

ROUTES

CIMENTS ≡ LIANTS HYDRAULIQUES ROUTIERS ≡ BÉTONS

Travaux et équipements routiers • Terrassements • Aménagements urbains • Aéroports



// RÉFÉRENCE

Saint-Arnoult-en-Yvelines :
du béton de ciment mince
collé (BCMC) contre
l'orniérage des aires de
stationnement PL de l'A10

// REPORTAGE

Belgique : autoroute
en BAC bicouche pour
le contournement de
Couvin

// CHANTIER

Mas Saint-Jean : un retraitement
au LHR pour une meilleure
desserte logistique



// RÉFÉRENCE
SAINT-ARNOULT-EN-YVELINES (78)
.....
Du béton de ciment mince collé (BCMC) contre l'orniérage des aires de stationnement PL de l'A10



// REPORTAGE
BELGIQUE
.....
Autoroute en BAC bicouche : durabilité et entretien réduit pour le contournement de Couvin



// CHANTIER
REUGNY (03)
.....
RD70 : des poutres Macos pour un élargissement sous circulation, rapide et « vert »



// CHANTIER
LANSARGUES (34)
.....
Mas Saint-Jean : un retraitement au LHR pour une meilleure desserte logistique



// RÉFÉRENCE
BERCK-SUR-MER (62)
.....
Le béton fait onduler l'Entonnoir



// LE SAVIEZ-VOUS ?
.....
Remue-ménages Agenda
Sur la toile
Vient de paraître



PHOTO DE COUVERTURE // Vue aérienne du chemin de Mudaison à Saint-Nazaire-de-Pézan à Lansargues (Hérault) avant l'entrée en action de l'atelier de traitement d'Eurovia. Fin 2018, deux kilomètres de chemins communaux ont été retraités au liant hydraulique routier Vicat.

CRÉDITS PHOTOS // Une : CIMbéton - p. 3 : CIMbéton/Charles Desjardins - p. 4 : GTM - p. 5 : GTM et CIMbéton/Joseph Abdo - p. 6 à p. 9 : CIMbéton/Charles Desjardins - p. 10 à p. 11 : Département de l'Allier - p. 13 à p. 15 : CIMbéton - p. 16 : Mairie de Berck-sur-Mer - p. 17 et p. 18 : Ingeo/EQIOM - p. 19 : Mairie de Berck-sur-Mer/EQIOM.

LE BÉTON DE CIMENT MINCE COLLÉ (BCMC), UNE SOLUTION EFFICACE ET DURABLE CONTRE L'ORNIÉRAGE !

Chaque famille de structures de chaussées se caractérise par un mode de fonctionnement mécanique spécifique, lui conférant à plus ou moins long terme des pathologies particulières. L'orniérage est une dégradation des couches bitumineuses que l'on observe plus particulièrement sur les voies lentes d'autoroutes, les aires de péage et les aires de repos pour poids lourds, les voies et couloirs de bus en ville, les approches de carrefours, les carrefours giratoires et les parkings.

Les maîtres d'ouvrage sont ainsi contraints d'entretenir périodiquement ces chaussées dégradées. La communauté technique française des chaussées en béton leur a apporté, depuis 1997, une solution efficace contre l'orniérage de surface : le béton de ciment mince collé (BCMC). Ce concept consiste à remplacer le matériau bitumineux orniéré par une couche mince en béton. Mais la réussite d'une telle technique tient essentiellement à la qualité du collage qui se produit naturellement entre le béton et le matériau bitumineux sous-jacent et à la qualité de la couche bitumineuse résiduelle (propreté, homogénéité et épaisseur minimale de 8 cm).

Après la première expérimentation française réalisée en 1997 sur l'aire de repos des Châtaigniers sur l'A6, la technique du béton de ciment mince collé (BCMC) s'est imposée auprès des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre. Depuis lors, plus d'une centaine de chantiers ont été réalisés avec succès et, en particulier, sur des aires de repos pour poids lourds. L'expérience acquise et le retour d'expérience nous permettent de statuer sur un excellent comportement à long terme des aménagements BCMC réalisés et notamment sur les aires de stationnement poids lourds. En effet, nous n'avons observé aucun désordre remettant en cause la pertinence de la solution et l'on peut donc logiquement affirmer que la durabilité de la solution est équivalente à celle de tout ouvrage en béton.

Forte de ses nombreux atouts technico-économiques et de sa remarquable souplesse de mise en œuvre, cette solution intéresse de plus en plus les maîtres d'ouvrage pour des applications spécifiques où les qualités du béton comme matériau antiorniérant sont largement mises à contribution, à l'image de Vinci Autoroutes qui a appliqué récemment ce concept à deux aires de stationnement poids lourds de l'aire de repos de Saint-Arnoult-en-Yvelines sur l'A10. Le lecteur découvrira dans ce numéro un reportage complet sur ce chantier (p. 3-5).

Bonne lecture !
Joseph ABDO



7, place de la Défense
92974 Paris-la-Défense Cedex
Tél. : 01 55 23 01 00
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 2019 - ISSN 1161 - 2053 1994

SAINT-ARNOULT-EN-YVELINES : du béton de ciment mince collé (BCMC) contre l'orniérage des aires de stationnement PL de l'A10

Revêtues d'enrobés bitumineux, les aires de stationnement pour poids lourds, sur les autoroutes, résistent mal aux longues durées d'application de charges. Sur l'A10, à Saint-Arnoult-en-Yvelines, Cofiroute (Vinci Autoroutes) a décidé d'opter pour le béton de ciment mince collé (BCMC), une solution durable et efficace contre l'orniérage.

Rénovées, les aires de Saint-Arnoult-en-Yvelines offrent plus de confort et de sécurité aux nombreux poids lourds qui s'y arrêtent.

.....

PRINCIPAUX INTERVENANTS



Maîtrise d'ouvrage

Cofiroute (Vinci Autoroutes)

Maîtrise d'œuvre

Morses

Entreprise

GTM Travaux spéciaux

Fournisseur du béton

Centrale BPE Béton d'Étampes

Fournisseur du ciment

LafargeHolcim



À proximité de la barrière de péage de Saint-Arnoult-en-Yvelines, la plus grande d'Europe, deux aires de stationnement mixte VL/PL ont été aménagées. Il y en a une dans chaque sens, à cheval sur la « frontière » entre les départements des Yvelines et de l'Essonne.

En temps normal, 80 000 véhicules passent quotidiennement le péage, avec des pointes à plus de 130 000 véhicules en période estivale. Parmi ceux-ci, un grand nombre de poids lourds, qui en profitent pour faire halte.

La plus vaste des deux aires de repos est implantée dans le sens province-Paris. Longue de 500 mètres, voies d'accès comprises, elle compte trois zones de stationnement PL, réparties autour d'un bâtiment abritant des toilettes publiques : la première de douze places, la deuxième de treize places et la troisième de quinze places. Soit 40 emplacements au total, revêtus d'enrobés bitumineux.

ÉTAT DES LIEUX

Les enrobés bitumineux sont des matériaux viscoélastiques, ce qui signifie que leur module d'élasticité chute avec la durée d'application

des charges et l'augmentation de la température ambiante.

Depuis sa création, la fréquentation de cette aire de stationnement ne faiblit pas. Son occupation est particulièrement importante en milieu et en fin de journée. Les poids lourds qui la fréquentent le plus sont ceux qui assurent l'acheminement du fret routier national et international. Leur poids total autorisé en charge (PTAC) varie entre 38 tonnes (pour quatre essieux) et 40 tonnes (cinq essieux et plus), allant même jusqu'à 44 tonnes pour le transport combiné (« rail-route » ou « fleuve-route »).

La durée du stationnement (de quelques heures dans la journée à une nuit les jours ouvrables et jusqu'à vingt-quatre heures les jours d'interdiction de circulation, du samedi à 22 heures au dimanche à 22 heures, notamment) aggrave les sollicitations.

Autres facteurs négatifs : les fortes chaleurs d'été qui ramollissent l'enrobé bitumineux et qui lui font perdre de sa consistance, tandis que les inévitables fuites de gasoil ou d'huile agressent le revêtement.

Conséquence : les aires sont sujettes à des déformations, notamment à un important orniérage et à du « fluage »

PLUS D'UNE CENTAINE DE RÉFÉRENCES EN FRANCE

La technique du béton de ciment mince collé (BCMC) a été élaborée aux États-Unis à partir des années 1990. Outre-Atlantique, plusieurs centaines de chantiers ont été réalisés avec succès.

Employé en France depuis fin 1996, le BCMC comptabilise une centaine de références, dont le comportement donne entière satisfaction. Le premier chantier a été réalisé en décembre 1997, sur l'autoroute A6, sur l'aire de repos des Châtaigniers, dans le sens Paris-province, à Saint-Loup-d'Ordon (Yonne), au sud de Courtenay (Loiret). D'autres ont suivi sur les autoroutes A7, A9 et A71. Pour détailler la mise en œuvre de cette technique et ses avantages, CIMbéton a édité un fascicule technique (CT-160 – « Le béton de ciment mince collé (BCMC), une solution durable contre l'orniérage ») disponible sur simple demande ou via Internet (www.infociments.fr/sites/default/files/article/fichier/CT-T60.pdf).



Les aires de stationnement en enrobé bitumineux sont sujettes à des déformations, notamment à un important orniérage et à du « fluage », ce qui impose un entretien répétitif.

(déformations irréversibles différées). Cette situation impose un entretien répétitif à brève échéance et qui s'avère donc coûteux. « *Tous les ans, Cofiroute consacre un budget important à l'entretien des aires de stationnement et notamment sur les aires de stationnement PL, qui sont les plus sollicitées* », souligne Jean-Yves Blanchard, le chef de service en charge des chaussées chez Cofiroute (Vinci Autoroutes).

DEUX OPTIONS D'ENTRETIEN

En 2018, Cofiroute (Vinci Autoroutes) décide de réaliser un nouvel entretien de deux des trois aires de stationnement PL, les plus endommagées, tandis qu'un parking reste accessible pour assurer un service minimal et la permanence de cette halte, très appréciée des routiers. Surface totale des deux aires concernées : 1 400 m².

Deux solutions sont étudiées :

// Un entretien classique

Il consiste à remplacer le matériau bitumineux orniéré par une nouvelle structure bitumineuse. Inconvénient : les mêmes causes produisant les mêmes effets, l'orniérage réapparaîtra à plus ou moins longue échéance.

// Le recours à la technique du béton de ciment mince collé (BCMC)

Elle consiste à fraiser ou à raboter la structure bitumineuse dégradée sur une épaisseur adéquate et à mettre en œuvre, après nettoyage soigné de la surface, une couche mince de béton de ciment (de 6 à 10 cm pour les chaussées routières construites sur des plates-formes PF3) qui adhère parfaitement à la couche bitumineuse résiduelle sous-

jacente. Cette adhérence donne une structure monolithique à très bonnes caractéristiques, où le béton de ciment et la couche bitumineuse résiduelle travaillent à leur meilleur niveau. Grâce à sa rigidité, le béton – dont le module est élevé et constant, quelles que soient la température ambiante et la durée de stationnement – répartit les charges et soulage la structure bitumineuse sous-jacente, plus souple. Par ailleurs, le béton résiste bien aux agressions (insensibilité aux hydrocarbures) et assure la protection thermique de la structure.

Cette technique peut être mise en œuvre pour des travaux neufs à titre préventif, mais s'avère particulièrement adaptée aux travaux d'entretien à titre curatif, comme c'est le cas ici. « *Cette méthode est utilisée en France depuis le milieu des années 1990, rappelle Joseph Abdo, directeur délégué Routes chez CIMbéton. Le recul est désormais largement suffisant pour considérer qu'elle est parfaitement fiable et qu'elle donne un résultat très satisfaisant (voir encadré).* »

TROIS CONDITIONS IMPÉRATIVES

« *Pour garantir le succès d'un chantier BCMC, il faut impérativement respecter trois conditions* », précise de son côté Nicolas Zeinaty, de la société Morses, qui a assuré la maîtrise d'œuvre :

// **Conserver** une fondation suffisante de matériau bitumineux.

// **Procéder** à un nettoyage soigné du matériau conservé, avant de couler le béton, afin d'assurer un bon collage à l'interface BCMC-matériau bitumineux.

// **Réaliser** un calepinage dense de joints compatibles avec l'épaisseur.

CHOIX DU BCMC

Fort du retour d'expérience sur un parking réalisé en BCMC, en 2003, sur l'aire de la Chatière, située sur l'A10 entre Blois et Château-Renault, le maître d'ouvrage a tout naturellement choisi cette technique. En effet, après seize ans de mise en service, le parking est toujours en bon état, et ce malgré la présence de quelques fissures de surface sur le béton.

Outre tous les intérêts techniques de ce procédé, notamment sa forte résistance à l'orniérage et ses qualités de durabilité (vingt ans), il permet aussi au maître d'ouvrage de limiter les interventions d'entretien et donc de fermeture du parking.

CHOIX DE L'ENTREPRISE

GTM Travaux spéciaux est choisie pour la réalisation du BCMC.

FAISABILITÉ

« *Les prélèvements effectués (carottage) ont confirmé la faisabilité de la technique du BCMC pour les aires de stationnement PL de Saint-Arnoult-en-Yvelines* », commente Serge Basnier (GTM Travaux spéciaux).

La structure est constituée d'une couche de forme en grave traitée au ciment (de 25 à 30 cm d'épaisseur), qui donne une portance de PF3 ; celle-ci est surmontée de 10 cm de grave-bitume ; le revêtement est constitué de 7 cm d'enrobés bitumineux.

« *Prévue dès l'origine pour accueillir des poids lourds, la structure a été bien dimensionnée*, confirme Aurélien Fresneau, le conducteur de travaux de GTM Travaux spéciaux. *Elle nous a encouragés à recourir à la technique du BCMC. Après un rabotage envisagé sur une épaisseur de 10 cm,*



L'ancien enrobé orniéré a été raboté sur une épaisseur de 10 cm. Durée d'intervention pour respecter le planning : une journée.



Le béton a été mis en œuvre sur 10 cm d'épaisseur et vibré à l'aide d'aiguilles vibrantes et d'une règle vibrante.



Le calepinage des sciages a été réalisé selon un quadrillage de 1,20 x 1,20 m. Total : 2 100 mètres linéaires.

il resterait en effet 7 cm de grave-bitume homogène et de bonne qualité. Une épaisseur limite mais acceptable, compte tenu de la portance PF3 de la couche de forme, constituée de 25 à 30 cm de grave traitée au ciment. »

UN PHASAGE PRÉCIS

Pour réduire au maximum l'indisponibilité des aires en travaux, le chantier doit être impérativement réalisé en deux semaines, avec seulement quatre jours de coulage. Il a commencé début novembre.

« Les délais étaient courts, souligne Aurélien Fresneau. Il a fallu respecter un phasage précis et exigeant. » À savoir : une journée d'installation de chantier ; une journée de rabotage ; deux jours de coffrage ; quatre jours de coulage (plus quatre nuits de sciage) ; une journée de décoffrage et une journée pour le repli de chantier.

MISE EN ŒUVRE

// Rabotage

« Nous avons procédé à un rabotage de l'ancien enrobé orniéré sur une épaisseur de 10 cm », détaille Aurélien Fresneau. L'engin utilisé est une fraiseuse à froid de type Wirtgen 2000, dont la largeur maximale de fraisage est de 2 m. Un sciage périphérique est réalisé avec une tronçonneuse à béton.

// Essais de plaque

« Après le rabotage, nous avons effectué des essais de plaques. Au total, nous en avons réalisé quatre au niveau des zones fragilisées, précise le conducteur de travaux. Nous avons fait quatre essais de plaques à quatre endroits distincts qui nous semblaient être plus fragiles (épaisseur de la couche de forme plus faible révélée par des carottages

effectués sur l'aire de repos en 2015 dans le cadre du diagnostic Amiante/Hap). »

// Nettoyage

« Nous avons ensuite utilisé une balayeuse à très haute pression (160 bars avec un débit d'eau de 160 l/min) pour décaper et nettoyer la surface de la grave-bitume sous-jacente », poursuit Aurélien Fresneau.

// Coffrage

« Nous avons procédé au coffrage selon un calepinage très précis et sur 150 mètres linéaires », indique encore Aurélien Fresneau.

// Coulage

Le béton était un C35/45 – CEM I – XF2 – Dmax = 10 mm, provenant de la centrale BPE Béton d'Étampes, réalisé à base d'un ciment LafargeHolcim.

« Le béton a été mis en œuvre sur 10 cm d'épaisseur, poursuit le responsable de l'exécution des travaux de GTM Travaux spéciaux. Nous l'avons vibré à l'aide d'aiguilles vibrantes et d'une règle vibrante. Il nous a fallu prendre en compte la plasticité du béton. À savoir : utiliser un béton à consistance adaptée (ni trop fluide ni trop ferme) pour tenir compte des conditions de mise en œuvre et pour réaliser les pentes d'écoulement des eaux. »

// Traitement de surface

La surface a été talochée après le passage de la règle vibrante.

// Cure

« Pour la cure nous avons utilisé un produit de chez Sika, de type Antisol 0, note l'ingénieur Travaux. Il avait plu et il faisait relativement froid. Nous avons recouvert le béton frais d'un film de polyane. »

// Sciage

« Huit heures après le coulage, nous avons réalisé les traits de scie, se rappelle Aurélien Fresneau. Les opérations se sont déroulées toute la nuit. Un total de 2 100 mètres linéaires de sciage a été effectué. Puis, selon les prescriptions de CIMbéton, nous avons réalisé un quadrillage de 1,20 m x 1,20 m. Largeur de sciage : 2 mm. Profondeur : 3 cm. »

// Résistance mécanique

« Nous devons absolument obtenir une résistance mécanique en compression de 25 MPa à 48 heures. Elle avait été demandée par le maître d'ouvrage pour des impératifs de remise en service des aires de stationnement PL. Cela a bien été le cas. Nous étions même au-delà ! » se félicite Aurélien Fresneau.

BILAN

Rouverts au stationnement des poids lourds depuis la mi-novembre, les parkings PL de la barrière de Saint-Arnoult-en-Yvelines sont toujours aussi fréquentés. Mais, désormais, les camions n'y sont plus gênés par les ornières pour manœuvrer et peuvent stationner autant qu'ils le souhaitent, sans dommage pour le revêtement. Plus de confort, plus de sécurité et plus de durabilité... Un choix gagnant !

« Cette technique est très bien adaptée aux zones de stationnement fortement sollicitées, et le retour sur investissement est largement positif sur la durée de vie du BCMC (bien supérieure aux techniques bitumineuses) pour le type d'équipements que représentent les parkings PL », conclut Jean-Yves Blanchard de Cofiroute (Vinci Autoroutes). ■

Autoroute en BAC bicouche : durabilité et entretien réduit pour le contournement de Couvin

L'attachement de la Belgique au béton pour réaliser ses infrastructures routières ne se dément pas... Fier, à juste titre, d'avoir été pionnier dans ce domaine, le « plat pays » continue de démontrer son savoir-faire avec près de 50 % de son réseau autoroutier en béton. Dernier exemple en date : le contournement de la commune de Couvin, réalisé avec ce que l'on surnomme, en Wallonie, la « Rolls des revêtements » : le BAC bicouche.



Chantier compact : l'atelier de bétonnage du BAC bicouche comprend deux machines à coffrages glissants avançant à la même vitesse, à environ 20 mètres l'une de l'autre.



En septembre 2017, *Routes* avait rendu compte de la rénovation de l'autoroute E42/A8 entre Kain et Lamain (cf. *Routes* n° 141, p. 12-15 : « E42/A8 Kain-Lamain : BAC avec mention très bien »), réalisée en béton armé continu (BAC). Un an après, *Routes* était de retour outre-Quiévrain pour visiter le chantier d'une autre réalisation spectaculaire : le contournement de la commune de Couvin, réalisé également en BAC, mais cette fois en bicouche, frais sur frais.

Au sud de la Belgique, la commune de Couvin se situe à l'extrême sud-ouest de la province de Namur. Le territoire de la commune jouxte la frontière française. Il s'agit de la plus vaste commune de Belgique après Tournai. Particularité : Couvin a été le berceau de la fabrication des raquettes de tennis de la marque Donnay, mondialement connue.

DES ENGORGEMENT DE LA CIRCULATION

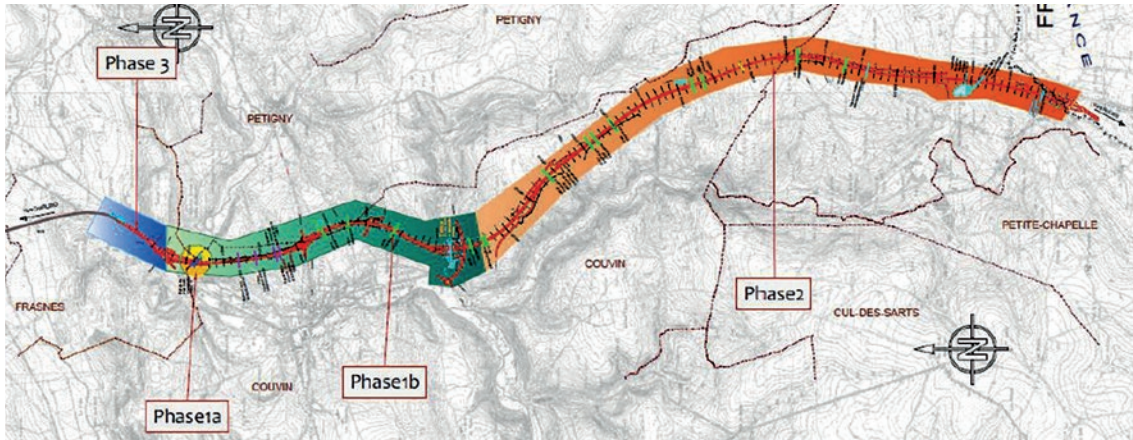
Le projet de contourner la commune remonte à deux décennies. Il concerne 14,1 km d'autoroute reliant la N5, à hauteur de Frasnes-lez-Couvin, à la frontière française à Brûly-Gué-d'Hossus (A304).

« Le chantier a été décomposé en trois phases, explique Delphine Cauchie, ingénieure en charge du projet au sein de la direction des routes de la province de Namur du SPW (Service public de Wallonie), sous l'autorité de son directeur, Didier Masset. La phase 1 (le contournement de Couvin de 5,1 km) est historiquement la première à avoir été réalisée. Inaugurée en octobre 2017, elle avait pour but de désengorger la ville au plus vite. Elle se prolonge avec une phase 2 : la jonction avec la frontière française, longue de 8,7 km. Commencé à la mi-2015, ce chantier se

terminera en 2019. Enfin, la phase 3 (300 m), la construction d'une trémie sous voie ferrée, plus au nord, a été commencée en octobre 2016. Ce sera la phase la plus courte. Elle sera terminée d'ici la mi-2020. »

APPEL D'OFFRES

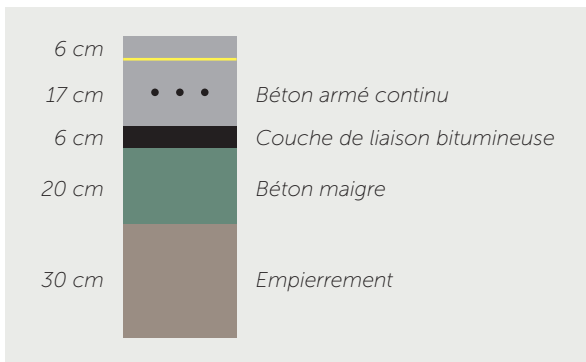
Outre-Quiévrain, réaliser des chaussées rigides relève d'une quasi-tradition. « La Belgique a été pionnière dans le domaine du béton armé continu (BAC) avec, par exemple en 1950, la construction de la RN7 à Leuze-en-Hainaut », rappelle avec fierté Nathalie Balfroid, ingénieure-conseil en infrastructures à la Febelcem. Mais ce choix s'appuie également sur un savoir-faire parfaitement maîtrisé et sur deux facteurs décisifs : la durabilité et l'absence de travaux d'entretien lourds au cours des premières décennies d'exploitation. C'est le cas pour le contournement de Couvin.



Les trois phases du projet de contournement de Couvin.

LE CONTOURNEMENT DE COUVIN EN CHIFFRES

- Clôtures : 28 km
- Remblais et déblais : 22
- Ouvrages d'art : 36 dont :
 - // ponts supérieurs : 9
 - // bassins d'orage : 6
 - // passages à petite faune : 14
 - // passages à gibier : 2
 - // tunnels : 2
 - // pertuis : 3



La structure du BAC bicouche mis en œuvre à Couvin.

« L'appel d'offres portait sur la réalisation d'une structure rigide pour un trafic de 17 000 véhicules/jour (dont 20 % de PL) et sur sa maintenance, avec la possibilité pour les entreprises d'introduire des variantes, détaille le directeur des routes de la province de Namur, Didier Masset. L'analyse du coût global (construction et entretien) sur une période de service de cinquante ans a conforté l'intérêt du choix d'une chaussée bicouche en béton armé continu. » L'entreprise TRBA a été chargée du chantier.

LA STRUCTURE RETENUE

Optimisée pour une durée de vie de cinquante ans, la structure retenue est composée de plusieurs couches : un BAC d'épaisseur de 23 cm (en deux couches) et une fondation en béton maigre de 20 cm. À l'interface, entre les deux, une couche d'enrobé. Le béton maigre sert de support, tandis que la couche d'enrobé bitumineux (épaisseur : 6 cm) a plusieurs fonctions :

- // Elle empêche l'érosion de la couche de fondation.
- // Elle augmente l'adhérence entre le béton et la couche de fondation, ce qui assure une meilleure répartition des contraintes et limite notamment les infiltrations.
- // Elle permet de créer une « bonne surface de travail », plane, qui facilite le positionnement des armatures et la mise en œuvre ultérieure du béton.

Cette couche intermédiaire en enrobé bitumineux est « prescrite d'office », indique Nathalie Balfroid, l'ingénieure-conseil en infrastructures à la Febelcem.

LE BÉTON ARMÉ CONTINU (BAC)

Partie supérieure de ce « mille-feuille routier », le BAC offre des qualités particulièrement intéressantes en tant que revêtement circulé. « Le principe du béton armé continu, rappelle Nathalie Balfroid, c'est que les armatures contrôlent le retrait du béton à jeune âge et font en sorte que l'ouverture des fissures soit minimale avec une répartition la plus homogène possible. » Caractéristiques du résultat obtenu :

- // Absence de joints transversaux de retrait (éventuellement, des joints de construction en fin de journée) ;
- // Des joints longitudinaux (sciés ou de construction) ;
- // Un retrait contrôlé par l'armature longitudinale. En Belgique, la quantité d'acier longitudinal utilisée en voirie classique, par rapport à la section de béton, est de l'ordre de 0,75 %, ce qui induit un réseau de fines fissures dont la distance est comprise entre 0,6 et 2,4 m, tandis que leur ouverture est limitée à 0,5 mm. « C'est ce que nous considérons comme étant optimal, indique Nathalie Balfroid. L'avantage évident de cette technique est de s'affranchir des joints et de leurs problèmes (entretien des joints, notamment). L'armature n'est pas une armature structurelle. Elle a pour rôle premier de contrôler la fissuration. Les armatures transversales étant disposées selon un angle de 60 degrés par rapport à l'axe, le revêtement se fissure perpendiculairement au sens de circulation, ce qui permet d'éviter la superposition des fissures avec les armatures transversales et, par là, la corrosion précoce des armatures. »

CARACTÉRISTIQUES DES ARMATURES

ÉPAISSEUR DU REVÊTEMENT (mm)	200	230	250
DIAMÈTRE NOMINAL DES ARMATURES LONGITUDINALES (mm)	16	20	20
DIAMÈTRE NOMINAL DES ARMATURES TRANSVERSALES (mm)	12 ou 14	12 ou 14	12 ou 14
ÉCARTEMENT (e) DES AXES DES ARMATURES LONGITUDINALES (mm)	130	180	170
DISTANCE ENTRE LE NU SUPÉRIEUR DES BARRES LONGITUDINALES ET LA SURFACE DU REVÊTEMENT FINI (mm)	70 à 90	80 à 100	80 à 100



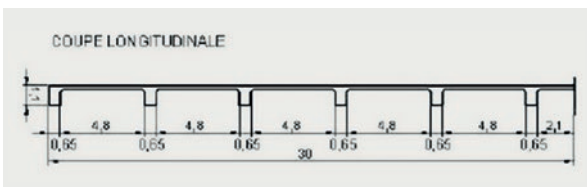
À gauche, les armatures. Pour un BAC d'épaisseur de 23 cm, la hauteur du support est de 12 cm. Inclinaison de 60° par rapport à l'axe de la voie, les armatures transversales jouent le rôle de distancier. Longues de 18 m, les armatures longitudinales sont positionnées parallèlement à l'axe de la voie et tous les 18 cm.



Assurant en une seule opération le coffrage et la vibration, la première machine à coffrages glissants (Wirtgen SP 1500) bétonne sur 17 cm d'épaisseur et sur 10 m de largeur. Au premier plan, le fil de guidage.



La seconde machine à coffrages glissants suit la première à une distance de 20 m. Elle met en œuvre la couche supérieure du BAC, frais sur frais, sur une épaisseur de 6 cm.



Culée d'ancrage composée de six voiles.

LE BAC BICOUCHE

Avec une épaisseur de 6 cm pour la couche supérieure (béton lavé, 0/6,3 mm) et de 17 cm pour la couche inférieure (béton, 0/32 mm), le BAC bicouche a l'avantage de concentrer les matériaux nobles dans une couche mince, ce qui constitue une source d'économies. L'homogénéité et la répartition des petits granulats en surface sont moins dépendantes du type de machine utilisé, et les performances acoustiques sont optimisées. Des mesures effectuées sur l'autoroute A8 (Froyennes-Lamain) qui a été réalisée en monocouche montrent que le BAC (avec en moyenne 98 dBA) rivalise avec les autres revêtements, y compris le Stone Mastic Asphalt (SMA ou enrobé à matrice de pierre), réputé peu bruyant.

MISE EN ŒUVRE

// Terrassement

La préparation du chantier a nécessité le mouvement de plus de cinq millions de mètres cubes de terrassements pour assurer remblais et déblais dans un certain équilibre, compte tenu de la topographie des lieux traversés.

// Coulage du béton maigre

Première opération : sur une plate-forme support réglée, l'entreprise TRBA a mis en place une couche de béton maigre sur une épaisseur de 20 cm. Peu chargé en ciment et en fines, ce béton comportait une teneur minimale de 100 kg de ciment par mètre cube, avec une teneur en eau ne dépassant pas 8 % de la masse sèche du mélange. Cette composition permet d'atteindre une résistance à la compression à 28 jours (sur cubes de 15 cm de côté) d'au minimum 15 N/mm².

// Protection par un enrobé

Deuxième opération : la mise en place d'une couche d'enrobé (ou liaison bitumineuse) de 6 cm. Le but : protéger le béton maigre de l'érosion. Cette opération est réalisée par une finisseuse d'enrobés et des compacteurs puissants de 20 tonnes au minimum.

// Positionnement des armatures

Troisième opération : le positionnement des armatures. Le cahier des charges type (CCT) Qualiroutes belge détaille précisément les caractéristiques de ces armatures (diamètre, écartement des axes des armatures longitudinales, distance entre le nu supérieur des barres longitudinales et la surface du revêtement fini). Pour un BAC d'une épaisseur de 23 cm, la hauteur du support est de 12 cm. Disposées à 60 degrés de l'axe de la voie, les armatures transversales (12 ou 14 mm de diamètre) jouent le rôle de distancier. Longues de 18 m, les armatures longitudinales (20 mm de diamètre), positionnées dans l'axe de la voie tous les 18 cm, sont décalées les unes par rapport aux autres et se chevauchent aux extrémités pour ne pas créer de point de faiblesse. L'ensemble des armatures est ligaturé. Aux extrémités du revêtement, celui-ci est arrimé à des culées d'ancrage composées de six voiles verticaux de plus d'un mètre de profondeur et destinées à empêcher les mouvements de dilatation et de retrait des extrémités du revêtement. « L'atelier d'armature est une étape essentielle, mais qui va plus vite que le bétonnage lui-même », précise Filip Covemaeker, le directeur technique de TRBA.

LES CULÉES D'ANCRAGE

« Installées à chaque extrémité du revêtement, des culées d'ancrage mobilisent le sol et ont pour fonction de maîtriser les mouvements du béton sur toute sa longueur ainsi que de combattre les dilatations et les retraites dus aux températures journalières et saisonnières », explique Nathalie Balfroid.

MISE EN ŒUVRE DU BAC BICOUCHE

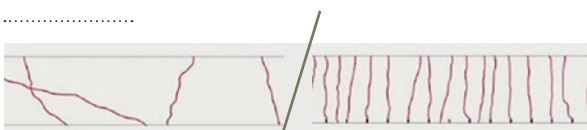
Cette mise en œuvre nécessite deux compositions et deux mélanges en centrale, avec des difficultés supplémentaires pour la réalisation des joints de fin de journée et une exécution « frais sur frais », qui nécessite une organisation précise et un phasage rigoureux.



Après la pulvérisation d'un retardateur de surface, le revêtement est recouvert d'un film en polyéthylène.



Le BAC recouvert d'un produit de cure.
// En médaillon : les amorces de fissuration réalisées dans les vingt-quatre heures après bétonnage.



Fissuration aléatoire. BAC avec amorces de fissuration.

Pour achever ce chantier de grandes dimensions (surface totale : 200 000 m²) en trente et un jours ouvrables, délai octroyé au bétonnage, la société TRBA, sous-traitante pour cette phase 2, a installé sur place une centrale à béton mobile, dont la production journalière atteint 1 200 m³ de béton pour une consommation quotidienne de 500 tonnes de ciment.

Sur le chantier, le béton de la sous-couche est livré par benne. D'abord sommairement répandu à la pelle mécanique, il est travaillé par une première machine à coffrages glissants. Assurant, en une seule opération, le coffrage et la vibration, une Wirtgen SP 1500 bétonne sur 17 cm d'épaisseur et sur une largeur de 10 m. Sa structure modulaire s'adapte à la largeur de pose en fonction du chantier, avec la possibilité d'exécuter des profils en toit. À l'arrière, le béton est lissé mécaniquement.

En seconde position, une deuxième machine, une Wirtgen SP 850, bétonne la couche supérieure sur 6 cm. Elle travaille sur une largeur de 10,05 m, avec le même approvisionnement par benne et à la pelle mécanique. Le béton est également taloché mécaniquement.

Les deux machines sont guidées par fil, technique préférée au GPS par l'entreprise TRBA, compte tenu des exigences de précision pour le coulage frais sur frais (tolérance de 3 mm à la règle de 3 m). Elles avancent au même rythme, en maintenant un intervalle strict de 20 m.

Au total, ce sont environ 300 000 m² de BAC bicouche qui ont été mis en œuvre sur 2 x 2 voies (+BAU) et sur une longueur de 14 km.

■ DÉNUDAGE CHIMIQUE

Au sortir de la seconde machine à coffrages glissants, le béton de revêtement reçoit un produit de désactivation, avant d'être recouvert d'un film de polyane grâce à une troisième machine. Quelque douze heures plus tard, le polyane est retiré, et un atelier de brossage vient parfaire le nouveau revêtement en dénudant les granulats de surface afin de donner à la nouvelle autoroute sa rugosité et son adhérence définitives. Immédiatement après le brossage et l'enlèvement de la laitance, le béton reçoit encore un produit de cure pour éviter toute dessiccation du béton durant les premiers jours de la prise.

■ LES AMORCES DE FISSURATION

Ultime étape importante : les amorces de fissuration sont réalisées à la scie diamantée dans les vingt-quatre heures qui suivent le coulage, au bord du revêtement, tous les 1,20 m, sur une longueur de 40 cm et sur une profondeur de 4 cm. La maîtrise de cette technique signe l'expérience et le savoir-faire belges en la matière. Elle doit beaucoup aux recherches menées par Luc Rens, ingénieur-conseil en infrastructures de la Febelcem. L'objectif est d'obtenir des fissures plus rapides, plus droites et plus régulières, en réduisant considérablement leurs regroupements. Ne reste plus qu'à laisser s'écouler le délai de prise de vingt-huit jours.

« La réussite du chantier est conditionnée par les études en amont des travaux. Avant de démarrer un tel projet, il faut impérativement caler les formulations des bétons, déterminer les centrales de production, définir les modalités d'approvisionnement du chantier et estimer les moyens humains, résume Filip Covemaeker, le directeur technique de TRBA. La mobilisation de matériel de production permet d'assurer les rendements optimaux pour une meilleure rentabilité finale. À 130 m³/h, nous avons été conformes à notre objectif. »

Le directeur technique de TRBA ne cache pas son enthousiasme pour les autoroutes en BAC et pour cette nouvelle réalisation. « En Belgique, une autoroute en béton est aussi confortable qu'une autoroute en asphalte, se félicite Filip Covemaeker. Avantages : un confort de roulement excellent, peu de bruit, une planéité parfaite et une rugosité qui n'évolue pas au fil du temps. » ■

FORMULATION DU BAC

Couche supérieure

// Ciment : 425 kg/m³
CEM III/A 42,5 N LA
// Air : 5 % - 8 %
// Wai, max : 6,8 %
// Wam, max : 6,3 %
// E/C : max 0,42
// Dmax : 6,3 mm (porphyre)
avec 2 types de sables
(0/2 et 0/4)
// Frais sur frais
// Ri, min 7 jours : 27,2 MPa
// Ri, min 28 jours : 40 MPa
// Dénudé

Couche inférieure

// Ciment : min 375 kg/m³
CEM III/A 42,5 N LA
// Air : 3 % - 6 %
// E/C : max 0,45
// Dmax : 31,5 mm
(calcaire) avec 2 types
de sables (0/2 et 0/4)
// Ri, min 7 jours : 26,9 MPa
// Ri, min 28 jours : 39,6 MPa

RD70 : DES POUTRES MACES POUR UN ÉLARGISSEMENT SOUS CIRCULATION, RAPIDE ET « VERT »

Pour rénover et élargir 2 700 mètres de la RD70, étroite et détériorée par un important trafic de poids lourds généré par un centre d'enfouissement de déchets, le département de l'Allier a choisi d'utiliser la technique des poutres Macés. Une parfaite réussite, menée selon un planning exigeant et qui préserve l'environnement en réduisant significativement terrassements et transports de matériaux.



Résultat de la mise en œuvre de la technique des poutres Macés : 2 700 m de la RD70 élargis à 6 m. Une solution innovante et utilisée pour la première fois dans l'Allier, avec de multiples avantages : moins de matériaux déplacés, un chantier sous circulation plus aisé et une remise en circulation rapide.

// EN MÉDAILLON : le Macés utilisé à Reugny a été formulé avec des granulats ($D_{max} = 20$), du liant (140 kg/m^3) et de l'eau (dosage en eau efficace = 180 l/m^3).

.....

PRINCIPAUX INTERVENANTS



Maîtrise d'ouvrage

Département de l'Allier

Maîtrise d'œuvre

Département de l'Allier

Entreprise

Miro TP (Colas) Montluçon

Poutres Macés

Centrale BPE CMCA Saint-Victor

Ciment

Calcia

Spécialisée dans la collecte des déchets non dangereux, la société Collectes valorisation énergie déchets (Coved) possède plusieurs établissements dans l'Allier. Il s'agit notamment du site d'enfouissement technique de Villeneuve à Haut-Bocage, à une quinzaine de kilomètres au nord de Montluçon, ainsi que de deux autres implantations non loin sur le territoire de la commune de Maillet. Le site de Villeneuve, à Haut-Bocage, permet de valoriser les déchets. Ceux-ci produisent du biogaz, qui sert à générer de l'électricité, laquelle est réinjectée dans le réseau ERDF.

UN IMPORTANT TRAFIC DE POIDS LOURDS

Pour desservir ces installations, des camions empruntent notamment la RD70 au départ du village de Reugny (moins de 300 habitants), situé à environ 5 km du site d'enfouissement technique de Villeneuve.

« Le site de la Coved génère un trafic journalier d'environ 40 à 50 poids lourds, explique Frédéric Barre, chargé d'études au service Études et Grands Projets de la direction de la mobilité. De plus, la chaussée était sinueuse avec un profil en long présentant une pente

assez importante, de l'ordre de 5 ou 6 %. La chaussée n'étant pas suffisamment large, les camions ne pouvaient pas se croiser en sécurité. D'ailleurs, un sens unique de circulation avait été mis en place, allongeant les temps de parcours. En plus de la nécessité de procéder à une rénovation, il fallait aussi améliorer la sécurité. »

ÉTUDES ET GENÈSE DU PROJET

En 2011-2012, le Département lance les travaux préparatoires à la rénovation. « Nous avons réalisé différentes études, notamment liées à l'acoustique et au respect de la loi sur l'eau, poursuit Frédéric Barre. Par ailleurs, il y avait des acquisitions foncières à réaliser. Et, bien sûr, il a fallu dégager le financement nécessaire. »

« LE DOSAGE S'EST RÉVÉLÉ SATISFAISANT ET NOUS AVONS OBTENU UN EXCELLENT RENDU. »

La décision est prise d'élargir la RD70 à 6 m, avec des accotements de 1,40 m, avec dégagement de visibilité dans les courbes,

le tout sur une longueur de 2,7 km. Le chantier doit se faire sous circulation et profiter de la suspension des transports scolaires pendant la période estivale pour être achevé au plus vite.

SOLUTION DE BASE

« Nous envisagions de mettre en œuvre une technique classique, précise encore Frédéric Barre. Nous avons proposé une solution de base en grave-ciment pour les poutres inférieures à 1,40 m et en GNT pour les poutres supérieures à 1,40 m. »

Inconvénients : pour les matériaux proposés (grave-ciment et GNT), un compactage optimal de qualité n'est atteint qu'avec une « largeur minimale de 50 à 60 cm », alors que le besoin réel pour certaines zones n'était que de 30 cm. D'où des terrassements plus importants que nécessaire, avec une grande quantité de matériaux déplacés.

APPEL D'OFFRES

Au moment de l'appel d'offres, au début de l'année 2018, Colas et son agence basée à Montluçon proposent une variante avec recours à des matériaux Macés (voir encadré). Une solution innovante, dont la mise en œuvre est envisagée pour la première fois dans l'Allier.

« Avec le Macés, on peut réaliser des poutres de 30 cm de large grâce à son caractère autocompactant, explique Frédéric Barre. D'où des terrassements moins importants, moins de matériaux déplacés et moins de camions pour un chantier sous circulation plus aisé à gérer. Au-delà des enjeux environnementaux, cela fait aussi moins de nuisances pour les riverains – essentiellement des exploitants agricoles – et pour les usagers, avec une remise en circulation plus rapide pour les VL. Nous connaissions la technique, sans l'avoir encore vue en pratique. Nous avons choisi l'innovation. »

DEUX PLANCHES D'ESSAIS

Alors que le dégagement des emprises est entrepris, deux essais de poutres sont réalisés en juillet-août 2018. Le matériau Macés provient de la centrale CMCA de Saint-Victor (Allier), située à une douzaine de kilomètres au sud de Reugny. Il est réalisé à base de ciment et de laitier de haut-fourneau moulu.

« La première planche d'essai a permis de confirmer qu'il fallait que les accotements soient au niveau de la chaussée existante. Elle nous a également convaincus qu'il fallait couper le revêtement à 10 cm du bord de la chaussée pour obtenir une coupe franche. Ce sciage a aussi l'intérêt d'éliminer le bord de chaussée, qui est souvent dégradé (structure affaiblie) sur les routes étroites comme la RD70. Réalisée dans la section pentue à 6 %, la deuxième planche nous a permis de mieux maîtriser la fluidité du produit. Par la suite, le dosage s'est révélé satisfaisant, et nous avons obtenu un excellent rendu », détaille le chargé d'études.



Une base drainante de 20 cm a été constituée en fond de fouille. Elle a été réalisée en matériaux drainants de granulométrie 20/40 et placés dans un géotextile anticontaminant (chaussette). Elle a facilité l'essorage du Macés.



DE GAUCHE À DROITE

// Les premières poutres Macés (40 cm d'épaisseur) ont été réalisées à compter de début septembre 2018. La mise en œuvre s'est effectuée par simple versement dans la fouille depuis les toupies, suivi d'un traitement manuel léger et d'une finition au râteau.

// La chaussée ayant été sciée à 10 cm du bord, le Macés est mis en place sur des largeurs variant de 30 cm à 2 m.



TERRASSEMENTS

La sensibilité à l'eau des sols supports a imposé la réalisation d'un assainissement efficace afin de garantir la pérennité des arases. Le département de l'Allier a opté pour une substitution par une base drainante sur 20 cm, réalisée en matériaux drainants de granulométrie 20/40 et placés dans un géotextile anticontaminant (chaussette). De plus, cette base drainante, se situant en fond de fouille, a facilité l'essorage du Macés.

MISE EN ŒUVRE DU MATÉRIAU MACÉS

Les premières poutres Macés (40 cm d'épaisseur, largeur variant de 30 cm à 2 m) sont réalisées à compter du début du mois de septembre 2018 (du 7 septembre à fin octobre). La mise en œuvre s'effectue par simple versement depuis les toupies dans la fouille, suivi d'un traitement manuel léger qui dépend de l'état de surface souhaité. La finition a été réalisée au râteau, permettant ainsi une remise en circulation en sécurité et n'influençant pas la qualité de la couche de roulement future (BBSG sur 6 cm précédé d'un reprofilage en grave-bitume). L'agitation de gauche à droite de la goulotte de la toupie facilite la mise en place du matériau, notamment lorsque la teneur en eau a été réduite pour pouvoir tenir des pentes élevées.

Leur caractère autocompactant a permis de les mettre en œuvre dans des tranchées de faible largeur et à une cadence importante.

Avantage non négligeable : en tant que de besoin, la circulation des rares piétons aurait pu être rouverte une ou deux heures après le coulage ; celle des véhicules légers, six heures après environ ; et celle des poids lourds après vingt-quatre heures. Ainsi, les travaux ont pu être réalisés sous circulation, sans aucun arrêt lié au temps de prise des matériaux.

AVANCEMENT ET MÉTÉO FAVORABLE

La réalisation des poutres s'est achevée, à l'automne 2018, par le carrefour de Reugny. Frédéric Barre note : « Nous avons pu bénéficier d'une météo favorable tout l'été. Le temps clément s'est poursuivi jusqu'en décembre pour la mise en œuvre des enrobés. »

ACHÈVEMENT ET RÉCEPTION

« Nous avons attendu le printemps pour faire un pontage par un mastic bitumineux à l'axe sur les enrobés, poursuit le chargé d'études au service Études et Grands Projets de la direction de la mobilité. En effet, du fait de la réalisation sous alternat de la couche de roulement en BBSG, le joint axial a été réalisé "à froid". L'objectif était donc d'assurer l'étanchéité de la chaussée. La circulation a été mise à double sens, une fois la signalisation verticale et horizontale réalisée. »

BILAN

« Le bilan de ce chantier est totalement positif », indique Elisabeth Cuisset, vice-présidente chargée des infrastructures, des routes et des bâtiments du conseil départemental de l'Allier. « Par rapport à ce qu'elle était avant le chantier, la RD70 a été transformée en petite autoroute », plaisante Frédéric Barre.

Satisfait, le département de l'Allier a décidé de proposer les poutres Macés en solution de base pour un autre de ses chantiers. Celui-ci s'est déroulé dans le sud du territoire, près de Charroux, l'un des plus beaux villages de France, avec pour but l'élargissement de 800 m de voie. Un choix justifié notamment par la rapidité de la technique, un planning resserré et l'impératif de rouvrir la route départementale à la circulation... avant les vacances estivales !

LES MATÉRIEAUX AUTOCOMPACTANTS ESSORABLES DE STRUCTURE (MACÉS)

Les Macés (matériaux autocompactants essorables de structure) combinent caractère autoplaçant, acquisition de portance rapide et caractéristiques mécaniques équivalentes à une grave-ciment de type G2 à G3. L'évolution des propriétés du Macés se fait par autocompactage hydraulique, puis par hydratation et par prise du ciment présent dans le matériau.

// **Formulation du produit** (réalisée par la direction technique et développement de Colas RAA).

// **Consistance** : le matériau est autoplaçant. La mesure de la consistance au cône d'Abrams (NF EN 12350-2, 2012) reste possible ; les valeurs obtenues sont couramment comprises entre 15 et 25 cm, mais ne sont pas discriminantes.

// **Coefficient de remplissage ou densité du matériau** : on peut utiliser le concept de coefficient de remplissage. Les matériaux doivent pouvoir tenir des pentes élevées pour s'adapter au profil longitudinal des chaussées. L'appareil de Glanville permet de mesurer un coefficient de remplissage qui sert à caractériser l'ouvrabilité en étude comme en contrôle. Il s'agit de mesurer la densité d'un échantillon mis en œuvre avec le Glanville et de la comparer à la densité maximale théorique.

// **Portance** : lors de l'étude de formulation, la portance à court terme est estimée par mesure de l'indice de portance immédiate (IPI), qui doit atteindre 35 en cinq à sept heures. En ce qui concerne la fabrication d'éprouvettes et compte tenu du caractère autocompactant et essorable du matériau, la confection des éprouvettes doit être faite en suivant un protocole particulier. Pour cela, les cylindres (16 x 32 cm) sont remplis par déversement du matériau depuis l'un des cônes d'un appareil de Glanville (cet appareil est constitué de deux cônes placés l'un au-dessus de l'autre, on n'utilise ici que l'un des deux). Cette méthode permet de mettre en place le matériau avec une énergie contrôlée. Pour simuler le mode d'évacuation de l'eau qui se retrouvera sur le chantier, le fond des éprouvettes peut être percé dans le cas des sols supports perméables. La pertinence de cette méthode a été validée par des carottes prélevées sur le chantier.

// **Performances mécaniques** : on vise une classe G2-G3, selon le Guide de dimensionnement des chaussées.

// **Résistance à la compression à 28 jours**. Rc 28 j réalisé par le laboratoire de la direction de la mobilité : moyenne de 4,3 MPa.

// **Résistance à la traction par fendage à 28 jours**. Rtb 28 j réalisé par le laboratoire de la direction de la mobilité : moyenne de 0,45 MPa.

Mas Saint-Jean : un retraitement au LHR pour une meilleure desserte logistique

Au sud de Lansargues (Hérault), la zone d'activité économique du Mas Saint-Jean n'était accessible que par d'anciens chemins communaux, étroits et en mauvais état. Élargis et reconstruits grâce au retraitement en place à froid au liant hydraulique routier (LHR), ils permettent désormais la circulation des poids lourds en toute sécurité.

Vue aérienne du chemin de Mudaison à Saint-Nazaire-de-Pézan (de bas en haut) avant l'entrée en action de l'atelier de traitement d'Eurovia.



PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

Communauté d'agglomération du Pays de l'Or

Maîtrise d'œuvre

Communauté d'agglomération du Pays de l'Or

Entreprise

Groupe TP Sud-Eurovia

Fournisseur du liant hydraulique routier

Vicat

À une quinzaine de kilomètres à l'est de Montpellier, au cœur de la Petite Camargue, entre l'étang de l'Or (au sud) et les Cévennes (au nord), la commune de Lansargues compte un peu plus de 3 000 habitants. Elle est connue pour avoir abrité, au début du XX^e siècle, la deuxième coopérative viticole de France (la Cave coopérative des vigneron) et l'une des plus importantes du monde à l'époque.

Si son centre-ville concentre les commerces de proximité, le secteur sud accueille « une dizaine d'implantations industrielles dans la zone d'activité économique du Mas Saint-Jean, dont une usine de recyclage », explique Cédric Bonnet, responsable du pôle Moyens techniques à la communauté d'agglomération du Pays de l'Or. À proximité immédiate, une vaste exploitation agricole, la SCEA du Mas Saint-Jean, produit des fruits et des légumes.

Cette concentration d'activités génère d'importants flux logistiques, notamment de la part de l'usine Delta recyclage (groupe Paprec) qui emploie 130 salariés et traite chaque année 160 000 tonnes de déchets en papier et en carton, de déchets industriels banals (DIB) et de matériaux provenant de la collecte sélective. Les voies d'accès sont très sollicitées. Venant de l'est depuis la commune voisine de Saint-Just, le chemin de Mudaison à Saint-Nazaire-de-Pézan est étroit et bordé, à certains endroits, de murs de pierres sèches. Il permet de desservir la SCEA du Mas Saint-Jean et la

zone industrielle, avant de rejoindre la RD24 (route de Lunel) au-delà de la rivière Viredonne, à l'ouest. Perpendiculaire et orienté nord-sud, le chemin de l'Arboras à Saint-Denis permet également de rallier la RD24.

ÉTAT DES LIEUX

« À l'origine, ces deux voies sont des chemins communaux. Ils n'ont pas été prévus pour accueillir un trafic important et se sont détériorés au fil des années à cause de la circulation des poids lourds. Il y a eu du rapiéçage. La fréquence des interventions était d'une ou deux fois par an depuis de nombreuses années. Au bout du compte, une opération plus lourde s'imposait », résume Cédric Bonnet, responsable du pôle Moyens techniques à la communauté d'agglomération du Pays de l'Or (qui tient son nom de l'étang de l'Or, désigné ainsi au Moyen Âge à cause de sa richesse en anguilles et en poissons).

TRANSFERT DE COMPÉTENCES

Ancienne communauté de communes devenue communauté d'agglomération en 2012, le Pays de l'Or bénéficie d'un transfert de compétences qui lui confie le « développement économique » et la charge de la « voirie d'intérêt communautaire ». C'est donc la communauté d'agglomération qui intervient en tant que maître d'ouvrage et maître d'œuvre.

REFECTION COMPLÈTE ET MODIFICATION DU PLAN DE CIRCULATION

« Compte tenu de la situation, nous avons opté pour une réfection complète de la voirie existante sur une largeur de 5,50 m, précise Cédric Bonnet, avec un élargissement de la chaussée de l'Arboras au Mas Saint-Jean de 4 à 5,50 m et une intervention spécifique sur la RD24, côté Mauguio à l'ouest. »

À cette occasion, le plan de circulation de Lansargues et des environs est modifié :

// le chemin de Mudaison à Saint-Nazaire-de-Pézan est mis en sens unique, dans le sens de la RD24, jusqu'aux installations industrielles, notamment l'usine Delta recyclage (groupe Paprec).

// le chemin de l'Arboras à Saint-Denis est mis en double sens au niveau du Mas Saint-Jean.

Longueur totale du tracé : « deux kilomètres », précise Xavier Emeraud, le conducteur de travaux chez Eurovia-Languedoc-Roussillon.

LES DEUX SOLUTIONS POSSIBLES

// Le renforcement épais, qui consiste à recharger, après remise en forme, l'ancienne chaussée avec une couche épaisse de matériau. Outre son caractère onéreux, cette solution a de nombreux inconvénients : prélèvement de ressources naturelles (notamment de granulats), génération de déchets avec mise en décharge, multiplication des transports lourds qui fragilisent le réseau routier...

// La technique du retraitement en place à froid au liant hydraulique routier (LHR) : elle consiste à recycler en place les matériaux (en y incorporant un liant, avec éventuellement un complément en eau) et à mélanger le tout pour obtenir un matériau suffisamment homogène pour qu'il soit doté de propriétés nouvelles. Sans transport de matériaux ni mise en décharge.

LE CHOIX DU RETRAITEMENT EN PLACE À FROID AU LHR

Cette solution a paru « plus adaptée et plus performante qu'une reconstruction classique », commente Cédric Bonnet, responsable du pôle Moyens techniques à la communauté d'agglomération du Pays de l'Or. Il poursuit : « Ces importants travaux s'inscrivent dans une démarche de développement durable et d'économie circulaire, puisque la technique de retraitement en place à froid aux liants hydrauliques routiers consiste à réutiliser les matériaux de la chaussée déjà en place. À partir d'une voie dégradée, on recrée une structure homogène aux performances adaptées au trafic en limitant l'apport de matériaux issus des carrières. »

Pour conforter cette option, la communauté d'agglomération du Pays de l'Or prend les conseils de CIMbéton. Elle utilise notamment le logiciel de calcul spécialement mis au point pour comparer les coûts globaux et les impacts environnementaux d'une rénovation de chaussées anciennes. Celui-ci confirme que le retraitement en place est effectivement plus respectueux de l'environnement (pas de noria de camions sollicitant le réseau routier, pas de coût important pour le transfert des anciens ou des nouveaux matériaux, impact réduit sur le bilan carbone), mais également d'un coût inférieur d'au moins 30 % par rapport à un renforcement épais.



Le liant hydraulique routier après épandage : 190 tonnes de LV-TS 13 de Vicat ont été mises en œuvre à raison de 40 kg/m².

LA FAISABILITÉ

Le choix de la technique étant fait, des sondages préalables et des études de traitement confirment la faisabilité d'un retraitement à froid au LHR. « En tant qu'anciennes voies communales importantes pour la vie économique du village de Lansargues, les chemins dits "de Mudaison à Saint-Nazaire-de-Pézan" et "de l'Arboras à Saint-Denis" ont fait l'objet d'un entretien régulier et notamment d'un rechargement en matériaux de qualité, relève encore Cédric Bonnet. Il aurait été dommage de se débarrasser de cet investissement – au vrai sens du terme – en procédant à une mise en décharge dans le cadre d'un renforcement épais, c'est-à-dire le remplacement de l'ancienne chaussée par une nouvelle couche de matériau. »

LE CHOIX DE L'ENTREPRISE

Le groupement TP Sud-Eurovia est choisi pour mener à bien l'opération.

PLANNING

Les travaux débutent à la mi-octobre 2018. Ils sont prévus pour se terminer fin décembre 2018. Cependant, le chantier est rapidement compliqué par diverses manifestations de « gilets jaunes » qui occupent les ronds-points, perturbent la circulation des engins et les livraisons du liant hydraulique routier, en provenance de l'usine Vicat de Fos-sur-Mer.

COMMUNICATION

Conscient des perturbations à venir pour les riverains et les usagers des zones en travaux, le Pays de l'Or multiplie les réunions d'information. Tous les professionnels et les particuliers impactés par le chantier sont conviés à y participer régulièrement. Un suivi minutieux est effectué, notamment via Internet. « Un vrai plus dans la gestion d'un chantier par ailleurs complexe, évalue Cédric Bonnet. Dans ce type d'opération, une communication soignée et systématique est un véritable gage de succès. »

ASSAINISSEMENT

Avant le retraitement proprement dit, il faut réaliser de nombreux ouvrages d'assainissement pour protéger l'intégrité de la structure



L'atelier de traitement d'Eurovia intervient sur une épaisseur de 32 cm et sur une largeur de 2,50 m par passage.

retraitée, assurer la qualité du retraitement en place et faciliter sa réalisation. Ils sont faits par TP Sud, qui assure également les travaux de terrassements : création de fossés, curage de fossés, création de traversées pluviales avec cadres en béton armé (BA), busage des accès aux champs...

≡ MISE EN ŒUVRE

Réalisées par Eurovia, les opérations liées au retraitement en place à froid au LHR débutent « le 15 janvier par le chemin de Mudaison à Saint-Nazaire-de-Pézan, côté RD24 et Mauguio à l'ouest du chantier, sur deux jours », se rappelle Xavier Emeraud, le conducteur de travaux d'Eurovia-Languedoc-Roussillon.

≡ LES SÉQUENCES DU RETRAITEMENT

// Fraisage de l'ancienne chaussée

« Afin d'obtenir une meilleure homogénéité du retraitement en place de la chaussée existante, nous avons décohésonné la structure de surface à la fraiseuse. Cette opération a permis de bien mélanger la couche de bicouche supérieure et la GNT en place », indique Xavier Emeraud.

// Correction granulaire

« Elle ne s'est pas avérée nécessaire hormis pour rattraper quelques niveaux altimétriques aux raccordements », confirme Xavier Emeraud.

// Remise au profil

Xavier Emeraud poursuit : « Avant de démarrer le retraitement en place de la chaussée, nous avons effectué un pré réglage avec une niveleuse. Cette opération préalable permet d'assurer les pentes de chaussée, mais également de ne pas avoir trop de matériaux à déplacer après le traitement et donc d'assurer l'homogénéité des épaisseurs traitées. »

// Épandage du liant hydraulique routier

Le LHR Vicat est un LV-TS 13 répondant aux exigences des normes NF P 15-108 et EN 13 282, produit à proximité et épandu à raison de 40 kg/m². « À base majoritairement de clinker, il permet une remise en circulation rapide. Ce liant hydraulique routier nécessite, de la part de l'équipe de mise en œuvre, une planification des opérations compatible avec les délais de maniabilité », indique Pascal Bordas, chef de secteur Vicat. Quantité mise en œuvre : 190 tonnes.

// Malaxage et humidification

Le retraitement est réalisé par l'atelier d'épandage et de malaxage d'Eurovia-Toulouse. Il s'effectue sur une épaisseur de 32 cm et sur la largeur convenue de 5,50 m à raison de « deux ou trois passages de l'atelier (qui peut intervenir sur une largeur maximale de 2,50 m) », confirme Xavier Emeraud, le conducteur de travaux d'Eurovia-Languedoc-Roussillon.

// Réglage et compactage

« Ces deux opérations ont été menées par une niveleuse et un compacteur V4 afin de satisfaire deux conditions : une tolérance de nivellement de plus ou moins 1 cm par rapport au niveau fixé, et l'obtention d'une pente transversale assurant l'écoulement des eaux », commente Xavier Emeraud.

// Protection du matériau retraité

Un enduit de protection (émulsion gravillonnée) a été répandu sur les voies retraitées.

// Enrobés

Après vingt et un jours de séchage, les voies retraitées ont reçu un tapis d'enrobés (BBSG 0/10 sur 6 cm).

≡ DÉVIATIONS

Durant toute la durée des travaux, des déviations provisoires sont mises en place en fonction de l'avancée du chantier.

≡ MÉTÉO

« Le temps était un peu frais. Ce n'étaient pas les conditions météorologiques idéales, mais cela n'a pas perturbé le chantier », se souvient Xavier Emeraud.

≡ REMISE EN CIRCULATION

Initialement prévue pour fin décembre 2018, la fin du chantier a été reportée à fin janvier 2019. Les tronçons rénovés des chemins de Mudaison à Saint-Nazaire-de-Pézan et de l'Arboras à Saint-Denis ont été officiellement rouverts à la circulation le 8 février 2019.

≡ BILAN DE L'OPÉRATION

// Surface revêtue : 11 000 m² (un tronçon supplémentaire, le chemin de l'Arboras au Mas Saint-Jean, a été traité en structure rechargement GB + BB).

// Surface totale retraitée : 5 000 m².

// Liant hydraulique routier utilisé : 190 t.

// Volume de matériaux retraités : 1 600 m³.

// Ressources naturelles (notamment des agrégats naturels de carrières) économisées : environ 5 000 t de GNT et 1 200 t de matériel bitumineux.

≡ ÉVALUATION DE L'OPÉRATION

« Le chantier de Lansargues est une belle réalisation ! se félicite de son côté Xavier Emeraud. Le retraitement en place à froid au LHR est une technique que nous essayons d'employer le plus possible. »

« Nous sommes également très satisfaits des travaux réalisés, ce qui concorde avec les retours que nous avons des utilisateurs au quotidien », indique Cédric Bonnet, responsable du pôle Moyens techniques à la communauté d'agglomération du Pays de l'Or. Une nouvelle réussite à mettre au crédit du retraitement en place à froid au LHR !

LE BÉTON FAIT ONDULER L'ENTONNOIR

Donnant sur la célèbre plage, la vaste place de l'Entonnoir (2 hectares) à Berck-sur-Mer (Pas-de-Calais) achève sa métamorphose grâce au béton. Et pour respecter un planning événementiel exigeant – avec notamment les Rencontres internationales de cerfs-volants en avril dernier –, les technologies numériques ont été appelées à la rescousse. Résultat : un gain de temps appréciable.



La vaste place de l'Entonnoir (2 hectares) à Berck-sur-Mer (Pas-de-Calais) a magnifiquement commencé sa métamorphose grâce au béton.

.....

PRINCIPAUX INTERVENANTS



Maitrise d'ouvrage

Ville de Berck-sur-Mer

Maitrise d'œuvre

Agence Paysage 360, Ingeo

Entreprise

Groupement Eurovia-Ramery

Fournisseur du béton

EQIOM Bétons (centrale à bétons de Conchil-le-Temple dans le Pas-de-Calais)

Fournisseur du ciment

EQIOM (usine de Lumbres)

Réputée pour son climat et ses établissements de convalescence, Berck-sur-Mer est un ancien village de pêcheurs. L'actuelle station balnéaire est reliée au bourg historique par la rue de l'Impératrice. Elle est séparée de la plage par ce que l'on appelle ici l'Entonnoir. Cette « patte d'oie » a été créée naturellement par l'assèchement, à la fin du XVII^e siècle, de l'Arche, une petite rivière dont le tracé suivait l'actuelle voie. Espace dunaire, cette zone s'est peu à peu urbanisée. Le sable envahissait souvent ce secteur, avant que l'actuelle digue ne soit élevée sur les ruines de constructions dynamitées durant la Seconde Guerre mondiale.

Envisagé dès 1928, le programme d'aménagement et d'embellissement de la ville n'a été réellement mis en œuvre que dans les années 1950. Il s'est traduit notamment par la création de voies de circulation et d'accessibilité vers l'est, pour relier Berck au Touquet.

Familière aux Berckois, avec sa rose des vents, son calvaire du Marin (érigé en 1851, puis détruit en 1944, mais reconstruit à l'identique en 1998) et sa statue de fusilier marin (monument du Souvenir français en hommage aux combattants de la guerre de 1870), la place de l'Entonnoir n'avait pas fait l'objet, jusqu'ici, de travaux significatifs. Elle connaît désormais une nouvelle jeunesse grâce au béton.

UN PROJET AMBITIEUX : LA RÉFECTION COMPLÈTE DU FRONT DE MER

« Commencés en octobre 2017, les travaux de rénovation de la place de l'Entonnoir sont la première étape de la réfection complète du front de mer, contextualise Tony Leroux, directeur général des services techniques à la mairie de Berck-sur-Mer.

Voulue comme exemplaire, l'opération poursuit plusieurs objectifs :



L'Entonnoir est une « patte d'oie » naturellement créée à la fin du XVII^e siècle par l'assèchement d'une rivière dont on peut encore deviner le cours.

Vue d'artiste du projet.

- // Marquer l'ancrage historique de la ville sur le littoral ;
- // Renforcer la convivialité du lieu et son agrément esthétique ;
- // Rééquilibrer l'espace entre les piétons et les véhicules ;
- // Faciliter l'organisation d'événements, en permettant l'utilisation de vastes espaces, accessibles aux personnes à mobilité réduite (PMR).

UN AMÉNAGEMENT DÉCORATIF S'INSPIRANT DES MÉANDRES DE L'ANCIEN ESTUAIRE

Une première phase de requalification concerne 17 000 m². Soutenu par la Région et par l'Agence de l'eau, le projet retenu consiste en un aménagement décoratif s'inspirant des méandres de l'ancien estuaire de l'Arche. Il intègre une rationalisation des places de parking (avec une augmentation de 110 à 128 places), tout en libérant de nouveaux espaces pour les piétons. Dans ce cadre rénové, les espaces publics et les commerces bénéficient d'une mise en accessibilité pour les personnes à mobilité réduite (PMR). L'éclairage public a été entièrement repensé avec l'utilisation de diodes électroluminescentes (LED). Des plantations et une végétalisation sont également prévues. Après les appels d'offres, lancés courant 2017, les travaux ont débuté en octobre 2017.

LES ATOUTS DU BÉTON

Côté revêtement, le choix du béton s'est imposé naturellement face au pavage et à l'enrobé.

« À Berck-sur-Mer, lorsque les coefficients de marée sont importants et qu'il y a du vent, le sable passe au-dessus des remblais, explique Clément Delobel, le responsable du bureau d'études VRD chez Ingeo, qui a assuré la maîtrise d'œuvre du projet en liaison avec l'agence Paysage 360. Il n'est donc pas rare que le front de mer soit ensablé. Pour le dégager, il faut utiliser des engins lourds. Dans ces conditions, il était exclu d'utiliser des pavés qui auraient pu se déchausser sous la charge. »

Sans plus-value esthétique, l'enrobé est également évincé à cause de sa « moindre durabilité ».

« COULEUR SABLE MOUILLÉ »

La parfaite adéquation du béton décoratif à ce chantier très qualitatif se confirme avec le choix de la teinte du revêtement. En effet, les échanges avec l'architecte des Bâtiments de France (ABF) débouchent sur le choix d'« une couleur de base » de béton qui doit être impérativement

similaire à celle du sable de Berck. Selon le projet de Paysage 360, cette teinte a ensuite vocation à être déclinée – du plus sombre au plus clair – pour reconstituer les méandres de l'ancienne rivière.

Retenue pour fournir le béton, EQIOM Bétons recherche la solution idéale. « Nous avons utilisé des colorants Grace-Pieri pour obtenir la couleur sable mouillé, explique Frédéric Butel, responsable des sites du secteur littoral EQIOM Bétons de la région Hauts-de-France. Il suffit d'une infime variation de pourcentage pour que la coloration change. Je suis parti des gammes de couleurs jaune et marron et, finalement, j'ai réalisé mon propre dosage pour obtenir du beige "spécial Berck-sur-Mer". Pour y parvenir, j'ai dû réaliser plus d'une centaine de planches d'essais durant un mois. »

Précaution d'entretien : il a été conseillé au maître d'ouvrage de ne pas utiliser de sels de déverglacage pour ne pas altérer la teinte. Sans précaution, le sel peut engendrer des dégradations sur l'esthétique du béton, surtout s'il est coloré et même s'il a reçu une protection antitache et antisalissure, comme c'est le cas ici.

FINITION : LA MICRO-DÉSACTIVATION POUR UN CALEPINAGE COMPLEXE

Restait le choix de la finition. « L'originalité du projet consistait à mettre en valeur différentes teintes de béton grâce aux méandres, commente Clément Delobel, responsable du bureau d'études VRD d'Ingeo. Nous avons donc plusieurs possibilités de finition : désactivation, micro-désactivation, sablage, grenailage... Le choix définitif s'est fait en tenant compte des contraintes techniques et du calepinage complexe prévu sur la place. Pour le sablage comme pour le grenailage, il aurait été nécessaire d'utiliser des machines travaillant bande par bande. Difficile, voire impossible, de leur faire suivre un tracé ondulé. Plus souple d'utilisation, la micro-désactivation sur environ un millimètre s'est avérée le meilleur choix possible, car elle donne un aspect esthétique très naturel ainsi qu'un grand confort de marche. »

BÉTON RÉSISTANT AUX EMBRUNS

Pour alimenter le chantier courant 2018, c'est la centrale à bétons EQIOM de Conchil-le-Temple (Pas-de-Calais), à 8 km au sud de Berck-sur-Mer, qui a fourni le béton. Ses caractéristiques renforcent son caractère « local ». Il s'agit d'une solution Artificio® Texturé C 30/37, de granulométrie 0/12, avec des cailloux calcaires de teinte blanc-gris,



Une première phase de requalification concerne 17 000 m². Quelque 3 200 m³ de béton ont été mis en œuvre par Eurovia, soit 400 toupies de 8 m³.

conçassés et lavés, provenant des carrières du Boulonnais, au sud de Calais. Pour certains méandres de nuances plus sombres, un granulat noir 0/14 de Gaurain-Ramecroix (Tournai) en Belgique a été utilisé.

« Le béton choisi est résistant aux embruns. C'est un ciment CEM III/A 42,5 N LH CE PM (prise mer) – ES (eaux sulfatées) NF. Il est dosé à 350 kg pour obtenir une résistance de 30 MPa et satisfaire à une classe d'exposition XF 2 pour le cycle gel-dégel. L'entraîneur d'air utilisé génère des microbulles d'air dans le béton, ce qui lui permet de mieux résister au gel en évitant les contraintes dans le béton, précise Frédéric Butel, responsable des sites du secteur littoral EQIOM Bétons de la région Hauts-de-France. Ce ciment CEM III est un ciment laitier avec un indice carbone optimisé. Il a une prise plutôt lente, ce qui facilite sa mise en œuvre. » Il est produit à l'usine de Lumbres, située à une quinzaine de kilomètres à l'est de Saint-Omer, toujours dans le Pas-de-Calais (production annuelle : 750 000 t/an).

PROJECTION DU CHANTIER EN 3D

Choisi pour assurer la maîtrise d'œuvre, Ingeo, bureau d'études et agence de géomètres-experts basée à Saint-Omer (Pas-de-Calais), en a profité pour mettre en œuvre une innovation en s'appuyant sur une maquette numérique en 3D. « C'est une première pour nous. Nous avons modélisé le chantier dans ses moindres détails, en ayant recours aux technologies BIM (Building Information Modeling), précise Clément Delobel, responsable du bureau d'études VRD d'Ingeo. Cela nous a permis de suivre à la lettre la vision architecturale de l'agence Paysage 360. Un plan topographique très précis a été dressé, grâce notamment à des relevés effectués par drone et sur le terrain. Il a servi de base aux études. La maquette numérique a également intégré les données provenant des plans des concessionnaires des réseaux, complétées par des investigations menées à l'aide de méthodes non intrusives (détecteur électromagnétique, radar géologique) ou, le cas échéant, de sondages. »

Tracés des nouveaux réseaux, emplacement du futur bassin de rétention ou encore représentation de l'impact d'une pluie centennale..., tout est prévu et visualisable avant d'être effectivement réalisé avec, en surimpression, les bâtiments existants. « Nous avons même pu modéliser les flux de piétons qui circuleront sur la place, signale Clément Delobel.



La couleur de base du béton est celle du sable de Berck. Selon le projet de Paysage 360, cette teinte se décline ensuite – du plus sombre au plus clair – pour reconstituer les méandres de l'ancienne rivière.

En permettant de lever un maximum d'incertitudes, cette approche a grandement facilité la préparation du chantier et son exécution. »

BONNE COMMUNICATION AVEC LES RIVERAINS

Pour la réussite d'un tel projet, la communication avec les riverains est essentielle. Lors de la première réunion publique d'information, en septembre 2017, la maquette numérique en 3D a permis de répondre de façon visuelle, argumentée et précise aux questions des participants. Durant toute la durée des travaux, la circulation piétonne et l'accès aux commerces ont été maintenus. En matière de circulation automobile, les dimensions de la place (2 hectares) ont permis de procéder à un basculement du flux de véhicules d'un côté, puis de l'autre, ce qui a minimisé grandement l'impact du chantier.

PHASAGE ET COUCHE DE FORME

Calé sur le calendrier de la station balnéaire, le phasage du chantier, dont la durée totale était fixée à trente semaines, prévoyait deux interruptions : l'une en avril 2018, pour les Rencontres internationales de cerfs-volants ; l'autre en juillet et en août 2018, pour la période estivale.

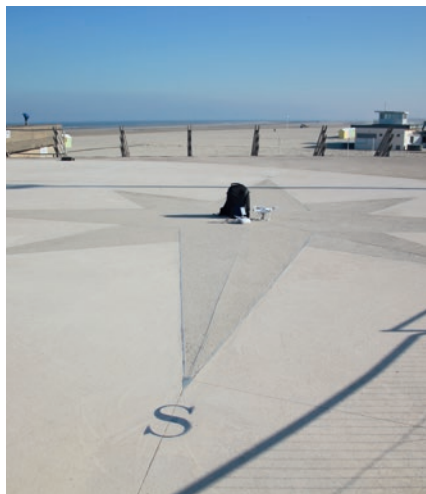
Étape essentielle : la réalisation de la couche de forme. « Elle est constituée d'une grave traitée et recyclée d'une épaisseur de 15 cm sur toutes les plates-formes et de 25 cm pour les voiries, indique Christophe Leprêtre, le conducteur de travaux d'Eurovia. Total : 6 000 tonnes. Pour diminuer l'empreinte carbone, nous avons recyclé la plupart des matériaux sur place, avec criblage et concassage de ceux-ci sur une plate-forme à proximité du chantier. Puis, une fois la couche de forme réalisée, nous avons procédé à la vérification des portances, avant de couler le béton. »

PLAN DE CALEPINAGE COMPLEXE

Christophe Leprêtre poursuit : « Comme déjà indiqué, les méandres, avec leurs nombreuses courbes, ont nécessité de résoudre pas mal de difficultés techniques, tout comme la rose des vents, dont les branches forment des angles inférieurs à 90°, ce qui rend délicate la mise en œuvre du béton et ce qui le fragilise. Certains méandres ont été faits



L'éclairage public a été entièrement repensé avec l'utilisation de diodes électroluminescentes (LED).



La magnifique rose des vents – dont les branches forment des angles aigus, ce qui rend délicate la mise en œuvre du béton – a été réalisée avec un soin tout particulier.



grâce à des coffrages en bois, avec une équipe de trois compagnons qui en réalisaient jusqu'à 200 mètres linéaires par jour. Les autres ont été confectionnés avec des joints de dilatation PVC de couleur sable. Hauteur : 80 mm. Au total, 3 600 ml – en longueur 4 ml –, qui ont permis de dessiner des courbes conformes au calepinage. »

3 200 M³ DE BÉTON MIS EN ŒUVRE

Pour l'ensemble du coulage, ce sont 3 200 m³ de béton sur une épaisseur de 20 cm qui ont été mis en œuvre par Eurovia, représentée par son agence d'Étaples-sur-Mer. « Cela représente environ 400 toupies de 8 m³, détaille Christophe Leprêtre. La cadence variait entre 50 et 100 m³ par jour. L'avantage est que la centrale se trouvait à proximité. Nous n'avons pas rencontré de problème d'approvisionnement à cause de la circulation. »

Particularité : pour des raisons d'accessibilité, l'intégralité du béton a été mise en œuvre à la pompe en une quarantaine d'interventions successives (« sans difficultés particulières », indique Christophe Leprêtre), puis talochée manuellement à l'aide de grandes lisseuses à manche télescopique.

FIBRES ET CURE

« Pour limiter les microfissures de surface, le béton a été fibré (avec un dosage de 900 g/m³ de type de fibre Fibermesh de Grace-Pieri), poursuit Christophe Leprêtre. La cure – avec du LS Curing (Grace-Pieri) – est scrupuleusement respectée, et le béton fraîchement coulé est protégé par la pulvérisation d'un enduit de protection (Early Protect de Grace-Pieri) à raison d'un dosage d'un litre par 5 m². » Les conditions météo n'ont pas facilité la mise en œuvre. « Nous avons eu énormément de vent et également de la pluie. La difficulté par rapport au vent, c'est la nécessité de réaliser une bonne cure. Nous n'avons pas utilisé de film plastique isolant (polyane) pour éviter qu'il n'adhère au béton coloré en le "marbrant". Avec le vent, le béton prend trop vite. Il faut alors curer au moins à deux reprises. »

DÉSACTIVANT BIO ET TRAITS DE SCIE

« Un désactivant bio (également de chez Grace-Pieri), faisant office

de produit de cure, a été utilisé sur le béton frais et lissé, explique le chef de chantier d'Eurovia. Quelques heures après, le lavage a été réalisé au nettoyeur à haute pression. Après lavage, l'aspect du béton micro-désactivé ressemble fortement à un sablage. Tous les résidus dus à la désactivation (eau, laitance et désactivant) ont été récupérés en utilisant une balayeuse-aspiratrice (modèle Major 8001, marque Scarab sur porteur Mercedes). Enfin, en fonction de la température, de vingt-quatre heures à trois jours après le coulage, nous avons réalisé le calepinage des joints. »

Pour ce faire, Eurovia s'est conformée aux règles de l'art suivantes :

// **Espacement maximal des joints** : ≤ 25 fois l'épaisseur de dalle, soit au maximum 5 m pour une dalle de 20 cm.

// **Angles des coins des dalles** : 90 ° ou à défaut ≥ 75 °, pas toujours possible vu la géométrie des méandres.

// **Rapport longueur-largeur de dalle** : $\leq 1,5$.

// **Largeur du joint** : 3 mm.

// **Profondeur** : 5 cm, si épaisseur de dalle de 20 cm pour répondre à la norme $e/4 < p < e/3$.

Par ailleurs, un joint de fractionnement de type Esofloor MM, large de 14 mm avec mastic RAL 1015, a été réalisé à l'axe de la place pour désolidariser la vaste dalle et couper l'esplanade en deux. Enfin, un délai de séchage traditionnel de vingt-huit jours a été respecté.

Bilan : « Au total, cette première tranche de travaux représente environ 13 200 heures de compagnons, hors chauffeurs et hors sous-traitant, indique encore le conducteur de travaux d'Eurovia. En effectif de pointe, nous avons jusqu'à 35 personnes sur le chantier, avec plusieurs ateliers simultanés : terrassement, pose de bordures, remplissage de trottoirs... »

La dernière semaine de travaux a eu lieu au début du mois de février de cette année. « Grâce à notre maquette numérique en 3D et à un phasage minutieux, nous avons pu optimiser le planning et terminer le chantier en avance, avant l'échéance fixée à fin mars, se félicite Clément Delobel, responsable du bureau d'études VRD d'Ingeo. Sans certains petits aléas inévitables, nous aurions même pu terminer en décembre. Quoi qu'il en soit, c'est un magnifique chantier, qui s'est très bien déroulé et dont le résultat est très valorisant. » Pour le nouveau visage de Berck, le ton est donné !



// REMUE-MÉNINGS

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

PROBLÈME N°148

Petit chiffre, grand effet !

À l'aide de quatre « 2 » et sans se servir de signes d'opérations mathématiques, écrire le plus grand nombre possible.

SOLUTION DU REMUE-MÉNINGS DE ROUTES N°147

RAPPEL DU PROBLÈME POSÉ

Les trois petits chiffres

À l'aide de trois chiffres identiques, sans utiliser les signes d'opérations mathématiques, écrire le plus grand nombre possible.

SOLUTION

Soit « a » le chiffre.

Sans utiliser les signes d'opérations mathématiques, il y a quatre combinaisons possibles :

- 1 combinaison à 1 étage (aaa) ;
- 2 combinaisons à 2 étages (aa^a - a^{aa}) ;
- 1 combinaison à 3 étages (a^{aa}).

Lequel de ces 4 nombres est le plus grand ?

Pour commencer, comparons les deux premiers nombres : aaa et aa^a.

$$aaa = a + 10a + 100a = 111a$$

$$aa^a = (a + 10a)^a = (11a)^a = (11a)^{2 \cdot a/2} = [(11a)^2]^{a/2} = (121a^2)^{a/2}$$

aaa est plus petit que aa^a si a > 1, car le facteur (121a²) et l'exposant (a/2) de aa^a sont plus grands que ceux de aaa (respectivement 111a et 1).

Comparons ensuite les nombres aa^a et a^{aa}.

$$aa^a = (a + 10a)^a = (11a)^a$$

$$a^{aa} = a^{(a+10a)} = a^{(11a)} = (a^{11})^a$$

Le nombre « aa^a » est évidemment plus petit que le second a^{aa} si a > 1, car le facteur de a^{aa} est plus grand que celui de aa^a (a¹¹ > 11a si a > 1).

Comparons enfin les nombres a^{aa} et a^{a^a}

$$a^{aa} = a^{(a+10a)} = a^{(11a)}$$

$$a^{a^a} = a^{(a^a)}$$

Étant donné que les deux expressions représentent des puissances à facteurs entiers égaux (a), la plus grande valeur correspond au plus grand exposant. Quand a-t-on alors : (a^a)^a > 11a ?

Divisons les deux parties de l'inégalité par « a », nous obtenons : a^(a-1) > 11.

Il est alors facile de constater que cette inégalité est vérifiée lorsque « a » est plus grand que 3.

Conclusion : le plus grand nombre que l'on peut obtenir avec trois chiffres identiques est le 9^{9⁹}.

Mais une analyse plus fine montre que le plus grand nombre que l'on peut obtenir avec trois chiffres identiques dépend du chiffre envisagé.

Pour un chiffre supérieur à 3, le plus grand nombre possible est obtenu avec la configuration à trois étages et avec le chiffre 9, soit 9^{9⁹}.

Pour un chiffre supérieur à 1 et inférieur ou égal à 3, le plus grand nombre possible est obtenu avec la configuration à deux étages et avec le chiffre 3, soit 3^{3³}.

Pour un chiffre égal à 1, le plus grand nombre possible est obtenu avec la configuration à 1 étage et avec le chiffre 1, soit 111.



// AGENDA 2019

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

Avignon : 15 oct. • Annecy : 19 nov. • Agen : 3 déc.

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



// SUR LA TOILE

LOGICIEL DE COMPARAISON ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE CIMBÉTON

Le logiciel de comparaison économique et environnementale vient d'être enrichi d'un nouveau module : la technique de traitement des sols en assises de chaussées vs les techniques à base de matériaux traditionnels. Ce logiciel, libre de droits, est accessible *via* le 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 « Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 1 : Conception et dimensionnement », Collection technique CIMbéton, éd. 2019.



Ce guide vient d'être réédité dans la Collection technique CIMbéton.

Cette nouvelle version a été élaborée pour :

- // Prendre en compte les nouvelles règles en matière de conception et de dimensionnement des chaussées, définies en particulier dans la norme NF P 98 086 « Chaussées, terrassements. Dimensionnement et terminologie. Dimensionnement structurel des chaussées neuves », dans la norme NF P 98 170 « Chaussées en béton de ciment. Exécution et contrôle » et dans la norme NF EN 206/CN « Béton. Spécification, performance, production et conformité » ;

// Se mettre en harmonie avec le nouveau guide de dimensionnement des chaussées à faible trafic, édité par l'IDRRIM en 2019.

Ce guide a pour objectif de réunir l'ensemble des renseignements nécessaires aux praticiens afin de leur épargner de multiples et laborieuses recherches dans des ouvrages disparates. Il est conçu en 8 chapitres traitant tous les aspects de la conception et du dimensionnement des voiries en béton.

Il est disponible sur le site www.infociments.fr ou sur simple demande.