BFUP en travaux de renforcement et/ou d'étanchéité :
Projets BFUP APRR A6 et A36

APRR : Romain Pittet
Chef de Département Gestion du Patrimoine

AFGC
Association Française de Génie Civil

APRR AREA

L'idée du BFUP sur ouvrage : le REX Suisse

- **Colloque Le Pont 2017 à Toulouse : Présentation Eugen Bruehwiler de l'EPFL**

1ere application CFUP en 2004

Les projets BFUP APRR sur ouvrage

- **Problème de sécurité pour les clients de l'autoroute A36 en lien avec la chaussée**
- **Amélioration de la sécurité des clients et de l'impact environnemental sur A6**

A36 : Viaduc du Conseiller DABERT

A6 : Viaduc de Pont d'Ouche

Les projets BFUP APRR en détails

Etanchéité* = Réduction de la perméabilité

- **Une conception spécifique à chaque ouvrage**

Projet BFUP A36

AVANT APRES

Projet BFUP A6

AVANT APRES

Les projets BFUP APRR en détails

- **Des joints de reprise spécifique issue du cahier technique SIA 2052**

Projet BFUP A36

Joint BFUP Longrine

Joint BFUP Section courante

Vue en plan du tablier

Projet BFUP A6

Joint BFUP Longrine

Joint BFUP Section courante

Le Comité Technique BFUP APRR

- **Un comité d'experts créé en juillet 2020 pour challenger les projets BFUP**

Comité Technique BFUP

François Toutlemonde — Université Gustave Eiffel

Pierre Marchand
Grégory Généreux
Christophe Aubagnac — Cerema (Autun, Paris, Aix en Provence)

Eugen Bruhwiler — EPFL

Benjamin Simian — INGÉROP

Adrien Roibet — IXO

Adrien Houel et Didier Germain — Ministère chargé des transports

Jean-Luc Dabert, Romain Pittet — APRR

Protocole Expérimental et de Suivi

Dalle d'essai de mise en œuvre

Convenances BFUP
Mise en œuvre
Calibrage des critères
Tests d'étanchéité
Instrumentation

Poutres d'essai Pull-Out*

Calibrage des critères
Adhérence du BFUP
Cisaillement interface
Non fendage du BFUP

Dalle de vieillissement

Evolutions visuelles
Essais mécaniques
Propriétés intrinsèques
Comportement chimique
Evolution interface

*Projet A6 uniquement

Le Comité Technique BFUP APRR

- **Une normalisation française et des paramètres spécifiques en Suisse**

SIA 2052	Normes NF P 18-470 et NF P 18-451	Exigences complémentaires
CFUP écrouissant UB Dosage en fibres supérieur à 3% Palier écrouissant de 2 à 3 ‰ Résistance en traction > 10 MPa	Comportement Traction : T2 ou T3 Limite post fissuration > 10 MPa Améliorations Dp+ et Dc+	Limitation de la traction : 1 ‰ retenu au CCTP Palier écrouissant : 2 à 3 ‰ retenu au CCTP
Joints de reprise BFUP Enrobage réduit des aciers Taux d'aciers de 2,4% minimum Préparation spécifique	Enrobage limité Humidification du support à refus Macrorugosité des supports	Microrugosité des supports
Préparation des supports Macro et microrugosité du béton Microrugosité du BFUP Humidification à refus	Humidification du support à refus Macrorugosité des supports	Microrugosité des supports

Les enjeux des projets BFUP APRR

- **Des enjeux forts sur le BFUP et sa mise en œuvre**

REX dalles d'essai

Performances et critères pour chantier

Adhérence BFUP/Béton > 1,5 MPa

Macrorugosité et microrugosité à vérifier sur site suite à l'hydrodémolition

Adhérence Enrobé/BFUP

Microrugosité à vérifier sur site suite à l'hydrodécapage

Dosage de l'imprégnation

Contrôles sur chantier Points d'arrêt des opération

Les enjeux des projets BFUP APRR

- **Des enjeux forts sur le BFUP et sa mise en œuvre**

REX dalles d'essai

Performances et critères pour chantier

Etanchéité* des joints

Assurer :
120 mm de recouvrement BFUP
12 fois le diamètre d'acier de couture pour la longueur d'ancrage

Adhérence des joints

Assurer une rugosité de support sur le BFUP de 1er phase

Insérer des aciers de couture avec un taux minimal de 2,4%

Contrôles sur chantier Points d'arrêt des opération

Les enjeux des projets BFUP APRR

- **Des très bons retours d'expérience du protocole expérimental**

REX Mise en eau

Aucune venue d'eau détectée
Pas de trace d'humidité en sous-face du béton

REX Poutres d'essai*

Rupture de la poutre après 12T sur HA25 et 13T sur HA16
Aucun fendage du BFUP observée jusqu'à la rupture

Les projets BFUP APRR en images

- **La production du BFUP**

Projet BFUP A36

Production Hourdis et Longrine

Projet BFUP A6

Production Hourdis

Production Longrine

Les projets BFUP APRR en images

- **La préparation de surface des tabliers**

Projet BFUP A36

Projet BFUP A6

Les projets BFUP APRR en images

- **La ferraillage de l’extrados des tabliers**

Projet BFUP A36

Projet BFUP A6

Les projets BFUP APRR en images

- **Le coulage BFUP des longrines**

Projet BFUP A36

Projet BFUP A6

Les projets BFUP APRR en images

- **Le coulage BFUP du hourdis**

Projet BFUP A36

Projet BFUP A6

Les projets BFUP APRR en images

- **La préparation du BFUP sur le hourdis**

Projet BFUP A36

Projet BFUP A6

Les projets BFUP APRR en images

- **La mise en œuvre de l’enrobé**

Projet BFUP A36

Projet BFUP A6

Le suivi des projets BFUP APRR

- **Un protocole de suivi sur 10 ans**

Visite annuelle de l'ouvrage

Test sur la dalle de vieillissement

Contrôle périodique de l'enrobé

Instrumentation de l'étanchéité

Point 0 du 3D-radar sur le BFUP du WARREN A36

Sens 1 et 2 en aérien

Sens 1 en aérien et sens 2 au sol

Interface enrobés/ BFUP (conductance)

Analyse épaisseur enrobés
(orange : > 12 cm, bleu : < 10 cm)

Criticité épaisseur
(vert : moins de 40% de la surface hors de la plage 10-12 cm, rouge : + de 70%)

Analyse rapports d'amplitude de l'interface enrobés/ BFUP
(vert : rapport > 86%)

Criticité rapports d'amplitude
(rouge : rapports > 0,85 sur moins de 40% de la surface, vert sur plus de 70%)

erreur

Les points de vigilance du REX BFUP APRR

Peau d'éléphant sur section courante

Bullage des longrines en face verticale

Mauvaise finition des joints

Trace de pas sur BFUP

Mariage liaison section courante/longrine

Les points de vigilance du REX BFUP APRR

Préparation du béton support

Régularité de production

Préparation des joints BFUP

Cheminement de la finisseuse

Les points de vigilance du REX BFUP APRR

Présence d’oursins de fibres

Raccordement aux joints de chaussée

Défaut de remariage de gâchées

Les points de vigilance du REX BFUP APRR

Humidification du béton support

Adhérence des couches

Projet TEST BFUP CEREMA-UGE

- ✓ Démontrer que le BFUP est étanche
- ✓ Même sous sollicitation

Autre exemple BFUP : Pile P8 de Pont d'Ouche

- ✓ Chemisage en BFUP des fûts de pile
- ✓ Moins de nuisance sonore

Merci de votre attention

Romain.PITTET@aprr.fr

Crédits photos-Sémaphore & Co