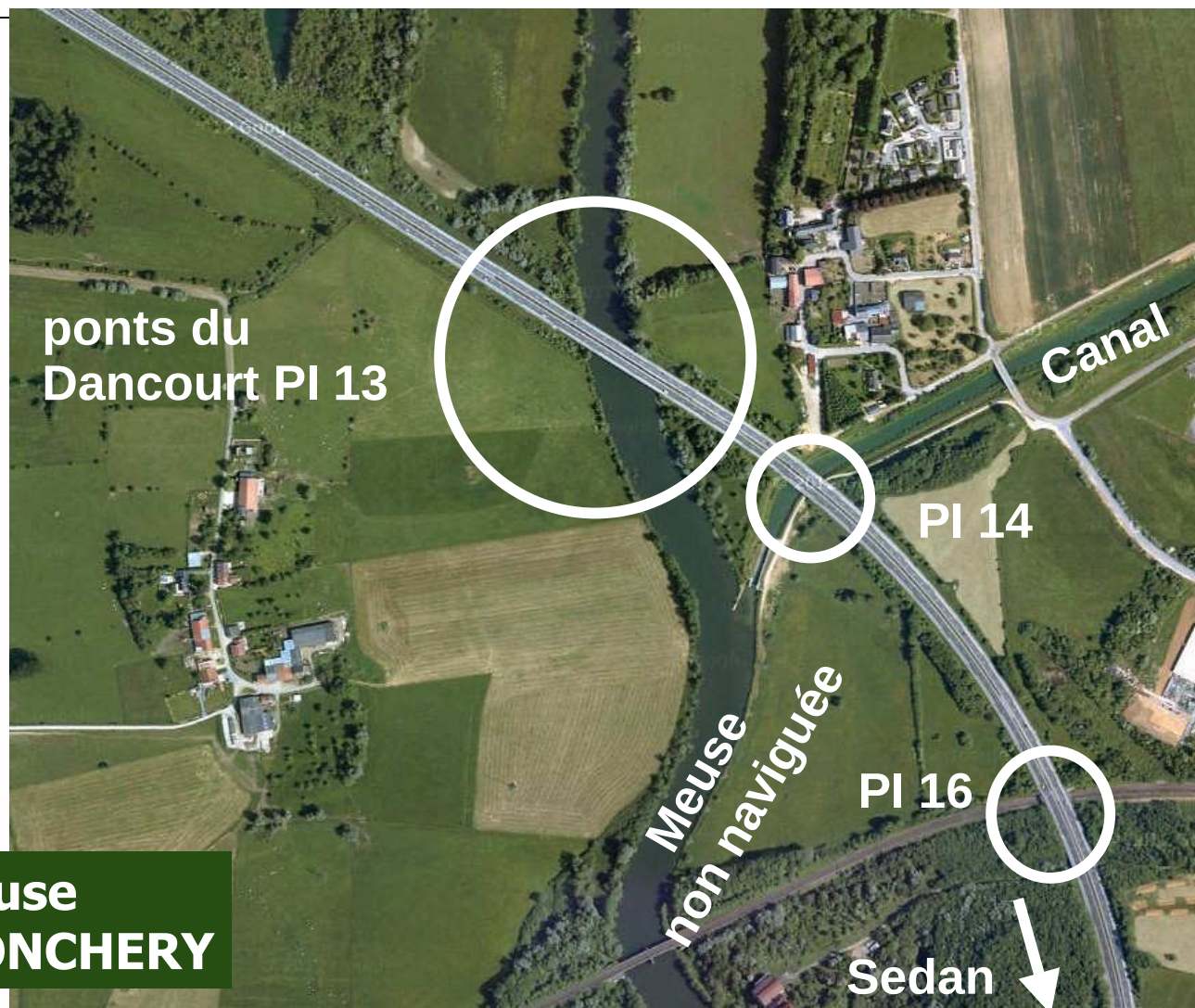
Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements

Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir

PONTS DU DANCOURT

renforcement et remise en peinture



**A34/la Meuse
Près de DONCHERY**

PONTS DU DANCOURT

largeur de 11,50 m

2 voies de circulation
par tablier



Excellente conception initiale

- Deux ponts *indépendants* constituent la plate-forme autoroutière
- Robustesse assurée pour la liaison routière
- Il est possible d'envisager sereinement des travaux par alternance en coupant un ouvrage sur deux.

PONTS DU DANCOURT

**Construits en
1971/1972
Protection antico.
minium-plomb**

**Protection antico.
OA SUD
entretenu
régulièrement par
la subdivision
à titre
expérimental.**



**Excellente conception initiale
due à Ch. Brignon**

- 5 poutres métalliques par ouvrage
- 3 travées de 37m - 66m - 37m
- Dalle mixte (de type Leonhart-Robinson)
soit dalle de béton de 10cm d'épaisseur
connectée à un platelage métallique

PONTS DU DANCOURT

Principaux désordres

Équipements

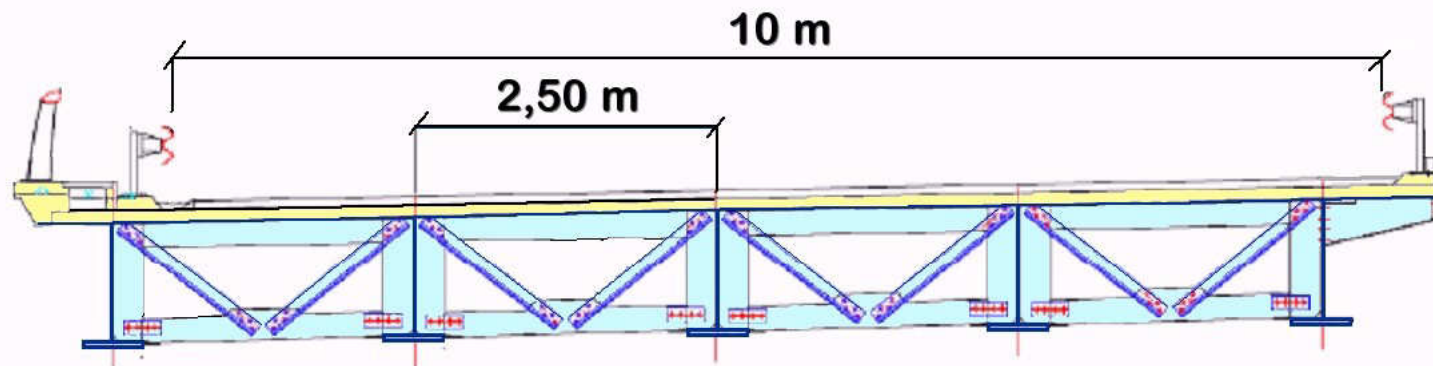
- Mauvais état des joints de chaussée
- Ancrages de glissières arrachés suite à de nombreux chocs
- Garde-corps détériorés et non conformes
- Accident mortel en 2008

⇒ Mise en oeuvre de BT4 métal sur les BAU de chaque tablier



PONTS DU DANCOURT

Principaux désordres



Protection anti-corrosion

- Forte corrosion des semelles inférieures des poutres de rive
- Et des consoles sous encorbellements

PONTS DU DANCOURT

Principaux désordres

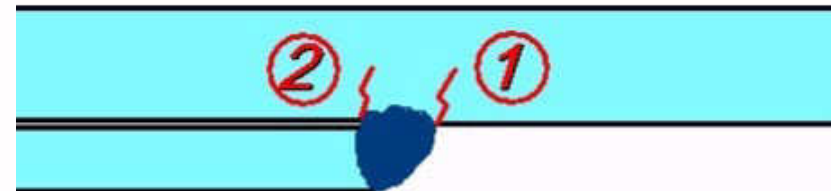
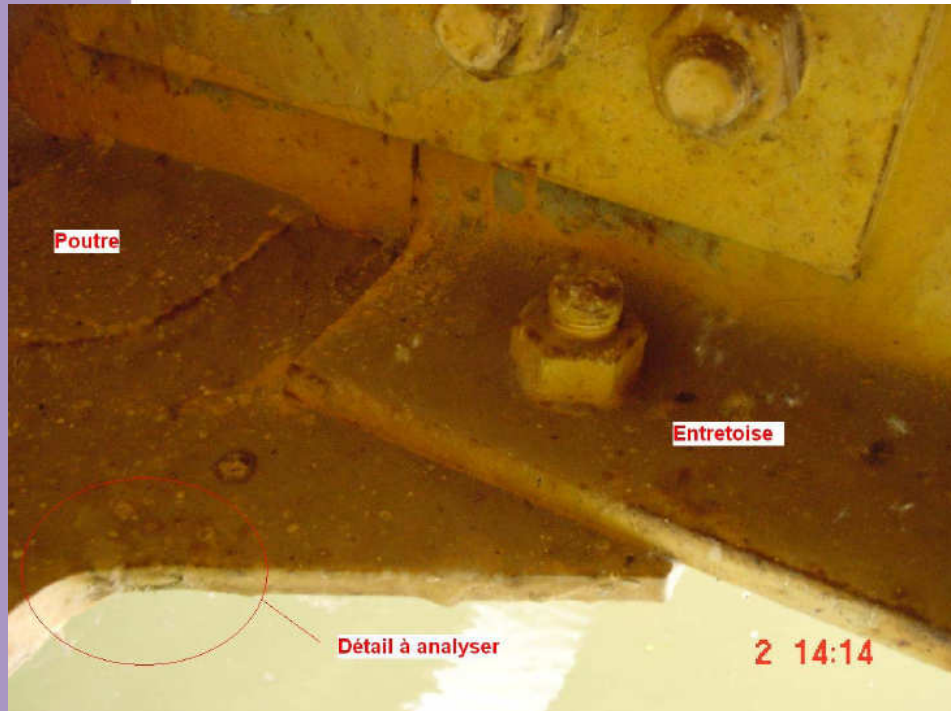


Protection anti-corrosion

- Faible corrosion sur poutres intermédiaires et tôle inférieure de la dalle
- Corrosion un peu plus avancée sur l'ouvrage NORD sans entretien
L'ouvrage SUD a été remis en peinture par la subdivision

PONTS DU DANCOURT

Principaux désordres



- 1 - déjà observée : détectable ressuage et magnéto
2 - théorique jamais observée : détectable US

Assemblages

- Risque de défaut de résistance à la fatigue au niveau des goussets (assemblage entretoises/poutres principales)
- et des tôles additionnelles des semelles inférieures à leurs extrémités

PONTS DU DANCOURT

Principaux désordres



Photo n°6

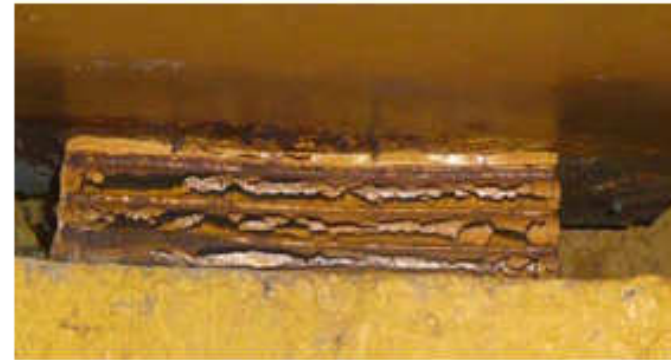


Photo n°7



Appareils d'appui en caoutchouc fretté

- Nombreuses dégradations : fissures, craquelures, fluage du néoprène, distorsion importante

PONTS DU DANCOURT

Principaux désordres



Autres désordres

- Contacts culées/tablier : fissuration sur garde-grèves et murs en retour
- Ravinement des perrés de la culée côté Charleville
- Vides sous chevêtres des culées du tablier Charleville-Sedan

PONTS DU DANCOURT

Visites

- Inspection détaillée par LRPC de Saint-Quentin en 2006
- Visite subaquatique des piles et berges par LRPC de Melun en 2007
- Visite complémentaire par LRPC de Saint Quentin des culées en 2007 et des piles en 2009

Recalculs Expertises

- Expertise de la protection anti-corrosion (LRPC de Nancy)
- Recalcul de l'ouvrage en résistance et en fatigue (Cété Est)
- Épreuves de chargement (juin 2008)
- Étude de remplacement des appareils d'appui sur piles (Cété Est)

Expertise Sétra en conseil intégré

- Définition de solutions de renforcement
- Vérification complémentaire de l'état de la dalle (Radar + perçages)

PONTS DU DANCOURT

Investigations spéciales de la dalle Robinson (octobre 2008)



Question du Sétra : Y a-t-il de l'eau piégée par la tôle de fond ?

- Cartographie radar sur voie lente pour repérer les défauts d'étanchéité
(Laboratoires de Nancy et St-Quentin)

PONTS DU DANCOURT

Investigations spéciales de la dalle Robinson (octobre 2008)

LRPC de Nancy :

- Prélèvements d'échantillons de tôle et examen métallographique
- Martelage de la tôle (repérage de vides)
- Mesures d'épaisseur de tôle par ultrasons



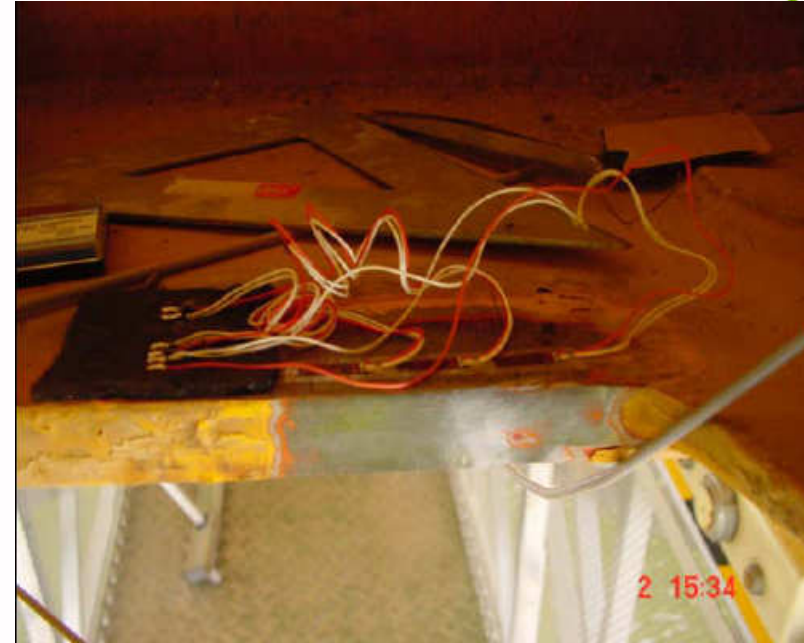
Question du Sétra : Y a-t-il de l'eau piégée par la tôle de fond ?

PONTS DU DANCOURT

Conclusion des investigations sur la dalle :

- Assurance de l'état correct de la tôle de la dalle, épaisseur nominale de 8 mm confirmée
- Défauts mis en évidence par radar sur zones d'appuis et en about de tablier provenant de l'étanchéité ou de l'hétérogénéité du béton
- Dalle béton en bon état
- Décision de remettre à neuf l'étanchéité

PONTS DU DANCOURT



Épreuves de chargement (juin 2008)

- Mesures de flèches sous différents cas de charges pour appréhender la répartition transversale
- Mesures de déformations par jauges (âme poutre principale, semelle inférieure entretoise et gousset) : appréhender la connexion et les sollicitations dans entretoises et goussets

PONTS DU DANCOURT

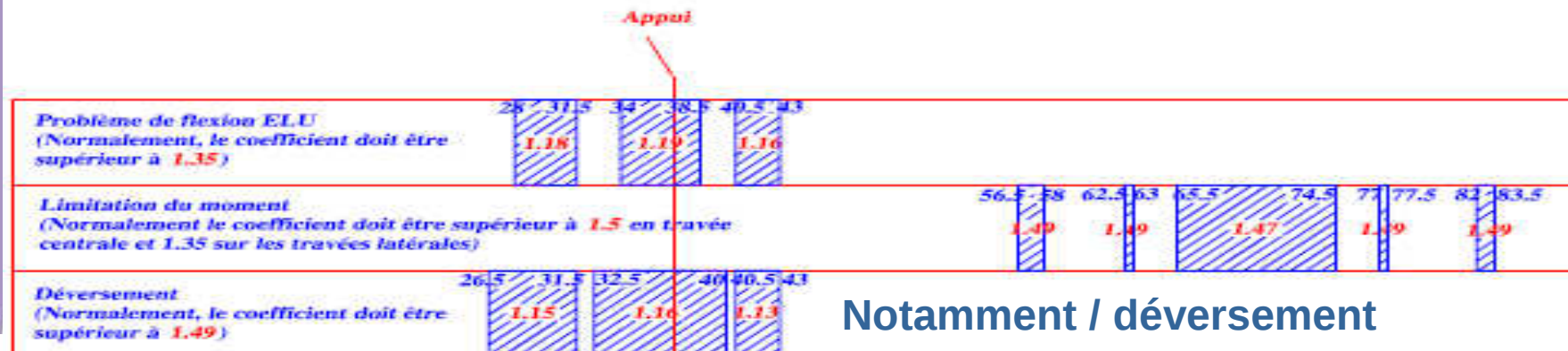
Recalcul du Côté de l'Est : FATIGUE et RÉSISTANCE (ELU)

Insuffisances
localisés
de fatigue
(règles F ou EC)



- Problèmes de fatigues au niveau de la soudure entretoise / poutre
- Problèmes de fatigues au niveau des changement d'épaisseur de poutre
- Problèmes de fatigues au niveau des soudures entretoises / poutres persistant même après le passage de ce détail en classe 90

Insuffisances ELU (légères F a fortiori EC) localisées sur la poutre de rive

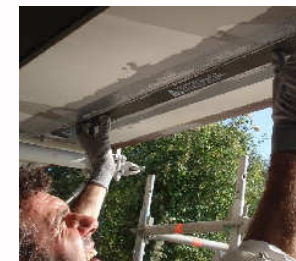
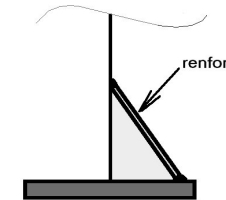


Notamment / déversement

PONTS DU DANCOURT

Renforcements définis avec le Sétra Trois techniques innovantes de renforcement

- Soudage d'une tôle inclinée à l'extérieur des poutres de rive
⇒ augmenter la sécurité à l'ELU et la robustesse en fatigue
 - Application de techniques de parachèvement
refusion TIG sur les goussets
⇒ remettre à zéro localement
le compteur de cycles et augmenter
le classement en fatigue de 10MPa environ
(grenailage de précontrainte ou martelage
auraient été possibles en complément
mais sont plus coûteux et n'ont pas été prévus)
 - Collage de fibre de carbone sur semelle inférieure
des poutres principales aux extrémités des renforts
⇒ y diminuer les amplitudes des variations de contraintes

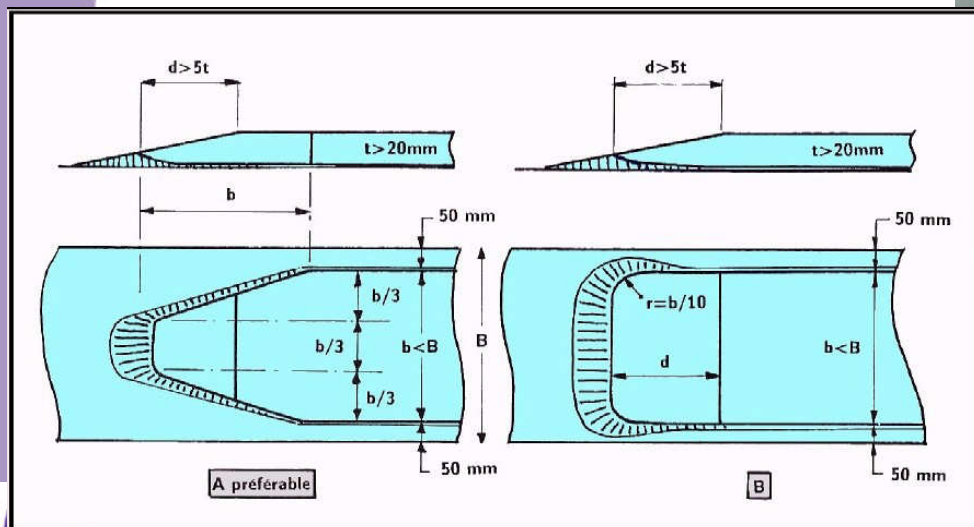
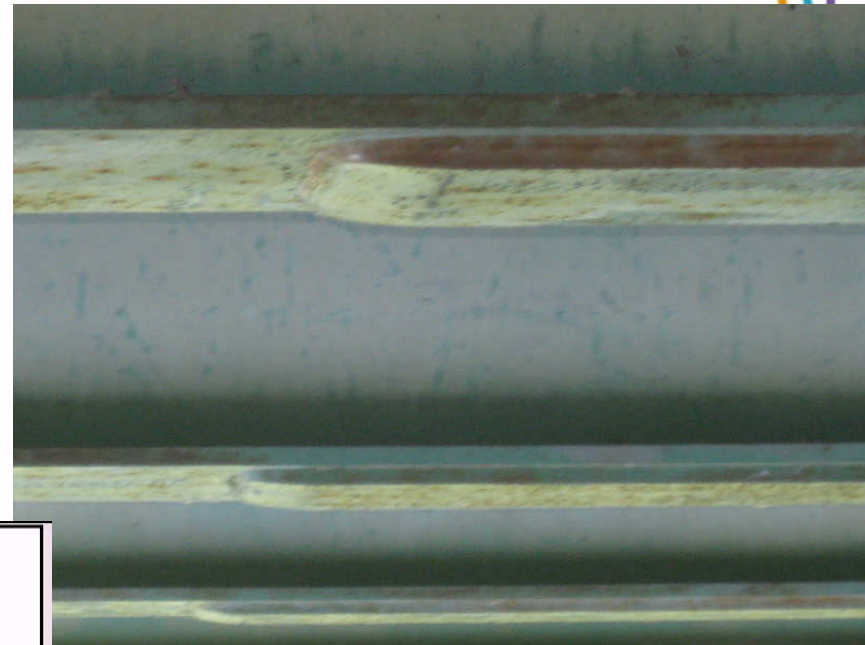


PONTS DU DANCOURT

Renforcements définis avec le Sétra

Semelles additionnelles du type B.

Le Cété de l'Est avait d'abord prévu de les prolonger sur tout le pont au-delà de leurs extrémités;

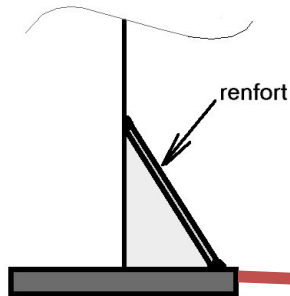


Il est difficile sous le pont :

- d'amener les segments
- de les fixer sous la semelle
- de les rabouter
- de les souder au plafond

PONTS DU DANCOURT

**Renforcements définis avec le Sétra
tôle inclinée à l'extérieur des poutres de rive**

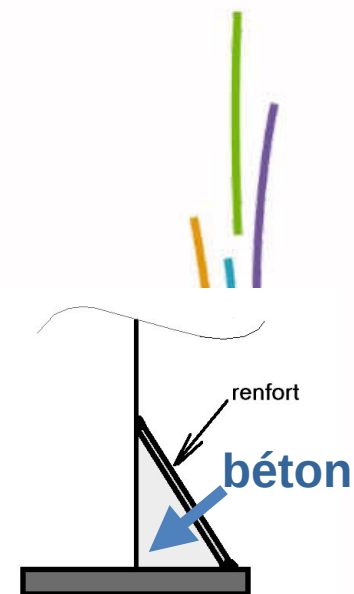


Déjà employé dans des projets par J. Berthelley
Ponts à Strasbourg réalisé par Richard-Ducros.

**Efficace vis-à-vis des chocs
de véhicules hors-gabarits**

PONTS DU DANCOURT

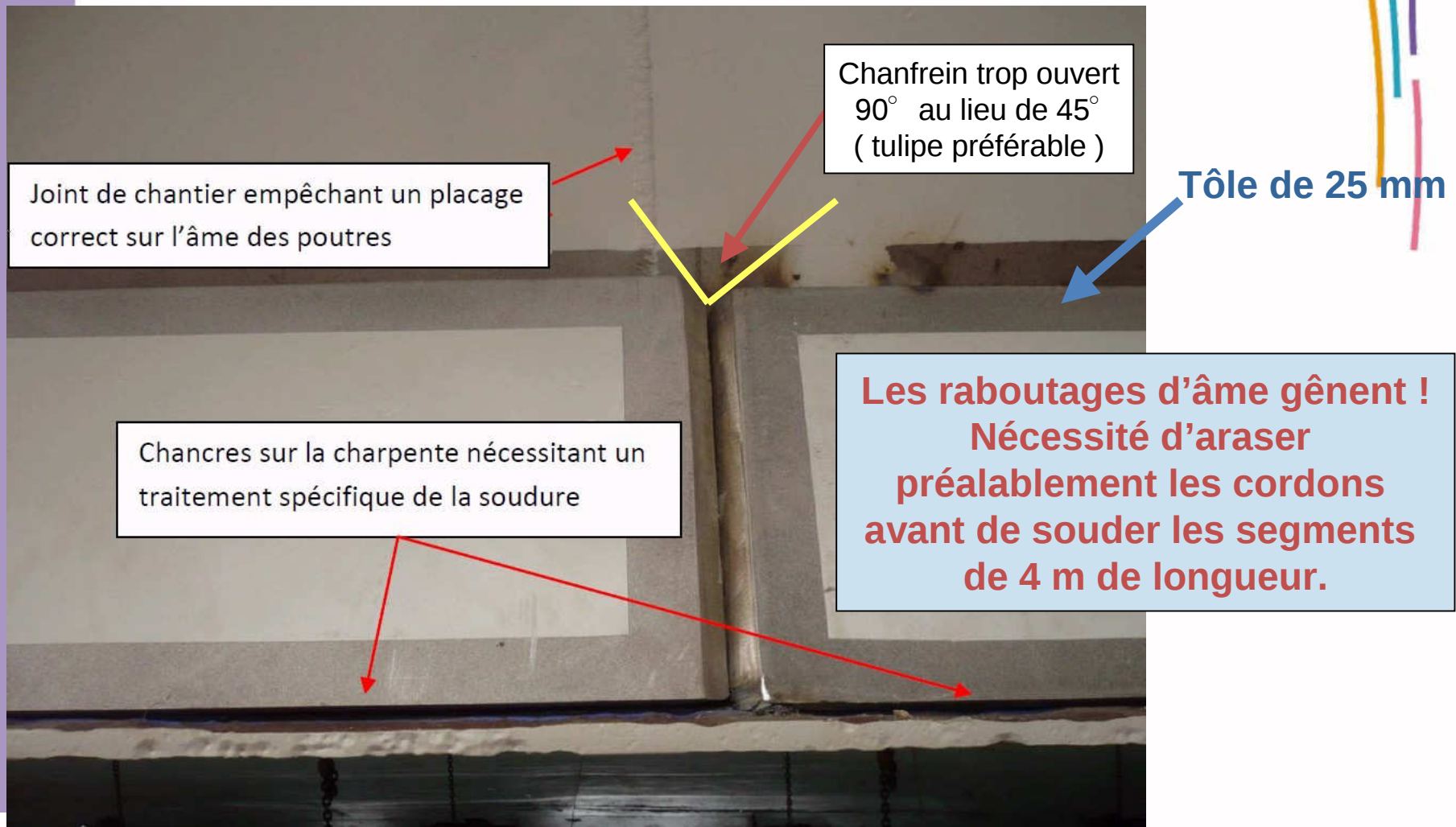
Autre exemple de tôle inclinée à l'extérieur des poutres de rive
Réalisation Berthold mars 2012



PONTS DU DANCOURT

pont n° 1 Problèmes initiaux de chantier (août 2011)

Priorité au raboutage des segments avant soudure longitudinale



PONTS DU DANCOURT

Ouvertures d'un plan de laminage (septembre 2011)



Les US ont montré que la profondeur des fissures ne dépasse pas 40 mm.

- Obturer la fissure par un cordon de soudure mince ($a \leq 5\text{mm}$) en allant au-delà de la zone détectée aux US (300 mm de marge)
- Refermer l'interstice pour y stopper la corrosion en empêchant le renouvellement de l'oxygène.

L'inspection complète de l'ouvrage (visuelle + US) a révélé plusieurs fissures règnant sur des longueurs de 1m environ jusqu'à 4m pour la plus longue.

LRPC de NANCY

PONTS DU DANCOURT

Ouvertures d'un plan de laminage (septembre 2011)



Fissure lors de la détection
Photo LRPC de Nancy



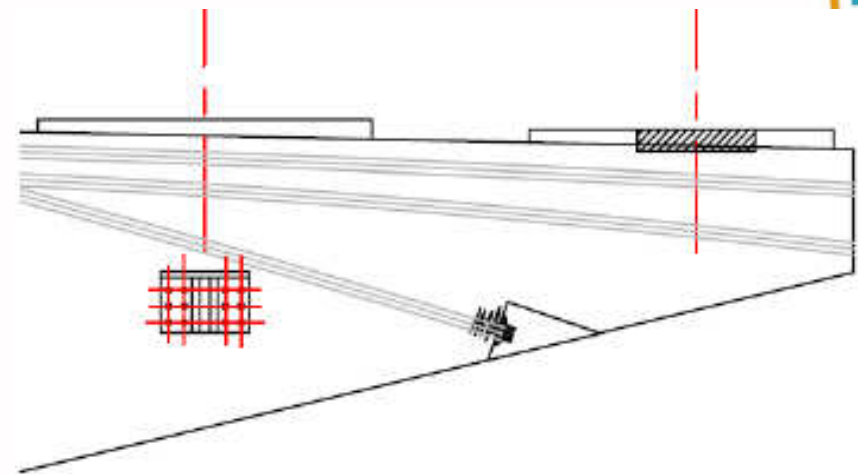
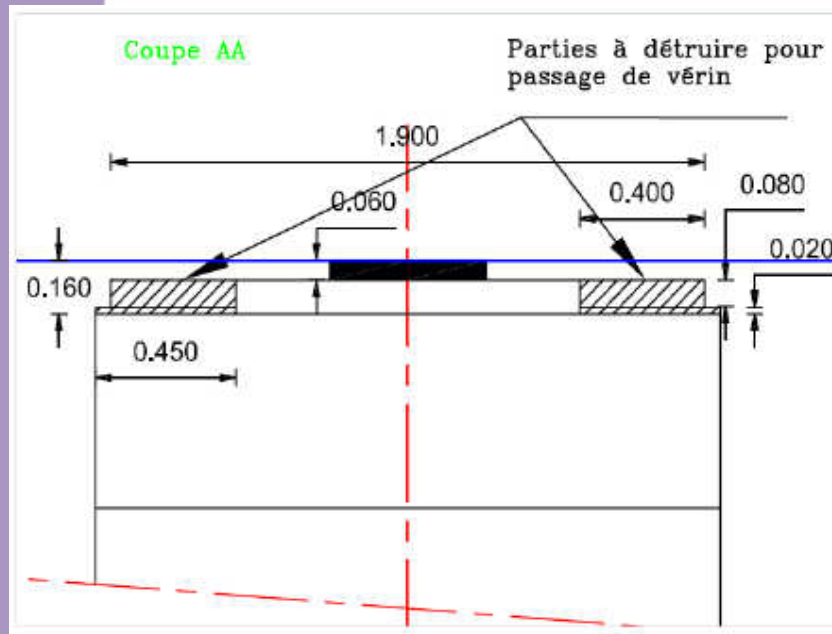
Fissure après son obturation

Il s'agit en fait de défauts d'origine lors de l'élaboration de la tôle dans le quarto de laminage. Elles sont limitées à la zone du chant. La soudure de la tôle additionnelle inclinée ne fait que les révéler.

PONTS DU DANCOURT

Remplacement des appareils d'appui sur piles

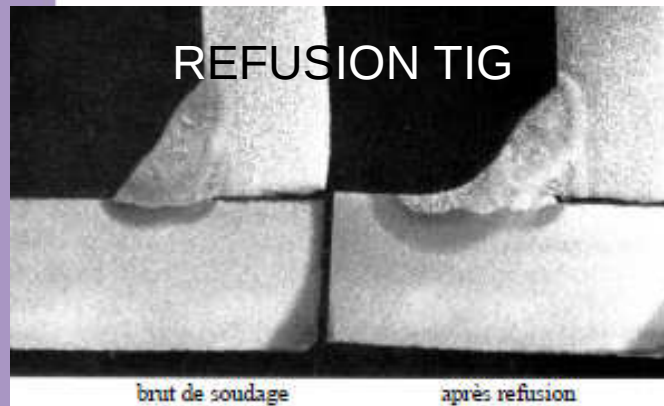
(Étude du Cete de l'Est – janvier 2009)



Vérinage à partir des chevêtres précontraints sous poutres principales
par reprise des bossages (poutres de rive)
ou mise en place de consoles de vérinage (poutres intermédiaires),
avec soudage de raidisseurs

PONTS DU DANCOURT

REFUSION TIG



Sur un ouvrage ancien, il ne faut pas opposer la REFUSION TIG et le MARTELAGE qui n'est envisageable qu'après une soigneuse régularisation de la géométrie par REFUSION TIG

Les ponts du Dancourt (1971) sont déjà équipés des goussets arrondis prévus dans les Eurocodes.

Il suffit de régulariser leur géométrie et d'effacer le compteur de cycles de fatigue

PONTS DU DANCOURT

REFUSION TIG

Le besoin de cartographier la zone à traiter s'est fait ressentir.



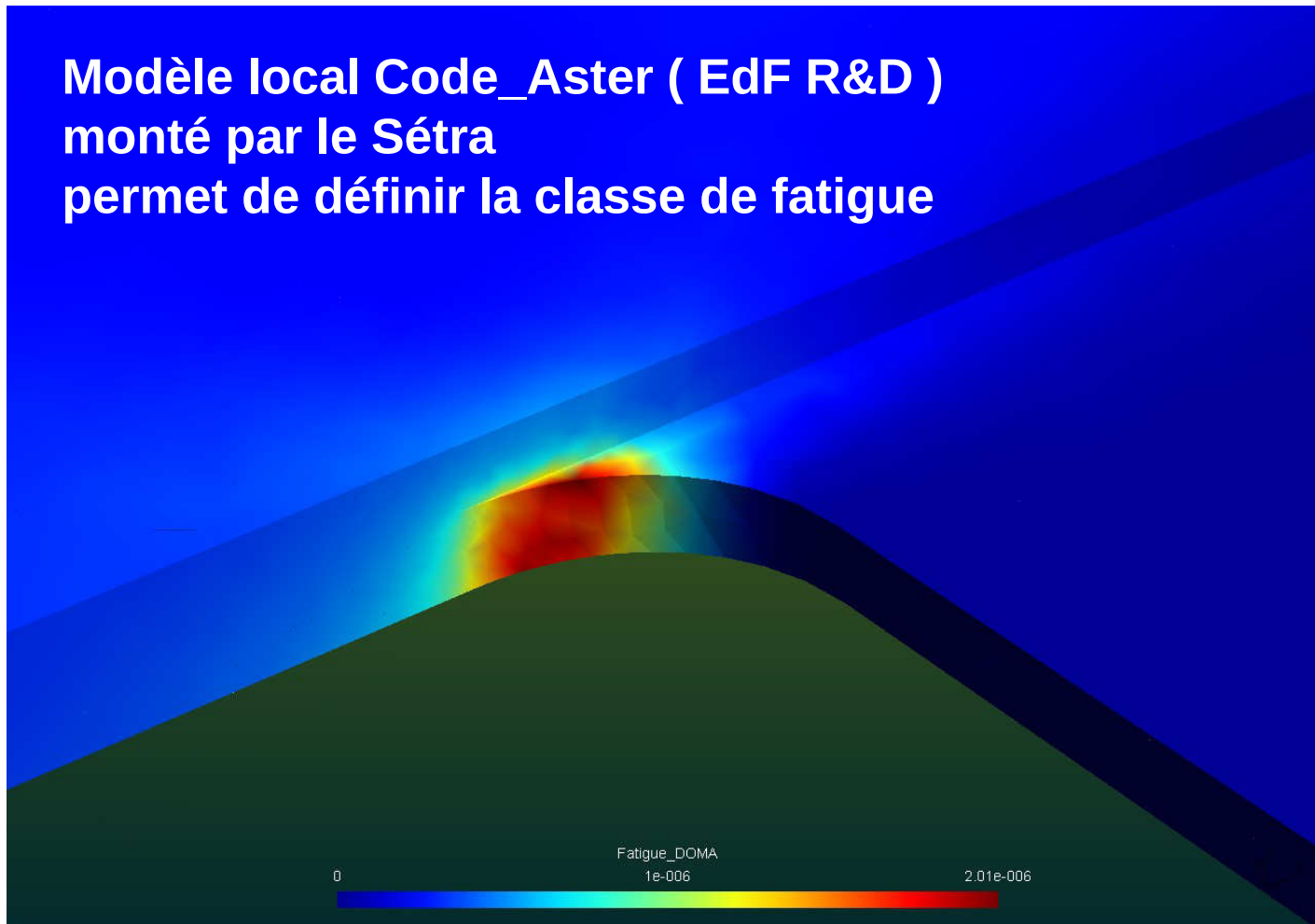
Gousset du pont du
Dancourt



PONTS DU DANCOURT

REFUSION TIG

Modèle local Code_Aster (EdF R&D)
monté par le Sétra
permet de définir la classe de fatigue



Gousset du pont du Dancourt (cas $r = 42 \text{ mm}$) : classe 60 avant TIG

PONTS DU DANCOURT

REFUSION TIG : mise en œuvre



PONTS DU DANCOURT

Expertise de la protection anti-corrosion (LRPC de Nancy)

- Reconnaissance du système de protection anti-corrosion (juin 2008)
 - Analyse chimique des matériaux : présence de minium de plomb et de chrome, absence d'amiante
 - **PRIORITÉ à l'Hygiène et Sécurité / Protection du Personnel !**
- Essais de décapage et d'avivage préalables par entreprise spécialisée (avril 2009)

**Décision : option innovante mixte de décapage / avivage
PLUS ÉCOMOMIQUE QUE LE DÉCAPAGE COMPLET**

- Décapage complet (20% de la surface) : poutres de rive et zones sur culées
- Avivage (80% de la surface) : poutres intermédiaires et sous-face de la tôle de la dalle « Robinson »

→ en définitive 30% / 70% sur le premier pont

PONTS DU DANCOURT

Essais de décapage préalable



Noeud central sur culée Sedan entre
poutre 2 et 3 : avant, après avivage et
après décapage



Avivage

Décapage



PONTS DU DANCOURT

Un chantier pilote après l'expérience de la Mulatière



Vestiaires et consignes strictes d'hygiène et sécurité

Échafaudage,
Confinements
pour la Meuse ...



... et ventilation pour les ouvriers et l'équipe de MO !

PONTS DU DANCOURT

Fibres de Carbone à haut module élastique 400 000 MPa

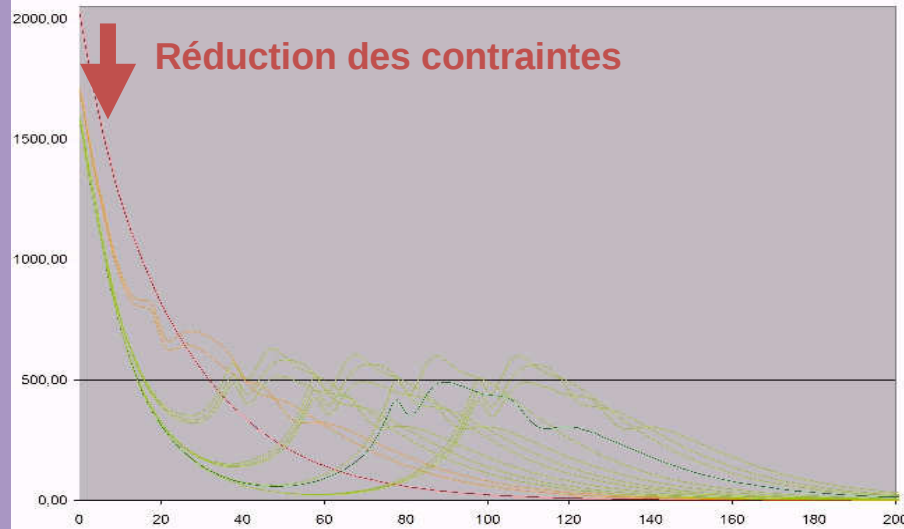
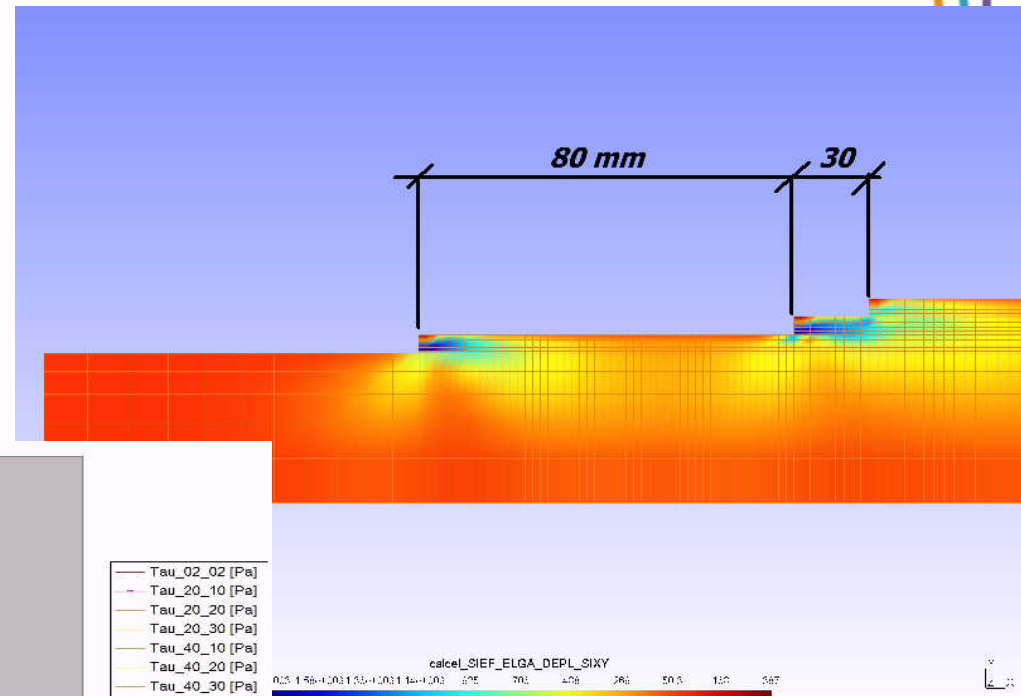
**Prévues si nécessaire aux extrémités
des semelles additionnelles**



PONTS DU DANCOURT

Modèle local Code_Aster (EdF R&D)
monté par le Sétra (F. Rizard)

Trois strates de fibres
de carbone



Optimise
les longueurs
des 3 strates

PONTS DU DANCOURT

**Mise en œuvre des lamelles de fibres de carbone CarboDur (SIKA)
avec l'adhésif Sikadur®-30**



REMISE EN ÉTAT DES PONTS DU DANCOURT ***des techniques innovantes*** **Programme des travaux**

1) Réparation

- Remplacement des appareils d'appui sur piles (avec renforcement local de la charpente métallique)
- Injection des fissures sur murs de culées, réalisation de perrés côté Charleville
- Suppression des dispositifs de mine (trous d'homme de la dalle, boîtes et raidisseurs inclinés sur les âmes des poutres).

2) Entretien spécialisé

- Réfection de la protection anti-corrosion : décapage (zones corrodées) et avivage (récupération de la couche primaire existante)
- Remplacement des garde-corps, des glissières côté BAU par des barrières BN5 sur longrines non ancrées, et des glissières côté TPC par des GS2 sur longrines ancrées
- Réfection localisée de la chape d'étanchéité
Réfection de la couche de roulement
- Remplacement des joints de chaussée

REMISE EN ÉTAT DES PONTS DU DANCOURT *des techniques innovantes*

Contraintes d'exploitation

- **Voies portées** : 28 000 véh/j (TMJA)
+ 2 phases distinctes: travaux par tablier et menés simultanément au-dessus (superstructures) et en-dessous (peinture, métal)
→ Basculement de circulation (intégrant le PI14 et le PI16)
- **Voies franchies** : La Meuse n'est pas navigable au droit des ponts
→ Pas de contrainte pour la mise en œuvre d'un échafaudage sous l'ouvrage mais disposition de protection de l'environnement à prendre pour récupérer les matières dangereuses (abrasifs issus du décapage) :
échafaudage étanche !

REMISE EN ÉTAT DES PONTS DU DANCOURT ***des techniques innovantes***

Marché de réparation

- Maîtrise d'œuvre des études : DIR Nord/SPT/GOA et Cété de l'Est
- Délais :
 - Période de préparation : 60 jours
 - Exécution des travaux : 10 mois
- Critères de jugement des offres :
 - Valeur technique = 40 % jugé notamment sur les méthodologies de conception et de mise en place de l'échafaudage étanche, de mise en place des tôles inclinées et des fibres de carbone, de remplacement des appareils d'appui, de réalisation du parachèvement des assemblages,...
 - Prix = 60 %

REMISE EN ÉTAT DES PONTS DU DANCOURT ***des techniques innovantes***

Marché de réparation

- Marché publié le 4 mars 2010
- Remise des offres le 16 avril 2010
- 3 offres reçues

→ **Notification du marché le 26 novembre 2010 au
groupement Est-Ouvrages/CHIARIZIA/MASCI**

**Entreprise générale de génie civil
+ peintres**

REMISE EN ÉTAT DES PONTS DU DANCOURT des techniques innovantes

Organisation MOA/MOE

- Maîtrise d'œuvre des études : DIR Nord/SPT/GOA et Cété de l'Est
- Maîtrise d'œuvre des travaux : DIR Nord/SIR Est (Reims)
+ DIR Nord/District Reims-Ardenne
- Contrôle extérieur :
 - Peinture + soudure + refusion (goussets) :
LRPC Nancy et LRPC Strasbourg
 - Fibre de carbone : LRPC Autun
 - Appareils d'appui : Cété de l'Est
 - Étanchéité + béton : LRPC Saint-Quentin
- Conseils Sétra

Remerciements pour les contributions à la présentation

REMISE EN ÉTAT DES PONTS DU DANCOURT

