



## RN 70 - Renforcement d'une buse métallique par projection de BFUP

Retour d'expérience sur le 1<sup>er</sup> site expérimental



David CHAMOLEY



Benoit CLEMENT



# Sommaire

- A. Présentation du site expérimental
- B. Etudes préparatoires aux travaux
- C. Phasage des travaux
- D. Contrôles d'exécution



## A. Présentation du site expérimental

## ***RAPPEL :***

*En 2016, un des lauréats de l'appel à projets d'innovation du CIRR :*

***« Régénération et renforcement de tunnels, voûtes, buses métalliques et galeries par coque ultra mince en BFUP projeté »***



*→ Voir la présentation de S.Bouteille au ROA 2018 (= études amont au chantier)*

## “ Buse à bétail ” sur la RN70 (RCEA) en Saone et Loire – MOA DIRCE



### **Caractéristiques :**

- Date de construction : 1971
- Type ARMCO
- Buse circulaire
- Diamètre : 3,65 m
- Longueur : 25 m (hors sifflets)
- Couverture : 1,25 m
- Profil en long : 5,20 %
- Présence d'un radier béton
- Distance entre onde 150 mm -  
Profondeur d'onde 50 mm

### **Principaux désordres :**

- Enrouillement avec percements localisés (IQA 3)
- Trace de chocs ⇒ contrainte de gabarit





## “ Buse à bétail ” sur la RN70 (RCEA) en Saone et Loire – MOA DIRCE

### Pourquoi cette buse ?

- Buse faisant partie des buses à réparer du programme de la DIRCE
- Pas de possibilité de réduire le gabarit,
- Buse non hydraulique → Diminution des contraintes de travaux pour un 1<sup>er</sup> chantier expérimental,
- Dimensions raisonnables,
- Accès simple avec possibilité d'installation à proximité immédiate





## B. Etudes préparatoires aux travaux

## Diagnostic amiante et plomb (janv 18) :

→ **Impact sur les travaux d'hydrodécapage**

Consistance : Analyse chimique

Objectifs : Vérifier le risque sanitaire lors de l'enlèvement de la peinture recouvrant la buse

→ Résultats : Peinture **sans** amiante ni plomb





## Sondages géotechniques (fév 18) :

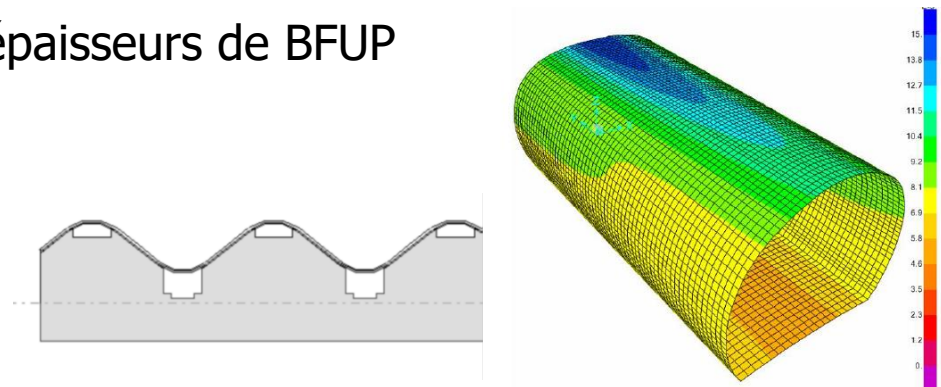
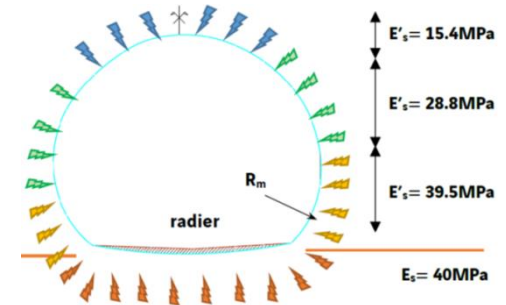
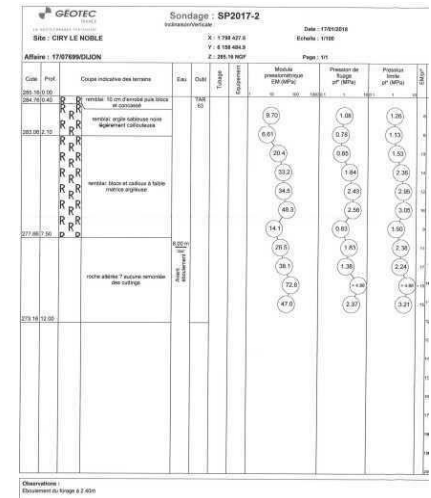
→ **Impact sur le dimensionnement de la coque de réparation en BFUP (3 cm sur ondes et 8 cm en creux)**

Consistance : 2 sondages géologiques et pressiométriques

Objectifs : Vérifier les caractéristiques géotechniques du remblai (nature, épaisseur des couches, compacité) et évaluer les charges extérieures sur la buse

→ Résultats obtenus :

- Note de calculs pour justification des épaisseurs de BFUP (yc l'enrobage des boulons de liaison)
- Modélisation 3D avec Module de sol



## Reconnaissance du radier existant (fév 18) :

→ **Impact sur la consistance des travaux en BFUP**  
(coque discontinue avec radier en BA liaisonné)

Consistance : 2 fouilles en radier au niveau de chaque tête

Objectifs : Vérifier la position des réseaux identifiés lors de la DT (1 gaz, 1 HTA) - Relever les dimensions du radier béton et de son état - Vérifier la position du fond de fouille



→ Résultats : Conformes aux attentes

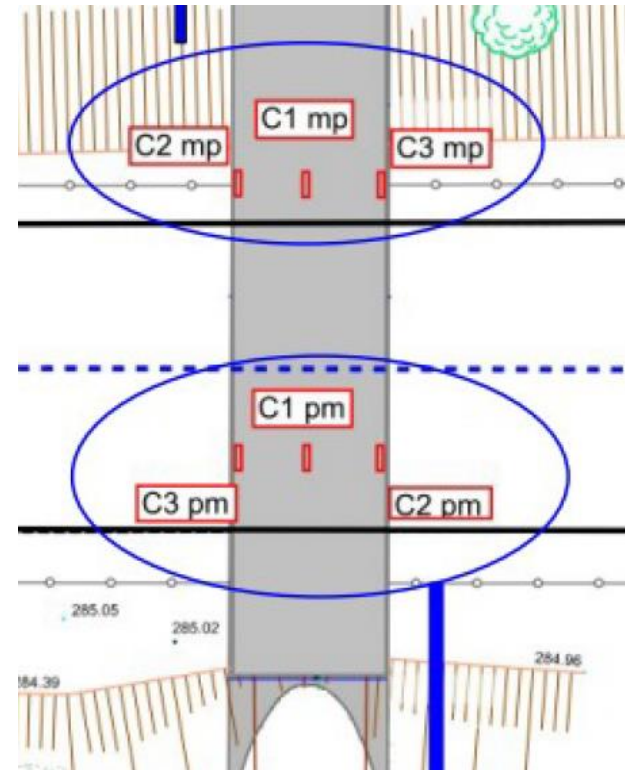
## Analyses vibratoires (avril 18) :

→ **Impact sur l'exploitation de la voie portée pdt les travaux** (limitation de la vitesse, alternat...)

Consistance : Mesures vibratoires

Objectifs : Vérifier le risque de décollement du BFUP fraîchement projeté en voûte engendré par des micro-vibrations du trafic PL sur la buse **sous faible couverture**

→ Résultats : Vitesse vibratoire inférieure au seuil de 2 mm/s (*cas le + défavorable dans le référentiel SNCF*)

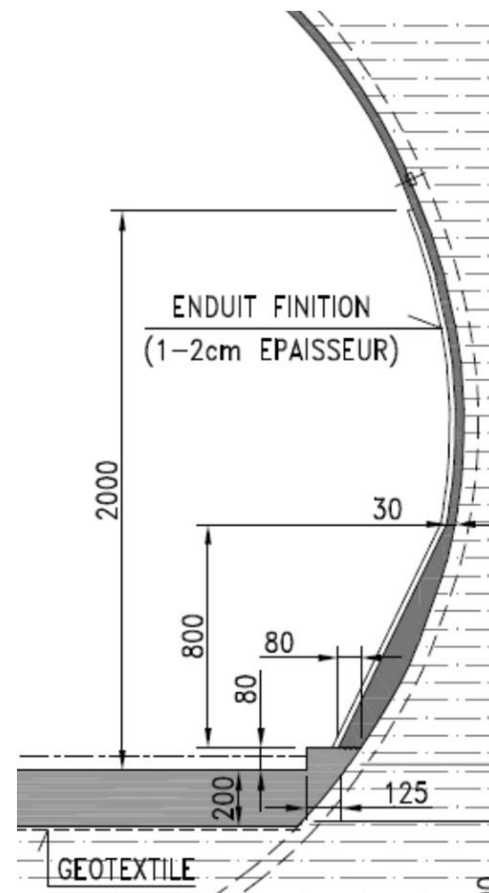


## C. Phasage des travaux

## PROCEDURE D'EXECUTION :

- 1 – Hydrosablage léger de la buse
- 2 – Démolition / reconstruction du radier en BA  
(*présence de réseaux*)
- 3 – Préparation du joint de reprise radier / voûte
- 4 - Pose des gabarits d'amorces des piédroits (+ large)

***Début des travaux : oct 18***  
***Fin des travaux : +1,5 mois***





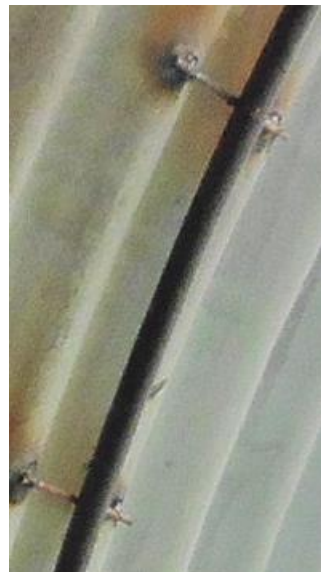
## 5 – Pose des gabarits entre **anneaux** de projection

*Complément en cours de chantier : Mise en place de ferrailage de continuité entre chaque anneau (meilleure gestion si reprise non prévue entre anneaux)*

## 6 – Pose de ferrailage de continuité pour joints de reprise entre **plots**

**(1 plot journalier = 4 anneaux de 1,25 m)**

*Complément en cours de chantier : Suite à une chute de plaque en voûte, mise en place d'un treillis soudé non structurel*





## 7 – Projection de la coque en BFUP (3 cm sur ondes – 8 cm en creux)

*Procédure : Épaisseur en 2 passes (remplissage des ondes puis épaisseur constante) – Projection alternée pour assurer un temps de durcissement suffisant (pianotage des passes et des anneaux avec délai max de 4 heures) – Cure chimique par plot.*



**NB : Spécificité du poste de production du BFUP avec une équipe dédiée :**  
**Dosage - Malaxage – Pompage – Projection (2 projecteurs)**





8 – Réalisation d'un enduit de finition sur la hauteur des piédroits



9 – Réalisation des aménagements extérieurs en têtes



## D. Contrôles d'exécution

## Plan de contrôles :

- Vérification des travaux préparatoires à la projection :
  - Réception de la matière première (BigBags de Prémix, adjuvants et fibres),
  - Préparation de surface,
  - Pose du ferrailage de reprise de plot,
  - Pose des gabarits radiaux d'épaisseur d'anneau.
- Epreuves de **convenance** sur le premier plot projeté puis épreuves de **contrôle** :
  - Contrôles de fabrication (dosages, T °C, affaissement/diamètre au cône DIN, scissomètre, ajustement adjuvant...),
  - Réalisation de caisses 600x600x165 et 500x600x100 mm (pour Rc et Rf) + 1 caisse sur tôle ondulée,
  - Contrôle après projection (tenue en voute, épaisseur, dosage en fibres).





## Contrôle intérieur :

= levée des points sensibles et critiques

- Rigueur dans le respect du protocole de fabrication (ajustement du dosage en adjuvant = impact direct sur la qualité du BFUP),
- Contrôle visuel de l'épaisseur appliquée (gabarit),
- Mesure de teneur en fibres,
- Essais de résistance ( $R_c$  pour essais contradictoire et  $R_f$ ).





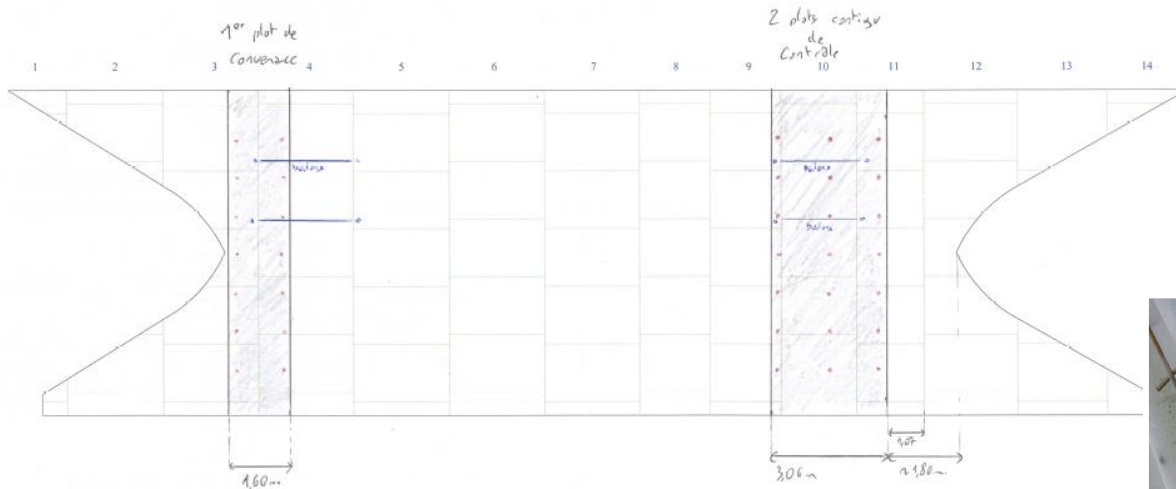
## Contrôle extérieur (CEREMA) :

= levée des points d'arrêt

- Contrôle de réception (levée des PA)
- Suivi d'application des procédures et respect du programme de contrôle,
- Contrôle de résistance (respect de l'engagement minimal Rc28),
- Contrôles de l'épaisseur en place (pige),
- Inspection Détaillée Initiale (IDI).



Paray le Monial



## Quelques résultats :

- Résistance à la compression
    - 24 h  $\approx 65$  MPa,
    - 48 h  $\approx 95$  MPa,
    - 7 jrs  $\approx 125$  MPa,
    - 13 jrs  $\approx 150$  MPa,
    - 28 jrs 144, 163 et 172 MPa,
  - Porosité accessible à l'eau / Masse volumique
    - Prélèvement 1 7,3 % / 2 360 kg/m<sup>3</sup>,
    - Prélèvement 2 10,9 % / 2 320 kg/m<sup>3</sup>.
  - Teneur en fibres
    - > 160 kg/m<sup>3</sup>
  - Epaisseur en place
    - Variable suivant les zones et la position (piédroit/voûte) mais globalement +1 cm
- Rappel :
- visé 3,0 cm au droit de chaque onde,
  - visé 1,0 cm au droit des boulons.
- Résistance en flexion
    - Essais de flexion 4 pts :  $f_{ct,el} = 7,43$  MPa > 6,3 MPa
    - Essais de flexion 3 pts :  $\sigma_{moy}$  équivalent = 21,6 MPa > 20,9 MPa



# Merci pour votre attention



[david.chamoley@developpement-durable.gouv.fr](mailto:david.chamoley@developpement-durable.gouv.fr)

[benoit.clement@cerema.fr](mailto:benoit.clement@cerema.fr)