



REMUE-MÉNINGES #03 BEST OF 2020

Problème posé : le problème de Newton

Trois prés couverts d'herbe de même densité et de même vitesse de croissance ont les superficies suivantes : 3 ha 1/3 ; 10 ha et 24 ha. Le premier pré peut nourrir 12 bœufs pendant 4 semaines. Le second peut nourrir 21 bœufs pendant 9 semaines. Combien de bœufs pourra nourrir le troisième pré pendant 18 semaines ?

(Réponse dans le prochain numéro : Routes la Revue #3.)

SOLUTION DU REMUE-MÉNINGES #02

Problème posé : les vaches dans le pré

L'herbe d'un pré pousse partout avec la même vitesse et la même densité. On sait que 70 vaches mangeraient l'herbe en 24 jours et 30 vaches mangeraient l'herbe en 60 jours. Combien de vaches mangeraient l'herbe du pré en 96 jours ?

Solution

À première vue, l'énoncé peut paraître étrange. Si, en 24 jours, 70 vaches mangent toute l'herbe du pré, le lecteur est tenté de conclure que pour une durée 4 fois plus grande (96 jours au lieu de 24 jours), il faudrait 70/4 vaches soit 17,5 vaches. Ce qui est bien sûr absurde. Pire encore, si on refait le calcul avec la deuxième hypothèse de l'énoncé, à savoir « 30 vaches mangeraient l'herbe en 60 jours », le résultat qui en découle « 18,75 vaches » est encore aussi surprenant. De plus, si 70 vaches mangent l'herbe du pré en 24 jours, 30 vaches la mangeront en 56 jours et non en 60 jours, comme le précise l'énoncé du problème. L'énoncé est-il erroné ? Sinon, d'où viennent ces aberrations ?

Non, l'énoncé est bon, mais il faut le lire attentivement et prendre en compte dans les calculs le passage « l'herbe du pré pousse partout avec la même vitesse et la même densité ». Comment ?

Introduisons une inconnue auxiliaire « x » désignant la croissance journalière de l'herbe, exprimée en parts de la réserve initiale d'herbe sur le pré, supposée égale à « 1 ».

En un jour, la croissance de l'herbe du pré est égale à « x ». En 24 jours, cette croissance s'élève donc à « 24 x ». La réserve d'herbe sur le pré sur une période de 24 jours est donc de (1 + 24 x).

Puisque, en 24 jours, 70 vaches mangent la totalité de l'herbe du pré, on peut en conclure que les vaches mangent (1 + 24 x). En un jour, les 70 vaches mangeront : $(1 + 24 x) / 24$. D'où, une vache mangera : $(1 + 24 x) / 24 / 70 = (1 + 24 x) / (24 \cdot 70) = (1 + 24 x) / 1680$. En 1 jour, une vache consomme une quantité d'herbe égale à :

$$(1 + 24 x) / 1680 \quad (1)$$

De même, en partant de l'hypothèse selon laquelle « 30 vaches auraient mangé l'herbe du même pré en 60 jours », on peut déduire qu'une vache mange en 1 jour :

$$(1 + 60 x) / (30 \cdot 60) \quad (2)$$

En 1 jour, une vache consomme une quantité d'herbe égale à :

$$(1 + 60 x) / 1800 \quad (2)$$

Mais la quantité d'herbe mangée par une vache en 1 jour est la même, quel que soit le troupeau. On peut donc écrire que les équations (1) et (2) sont égales : $(1 + 24 x) / 1680 = (1 + 60 x) / 1800$
 $1800(1 + 24 x) = 1680(1 + 60 x)$
 $1800 + 43200 x = 1680 + 100800 x$
 $120 = 57600 x$

$$x = 1/480 \quad (3)$$

Les équations (1) et (3) permettent de calculer la part de la réserve initiale d'herbe qu'une vache mange par jour :

$$(1 + 24 x) / 1680 = (1 + 24 \cdot 1/480) / 1680 = (1 + 1/20) / 1680 = 21/33600$$

En 1 jour, une vache consomme une quantité d'herbe égale à :

$$1/1600 \quad (4)$$

Soit « y » le nombre de vaches qui mangeraient l'herbe du pré en 96 jours.

$$(1 + 96 \cdot 1/480) / 96 = y / 1600$$

$$\text{D'où } y = 20 \text{ vaches}$$



AGENDA

Journées techniques CIMbéton 2021

Conférences techniques pour la valorisation des matériaux en place à froid aux liants hydrauliques : **Montauban**, le 9 mars / **Poitiers**, le 31 mars / **Bourg-en-Bresse**, le 9 juin / **Laval**, le 22 septembre / **Vesoul**, le 14 octobre / **Chartres**, le 23 novembre.



Invitations disponibles sur simple demande auprès de CIMbéton.



SUR LA TOILE

Un site entièrement dédié aux LHR

Découvrez le nouveau site Internet dédié aux techniques de valorisation des matériaux en place à froid aux liants hydrauliques routiers (LHR) : lhr.cimbeton.net



PARUTION

DÉPLIANT « Les chaussées composites en dalles béton à joints goujonnés sur grave-bitume BC5g/GB3 : des structures éprouvées, durables et optimisées »

Ce dépliant est conçu en 7 volets (14 pages). Il comprend :

> Un texte rappelant le concept de chaussées composites en BC5g/GB3.

> Une série de 5 fiches références de chantiers BC5g/GB3. et SNBPE, vient enrichir une série de dépliants destinés à sensibiliser les maîtres d'ouvrage et d'œuvre sur des procédés, techniques ou concepts nouveaux. Retrouvez-les tous sur notre site.

ROUTES

#ciments #lianthydrauliqueroutier #bétons

#BEST OF 2020

ATTENTION : COURRIER INCLUS À REMPLIR CONCERNANT VOTRE ABONNEMENT EN 2021



Info #01

ORVILLIERS-SAINT-JULIEN AUBE (10)

Le retraitement au LHR, la « solution idéale » pour la rénovation de la RD7

Info #09

BALLERSDORF HAUT-RHIN (68)

Déviations de Ballersdorf : un traitement de couche de forme au LHR pour le plus grand chantier routier du Haut-Rhin

Info #05

ESCALLES PAS-DE-CALAIS (62)

Le BAC débarque dans le Pas-de-Calais

Info #07

LIEUSAIN - SAVIGNY-LE-TEMPLE SEINE-ET-MARNE (77)

Des bétons BC3 et BC5 goujonnés pour la ligne BHNS T Zen 2



CIMbéton, centre d'information sur le ciment et ses applications.

Retrouvez sur infociments.fr la collection technique CIMbéton

Rassemble les ouvrages techniques, les revues spécialisées et le multimédia :

LES OUVRAGES TECHNIQUES

Les fiches techniques, les brochures d'information, les guides techniques et les documents pratiques.

LES REVUES SPÉCIALISÉES

Construction moderne

Revue d'architecture qui montre les utilisations du béton dans l'art de bâtir et apporte aux constructeurs références et témoignages.

Routes

Revue d'actualité consacrée aux réalisations routières et qui présente, à travers des reportages et des monographies, la réalisation des projets et les raisons des choix techniques, économiques et environnementaux.



LE MULTIMÉDIA

www.infociments.fr

Site général sur le ciment et ses applications dans tous les domaines de la construction, regroupant l'ensemble de la documentation technique CIMbéton.

lhr.cimbeton.net

Site spécialisé dans les techniques de valorisation des matériaux routiers en place aux ciments et aux liants hydrauliques routiers.

CIMbéton, 7, place de la Défense 92974 Paris-la-Défense Cedex. Tél. : 01 55 23 01 00 - Courriel : centrinfo@cimbeton.net

ÉDITO

« ROUTES » 2021, directement par courriel !

CIMbéton a le plaisir de vous adresser le premier *Best Of* de la revue *Routes*. Avec ce numéro imprimé, nous achevons une première année durant laquelle nous avons expérimenté une nouvelle stratégie de diffusion. D'une parution « papier » trimestrielle, la revue a évolué vers une solution mixte digitale et imprimée :

- la newsletter « Routes Info », envoyée mensuellement par courriel (abonnez-vous depuis le QR code ci-dessous ou avec le formulaire d'abonnement en p.27 pour recevoir l'ensemble de nos publications) ;
- la compilation « Routes la revue », envoyée par courriel et reprenant les derniers chantiers publiés ainsi que leur documentation technique compilée ;
- un magazine annuel, sous forme de *Best Of* imprimé, rassemblant les reportages emblématiques de l'année.

À travers quatre reportages, nous vous présentons toute la richesse des solutions techniques à base de liant hydraulique routier (LHR) et de béton. En effet, l'utilisation du liant hydraulique routier est illustrée par deux reportages de chantiers représentatifs de la filière de valorisation des matériaux en place : le retraitement des chaussées en place aux LHR pour entretenir structurellement les chaussées anciennes fatiguées (cf. « Le retraitement au LHR, la " solution idéale " pour la rénovation de la RD7 » ; Aube 10) et le traitement des sols en place aux LHR pour confectionner des couches de chaussées (cf. « Déviation de Ballersdorf : un traitement de couche de forme au LHR pour le plus grand chantier routier du Haut-Rhin »). Quant à l'utilisation du béton, elle est illustrée par deux reportages de chantiers montrant à la fois la diversité des typologies de structures utilisées (cf. « voie verte en béton armé continu à Escalles » ; « dalles béton à joints goujonnés sur le T Zen 2 à Lieusaint - Savigny-le-Temple ») et la variété des techniques de traitement de surface retenues (béton poncé à Escalles, béton hydrodécapé à Lieusaint-Savigny-le-Temple).

Nous sommes sûrs que vous saurez apprécier ces quatre reportages montrant toutes les potentialités dans l'utilisation des LHR et des bétons pour construire, entretenir et aménager les infrastructures de la mobilité de demain.

Vous pouvez, bien entendu, retrouver l'ensemble des reportages *Routes* et des cahiers techniques sur infociments.fr/publications/routes.

Enfin, pour faire de « Routes » le cœur de votre expression et de vos attentes, nous vous remercions de bien vouloir compléter le questionnaire joint à ce numéro.

Bonne lecture.



Vous préférez lire à l'écran ou accéder à des contenus supplémentaires ? Scannez nos QR codes et retrouvez toute l'information en ligne sur infociments.fr



L'abonnement numérique, c'est ici : remplissez le formulaire d'inscription pour ne pas rater nos publications digitales.

SOMMAIRE



PAGE 4

ORVILLIERS-SAINT-JULIEN
AUBE (10)

Le retraitement au LHR, la « solution idéale » pour la rénovation de la RD7



PAGE 9

BALLERSDORF
HAUT-RHIN (68)

Déviation de Ballersdorf : un traitement de couche de forme au LHR pour le plus grand chantier routier du Haut-Rhin



PAGE 15

ESCALLES
PAS-DE-CALAIS (62)

Escalles : le BAC débarque dans le Pas-de-Calais



PAGE 20

LIEUSAIN – SAVIGNY-LE-TEMPLE
SEINE-ET-MARNE (77)

Lieusaint – Savigny-le-Temple : des bétons BC3 et BC5 goujonnés pour la ligne BHNS T Zen 2



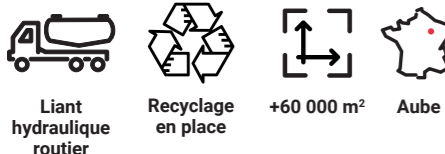
Le retraitement au LHR, la « solution idéale » pour la rénovation de la RD7

#mieuxcirculer #mieuxprotégerlaplanète #chantier #lianthydrauliqueroutier

ROUTES INFO #1

Publié le 25/02/2020

© CIMbéton
Texte Charles Desjardins & Joseph Abdo



Liant hydraulique routier
Recyclage en place
+60 000 m²
Aube

PRINCIPAUX INTERVENANTS

- Maîtrise d'ouvrage**
Département de l'Aube
- Maîtrise d'œuvre**
Département de l'Aube
- Entreprise**
Eiffage Route
- Fournisseur du liant hydraulique routier**
Ciments Calcia

Vous préférez la lecture digitale ?
Retrouvez et scannez nos QR Codes en p. 8.

PHOTO CI-DESSUS : vue générale du chantier de retraitement de la RD7.

Pour redonner une nouvelle jeunesse à la RD7, le conseil départemental de l'Aube a choisi le retraitement en place à froid au liant hydraulique routier (LHR). Un choix judicieux, du point de vue tant économique qu'écologique.

SITUATION

Située au nord-est de Troyes (Aube), la RD 7, longue d'une vingtaine de kilomètres, relie la commune de Marcilly-le-Hayer à l'ouest à la Belle Étoile à l'est, en passant par Orvilliers-Saint-Julien.

ÉTAT DES LIEUX

Trafic + âge + conditions climatiques = dégradations structurelles. Cette équation a conduit à envisager une importante opération de réparation, comme c'est le cas pour 5 % environ du réseau secondaire français chaque année.

D'une largeur de chaussée de 5,50 m, la RD7 est empruntée par de nombreux poids lourds (PL) pendant la campagne de récolte betteravière. La RD7 enregistre un trafic de 80 PL/jour (classe T3), nettement supérieur à celui pour lequel elle a été conçue. Cette circulation PL a provoqué au fil du temps des dégradations de rives importantes et dangereuses. Des fissures longitudinales et transversales, des déformations, des nids-de-poule, du faïencage, des affaissements, des flaches et des orniérages étaient également observés.

En outre, les prévisions ayant mis en évidence une augmentation inévitable du trafic dans l'avenir, cette restructuration doit permettre à la nouvelle chaussée de supporter une fréquentation en hausse, en améliorant par ailleurs la tenue au gel de la structure.

Les réparations ciblées ne suffisant plus et les symptômes des dégradations structurelles allant s'aggravant d'année en année, notamment à cause des infiltrations et du ruissellement, le département de l'Aube a pris la décision d'intervenir à grande échelle sur la moitié la plus dégradée du parcours, entre Saint-Flavy et la Belle Étoile, soit une longueur d'un peu plus de 10 km (10,19 km précisément), afin d'élargir et de renforcer la chaussée.

Après sondage, il s'avère que la chaussée, bien qu'ancienne, ne contient pas de HAP.

PROJET

Dans un premier temps, le département envisage un « renforcement épais », c'est-à-dire le rechargement de l'ancienne chaussée par une couche de 13 cm de grave-bitume, avec un élargissement à 6 m (+ 0,5 m par rapport à l'existant). Cette solution classique présente cependant plusieurs inconvénients : coût, durée, incidences environnementales (ponction sur les ressources en granulats, transport de matériaux par noria de camions, interruption de circulation...).

Lors de l'appel d'offres, s'appuyant sur différents prélèvements et études préalables validant la faisabilité (aptitude du matériau au traitement, absence de nitrates ou de sulfure qui inhibent la prise du liant hydraulique ou de sulfates qui génèrent des gonflements), la société Eiffage propose une variante plus performante et plus « verte » : le retraitement à froid aux liants hydrauliques routiers (LHR) de la partie supérieure de la chaussée et d'un apport de fraisats d'enrobés issus de la déconstruction de la couche de roulement.

Pourquoi utiliser de nouveaux matériaux, qu'il faut acheminer à grands frais, alors que l'ancienne chaussée représente un excellent gisement de matériaux ? « Avec cette technique, tout est optimisé : pas de mise en décharge, pas d'exploitation inutile de carrières ou de ballastières, pas de transport, pas de vapeurs nocives... Le retraitement en place à froid aux liants hydrauliques routiers recycle les matériaux en place, économise l'énergie et respecte l'environnement », commente Guillaume Berlot, le chef d'agence Eiffage Route-Nord-Est, à Troyes.

Autre avantage décisif : la technique s'avère en général 15 à 30 % moins chère que les solutions classiques de renforcement. Dans le cas précis de la RD 7, l'économie avoisine les 20 %.

Quant au résultat, il est tout aussi performant qu'un « renforcement épais ». La chaussée ainsi traitée possède les mêmes qualités qu'une grave-ciment élaborée en centrale : rigidité, résistance au trafic, solidité, entretien quasiment nul sur la période de service... Enfin, la durabilité est remarquable : de l'ordre de vingt à vingt-cinq ans, la RD 7 ne faisant pas exception.

OBJECTIFS

Ils consistent à engager quatre actions distinctes :

- > Réaliser la restructuration de la chaussée en ayant recours à la technique du retraitement en place au liant hydraulique routier (LHR).
- > Profiter des travaux pour recalibrer la chaussée afin de la faire passer de 5,50 m de large à 6 m.
- > Réaliser un revêtement de chaussée de type ESU en couche de roulement.
- > Améliorer la tenue au gel de la structure.

MISE EN ŒUVRE

Le chantier a été réalisé en suivant les opérations suivantes, illustrées dans les schémas p. 5.

Réalisation des tranchées latérales

Les tranchées latérales (largeur 1,2 m et profondeur 0,5 m) ont été creusées de part et d'autre de la chaussée existante (cf. schéma 1), à l'aide d'une pelle mécanique, sur une longueur de 20 380 ml. Elles sont réalisées en mordant de 40 cm sur les rives de la chaussée existante (cf. schéma 2). Elles sont ensuite comblées avec des matériaux d'apport en GNT 0/63, compactés en couches successives (cf. schéma 3). Cette opération a nécessité trois mois de travaux.

Apport des matériaux pour la restructuration de la chaussée

Il s'agit de fraisat d'enrobé qui est réparti à la surface de la chaussée existante sur une épaisseur de 0,13 m et une largeur de 6,20 m, couvrant la largeur de la chaussée existante et partiellement les tranchées latérales (cf. schéma 4). Cet apport de matériaux a pour but d'augmenter l'épaisseur de la chaussée existante pour qu'elle soit en mesure, après retraitement, de supporter le trafic prévisible, attendu en hausse dans les années à venir. En outre, l'augmentation de l'épaisseur de la chaussée améliore la tenue au gel de la structure, située dans un département au climat hivernal rigoureux.

La couche de fraisat d'enrobé a été réglée au profil au moyen d'une niveleuse guidée par GPS. Particularité : Eiffage a proposé une solution permettant d'obtenir un matériau de type ERTALH (enrobés recyclés traités au liant hydraulique) comme matériau d'assise de chaussée. Son « comportement est mixte entre la grave-bitume (GB) et les matériaux traités aux liants hydrauliques (MTLH) », précise Laurent Creton, le directeur technique d'Eiffage.

Épandage du liant

Un épandeur à dosage pondéral asservi à la vitesse d'avancement a réparti le liant hydraulique routier fourni par Ciments Calcia, à raison de 26 kg au m². Un contrôle régulier de l'épandage et de la quantité des liants a été réalisé par la méthode dite « à la bêche » (cf. schéma 5).

Malaxage et humidification

« Nous avons mis en œuvre notre atelier de retraitement exclusif ARC 1000, développé dans les ateliers Eiffage, commente Laurent Creton, le directeur technique d'Eiffage. Il est constitué d'un bâti sur chenilles qui comprend un rotor de 2 m de largeur, équipé de 224 dents, une lame flottante pour assurer le nivellement du fond de forme, un malaxeur, une vis de répartition et une lame de répandage. Au centre de l'engin, le puissant malaxeur de centrale assure une excellente



▲ L'atelier de retraitement en action. Les bandes d'élargissement sont visibles de part et d'autre de la chaussée.

Pourquoi utiliser de nouveaux matériaux, qu'il faut acheminer à grands frais, alors que l'ancienne chaussée représente un excellent gisement de matériaux ?

La chaussée ainsi traitée possède les mêmes qualités qu'une grave-ciment élaborée en centrale : rigidité, résistance au trafic, solidité, entretien quasiment nul sur la période de service...



Liant hydraulique routier

Avec cette technique, tout est optimisé : pas de mise en décharge, pas d'exploitation inutile de carrières ou de ballastières, pas de transport, pas de vapeurs nocives...



Recyclage en place

Retrouvez tous les schémas en p. 7. (+)

L'augmentation de l'épaisseur de la chaussée améliore la tenue au gel de la structure, située dans un département au climat hivernal rigoureux.



↑ L'épandeur à dosage pondéral assure la répartition homogène du liant hydraulique routier à raison de 26 kg au m².

➤ L'ARC 1000 assure le malaxage du liant avec le fraisat d'enrobé et les matériaux de l'ancienne chaussée sur une profondeur de 25 cm (dans l'axe de la chaussée) et de 30 cm en rives. L'ajustement de la teneur en eau est apporté par injection directe dans la cloche de malaxage, L = dosage du liant sous forme d'émulsion) optimal de 33333.

- Vue de l'avant de l'ARC 1000.
- Vue du rotor, avec les dents en tungstène.



homogénéité transversale et verticale du traitement. » Approvisionné par une citerne d'eau progressant à sa suite pour assurer l'humidification précise du mélange, l'ARC 1000 permet d'obtenir un coefficient HEPIL (pour Homogénéité du produit élaboré, Épaisseur = maîtrise et respect, Puissance de fraisage, Injection de liquide dans la cloche de malaxage, L = dosage du liant sous forme d'émulsion) optimal de 33333.

Comme indiqué précédemment, le retraitement s'est effectué sur une épaisseur de 25 cm à l'axe de la voie et jusqu'à 30 cm en rives pour conforter l'élargissement (+ 0,5 m par rapport à l'existant) et obtenir une structure parfaitement homogène (cf. schéma 6).

L'apport d'agrégats d'enrobés (AE), granulométrie : 0/63, a été réalisé sur une épaisseur de 13 cm sur l'ensemble de la chaussée. Ensuite, le retraitement au liant hydraulique routier sur une épaisseur de 25 cm à l'axe de la voie et jusqu'à 30 cm en rives a permis d'obtenir le matériau spécifique de type ERTALH. Exemple de formulation : 62 % d'enrobés recyclés + 33,5 % de matériaux correcteurs + 4,5 % de liant hydraulique routier.

Le directeur technique d'Eiffage poursuit : « Le bitume des AE, associé au liant hydraulique d'apport, permet une réduction d'épaisseur par rapport à une grave hydraulique et limite la fissuration. Les avantages sont nombreux : pouvoir structurel, insensibilité à l'orniérage, meilleur indice de qualité élastique, réduction du coût global de l'infrastructure, moins de déchets, moins de rotations de camions et donc préservation du réseau routier avoisinant, sécurité renforcée, durée des travaux écourtée, réduction des coûts... » Résultat : la valorisation de 8 200 m³ d'enrobés provenant des stocks du département, un nouveau point positif pour l'environnement.

Réalisation des bandes dérasées

De part et d'autre de la chaussée ont été réalisées en GNT 0/31,5 des bandes dérasées de largeur 0,45 m et d'épaisseur 0,13 m (cf. schéma 7).

Réglage et compactage

Immédiatement après le malaxage, un compacteur V4 intervient une première fois pour « refermer » le mélange ainsi obtenu. Après l'intervention d'une niveleuse qui effectue le réglage, six passes de compacteur V5 en grande amplitude permettent le compactage des 25 cm de matériaux traités. Un dernier réglage « recoupe », effectué par une seconde niveleuse, permet la mise au profil définitif et confère à la route un profil en travers régulier et un profil en long



↑ L'atelier de malaxage est suivi d'un compacteur V4 qui assure un compactage léger permettant de refermer le matériau.

Formules & données

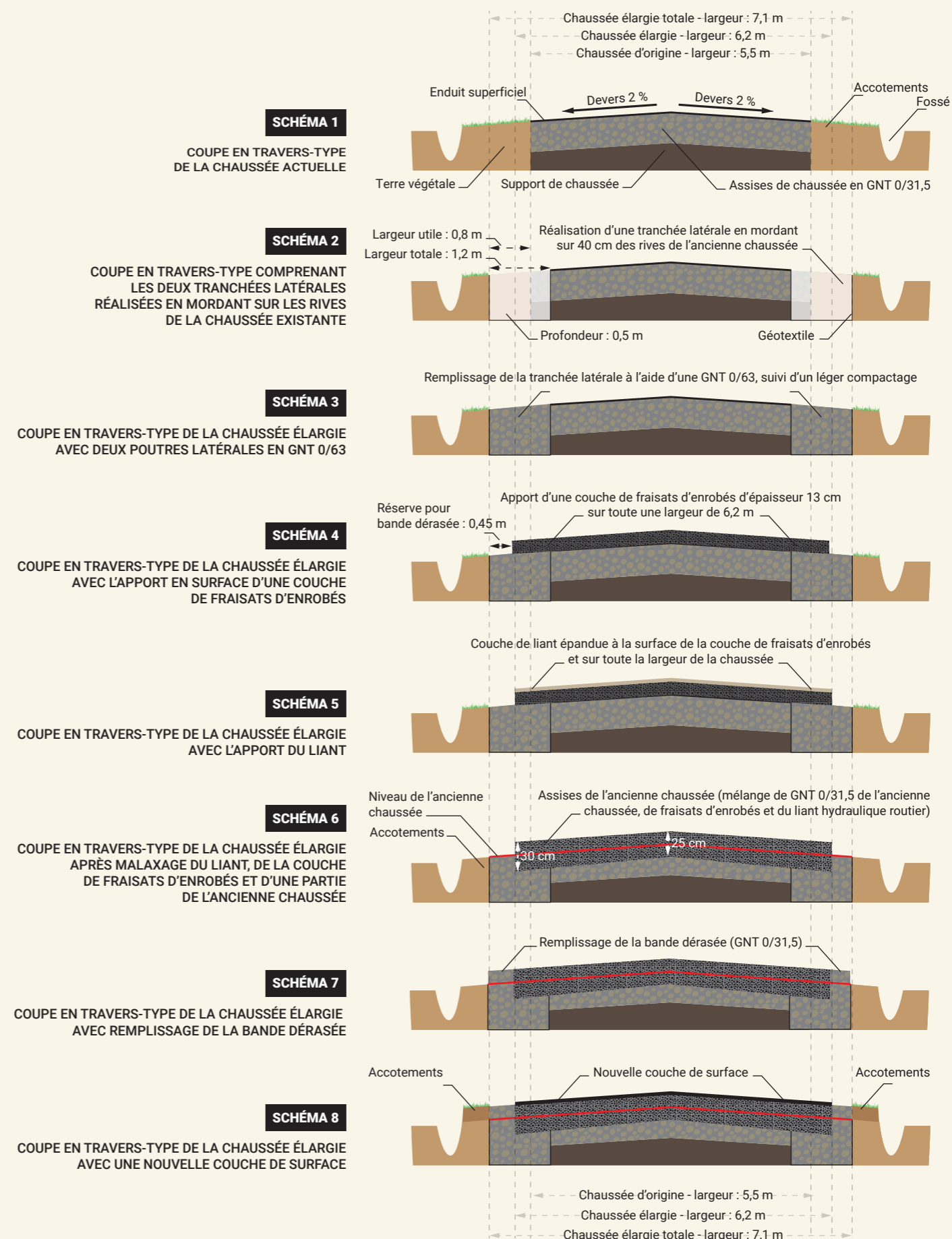
L'ARC 1000 permet d'obtenir un coefficient HEPIL (pour Homogénéité du produit élaboré, Épaisseur = maîtrise et respect, Puissance de fraisage, Injection de liquide dans la cloche de malaxage, L = dosage du liant sous forme d'émulsion) optimal de 33333.

Formules & données

Le retraitement au liant hydraulique routier sur une épaisseur de 25 cm à l'axe de la voie et jusqu'à 30 cm en rives permet d'obtenir le matériau spécifique de type ERTALH. Exemple de formulation : 62 % d'enrobés recyclés + 33,5 % de matériaux correcteurs + 4,5 % de liant hydraulique routier.

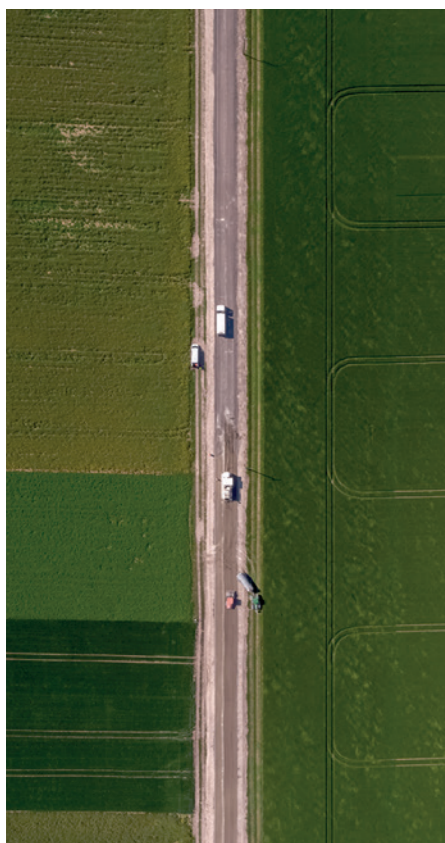
SCHÉMAS TECHNIQUES

Retraitement en place à froid au liant hydraulique routier de la RD7





▲ La niveleuse intervient après le V4 pour mettre au profil la surface du matériau.



▲ Appliquant les principes de l'économie circulaire, le retraitement des chaussées en place aux LHR permet d'exploiter le gisement existant de matériau dans une chaussée dégradée avec des avantages techniques, économiques, écologiques et de rapidité de mise en œuvre incomparables.

confortable pour l'utilisateur. Deux passes de compacteur V5 en grande amplitude sont encore effectuées pour obtenir un compactage ql. « Il n'y a pas eu préfissuration, rendue inutile par l'utilisation d'une grave ERTALH », précise Guillaume Berlot, le chef d'agence Eiffage Route-Nord-Est, à Troyes.

Protection du matériau retraité

Une couche de protection a été appliquée sur la couche retraitée (sur une largeur de 6,20 m) afin de la protéger des intempéries, de l'évaporation de l'eau et du trafic de chantier. Après durcissement de la couche traitée au liant hydraulique routier, un enduit bicouche (10/14 - 4/6) à l'émulsion aux bitumes élastomères a été appliqué sur une largeur de 6 m afin de garantir la fonctionnalité de la chaussée (cf. schéma 8).

BILAN

Début juin 2019, la RD7 affichait sa nouvelle physionomie sur 10 km entre Saint-Flavy et la Belle Étoile.

« Je connaissais la technique à titre professionnel, car je suis ingénieur TP, mais je ne l'avais pas vue mise en œuvre, conclut Alain Bolland, vice-président de conseil départemental de l'Aube, en charge des routes. Dans le cas particulier de la rénovation de la RD7, compte tenu de sa configuration et de ses dimensions, le retraitement en place à froid aux LHR représente la solution idéale : elle est économiquement avantageuse et, en plus, elle est respectueuse de l'environnement en permettant d'obtenir une voie neuve. C'est une belle réussite ! »

EN QUELQUES CHIFFRES

- > 62 000 m² revêtus.
- > 63 200 m² de surface totale retraitée.
- > 1 500 t de liant hydraulique routier utilisés.
- > 15 020 m³ de matériaux retraités, dont 8 200 m³ d'agrégats d'enrobés valorisés.
- > 16 000 t de ressources naturelles économisées (notamment des agrégats naturels de carrières).

LIENS UTILES

- > Ciments Calcia
<https://www.ciments-calcia.fr>
- > Eiffage Construction
<https://www.eiffageconstruction.com>
- > Conseil départemental de l'Aube
<http://www.aube.fr>
- > Cerema
<https://www.cerema.fr>
- > Infociments LHR
<https://www.infociments.fr/liants-hydrauliques-routiers/>
- > Infociments Routes
<https://www.infociments.fr/route>

ALLER PLUS LOIN AVEC INFOCUMENTS.FR



Retrouvez le Routes Info#1 en ligne sur le site infociments.fr



Retrouvez le cahier technique du Routes Info#1 : Le retraitement des chaussées en place à froid aux liants hydrauliques routiers



Vidéos, Guides Techniques, organisation de Journées Techniques, découvrez les outils mis à votre disposition sur les liants hydrauliques routiers.



Déviations de Ballersdorf : un traitement de couche de forme au LHR pour le plus grand chantier routier du Haut-Rhin

#mieuxcirculer #mieuxprotégerlaplanète #chantier #lianthydrauliqueroutier

Mettre en œuvre ou remployer le plus de matériaux locaux possible est devenu une priorité sur tous les chantiers, notamment routiers. Le traitement en place de la couche de forme au liant hydraulique routier (LHR) permet de répondre parfaitement à cette exigence. Une solution technique éprouvée, avantageuse sur plusieurs plans : environnemental, économique et logistique. Démonstration en Alsace, avec le contournement de la commune de Ballersdorf, un projet porté de bout en bout par le conseil départemental du Haut-Rhin et par son président, Rémy With. La collectivité a assuré les maîtrises d'ouvrage et d'œuvre ainsi que le financement intégral à hauteur de 12,34 M€. Figurant parmi les plus importants projets engagés ces dernières années par le département, il a été inauguré à la fin du mois d'octobre dernier.

SITUATION

À 10 kilomètres à l'ouest d'Altkirch, le village de Ballersdorf (Haut-Rhin) se situe dans la belle région vallonnée du Sundgau, parsemée d'étangs et réputée pour sa spécialité culinaire, la carpe frite. Cette petite commune rurale, qui compte moins de 900 habitants, est au centre d'un quadrilatère formé à l'ouest par Montbéliard et Belfort et à l'est par Mulhouse et la métropole suisse de Bâle

ÉTAT DES LIEUX

Conséquence de sa localisation particulière au sud de l'Alsace et à la frontière de la Suisse, Ballersdorf connaît un important trafic routier de transit sur sa route départementale RD419, avec plus de 6 300 véhicules (dont environ 10 % de poids lourds) traversant quotidiennement l'agglomération. Cette circulation engendre de nombreuses nuisances.

PROJET

Dans le cadre d'un vaste projet de désenclavement de la région du Sundgau, le conseil départemental du Haut-Rhin a entrepris, il y a plus d'une décennie, d'améliorer la circulation dans cette zone. D'importants chantiers ont été réalisés, avec notamment la déviation de Retzwiller (plus de 20 M€), inaugurée en septembre 2014, et celle d'Aspach en 2013 (30 M€). Dernière opération envisagée : le contournement de Ballersdorf. Avec un coût estimé à plus de 10 M€, ce chantier routier est le plus important engagé récemment par le département du Haut-Rhin.

ROUTES INFO #09

Publié le 18/12/2020

© CIMbéton
Texte : Charles Desjardins & Joseph Abdo



PRINCIPAUX INTERVENANTS

- Maîtrise d'ouvrage**
Conseil départemental du Haut-Rhin
- Maîtrise d'œuvre**
Conseil départemental du Haut-Rhin (direction des Routes, pôle Mobilité et Travaux neufs)
- Entreprises**
Climent TP, Brunner, Laboratoire E3C (groupe Climent TP)
- Fournisseur du liant hydraulique routier**
LafargeHolcim (Holcim Haut-Rhin)

Vous préférez la lecture digitale ?
Retrouvez et scannez nos QR Codes en p. 13.

PHOTO D'OUVERTURE : Juillet 2020. Vue générale du chantier de traitement de la couche de forme de la déviation de Balleldorf, le plus important engagé récemment par le département du Haut-Rhin.



Objectif principal du chantier : détourner la RD419 en réalisant une voie contournant la commune par le nord afin de délester le village d'une bonne partie de son trafic actuel.

Le traitement en place aux LHR propose une réponse adaptée aux exigences du maître d'ouvrage-maître d'œuvre. Éprouvé et fiable, ce procédé limite la circulation des engins et des camions en permettant de réaliser des ouvrages à la durabilité constatée.

OBJECTIFS

Le projet a fait l'objet d'études successives menées de 2004 à 2017.

Il poursuit plusieurs objectifs :

- > Fluidifier le trafic : l'opération consiste à détourner la RD419 en réalisant une voie contournant la commune par le nord afin de délester le village d'une bonne partie de son trafic actuel.
- > Améliorer la qualité de vie : l'importante circulation routière nuit à la qualité de vie des Badri-courtois, les habitants de Ballersdorf.
- > Préserver l'environnement : le conseil départemental, souhaite que le chantier soit le plus respectueux possible de l'environnement. Dans ce dessein, l'appel d'offres a été assorti de fortes contraintes techniques. Cette préoccupation se traduit notamment par l'exigence de réduire le trafic engendré par le chantier (engins et camions) et de remployer le maximum de matériaux sur place, en limitant strictement l'apport de matériaux nobles, ressource à préserver.
- > Réaliser un ouvrage durable : la nouvelle voie doit avoir une durabilité appréciable (vingt ans), à la hauteur de l'importance de l'investissement consenti.
- > Garantir la résistance au gel : dans un département habitué aux températures basses en hiver, ce paramètre est impératif.

Ces objectifs ont orienté le choix du conseil départemental du Haut-Rhin, à la fois maître d'ouvrage et maître d'œuvre, vers une solution de traitement des sols en place au LHR pour la réalisation de la couche de forme prévue.

CHOIX DU TRAITEMENT DE LA COUCHE DE FORME AU LHR

Cette technique propose une réponse adaptée aux exigences du maître d'ouvrage-maître d'œuvre. En effet, ce procédé, éprouvé et fiable, ne nécessite pas ou peu d'apports de matériaux extérieurs, limite la circulation des engins et des camions et permet de réaliser des ouvrages à la durabilité constatée. À Ballersdorf, dans cette région du Haut-Rhin, les caractéristiques spécifiques des sols permettent d'envisager cette solution du traitement pour réaliser la couche de forme. Celles-ci sont marquées par la double présence de matériaux limono-argileux et de sable.

Des études en laboratoire ont dès lors été entreprises sur les matériaux limono-argileux afin de vérifier la faisabilité du traitement des sols au LHR et de déterminer le dosage en liant permettant l'obtention des caractéristiques mécaniques visées (résistance en traction R_t et module d'élasticité E). Celles-ci sont nécessaires pour dimensionner la couche de forme (cf. *Focus technique p. 6*).

CARACTÉRISTIQUES DU PROJET

Longueur de la nouvelle voie à réaliser : 2,5 km, dont 1,5 km fait appel à la technique de traitement des sols en place au LHR. Largeur de la nouvelle voie : 9 m.

CHOIX DE LA STRUCTURE DE LA NOUVELLE VOIE

La structure de la nouvelle voie s'établit ainsi :

- > Une couche de forme de portance minimale visée PF3 ($120 \leq EV2 < 200$ MPa), d'épaisseur 55 cm.
- > Une couche de fondation en grave-bitume GB4, d'épaisseur 13 cm.
- > Une couche de roulement en béton bitumineux semi-grenu (BBSG) classe 3, d'épaisseur 6 cm.

CHOIX DE L'ENTREPRISE

La société Climent Travaux publics remporte l'appel d'offres.

Créée en 1934, cette entreprise est un des leaders des travaux publics en Franche-Comté, toute proche.

CHOIX DU LHR

Après plusieurs sondages et à l'issue de tests minutieux, le liant Rolac Optimum est retenu. « *Rolac Optimum est un liant hydraulique polyvalent qui apporte une réponse optimale à de nombreuses problématiques, commente Hubert Lizzi, responsable commercial chez Holcim Haut-Rhin. Il est adapté au traitement de tous les types de matériaux naturels ou recyclés. Ses fortes capacités d'activation permettent d'accélérer le développement des résistances mécaniques pour une remise en circulation rapide.* »

Autre atout, géographique celui-là : comme son nom l'indique, Rolac Optimum AK est produit à Altkirch. L'usine est située à moins de 10 km du chantier, ce qui limite le trajet des porteurs et minimise la production de CO_2 .

MISE EN ŒUVRE

Les travaux commencent début 2017, avec la réalisation d'un giratoire sur la RD419, à l'entrée de Ballersdorf, en direction d'Altkirch. C'est sur ce giratoire que se connecte la future déviation, dont la construction démarre en 2019.

Implantation

La future voie est implantée sur une largeur de 9 m (pour une largeur de la couche de roulement de 8,40 m).

Décapage de la terre végétale

Le terrain est d'abord décapé, avec retrait de 30 à 50 cm d'épaisseur de terre végétale.

Terrassements

Le décapage de la terre végétale a permis de mettre à nu le sol limono-argileux. Après nivellement et mise à la cote de l'arase par rapport au niveau final de la chaussée, le matériau limono-argileux est retiré et traité à la chaux pour abaisser sa teneur en eau et neutraliser les effets néfastes de l'argile. Après tri, quelque 11 000 m³ de déblais destinés à constituer la couche de forme sont stockés sur place et bâchés afin de les préserver de l'humidité. Lors de la reprise des travaux, des prélèvements sont effectués pour vérifier leur teneur en eau.

Interruption des travaux due à la Covid-19

Le 17 mars 2020, les travaux sont interrompus avec le début du confinement anti-Covid-19. Ils ne reprennent que le 4 mai suivant, avec l'application de règles sanitaires strictes prises en lien avec l'Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics (OPPBT) : port de masque, de lunettes et de gants, quand la distance entre les ouvriers est inférieure à un mètre ; lavage des mains régulier ; installation de séparations en plexiglas dans les véhicules et désinfection systématique... Celles-ci se traduisent aussi par le renforcement de la sécurité des lieux de vie, nettoyés quotidiennement.

Approvisionnement

En juillet 2020, le matériau destiné à la couche de forme est mis en œuvre grâce à une reprise sur le stock constitué (sol traité à la chaux), effectuée à l'aide de pelles sur chenilles et de tombeaux articulés.

Préréglage

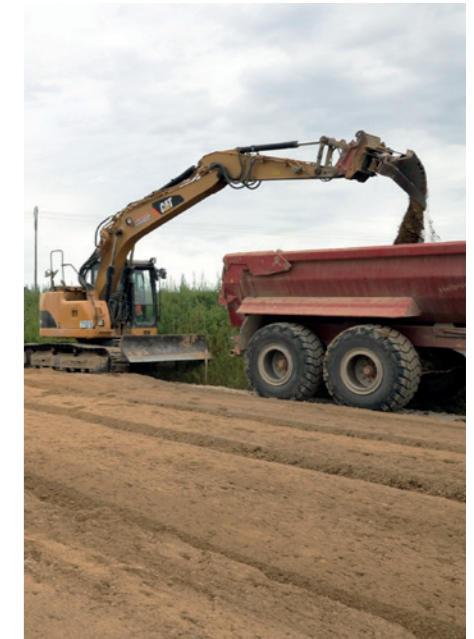
Un préréglage est effectué à la niveleuse asservie GPS, de façon à obtenir une épaisseur homogène préalable. Puis le traitement est réalisé en deux couches : une première couche de 30 cm d'épaisseur, puis une seconde couche de 25 cm, soit au total une couche de 55 cm d'épaisseur.

Épandage du liant LHR

L'épandage du liant hydraulique routier est réalisé par l'entreprise Brunner, installée localement. Le liant est épandu pour atteindre l'objectif d'un dosage de 5 %, avec vérification de la quantité épandue à l'essai à la bache, afin d'obtenir les performances mécaniques visées.



Le liant est épandu pour atteindre l'objectif d'un dosage de 5 %, avec vérification de la quantité épandue à l'essai à la bache.



Les déblais, traités à la chaux, stockés et bâchés dans le périmètre du chantier, sont repris pour la réalisation de la couche de forme.



Un préréglage a été effectué à la niveleuse asservie GPS de façon à obtenir une épaisseur homogène préalable.

Recyclage en place

Des études en laboratoire ont dès lors été entreprises sur les matériaux limono-argileux afin de vérifier la faisabilité du traitement des sols au LHR et de déterminer le dosage en liant permettant l'obtention des caractéristiques mécaniques visées (résistance en traction R_t et module d'élasticité E). Celles-ci sont nécessaires pour dimensionner la couche de forme.

Formules & données

Rolac Optimum est un liant hydraulique polyvalent qui apporte une réponse optimale à de nombreuses problématiques. Il est adapté au traitement de tous les types de matériaux naturels ou recyclés. Ses fortes capacités d'activation permettent d'accélérer le développement des résistances mécaniques pour une remise en circulation rapide.

Malaxage

Il est également effectué par l'entreprise Brunner, avec un pulvimixeur, sur une profondeur de 30 cm et une largeur de 1,80 m. Il nécessite trois passes complètes, avec un arrosage intermédiaire pour ajuster la teneur en eau.

Compactage

À l'issue d'un nouveau test en laboratoire et d'une vérification de la teneur en eau, un compactage partiel est effectué à la fin du malaxage, pour ne pas laisser un matériau foisonné exposé aux intempéries. Il doit apporter 70 à 80 % de l'énergie exigée pour obtenir la qualité recherchée (objectif de compactage q3). Il est effectué par deux compacteurs V5.

Réglage

Il est effectué par scalpage, à la niveleuse, sur toute la largeur, suivi par un coupage fin pour mise à la cote définitive.

Compactage final

Un compactage final est réalisé immédiatement après le dernier réglage.

La couche de forme ainsi finalisée, la plate-forme atteint une portance PF3 (entre 120 et 200 MPa).

Application d'un enduit

Un enduit est appliqué pour imperméabiliser la couche traitée et éviter la dessiccation.

Réalisation des fossés

Les fossés sont réalisés en béton extrudé à l'aide d'une machine à coffrages glissants.

Réalisation de la chaussée

En mai 2020, le marché de la réalisation de l'assise de chaussée est attribué.

Exécutée à la fin de l'été, la couche de fondation est constituée de 13 cm de GB 0/14 mm classe 4.

La couche de roulement est de 6 cm de BBSG 0/10 mm classe 3.



⤴ Le malaxage de la première couche est effectué avec un pulvimixeur de l'entreprise Brunner, sur une profondeur de 30 cm et une largeur de 1,80 m. Il nécessite trois passes complètes.



⤴ Vue du rotovator du pulvimixeur de l'entreprise Brunner.

⤴ Un compactage partiel est effectué par deux compacteurs V5.

⤴ Un compacteur à roues réalise le compactage final.

Mise en service

Le contournement routier de Ballersdorf est mis en service le 31 octobre 2020. « La voie est ouverte, se félicite-t-on au conseil départemental du Haut-Rhin. Trois ans après le premier coup de pelle, les travaux du contournement de Ballersdorf sont achevés. » Malgré sept semaines d'interruption durant le confinement, au printemps 2020, l'inauguration a effectivement eu lieu à la date initialement prévue... « Dès le 30 octobre, la nouvelle voie de 2,5 km a vu défiler ses premiers véhicules. »

Fiable, « verte », performante et, dans ce cas très particulier, respectueuse du planning... Autant de preuves, s'il en fallait encore, que la technique du traitement de la couche de forme au liant hydraulique routier a de l'avenir ! N'en déplaise à la Covid-19 ! ■

EN QUELQUES CHIFFRES

- > Longueur de la déviation : 2,5 km
- > Longueur du traitement des sols : 1,5 km
- > Largeur de la chaussée (avec BAU) : de 10 à 11 m
- > Décapage de la terre végétale : 70 000 m²
- > Déblais : 100 000 m³ de déblais
- > Remblais : 30 000 m³ de remblais traités à la chaux
- > Couche de forme : 8 500 m² de CDF
- > Liant hydraulique routier : 600 t de Rolac Optimum AK (Altkirch)
- > Matériaux bitumineux : 13 000 t d'enrobés

LIENS UTILES

- > Conseil départemental du Haut-Rhin
<https://www.haut-rhin.fr>
- > Climent TP
<https://www.climent-tp.com>
- > LafargeHolcim
<https://www.lafarge.fr/lafargeholcim-en-france>
- > Infociments Routes
<https://www.infociments.fr/route>

⤴ Un enduit gravillonné a été appliqué pour imperméabiliser la couche traitée et éviter la dessiccation.



ALLER PLUS LOIN AVEC INFOCUMENTS.FR



Retrouvez le Routes Info#9 en ligne sur le site [infociments.fr](https://www.infociments.fr)



Retrouvez le focus technique du Routes Info#9 : Couche de forme traitée, les études préalables.



Vidéos, Guides Techniques, organisation de Journées Techniques, découvrez les outils mis à votre disposition sur les liants hydrauliques routiers.



Nos reportages dans votre poche et une carte interactive pour les rassembler tous.

Infociments est une plate-forme d'information dédiée à la connaissance du ciment et de ses applications, proposée par les organisations professionnelles de l'industrie cimentière.

C'est aussi une base d'outils mis à votre disposition, dont notre **carte des réalisations**. Chacun de nos reportages y est indiqué (classé par lieux ou par thématiques) pour vous permettre de trouver facilement l'information ou la référence que vous cherchez.



Ne cherchez pas, scannez ce code pour accéder directement à notre carte.



Escalles : le BAC débarque dans le Pas-de-Calais

#mieuxcirculer #esthétique #durabilité #chantier #bétonarmécontinu

Le Béton Armé Continu (BAC) est mis en œuvre pour la première fois dans le département. Choisi pour son esthétique et sa durabilité, il est utilisé pour rénover un ancien chemin agricole à Escalles, au pied du cap Blanc-Nez. Un choix original et innovant, dans le cadre de la valorisation du Grand Site des Deux Caps, une zone littorale protégée de 23 km qui s'étend le long de la côte d'Opale.

SITUATION

À 13 km de Calais et à 29 km de Boulogne-sur-Mer, le village d'Escalles (250 habitants) est situé au pied du cap Blanc-Nez, au milieu du détroit du pas de Calais, face à l'Angleterre. Sur le territoire de cette petite commune, un cran – une ouverture creusée par un cours d'eau – permet d'accéder à l'une des plus belles plages de sable fin de France, au pied d'impressionnantes falaises de 135 m de dénivelé. Surplombés par l'obélisque érigé sur le cap Blanc-Nez en hommage aux marins français et britanniques de la Dover Patrol (la « patrouille de Douvres », qui assura la défense du détroit durant la Première Guerre mondiale), les environs sont le point de départ de nombreuses randonnées via le GR 120, notamment vers l'autre attraction du Grand Site, le cap Gris-Nez.

ÉTAT DES LIEUX

Tracé au bas de terrains agricoles fertiles (betteraves et pommes de terre), un ancien chemin – baptisé rue de la Mer – relie le village d'Escalles au cran du même nom et à sa plage. D'une largeur de 5,20 m, il mesure 445 m de long. Orientée sud-est côté terre, la voie, très dégradée, recueille les eaux de ruissellement qu'elle évacue en partie vers la mer au nord-ouest. Vétuste, elle est empruntée par les engins des cultivateurs, surtout au moment des récoltes. Elle est également fréquentée par les voitures des promeneurs dès les beaux jours. Juste avant la descente vers la mer, ses bas-côtés servent de parking pour les véhicules légers.

Au fil des ans, la rue de la Mer a été régulièrement rechargée, ce qui a déstructuré ses profils en long et en travers, la rendant difficilement praticable par endroits.

Du point de vue visuel, les vestiges d'un blockhaus allemand de la Seconde Guerre mondiale situé à l'entrée de la plage et l'émergence d'une station d'épuration dans la perspective du monument dédié à la Dover Patrol ont un impact malencontreux sur le paysage, par ailleurs splendide.

OBJECTIFS

En 2017, après mûres réflexions et de nombreuses consultations, le département du Pas-de-Calais a lancé le projet d'aménagement de la zone située au pied du cap Blanc-Nez. Cette opé-

ROUTES INFO #05

Publié le 25/08/2020

© CIMbéton
Texte : Charles Desjardins & Joseph Abdo



Béton Armé Continu



2 100 m²



Pas-de-Calais

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage
Conseil départemental du Pas-de-Calais
Assistance : cabinet Élise et Martin Hennebicque

Maîtrise d'œuvre
Conseil départemental du Pas-de-Calais

Entreprise
Eiffage Route Nord-Est (agence de Coquelles)

Mise en œuvre du BAC
Intersol

Fournisseur du béton
Cemex

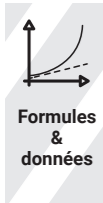
Fournisseur du ciment
EQIOM (Calais)

Vous préférez la lecture digitale ?
Retrouvez et scannez nos QR Codes en p. 19.

CI-DESSUS : Vue aérienne du chantier : alimentation du béton à la pompe.

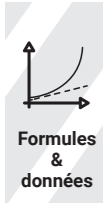


▲ L'aménagement est destiné à permettre aux visiteurs d'accéder facilement à la plage située aux pieds des falaises.



Formules & données

Le cap Blanc-Nez est la falaise la plus septentrionale de France. Il date de 70 millions d'années. Ses parois (de craie et de marne) s'élèvent jusqu'à environ 150 m de hauteur. Associé au cap Gris-Nez voisin, il fait partie du réseau des Grands Sites de France depuis 1987.



Formules & données

Les premières couches de roulement en Béton Armé Continu ont été réalisées en France, à partir de 1983, en renforcement des chaussées en béton type « dalles californiennes » de l'autoroute A6. À partir de 1988, le BAC a été utilisé en construction neuve sur l'autoroute A 71.

ration dite de « requalification paysagère du cran d'Escalles » prévoit la rénovation de la rue de la Mer. Elle prolonge différents travaux visant à valoriser le Grand Site des Deux Caps, site classé qui s'étend sur huit communes, soit 23 km de façade littorale, du cap Gris-Nez au cap Blanc-Nez.

Principaux objectifs poursuivis :

> requalifier la chaussée pour améliorer et sécuriser la circulation des engins agricoles et des promeneurs à pied.

> réduire l'emprise automobile en facilitant l'accès piétonnier au littoral.

> améliorer l'intégration paysagère de la voie, tout en préservant l'environnement.

Cette opération délicate doit prendre en compte les nombreuses contraintes imposées par la loi littoral (qui encadre l'aménagement des côtes) et par le classement européen Natura 2000 du site (pour la préservation de la flore et de la faune).

LES SOLUTIONS ENVISAGÉES

Plusieurs options étaient techniquement possibles pour la requalification de la rue de la Mer, dont une déconstruction-reconstruction classique. La difficulté consistait à tenir compte de la sensibilité environnementale du site, en minimisant notamment l'impact des travaux, afin d'obtenir l'accord de la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal) des Hauts-de-France.

En octobre 2019, une journée technique est organisée à Lille par CIMbéton, en partenariat avec le Cerema. Plusieurs réalisations récentes, notamment l'aménagement de la place de l'Entonnoir à Berck-sur-Mer (Pas-de-Calais), y sont évoquées. Réalisé en front de mer avec des contraintes environnementales importantes, ce chantier inspire la solution finalement retenue pour le cran d'Escalles. Bénéficiant de projections numériques très poussées et de l'assistance à maître d'ouvrage du cabinet paysagiste Élise et Martin Hennebicque (Amiens), spécialisé dans le patrimoine et le paysage, le projet obtient le feu vert de la Dreal des Hauts-de-France.

LE PROJET RETENU

Il comporte plusieurs volets.

> Redéfinition de la rue de la Mer en « promenade à la mer »

Le projet d'aménagement redéfinit le rôle de la rue de la Mer dans le cadre du site du cap Blanc-Nez. S'il garde sa fonction agricole, l'ancien chemin est désormais considéré comme une « promenade à la mer », à l'instar des esplanades que l'on trouve sur la côte d'Opale, à Berck-sur-Mer ou à Sangatte. Seule différence : si elle permet bien l'accès au littoral, elle n'est pas parallèle mais perpendiculaire à la mer.

> Choix du Béton Armé Continu (BAC)

Il s'agit d'une première dans le Pas-de-Calais. Le projet de requalification de la rue de la Mer a recours à du Béton Armé Continu (BAC), sur une épaisseur de 18 cm. Un choix justifié d'abord par son esthétique (sa couleur claire s'intègre parfaitement au paysage), sa durabilité (trente ans au minimum) et l'absence d'entretien (pas de joints, donc pas de présence de végétaux à tondre ou à tailler). Même si ce n'est pas l'argument principal, le passage saisonnier d'engins agricoles très lourds conforte ce choix (classe de trafic T7, inférieur à 2 PL/j, pour une classe de portance de la plate-forme support de chaussée de PF2, soit un module EV2 compris entre 50 et 80 MPa).

> Redimensionnement

Afin de souligner sa vocation de voie piétonne, la rue de la Mer voit sa largeur réduite de 5,20 m à 4 m, avec des bas-côtés enherbés, ce qui n'empêche pas les engins agricoles de circuler. Pour mieux se fondre dans le paysage, elle ne dispose d'aucune signalétique particulière.

> Déplacement de la zone de parking

Les places de parking à proximité du littoral sont supprimées. Une nouvelle aire d'accueil des véhicules légers (qui atteindra 190 places) est désormais située à la sortie du village. À proximité immédiate, un enrobé de couleur claire et une chaussée à caniveau central matérialisent la transition entre la zone urbaine et la nouvelle « promenade à la mer ». Côté nord, un parking extensif de 114 places, réalisé avec un mélange terre-pierre, a été prévu.

L'entreprise Eiffage Route Nord-Est de Coquelles est chargée du chantier, sous la forme d'un marché à bons de commande. Après s'être rapprochée de ses collègues d'Alsace, qui avaient réalisé une prestation similaire, elle a confié la réalisation de ces travaux à l'entreprise alsacienne Intersol, basée à Bischoffsheim (Bas-Rhin).

MISE EN ŒUVRE

Préalablement aux travaux, le blockhaus datant de la Seconde Guerre mondiale est détruit. Durée du démantèlement : trois semaines. La mise en œuvre du revêtement en BAC se fait en plusieurs étapes.

Reprofilage de la voie

Rechargé au fil des ans, l'ancien chemin agricole comporte de nombreuses bosses. Des travaux de purge ont été réalisés afin d'uniformiser la portance du support et lui conférer une portance minimale de 50 MPa. En outre, des travaux de reprofilage ont été entrepris afin d'obtenir un profil en long et un profil en travers conformément aux caractéristiques géométriques du projet. Après un compactage soigné de la plate-forme support, il a été réalisé un enduit superficiel dont la fonction principale est d'assurer l'étanchéité de la plate-forme support.

Coffrage et pose d'un film de polyane

Un coffrage est disposé de part et d'autre de la voie, sur des tronçons de 60 m. Le montage correct des coffrages est assuré au moyen de piquets solidement enfoncés dans le sol et disposés à intervalles de 5 mètres environ et matérialisant l'implantation du tracé du projet. Les points correspondant au niveau supérieur des coffrages sont visualisés sur les piquets. On les relie ensuite par un cordeau qui détermine le niveau des coffrages et de leur emplacement.

Les coffrages sont ensuite posés directement sur la plate-forme support et fixés au sol par des fiches dont l'espacement est inférieur à 1 mètre. On procède à l'assemblage des éléments à l'aide des broches de liaison. Une dernière opération consiste à enduire soigneusement d'huile, les faces intérieures des coffrages afin d'éviter de provoquer des arrachements du béton lors du décoffrage.

Un film de polyane est déroulé entre les coffrages sur l'enduit superficiel.



▲ Préparation de la plate-forme support : purge, reprofilage, travaux d'assainissement, compactage et enduit superficiel.



▲ Aspect fini de la plate-forme support.



▲ Après avoir posé les armatures longitudinales sur les distanciers, l'équipe les ligature avec un recouvrement de 64 cm.

Ferrailage

Les armatures destinées au revêtement en Béton Armé Continu d'épaisseur 18 cm sont de deux types :

> Des armatures en acier à haute adhérence de longueur 6 mètres et de diamètre 16 mm qui vont être positionnées, dans le sens longitudinal de la voie, à la fibre neutre du revêtement en béton.

> Des armatures en acier à haute adhérence de diamètre 3 mm qui vont être assemblées par trois pour créer des supports ou distanciers dont la section est de forme triangulaire et dont la hauteur est exactement de 8 cm. Ces supports sont destinés à être positionnés dans le sens transversal de la voie à bétonner et espacés d'un mètre.

Ces armatures ont été approvisionnées sur chantier en bottes et assemblées in situ pour confectionner les supports (ou distanciers) et les panneaux (ou treillis) d'armatures longitudinales. Ces éléments sont dimensionnés pour couvrir la largeur de la voie à bétonner, soit 4 mètres.

Les panneaux d'armatures longitudinales sont ensuite assemblés aux supports (à raison d'un support tous les mètres) et ligaturés à raison d'au moins une fixation sur deux. Ces panneaux d'armatures longitudinales associés aux supports sont soigneusement stockés sur le chantier. Ils seront transportés au fur et à mesure de l'avancement du chantier pour être placés sur le fond de forme avant le bétonnage, en observant un recouvrement des armatures longitudinales sur une longueur de 40 fois le diamètre (soit $40 \times 16 \text{ mm} = 640 \text{ mm}$ ou 64 cm). Les armatures longitudinales sont ensuite fixées à l'aide de deux ligatures par recouvrement.

Coulage du béton

Il débute le 2 juin, au plus près du littoral, à l'entrée du cran. Il s'effectue à la pompe par précaution. En effet, en cas de précipitations, les accotements de l'ancien chemin agricole deviennent vite impraticables pour les toupies. Inconvénient de ce choix : le coulage ne peut s'effectuer que par section quotidienne de 60 m, soit une surface d'environ 270 m² et un volume de 48,6 m³ équivalent à six ou sept toupies. Il faut ensuite faire reculer la pompe et préparer un nouveau tronçon pour le lendemain afin de progresser en direction du village. Le béton est directement appliqué sur l'ancienne chaussée.



▲ Bétonnage : alimentation du béton à la pompe, réglage au rateau, suivi du serrage du béton à l'aiguille vibrante.



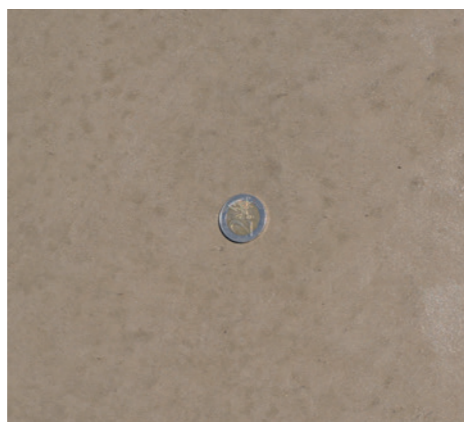
▲ L'étalage du béton s'effectue à l'aide de différents outils : rateau, épandeur ou lissarde.



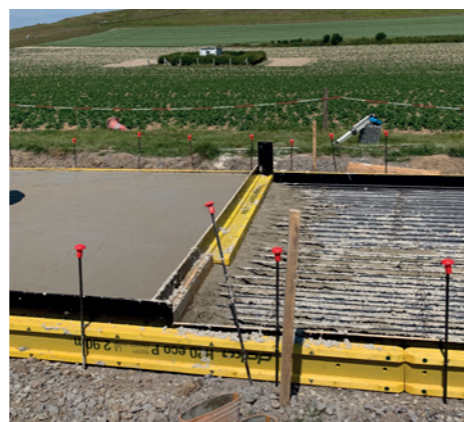
▲ Deux lisseuses mécanisées (hélicoptères) achèvent le lissage fin.



▲ Pulvérisation d'un produit de cure à la surface du béton frais pour le protéger de la dessiccation.



▲ Aspect du BAC après lissage à l'hélicoptère.



▲ Pose d'un joint d'arrêt de bétonnage provisoire en fin de journée.

Formule du béton

Le béton est fourni par la centrale BPE de Cemex à Calais. Il s'agit d'un Nuantis Classic, ciment de haut-fourneau adapté à des environnements difficiles et réputé durable (désignation : BPS NF EN 206/CN C30/37 XF2(F) Dmax 20 S3 CL0 65). Il est de couleur sable beige, rappelant les calcaires du cap Blanc-Nez. Sa composition tient compte de l'environnement marin et de son action corrosive.

Le ciment est produit par EQIOM à Calais. Les granulats proviennent de la région : un sable 0/4 dû au producteur local Sagrex, et un granulats concassé 6,3/20 de la carrière de Vallée Heureuse à Marquise, située à une vingtaine de kilomètres d'Escalles.

Aiguille vibrante et talochage manuel

Approvisionné à la pompe, le béton est mis en place à l'aiguille vibrante, pour évacuer les poches d'air qui peuvent se former au niveau des armatures et améliorer sa compacité. Puis il est surfacé à la taloche manuelle. Enfin, lorsqu'il a suffisamment fait prise, deux hélicoptères – l'un de grandes dimensions (1 m de diamètre), l'autre plus petit (50 cm) – achèvent le talochage et le lissage fins.

Cure

Pour finir, un produit de cure est pulvérisé à la surface du béton frais pour le protéger de la dessiccation.

▲ Aspect du BAC après pulvérisation du produit de cure.

Absence de joints

Compte tenu du séquençage du chantier, des joints d'arrêt et des reprises de bétonnage sont pratiqués. Mais aucun joint de retrait transversal ou de dilatation n'est prévu. En outre, il n'y a pas de joint de retrait longitudinal car le revêtement est de largeur 4 m.

La phase de coulage s'est achevée le 12 juin.

Traitement de surface

Le grenailage (abrasion de la surface par projection) a été choisi comme finition de surface, de préférence à la désactivation, pour éviter les effluents (pas de rejet dans le milieu marin ni dans la zone Natura 2000). Il devait être réalisé entre le quinzième et le vingt et unième jour suivant le coulage. Trois planches d'essais ont été réalisées. Elles ont permis d'opter pour un grenailage d'intensité moyenne afin d'obtenir une uniformité visuelle et un aspect « sable » en surface, sans faire apparaître le granulat.

Après grenailage d'une petite partie du revêtement en BAC, le rendu final s'est avéré peu satisfaisant (déchaussement et départ des granulats). La décision a donc été prise d'appliquer sur la partie restante un traitement de surface par ponçage léger qui a donné l'aspect visé.

Séchage

Une durée de séchage de vingt et un jours a été prévue, avant réouverture à la circulation.

Météo

Le chantier a bénéficié d'une météo très favorable, avec un beau temps sec et une seule journée d'intempéries, le 10 juin.

BILAN

Parfaitement intégrée à son environnement, esthétiquement qualitative, pratique, polyvalente et prévue pour défier le temps, la nouvelle rue de la Mer d'Escalles a été achevée pour l'ouverture de la saison estivale de 2020. Les vacanciers du Grand Site des Deux Caps sauront l'apprécier. Vu cette première, nul doute que ce chantier en préfigure d'autres dans le département du Pas-de-Calais !

EN QUELQUES CHIFFRES

- > 2 100 m² de BAC
- > 324 m³ de béton
- > 6 ou 7 toupies par jour
- > 1 mois de travaux (dont 2 semaines de BAC)

LIENS UTILES

- > Département du Pas-de-Calais
<https://www.pasdecals.fr>
- > Ville d'Escalles
<https://www.escalles.fr>
- > Les Deux Caps : Grand Site de France
<http://www.lesdeuxcaps.fr>
- > Infociments Routes
<https://www.infociments.fr/route>

- > Eiffage
<https://www.eiffageinfrastructures.com>
- > Intersol
<http://www.intersol-web.com>
- > Cemex
<https://www.cemex.fr>
- > EQIOM
<https://www.eqiom.com>

ALLER PLUS LOIN AVEC INFOCIMENTS.FR



Retrouvez le Routes Info#5 en ligne sur le site [infociments.fr](https://www.infociments.fr)



Retrouvez le cahier technique du Routes Info#5 : Voiries et aménagements urbains en béton : principes fondamentaux d'aide à la conception des projets.



Retrouvez le focus technique du Routes Info#5 : Note de calcul des joints de dilatation.



▲ Coulage du béton sur la rue de la Mer avec vue sur le cap Blanc-Nez et l'obélisque à la mémoire de la Dover Patrol. Le débettement de la pompe limite le coulage à des sections de 60 mètres par jour (environ 270 m², soit la capacité de six ou sept toupies).



**Lieusaint – Savigny-le-Temple :
des bétons BC3 et BC5 goujonné
pour la ligne BHNS T Zen 2**

#mieuxcirculer #mieuxvivre #chantier #bétongoujonné #BHNS

ROUTES INFO #07

Publié le 10/10/2020

© CIMbéton
Texte : Charles Desjardins
& Joseph Abdo



Béton goujonné 15 km, dont 9,6 en site propre Seine-et-Marne

PRINCIPAUX INTERVENANTS

- Maîtrise d'ouvrage**
Département de Seine-et-Marne
- Maîtrise d'œuvre**
Département de Seine-et-Marne
- Entreprises**
Eurovia, STRF, TP Goulard, EJM et Signature
- Mise en œuvre du béton**
Signature
- Fournisseur du béton**
Bétons Vicat, centrale de Moissy-Cramayel (Seine-et-Marne)
- Fournisseur du ciment**
Ciment Vicat

Vous préférez la lecture digitale ?
Retrouvez et scannez nos QR Codes en p. 24.

PHOTO D'OUVERTURE : vue d'artiste du pôle multimodal de Lieusaint – Savigny-le-Temple.

Le T Zen trace sa voie en Seine-et-Marne. Après un lancement réussi en 2011, ce réseau de bus à haut niveau de service (BHNS) s'étend grâce à la réalisation d'une deuxième ligne entre Lieusaint et Savigny-le-Temple. Le T Zen 2, qui permettra à terme de rallier Melun, mise sur des valeurs sûres pour sa construction : des bétons BC3 et BC5 goujonnés.

SITUATION

À 30 km au sud de Paris, Lieusaint (14 000 habitants) est implantée à la lisière de la forêt de Sénart (3 000 ha). Son territoire est encore majoritairement constitué de terres agricoles. Au sud, Savigny-le-Temple, ancienne possession de l'ordre des Templiers (de 1149 à 1307), fait aujourd'hui partie de la ville nouvelle de Sénart. Avec près de 30 000 habitants, elle est la cinquième ville la plus peuplée de Seine-et-Marne.

ÉTAT DES LIEUX

Lancé en 2009 par Île-de-France Mobilités (ex-STIF), le réseau de bus à haut niveau de service (BHNS) baptisé T Zen vise à faciliter la circulation des usagers dans une vaste zone, au sud de l'Île-de-France, dans les départements de Seine-et-Marne et de l'Essonne. Le projet prévoit la création de six lignes.

Entré en service en 2011 et exploité par Transdev, le T Zen 1 relie la station RER de Lieusaint-Moissy à celle de Corbeil-Essonnes. Elle est longue de 15 km, dont 9,6 km en site propre. Elle compte 14 stations (un point d'arrêt tous les 500 mètres environ) et dessert quatre communes. Elle est empruntée chaque jour par 7 000 voyageurs. À terme, compte tenu des projets d'urbanisation prévus à proximité, sa fréquentation devrait atteindre 12 000 voyageurs par jour. Après ce succès, la construction d'une deuxième ligne T Zen a été engagée.

LA NOUVELLE LIGNE T ZEN 2

En direction du sud, le T Zen 2 doit assurer la liaison entre Lieusaint et Melun, en desservant au passage Savigny-le-Temple, Cesson et Vert-Saint-Denis. Structurante, la nouvelle ligne comptera 26 stations et sera en correspondance avec le RER D, la ligne R, le T Zen 1 et les lignes de bus existantes. Cette nouvelle ligne permettra notamment aux résidents de la zone de se rendre aisément au groupe hospitalier Sud Île-de-France de Melun, inauguré en 2018.

Dès 2012, en prévision de cette nouvelle ligne, Île-de-France Mobilités désigne le département de Seine-et-Marne comme maître d'ouvrage. La déclaration d'utilité publique est obtenue en 2014 et les études d'avant-projet sont validées en juin 2017.

Le projet

La conception de la ligne T Zen 1 ayant donné pleine satisfaction, le T Zen 2 s'inspire des mêmes principes, mais pas à l'identique. Des modifications techniques ont été opérées afin de prendre en compte les contraintes techniques et financières propres au projet.

> Choix du système de transport

Le choix s'est porté, comme pour le T Zen 1, sur un bus à haut niveau de service (BHNS), qui est un système de transport moderne alliant flexibilité, vitesse, confort et fiabilité. Il offre un service rapide, écologique, sûr et efficace.

- Les bus disposeront d'une voie dédiée. Ils bénéficieront d'un système de priorité aux feux.
- La distance moyenne entre les stations sera de 700 m et l'arrêt à chaque station sera systématique.
- L'amplitude horaire s'étendra de 5 heures du matin à minuit, 7 jours sur 7.
- Conçues de façon à faciliter la circulation des voyageurs, les stations seront aménagées pour les personnes à mobilité réduite (PMR) avec accès de plain-pied aux véhicules, rampes et bandes podotactiles. Elles seront équipées d'abris et d'écrans d'informations aux voyageurs.
- Pour faciliter les circulations douces, des parcs à vélos seront créés à proximité des stations.

> Choix du matériau de la structure de chaussée

Le choix du béton est confirmé pour réaliser la structure de chaussée qui va supporter le passage des bus sur une longue période de service. Ce choix est motivé par les nombreux avantages qu'apporte le béton et en particulier :

- Résistance à toute épreuve
Contrairement aux autres matériaux, le béton est particulièrement résistant au poinçonnement, aux charges statiques, à la canalisation extrême des charges sur une voie BHNS, aux vitesses moyennes modérées des véhicules (vitesse commerciale moyenne de 30 km/h), aux arrêts fréquents ainsi qu'aux sollicitations extrêmes provoquées par le freinage et l'accélération au niveau des stations qui se succèdent tous les 500 mètres environ.

- Facilité d'entretien
Le béton peut recevoir des interventions ponctuelles (réservations) ou des traitements (salage ou sablage), sans altérer sa durabilité.

- Esthétique et sécurité
La différence de revêtement permet aux usagers de bien distinguer la plate-forme du TCSP des autres voiries. Les choix faits pour le T Zen 1 ayant été bien accueillis par les usagers, nul besoin d'en changer ! La nouvelle ligne reprend les codes visuels de la précédente pour les véhicules, mais aussi pour le design des stations et des voies, qui doivent beaucoup au béton (création de formes, de couleurs, rugosités variables, qualité de rendus homogènes).

- Confort d'usage
Le choix du béton, pour la couche de roulement, est en faveur d'une faible émission sonore, tout en présentant une bonne adhérence. En plus de protéger l'assise de la chaussée et de participer à la résistance globale de la structure, son uni et son rendu régulier favorisent l'accessibilité des PMR et des UFR (utilisateurs en fauteuil roulant).

- Protection de l'environnement
Élaboré localement et utilisant des granulats produits à proximité, le béton est un matériau durable et recyclable, limitant le recours aux transports.

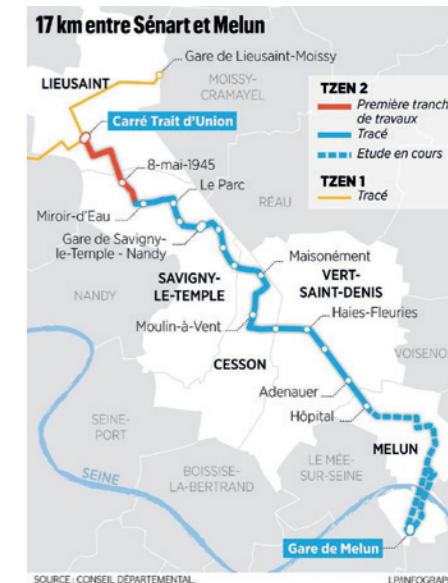
> Choix de la structure de chaussée

La structure retenue par la maîtrise d'œuvre est classique et fiable ; elle a fait ses preuves en matière de performances et de durabilité, en combinant une couche de fondation en béton maigre BC3 et une couche de roulement en béton de ciment à joints goujonnés. Elle a été établie en fonction du trafic cumulé et de la qualité de la plate-forme support (classe de portance PF2). Cette structure diffère de celle retenue sur la ligne du T Zen 1, dont la couche de roulement était conçue en béton armé continu (BAC). Le dimensionnement de la structure retenue s'établit comme suit :

- Une couche de fondation en béton maigre BC3, d'épaisseur 15 cm, recouverte d'une couche de désolidarisation afin de rendre l'interface décollée.
- Une couche de roulement en dalles béton à joints goujonnés BC5g, d'épaisseur 22 cm.

> Choix de la finition

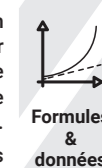
Concernant le béton de roulement, le choix s'est porté sur un béton teinté dans la masse, avec une finition ocre ou jaune moutarde, produit chez Grace (colorant « jaune » PP 100), esthétiquement identique à celui mis en œuvre pour le T Zen 1.



En direction du sud, le T Zen 2 doit assurer la liaison entre Lieusaint et Melun, en desservant au passage Savigny-le-Temple.

Dimensionnement de la structure :

- Une couche de fondation en béton maigre BC3, d'épaisseur 15 cm, recouverte d'une couche de désolidarisation afin de rendre l'interface décollée.
- Une couche de roulement en dalles béton à joints goujonnés BC5g, d'épaisseur 22 cm.



La structure retenue est classique et fiable ; elle a fait ses preuves en matière de performances et de durabilité, en combinant une couche de fondation en béton maigre BC3 et une couche de roulement en béton de ciment à joints goujonnés.

En matière de traitement de surface, comme pour la ligne T Zen 1, la technique retenue par la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre est l'hydrodécapage. Un choix esthétique qui favorise également l'adhérence des véhicules. Une technique douce qui fait apparaître les granulats, sans qu'ils soient trop saillants et tout en permettant d'améliorer la rugosité du revêtement avec une profondeur moyenne de texture (PMT) « supérieure à 0,6 mm en moyenne », valeur conforme aux exigences réglementaires en vigueur.

(Cf. Routes n° 116, juin 2011, p. 3 à 6 et Routes n° 138, décembre 2016, p. 10 ou <https://www.infociments.fr/bhns/du-beton-hydrodecapage-ocre-pour-le-t-zen>).

> Choix des entreprises

Également maître d'œuvre, le département de Seine-et-Marne choisit un groupement constitué d'Eurovia, de STRF, de TP Goulard, d'EJL et de Signature pour réaliser le chantier. Déjà associée à la réalisation du T Zen 1 voici une décennie, l'entreprise Signature se voit confier la réalisation de la structure de la chaussée en béton.

Des planches d'essais sont réalisées pour valider la coloration du béton et la finition par hydrodécapage.

Mise en œuvre

Le chantier débute à l'été 2019.

La première tranche du tronçon à réaliser est longue de 2,5 km. Elle commence à la station Trait-d'Union à Lieusaint (Carré Sénart), puis emprunte la RD50 vers Savigny-le-Temple, avec le franchissement du giratoire des Deux-Plessis, à l'intersection de l'avenue du 8-Mai-1945, de celle des Régalles et de la rue de la Grange à Savigny-le-Temple. Celui-ci est transformé en carrefour à feux. Largeur moyenne de la voie réservée du futur T Zen 2 : 7 m.

> Réalisation de la plate-forme support

Afin d'assurer l'obtention d'une classe de portance PF2 de la plate-forme (EV2 supérieur ou égal à 50 MPa), exigée par le dimensionnement de la chaussée, l'entreprise a réalisé une couche de forme en limons traités en place avec un liant hydraulique routier.

> Fabrication et transport des bétons BC3 et BC5

La fabrication est confiée à la centrale de béton de Moissy-Cramayel appartenant au groupe BGIE Vicat. Les bétons sont livrés par toupies de 7,5 m³ qui entament leur rotation à partir de 8 h 30.

Le BC3 est un DÉFI.CHAUSSÉE S2.0 - C25/30 - XF2 - D3 - S1 - CEM II/A-LL42,5 R CE NF XEUILLEY.

Le BC5 est un DEFI.CHAUSSEE S2.7 - C35/45 - XF2 - D3 - S1 (ou S2) - CEMIII/A 42,5 N-LH - CE PME-ES NF XEUILLEY coloré en jaune (colorant : GCP Applied Technologies. Réf. : Kaolor PP 100 Jaune). Ils ont une classe de consistance S1 ou S2, selon le procédé de mise en œuvre du béton (à la machine à coffrages glissants ou à la règle vibrante).

Les granulats 4/22,4 SCL proviennent de la carrière de Grisy-sur-Seine (en Seine-et-Marne), située à moins d'une heure de Moissy-Cramayel.

Pour ne pas impacter l'environnement et pour préserver le réseau routier (sans disséminer de béton sur leur trajet), les conducteurs de toupie ont l'obligation de rincer soigneusement les goulottes.

> Le bétonnage

• Mise en œuvre de la fondation en béton maigre BC3

Sur une plate-forme support bien réglée, bien compactée et bien nettoyée, le béton de fondation est mis en œuvre en deux temps par une équipe de sept à neuf personnes : du 22 octobre 2019 au 31 janvier 2020, puis en juin 2020. Le BC3 est mis en œuvre par demi-chaussée (en deux fois 3,60 m de large) à la machine à coffrages glissants (vibration machine et finition lisse). Dans les courbes, où la largeur augmente (jusqu'à 10 m), c'est une règle vibrante qui est utilisée.

Un délai minimal de trois jours de séchage est respecté avant la pose d'une émulsion gravillonnée « pour désolidariser la couche de fondation de la couche de roulement, en vue d'empêcher les remontées de fissures de la couche de fondation vers la surface ».

• Positionnement des goujons

Les goujons (plastifiés ; diamètre : 3 cm ; longueur : 45 cm) seront positionnés à mi-hauteur de la dalle et à cheval sur les joints de retrait transversaux grâce à l'utilisation de paniers spécialement confectionnés en atelier (goujons espacés de 30 cm). Ces paniers maintiennent les goujons en position pendant le bétonnage. Leur conception doit être telle qu'elle ne crée pas de liaison entre les dalles au niveau des joints. Il s'agit généralement d'aciers Ø 6, sur lesquels les goujons sont attachés par ligature. Ces paniers sont stockés sur le chantier.

Au moment de la mise en œuvre du béton, les paniers seront positionnés et fixés sur la fondation au droit des joints de retrait, repérés par une marque en dehors de l'emprise de la chaussée, juste à l'avant de la machine.



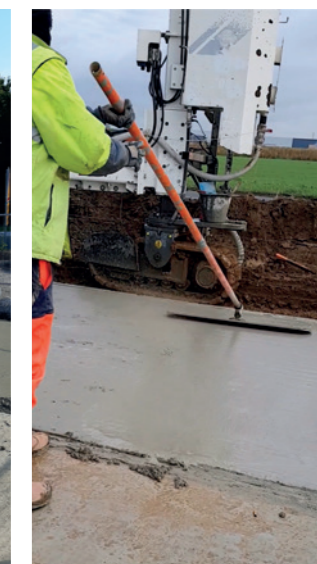
⚡ Les paniers de goujons confectionnés en atelier sont stockés le long du chantier pour faciliter l'accès aux toupies à béton. Ces paniers seront placés aux endroits indiqués (au droit des joints de retrait transversaux) et fixés dans la couche de fondation au fur et à mesure de l'avancement de la machine à coffrages glissants.

• Mise en œuvre de la couche de roulement en béton BC5

Le bétonnage de la couche de roulement en BC5 a eu lieu du 19 novembre 2019 au 24 juin 2020. Le béton est également mis en œuvre par demi-chaussée à la machine à coffrages glissants (Wirtgen SP 500), dans les lignes droites (deux fois 3,50 m), et à la règle vibrante, dans les courbes (trois courbes à 90 ° sur ce tronçon, avec un élargissement à 10 m). En ligne droite, la chaussée est en toit, avec un dévers de 2,5 % vers les accotements, et à pente unique à l'intérieur des courbes.

Au moment où la machine arrive à l'emplacement d'un joint, on fixe les paniers de goujons sur la fondation en béton maigre BC3. Il y a lieu ensuite de prendre des précautions afin de ne pas les écraser lors du déchargement du béton. Le déversement direct sur les paniers est à proscrire.

Pour la couche de roulement en BC5, entre 130 m³ et 230 m³ de béton sont mis en œuvre quotidiennement, en fonction notamment de la météo. Avancement : environ 300 ml par jour à la machine et 50 ml à la règle vibrante. Le chantier respecte des obligations environnementales précises, avec notamment l'interdiction de provoquer des ruissellements d'eaux souillées.



⚡ Mise en œuvre du béton à la règle vibrante par demi-chaussée pour constituer la voie avec un profil en toit.

• Installation des fers de liaison

Les fers de liaison (armature haute adhérence de nuance FeE 500 ; diamètre 10 mm ; longueur 80 cm) ont été insérés à mi-hauteur et sur une profondeur de 40 cm dans le béton frais, à l'avancement avec la goujonneuse hydraulique installée à l'arrière de la machine à coffrage glissant (sortie de table), avec un espacement d'un mètre. Ce dispositif est réalisé afin de maintenir fermé le joint longitudinal du revêtement en béton.

• Joints

Le plan de calepinage prévoit un joint de construction longitudinal au milieu de la chaussée, liaisonné par des fers de liaison, cohérent avec le coulage en demi-chaussée.

Des joints de retrait-flexion goujonnés sont réalisés tous les 5 mètres, conformément au cahier des charges du projet et aux règles de l'art en vigueur. L'espacement maximal des joints de retrait transversaux doit être égal à « 25 fois l'épaisseur ».

Enfin, quelques heures après le coulage (entre six et vingt-quatre heures, selon la température ambiante), des joints de retrait (profondeur : un quart de l'épaisseur, soit 5,5 cm) sont réalisés par sciage. Ils seront scellés après l'hydrodécapage à l'aide d'un produit polymère (de type Saba), résistant aux hydrocarbures, et ce pour éviter les infiltrations d'eau et l'introduction de débris dans les joints.

• Traitement de surface

Quand le béton a fait prise, sa surface est alors décapée par une attaque physique, en projetant de l'eau sous pression. Pour obtenir l'aspect et la rugosité souhaités par le client, des essais de réglage (combinant vitesse d'avancement de la machine, pression de l'eau et hauteur d'attaque) sont effectués. Une harmonie parfaite entre la technique et le développement durable, car cette technique utilise de l'eau pure, projetée à 2 500 bars, sans adjuvant chimique ni solvant, et en très faible quantité : environ 1 litre par mètre carré traité. En outre, tous les produits rejetés lors du décapage sont aspirés dans une cuve et conduits à la décharge. Inutile, donc, de nettoyer le chantier. Le traitement de surface a été réalisé fin juillet 2020.

• Garnissage des joints

Il est effectué après l'hydrodécapage pour ne pas détériorer les joints.



⚡ Afin de maintenir fermé le joint longitudinal, des fers de liaison ont été insérés dans le béton frais avec un espacement d'un mètre.

➤ Le franchissement du giratoire des Deux-Plessis, à l'intersection de l'avenue du 8-Mai-1945, de celle des Régailles et de la rue de la Grange à Savigny-le-Temple.



> Marquage et signalisation

Aucun marquage spécifique n'est prévu sur la voie, les joints de construction longitudinaux servant de repérage aux conducteurs de bus. La signalétique est volontairement discrète.

> Conditions météo

Globalement satisfaisantes, elles ont nécessité une étroite coordination entre l'applicateur et la centrale BPE, notamment en termes de production, pour l'avancement optimal du chantier.

> Fin de chantier

La totalité de la plateforme béton a été finalisée fin septembre 2020. Une nouvelle tranche devrait débuter en 2021, dans le centre-ville de la commune de Savigny-le-Temple.

BILAN

De l'avis de tous les intervenants, le chantier du T Zen 2 prolonge, en qualité de conception et de réalisation, celui du T Zen 1, avec une confiance renouvelée allouée au béton, qui reste le matériau incontournable pour ce type de réalisation. À la satisfaction de tous les intervenants, dont Vicat et Signature, qui poursuivent ainsi une œuvre entamée il y a près d'une décennie, et pour la qualité de vie des habitants du sud de l'Île-de-France. ■

EN QUELQUES CHIFFRES

- > 27 000 voyageurs prévus par jour.
- > 17 km de tracé pour la totalité de la ligne T Zen 2.
- > 26 stations par sens de circulation.
- > 5 communes desservies (Lieuxaint, Savigny-le-Temple, Vert-Saint-Denis, Cesson et Melun).
- > 7 jours sur 7, de 5 heures à minuit.
- > 1 véhicule toutes les 6 minutes aux heures de pointe et 1 toutes les 10 minutes aux heures creuses.
- > 24 bus à haut niveau de service (BHNS).

LIENS UTILES

- > Conseil départemental de Seine-et-Marne
<https://www.seine-et-marne.fr>
- > Conseil général de l'Essonne
<https://www.essonne.fr>
- > Eurovia
<https://www.eurovia.fr>
- > Signature
<http://www.groupe-signature.com/fr>
- > Béton Vicat
<https://www.vicat.fr>
- > Infociments Routes
<https://www.infociments.fr/route>

ALLER PLUS LOIN AVEC INFOCUMENTS.FR



Retrouvez le Routes Info#7 en ligne sur le site [infociments.fr](https://www.infociments.fr)



Retrouvez le cahier technique du Routes Info#7 : Voiries et aménagements urbains en béton : principes fondamentaux d'aide à la conception des projets.



Retrouvez le focus technique du Routes Info#7 : Concept de dalles goudonnées BCg.



Logiciels d'aide à la décision : pour ça aussi, nous sommes là !

Vous assister dans vos projets, créer des outils utiles et vous aider à les utiliser, c'est aussi ça la mission d'Infociments. Aujourd'hui, face à la multiplicité des solutions, nous travaillons à vous aider à faire vos choix en toute connaissance de cause. C'est pourquoi, après la mise en ligne en 2015 du tout premier logiciel de comparaison économique et environnementale, nous sommes heureux de vous annoncer pour 2021 la sortie d'un nouveau logiciel de comparaison, conçu spécialement pour la voirie en béton (chaussées, aménagement routier et ouvrages annexes) et portant sur le cycle de vie complet d'une réalisation.



DEPUIS 2015 : LOGICIEL DE COMPARAISON ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

Ce logiciel permet l'évaluation et la comparaison d'ordre économique et environnemental (énergie et gaz à effet de serre) entre deux techniques routières en compétition pour un projet.



Scannez le QR Code.



EN 2021 : PERCEVAL, LOGICIEL DE COMPARAISON ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE POUR LES VOIRIES EN BÉTON SORTIE PRÉVUE : 1^{er} SEMESTRE 2021

Ses principaux atouts : il permet d'effectuer sur le cycle de vie complet (phase de construction + phase d'entretien) une comparaison économique et environnementale entre une structure routière en béton et une structure en matériaux bitumineux ou entre un dispositif de retenue en béton et une glissière en métal.

Ce nouveau logiciel, *PERCEVAL*, vous permettra d'établir un véritable bilan technique, économique et environnemental sur toute la durée de vie d'un projet. Il constitue l'élément de décision majeur du décideur : le choix qui en découle se porte en général vers la solution qui minimise les impacts sur l'environnement et le coût global de l'opération.

Cette analyse multicritère (économique et environnementale) pourra donc être menée grâce au nouveau logiciel proposé par CIMbéton.

Restez connecté sur [infociments.fr](https://www.infociments.fr) pour en découvrir plus.

Bibliographie

À retrouver sur infociments.fr

GUIDES TECHNIQUES CIMBÉTON

T 31
Étude comparative en technique routière
Retraitement des chaussées en place vs renforcement
Méthode graphique de comparaison économique et environnementale
CIMbéton, 2010.

T 50
Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 1 : Conception et dimensionnement
Collection technique, CIMbéton, 2019.

T 52
Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 3 : Cahier des Clauses Techniques Particulières CCTP-Type ; Bordereau de prix unitaire BPU ; Détail estimatif DE CCTP-Type, CIMbéton, 2007.

T 58 et C 58
Retraitement en place à froid des anciennes chaussées aux liants hydrauliques
CCTP-Type, CIMbéton, 2008.

T 59
Les infrastructures de transports collectifs de surface
Collection technique, CIMbéton, 2004.

T 65
Chaussées composites en béton de ciment. Tome 1 : Structures neuves en BAC collé sur GB
Collection technique, CIMbéton, 2008.

T 70
Terrassements et assises de chaussées
Traitement des sols aux liants hydrauliques
CIMbéton, 2013

T 71
L'entretien structurel des chaussées souples et semi-rigides
Le retraitement en place à froid aux liants hydrauliques
CIMbéton, 2013.

PLAQUETTE TECHNIQUE CIMBÉTON

En route vers le développement durable
L'entretien des chaussées en place aux liants hydrauliques
CIMbéton, 2013.

Chaussées composites en Béton Armé Continu sur fondation en Gravier Bitume BAC/GB3. Dépliant
Collection SNBPE - Collection technique CIMbéton, 2020.

Bus à haut niveau de service BHNS & tramway sur pneus
La plate-forme en béton : un vrai choix d'avenir
CIMbéton, SNBPE, 2016.

AUTRES RÉFÉRENCES

■ Bus à haut niveau de service
Concept et recommandations
Certu, Gart, Inrets, UTP, 2005.

■ Bus à haut niveau de service
Du choix du système à sa mise en œuvre
Certu, Gart, Inrets, Cete, UTP, 2009.

■ Transport collectif en site propre
Les solutions béton
SNBPE, 2011.

Vidéos

À retrouver sur infociments.fr



Traitement des sols à froid aux liants hydrauliques routiers (LHR)



Retraitement des chaussées en place à froid aux liants hydrauliques

PUBLICATIONS SETRA/LCPC

Guide technique
Réalizations des remblais et des couches de forme
Fascicule I et Fascicule II
SETRA / LCPC, 2000.

Guide technique
Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques
Application en remblais et couches de forme
SETRA / LCPC, 2000.

Guide technique
Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques
Application en assises de chaussées
SETRA / LCPC, 2007.

Guide technique
Retraitement en place à froid des anciennes chaussées
SETRA / LCPC, 2003.

■ Conception et dimensionnement des structures de chaussées
SETRA / LCPC, 1994.

■ Chaussées Béton
SETRA / LCPC, 1997.

■ Catalogue des structures-types de chaussées neuves
SETRA / LCPC, 1998.

■ Fiches de structures composites BBTM/ES/BAC/GB3 (Note Direction des Routes ; 2000).
Fiches additionnelles au Catalogue des structures-types de chaussées neuves
SETRA / LCPC, 1998.



Scannez ce QR codes et retrouvez toute notre bibliographie en ligne sur infociments.fr



L'abonnement à « Routes », c'est simple et gratuit.
Alors, (ré)abonnez-vous pour recevoir les prochains reportages.



Les règlements RGPD (protection des données personnelles) ne nous permettent pas de passer automatiquement votre abonnement à la formule digitale. Pour cela, il vous faut remplir le formulaire ci-dessous, soit en **version digitale avec le QR code à scanner ci-contre, soit en nous renvoyant le questionnaire ci-dessous, par courriel (centrinfo@cimbeton.net) ou à l'adresse :**

CIMbéton - Abonnement Routes - 7, place de la Défense 92974 Paris-la-Défense Cedex
Pour toutes questions, CIMbéton : 01 55 23 01 00.

■ **RECEVOIR « ROUTES » EN 2021** (les reportages Routes Infos et Routes la revue par courriels ainsi que le Best Of papier)

OUI NON **SOUHAITEZ-VOUS RESTER ABONNÉ AUX PUBLICATIONS « ROUTES » ?** (si vous êtes déjà abonné)

OUI NON **SOUHAITEZ-VOUS VOUS ABONNER AUX PUBLICATIONS « ROUTES » ?**

Merci d'indiquer vos nom et prénom :

Merci d'indiquer votre courriel :

Merci d'indiquer votre entreprise / direction :

Avez-vous changé d'adresse pour l'envoi postal ? OUI (merci d'indiquer la nouvelle adresse ci-dessous) NON

Adresse :

Code Postal Commune :