

ROUTES

CIMENTS ≡ LIANTS HYDRAULIQUES ROUTIERS ≡ BÉTONS

Travaux et équipements routiers • Terrassements • Aménagements urbains • Aéroports



// CHANTIER

Déviations d'Étampes :
une couche de forme
innovante

// RÉFÉRENCE

Nanterre : du béton
bouchardé pour
le « château »

// CHANTIER

Réhabilitation de la RD74
entre Bannes et Frécourt



// RÉFÉRENCE

VILLETTE-D'ANTHON (38)

Rhône-Alpes : Leclerc choisit le béton pour sa nouvelle plate-forme logistique



// RÉFÉRENCE

NANTERRE (92)

Du béton bouchardé pour le « château »



// CHANTIER

ÉTAMPES (91)

Déviations d'Étampes : une couche de forme innovante



// CHANTIER

FRÉCOURT (52)

Réhabilitation de la RD74 entre Bannes et Frécourt



// RÉFÉRENCE

BRETTEVILLE-SUR-ODON (14)

Calvados : le béton redonne vie et beauté au quartier Koenig



// LE SAVIEZ-VOUS ?

Remue-ménages
Agenda
Sur la Toile
Vient de paraître



PHOTO DE COUVERTURE // Vue aérienne de la déviation d'Étampes (Essonne), dernier tronçon du programme de désenclavement du parc Sud Essor. Le chantier a nécessité un traitement de sol, préalablement renforcé de fibres de chanvre, au liant hydraulique routier (LHR).

CRÉDITS PHOTOS // Une : Entreprise Charier TP - p. 3 à p. 5 : CIMbéton/ Charles Desjardins - p. 6 et p. 7 : CIMbéton/Charles Desjardins - p. 8 , p. 11 et p. 13 : Entreprise Charier TP - p. 10 et p.12 : CIMbéton/ Joseph Abdo - p. 14 et p. 15 : CIMbéton/Joseph Abdo - p. 15 et p. 16 : CIMbéton/Charles Desjardins - p. 17 : Eurovia - p. 18 : Eurovia et Cemex - p. 19 : Eurovia.

LES REVÊTEMENTS DRAINANTS EN BÉTON AU SERVICE DE L'AMÉNAGEMENT DURABLE DES TERRITOIRES

L'urbanisation croissante a imperméabilisé les sols et augmenté les risques d'inondation par les eaux pluviales, les réseaux d'assainissement n'ayant généralement pas suivi cette croissance. Ce phénomène va s'aggraver, si l'on opère les transformations vers la densification urbaine. Plus on densifie, plus on imperméabilise les surfaces urbaines et plus on va augmenter la fréquence des inondations des centres urbains. Cela pourrait mettre en péril les biens comme les personnes et provoquer des impacts négatifs sur le milieu naturel.

Heureusement, des solutions existent. Ce sont des mesures d'atténuation pour limiter les dommages, lorsque l'imperméabilisation des sols ne peut être évitée. Une solution logique et efficace consiste à réaliser des surfaces perméables, capables d'absorber l'eau et de l'acheminer, directement ou après stockage temporaire, jusqu'au sol naturel sous-jacent afin de lui permettre de reprendre son cycle naturel. Une telle solution joue aussi un rôle important dans la prévention des inondations et dans l'amélioration du cadre de vie.

Consciente de l'intérêt que peuvent apporter les revêtements drainants, la filière béton (CIMbéton ; Cerib ; FIB ; SNBPE ; Specbea) vient de publier l'ouvrage « Lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines. Les revêtements drainants en béton ». Il est destiné aux maîtres d'ouvrage ; maîtres d'œuvre ; bureaux d'études ; services techniques ; entreprises ; fournisseurs de matériaux.

Après un rappel de la problématique de l'imperméabilisation des surfaces urbaines et de ses conséquences néfastes, le guide donne un inventaire détaillé de l'offre béton (béton coulé en place et produits préfabriqués) et fournit la riche palette de solutions disponibles et, en particulier, celles fondées sur l'infiltration et le stockage temporaire des eaux pluviales. En outre, par sa richesse et sa capacité à personnaliser les espaces, cette offre béton peut répondre à la grande diversité des situations et des objectifs des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre.

Ce guide, rédigé par un groupe de travail représentant toute la filière béton, a été édité en mai 2018 dans la Collection Technique CIMbéton. Il est disponible sur simple demande.

Pour télécharger le guide : www.infociments.fr // www.fib.org // www.snbpe.org // www.cerib.com // www.specbea.com

Joseph ABDO - CIMbéton



CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

7, place de la Défense
92974 Paris-la-Défense Cedex
Tél. : 01 55 23 01 00 / Fax : 01 55 23 01 10
E-mail : centrinfo@cimbeton.net
Site Internet : www.infociments.fr
Site dédié à la valorisation des matériaux aux liants hydrauliques : lhr.cimbeton.net

Pour tout renseignement concernant les articles de la revue, contacter CIMbéton.

- Directeur de la publication : François Redron
- Directeur de la rédaction, coordinateur des reportages et rédacteur de la rubrique « Remue-ménages » : Joseph Abdo
- Rédacteur en chef : Charles Desjardins
- Reportages, rédaction et photos : SCML Médias, Joseph Abdo, Marie Blanchelande, Étienne Diemert
- Direction artistique et réalisation : Fenêtre sur cour / Studio L&T
- Dépôt légal : 2^e trimestre 2018 - ISSN 1161 - 2053 1994

RHÔNE-ALPES : LECLERC CHOISIT LE BÉTON POUR SA NOUVELLE PLATE-FORME LOGISTIQUE

Après deux ans de travaux, la nouvelle plate-forme logistique des centres commerciaux Leclerc en Rhône-Alpes (Socara) est opérationnelle à Villette-d'Anthon (Isère), près de Lyon (Rhône). Vaste (44 ha) et ultramoderne, elle fait appel au béton, mis en œuvre par la société Minéral Concept Aménagement (MCA), adhérente du Specbea : d'une part, pour les revêtements afin qu'ils bénéficient de sa robustesse et qu'ils résistent à un trafic intense ; d'autre part, pour certains cheminements ou parvis afin de valoriser esthétiquement le site ; et, enfin, pour de nombreuses bordures de trottoirs réalisées en extrudé, en raison de la rapidité de mise en œuvre et du paramètre économique de ce matériau.



Les aires de stationnement en béton.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

Société coopérative d'approvisionnement de Rhône-Alpes (Socara), SCI Apral

Maîtrise d'œuvre

HTC, agence d'architecture Soho Atlas

Entreprises

RMF (mandataire), Moulin (terrassement), Groupe Martel (assainissement)

Réalisation du béton décoratif et des bordures extrudées

Minéral Concept Aménagement (MCA)

Fournisseur du béton

SEBM

Fournisseur du ciment

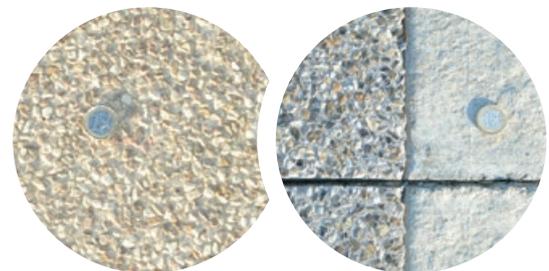
LafargeHolcim

Deux chiffres résument la place qu'occupe le béton dans cette vaste réalisation : 18 300 m² de revêtements et 15 400 mètres linéaires de bordures (dont plus de la moitié en béton extrudé). Un choix fort pour une entreprise dynamique, habituée à relever les défis. La Société coopérative d'approvisionnement de Rhône-Alpes (Socara) est un maillon essentiel de la logistique des centres commerciaux Leclerc dans le centre-est de la France et même au-delà de l'Hexagone. Cette importante centrale d'achat assure en effet l'approvisionnement de pas moins de 45 magasins et drives (où les clients retirent leurs achats en véhicule) dans sa zone de chalandise ainsi que de plusieurs établissements en Italie et jusqu'en Slovénie. Pour répondre à ses besoins, Socara a lancé, voici deux ans, la construction et l'aménagement d'une nouvelle plate-forme logistique ultramoderne. Choisi pour l'accueillir, le site de Charvas (44 ha), sur le territoire de la commune de Villette-d'Anthon (Isère), héberge aussi des bureaux. L'entreprise emploie plus de trois cents salariés. Achievé, le complexe sera opérationnel cette année. Sa localisation est stratégique : la plate-forme se situe à 24 km à l'est de Lyon et à 15 km de son aéroport (Saint-Exupéry), sur l'axe A43, Lyon-Grenoble-Chambéry, le long de la ligne de TGV à l'est, de la RD302 au sud et de la RD55c à l'ouest.



Les différents types de bétons sur le site de la nouvelle plate-forme logistique des centres commerciaux Leclerc en Rhône-Alpes (Socara).

Les deux formules mises en œuvre sur le site Socara. À gauche, une formule qualitative en 100 % ciment blanc (avec un mélange de gravillons de Sault-Brénaz 4/6 à 50 % et de Roussas 4/6 à 50 %) et, à droite, une formule plus rustique à base de granulats concassés du Rhône pour des zones plus sollicitées (avec un mélange de gravillons de La Picardière 4/6 à 100 %). Dans les deux cas, c'est un ciment LafargeHolcim qui a été utilisé.



Problème principal à résoudre pour les concepteurs : réaliser un outil performant, durable, donc très résistant, mais aussi agréable du point de vue des conditions de travail et s'intégrant parfaitement à l'environnement. Pour valoriser les aspects esthétiques, mais également pour tenir compte de l'intensité du trafic sur la plate-forme, ils ont choisi plusieurs types de revêtements ou d'équipements en béton.

LES AIRES DE STATIONNEMENT

Les emplacements de stationnement sont très nombreux : plus d'un millier au total. Répartition : 710 places de parking pour véhicules légers ; 120 places de stationnement à quai pour poids lourds ; 50 places de parking pour poids lourds ; 90 places de parking pour remorques et 66 places de parking pour tracteurs. Une partie de ces aires de stationnement, destinées à accueillir de nombreux véhicules, souvent lourdement chargés, ont été réalisées en béton.

LES TROTTOIRS, LES CHEMINEMENTS ET LES PARVIS

Le béton désactivé a été retenu pour ses qualités esthétiques. « Nous en avons réalisé quelque 6 500 m², explique Sylvain Boyon, chargé d'affaires sur les bétons décoratifs chez MCA, qui a suivi

le chantier avec Jean-Louis Cicéron, l'expérimenté responsable des bétons de sol de la société (ex-BGL). Deux formules ont été mises en œuvre. Une formule qualitative en 100 % ciment blanc dans les secteurs les plus valorisants (accueil de la clientèle, siège administratif de la société, etc.) avec un mélange de gravillons de Sault-Brénaz 4/6 à 50 % et de Roussas 4/6 à 50 % ; le sable est un roulé 0/2 du Rhône ; les épaisseurs mises en œuvre varient de 12 à 18 cm suivant la destination du support – espaces piétonniers ou circulés –, plate-forme PF2qs (obtenue grâce à une couche de forme en GNT 0/31,5). Et une autre formule, plus rustique, à base de granulats concassés du Rhône pour des zones plus sollicitées (avec un mélange de gravillons de La Picardière 4/6 à 100 % ; les épaisseurs mises en œuvre varient de 12 à 18 cm suivant la destination du support – espaces piétonniers ou circulés –, plate-forme PF2qs obtenue grâce à une couche de forme en GNT 0/31,5). Dans les deux cas, c'est un ciment LafargeHolcim qui a été utilisé.

L'une des difficultés sur cette opération a été la durée du chantier. Nous avons dû gérer à plusieurs reprises les raccords entre les phases de chantier successives et donc des interventions à différentes périodes de l'année, avec des conditions climatiques changeantes. Il a fallu adapter les produits pour désactiver et les formules de béton pour limiter les différences de désactivation et de nuances à ces endroits. »



Les grandes étapes de la réalisation des bordures en béton extrudé.

LE CHANTIER EN CHIFFRES

// Aménagement en béton

18 000 m²

// Bordures en béton (coulées en place et en produits préfabriqués)

15 000 ml

// Déblais pour les travaux de terrassement et d'infrastructures

507 000 m³

// Remblais pour les travaux de terrassement et d'infrastructures

422 000 m³

// Réseau pour les eaux pluviales

4 650 ml

// Capacité totale pour les bassins de rétention

14 150 m³

// Poteaux d'incendie

30

// Réseau d'approvisionnement en eau potable

4 900 ml

// Réseau d'évacuation des eaux usées

2 400 ml

// Réseau d'éclairage extérieur

6 300 ml

// Enrobés mis en œuvre

73 700 m² (25 000 t)

« Des échantillons ont été demandés, précise Rémi Pral, chef de projet chez le maître d'œuvre HTC. MCA en a réalisé six différents in situ, ce qui constitue un geste très appréciable et ce qui a permis de valider les choix avec certitude. »

LES BORDURES

Devant les bureaux, les bordures ont été réalisées en produits préfabriqués. Le long des voies empruntées par les camions et des voies annexes, c'est du béton extrudé qui a été mis en œuvre par la société MCA.

Le site, très étendu, comprend en effet six bâtiments (deux pour la logistique, représentant 62 000 m² bâtis, un bâtiment de bureaux, le siège de 6 000 m² et trois bâtiments de service d'une surface totale de 4 400 m²). Pour relier ces différents pôles d'activité et permettre aux piétons de se déplacer, des milliers de mètres linéaires de trottoirs avec bordures ont donc été créés.

« C'est un de nos projets récents les plus importants, commente Florent Charcosset, responsable d'exploitation chez MCA, en charge de la préparation du chantier et des bordures coulées en place. Nous en avons réalisé 8 km en plusieurs tranches, d'une durée d'une journée à une semaine, le tout réparti sur une année environ. L'avantage, c'est que nous venions en voisins, car le

siège de MCA à Pusignan (Rhône) se situe tout près de celui de Socara. Quant au choix de l'extrudé, c'est une question à la fois économique et pratique, liée notamment aux délais d'application, qui sont courts. »

EXTRUDEUSE MOTORISÉE ET FILOGUIDÉE

« Pour la mise en œuvre, nous avons utilisé une extrudeuse MBW motorisée et filoguidée. Nous avons tiré en vis calée sur grave-bitume. Notre machine permet de vibrer le béton dans le moule, de sorte à obtenir quasiment la même résistance que celle d'une bordure préfabriquée. En type de profil, nous avons réalisé des mini-GBA (32 cm de largeur de base) et T2 hautes (15 cm de largeur de base et 20 cm de hauteur). La mise en œuvre a été réalisée par quatre équipiers, dont deux maçons, plus un responsable. Pour ce chantier, nous avons beaucoup travaillé sur la formule du béton (un C30/37 XF2) pour utiliser un extrudé qui convienne parfaitement à notre machine, notamment en ce qui concerne les entraîneurs d'air, et au résultat souhaité. C'est une formule que nous avons réutilisée depuis. Nous avons été également particulièrement attentifs à l'application pour limiter au maximum les risques de fissuration. » Le béton a été confectionné avec un ciment LafargeHolcim à la centrale de Genas (Rhône), située à une quinzaine de kilomètres. ■

Du béton bouchardé POUR LE « CHÂTEAU »

Nanterre poursuit sa mutation dans le cadre du futur Grand Paris. Rénovation sociale et urbaine, construction de nouveaux logements, tramway et futur métro... Parmi les réalisations récentes les plus originales : la résurrection de son « château » en laboratoire de l'innovation sociale. Un choix innovant qui s'accompagne d'un réaménagement urbain, valorisé par la mise en œuvre élégante de béton bouchardé.



Classé monument historique en 1992, le château de Nanterre a connu plusieurs vies. Ce fut d'abord une fabrique de dentifrice : l'usine du Dr Pierre.

.....

PRINCIPAUX INTERVENANTS



Maîtrise d'ouvrage

SCI Nanterre

Maîtrise d'œuvre

Quartus

Entreprises

Centrale Pose,
UFS (mise en œuvre du béton décoratif)

Fournisseur du béton

EQIOM (centrale de Nanterre)

Fournisseur du ciment

EQIOM (cimenterie de Lumbres)

Classé monument historique en 1992, le vaste bâtiment a connu plusieurs vies : il fut d'abord une fabrique de dentifrice – l'« usine du Dr Pierre » –, avant d'accueillir, jusqu'en 2006, les locaux d'une marque de vêtements pour bébés et futures mamans. Rénovée et rebaptisée le « château », l'élégante construction en briques rouges de la Belle Époque sert désormais de laboratoire dédié aux arts de la bouche et aux structures à impact positif. Pour y accéder et le valoriser sans en dénaturer le cachet, les maîtres d'ouvrage et d'œuvre ont choisi le béton bouchardé. Le résultat, très qualitatif, est à la hauteur de l'exigence !

INCUBATEUR CULINAIRE

Sur 2 000 m², le nouveau château comprend des bureaux privatifs et un espace de coworking de 1 000 m² ainsi qu'un « incubateur culinaire » destiné à l'expérimentation de nouveaux modes de consommation alimentaire. Un espace événementiel, comprenant un lieu de restauration et de dégustation, permet l'accueil du grand public et l'organisation de manifestations. Atout pour ce nouveau lieu d'échanges et de rencontres : sa facilité d'accès, à 200 m du RER A Nanterre-Ville, soit à 13 min de trajet de la Défense et à 25 min des Halles. Propriétaire du lieu depuis 2010, la Semna, la société publique en charge des aménagements



Le revêtement du parvis a été réalisé en Articimo® Bouchardé (PSP 350 kg CE2,5 N CE CP1 NF D10 S3).

Confectionné à la centrale EQIOM de Nanterre, le béton intègre des granulats de quartz blanc de granulométrie 6/10 avec une adjuvantation spécifique pour béton bouchardé.



Vue générale du château de Nanterre. Au premier plan, les allées extérieures en béton décoratif réalisées entre mai et juin 2017.

de la ville de Nanterre, a confié à la société Étici la mission de faire de ces locaux un lieu d'accueil pour des acteurs du secteur social et solidaire. Dès l'année 2011, une société civile immobilière, réunissant les deux partenaires et la Caisse des dépôts, a été constituée.

Entamés au mois de mars 2016, les travaux d'aménagement du château se sont achevés en juin 2017, de sorte à permettre l'ouverture du nouvel espace en septembre. Menée en parallèle et dans le même temps par la ville de Nanterre, l'opération d'aménagement des environs de l'usine du D^r Pierre s'est également achevée. Elle a permis la construction d'un ensemble de bureaux, d'un parking et de logements en accession à la propriété.

■ GRANULATS DE QUARTZ BLANC

Innovant et placé sous le signe du développement durable, l'aménagement se devait d'être qualitatif jusque dans la réalisation de ses cheminements : c'est donc le béton décoratif qui a été choisi pour le revêtement du parvis et des allées piétonnes. « Il s'agit d'un Articimo® Bouchardé (PSP 350 kg CEM III 42,5 N CE CP1 NF D10 S3), précise Mathieu Morel, animateur Produits spéciaux chez EQIOM Bétons de la région Île-de-France – Normandie. Le ciment provient de la cimenterie EQIOM de Lumbres, près de Saint-Omer, dans le Pas-de-Calais. Confectionné à la centrale EQIOM de Nanterre, le béton intègre des granulats de quartz blanc de granulométrie 6/10 avec une adjuvantation spécifique pour béton bouchardé. Ce choix s'est imposé naturellement, l'Articimo® Bouchardé se mariant parfaitement à l'environnement qui mêle ce bâtiment de prestige aux nouvelles constructions avoisinantes. »

L'entreprise UFS, associée à Centrale Pose, a été retenue pour la réalisation. « Le béton Articimo® Bouchardé est un procédé qui permet d'obtenir un résultat esthétique très proche de la pierre naturelle taillée, précise encore Mathieu Morel. Après lissage, le jour du coulage, l'entreprise intervient à l'aide d'une bouchardeuse mécanique pour chercher les granulats en sous-couche, mais aussi pour marteler ces derniers afin de les rendre rugueux. »

Au total, un volume de 350 m³ a été mis en œuvre. Commencés en mai, les allées piétonnes et le parvis ont été achevés en juin 2017. ■



DÉVIATION D'ÉTAMPES



UNE COUCHE DE FORME INNOVANTE

Performances techniques, optimisation des structures de chaussées routières, préservation des ressources, réduction des coûts, protection de l'environnement : autant d'avantages qui expliquent l'engouement pour cette nouvelle technique élaborée par l'entreprise Charier et qui consiste à traiter un sol, préalablement renforcé de fibres de chanvre, au liant hydraulique routier (LHR). En voici un nouvel exemple très significatif avec la déviation d'Étampes (Essonne), dernier tronçon du programme de désenclavement du parc Sud Essor à Étampes.

LE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ (PPP)

Dialogue compétitif durant un an pour aboutir à une solution innovante.

Dossier proposé dans le cadre du concours de l'Agence de l'eau.

Agglomération : 279 k€/an sur vingt ans + 1000 k€ pour la phase de mise au point de la solution innovante et des études (aucun emprunt n'a été contracté).

Entreprise Charier : la conception, la construction, le financement, l'entretien courant et l'entretien structurel pendant vingt ans.

Comme toutes les techniques innovantes menées dans le cadre d'un partenariat PPP, ce chantier va permettre de gagner sur le coût total du projet à hauteur de 30 %.



CI-DESSUS

Épandage de la fibre de chanvre à l'aide d'un matériel spécifique innovant.

PAGES D'OUVERTURE

Déviations d'Étampes. Vue générale du chantier.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

Agglomération de l'Étampeois Sud-Essonne

Entreprise

Charier TP

Fournisseur du liant hydraulique routier Rolac Optimum LH

LafargeHolcim

Fournisseur de la fibre de chanvre

Gâtichanvre

L'opération est innovante à plusieurs titres :

// Sur le plan technique

Il s'agit d'une couche de forme traitée avec un liant hydraulique routier et renforcée à la fibre de chanvre. L'innovation, par rapport à une couche de forme traitée classique, réside dans l'utilisation des fibres de chanvre. « L'objectif recherché est, d'une part, de maîtriser la fissuration du sol traité et, d'autre part, d'augmenter les performances mécaniques du matériau traité afin de soulager la structure bitumineuse de la chaussée (couche de fondation, couche de base et couche de surface) et de réduire par conséquent son épaisseur », répète inlassablement Valéry Ferber, directeur Environnement & Innovation de l'entreprise Charier.

// Sur le plan technologique

Pour atteindre les objectifs techniques, l'entreprise Charier a développé une machine spécifique, « l'épandeur à fibres », pour disperser et épandre, sur une largeur de 2,50 m, la fibre de chanvre à la surface du matériau à renforcer, et ce d'une façon précise et homogène.

// Sur le plan financier

Le chantier est réalisé dans le cadre d'un partenariat public-privé (PPP), au terme d'un dialogue compétitif qui a permis d'affiner le projet, d'élaborer une solution technique, d'optimiser la structure de la chaussée bitumineuse qui sera réalisée au-dessus de la couche de forme et de mettre au point la conception intégrant le procédé Satis. Enfin, la communauté d'agglomération de l'Étampeois Sud-Essonne a confié à l'entreprise Charier la conception, la construction, le financement, l'entretien courant et l'entretien structurel pendant vingt ans de cette nouvelle route qui achève la déviation d'Étampes. Elle relie la RD 191 au parc d'activités Sud Essor, en utilisant plusieurs innovations technologiques. Comme le rappelle Bernard Laplace, vice-président de la communauté de communes de l'Étampeois Sud-Essonne, « le dialogue a permis de s'orienter vers une solution atypique, mettant en œuvre un procédé et une solution innovants associés à d'autres innovations techniques et en particulier une solution pour la gestion des

RÉALISATION DE LA COUCHE DE FORME EN 10 PHASES

- // La préparation du matériau : mélange du sable de Fontainebleau et de la grave calcaire.
- // L'ajustement de l'état hydrique : humidification pour obtenir une teneur en eau optimale.
- // L'épandage de la fibre de chanvre.
- // Le malaxage du matériau de la couche de forme avec la fibre de chanvre.
- // L'épandage du liant hydraulique routier : pour réduire et maîtriser la dispersion du liant, il convient d'utiliser un épandeur à dosage pondéral, asservi à la vitesse d'avancement.
- // Le malaxage : réalisé au moyen d'un pulvimixeur dont la cote de fond de malaxage est asservie en GPS.
- // Le compactage partiel doit suivre la fin du malaxage pour ne pas laisser un matériau foisonné exposé aux intempéries et doit apporter 70 à 80 % de l'énergie exigée pour obtenir la qualité de compactage recherchée.
- // Le réglage : par rabotage, à la niveleuse, sur toute la largeur.
- // Le compactage final doit être réalisé immédiatement après le réglage final.
- // La protection de surface : destinée à imperméabiliser la couche traitée et à la protéger des intempéries, de l'évaporation de l'eau et du trafic.



Photo illustrant le gain de matériau et l'économie de ressources naturelles que la structure innovante a engendrés (à gauche, structure traditionnelle avec couche de forme non traitée ; à droite, structure innovante avec couche de forme traitée).

eaux pluviales, conformément aux recommandations de l'agence de l'eau ».

UNE IDÉE INNOVANTE QUI A FAIT LENTEMENT SON CHEMIN

L'objectif principal est de réduire l'utilisation des matériaux nobles dans la structure. Cela a conduit à concevoir une couche de forme traitée performante, que l'on puisse intégrer dans le dimensionnement de l'assise de chaussée. Cette couche de forme doit donc présenter une régularité irréprochable en épaisseur et en homogénéité de performance. Les fibres de chanvre apportent une contribution notable à la résistance, puisqu'elles améliorent la résistance en fatigue de 20 %. De plus, elles présentent un double intérêt :

- // Ce sont des fibres végétales naturelles.
 - // Elles sont produites par plusieurs fournisseurs potentiels de manière industrielle pour assurer leur régularité.
- Critère retenu : dosage de la fibre de chanvre permettant l'obtention d'un niveau de seuil de la résistance à la flexion du sol traité.
- Objectif : gagner sur le dimensionnement de l'assise de

chaussée. Gain escompté : 4 à 6 cm sur l'épaisseur des couches bitumineuses.

La méthodologie a été élaborée après de longues recherches en laboratoire et sur chantier. Le traitement de la couche de forme s'est fait en plusieurs étapes :

- // Correction granulométrique du sable par une grave calcaire 0/20.
- // Incorporation des fibres de chanvre à un dosage étudié en laboratoire et dépendant de la nature du matériau.
- // Traitement avec un liant hydraulique routier (6 %).

DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE

Le dimensionnement de la structure a intégré les performances de la couche de forme traitée (liant hydraulique + fibre de chanvre) et a été effectué avec les hypothèses suivantes :

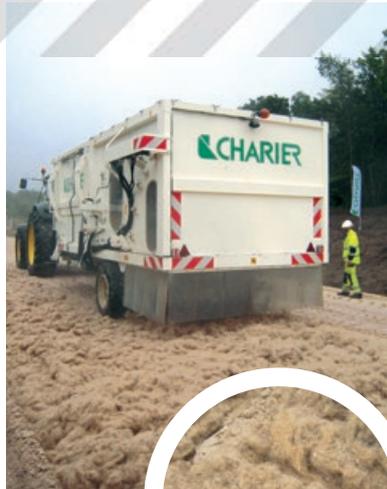
- // Trafic estimé à la mise en service : 9 000 Véh dont 650 PL/j.
- // Portance de l'arase : 35 MPa visée mais 80 MPa mesurée à la réception.
- // Durée de vie : vingt ans.
- // σ_6 (sigma 6) de la couche de forme traitée et renforcée de fibres = 1,2 σ_6 (sigma 6) de la couche de forme traitée sans fibres.

LE DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE A INTÉGRÉ LES PERFORMANCES DE LA COUCHE DE FORME TRAITÉE (LIANT HYDRAULIQUE + FIBRE DE CHANVRE)

LA FIBRE DE CHANVRE

Le chanvre est une variété de cannabis à faible teneur en THC (< 0,2 %). Il est cultivé dans plusieurs régions françaises sur environ 15 000 hectares, dont 900 hectares dans le sud de l'Île-de-France. Fibre de chanvre du chantier en provenance de Vendée (production locale indisponible au moment des travaux).

Usine en cours de construction dans l'agglomération de l'Étampois Sud-Essonne.



DE GAUCHE À DROITE

// Conditionnement de la fibre de chanvre.

// Épandage de la fibre de chanvre à l'aide d'un matériel spécifique.

// En médaillon : aspect de la fibre de chanvre après épandage.

Le calcul mené avec le logiciel Alizé donne la structure de chaussée suivante :

// Couche de base : 8 cm GB3.

// Couche de surface : 3 cm BBM.

DES DIFFICULTÉS À SURMONTER

Le premier problème à résoudre était de corriger le matériau de la couche de forme, à savoir le sable de Fontainebleau. En effet, c'est un matériau fin (<350 µm), à granulométrie uniforme et homométrique, de grande pureté, extra-siliceux et de grains ronds à subanguleux. Son aspect est clair, régulier et homogène. Ce sable est composé de 97 à 99 % de silice pure, ce qui lui confère une forte résistance à l'usure et une bonne longévité. Mais sa finesse et sa granulométrie uniforme lui donnent des aptitudes médiocres pour le traitement et le compactage. Aussi est-il indispensable de les amender ou de les stabiliser pour une utilisation plus rationnelle. Le second problème à résoudre était : comment incorporer la fibre de chanvre dans le matériau de la couche de forme et assurer une répartition homogène dans le matériau ? Cette difficulté a été surmontée par la mise au point d'un matériel spécifique, capable de disperser d'une façon homogène la fibre de chanvre à la surface du matériau de la couche de forme. Le malaxage à l'aide du pulvimixeur permettra sa répartition au sein du matériau jusqu'à la profondeur visée par le traitement.



Une première bande de malaxage.

.....

En médaillon : aspect homogène du matériau après malaxage.

.....

LA RÉALISATION DE LA COUCHE DE FORME

Sur le chantier, une fois les terrassements réalisés, la portance de la partie supérieure des terrassements (PST) s'élevait à 80 MPa (au lieu de 35 MPa visés). Ensuite, pour réaliser la couche de forme, il a fallu rapporter dans un premier temps les matériaux (sable de Fontainebleau et grave calcaire). Puis ont suivi différentes phases : implantation (largeur de la voie à traiter) ; approvisionnement avec reprise sur stock (pelle sur chenilles, tombereaux articulés) ; mise en œuvre sur 40 cm pour une épaisseur finale de 36 cm (bull assisté GPS), afin de tenir compte du compactage et de la recoupe finale ; et enfin préreglage avec une niveleuse asservie GPS de façon à avoir une épaisseur homogène avant traitement. Cette phase est très importante, car un bon réglage ne peut être garanti que s'il y a une recoupe de la couche après traitement. Aucun apport n'est possible dans la phase de réglage. « Une étape clé a été la parfaite humidification du matériau. Pour obtenir une teneur en eau optimale, nous avons employé une arroseuse à enfouissement (jets en profondeur) puis réalisé un malaxage d'homogénéisation au pulvimixeur, et ce préalablement aux opérations de traitement de la couche », explique Grégory Verhaeghe, directeur des travaux chez Charier. Puis il a été procédé à l'épandage des fibres de chanvre à l'aide d'un matériel spécifique conçu et fabriqué par l'entreprise Charier. Cette opération, réalisée en deux passages, a été suivie de

UN CONCENTRÉ D'INNOVATIONS

Les innovations techniques, technologiques et de développement durable s'appliquent dans tous les domaines :

- // Valorisation de la production locale de chanvre en sous-couche routière
- // Autonomie énergétique
- // Gestion des eaux pluviales
- // Intégration paysagère
- // Création de cheminements doux
- // Protection de la biodiversité
- // Protection de la flore

CARACTÉRISTIQUES DE LA DÉVIATION

- // Longueur de la déviation : 2 km
- // Largeur de la chaussée : 9 à 13 m
- // Décapage de la terre végétale : 20 000 m³
- // Déblais/remblais : 50 000 m³
- // Couche de forme : 6 000 m³
- // Liant hydraulique routier : 1 000 t de Rolac Optimum LH
- // Fibre de chanvre : Chanvre technique Biofib' de Cavac Biomatériaux
- // Matériaux bitumineux : 6 000 t



Atelier de compactage de la couche de forme traitée au chanvre et au liant hydraulique routier.

l'opération de malaxage à l'aide d'une stabilisatrice Wirtgen WR 240i, assurant au mélange matériau + fibres de chanvre une bonne homogénéité.

Le traitement proprement dit a été réalisé en deux opérations successives : un épandage du liant hydraulique routier à raison de 6 % (soit plus de 40 kg/m²) à la surface du matériau, suivi d'un malaxage à l'aide de la stabilisatrice Wirtgen. Le sol a ensuite été remis en forme. La teneur en eau est contrôlée : si elle s'avère insuffisante, on procède alors à un ajustement par enfouissement et à une nouvelle remise en forme. Trois types de compacteurs se sont chargés du compactage (10 passes) : à bille lisse, dameur (pour limiter le feuilletage), puis à pneus (pour donner un bel uni). « Une niveleuse assistée par théodolite motorisé effectue le réglage par recoupe de la couche traitée, pour obtenir un résultat au centimètre près. On obtient ainsi un très bon uni et un profil en long très régulier », ajoute Grégory Verhaeghe. Un enduit de cure a ensuite été appliqué pour protéger la couche de forme et pour assurer une bonne prise hydraulique du mélange, puis un gravillonnage léger a été réalisé. À noter que la circulation des véhicules a été neutralisée pendant une semaine, pour ne pas rompre la prise hydraulique.

UN CONTRÔLE STRICT, RÉALISÉ EN CONTINU SUR LE SITE

« Tout est rigoureusement contrôlé sur le chantier : teneur en eau avant traitement, contrôle par pesée de la quantité de liant

épanchée, vérification de la profondeur de malaxage, teneur en eau après le deuxième malaxage », explique Miguel Dioniso, chef du laboratoire Charier. La qualité du compactage et les objectifs de densification (taux de compactage) ont été vérifiés sur la base d'essais et de références Proctor en laboratoire. Ensuite, le compactage « chantier » a été mesuré au moyen d'un gammadensimètre, l'objectif étant d'atteindre 98,5 % de l'optimum Proctor en couche moyenne et 96 % en fond de couche. À cela ont été ajoutés des essais sur éprouvettes pour les tests d'écrasement à 14, à 28 et à 90 jours, des carottages à 28 et à 60 jours, des essais en compression aux jeunes âges, des mesures de résistance à la traction, des mesures du module. Enfin, pour contrôler la déformabilité de la couche de forme, des déflexions ont été mesurées sur l'ensemble du tracé.

« Quand l'entreprise Charier nous a fait part de l'innovation de ce chantier et des enjeux à atteindre, nous avons proposé un de nos meilleurs liants hydrauliques routiers : le Rolac Optimum du Havre compatible avec cette solution de traitement fibrée. L'étude technique a ensuite démontré le bien-fondé de ce choix », précise Jean-Christophe Redon, directeur adjoint à la direction nationale des ventes Routes de LafargeHolcim. Et il ajoute : « Nous sommes très heureux d'avoir pu accompagner cette innovation, qui sera, nous l'espérons, une voie supplémentaire pour l'optimisation des structures routières en sols traités. »

Réhabilitation de la RD74 entre Bannes et Frécourt

Près de Langres (Haute-Marne), cet axe départemental structurant vient d'être recalibré avec la création d'une structure homogène et « hors gel » grâce à la technique de retraitement de chaussée au liant hydraulique routier (LHR). Une opération respectueuse de l'environnement, qui a également permis la réutilisation en économie circulaire de matériaux chargés en HAP dans un cadre budgétaire maîtrisé et selon un planning optimisé.



Vue générale du chantier avec, au premier plan, la machine de malaxage alimentée en eau par une citerne, et en arrière plan, la niveleuse et l'atelier de compactage.

Jusqu'à dans les années 1970, la RD74 était une route nationale reliant Corpeau, au sud de Dijon (Côte d'Or) à Sarreguemines (Moselle), villes distantes d'environ 350 km. Dans les années 1970, le tronçon entre Langres (Haute-Marne) et Neufchâteau (Vosges) a été déclassé en départementale. La RD74 n'en reste pas moins un axe départemental structurant. Non loin du lac de Charmes, un tronçon de 6 km qui traverse le territoire de la commune de Frécourt (Haute-Marne), à une quinzaine de kilomètres au nord-est de Langres, vient de faire l'objet d'une réhabilitation remarquable à plusieurs égards.

ENTRE 300 ET 350 POIDS LOURDS PAR JOUR

« La voirie était dégradée, et nous voulions absolument intervenir dès cette année pour régler simultanément plusieurs problématiques, explique Stéphane Dir, responsable de l'entretien routier au sein de la direction des infrastructures du territoire du conseil départemental de la Haute-Marne. Nous souhaitons renforcer et homogénéiser la structure, tout en élargissant la voie pour régler un problème de largeur et revenir à une largeur revêtue de 7 m. »

« La RD74 est un réseau structurant du département, précise de son côté Benoît Collin, responsable du pôle technique de Montigny-le-Roi, qui assure la maîtrise d'œuvre du chantier pour le conseil départemental. Elle enregistre un trafic important, avec une forte proportion de poids lourd sur la section concernée. Cet itinéraire est depuis fort longtemps identifié comme

PRINCIPAUX INTERVENANTS



Maîtrise d'ouvrage

Conseil départemental
de la Haute-Marne

Maîtrise d'œuvre

Conseil départemental
de la Haute-Marne

Entreprise

Groupe Roger Martin

Fournisseur du liant hydraulique

Vicat (usine de Xeulilly)



Épandage du liant hydraulique routier LVTS 54 de Vicat et vérification de la bonne répartition du liant au mètre carré (méthode dite « à la bêche »).



À l'occasion du bicentenaire de l'invention du ciment artificiel par Louis Vicat, les livraisons ont été effectuées par des porteurs spécialement dédiés.

vulnérable au dégel. Aussi, lorsque les conditions climatiques le nécessitent, le Département impose des restrictions de circulation afin de préserver l'infrastructure comme en 2012 et en 2017. Le conseil départemental souhaite donc combiner, sur cette section, restructuration avec mise hors gel.»

Dans son appel d'offres, le conseil départemental propose la solution de base suivante : reprise de l'assise avec réalisation de poutres de rive et mise en œuvre d'une couche de grave bitume revêtue d'une couche de roulement en BBSG. « Pour ce marché spécifique, nous avons ouvert l'appel d'offres à variantes », précise Stéphane Dir, en charge de l'entretien routier.

UNE SOLUTION VARIANTE

Entre-temps, un nouvel élément vient complexifier les paramètres du chantier : les diagnostics et les échantillonnages font apparaître une forte présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'ancienne structure. Ces polluants organiques persistants, identifiés à des profondeurs et à des localisations variables, font l'objet d'une réglementation stricte. Considérés comme des déchets à risque au-delà d'un taux de 50 ppm (ou milligramme par kilogramme de matière sèche), ils doivent être mis en décharge de classe 1, ce qui entraîne des coûts importants.

Confronté à ces différentes contraintes, le groupe Roger Martin, adjudicataire du marché, a proposé de recourir au retraitement en place au liant hydraulique routier (LHR). Déjà sensibilisés lors de plusieurs réunions d'information – organisées par CIMbéton ces dernières années en Haute-Marne et animées notamment par Joseph Abdo –, les décideurs départementaux valident cette proposition.

« La solution variante proposée par le groupe Roger Martin a permis de résoudre simultanément toutes les problématiques posées par la réhabilitation de la RD74, résume Christophe Ribette, directeur technique chez Roger Martin. Pour ce faire, nous avons combiné

LES TRAVAUX DE LA RD74

- // Du 11 juin au 9 juillet : exécution des poutres d'élargissement (2 x 1 m de chaque côté avec une surlargeur de 0,50 m dans les petits rayons et une profondeur de 0,73 m) pour élargir la structure.
- // Du 9 juillet au 17 juillet : opération de rabotage en place afin de défoisonner et de créer une mouture homogène (entre 0/20 et 0/30). Puis retraitement en place de la structure sur une épaisseur de 30 cm et sur la largeur totale de 7,50 m.
- // Du 13 juillet au 17 juillet : réception par déflexion de l'état de portance du retraitement (PF3 à 3 jours, PF4 à 7 jours) pour lever le point d'arrêt de la résistance, indispensable pour la mise en place de la grave-bitume.
- // Du 18 juillet au 25 juillet : mise en œuvre de la grave-bitume.
- // Du 26 juillet au 30 juillet : mise en place des enrobés.
- // 6 août : ouverture à la circulation.

de nombreux éléments – des tests de déflexion, des sondages, des études de traitement en laboratoire – qui ont permis d'affiner l'approche globale de la variante. »

La solution proposée par le groupe Roger Martin prévoit, une fois la structure retraitée sur une trentaine de centimètres, la mise en œuvre d'une couche de grave-bitume revêtue de BBSG (voir encadré pour les détails et la mise en œuvre).

Cette solution offre cinq avantages déterminants :

- // Le maintien du renforcement bilatéral de la route avec création de poutres d'élargissement : « Il est conforme au marché », précise Vincent Barbieux, directeur d'exploitation chez Roger Martin en Bourgogne-Haute-Marne. Il assure un recalibrage de la voie à la largeur de 7 m (contre 6,30 m-6,40 m précédemment), gabarit fixé par le schéma directeur d'aménagement départemental pour les réseaux structurants de la Haute-Marne.
- // Le renforcement de la structure et son homogénéisation par un retraitement en pleine largeur de la voie, y compris les poutres. « Il vise à recréer une assise solide, durable et homogène », explique Benoît Collin, responsable du pôle technique de Montigny-le-Roi, qui assure la maîtrise d'œuvre du chantier
- // La mise « hors gel » : ainsi renforcée, la RD74 peut résister à un important trafic de poids lourds et rester ouverte, à terme, à la circulation en hiver. « Les barrières de dégel ne sont plus nécessaires », complète Benoît Collin.
- // La réutilisation respectueuse de l'environnement et en économie circulaire des matériaux chargés en HAP : le retraitement en place aux liants hydrauliques routiers permet de valoriser des matériaux contenant des HAP. Ils sont maintenus *in situ*, sans être mis en décharge, ce qui réduit notablement les coûts de transport et de stockage. « Dans le cadre de la solution de base, nous avons prévu de mettre beaucoup de matériaux en décharge », reconnaît Stéphane Dir.



L'atelier de retraitement avec une citerne à eau asservie.



Passage de la niveleuse pour un bon uni et le meilleur profil géométrique possible.



L'atelier de compactage composé d'un « vibrant » (un cylindre monorouveau V5) et d'un « pneu » (un PS 300).



// Le respect et l'optimisation du planning de réalisation : « Le choix du LVTS 54 de Vicat a apporté une cinétique de prise rapide pour démarrer rapidement la mise en œuvre des enrobés », souligne Christophe Ribette, le directeur technique de Roger Martin. « L'implantation de notre cimenterie de Xeuilley, située à une centaine de kilomètres du chantier, a été un atout pour remporter ce chantier et livrer le liant dans de bonnes conditions grâce à notre filiale de transports SATM », souligne Donatien de Thé, responsable du marché Routes et Terrassements chez Vicat.

Par ailleurs, « le choix du Département de dévier totalement le chantier sur quatre semaines a permis aux équipes du groupe Roger Martin de travailler en sécurité, avec énergie et intensité, pour relever ce défi tant du point de vue technique qu'en termes de délais », note Alexandre Millère, conducteur de travaux chez Roger Martin, responsable du chantier.

Lancés le 11 juin, les travaux préalables au retraitement en place se sont déroulés du 11 juin au 9 juillet, sous circulation alternée, sur le tronçon concerné, long de 6 km (en deux tranches). À compter du 9 juillet, la circulation a été totalement déviée pour permettre le retraitement en place.

■ L'AVANCEMENT DU CHANTIER

Le magazine *Routes* a pu constater sur place l'avancement du chantier, minutieusement organisé.

L'ancienne chaussée avait été rabotée pour obtenir un mélange régulier, homogène et laissé sur place. Un peu plus loin, après remise au profil par des niveleuses, des épandeurs à liant hydraulique précédaient un atelier de retraitement avec une citerne à eau asservie. Régulièrement, des tests étaient effectués pour vérifier la bonne répartition du liant au mètre carré (méthode dite « à la bêche »). Autre paramètre essentiel, vérifié

quotidiennement : la teneur en eau, essentielle pour un mélange homogène et compact.

Enfin, après le malaxage permettant d'obtenir une structure homogène, nouvelle intervention de la niveleuse visant à donner un bon uni et le meilleur profil géométrique possible. Après cette étape importante de l'exécution, qui nécessite du « savoir-faire » de la part du conducteur, place à l'atelier de compactage pour obtenir la densité recherchée. Composé d'un compacteur vibrant type V5 et d'un compacteur à pneus type PS 300, l'atelier de compactage avait pour mission d'obtenir la portance recherchée (PF3 à 3 jours, PF4 à 7 jours). « Nous avons réalisé une planche d'essai longue de 50 m en début de chantier, explique un technicien. Elle nous a permis de constater que la bonne densité serait obtenue grâce à 4 passes de compacteur V5 et 6 passes de compacteur PS 300. » La fin des opérations de retraitement était planifiée pour le 17 juillet. Bilan : superficie globale concernée : 45 000 m². Quantité totale de liant LVTS 54 de Vicat mis en œuvre : environ 1 000 t.

« Pour ce chantier, le retraitement en place au liant hydraulique routier est une solution intéressante qui permet de reprendre la structure dans son intégralité », résume Stéphane Dir, en charge de l'entretien routier. « Les conditions nécessaires à la réussite d'une telle opération à forts enjeux sont les suivantes : implication totale de l'ensemble des acteurs de l'opération (maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, entreprise, contrôle externe et extérieur...), définition de points d'arrêt pertinents permettant de garantir un travail de qualité et maîtrise des déviations mises en place pour garantir l'absence de trafic pendant les périodes de prise, complète Benoît Collin, responsable du pôle technique de Montigny-le-Roi. Le cas de la RD74 n'étant pas isolé dans le département, ce type d'intervention pourrait être envisagé à l'avenir sur de nombreux axes routiers structurants ayant les mêmes problématiques. » ■

CALVADOS : le béton redonne vie et beauté au quartier Koenig

Comment redonner vie, dynamisme économique et attrait à un ancien quartier de casernement, déserté par l'armée et enclavé ? Réponse des aménageurs du quartier Koenig, sis près de Caen : en le transformant en zone d'activité et en le rendant agréable à parcourir à pied à grand renfort de cheminements en béton décoratif... Et ça marche !



Vue aérienne du quartier Koenig en cours de travaux (réalisation du parking sud, traitement au ciment de la fondation), à Bretteville-sur-Odon, dans la périphérie de Caen (Calvados).

En 2010, le 18^e régiment de transmission quitte le quartier Koenig. C'est la fin d'une époque. Ce complexe militaire, situé à Bretteville-sur-Odon, dans la périphérie de Caen (Calvados), a vu le jour en 1936, avant d'être occupé par différentes unités jusqu'en 2010 (voir encadré). Son appellation – le quartier Koenig – lui vient du maréchal de France Pierre Koenig (1898-1970), né à Caen et héros de la France libre à Bir Hakeim (1942).

Huit ans plus tard, le quartier a commencé à reprendre vie. Une métamorphose élégamment soulignée par le béton décoratif.

≡ ZONE D'ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE

Cette friche militaire disposait de trois beaux atouts : un vaste espace foncier de 52 ha, une surface déjà construite commercialisable et une localisation stratégique, à proximité immédiate de l'aéroport de Caen-Carpique, du périphérique et de l'autoroute A84 Caen-Rennes.

En 2011, la communauté d'agglomération de Caen-la-Mer en devient propriétaire pour un euro symbolique. Le site, encombré de munitions (plus de 1 400 engins explosifs de toutes sortes y ont été recensés), est dépollué et déminé. Objectif : transformer le quartier en zone d'activité économique et y créer des emplois (un millier à terme). « Nous allons utiliser la réserve de foncier pour répondre aux demandes des entreprises qui vont crescendo depuis ces deux

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

Communauté d'agglomération de Caen-la-Mer

Maître d'œuvre

Sogeti Ingénierie

Entreprise

Eurovia

Mise en œuvre du béton décoratif

Eurovia

Fournisseur du béton

Cemex

Fournisseur du ciment

Calcia



DE GAUCHE À DROITE ET DE HAUT EN BAS

// Produit dans l'unité Cemex de Giberville, le béton décoratif mis en œuvre sur les cheminements du nouveau quartier Kœnig est un béton C25/30 XF2 fibré (formule Nuantis Minéral de Cemex, ciment Calcia).

// En médaillon : le béton désactivé des cheminements intègre un mélange de granulats locaux Roche Blain (gris noir) et Barenton (gris blanc).

// Le long de route, la voie de circulation douce (piste cyclable) de 2 km en béton désactivé.

// La voie cyclable étant partagée avec des piétons, des dalles podotactiles ont été installées pour guider les personnes à mobilité réduite. Les bordures de trottoirs en béton extrudé (profil CS1) permettent l'écoulement des eaux pluviales dans les noues végétalisées (et ici bâchées).

dernières années », expliquait alors Joël Bruneau, président de Caen-la-Mer. L'ancien complexe comptait 57 bâtiments. Seuls vingt ont été conservés et proposés à des investisseurs privés (30 000 m²), tandis que des constructions neuves ont été lancées. L'agence d'Eurovia sise à Blainville réalise les travaux de requalification complète. Reprise des 15 000 m² de voirie, 8 km d'assainissement des eaux usées et eaux pluviales et l'ensemble des réseaux sur 5 km (éclairage public, télécommunications, eaux potables, y compris la fibre optique), incluant l'aménagement de deux parkings (l'un de 250 places et l'autre de 650, soit 900 places au total, réalisés uniquement en enrobé) et d'une piste cyclable de 2 km en béton désactivé. En 2017, les implantations vont se multiplier (voir encadré). Et qui dit « implantations » dit « cheminements ».

■ CHEMINEMENTS : 12 000 M² DE VOIES PIÉTONNES EN BÉTON

Pour les cheminements piétons justement, le béton décoratif (du désactivé) est préféré aux enrobés traditionnels. Granulats : « Granulats Roche Blain gris et Barenton beige, précise Karl Monnier, conducteur de travaux chez Eurovia. Ce sont des produits issus de gisements locaux. La carrière de Roche Blain est située près de Caen et celle de Barenton, dans le nord de la Mayenne. » Épaisseur : 12 cm. Superficie totale : 12 000 m².

Eurovia entame la réalisation des nouvelles constructions – aujourd'hui, en voie d'achèvement – au cours du premier trimestre 2017, avec du béton fourni par Cemex, à base de ciment Calcia. L'ancien casernement peut achever sa mue par une touche minérale, esthétiquement qualitative et qui présente une durabilité très appréciable. « Les contraintes d'accès au chantier ont conduit à l'adoption d'une double solution logistique : la moitié du béton utilisé a été pompée, nécessitant une formule adaptée pour obtenir la même qualité que le béton livré sur le chantier en camion malaxeur. Au rythme de deux coulages hebdomadaires, soit 120 à 160 m³ chaque semaine, notre unité de production de Giberville a parfaitement répondu aux exigences du chantier, explique Nicolas Lamy, technico-commercial Cemex à Caen. D'emblée, les granulats locaux de Roche Blain (gris noir) 4/10 et de Barenton (gris blanc) 4/10 ont été privilégiés pour obtenir l'effet et la résistance désirés, le trottoir devant opérer une rupture esthétique avec l'enrobé de la voirie. Nous avons donc préalablement réalisé quatre échantillons de béton décoratif sous forme de planches d'essai de 4 m² chacune. La formule Nuantis Minéral au mélange de granulats personnalisé (CXB C25/30 XF2 G1 S3 fibré et pompable) a finalement séduit par sa forme et convaincu par ses qualités de résistance. Sur les dix hectares de voiries du quartier Kœnig, le béton sélectionné répond à des critères à la fois esthétiques et



// REMUE-MÉNINGES

Voici, pour vous détendre... ou vous irriter, une énigme à résoudre. Réponse dans le prochain numéro de Routes !

PROBLÈME N°144

Une solution astucieuse !

Un vieux berger a laissé le testament suivant : « À ma mort, je lègue la moitié de mes moutons à mon fils aîné. Ma fille recevra le tiers de mes moutons. Quant à mon dernier, il bénéficiera du neuvième de mes moutons ». Lorsqu'il décéda, le berger possédait dix-sept moutons. Ils avaient beau réfléchir, ses trois enfants ne voyaient pas comment se partager les moutons en respectant scrupuleusement la volonté de leur père. La solution est venue d'un vieux berger, ami de leur père, qui trouva la solution astucieuse. Que proposa-t-il ?

SOLUTION DU REMUE-MÉNINGES DE ROUTES N°143

RAPPEL DU PROBLÈME POSÉ

Une forme optimisée

Un architecte veut concevoir une maison respectant les critères suivants :

- Sa projection au sol a l'aspect d'un secteur circulaire (*).
- Sa forme est telle que sa surface au sol soit maximale pour un périmètre donné.

Quel doit être la forme de la surface au sol de cette maison optimisée ?

(* Un secteur circulaire est la partie d'un disque ou d'un cercle délimitée par deux rayons et un arc de cercle.

SOLUTION

Le périmètre du secteur circulaire étant donné, nous devons chercher une relation entre la longueur de l'arc du secteur et le rayon du secteur, telle que la surface du secteur circulaire ait une valeur maximale.

Soit « R » le rayon du secteur, soit α l'angle du secteur circulaire (angle entre les deux rayons du secteur circulaire), soit « L » la longueur de l'arc du secteur.

Calculons le périmètre « P » et la surface « S » du secteur circulaire.

$$P = R + R + L = L + 2R$$

$$\text{D'où : } L = P - 2R \quad (1)$$

$$S = \pi \cdot R^2 \cdot \alpha / 2\pi = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot R^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot R \quad (2)$$

Les équations (1) et (2) donnent :

$$S = \frac{1}{2} \cdot (P - 2R) \cdot R$$

Pour que la surface du secteur circulaire soit maximale, il faut que S = 1/2 · (P - 2R) · R soit maximale ou, ce qui revient au même, il faut que 4S = 4 · 1/2 · (P - 2R) · R = 2 (P - 2R) · R = 2R (P - 2R) soit maximale.

$$4 \cdot S = 2R (P - 2R) \quad (3)$$

Le terme « 4S » est le produit de deux termes « 2R » et « (P - 2R) », dont la somme est égale à « P » constante. 4S est donc maximale si 2R = P - 2R.

$$\text{Ce qui donne : } R = P/4 \quad (4)$$

D'où, en remplaçant « R » dans l'équation (1), on obtient :

$$L = P - 2 \cdot P/4 = P/2 \quad (5)$$

Les deux équations (4) et (5) donnent :

$$\boxed{R = L/2} \quad (6)$$

Ainsi, pour un périmètre donné, la surface au sol de la maison est maximale quand le rayon du secteur est égal à la moitié de la longueur de l'arc du secteur. Autrement dit, la surface est maximale quand la longueur de l'arc du secteur est égale à la somme des deux rayons du secteur.

L'angle du secteur peut alors être calculé à partir de l'équation (2) :

$$\frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot R^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot R$$

D'où : α = L/R et, comme R = L/2 (6), α = 2 radians, soit 115°.



// AGENDA 2018

CONFÉRENCES TECHNIQUES POUR LA VALORISATION DES MATÉRIAUX EN PLACE À FROID AUX LIANTS HYDRAULIQUES

Angers : 9 octobre • Paris/Nanterre : 22 novembre

Invitations disponibles sur simple demande auprès de CIMbéton ou sur le site lhr.cimbeton.net



// 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



// VIENT DE PARAÎTRE

GUIDE « Lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines. Les revêtements drainants en béton »



Ce guide se propose de répondre aux quatre questions : comment lutter contre l'imperméabilisation des sols, concevoir et dimensionner des ouvrages adaptés, réaliser puis contrôler et, enfin, entretenir les structures. Pour lutter efficacement contre l'imperméabilisation des sols, ce guide fournit la riche palette de solutions disponibles et, en particulier, celles fondées sur l'infiltration et le stockage et donne un inventaire détaillé de l'offre béton (béton coulé en place et produits préfabriqués). Pour concevoir et dimensionner, le guide traite des différents concepts utilisés et des méthodes de dimensionnement, illustrées de plusieurs études de cas. Pour réaliser, il précise les techniques de mise en œuvre, les règles de l'art à observer et les contrôles en vue d'assurer la qualité finale de l'aménagement. Enfin, pour assurer le bon fonctionnement de ces solutions dans le temps, ce guide rappelle aux maîtres d'ouvrage et aux exploitants la nécessité de mener une politique de suivi et d'entretien de ces ouvrages, s'articulant autour de la limitation du colmatage, la gestion des polluants, la gestion hivernale et les réparations. Ce guide, rédigé par un groupe de travail représentant toute la filière béton, est édité dans la collection technique CIMbéton. Il est disponible sur simple demande.