



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

Technique

***Remise à niveau du PI WARREN
A36 PR 196+918 (Côte d'Or)***

***Proposition Technique pour la participation
des Cerema et UGE au contrôle extérieur
des travaux BFUP***

18 novembre 2020

C20LA0228

Proposition Technique

Remise à niveau du PI WARREN A36 PR 196+918 (Côte d'Or)

*Proposition Technique pour la participation
des Cerema et UGE au contrôle extérieur
des travaux BFUP*

18 novembre 2020

C20LA0228

**APRR Direction Infrastructure Patrimoine Environnement 36, rue du Docteur Schmitt 21850
Saint-Apollinaire**

Date	Version	Commentaires
12/11/20	V0	Initialisation par C. Aubagnac et B. Clément
13/11/20	V1	Compléments F. Toutlemonde
18/11/20	VF	Finalisation B. Clément et C. Aubagnac

Sommaire

1 - L'expression de votre besoin	5
1.1 - Contexte et enjeux.....	5
1.2 - Objet et type de la mission	5
1.3 - Délai(s).....	6
1.4 - Points particuliers	6
2 - Notre réponse à votre besoin	6
2.1 - Contenu de la mission	6
2.2 - Sous-détail des prix	7
2.3 - Notre équipe projet, les moyens mis en œuvre.....	16
2.4 - Éléments à fournir par le client	17
2.5 - Modalités de travail - Sécurité.....	18
2.6 - Respect de l'environnement	18
2.7 - Livrable(s).....	18
2.8 - Calendrier.....	18
3 - Montant de la prestation et modalités de paiement.....	18
4 - Durée, validité et acceptation de l'offre	19
5 - Conditions Générales d'Intervention	19

L'expression de votre besoin

Contexte et enjeux

La société APRR a prévu la réalisation de travaux de remise à niveau de l'ouvrage **PI WARREN sur A36 au PR 196+918** (Côte d'Or) de mars à juin 2021 (les deux tabliers sont concernés).

L'ouvrage souffre d'une dégradation récurrente de sa couche de roulement, refaite en 2018, en raison d'une épaisseur insuffisante. Les dégradations sont accrues en périodes de températures chaudes (fluage des enrobés) et provoquent le décollement de l'étanchéité épaisse (bi-couche asphalte) du support béton du hourdis.

Les travaux BFUP consistent en :

- repiquage du béton en **extrados du hourdis** sur 15 mm et remplacement par un BFUP étanche d'épaisseur 35 mm,
- repiquage du béton en « extrados » des **longrines d'ancrage des dispositifs de retenue** sur 30 mm et remplacement par un BFUP étanche d'épaisseur 40 mm,
- réfection des **ancrages des montants de BN4** par BFUP,
- repiquage du béton en « extrados » des **solins d'ancrage des joints de chaussée** sur 30 mm et remplacement par un BFUP étanche d'épaisseur 30 mm.

Chaque tablier représente environ 76 m³ de BFUP (prise des extrados des hourdis et longrines).

Rappel des spécifications contractuelles du BFUP :

- BFUP M (fibres métalliques) ;
- D_{max} < 10 mm ;
- classe de résistance à la compression : BFUP 130/145 ;
- classe de comportement à la traction : classe T3 (très écrouissant) ;
- classes d'exposition XC4, XF2, XD3 ;
- durabilité potentielle améliorée :
 - D_p+ (porosité accessible à l'eau à 90 jours < 6%) ;
 - D_c+ (coefficient apparent de diffusion des ions chlorures à 90 jours $\leq 0,1 \cdot 10^{-12}$ m²/s) ;
- classe de consistance Ct (BFUP à seuil) ;
- teneur en chlorures < 0,20 % [C] ;
- abrasion : classe RM1 (1 < indice abrasion < 1,5) ;
- caractère étanche.

Objet et type de la mission

Le **maître d'ouvrage APRR** représenté par Monsieur Romain PITTET, Responsable du domaine « Groupe Superstructures et Ouvrages d'Art » ainsi que le **maître d'oeuvre études et travaux INGEROP** représenté par Monsieur Benjamin Simian sollicitent la participation du Cerema et de l'UGE au contrôle extérieur des travaux BFUP.

Délai(s)

La **période de préparation de travaux** débutera en **décembre 2020** et s'achèvera début janvier 2021.

L'élément témoin de convenue sera réalisé en février, mars 2021.

Le **chantier** est prévu se réaliser **entre mars et juin 2021** (12 semaines de basculement de circulation -2 tabliers parallèles-).

Hypothèses de réalisation du planning prévisionnel des travaux :

- Travaux réalisés en 2 phases ;
- Travaux réalisés avec basculement complet de la circulation sur l'autre tablier ;
- Durées définies en considérant 1 atelier de production et 2 postes de travail (2 x 8 heures / jour) ;
- La planification actuelle du chantier est la suivante :
 - Travaux sens 2 (5 semaines) : S11 (15 mars 2021) à S15 (19 avril 2021),
 - Travaux sens 1 (6 semaines) : S16 (19 avril 2021) à S21 (28 mai 2021),
 - 1 semaine de secours : S22 (du 31 Mai 2021 au 4 Juin 2021).

Points particuliers

- L'offre objet de la présente proposition technique est effectuée par le **Cerema**, l'**Université Gustave Eiffel** (ci-après désignée **UGE**) étant **sous-traitant à paiement direct**.

Elle sera pilotée par le Département Laboratoire d'Autun (DLA) du Cerema Centre-Est et fera appel à des équipes du Cerema situées à Clermont-Ferrand (Département Laboratoire de Clermont-Ferrand du Cerema Centre-Est : DLCF) ou à Strasbourg (Laboratoire de Strasbourg du Cerema Est).

- La réalisation des travaux BFUP sur l'ouvrage PI WARREN sur A36 au PR 196+918 est supervisée par un comité d'experts ayant un rôle consultatif.

- Une instrumentation spécifique à la charge d'APRR est prévue sur l'ouvrage.

Notre réponse à votre besoin

Contenu de la mission

La mission du Cerema et de l'UGE consiste à apporter une **assistance technique « BFUP » au Maître d'Ouvrage et au Maître d'Oeuvre** :

- aide à la validation du référentiel technique BFUP du chantier et aux aspects spécifiques BFUP du plan d'assurance de la qualité ;
- aide à l'agrément des installations de production du BFUP ;
- aide à la levée des points d'arrêt contractuels BFUP ;
- aide à la déclaration de conformité des lots de travaux BFUP ;
- aide à la réalisation d'épreuves d'information ;

suivant le cas documentaire ou par le biais d'interventions sur site (participation à des réunions, réalisation de contrôles avec exécution d'essais contradictoires et de prélèvements pour essais...).

Cette assistance technique « BFUP » porte sur :

- l'analyse des offres des entreprises (formulations BFUP proposées),
- l'établissement d'avis sur documents BFUP produits par l'entreprise mandataire, ses fournisseurs ou sous-traitants (PAQ, demande d'agrément fournitures, carte d'identité et dossier d'étude de la composition de BFUP proposée, programme de convenance, procédures d'exécution, éventuelles fiches d'anomalie et procédures de réparation, dossier de synthèse des contrôles intérieurs, DIUO...),
- la réception des installations de fabrication du BFUP,
- la participation à l'épreuve de convenance de fabrication du BFUP,

- la participation à la réalisation de l'élément témoin de mise en oeuvre du BFUP,
- la réalisation de contrôles sur chantier.

Les personnels des Cerema et/ou UGE intervenant sur site vérifieront la bonne application du référentiel technique qualité BFUP du chantier (PAQ, procédures d'exécution, plan de contrôle intérieur visés par le Maître d'Oeuvre...), s'assureront de l'exécution des contrôles intérieurs prévus et de la conformité de ses résultats par le biais de la réalisation d'essais contradictoires.

Sous-détail des prix

Prix 101 – Période de préparation contrôle extérieur (forfait)

Prix forfaitaire de **8575,50 €** (dont contribution UGE : 2000 euros)

Ce prix comprend l'intervention des Cerema et UGE.

Participation aux réunions du CISSCT : hypothèse prise de 3 réunions.

Prix 102-1 – Participation aux réunions – « expert BFUP + chargé d'études » de l'UGE (à l'unité)

Prix unitaire de **758,44 €**

Ce prix comprend l'intervention de François Toutlemonde et de Benjamin Terrade de l'UGE.

Hypothèse prise de réunions de 2 heures.

3 unités prévues au détail estimatif.

Prix 102-2 – Participation aux réunions – « technicien » du DLA (à l'unité)

Prix unitaire de **598,50 €**

Ce prix comprend l'intervention de personnel de niveau ingénieur du Département Laboratoire d'Autun du Cerema Centre-Est : Christophe Aubagnac ou Benoît Clément.

Hypothèse prise de réunions d'une demi-journée.

5 unités prévues au détail estimatif.

Prix 103-1 – Assistance technique – « expert » (à la demi-journée)

Prix à la demi-journée de **1000 €**

Ce prix comprend l'intervention de François Toutlemonde de l'UGE ou de Christophe Aubagnac du DL Autun du Cerema CE.

Ce prix est calculé dans l'hypothèse d'une demi-journée de travail au bureau.

De ce fait, **dans le cas d'une intervention sur site, il sera nécessaire de rémunérer 2 demi-journées du prix 103-1 pour couvrir les temps de déplacement et d'élaboration du compte-rendu.**

Ce prix ne comprend pas la réalisation d'essai sur BFUP.

5 demi-journées prévues au détail estimatif.

Prix 103-2 – Assistance technique – « technicien supérieur » (à la demi-journée)

Prix à la demi-journée de **399 €**

Ce prix comprend l'intervention de personnel de niveau ingénieur ou technicien supérieur du Département Laboratoire d'Autun du Cerema Centre-Est : Benoît Clément, Pascal Bliigny ou Jean-Fabrice Fare...

Ce prix est calculé dans l'hypothèse d'une demi-journée de travail au bureau.

De ce fait, **dans le cas d'une intervention sur site, il sera nécessaire de rémunérer 2 demi-journées du prix 103-2 pour couvrir les temps de déplacement et d'élaboration du compte-rendu.**

Ce prix ne comprend pas la réalisation d'essai sur BFUP.

5 demi-journées prévues au détail estimatif.**Prix 104 – Dossier de synthèse des contrôles (extérieurs) (forfait)**

Prix forfaitaire de **3494,25 €** (dont contribution UGE : 1600 euros)

Ce prix comprend l'intervention des Cerema et UGE.

Le dossier des contrôles extérieurs BFUP ne concernera que les contrôles exercés par les Cerema et UGE.

Prix 201 – Analyse de la formule nominale du BFUP (forfait)

Prix forfaitaire de **699,50 €** (dont contribution UGE : 500 euros)

Ce prix comprend l'intervention des Cerema et UGE.

Il couvre les avis adressés au Maître d'Oeuvre et au Maître d'Ouvrage en amont de l'épreuve de convenance de fabrication du BFUP, dans l'hypothèse de **3 indices au maximum** des documents produits par l'entreprise titulaire du marché de travaux (demande d'agrément fourniture, carte d'identité et dossier d'étude BFUP) produits par l'entreprise pour la formulation de BFUP proposée.

Note : si les documents de l'entreprise devaient être repris un plus grand nombre de fois, on devrait appliquer les prix 103 d'assistance technique.

Prix 202 – Analyse dossiers convenance BFUP et planche d'essai (forfait)

Prix forfaitaire de **2295,75 €** (dont contribution UGE : 1000 euros)

Ce prix comprend l'intervention des Cerema et UGE.

Il couvre les avis adressés au Maître d'Oeuvre et au Maître d'Ouvrage en amont de l'épreuve de convenance de fabrication du BFUP et de la réalisation de l'élément témoin de mise en œuvre, dans l'hypothèse de **3 indices au maximum** des documents produits par l'entreprise titulaire du marché de travaux (PAQ particulier de l'usine ou de l'installation de production du BFUP, programme de l'épreuve de convenance de fabrication, procédure d'exécution de l'élément témoin de mise en œuvre).

Note : si les documents de l'entreprise devaient être repris un plus grand nombre de fois, on devrait appliquer les prix 103 d'assistance technique.

Prix 203 – Analyse du plan de contrôle intérieur (forfait)

Prix forfaitaire de **1396,75 €** (dont contribution UGE : 500 euros)

Ce prix comprend l'intervention des Cerema et UGE.

Il couvre les avis adressés au Maître d'Oeuvre et au Maître d'Ouvrage dans l'hypothèse de **3 indices au maximum** du plan de contrôle intérieur produit par l'entreprise titulaire du marché de travaux.

Note : si les documents de l'entreprise devaient être repris un plus grand nombre de fois, on devrait appliquer les prix 103 d'assistance technique.

Prix 204 – Vérification DIUO entreprise (forfait)

Prix forfaitaire de **1197,25 €** (dont contribution UGE : 500 euros)

Ce prix comprend l'intervention des Cerema et UGE.

Il couvre les avis adressés au Maître d'Oeuvre et au Maître d'Ouvrage dans l'hypothèse de **3 indices au maximum** du Dossier d'Intervention Ulérieur sur l'Ouvrage produit par l'entreprise titulaire du marché de travaux.

Note : si les documents de l'entreprise devaient être repris un plus grand nombre de fois, on devrait appliquer les prix 103 d'assistance technique.

Les avis ne porteront pas sur l'instrumentation des tabliers à charge d'APRR.

Prix 205 – Analyse résultats contrôle intérieur (forfait)

Prix forfaitaire de **1096,25 €**

Ce prix comprend l'intervention du DLA du Cerema CE.

Il couvre les avis adressés au Maître d'Oeuvre et au Maître d'Ouvrage dans l'hypothèse de **3 indices au maximum** du dossier de synthèse des contrôles intérieurs de l'entreprise titulaire du marché de travaux.

Note : si les documents de l'entreprise devaient être repris un plus grand nombre de fois, on devrait appliquer les prix 103 d'assistance technique.

Prix 301 – Contrôle de convenance BFUP (à l'intervention)

Prix à l'intervention de **4283 €** (dont contribution UGE : 2630 euros soit $\frac{3}{4}$ jour expert senior + $\frac{3}{4}$ jour chargé d'études + déplacement)

2 interventions in situ prévues au détail estimatif : épreuve de convenance de fabrication du BFUP et réalisation de l'élément témoin de mise en œuvre.

Ce prix comprend l'intervention des Cerema et UGE.

Le DLA du Cerema CE sera « en première ligne » sur ces contrôles de convenance sur site avec exécution de constats, d'essais sur BFUP frais et de prélèvements pour essais sur BFUP durci.

L'UGE participera à l'épreuve de convenance de fabrication et à la réalisation de l'élément témoin de mise en œuvre du BFUP, ce qui permettra d'exercer un regard expert croisé sur les travaux BFUP.

Ce prix comprend la réalisation des essais sur BFUP frais et des prélèvements pour essais sur BFUP durci mais **ne comprend pas la récupération sur site des corps d'épreuve et leur expédition éventuelle à l'UGE Champs sur Marne, au DLCP ou au laboratoire de Strasbourg par le DLA, ni la réalisation des essais sur BFUP durci** (cf prix d'essais spécifiques).

Les **essais sur BFUP frais** réalisés par le DLA du Cerema CE lors de ses interventions sur site sont :

- analyse qualitative visuelle de l'**homogénéité du mélange** : vérification de l'absence de ségrégation, d'oursin, d'hétérogénéité ;
- essais de **consistance** et vérification de la **durée pratique d'utilisation** (DPU) : essais d'étalement suivant :
 - NF EN 12350-5 « Essais pour béton frais - Partie 5 : Essai d'étalement à la table à choc » (juin 2019) ;
 - ou NF EN 12350-8 « Essais pour béton frais - Partie 8 : Béton auto-plaçant — Essai d'étalement au cône » (juin 2019) ;
- mesure de **température** (BFUP frais et extérieure) ;
- masse volumique et **rendement volumique** ;
- essais de **teneur en fibres** en s'inspirant de la norme NF EN 14488-7 « Essais pour béton projeté - Partie 7 : teneur en fibres du béton renforcé par des fibres ».

Les **prélèvements** réalisés par le DLA du Cerema CE lors de ses interventions sur site pour la réalisation d'**essais sur BFUP durci** concernent :

- **masse volumique et essais de résistance à la compression** (cf prix n°401-1) (à charge du DLA du Cerema CE ou de l'UGE),

pouvant être complétés par la **mesure du module d'élasticité longitudinal** (module d'Young) (cf prix n°401-2) (à charge du DLA du Cerema CE ou de l'UGE) ;

Il est prévu un prélèvement de 6 éprouvettes cylindriques 11x22 (3 essais de compression et 3 essais de module puis compression) pour l'épreuve de convenance de fabrication du BFUP ;

- **essais de flexion sur plaques minces (comportement en traction)** (cf prix n°401-3) (à charge de l'UGE) ;

Il est prévu un prélèvement de 12 plaques minces lors de la réalisation de l'élément témoin de mise en œuvre du BFUP (plaques moulées – la réalisation de plaques prélevées par sciage dans l'élément témoin, permettant par comparaison aux 12 éprouvettes moulées de déterminer le coefficient d'orientation des fibres (NF P18-470 annexe F), n'est pas prévue au contrôle extérieur mais doit être exécutée dans le cadre du contrôle interne) ;

- **essais de durabilité :**
 - **porosité accessible à l'eau** (cf prix n°401-4) (à charge du DLA du Cerema CE) ;
 - **coefficient apparent de diffusion des ions chlorures** (cf prix n°401-5) (à charge du DLCF du Cerema CE) ;
 - **perméabilité au gaz** (cf prix n°401-6) (à charge du DLCF du Cerema CE) ;

Il est prévu un prélèvement d'éprouvettes cylindriques pour essais de durabilité lors de l'épreuve de convenance de fabrication du BFUP ;

- **essais d'absorption capillaire** (cf prix n°401-7) (à charge du DLA du Cerema CE) ;

Il est prévu un prélèvement de 3 éprouvettes lors de l'épreuve de convenance de fabrication du BFUP.

Élément témoin de mise en œuvre (5 m x 10 m) :

Un examen attentif sera réalisé :

- de la fabrication du BFUP (dont processus de malaxage) ;
- de la mise en œuvre du BFUP (dont tenue des pentes) ;
- de l'exécution des points sensibles de l'étanchéité :
 - exécution des gargouilles ;
 - raccordement aux joints de dilatation ;
 - traitement des reprises de bétonnage ;
- du traitement de surface (le CCTP prescrit un hydrodécapage du support pour faire ressortir les fibres et petits granulats) puis de la cure du BFUP,

Il est prévu l'application d'une couche d'enrobé de 5 cm après préparation du support BFUP avec le même procédé que celui retenu pour le chantier, sur la moitié de la dalle témoin. Cela permettra d'examiner l'éventuelle fissuration de la surface supérieure de la couche de BFUP sous l'effet du retrait endogène bridé.

Le DLA du Cerema CE :

- réceptionnera contradictoirement la préparation de surface du BFUP (cf prix N°403) ;
- et réalisera les **essais ou prélèvements pour essais en laboratoire relatifs à :**
 - **la mesure de l'adhérence par traction directe entre le BFUP et le support béton** (cf prix n°402-1) (à charge du DLA du Cerema CE) ;
 - **la mesure de l'adhérence par traction directe** (cf prix n°402-2) **ou par cisaillement** (essai de collage en cisaillement SBT) (cf prix n°401-8) **entre la couche d'enrobés et le BFUP** (à charge respectivement du DLA du Cerema CE ou du laboratoire de Strasbourg du Cerema Est).

Prix 302 – Contrôle de fabrication et mise en œuvre BFUP (à l'intervention)

3 interventions in situ prévues au détail estimatif.

Ce prix comprend l'intervention des Cerema (3 interventions) et UGE (1 intervention).

Il conviendrait de ce fait de dédoubler le prix 302 :

- **prix 302-1** : intervention conjointe Cerema et UGE (1 intervention) : prix à l'intervention de **3915,50 €** (dont contribution UGE : 2630 euros)

- prix 302-2 : intervention du Cerema (2 interventions) : prix à l'intervention de 1285,50 €.

Ce prix comprend la réalisation des essais sur BFUP frais et des prélèvements pour essais sur BFUP durci mais **ne comprend pas la récupération sur site des corps d'épreuve et leur expédition éventuelle à l'UGE Champs sur Marne par le DLA, ni la réalisation des essais sur BFUP durci** (cf prix d'essais spécifiques).

Il est prévu **par tablier** :

- un prélèvement de 6 éprouvettes cylindriques 11x22 (3 essais de compression et 3 essais de module puis compression),
- un prélèvement de 12 plaques minces (essais de flexion),
- un prélèvement d'éprouvettes cylindriques pour essais de durabilité,
- un prélèvement de 3 éprouvettes pour essais d'absorption capillaire.

Un examen attentif sera réalisé :

- de la fabrication du BFUP (dont processus de malaxage).
- de la mise en œuvre du BFUP (dont tenue des pentes).
- de l'exécution des points sensibles de l'étanchéité :
 - exécution des gargouilles ;
 - raccordement aux joints de dilatation maintenus (réfection en 2017) ;
 - traitement des reprises de bétonnage ;
- du traitement de surface (le CCTP prescrit un hydrodécapage du support pour faire ressortir les fibres et petits granulats) (réception contradictoire du support BFUP cf prix n°403) puis de la cure du BFUP,

Prix 401-1 Essai de compression : NF EN 12390-3 (à l'unité d'essais sur 3 éprouvettes)

Prix à l'unité de **204 €**

Le prix comprend la récupération in situ des éprouvettes et leur éventuelle expédition à l'UGE Champs sur Marne par le DLA du Cerema CE.

Les essais seront exécutés en laboratoire suivant la norme NF EN 12390-3 « Essais pour béton durci - Partie 3 : Résistance à la compression des éprouvettes » (juin 2019) et l'annexe C de la NF P18-470 par le DLA du Cerema CE ou l'UGE.

Ils seront associés à la mesure de la masse volumique du BFUP suivant la norme NF EN 12390-7 « Essais pour béton durci - Partie 7 : Masse volumique du béton durci » (juin 2019).

3 unités prévues au détail estimatif (épreuve de convenance de fabrication du BFUP et chaque tablier).

Prix 401-2 Essai de module d'élasticité puis de compression : NF EN 12390-3 et NF EN 12390-13 (à l'unité d'essais sur 3 éprouvettes)

Prix à l'unité de **789 €**

Le prix comprend la récupération in situ des éprouvettes et leur éventuelle expédition à l'UGE Champs sur Marne par le DLA du Cerema CE.

Les essais seront exécutés en laboratoire par le DLA du Cerema CE ou l'UGE.

Mode opératoire du DLA : « après avoir réalisé des essais de compression d'éprouvettes 11x22 de BFUP permettant de connaître la force à rupture, on réalise 3 montées en charge successives jusqu'à 30% de la force à rupture sur une éprouvette cylindrique Ø 11x22 cm équipée de 3 jauges de déformation pour béton disposées à 120° le long de 3 génératrices à mi-hauteur de l'éprouvette, qu'on renouvelle 2 fois après avoir fait subir à l'éprouvette une rotation de 120°; le module $E = F / (S \times \epsilon)$ se calcule comme la moyenne des 3 jauges x (3 x 3) montées en charge ie des 27 valeurs obtenues ».

Mode opératoire UGE : « après avoir réalisé des essais de compression d'éprouvettes 11x22 de BFUP permettant de connaître la force à rupture, on réalise 3 montées en charge successives partant de 10 % de la force à rupture jusqu'à 30% de la force à rupture sur une

éprouvette cylindrique Ø 11x22 cm équipée de 3 extensomètres longitudinaux disposés à 120° le long de 3 génératrices à mi-hauteur de l'éprouvette (système J2P). 3 extensomètres radiaux donnent accès au coefficient de Poisson. L'essai est réalisé selon la norme NF EN 12390-13 Méthode B ».

3 unités prévues au détail estimatif (épreuve de convenance de fabrication du BFUP et chaque tablier).

Prix 401-3 Essai de traction par flexion – NF P18-470 annexe E sur plaque mince (à l'unité d'essais sur 12 éprouvettes)

Prix à l'unité de **6583,33 €** (dont contribution UGE : 6000 €)

Les essais seront exécutés en laboratoire par l'UGE suivant l'annexe E de la norme NF P18-470.

Le prix comprend :

- la fabrication des moules en contreplaqué marine, selon dimensions permettant la réalisation de plaques minces conformes à NF P18-470 (annexe E), la réalisation des plaques minces, leur récupération in situ et leur expédition à l'UGE Champs sur Marne (à charge du DLA du Cerema CE),
- le découpage des plaques pour préparer les éprouvettes, les essais et leur analyse (à charge de l'UGE).

3 unités prévues au détail estimatif (élément témoin de mise en œuvre du BFUP et chaque tablier).

Prix 401-4 Porosité à l'eau (Dp+) – NF P18-459 (à l'unité d'essais sur prélèvement de 3 éprouvettes)

Prix à l'unité de **700 €**

Le prix comprend la récupération in situ des 3 éprouvettes cylindriques 11 cm x 22 cm par le DLA du Cerema CE.

Les essais seront exécutés en laboratoire par le DLA du Cerema CE (accréditation CO-FRAC) suivant la norme NF P18-459 « Béton - Essai pour béton durci - Essai de porosité et de masse volumique » (mars 2010).

3 unités prévues au détail estimatif (épreuve de convenance de fabrication du BFUP et chaque tablier).

Prix 401-5 Coefficient de diffusion des ions chlorures (Dc+) – XP P18-462 (à l'unité d'essais sur prélèvement de 3 éprouvettes)

Prix à l'unité de **1328 €**

Le prix comprend la récupération in situ des mêmes 3 éprouvettes cylindriques 11 cm x 22 cm et leur expédition au DLCF par le DLA du Cerema CE.

Les essais seront exécutés en laboratoire par le DLCF du Cerema CE (accréditation CO-FRAC) suivant la norme XP P18-462.

3 unités prévues au détail estimatif (épreuve de convenance de fabrication du BFUP et chaque tablier).

Prix 401-6 Perméabilité apparente au gaz (Dg+) – XP P18-463 (à l'unité d'essais sur prélèvement de 3 éprouvettes)

Prix à l'unité de **2228 €**

Le prix comprend la récupération in situ des mêmes 3 éprouvettes cylindriques 11 cm x 22 cm et leur expédition au DLCF par le DLA du Cerema CE.

Les essais seront exécutés en laboratoire par le DLCF du Cerema CE (accréditation CO-FRAC) suivant la norme XP P18-463.

3 unités prévues au détail estimatif (épreuve de convenance de fabrication du BFUP et chaque tablier).

Prix 401-7 Absorption capillaire – NF EN 12057 (à l'unité d'essais sur 3 éprouvettes)

Prix à l'unité de **414,75 €**

Le prix comprend la récupération in situ des mêmes 3 éprouvettes cylindriques 11 cm x 22 cm par le DLA du Cerema CE.

Les essais seront exécutés en laboratoire par le DLA du Cerema CE en s'inspirant de la norme NF EN 12057 « Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton - Méthodes d'essai - Détermination de l'absorption capillaire ».

3 unités prévues au détail estimatif (épreuve de convenance de fabrication du BFUP et chaque tablier).

Prix 401-8 Essai SBT sur enrobé – NF EN 12697-48 (à l'unité d'essais sur 3 échantillons)

Prix à l'unité de **1680 €**

Les prélèvements par carottage (diamètre 150 mm) dans l'élément témoin de mise en œuvre du BFUP et l'expédition au laboratoire de Strasbourg sont à la charge du DLA du Cerema CE.

Les essais seront exécutés en laboratoire par le laboratoire de Strasbourg du Cerema Est suivant la norme NF EN 12697-48 à température ambiante (environ 20°C).

Note 1 : il n'existe pas en France de spécificités encadrant les valeurs obtenues par SBT. Il sera seulement possible de les comparer avec ce qui est préconisé en Suisse.

Note 2 : il ne sera pas possible de réaliser l'essai à 60 ou 70°C.

Un bitume 35/50, couramment utilisé, a un point de ramollissement d'environ 50-55°C. A cette température, il est très visqueux et il y a donc de fortes chances, en fonction de la composition de l'enrobé, que ce dernier n'ait pas une forte cohésion si on le teste à 60-70°C. De plus, le dispositif d'essai du laboratoire de Strasbourg n'est à ce jour pas prévu pour fonctionner dans une enceinte climatique.

Les essais seront complétés par un passage au banc gamme (détermination du profil de densité).

1 unité prévue au détail estimatif (élément témoin de mise en œuvre du BFUP).

Prix 402-1 Essai d'adhérence SATEC du BFUP sur support béton (à l'unité d'essais -5 essais-)

5 unités prévues au détail estimatif (sur l'élément témoin de mise en œuvre du BFUP)

Prix à l'unité de **241,20 €**

Le prix comprend 2 interventions sur site : la première pour le collage des 5x5=25 pastilles circulaires métalliques (diamètre 50 mm) et le carottage périphérique ; la seconde pour l'exécution des 5x5=25 essais d'arrachement.

Les essais seront exécutés in situ par le DLA du Cerema CE en s'inspirant de la norme NF EN 1542 à température ambiante.

*Rappel : une valeur moyenne initiale est obtenue sur **au moins cinq** valeurs individuelles par zone de mesure. Les valeurs individuelles écartées de plus de +/-20 % de cette valeur moyenne sont exclues. La contrainte d'adhérence moyenne se calcule sur les valeurs conservées avec un **minimum de trois valeurs**.*

Prix 402-2 Essai d'adhérence de l'enrobé sur support BFUP – NF EN 14488-4 + A1 (à l'unité d'essai -sur 1 carotte-)

Prix à l'unité de **311,33 €**

Les prélèvements par carottage (diamètre 80 mm) dans l'élément témoin de mise en œuvre du BFUP seront exécutés par le DLA du Cerema CE le lendemain du coulage, lors de la récupération des éprouvettes moulées.

Les essais seront exécutés en laboratoire par le DLA du Cerema CE en s'inspirant de la norme NF EN 14488-4 + A1 « Essais pour béton projeté - Partie 4 : adhérence en traction directe sur carottes » à température ambiante, chaque essai étant réalisé successivement 2 fois :

- premier essai pour tester l'interface entre les enrobés et le BFUP,
- second essai pour tester l'interface entre le BFUP et le support béton.

3 unités prévues au détail estimatif (sur l'élément témoin de mise en œuvre du BFUP).

Prix 403 Réception contradictoire des supports BFUP (à l'unité d'intervention)

Prix à l'unité de **553 €**

Elles seront réalisées sur site par le DLA du Cerema CE.

3 unités prévues au détail estimatif (élément témoin de mise en œuvre du BFUP et chaque tablier).

Prix 404 Essais sur élément témoin (forfait)

Prix forfaitaire de **5963 €** (dont contribution Cerema : 803 €)

Un élément témoin de vieillissement de 1,5 m x 1,5 m sera exécuté à proximité de la chaussée circulée (dalle béton armé de 20 cm, revêtement BFUP de 3,5 cm après préparation du support par hydrodémolition).

Le prix comprend la réalisation d'un « point zéro durabilité » ainsi que l'établissement d'un programme de suivi à 1 an, 5 ans et 10 ans.

Il ne concerne pas l'instrumentation de l'ouvrage à charge d'APRR, ni le **suivi ultérieur qui devra faire l'objet d'une commande ultérieure spécifique d'APRR.**

Les objectifs du « point zéro durabilité » et du suivi ultérieur sont :

- le suivi du vieillissement à l'air libre du BFUP et de l'éventuel développement de la fissuration pouvant générer une perte d'étanchéité du matériau ;
- le suivi de pénétration des ions chlorures dans le BFUP.

Teneur du « point zéro durabilité » :

- visuel : absence de défaut initial tel fissuration, écaillage ;
- absence de décollement initial du BFUP sur le support béton : sondages sonores et contrôle par Thermographie InfraRouge si les conditions météorologiques sont favorables ;
- découpe de 6 prismes 7x7x28 cm³ (ou 10x10x40 cm³) permettant de réaliser (à charge de l'UGE pour un montant forfaitaire de 5160 €) :
 - des essais de flexion « inversée » (flexion 4 points sur ces prismes non en taillés),
 - des analyses d'images pour vérifier la distribution et l'orientation des fibres, sur les faces extérieures des prismes + face issue de la découpe des prismes au niveau de la section de rupture.

Note 1 : la découpe des prismes in situ devra être réalisée par une entreprise, à rémunérer directement par APRR.

Note 2 : les prismes seront sciés dans des bandes parallèles au bord de l'élément témoin, après élimination du bord coffré.

Les prismes devront avoir une épaisseur de 7 ou 10 cm, dont les 35 mm de BFUP.

Ils seront testés en flexion « inversée » avec zone centrale de moment constant pour mobiliser le comportement en traction du BFUP, éventuellement vieillissant.

Notre équipe projet, les moyens mis en œuvre

L'équipe projet mise en place par le Cerema et l'Université Gustave Eiffel pour la réalisation de cette étude est composée des personnes suivantes:

- **M. Christophe Aubagnac**, chef du groupe OAGR du DLA du Cerema CE, qualifié « expert international » par le Comité d'Evaluation Scientifique et Technique « Ouvrages d'Art » du MTES, **chargé de l'affaire**
 - tél : 03-85-86-67-02
 - courriel : christophe.aubagnac@cerema.fr
- **M. Benoît Clément**, chargé de programmes de contrôles pour les travaux sur ouvrages d'art en béton et responsable d'essais sur béton du DLA du Cerema CE, qualifié « spécialiste » par le Comité d'Evaluation Scientifique et Technique « Ouvrages d'Art » du MTES,
 - tél : 03-85-86-67-42
 - courriel : benoit.clement@cerema.fr
- **M. Pascal Bligny**, chargé de contrôles pour les travaux sur ouvrages d'art en béton et responsable d'essais sur béton du DLA du Cerema CE
 - tél : 03-85-86-67-97
 - courriel : pascal.bligny@cerema.fr
- **M. Raphaël Maupou**, chargé de contrôles pour les travaux sur ouvrages d'art en béton et chargé d'essais sur béton du DLA du Cerema CE
 - courriel : raphael.maupou@cerema.fr
- **M. Jean-Fabrice Fare**, chargé de contrôles et d'essais pour les travaux d'étanchéité sur ouvrages d'art du DLA du Cerema CE
 - tél : 03-85-86-67-56
 - courriel : raphael.maupou@cerema.fr
- **M. Bruno Boulet**, responsable d'essais sur béton du DL Clermont-Ferrand du Cerema CE
- **M. Arnaud Feeser et/ou Alain Hebting**, responsable d'essais sur enrobés du laboratoire de Strasbourg du Cerema Est

UGE :

- **M. François Toutlemonde**, Directeur adjoint R&D du département MAST de l'UGE, Docteur de l'ENPC et titulaire d'une Habilitation à Diriger des Recherches, expert « BFUP »
 - tél : 01-81-66-83-97
 - courriel : francois.toutlemonde@univ-eiffel.fr
- **M. Benjamin Terrade**, ingénieur de recherche, Docteur de l'université Paris-Est, chargé d'essais, d'études et d'expertises au laboratoire EMGCU du département MAST de l'UGE
 - tél : 01-81-66-83-57
 - courriel : benjamin.terrade@univ-eiffel.fr

Les échanges entre le Cerema et l'UGE, APRR et le maître d'œuvre Ingerop se feront essentiellement par messagerie.

L'équipe projet s'appuiera sur le référentiel technique suivant :

- Marché
- NF P18-470 « Bétons - Bétons fibrés à Ultra Hautes Performances - Spécification, performance, production et conformité » (juillet 2016)
- NF P18-451 « Bétons - Exécution des structures en béton - Règles spécifiques pour les BFUP » (décembre 2018)
- Recommandations de l'AFGC « Bétons Fibrés à Ultra-hautes Performances » (juin 2013)
- normes d'essais.

Éléments à fournir par le client

APRR et Ingérop mettront à disposition des Cerema et UGE les documents nécessaires à sa mission :

- dossier de marché,
- Plan Particulier de Sécurité et de Prévention de la Santé (PPSPS) et consignes de sécurité applicables au chantier,
- documents produits par l'entreprise mandataire, ses sous-traitants ou fournisseurs en lien avec les travaux BFUP (PAQ, demandes d'agrément fourniture, carte d'identité et dossier d'étude de la composition de BFUP proposée, programme de convenance, procédures d'exécution, plan de contrôle intérieur, éventuelles fiches d'anomalie et procédures de réparation, dossier de synthèse des contrôles intérieurs, DIUO) ;
- compte-rendus des réunions préparatoires et de chantier ;
- planning travaux réactualisés.

Modalités de travail - Sécurité

Les interventions sur site des Cerema et UGE sont **exclusivement prévues de jour**.

Le Cerema et l'UGE établiront un PAQ, un PPSPS, participera aux réunions du CISSCT, établira un planning d'interventions de contrôles extérieur régulièrement mis à jour en lien avec le planning travaux.

Les agents des Cerema et UGE seront équipés des EPI nécessaires à leurs interventions sur site et respecteront les consignes de sécurité propres au chantier (accès, stationnement, déplacements...).

Respect de l'environnement

Préférence pour la visioconférence si possible pour les réunions et points d'étapes.

Les agents des Cerema et UGE intervenant sur site récupéreront leurs déchets.

Livable(s)

De préférence les avis, compte-rendus d'intervention, PV d'essais, dossier de synthèse des contrôles extérieurs BFUP seront transmis au format numérique PDF signé, toutefois, sur demande du client, une version signée pourra aussi être envoyés par courrier.

Les données d'essais et éventuelles photos pourront être fournies sur demande du client au format numérique.

Les avis, compte-rendus d'intervention seront transmis dans un délai de **5 jours ouvrés** après la réception des documents de l'entreprise mandataire ou les interventions.

Cependant, dans un souci de réactivité, un courriel sera envoyé le jour même ou le lendemain des interventions sur site aux Maîtres d'Oeuvre et Maître d'Ouvrage pour signaler les éventuels problèmes rencontrés et anomalies détectées.

Calendrier

Cf article 1.3 Délais de la présente Proposition Technique.

Montant de la prestation et modalités de paiement

Le montant de la prestation est évalué à **94253,80 € HT**, conformément au devis n° D20LA0228 joint à la présente proposition.

Mode de paiement :

- a priori une facturation unique à l'achèvement de la prestation,
- avec une éventuelle facture intermédiaire de fin d'année budgétaire.

Durée, validité et acceptation de l'offre

L'offre est valable pour une durée de 90 jours à compter de sa date d'édition. Passé ce délai et en l'absence de commande ferme de la part du client, le Cerema et l'UGE ne s'engagent pas à maintenir leur offre du fait des risques d'évolution de leur plan de charge et d'indisponibilité de certaines ressources.

En tout état de cause, une nouvelle offre serait proposée.

Le devis programme accompagné de la présente notice technique et financière accepté par le client vaut contrat entre les deux parties et permet le démarrage de la mission. Néanmoins un bon de commande formalisé sera nécessaire du point de vue comptable pour permettre la facturation.

Conditions Générales d'Intervention

Les Conditions Générales d'Intervention (CGI) du Cerema s'appliquent à la présente proposition sous réserve des dispositions apportées dans les paragraphes précédents. Elles sont accessibles sur le site du Cerema :

<https://www.cerema.fr/fr/presse/document/conditions-generales-intervention-du-cerema>

Le Cerema Centre-Est est certifié ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001, l'organisation du système est définie dans un manuel « Management de l'organisme ». Des actions d'amélioration continue sont engagées par le service pour garantir la qualité de nos prestations et une procédure de traitement des non-conformités et des réclamations client a été mise en place. Ces documents sont disponibles sur demande.

Les prestations de l'UGE mentionnées dans cette offre sont pour leur part couvertes par la certification ISO 9001 de l'Université Gustave Eiffel (périmètre des départements de l'ex-IFSTTAR).

Offre établie, le 17 novembre 2020



Christophe AUBAGNAC
Chef du groupe « Ouvrages d'Art, Géotechnique,
Risques naturels » du DL Autun

Offre vue et vérifiée, le 18 novembre 2020

Séverine
BOURGEOIS
3320001352b
S

Signature
numérique de
Séverine BOURGEOIS
3320001352bs
Date : 2020.11.18
11:12:03 +01'00'

Séverine Bourgeois Directrice du Cerema
Centre-Est

Offre acceptée le

par

