

JOURNÉE TECHNIQUE :

Les BFUP en réhabilitation d'ouvrages de génie civil

Réparation, renforcement et protection d'ouvrages
Exemples d'applications

Alain SIMON - ÆVIA

PIARC France
ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE
COMITÉ FRANÇAIS

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral des routes OFROU

IMGC

La reproduction des images issues de cette présentation est libre de droits uniquement pour de courtes citations à usage scientifique, de recherche ou pédagogique

Réparation, renforcement et protection d'ouvrages

Exemples d'applications

Pourquoi utiliser du BFUP en réhabilitation d'ouvrages de génie-civil ?
Qu'apporte ce type de matériau ?

- **Protéger l'existant**
  - résistance à la pénétration d'agents agressifs (compacité, porosité, perméabilité…)
  - résistance aux chocs, aux impacts (propriétés mécaniques, fibres…)
  - résistance à l'abrasion, à l'usure (compacité, fibres, sables, granulats…)
  - …
- **Réduire les contraintes dans l'existant**
  - drainage des efforts (module d'Young)
  - déplacement du centre de gravité (module d'Young)
  - performances mécaniques élevées (compression, traction, cisaillement…)
  - …
- **Augmenter les capacités de l'existant**
  - performances mécaniques élevées (compression, traction, cisaillement…)
  - drainage des efforts (module d'Young)
  - résistance au feu (sables, granulats, cocktail de fibres…)
  - …

Renforcement et protection de piles / piliers / poteaux

Viaduc de Valabres (06)

MOA:	Conseil Départemental 06
MOE:	Services Techniques du CD 06
Entreprise:	Eiffage TP
BFUP:	BSI gris Ca type S C150/165 FM RM2
Problématique:	abrasion et chocs





BFUP

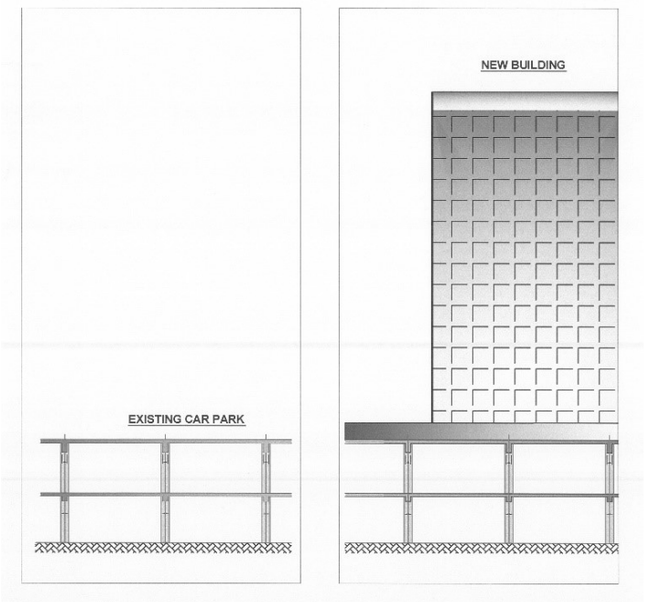




Renforcement et protection de piles / piliers / poteaux

Parking Méditerranée à Perpignan (66)

MOA:	SCI Castillet
MOE:	F. Fontes + J. Outier
Entreprise:	Eiffage Construction
BFUP:	BSI gris Ca type S C150/165 FM
Problématique:	descente de charges / exigüité



Avant Après







BFUP

Renforcement et protection de piles / piliers / poteaux

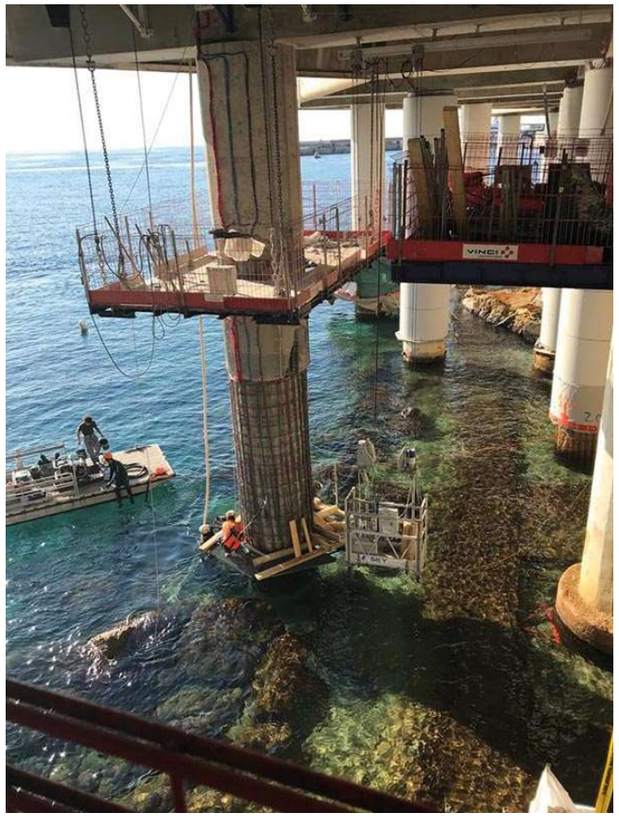
Piliers des Spélugues à Monaco

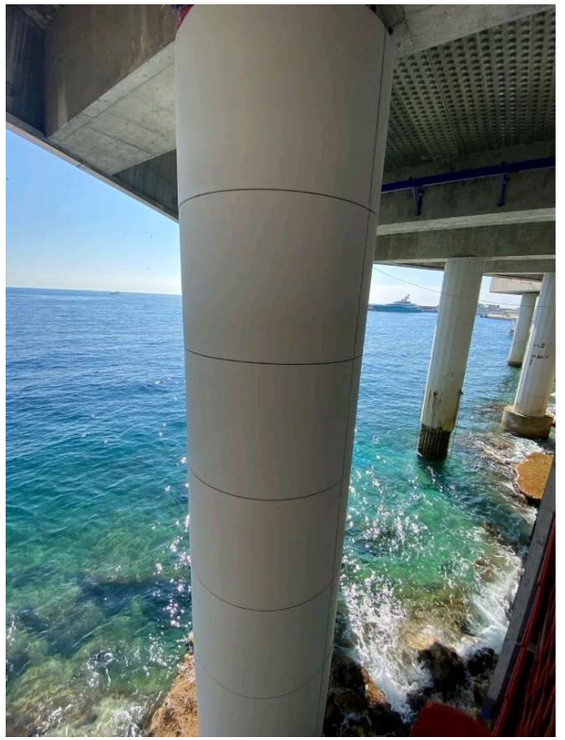
MOA:	Principauté de Monaco
MOE:	Arcadis
Entreprise:	Vinci Construction Monaco
Préfabrication:	Méditerranée Préfabrication
BFUP:	BSI blanc Ca type Z C130/145 FI
Problématique:	corrosion des aciers / marnage





BFUP





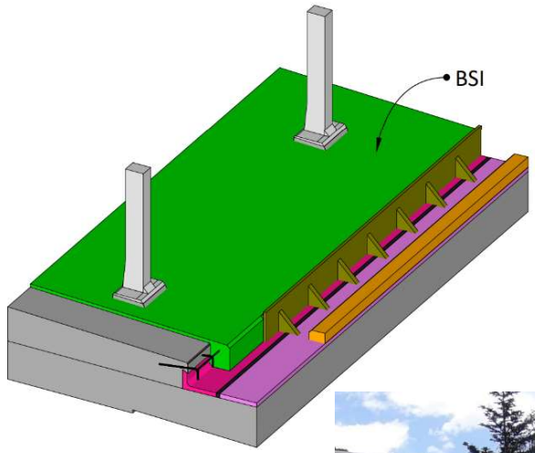
Photos Vinci Construction Monaco

Protection de tabliers de ponts

Viaduc de Fourneaux (73)



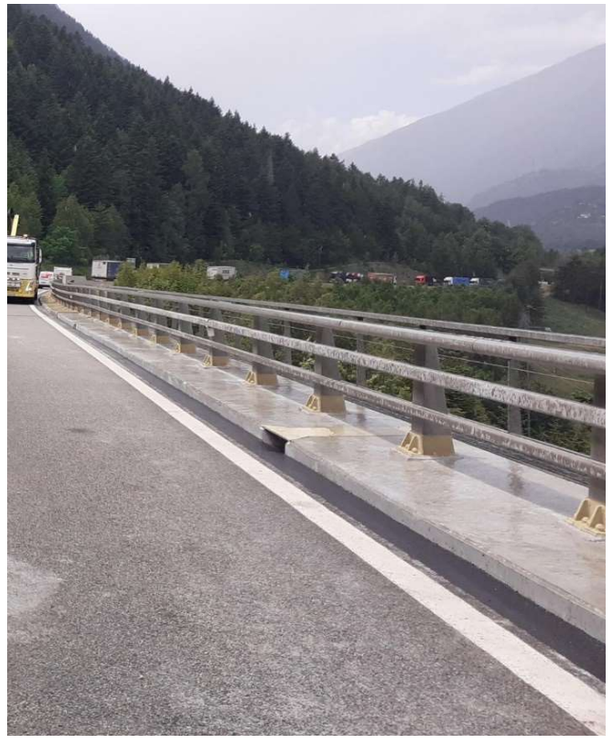




BFUP



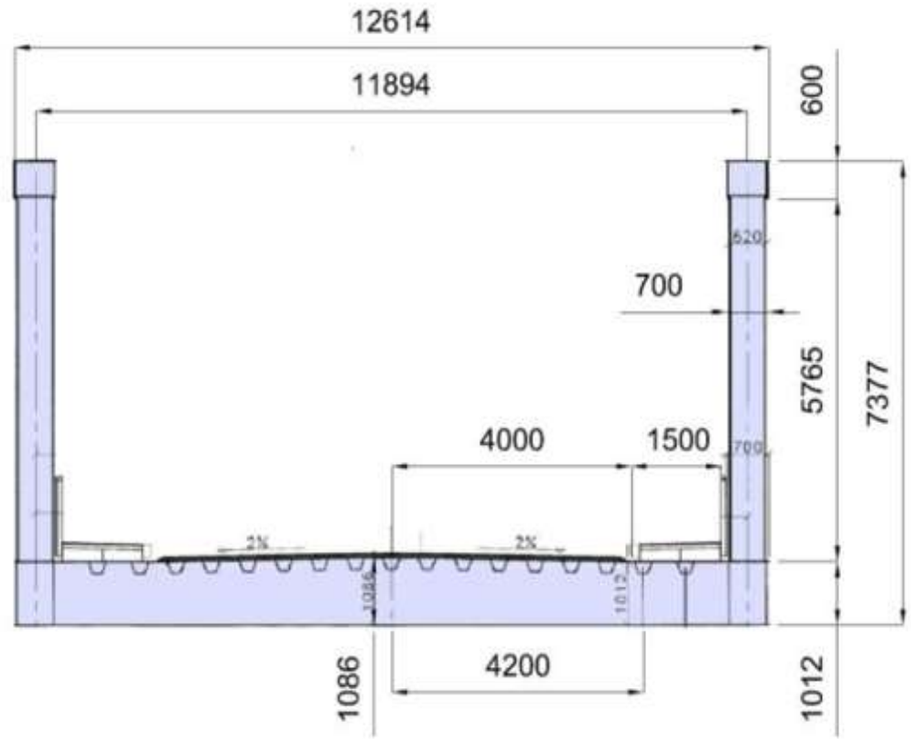
MOA: SFTRF
MOE: Services Techniques SFTRF
Entreprise: ÆVIA
BFUP: BSI gris Ct type S C150/165 FM
Problématique: sels de déverglaçage / chasse-neige



Renforcement de tabliers de ponts

Pont d'Illzach (68)

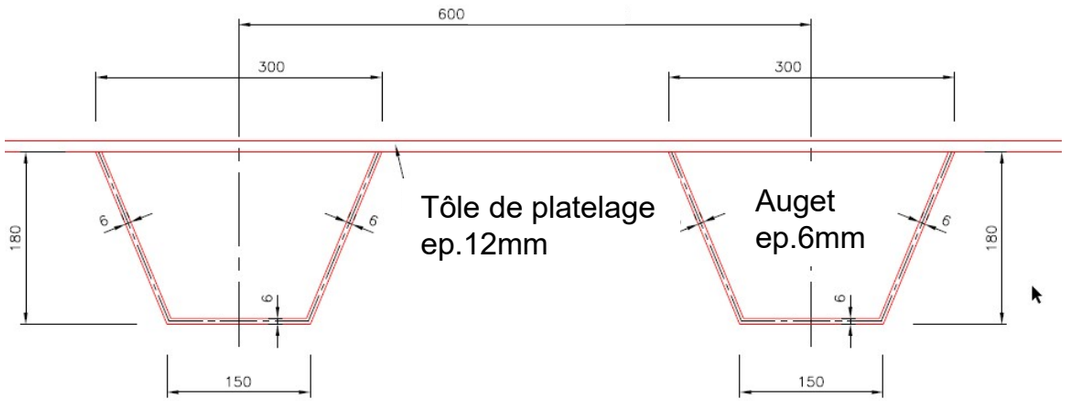


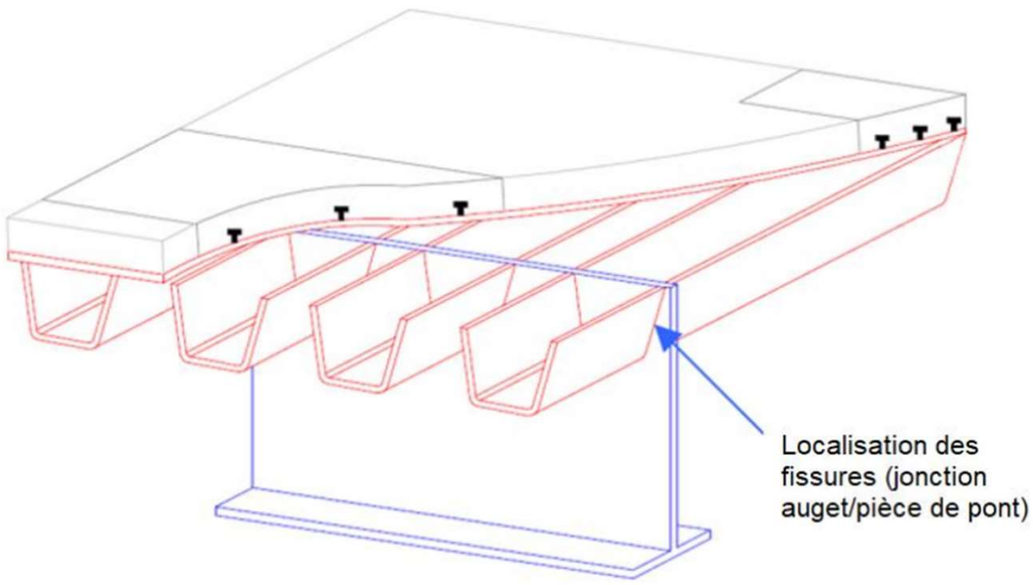


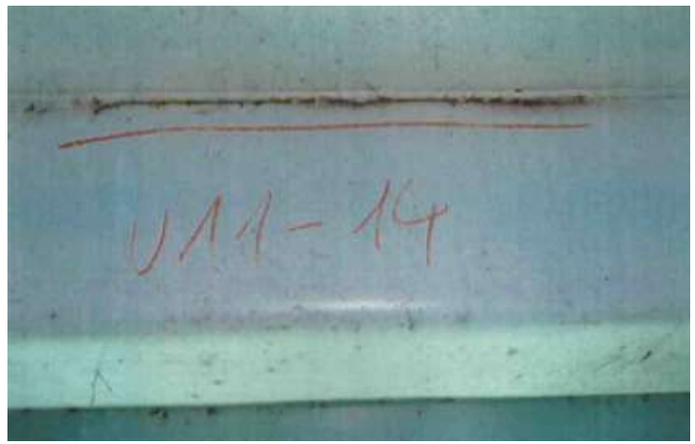
Type de pont:	à poutres latérales de type Warren
Construction:	1970
MOA:	CD 68 (Haut Rhin)
Portée:	106m
Largeur utile:	11m
Problématique:	fissuration de fatigue au niveau des augets

Renforcement de tabliers de ponts

Pont d'Illzach (68)







Fissure longitudinale à la jonction tôle de platelage / auget



Fissures transversales à la jonction augets / pièce de pont

Renforcement de tabliers de ponts

Pont d'Illzach (68)

La solution de renforcement consiste à remplacer les 80mm d'enrobés en place par 50mm de BFUP connecté à la tôle de platelage.

On passe de 80mm de poids morts à 50mm de section résistante supplémentaire.

La connexion du BFUP permet de relever la position du centre de gravité de la section désormais mixte acier/BFUP. Le diagramme des contraintes est alors modifié et elles diminuent fortement au niveau des zones fissurées (Fig. 1)

La couche de BFUP connecté augmente également la rigidité transversale du tablier: cela conduit à une meilleure répartition transversale des sollicitations sur les différents augets (Fig. 2)

Au final, la diminution des contraintes a permis la préservation de l'ouvrage et un allongement de sa durée de vie.

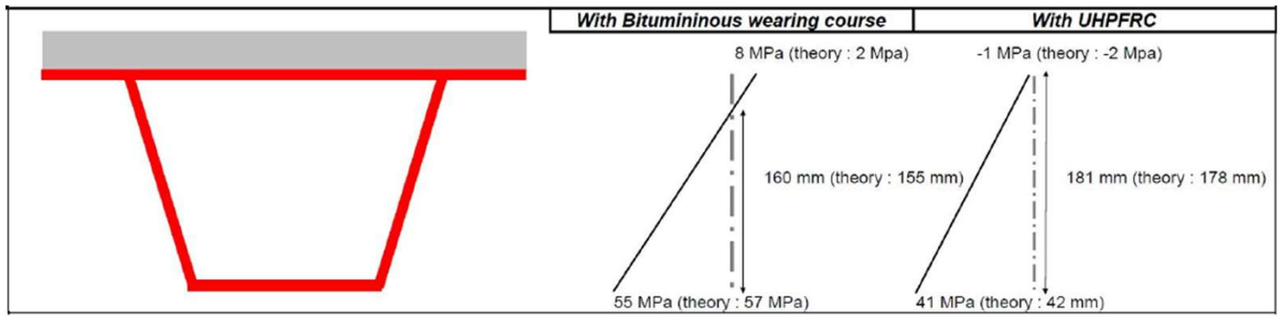


Fig. 1 – Relevage de 20cm du centre de gravité de la section transversale

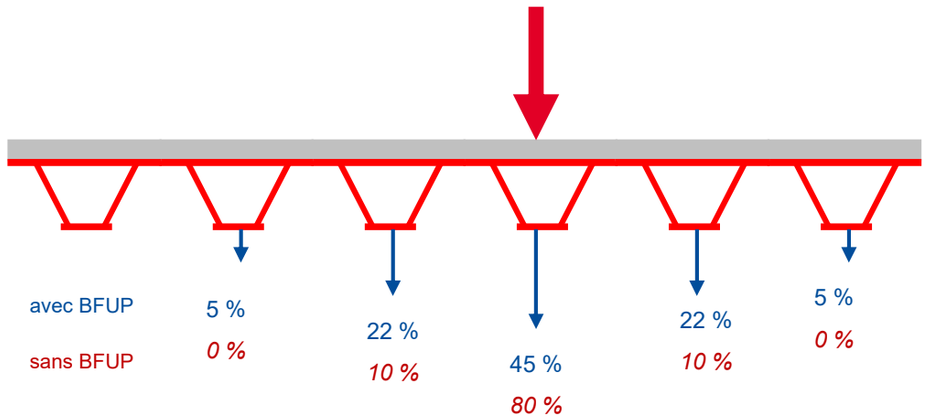
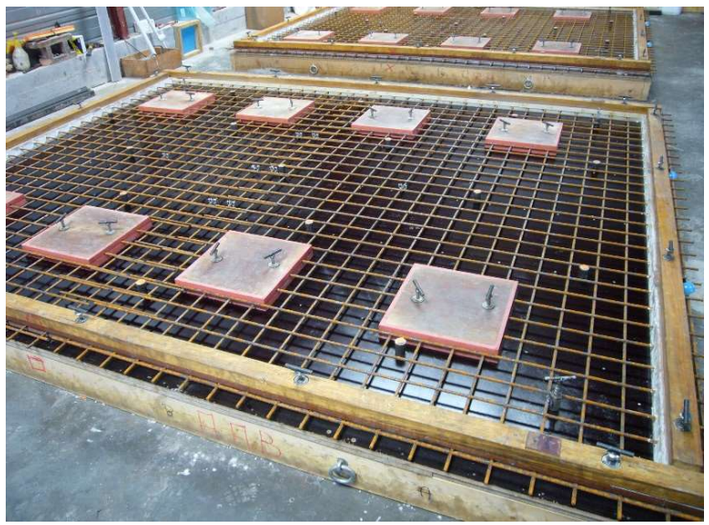


Fig. 2 – Répartition transversale des sollicitations

Renforcement de tabliers de ponts

Pont d'Illzach (68)

MOE:	Cerema
Entreprise:	Eiffage TP
Préfabrication:	AAB
BFUP:	BSI gris Ca type S C150/165 FM







Préfabrication de 66 dalles en usine, de dimensions 3.45m x 2.70m x 0.05m, mise en œuvre des bandes de joints compressibles en sous-face.

Renforcement de tabliers de ponts

Pont d'Illzach (68)



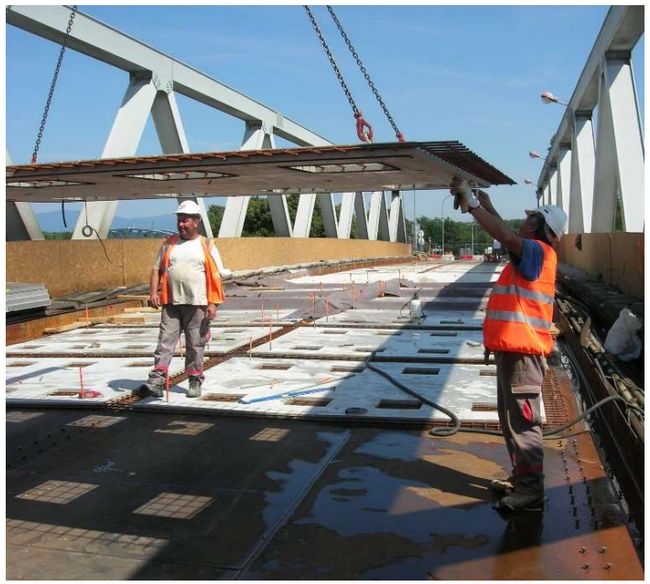


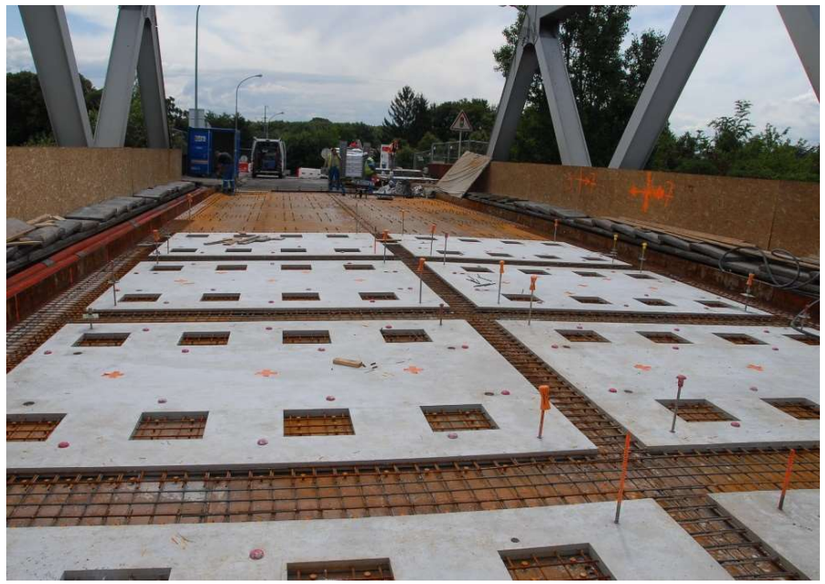


Préparation du tablier: rabotage/décapage de la chaussée, soudage des goujons Nelson (Φ = 13mm / H = 25mm) au droit des futures bandes et fenêtres de clavage.

Renforcement de tabliers de ponts

Pont d’Illzach (68)







Mise en place des dalles préfabriquées à la grue mobile, bétonnage à la benne Secatol des bandes et des fenêtres de clavage avec le même BFUP que les dalles préfabriquées, cure et protection du béton frais.

Renforcement de tabliers de ponts

Pont d’Illzach (68)







Injection gravitaire de l’espace BFUP / tôle de platelage au coulis de ciment, mise en œuvre de la couche de roulement (1cm de résine gravillonnée) et réalisation des épreuves de chargement avec suivi des variations de contraintes dans la structure (diagrammes de Navier).

Renforcement de tabliers de ponts

Pont d'Illzach (68)



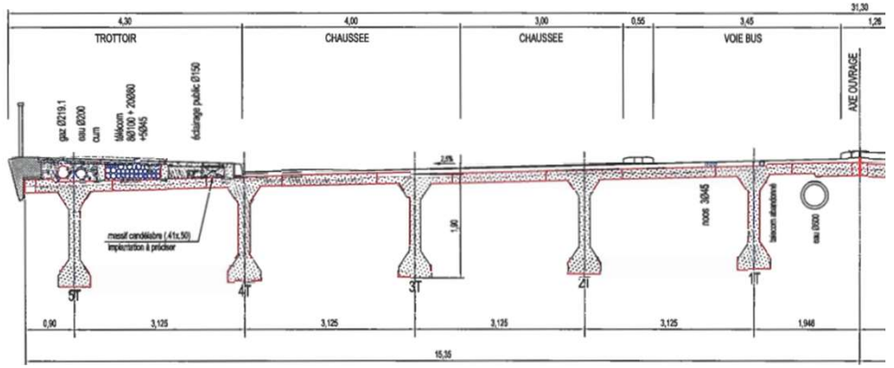


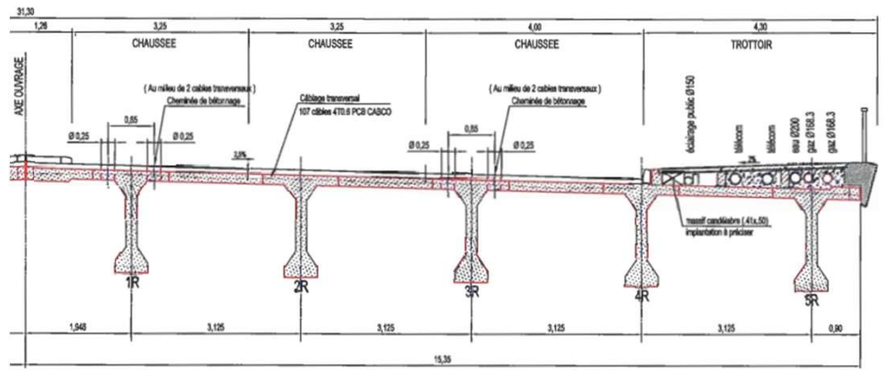
Travaux de renforcement terminés, ouvrage en service.
Les contrôles réalisés sur 10 ans par le Cerema, ont confirmé l'efficacité du renforcement sur la structure, avec une stabilité au niveau des diagrammes de Navier et de la fissuration.

Renforcement de tabliers de ponts

Pont sur l'Huisne au Mans (72)



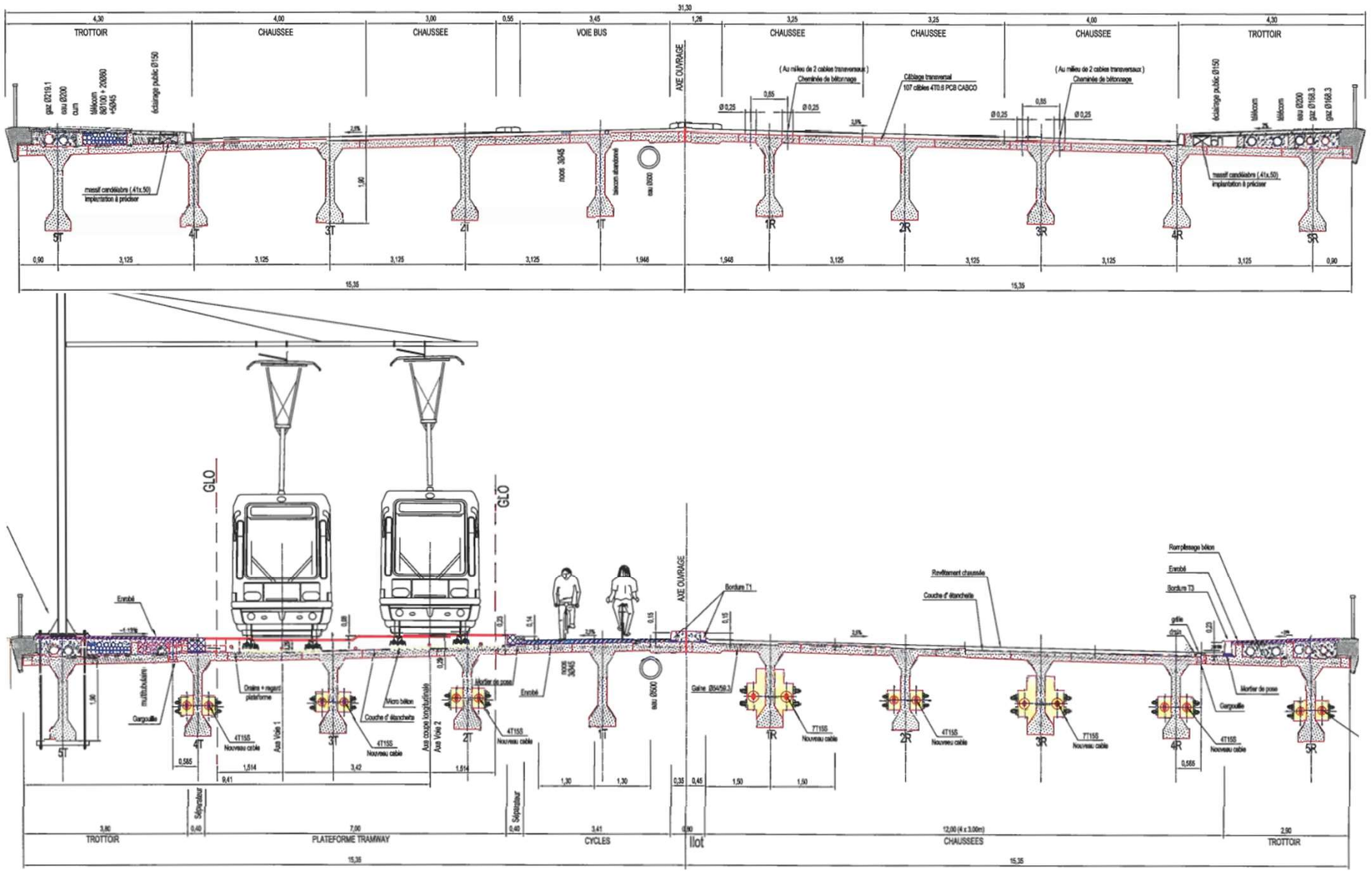




Type de pont:	double VIPP, constitué de 2x5 poutres précontraintes
Construction:	1976
MOA:	Le Mans Métropole
Portée:	2 travées indépendantes de 31.60m
Largeur:	31m
Problématique:	nouvel usage avec charges d'exploitation plus élevées

Renforcement de tabliers de ponts

Pont sur l'Huisne au Mans (72)



Configuration initiale:

- 1 trottoir
- 1 chaussée 2 voies
- 1 voie de bus
- 1 chaussée 3 voies
- 1 trottoir

Renforcement par précontrainte additionnelle

Configuration nouvelle:

- 1 trottoir
- 2 voies de tramway
- 1 piste cyclable
- 1 chaussée 4 voies
- 1 trottoir

Renforcement de tabliers de ponts

Pont sur l'Huisne au Mans (72)

Pour permettre au tablier de supporter les nouvelles charges d'exploitation, la solution de renforcement consiste à mettre en œuvre une précontrainte longitudinale additionnelle, constituée de 2 câbles 4T15s ou 7T15s par poutre, selon les poutres.

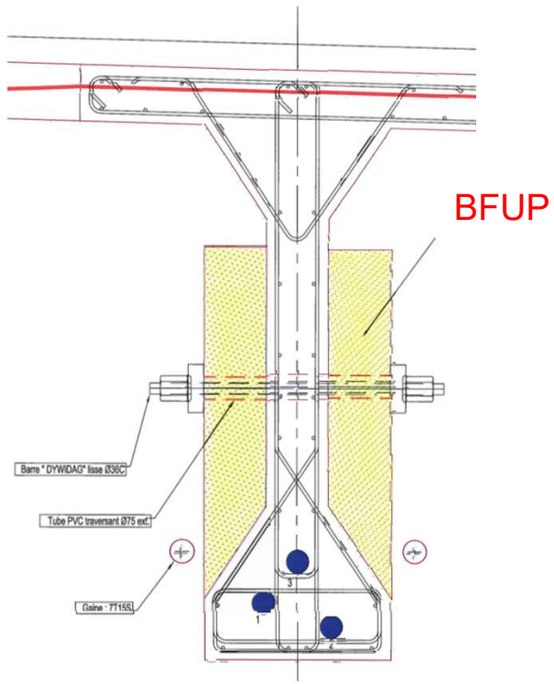
Mais compte-tenu de sa modeste résistance en compression, **le béton de l'ouvrage n'est pas capable de supporter les contraintes supplémentaires engendrées par la nouvelle précontrainte**.

Imaginons des joues en BFUP de 20cm, coulées de part et d'autre d'une poutre d'origine, de 20cm aussi, on obtient:
$S_{add} = 2 \times S_o$

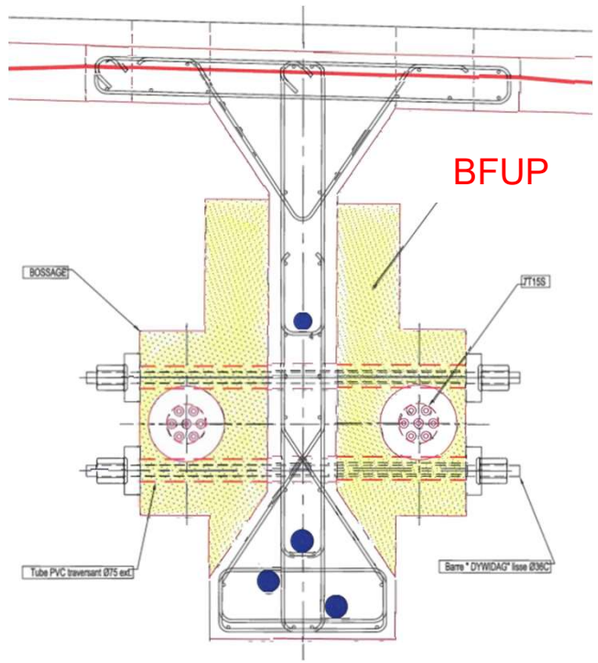
En utilisant un BFUP dont le module de déformation est 2 fois supérieur à celui du béton d'origine, on a:
$E_{add}.S_{add} = 4 \times E_o.S_o$

Au final l'effort de précontrainte va se répartir pour 1/5 dans le béton d'origine et pour 4/5 dans le BFUP, ce que lui permettent ses propriétés mécaniques. C'est ce principe qui a été appliqué.

Coupe courante



Coupe au droit d'un ancrage



Renforcement de tabliers de ponts

Pont sur l'Huisne au Mans (72)

MOE:	Groupement STAU
Entreprise:	Eiffage TP
BFUP:	BSI gris Ca type S C150/165 FM







Mise en place des coffrages le long des poutres. Confection du BFUP depuis le tablier, au moyen de 2 malaxeurs pour assurer une continuité de la production (≈10m^3/j). Bétonnage à la benne au travers de carottages Φ200mm réalisés dans le hourdis.

Renforcement de tabliers de ponts

Pont sur l'Huisne au Mans (72)







Mise en œuvre du BFUP. Après montée en résistance du BFUP, mise en tension des barres de précontrainte. Mise en œuvre des bandes de renforts composites. Mise en tension et injection de la précontrainte longitudinale additionnelle. Retrait des moyens d'accès.

Renforcement de tabliers de ponts

Pont sur l’Huisne au Mans (72)







Photo Ouest France

Travaux de renforcement terminés, ouvrage en service.

Merci de votre attention