



**Info  
#05**

**ESCALLES**  
PAS-DE-CALAIS (62)

**Le BAC débarque  
dans le Pas-de-Calais**

**Info  
#06**

**BLOIS**  
LOIR-ET-CHER (41)

**Blois retrouve son  
lustre historique  
grâce au béton  
bouchardé**

**Info  
#07**

**LIEUSANT -  
SAVIGNY-LE-TEMPLE**  
SEINE-ET-MARNE (77)

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

**Info  
#08**

**AULNAY-SOUS-BOIS**  
SEINE-SAINT-DENIS (93)

**Du béton « bioméca-  
nique » pour des pistes  
cyclables encore plus  
« vertes »**



Les voiries et aménagements urbains en béton ont connu ces dernières décennies des évolutions à la fois sur le plan structurel et en matière de caractéristiques de surface.

### Sur le plan structurel : une offre variée répondant à tous les besoins

Depuis leur apparition en France au début du 20<sup>e</sup> siècle, la conception des chaussées en béton a sans cesse évolué. Au cours du temps, plusieurs structures se sont successivement imposées et cinq d'entre elles se partagent aujourd'hui les faveurs des maîtres d'œuvre. Il s'agit de :

- > Les chaussées en dalles béton non armé, à joints non goujonnés et sans fondation
- > Les chaussées en dalles béton non armé, à joints non goujonnés et avec fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques (Grave-Ciment « GC » ou Béton Maigre « BM » ou Béton Compacté au Rouleau « BCR »),
- > (Grave-Ciment « GC » ou Béton Maigre « BM » ou Béton Compacté au Rouleau « BCR »),
- > Les chaussées en béton armé continu sur béton maigre,
- > Les chaussées composites (Revêtement en béton armé continu BAC ou béton goujonné BCg sur fondation en Grave-Bitume).

### Sur le plan des caractéristiques de surface : un saut qualitatif et environnemental

Après avoir construit sa réputation sur ses performances mécaniques, sa durabilité et son entretien réduit, le béton a subi, depuis les années 80, plusieurs mutations pour accompagner les évolutions successives qu'a connues le domaine de la voirie et de l'aménagement urbain. Le béton a ainsi subi une première mutation, au début des années 90, pour répondre aux nouvelles orientations en matière d'aménagement urbain qui ont nécessité un réaménagement géométrique de l'espace urbain, assorti d'une palette d'exigences en matière de sécurité, d'esthétique, d'intégration à l'environnement, de mise en œuvre, de confort et de durabilité. La technique de béton de ciment avait pleinement accompagné ces évolutions. Grâce à sa plasticité et à la richesse de sa formulation, le béton avait su se métamorphoser pour proposer des solutions esthétiques, caractérisées par un choix varié de couleurs, de formes et de textures. Ces bétons urbains ont connu depuis un développement très important.

Plus récemment, avec l'étalement urbain et l'imperméabilisation croissante des surfaces urbaines, de nouvelles problématiques liées à la gestion des eaux pluviales sont apparues. Pour lutter contre ce phénomène, des solutions techniques étaient attendues. Là aussi, les concepts de revêtement et/ou de structure en béton drainant (béton poreux et béton drainant) ont été utilisés pour leurs qualités techniques, esthétiques et surtout de durabilité.

L'offre béton est devenue aujourd'hui extrêmement riche. Plusieurs techniques de traitement de surface sont envisageables : béton balayé, béton désactivé, béton sablé, béton bouchardé, béton coloré, béton hydro-décapé, béton poncé, béton drainant, etc.

### Quatre chantiers récents

Vous découvrirez, ci-après, à titre d'illustration des possibilités offertes par la technique béton, quatre chantiers d'aménagements, réalisés récemment en France, qui se distinguent par la typologie des structures utilisées et par la nature du traitement de surface retenue.

Bonne lecture  
Joseph ABDO

# ESCALLES

## PAS-DE-CALAIS (62)



#mieuxcirculer #esthétique #durabilité #chantier #bétonarmécontinu



Béton Armé Continu



2 100 m<sup>2</sup>



Pas-de-Calais

### PRINCIPAUX INTERVENANTS

#### Maîtrise d'ouvrage

Conseil départemental du Pas-de-Calais  
Assistance : cabinet Élise et Martin Hennebicque

#### Maîtrise d'œuvre

Conseil départemental du Pas-de-Calais

#### Entreprise

Eiffage Route Nord-Est (agence de Coquelles)

#### Mise en œuvre du BAC

Intersol

#### Fournisseur du béton

Cemex

#### Fournisseur du ciment

EQIOM (Calais)

**PHOTO D'OUVERTURE :** Vue aérienne du chantier : alimentation du béton à la pompe.



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

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

## SITUATION

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

## ÉTAT DES LIEUX

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

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

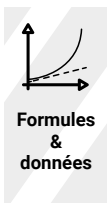
Du point de vue visuel, les vestiges d'un blockhaus allemand de la Seconde Guerre mondiale situé à l'entrée de la plage et l'émergence d'une station d'épuration dans la perspective du monument dédié à la Dover Patrol ont un impact malencontreux sur le paysage, par ailleurs splendide.

## OBJECTIFS

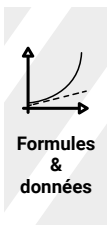
En 2017, après mûres réflexions et de nombreuses consultations, le département du Pas-de-Calais a lancé le projet d'aménagement de la zone située au pied du cap Blanc-Nez. Cette opé



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



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



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

**L'utilisation du Béton Armé Continu (BAC) dans le chantier du Cran d'Escalles est une première pour le département du Pas-de-Calais. Un choix justifié par son esthétique (sa couleur claire s'intègre parfaitement au paysage), sa durabilité (30 ans au minimum) et l'absence d'entretien.**

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

- > requalifier la chaussée pour améliorer et sécuriser la circulation des engins agricoles et des promeneurs à pied.
- > réduire l'emprise automobile en facilitant l'accès piétonnier au littoral.
- > améliorer l'intégration paysagère de la voie, tout en préservant l'environnement.

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

## LES SOLUTIONS ENVISAGÉES

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

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

## LE PROJET RETENU

Il comporte plusieurs volets.

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

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

### > Choix du Béton Armé Continu (BAC)

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

### > Redimensionnement

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

### > Déplacement de la zone de parking

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

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

## MISE EN ŒUVRE

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

## Reprofilage de la voie

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

## Coffrage et pose d'un film de polyane

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

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

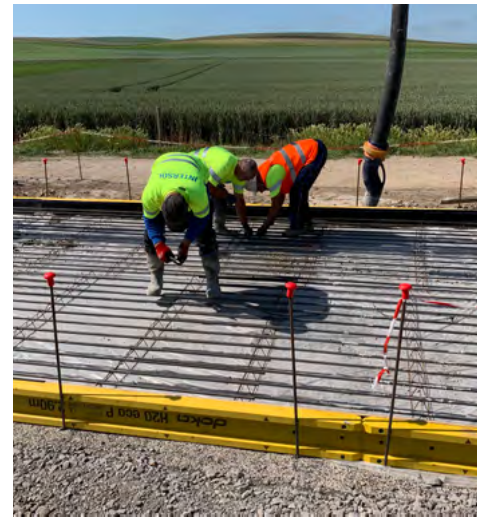
Un film de polyane est déroulé entre les coffrages sur l'enduit superficiel.



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



⤴ Aspect fini de la plate-forme support.



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

## Ferraillage

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

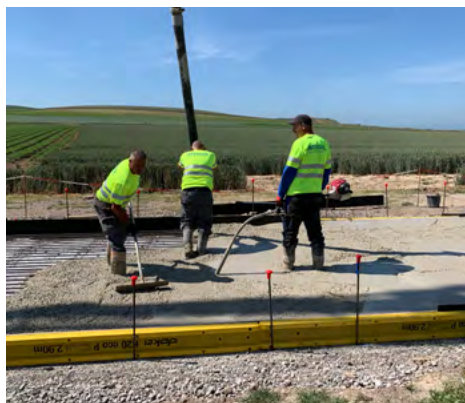
- > Des armatures en acier à haute adhérence de longueur 6 mètres et de diamètre 16 mm qui vont être positionnées, dans le sens longitudinal de la voie, à la fibre neutre du revêtement en béton.
- > Des armatures en acier à haute adhérence de diamètre 3 mm qui vont être assemblées par trois pour créer des supports ou distanciers dont la section est de forme triangulaire et dont la hauteur est exactement de 8 cm. Ces supports sont destinés à être positionnés dans le sens transversal de la voie à bétonner et espacés d'un mètre.

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

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

## Coulage du béton

Il débute le 2 juin, au plus près du littoral, à l'entrée du cran. Il s'effectue à la pompe par précaution. En effet, en cas de précipitations, les accotements de l'ancien chemin agricole deviennent vite impraticables pour les toupies. Inconvénient de ce choix : le coulage ne peut s'effectuer que par section quotidienne de 60 m, soit une surface d'environ 270 m<sup>2</sup> et un volume de 48,6 m<sup>3</sup> équivalent à six ou sept toupies. Il faut ensuite faire reculer la pompe et préparer un nouveau tronçon pour le lendemain afin de progresser en direction du village. Le béton est directement appliqué sur l'ancienne chaussée.



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



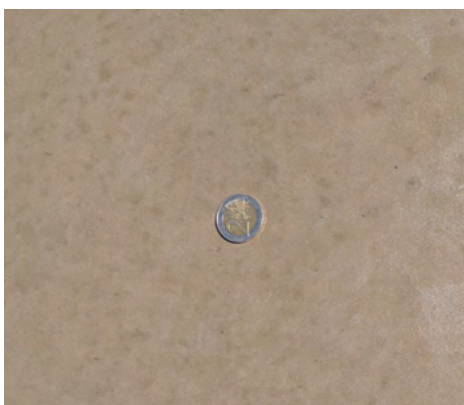
⬆ L'étalage du béton s'effectue à l'aide de différents outils : râteau, épandeur ou lissarde.



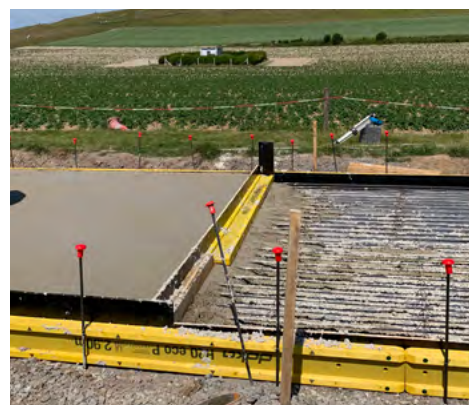
⬆ Deux lisseuses mécanisées (hélicoptères) achèvent le lissage fin.



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



⬆ Aspect du BAC après lissage à l'hélicoptère.



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

## Formule du béton

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

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

## Aiguille vibrante et talochage manuel

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

⊕ Consultez le mémo technique sur le BAC en annexe.



↑ Aspect du BAC après pulvérisation du produit de cure.

## Cure

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

## Absence de joints

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

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

## Traitement de surface

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

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

## Séchage

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

## Météo

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

## BILAN

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

### EN QUELQUES CHIFFRES

- > 2 100 m<sup>2</sup> de BAC
- > 324 m<sup>3</sup> de béton
- > 6 ou 7 toupies par jour
- > 1 mois de travaux (dont 2 semaines de BAC)

### LIENS UTILES

- > Département du Pas-de-Calais  
<https://www.pasdecals.fr>
- > Ville d'Escalles  
<https://www.escalles.fr>
- > Les Deux Caps : Grand Site de France  
<http://www.lesdeuxcaps.fr>
- > Infociments Routes  
<https://www.infociments.fr/route>
- > Eiffage  
<https://www.eiffageinfrastructures.com>
- > Intersol  
<http://www.intersol-web.com>
- > Cemex  
<https://www.cemex.fr>
- > EQIOM  
<https://www.eqiom.com>

- Coulage du béton sur la rue de la Mer avec vue sur le cap Blanc-Nez et l'obélisque à la mémoire de la Dover Patrol. Le débattement de la pompe limite le coulage à des sections de 60 mètres par jour (environ 270 m<sup>2</sup>, soit la capacité de six ou sept toupies).



## Concept du Béton Armé Continu BAC

### 1 • Qu'est-ce que le Béton Armé Continu BAC ?

Le Béton Armé Continu BAC est un revêtement de chaussée en béton de ciment qui comporte des armatures longitudinales, continues et disposées en nappe, en général à mi-épaisseur de la dalle béton.

### 2 • Pourquoi le Béton Armé Continu ?

Le Béton Armé Continu est un concept de chaussée dont le but est de contrôler le retrait du béton et de conférer au revêtement toutes les qualités requises sur le plan technique et sur le plan fonctionnel.

En effet, un revêtement en béton de ciment, exécuté sans armatures longitudinales et sans joints de retrait transversaux, se fissure d'une façon aléatoire (cf. *figure 1*) sous l'action des contraintes provoquées par le retrait du béton (cf. Routes Info #05 – Mémo technique pour plus de détails).

Une des méthodes, destinées à contrôler cette fissuration, consiste à utiliser des armatures longitudinales, continues et placées à un certain niveau au sein du revêtement en béton (cf. *figure 2*). Cette technique porte le nom de Béton Armé Continu BAC.

### 3 • Le concept de Béton Armé Continu BAC

La philosophie à la base de cette technique est de laisser le revêtement se fissurer transversalement sous l'action conjuguée du retrait du béton et du frottement du revêtement sur la plate-forme support. Les armatures longitudinales, barres d'acier à haute adhérence, sont prévues pour contrôler, répartir cette fissuration transversale et pour conserver l'intégrité structurelle du revêtement. La quantité d'armatures longitudinales est calculée de manière à obtenir un grand nombre de fissures transversales, dont les espacements se répartissent dans la fourchette 0,60 – 1,50 m, et suffisamment fines (0,5 mm au maximum) pour empêcher la pénétration de l'eau et pour garantir une bonne imbrication des granulats du béton, assurant ainsi un bon transfert de charges au droit de ces fissures.

Le revêtement en BAC se caractérise donc par l'absence de joints de retrait transversaux. Mais, il comporte, à l'instar des autres revêtements en béton, des joints longitudinaux (si largeur du revêtement est supérieure à 5 m), des joints de construction et des joints de dilatation (en des points particuliers).

**Les armatures longitudinales doivent être conformes aux normes NF EN 10080, NF EN 13877-1 et NF P 98 170. En particulier, les armatures longitudinales sont conformes à l'article 6.7 de la norme NF EN 13877-1. Le nombre d'armatures à mettre en place est calculé à partir du taux de ferrailage « P » qui est égal au rapport des sections acier/béton. Le taux de ferrailage « P », le diamètre des armatures ainsi que leur espacement sont donnés dans le paragraphe B.3 de l'Annexe B informative de la norme française NF P 98 170.**

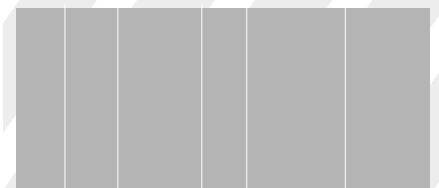
### 4 • Typologie des structures en BAC

En fonction de la destination et en fonction du trafic, les structures en BAC peuvent être :

- > Une structure avec fondation (cf. *figure 3*) : la couche de fondation peut être selon les conditions du projet, soit une couche granulaire, soit une couche en grave-liant hydraulique, une couche en béton maigre (BC2 ou BC3), une couche en béton compacté BCR et enfin une couche en grave bitume. Dans ce dernier cas, la structure est désignée par « Chaussée composite ».
- > Une structure sans fondation (cf. *figure 4*) : le revêtement en BAC est posé directement sur la plate-forme support.



▲ Figure 1. Schéma illustrant le comportement d'un revêtement en béton exécuté sans armatures longitudinales et sans joints de retrait transversaux. Conséquences : fissuration large, anarchique et aléatoire.



▲ Figure 2. Schéma illustrant le comportement d'un revêtement en béton, exécuté sans joints mais doté d'une nappe d'armatures longitudinales continues. Conséquence : fissuration fine et contrôlée.



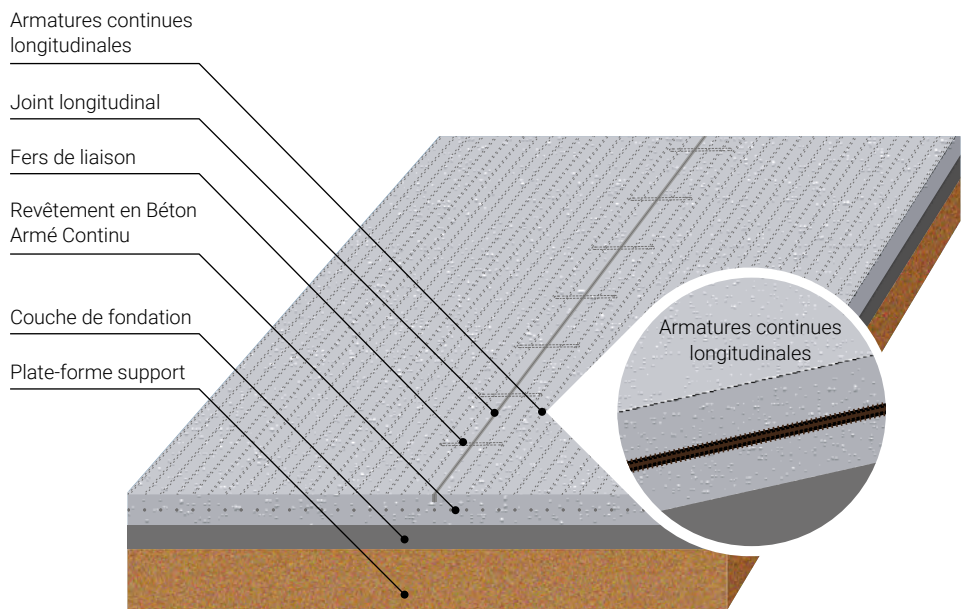
## 5 • Traitement de surface

Pour conférer au béton les qualités d'adhérence et d'esthétique, plusieurs techniques de traitement de surface sont envisageables : béton balayé, béton désactivé, béton sablé, béton bouchardé, béton coloré, béton hydro-gommé, béton poncé.

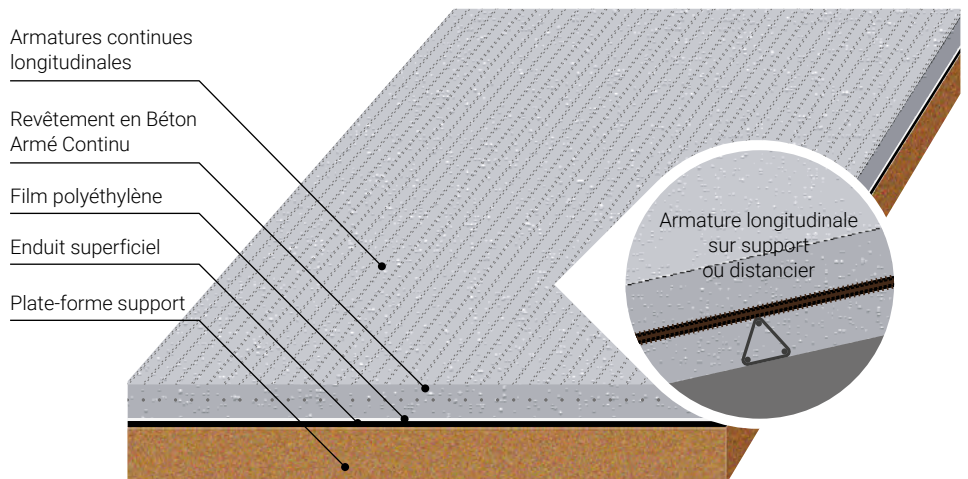
## 6 • Domaines d'emploi

Le revêtement en BAC est utilisé dans la réalisation des pistes cyclables, des voies vertes, des carrefours giratoires, des routes départementales, des routes nationales et des autoroutes. ☰

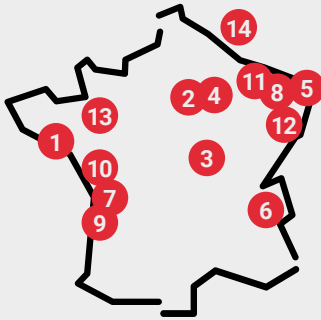
▼ Figure 3. Vue en perspective d'une structure en BAC :  
cas général pour une largeur supérieure à 5 m et une structure avec fondation



▼ Figure 4. Vue en perspective de la structure réalisée sur le chantier d'Escalles :  
largeur 4 m et structure sans fondation.



## Quelques références de chantiers BAC



### Guides techniques

#### T 50

Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 1 : Conception et dimensionnement

Collection technique, CIMbéton, 2019.

#### T 52

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

#### T 65

Chaussées composites en béton de ciment. Tome 1 : Structures neuves en BAC collé sur GB

Collection technique, CIMbéton, 2008.

### Plaquette technique

Chaussées composites en Béton Armé Continu sur fondation en Grave Bitume BAC/GB3. Dépliant

Collection SNBPE - Collection technique CIMbéton, 2020.

### Vidéos et logiciels

À retrouver sur [infociments.fr](http://infociments.fr)

### Autres références

### Guides techniques

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

■ Chaussées Béton SETRA / LCPC, 1997.

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

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

## Normes

Norme NF P 98 086. Dimensionnement des chaussées. Norme NF EN 13877-1. Chaussées en béton - Partie 1 : Matériaux.

Norme NF EN 206/CN. Béton - Spécification, performance, production et conformité. Norme NF P 98 170. Chaussées en béton de ciment - Exécution et contrôles.

■ Direction de la publication : François Redron  
■ Direction de la rédaction, coordinateur des reportages : Joseph Abdo  
■ Rédaction en chef : Charles Desjardins

■ Reportages, rédaction : SCML Médias, Joseph Abdo, Étienne Diemert  
■ Direction de projet & direction artistique : Fenêtre sur cour / Studio L&T  
■ Crédits photos chantier : Département du Pas-de-Calais, CIMbéton.

Pour tout renseignement, contacter CIMbéton. 7, place de la Défense 92974 Paris-la-Défense Cedex. Tél. : 01 55 23 01 00 - E-mail : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net)

# BLOIS

## LOIR-ET-CHER (41)



#mieuxcirculer

#mieuxvivre

#référence

#bétonbouchardé

#pistecyclable



Béton  
bouchardé



16 000 m<sup>2</sup>



Loir-et-  
Cher

### PRINCIPAUX INTERVENANTS

#### Maîtrise d'ouvrage

Ville de Blois

#### Maîtrise d'œuvre

Ville de Blois (assistance à la maîtrise d'ouvrage :  
Sativa Paysage pour les aménagements urbains)

#### Entreprises

Eurovia-Colas (marché 1 et 2), Eurovia-Eiffage  
Route (marché 3)

#### Mise en œuvre du béton décoratif

TAE

#### Fournisseur du béton

Minier Béton

#### Fournisseur du ciment

Ciments Calcia

**PHOTO D'OUVERTURE :** Le pont Jacques-Gabriel,  
construit au XVIII<sup>e</sup> siècle, vu de la rive gauche de Blois.



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

**Le projet d'Aménagement cœur de ville-Loire (ACVL), désormais achevé, consistait à requalifier et à valoriser les espaces publics du centre historique de Blois pour en renforcer l'attractivité résidentielle, commerciale et touristique. Une gageure technique et esthétique parfaitement tenue grâce à un atout majeur : le béton bouchardé.**

## SITUATION

Bâtie à flanc de coteau, sur les rives de la Loire, Blois est le chef-lieu du département de Loir-et-Cher. Cité royale sous Louis XII (1498-1515), la ville a gardé de ce prestigieux passé un important patrimoine culturel avec, notamment, son château, sa cathédrale Saint-Louis et un centre historique remarquable.

## ÉTAT DES LIEUX

Située au cœur du Val de Loire, inscrite au patrimoine mondial de l'Unesco, Blois a obtenu le label « Ville d'art et d'histoire » en 1986. Mais, au seuil du troisième millénaire, la question de la préservation et de la rénovation des quartiers anciens du centre-ville a commencé à se poser.

Particularité locale : dans cette zone, de nombreuses voies étaient pavées. Historiquement, leur apparition date de la fin du XV<sup>e</sup> siècle. Conformément à l'usage local, les pavés blésois étaient en pierre naturelle calcaire (de Beauce, provenant de Pontlevoy ou de Maves-Conan-Pontijou, carrières situées à une vingtaine de kilomètres), très solide et non gélive. En outre, dans les rues anciennes, les caniveaux étaient également en pavés de grès, provenant du nord du département.

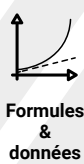
À l'origine, les pavés étaient posés sur un lit de sable et disposés bord à bord. Par la suite, lors de leurs restaurations successives, ils ont souvent été jointés avec du mortier de ciment. Au fil du temps, beaucoup d'aménagements en pavés avaient fini par disparaître ou par être recouverts.

Par ailleurs, datant des années 1970, le plan de circulation nécessitait une révision pour laisser une plus large place aux cyclistes et aux piétons.

En 2012, un diagnostic patrimonial et paysager a été réalisé sur le périmètre concerné. Les principes généraux d'une requalification de l'espace public ont été actés, et une hiérarchisation des phases de travaux a été établie. Dès cette première phase d'étude, les habitants, les usagers, les commerçants, les spécialistes de l'immobilier et les instances municipales ont été consultés lors d'ateliers et de réunions. Puis un comité de pilotage a été créé, réunissant la Fédération blésoise du commerce, de l'artisanat et des services (FBCAS, aujourd'hui les Vitrites de Blois), l'architecte des Bâtiments de France, la Mission Val de Loire, la chambre de commerce et d'industrie ou encore le conseil départemental. Le projet d'Aménagement cœur de ville-Loire (ACVL) voit le jour. Les services techniques de la Ville ont la charge de le concrétiser et de le coordonner.



↑ Blois, quai de la Saussaye, sur la rive droite. La rénovation des trottoirs en béton bouchardé s'est accompagné de travaux d'embellissement. Ici, une fontaine.



Le choix final s'est porté sur un béton base ciment gris CEM II et granulats calcaires locaux, provenant de la carrière de Pontijou, située à 20 km au nord de Blois, et recouvert d'un produit de protection (Pieri Early Protect VBA).

**Le projet d'Aménagement cœur de ville-Loire (ACVL) prévoyait la recomposition totale des voiries et des espaces publics dans leurs géométries, structures, revêtements et destinations et par la mise en valeur du site grâce à l'utilisation de matériaux et de mobiliers urbains qualitatifs.**

## PROJET

Concrètement, le projet ACVL concerne les deux axes majeurs du cœur de ville :

- > l'axe nord-sud, entre la ville haute et la ville basse (depuis le square Victor-Hugo, au pied du château royal, jusqu'à l'extrémité de l'avenue du Président-Wilson, en passant par l'historique pont Jacques-Gabriel) ;
- > l'axe est-ouest, parallèlement aux deux rives de la Loire (rive droite : rue du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny, place de la Résistance et quai de La Saussaye ; rive gauche : quai Villebois-Mareuil, places Rol-Tanguy et de la Libération, quai Amédée-Contant et rue de la Chaîne).

Il doit se traduire par la recomposition totale des voiries et des espaces publics dans leurs géométries, structures, revêtements et destinations et par la mise en valeur du site grâce à l'utilisation de matériaux et de mobiliers urbains qualitatifs.

## OBJECTIFS

Considéré comme la réalisation-phare de la mandature de 2014 à 2020, le projet ACVL a pour suivi trois objectifs affichés :

- > renforcer les dimensions commerciales, touristiques et résidentielles du centre-ville ;
- > l'ouvrir davantage sur la Loire ;
- > l'élargir vers la rive gauche et le quartier Gare, également en pleine mutation.

Sa philosophie générale vise à donner plus de place aux piétons et aux cyclistes au détriment de l'automobile.

## CONCEPTION ET APPELS D'OFFRES

La conception des aménagements urbains a été confiée au bureau d'étude paysagiste blésois Sativa, le reste de la maîtrise d'œuvre étant assuré par les services techniques de la ville de Blois.

Trois appels d'offres ont été lancés successivement en 2014, 2016 et 2017.

## LE CHOIX DU BÉTON

L'alliance de la pierre et du béton, pour les nouveaux aménagements, résulte d'un choix consensuel entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre, en accord avec les architectes des Bâtiments de France (ABF).

Chacun des trois appels d'offres (2014, 2016 et 2017) comportait un lot spécifique « Revêtement béton décoratif » (lot n° 2).

Le premier appel d'offres précisait les points suivants :

- > Choix du ciment : ciment gris de classe 32,5 conforme à la norme NF EN 197-1.
- > Dosage du ciment : 330 kg/m<sup>3</sup> pour les parvis et trottoirs et 350 kg/m<sup>3</sup> pour la voirie.
- > Choix des granulats : granulats calcaires d'origine du Loir-et-Cher, granulométrie 4/10 ou 10/20 (à définir).
- > Granulats de catégorie C III pour les parvis et trottoirs et de catégorie B III pour les voies circulées (celles-ci, souvent des zones de livraison et non de voirie lourde, représentent 5 % des surfaces traitées).
- > Granulats conformes à la norme NF EN 12 620 et classés conformément à la norme NF P 18-545.
- > Béton conforme à la norme NF EN 206/CN.
- > Mise en œuvre du béton : conformément à la norme NF P 98-170.

## LE CHOIX DE LA FINITION : SABLÉ OU BOUCHARDÉ ?

La finition du béton, elle, a fait l'objet d'un arbitrage. « Lors du premier marché en 2014, la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre hésitaient sur la finition de surface des bétons : elles avaient à choisir entre sablé ou bouchardé, explique Jean-Yves Gonidec, le dirigeant de TAE, entreprise chargée de la mise en œuvre du béton décoratif. Deux échantillons de béton 40 x 40 cm étaient exigés avec les dossiers de réponse à l'appel d'offres : l'un sablé, l'autre bouchardé. Après adjudication, plusieurs planches d'essais de 12 m<sup>2</sup> chacune ont été proposées à la maîtrise d'ouvrage avec des granulats de tailles et de carrières diverses, une finition sablée et bouchardée et des produits bouche-pores protecteurs différents. Le choix définitif a été fait par un groupe de travail auquel ont participé le maire de Blois, une partie des membres du conseil municipal, les architectes des Bâtiments de France, la maîtrise d'œuvre, mais aussi les services d'entretien et de nettoyage de la ville. »

Le choix final s'est porté sur un béton base ciment gris CEM II et granulats calcaires locaux, provenant de la carrière de Pontijou, située à 20 km au nord de Blois, et recouvert d'un produit de protection (Pieri Early Protect VBA).

Le béton était fibré de SikaFibres antifissures, non armé, sauf sur la dernière tranche de travaux, où, « après retours d'expériences, des aciers ont été mis en œuvre autour de chaque émergence », précise Jean-Yves Gonidec de TAE.

## LE CHOIX DE L'APPLICATEUR

L'entreprise TAE, connue pour avoir travaillé très régulièrement sur des chantiers de VRD classiques, a soumissionné dès le premier appel d'offres (2014) sur le lot « Revêtement béton décoratif » (lot n°2).

TAE a continué à soumissionner à chaque appel d'offres sur le lot no 2. Elle a été retenue pour chaque tranche de travaux.



▲ Quai Amédée-Contant, rive gauche. En plus de l'installation d'un élégant mobilier urbain, une piste cyclable a été créée.

## MISE EN ŒUVRE

Les travaux ont débuté fin 2014.

### Remise à niveau des réseaux

Préalablement au projet, plusieurs marchés avaient été lancés par la ville de Blois et les concessionnaires de réseaux pour la remise à neuf ou la réfection de tous les réseaux existants : assainissement, eaux usées et eaux pluviales, eau potable, électricité, gaz, télécoms, éclairage public...

### Coordination

Pour la réalisation des plans d'exécution, une étroite coordination a été nécessaire entre les entreprises des lots 1, 2, 3 et 4. Les contrôles et les validations des plans étaient assurés par les services techniques de la ville de Blois.

### Phasage des travaux

Le projet ACVL a connu plusieurs tranches de travaux.

Des plans de phasage en adéquation très précise avec les plannings ont été établis pour permettre un enchaînement des lots le plus efficace possible.

La problématique du maintien de la circulation s'est régulièrement posée, notamment lorsque deux entreprises travaillaient en vis-à-vis, de part et d'autre des chaussées.

### Préparation du fond de forme

Le titulaire du lot n°1 « Voirie » avait pour mission de livrer les fonds de forme aux altimétries prévues pour recevoir les bétons, avec des portances minimales de 50 MPa (PF2 au minimum), et de poser les bordures et les dallages de pierre calcaire de Calminia prévus à son lot.

### Production du béton

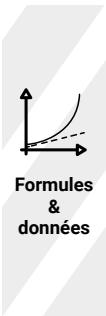
Le béton était produit par la centrale à béton Minier Béton à Blois.



▲ La place de la Résistance (rive droite) est désormais libérée des véhicules en stationnement.



↗ Ombragés et agrémentés de bancs très design, les bords de Loire rénovés ont retrouvé leur agrément.



#### DISPOSITIONS À PRENDRE POUR LIMITER L'OUVERTURE DES JOINTS (voir mémo technique).

- > Réduire le retrait hygrométrique en maintenant la protection du béton pendant sept jours.
- > Réduire le retrait thermique en évitant l'utilisation de granulats siliceux dans la confection du béton.
- > Réduire la longueur des dalles ou réduire l'espacement des joints.

## Coulage

Préalablement, les façades et vitrines étaient protégées par bâchage sur une hauteur de 2 à 3 ml. Les coulages se sont effectués au tapis afin d'avoir une chute verticale du béton sur les fonds de forme. La chute verticale du béton, avec les tapis, plutôt qu'oblique avec les goulottes, permettait d'obtenir une meilleure et plus esthétique mosaïque des granulats après bouchardage. Il s'est aussi avéré que les mises en œuvre étaient moins contraignantes pour les compagnons et que les rendements s'en trouvaient améliorés. Le réglage du béton était ensuite effectué au râteau, à la règle et aussi au stricker, quand les largeurs de mise en œuvre dépassaient 2 ml. Une surépaisseur de quelques millimètres était nécessaire pour permettre un bon travail de bouchardage et pour revenir parfaitement aux côtes et aux pentes prévues au projet. Les rendements obtenus variaient de 120 m<sup>2</sup> à 260 m<sup>2</sup>/j en fonction des largeurs et des contraintes de mise en œuvre, avec une équipe de quatre compagnons.

## Épaisseur

Le marché imposait trois épaisseurs de béton :

- > 12 cm pour les trottoirs.
- > 15 cm pour les parvis.
- > 18 cm pour les voiries.

## Cure

Le béton a été curé à l'Antisol O de chez Sika. « Lors des périodes de fortes chaleurs, pour éviter ou limiter au maximum la fissuration de retrait, la cure était pratiquée plusieurs fois, et ce jusqu'à la tombée de la nuit et l'arrivée de la fraîcheur », commente Jean-Yves Gonidec, le dirigeant de TAE.

## Bouchardage

En fonction des saisons et des températures, les échéances de bouchardage variaient de deux à trois jours, en été, et de sept à huit jours, en hiver.

« Les bouchardages ont été réalisés avec des machines HTC 950 RX, 800 RX, 500, GL 270 et de petites machines manuelles de type Flex, poursuit le dirigeant de TAE. La machine HTC 270 a été achetée pour le chantier afin de permettre le bouchardage de la bande de béton de 30 cm de largeur, entre éléments de pierre. L'évacuation des déchets était gérée par benne, mise en dépôt sur les zones de stationnement, ou par big bag, suivant les configurations des zones de travaux. Chaque zone de travaux de bouchardage était nettoyée quotidiennement à haute pression hydraulique pour livrer aux usagers un chantier propre. »

## Joint de retrait

« Des joints de retrait sciés ont été systématiquement réalisés, indique encore Jean-Yves Gonidec. Au fil des tranches et des années, nous avons resserré leur espacement, car il a été constaté que la formule du béton à base de calcaire local était très sensible au retrait. L'espacement des joints a été fixé sur la première tranche à environ 40 fois l'épaisseur du revêtement en béton, puis réduit à 25 fois l'épaisseur sur la deuxième tranche pour finir à 20 fois l'épaisseur sur la troisième tranche. Ces joints étaient sciés le lendemain, voire le soir même lors des fortes chaleurs, et ils étaient aussitôt remplis d'une barbotine d'eau et de ciment pour assurer une bonne tenue des rives de sciage lors du bouchardage. Lors de la première tranche, ces joints étaient sciés une seconde fois, mais il a été constaté des naissances massives de végétation dedans. Sur les tranches 2 et 3, ces joints sont restés pleins. Cela semble bien convenir et vieillir. »

## Joint de dilatation

Les joints de dilatation ont été simplement réalisés par sciage des dallages en béton sur toutes les épaisseurs mises en œuvre. Ces joints n'ont pas été remplis comme les autres et leur fréquence est d'environ un tous les 30 mètres. « À ce jour, malgré les fortes chaleurs, les ouvrages réalisés se comportent bien », se félicite Jean-Yves Gonidec.

## Relations avec les riverains

La ville de Blois avait mis en place un poste de médiateur pour assurer une communication permanente avec les commerçants et les riverains. Un représentant des commerçants était présent à chaque réunion de chantier pour recevoir et transmettre les informations du chantier.

Préalablement aux phases de coulage, toutes les façades et vitrines ont été bâchées et tous les éléments en pierre ont été protégés par un film Pieri VBA Bio Protector. « Ce produit, très efficace en protection d'ouvrage, a l'inconvénient d'être très glissant. Malgré une signalisation importante, quelques chutes de piétons ont été déplorées », signale Jean-Yves Gonidec.

Lors des phases de coulage des cheminements balisés, des passerelles, des garde-corps et toutes sortes de signalétiques ont été déployés et déplacés quasi quotidiennement en fonction des avancements. Enfin, une surveillance du chantier était assurée continuellement pour éviter toute intrusion de piétons ou d'animaux domestiques sur les bétons frais.

⊕ Consultez le focus technique sur le béton bouchardé en p. 6.



▲ Vue du pont Jacques-Gabriel depuis l'avenue du Président Wilson (rue gauche).

## Météo

« Pendant les fortes chaleurs, des phénomènes impressionnants de tuilage ont été observés. Il arrivait que les angles des dalles se lèvent de plus d'un centimètre. Avec la fraîcheur et les pluies, ces dalles ont repris leur position sans dégradation particulière et ces phénomènes ne se sont plus reproduits », se rappelle le dirigeant de TAE.

## Réception des travaux

Toutes les tranches ont été réceptionnées, sans réserves particulières.

## Entretien

Les services d'entretien de la ville de Blois opèrent un nettoyage hebdomadaire, et deux opérations plus poussées et puissantes sont effectuées annuellement.

## BILAN

« En 2014, l'entreprise TAE n'avait que peu de références dans les bétons décoratifs urbains, résume Jean-Yves Gonidec. La maîtrise d'ouvrage a donc pris le risque de choisir une entreprise, certes locale, mais avec peu d'expérience. Nous nous sommes montrés à la hauteur de cette confiance. Nos bétons vieillissent bien. Ce chantier prestigieux a confirmé notre savoir-faire et a permis à TAE d'acquérir une expérience exceptionnelle. » ■

## EN QUELQUES CHIFFRES

- > 8 ha d'aménagements
- > 16 000 m<sup>2</sup> de béton mis en œuvre sur 4 ans, soit plus de 2 000 m<sup>3</sup>
- > Coût relatif des revêtements en béton par rapport au montant total du chantier hors réseaux : 12 % (1 200 000 € HT contre 10 000 000 € HT)

## LIENS UTILES

- > Ville de Blois  
<https://www.blois.fr>
- > TAE (Travaux d'aménagements extérieurs)  
<https://www.tae37.eu/index.php/fr/>
- > Minier Béton  
<https://www.minier.fr>
- > Ciments Calcia  
[www.ciments-calcia.fr](http://www.ciments-calcia.fr)
- > Eurovia  
<https://www.eurovia.fr>
- > Colas  
<https://www.colas.com>
- > Eiffage Route  
<https://www.eiffageinfrastructures.com/eiffage-route>
- > Infociments Routes  
<https://www.infociments.fr/route>

- > Construit au XIX<sup>e</sup> siècle, l'escalier Denis-Papin (l'inventeur de la machine à vapeur) relie la ville haute et la ville basse de Blois. Il compte cent-vingt marches, interrompues par quatre paliers. D'avril à octobre 2019, pour célébrer le 20<sup>e</sup> anniversaire de l'inscription du Val-de-Loire au patrimoine mondial et en hommage à Léonard de Vinci, ses contremarches ont été décorées du célèbre tableau de la Joconde.





⬆ Avec son allure de granit fraîchement coupé, le béton bouchardé est souvent utilisé pour la voirie légère. Il nécessite l'utilisation d'une bouchardeuse.



⬆ Parvis de l'hôtel de ville de Sorgues (Vaucluse).  
Matériaux utilisés : béton bouchardé sur base de ciment blanc, sable de Bellegarde, semi-concassé 11/22,4 Vergèze, concassé 14/20 « La Môle ».

Maître d'ouvrage : municipalité de Sorgues.

Architecte-concepteur : M. Trouvé, cabinet A et Co.

## Le béton bouchardé

Quelles que soient la taille du projet et la technique de construction, la mise en œuvre d'un revêtement en béton doit être suivie par un traitement de surface. En effet, après la mise en œuvre du béton, la surface du revêtement présente un aspect uni, plein et plan (cf. *schéma 1 - Partie gauche*). On cherche alors à lui conférer des propriétés antidérapantes et un rendu esthétique.

Plusieurs techniques de traitement de surface existent : désactivation, bouchardage, béton imprimé, hydrosablage, etc.

Pour un chantier urbain d'ampleur, tel que celui de l'aménagement du centre-ville de Blois, le traitement de surface retenu a été le bouchardage (cf. *schéma 1 - Partie droite*).

### 1 • Le bouchardage

Cette technique consiste à attaquer la surface du béton durci avec un marteau spécial, la « boucharde », dont la surface de frappe est hérissée de dents pyramidales (« pointes de diamant » ou tungstène). Le procédé est simple : le béton – dont la composition est spécialement étudiée – est coulé en place, réglé, vibré, puis taloché et protégé par un produit de cure, suivant le processus classique de mise en œuvre.

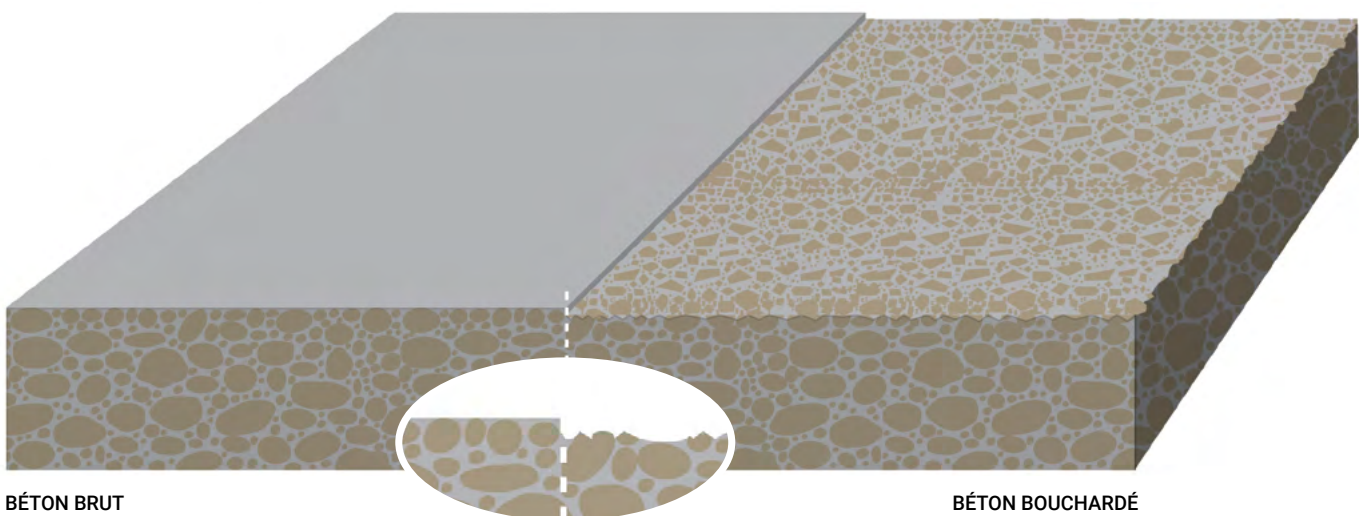
Quand il a suffisamment durci (environ sept jours), il est alors bouchardé avec un appareil pneumatique qui porte les bouchardes. Les reliefs en forme de « pointes de diamant », en frappant la surface, font éclater le mortier du béton et fracturent légèrement les granulats. Cette technique permet, par un choix judicieux des granulats et par une formulation adéquate, d'obtenir des aspects de surface imitant les pierres naturelles. Le bouchardage met particulièrement bien en valeur cet aspect de roche éclatée. En outre, la pâte du béton peut être teintée avec différentes couleurs, telles que le jaune, le brun, le saumon, l'ocre, etc.

Avec son aspect proche de la pierre naturelle taillée, le béton bouchardé donne l'illusion d'un granit fraîchement coupé. Très séduisant, il offre aussi un rendu confortable et adhérent.

Le choix de la dureté, de la taille et de la couleur des granulats est essentiel pour assurer la qualité du rendu.

### 2 • Domaine d'emploi

Voirie légère, voirie circulée, voirie piétonne et piste cyclable.



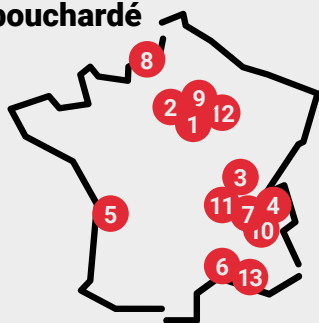
BÉTON BRUT

BÉTON BOUCHARDÉ

⬆ Schéma 1 - Illustration de la surface du béton avant et après le bouchardage.



## Quelques références de chantiers en béton bouchardé



À retrouver sur [specbea.com](http://specbea.com)

### T 50

Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 1 : Conception et dimensionnement

Collection technique, CIMbéton, 2019.

### Les bétons décoratifs

Voiries et aménagements urbains. Tome 1 : Finitions, gestes et techniques

Specbea, 2014.

### T 51

Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 2 : Mise en œuvre

Collection technique, CIMbéton, 2009.

### Les bétons décoratifs

Voiries et aménagements urbains. Tome 2 : Entretien et rénovation

Specbea, 2016.

### T 52

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

Collection technique, CIMbéton, 2007.

### Les bétons décoratifs

Voiries et aménagements urbains. Tome 3 : Les règles de l'art

Specbea, 2019.

### T 53

Espaces urbains en béton désactivé. Conception et réalisation

Collection technique, CIMbéton, 2005.

Direction de la publication : François Redron  
Direction de la rédaction, coordinateur des reportages : Joseph Abdo  
Rédaction en chef : Charles Desjardins

Reportages, rédaction : SCML Médias, Joseph Abdo, Étienne Diemert  
Direction de projet & direction artistique : Fenêtre sur cour / Studio L&T  
Crédits photos : Joseph Abdo/CIMbéton, Charles Desjardins/CIMbéton.

Pour tout renseignement, contacter CIMbéton. 7, place de la Défense 92974 Paris-la-Défense Cedex. Tél. : 01 55 23 01 00 - E-mail : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net)

# LIEUSAIN – SAVIGNY-LE-TEMPLE

## SEINE-ET-MARNE (77)



Béton  
goujonné



15 km, dont  
9,6 en site propre



Seine-et-  
Marne

### PRINCIPAUX INTERVENANTS

#### Maîtrise d'ouvrage

Département de Seine-et-Marne

#### Maîtrise d'œuvre

Département de Seine-et-Marne

#### Entreprises

Eurovia, STRF, TP Goulard, EJJ et Signature

#### Mise en œuvre du béton

Signature

#### Fournisseur du béton

Bétons Vicat, centrale de Moissy-Cramayel  
(Seine-et-Marne)

#### Fournisseur du ciment

Ciment Vicat

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



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

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

## SITUATION

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

## ÉTAT DES LIEUX

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

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

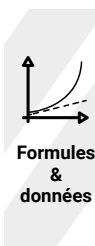
## LA NOUVELLE LIGNE T ZEN 2

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

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



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



Dimensionnement de la structure :

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

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

## Le projet

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

### > Choix du système de transport

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

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

### > Choix du matériau de la structure de chaussée

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

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

- Facilité d'entretien

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

- Esthétique et sécurité

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

- Confort d'usage

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

- Protection de l'environnement

Élaboré localement et utilisant des granulats produits à proximité, le béton est un matériau durable et recyclable, limitant le recours aux transports.

### > Choix de la structure de chaussée

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

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

### > Choix de la finition

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

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

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

### > Choix des entreprises

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

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

### Mise en œuvre

Le chantier débute à l'été 2019.

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

### > Réalisation de la plate-forme support

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

### > Fabrication et transport des bétons BC3 et BC5

La fabrication est confiée à la centrale de béton de Moissy-Cramayel appartenant au groupe BGIE Vicat. Les bétons sont livrés par toupies de 7,5 m<sup>3</sup> qui entament leur rotation à partir de 8 h 30.

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

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

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

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

### > Le bétonnage

#### • Mise en œuvre de la fondation en béton maigre BC3

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

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

#### • Positionnement des goujons

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

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



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

⊕ Consultez le focus technique sur le béton goujonné en p. 6.

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

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

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

Pour la couche de roulement en BC5, entre 130 m<sup>3</sup> et 230 m<sup>3</sup> de béton sont mis en œuvre quotidiennement, en fonction notamment de la météo. Avancement : environ 300 ml par jour à la machine et 50 ml à la règle vibrante. Le chantier respecte des obligations environnementales précises, avec notamment l'interdiction de provoquer des ruissellements d'eaux souillées.



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



#### • Installation des fers de liaison

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

#### • Joints

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

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

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

#### • Traitement de surface

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

#### • Garnissage des joints

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

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



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

### > Marquage et signalisation

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

### > Conditions météo

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

### > Fin de chantier

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

## BILAN

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

## EN QUELQUES CHIFFRES

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

## LIENS UTILES

### > Conseil départemental de Seine-et-Marne

<https://www.seine-et-marne.fr>

### > Conseil général de l'Essonne

<https://www.essonne.fr>

### > Eurovia

<https://www.eurovia.fr>

### > Signature

<http://www.groupe-signature.com/fr>

### > Béton Vicat

<https://www.vicat.fr>

### > Infociments Routes

<https://www.infociments.fr/route>

▼ Structurante, la nouvelle ligne comptera 26 stations et sera en correspondance avec le RER D, la ligne R, le T Zen 1 et les lignes de bus existantes.

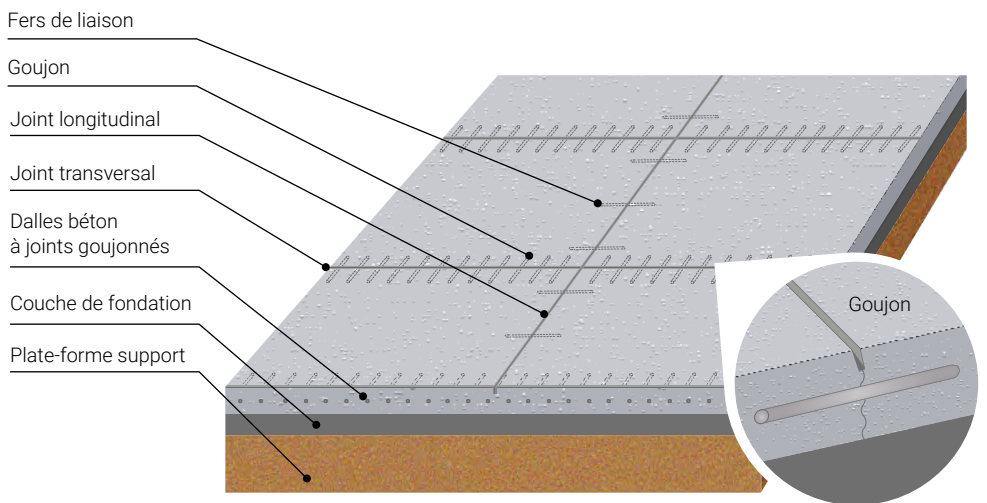


## Concept de dalles goujonnées BCg

### 1 • Qu'est-ce qu'une dalle goujonnée BCg ?

La dalle goujonnée est un revêtement de chaussée en béton de ciment qui comporte, au droit des joints, des goujons disposés à cheval sur le joint, en général à mi-épaisseur de la dalle béton (cf. schéma 1).

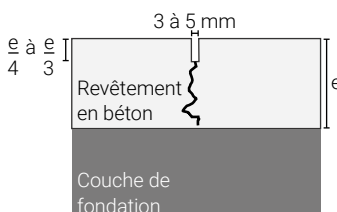
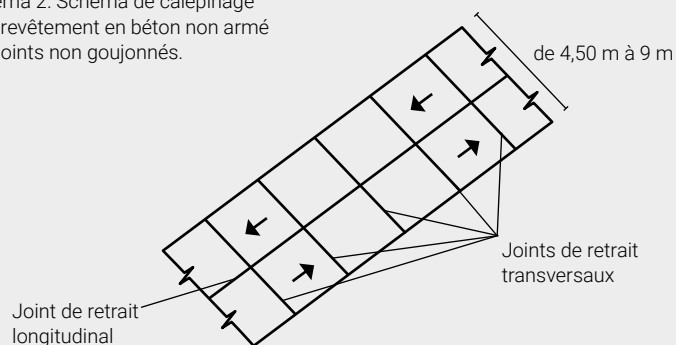
➤ Schéma 1. Schéma de calepinage d'un revêtement en béton non armé et à joints goujonnés.



### 2 • Pourquoi le revêtement en dalles à joints goujonnés ?

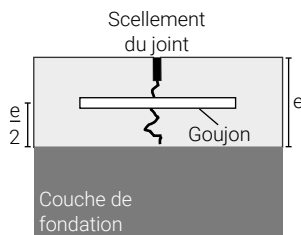
Excepté les revêtements en béton armé continu (BAC), où le retrait du béton est contrôlé et organisé par les armatures longitudinales continues placées à mi-hauteur du béton (cf. *focus technique pages 8 et 9*), les revêtements non armés doivent faire l'objet d'un schéma de calepinage de joints afin de contrôler et de gérer le retrait du béton. Ces revêtements sont donc constitués d'une ou de plusieurs bandes de béton, séparées par des joints longitudinaux parallèles à l'axe de la chaussée et entrecoupées par des joints transversaux perpendiculaires à l'axe de la chaussée (cf. schéma 2).

➤ Schéma 2. Schéma de calepinage d'un revêtement en béton non armé et à joints non goujonnés.



⤴ Schéma 3. Schéma d'un joint de retrait non goujonné, illustrant bien la fissure de retrait en dessous du joint et l'engrènement des lèvres de la fissure.

On appelle « dalle » toute section de bande comprise entre deux joints transversaux. Dans ces revêtements, le transfert des charges, au niveau des joints, est assuré par l'emboîtement des lèvres des fissures et par l'engrènement des gros granulats (cf. schéma 3).



▲ Schéma 4. Schéma illustrant un joint de retrait équipé de goujon.

Dans le cas de revêtements en béton, appelés à supporter un trafic lourd important et sur une longue durée, les joints doivent être équipés de goujons, disposés à mi-épaisseur de la dalle et à cheval sur le joint. Leur rôle est d'assurer le transfert d'effort tranchant aux joints, d'abord en combinaison avec les plus gros granulats du béton et ensuite seuls, dès que l'engrènement par les gros granulats devient insuffisant du fait du retrait du béton et de l'usure de ces granulats dans le temps. Ils permettent ainsi de conserver l'alignement horizontal et vertical des dalles. En outre, ces goujons ne doivent pas induire d'efforts mécaniques de traction dans le béton lors des mouvements horizontaux des dalles liés aux phénomènes de contraction ou d'allongement par effets thermiques ou hydriques. Ils doivent donc pouvoir glisser librement dans leur logement. Pour garantir cette possibilité, les goujons sont lisses, rectilignes, sans aspérités aux extrémités et enduits d'une fine couche de produit bitumineux ou plastique (une couche trop épaisse annule le rôle du goujon). Le système joint-goujons est donc un élément structural primordial vis-à-vis de la durabilité de ces structures (cf. schéma 4).

## Les goujons

Ce sont des barres en acier lisse, de nuance supérieure ou égale à Fe E 235 MPa, plastifiées ou enduites pour faciliter le glissement du béton, positionnées à la fibre neutre, à cheval sur le joint de chaussée en béton et perpendiculairement à celui-ci, afin d'assurer le transfert de charge tout en permettant la dilatation du béton. Les spécifications des goujons doivent être conformes à la norme NF EN 13877-3. Les dimensions des goujons (diamètre et longueur) utilisés en construction routière et leurs espacements sont donnés dans le tableau B.1 de l'Annexe B informative de la norme française NF P 98 170.



## 3 • Typologie des structures en dalles goujonnées

En fonction de la destination et du trafic, les structures en dalles béton à joints goujonnés peuvent être :

- > Sans fondation : le revêtement en béton à joints goujonnés est posé directement sur la plateforme support.
- > Avec fondation : la couche de fondation peut être, selon les conditions du projet, soit une couche granulaire, soit une couche en grave-liant hydraulique, soit une couche en béton maigre (BC2 ou BC3), soit une couche en béton compacté BCR, soit une couche en grave-bitume. Dans ce dernier cas, la structure est désignée comme « chaussée composite en dalles goujonnées ».

## 4 • Traitement de surface

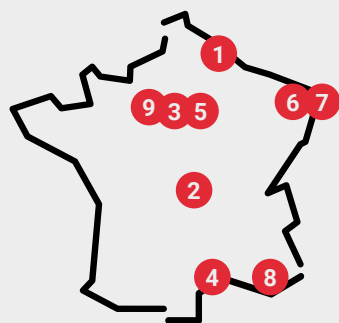
Pour conférer au béton les qualités d'adhérence et d'esthétique voulues, plusieurs techniques de traitement de surface sont envisageables : béton balayé, béton désactivé, béton sablé, béton bouchardé, béton coloré, béton hydrogommé, béton poncé.

## 5 • Domaines d'emploi

Le revêtement en dalles béton à joints goujonnés est utilisé dans la réalisation des plates-formes de bus, des carrefours giratoires, des aires de stationnement pour poids lourds sur les aires de repos, des aires de stationnement aéroportuaires, des routes départementales, des routes nationales et des autoroutes.



## Quelques références



### T 59

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

### Bus à haut niveau de service BHNS & tramway sur pneus

La plate-forme en béton :  
un vrai choix d'avenir  
CIMbéton, SNBPE, 2016.

### Autres références

#### ■ Bus à haut niveau de service

Concept et recommandations  
Certu, Gart, Inrets, UTP, 2005.

#### ■ Bus à haut niveau de service

Du choix du système à sa mise en œuvre  
Certu, Gart, Inrets, Cete, UTP, 2009.

#### ■ Transport collectif en site propre

Les solutions béton  
SNBPE, 2011.

■ Direction de la publication : François Redron  
■ Direction de la rédaction, coordinateur des reportages : Joseph Abdo  
■ Rédaction en chef : Charles Desjardins

■ Reportages, rédaction : SCML Médias, Joseph Abdo, Étienne Diemert  
■ Direction de projet & direction artistique : Fenêtre sur cour / Studio L&T  
■ Crédits photos : CIMbéton, Tzen2, Conseil général de Seine-et-Marne, Signature, Vicat.

Pour tout renseignement, contacter CIMbéton. 7, place de la Défense 92974 Paris-la-Défense Cedex. Tél. : 01 55 23 01 00 - E-mail : centrinfo@cimbeton.net

# AULNAY-SOUS-BOIS

## SEINE-SAINT-DENIS (93)



#mieuxcirculer #mieuxvivre #chantier #bétonbiomécanique #pistecyclable



Béton  
biomécanique



2 319 m<sup>2</sup>



Seine-  
Saint-Denis

### PRINCIPAUX INTERVENANTS

#### Maîtrise d'ouvrage

Département de la Seine-Saint-Denis

#### Maîtrise d'œuvre

Département de la Seine-Saint-Denis

#### Mise en œuvre du béton

Eurotech Floor

#### Fournisseur du béton

Béton Lafarge

#### Fournisseur du ciment

Lafarge Ciments

**PHOTO D'OUVERTURE :** La piste cyclable réalisée début 2020 par Eurotech Floor à Aulnay-sous-Bois.



7, place de la Défense  
92974 Paris-la-Défense Cedex  
Tél. : 01 55 23 01 00  
E-mail : centrinfo@cim beton.net

**Soucieux de développer les « mobilités douces », le département de la Seine-Saint-Denis souhaite devenir « 100 % cyclable d'ici à 2024 », année des Jeux olympiques de Paris. Il a lancé un ambitieux programme de construction, marché sur lequel les entreprises du béton décoratif sont bien placées. Exemple avec Eurotech Floor et son concept de béton « biomécanique ».**

## SITUATION

Aulnay-sous-Bois (Seine-Saint-Denis) se situe au nord-est de Paris, à une demi-heure de voiture de la capitale et à 5 km de l'aéroport Roissy-Charles-de-Gaulle. La ville compte 90 000 habitants. Autour du centre ancien (quartier du Vieux-Pays), le sud de l'agglomération accueille des quartiers pavillonnaires, tandis que le nord est occupé par des grands ensembles (notamment le quartier de la Rose-des-Vents, ex-« cité des 3 000 »), des zones industrielles (ancienne usine PSA, parc d'activités Garonor, centre commercial O'Parinor, soit 30 % de l'espace urbain) et des espaces naturels (dont le parc départemental du Sausset et le parc Robert-Ballanger, qui occupent 15 % du territoire de la commune).

## SCHÉMA DIRECTEUR DES ITINÉRAIRES CYCLABLES

La Seine-Saint-Denis et la ville d'Aulnay aiment le vélo... Et elles le prouvent !

En septembre 2020, le conseil départemental a adopté un « plan vélo » très ambitieux. Il doit permettre au 93 de devenir « 100 % cyclable d'ici à 2024 », année des Jeux olympiques de Paris. Pour y parvenir, un investissement de 150 millions d'euros a été voté. Il va servir à concrétiser pas moins de 324 projets en cours sur 250 km de voies à aménager. Parallèlement, le département souhaite « développer une culture du vélo au sein de la population ». Pour cela, une organisation spécifique va être mise en place avec pour objectif de « faire du vélo le principal mode de transport du département ».

« Cette stratégie 100 % cyclable est le fruit d'un long travail d'analyse pour concevoir des projets adaptés à chaque route du territoire, explique Stéphane Troussel, le président du conseil départemental. Le travail partenarial engagé depuis des années avec les communes, les établissements publics territoriaux, mais aussi les associations de cyclistes, sera encore renforcé pour assurer le meilleur maillage possible partout en Seine-Saint-Denis. Notre engagement pour le vélo, moyen de transport propre et économique, a gagné en ampleur cette année et ne cessera de croître, jusqu'à ce que toute personne qui le souhaite puisse se déplacer en vélo en toute sécurité dans le département. »

## ÉTAT DES LIEUX

En 2019, dans le cadre du Plan Mobilité durable du département, 21 km de pistes cyclables avaient déjà vu le jour dans le 93. Début 2020, un autre projet a été réalisé à Aulnay-sous-Bois, le long de l'avenue Suzanne-Lenglen. Un choix logique pour une ville qui a manifesté très tôt son intérêt pour ce mode de locomotion, puisqu'elle s'est dotée d'un schéma directeur des itinéraires cyclables dès 2012.

## LE PROJET

Le projet « Suzanne-Lenglen » consistait à prolonger une piste cyclable (2,50 m de large) et une piste piétonne (1,50 m) déjà existantes sur un linéaire de 600 ml, avec une pente de 2 % en travers.

Dans ce cas précis, l'ouvrage était à réaliser entre deux espaces verts, à proximité immédiate de végétaux réimplantés dans une terre naturelle et apportée sur place. Outre les fonctionnalités, l'objectif du choix des matériaux et de leur agencement était de donner une unité et une image qualitative à l'ensemble du projet du chemin des Parcs.

### Choix du matériau de la structure de chaussée

Solution déjà retenue pour la piste cyclable existante, le béton s'impose, sans concurrence, notamment pour sa solidité et son esthétique.

### Choix de la structure de chaussée

Le nouveau cheminement est strictement réservé aux piétons et aux cyclistes. Il n'est pas destiné au trafic de véhicules. La structure est donc constituée d'un revêtement en béton d'épaisseur 12 cm, coulé directement sur une plate-forme support en grave naturelle calcaire 0/31,5, d'épaisseur 15 cm, de portance PF2 (module EV2 compris entre 50 MPa et 80 MPa).

### Choix de la finition en béton « bouchardé-piqué » ocre clair et gris clair

#### > Couleur

Conformément à la demande de la Région, deux teintes de béton sont proposées pour différencier les cheminements piétons et cycles :

- La piste cyclable bidirectionnelle, d'une largeur de 2,5 m, est traitée avec des matériaux ocre clair.
- La bande piétonne, d'une largeur de 1,5 m, est traitée avec des matériaux de couleur gris clair. Cette teinte permet l'harmonisation avec l'enrobé des trottoirs et des carrefours existants.

#### > Finition

Pour le traitement de surface, le conseil départemental innove par rapport à l'ouvrage existant en retenant une finition piquée, proche du bouchardage, mais permettant d'obtenir une surface plus régulière, tout en offrant une bonne adhérence. Esthétiquement, le changement est peu notable.

### Choix de l'entreprise

Dans le cadre d'un marché annuel d'entretien et de poursuite des travaux, le chantier est confié à la Société nouvelle de travaux publics et particuliers (SNTTP), basée à Fontenay-sous-Bois (Val-de-Marne). L'entreprise Eurotech Floor, originaire de la Seine-Saint-Denis (Neuilly-sur-Marne), est retenue pour la réalisation du revêtement en béton. Une première pour cette société et un choix en accord avec la dimension environnementale du projet, qui s'accompagnait de la création d'une promenade plantée. « Chez Eurotech Floor, nous avons fait le choix d'une forte sensibilité à l'environnement en développant une approche que nous avons baptisée "biomécanisation" », explique Marjorie Debonnaire, responsable des opérations commerciales au sein de l'entreprise présidée par Dany Baptista. Membre du Specbea et spécialisée dans les bétons décoratifs au sol, en intérieur comme en extérieur, la société développe de nouveaux procédés « sans produits chimiques et sans rejet » pour réduire l'impact de ses chantiers. « Nous avons mis en œuvre des techniques et des approches innovantes, respectueuses de cette dimension "verte". »

## MISE EN ŒUVRE

Le chantier s'est déroulé du troisième trimestre 2019 au premier trimestre 2020.

Il a débuté par une phase de terrassement et de travaux sur les réseaux, suivie de l'installation de candélabres et de nombreuses interventions VRD réalisés par l'entreprise SNTTP (apport de terre végétale, plantations) visant à créer la promenade plantée.

### Réalisation de la plate-forme support

Sur un fond de forme bien nivelé et compacté, l'entreprise SNTTP a mis en œuvre une couche de forme en grave naturelle calcaire 0/31,5, d'épaisseur 15 cm dans le but d'atteindre le niveau de portance PF2, exigé par le maître d'œuvre.



▲ La carte des pistes cyclables existantes et en cours de réalisation en Seine-Saint-Denis.



▲ Les deux finitions de béton : ocre clair à gauche et gris clair à droite.

**Le coulage du béton a été effectué dans un laps de temps très court : une journée pour le béton gris et une autre pour le béton jaune, soit 2 319 m<sup>2</sup> mis en œuvre en deux jours.**



Formules  
&  
données

Le béton est fourni par la centrale BPE Lafarge de Pantin. Il a été réalisé avec du ciment Lafarge 25/30. Il s'agit d'un BC3 (classe de trafic inférieure à 150 PL/j/sens) Artevia Roche Tolbiac D22 ocre taupe, sans colorant pour la version grise) et coloré avec la référence jaune de Lafarge, dosée à 4 kg/m<sup>3</sup>. Le granulat est un 8/22 silico-calcaire concassé.



▲ Le tirage du béton au rouleau Striker. Il n'a pas été vibré pour ne pas faire descendre le granulat, qui doit rester en surface pour le bon aspect visuel de la finition piquée.



▲ Les joints de retrait-flexion ont été réalisés le lendemain du coulage par sciage sur un tiers de l'épaisseur du béton, tous les 3 ml (piste cyclable) et tous les 1,5ml (voie piétonne).

⊕ Consultez le focus technique sur les pistes cyclables en p. 6.

## Phasage du bétonnage

La piste piétonne a été coffrée des deux côtés, puis coulé en une seule fois. Ensuite, Eurotech Floor a décoffré la piste piétonne pour coffrer la périphérie de la piste cyclable. Celle-ci a été coulée en une seule fois. La jonction entre les deux teintes de béton est matérialisée par un joint de construction qui sera scié pour délimiter les deux zones.

## Coffrage

Le chantier, très linéaire (à l'exception du contournement d'un des trois massifs en béton soutenant un pylône électrique), a nécessité la pose de 1 800 ml de coffrage (3 x 600 ml).

## Fabrication du béton

Le béton est fourni par la centrale BPE Lafarge de Pantin. Il est réalisé avec du ciment Lafarge. Pour confectionner le béton jaune destiné à identifier la piste cyclable, plusieurs planches d'essais sont réalisées afin d'être en parfaite conformité avec l'existant, tant du point de vue de la couleur que du granulat.

Le béton retenu est un béton de chaussée de catégorie BC3, suffisant pour un revêtement d'une piste cyclable, non autorisé à la circulation des véhicules et des poids lourds

- pour la version grise : l'Artevia Roche Tolbiac D22 ocre taupe, sans colorant.
- pour la version jaune : l'Artevia Roche Tolbiac D22 ocre taupe, coloré avec la référence jaune de Lafarge, dosée à 4 kg/m<sup>3</sup>.

Le granulat est un 8/22 silico-calcaire concassé.

## Transport du béton

Le béton est livré par toupie sur le chantier.

## Bétonnage

Livré à la pompe (flèche 24/28 m), le béton est fibré et a une consistance S3.

Outre la sensibilité environnementale, les conditions particulières de la mise en œuvre du béton constituent les deux autres singularités de ce chantier.

### > Contrainte de durée de mise en œuvre

« La réalisation des bétons décoratifs au sol se fait à la fin du chantier, lorsque toutes les entreprises (VRD, éclairage, terre végétale, etc.) ont terminé leurs travaux, détaille Marjorie Debonnaire. Les différents aléas de chantier compriment bien souvent les délais pour l'applicateur de béton qui arrive à la fin. Eurotech Floor a dû s'adapter à ces contraintes pour ouvrir cette piste en accélérant ces temps d'exécution. La biomécanisation avec une machine de grande envergure (1,50 m de diamètre) nous a permis d'être plus rapides pour la réalisation de la finition piquée et de rendre le chantier à ses utilisateurs. » Le coulage du béton a été effectué dans un laps de temps très court. À savoir : une journée pour le béton gris et une autre pour le béton jaune. Cette contrainte de planning a imposé la mise en œuvre de 2 319 m<sup>2</sup> de béton en deux jours, avec des coulages se déroulant durant huit ou neuf heures, avec roulement des équipes, pour quatre compagnons. « Un coulage express », commente Marjorie Debonnaire d'Eurotech Floor.

### > Contrainte de sécurité

Les voies piétonne et cycliste en construction se situaient à l'aplomb d'une ligne à haute tension. La présence de cette dernière rendait délicate l'utilisation d'une pompe à béton, dont l'usage était pourtant impératif compte tenu des difficultés d'accès. « Le problème a été résolu par l'utilisation de détecteurs de lignes électriques, dotés d'alarme, pour empêcher la création d'un arc électrique en cours de coulage », explique Marjorie Debonnaire.

### > Épaisseur

Les bétons gris et jaune ont été mis en œuvre directement sur la plate-forme support, sur une épaisseur de 12 cm, en accord avec la norme pour les voies piétonnes et cyclables.

### > Lissage

Le béton a été tiré au rouleau Striker et n'a pas été vibré pour ne pas provoquer la ségrégation du béton, qui doit rester en surface pour le bon aspect visuel de la finition piquée.

### > Joints

Des joints de dilatation munis de plats métalliques, avec une fourrure compressible de 2 cm de large, ont été posés avant le coulage tous les 30 ml et sur toute la hauteur du béton. Le garnissage s'est effectué après la finition du béton.

Des joints de retrait-flexion ont été réalisés le lendemain du coulage par sciage sur un tiers de l'épaisseur du béton, tous les 3 ml (piste cyclable) et 1,5 ml (voie piétonne). Pour ne pas épaufrer les bords, ils ont été remplis avec un coulis à prise accélérée avant la réalisation de la finition piquée. Ils ont été ensuite rouverts par sciage.

#### > Réouverture à la circulation

Les futures voies piétonne et cyclable ont été rapidement rouvertes à la circulation des vélos, minimisant la gêne pour les usagers, notamment à proximité d'une station de bus.

#### Finition

Un mois s'est écoulé avant le traitement de surface en finition piquée.

Cette finition permet de décaper à la fois la couche de laitance en surface et de réaliser une accroche antidérapante par le piquage de la surface. Avec cette finition, on entre un peu plus dans la matière du béton pour dévoiler le granulat sans le déchausser.

Pour la réaliser, Eurotech Floor a utilisé une machine dite « biomécanique », qu'elle a conçue et spécialement mise au point. « C'est une machine sur laquelle s'installe un compagnon qui la télécommande, commente Marjorie Debonnaire. Elle est équipée d'outils diamantés que nous avons adaptés pour la finition piquée comme une bouchardeuse. Elle aspire la poussière produite, sans utilisation d'eau. Les résidus sont récupérés dans des sacs, puis évacués en décharge ou réutilisés dans les fonds de forme ou dans les sous-couches des coulages ultérieurs. Dans la mesure où cette machine pèse environ deux tonnes, il faut attendre que le béton ait atteint une résistance à la pression d'au moins 20 MPa pour la mettre en œuvre. Elle fonctionne grâce à un moteur électrique alimenté par un groupe électrogène. Outre le conducteur de l'engin, deux autres compagnons interviennent. Ce nouvel outil résume bien notre démarche : des chantiers plus respectueux pour la nature et pour les hommes, grâce à une double approche environnementale et ergonomique. C'est notre concept de "biomécanique". »

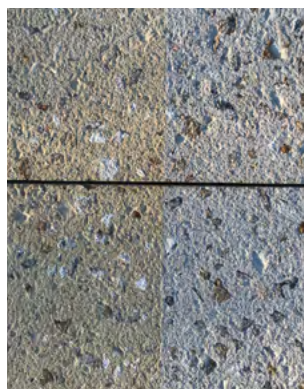
Quatre jours ont été nécessaires pour réaliser la finition piquée.

#### Marquage et signalisation

Sur une partie de la nouvelle voie, des bandes structurantes en pavés gris anthracite signalent le contournement des pylônes à haute tension ou marquent les passages piétons. Les pistes disposent d'un marquage et d'une signalétique spécifiques.



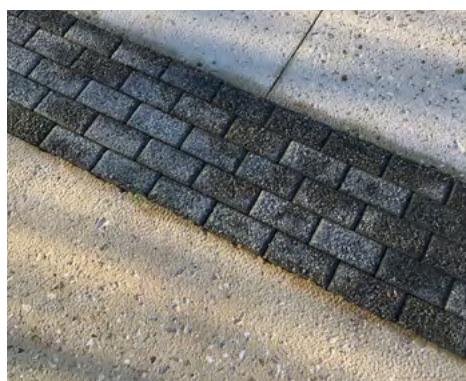
⤴ La voie piétonne (de couleur grise) et la piste cycliste (de couleur jaune).



⤴ La ligne à haute tension surplombant la piste cyclable et la bande piétonne.



⤴ Le chantier, très linéaire a nécessité la pose de 1 800 ml de coffrage (3 x 600 ml).



⤴ Une bande structurante en pavé.



⤴ La piste cyclable et la bande piétonne ont été rapidement ouvertes à la circulation.

## Conditions météo

Bien qu'il ait été réalisé en hiver, le chantier de la voie Suzanne-Lenglen n'a pas été perturbé par les conditions météo.

## BILAN

Achévé juste avant le confinement contre le Covid-19, ordonné par le gouvernement du 17 mars au 11 mai 2020, le chantier de la voie Suzanne-Lenglen à Aulnay-sous-Bois est symbolique à plusieurs égards : il concrétise l'entrée du département de la Seine-Saint-Denis dans l'ère du « 100 % cyclable » et il souligne la capacité des entreprises spécialisées dans le béton décoratif à développer une offre attrayante sur ce marché prometteur aux exigences environnementales fortes. Des perspectives d'avenir « gagnantes-gagnantes ». ■

## EN QUELQUES CHIFFRES

- > **Superficie** : 2 319 m<sup>2</sup>.
- > **Candélabres** : 33
- > **Arbres** : 72 dont 30 déjà plantés
- > **Végétalisation** : 3 750 m<sup>2</sup> de prairie fleurie et une bande de 1 m de pelouse de trèfle le long de la piste cyclable, de part et d'autre.

## LIENS UTILES

- > **Conseil départemental de Seine-Saint-Denis**  
[www.seinesaintdenis.fr](http://www.seinesaintdenis.fr)
- > **Eurotech Floor**  
[www.eurotechfloor.fr](http://www.eurotechfloor.fr)

- > **LafargeHolcim**  
[www.lafarge.fr/lafargeholcim-en-france](http://www.lafarge.fr/lafargeholcim-en-france)
- > **Infociments Routes**  
<https://www.infociments.fr/route>

➤ L'ouvrage a été réalisé entre deux espaces verts, à proximité immédiate de végétaux réimplantés dans une terre naturelle.



## Points essentiels pour une bonne conception des pistes cyclables et voies vertes

### 1 • Les joints

Excepté le Béton Armé Continu où le retrait du béton est contrôlé par l'utilisation d'une nappe d'armatures longitudinales (cf. Focus de Routes Info # 05), les revêtements en béton non armés nécessitent, pour maîtriser le retrait du béton, de réaliser des joints dont le but est de localiser la fissuration de retrait du béton (phénomène inévitable) de manière précise et déterminée à l'avance et de réduire ainsi les sollicitations dues au retrait et au gradient thermique. Il est réalisé en créant dans le revêtement une discontinuité totale sur toute la hauteur du revêtement (cas du joint de construction et du joint de dilatation) ou une entaille qui matérialise un plan de faiblesse selon lequel le béton est amené à se fissurer sous l'action des contraintes de traction par flexion (cas du joint de retrait). En fait, une voirie en béton se présente comme une succession de dalles séparées par des joints ou des joints/fissures. La réalisation correcte des joints est donc une condition essentielle à la pérennité de la voirie.

#### 1.1/ Les différents types de joints

On distingue trois grandes familles de joints : les joints de retrait/flexion, les joints de construction et les joints de dilatation.

##### 1.1.1/ Joints de retrait/flexion

Leur rôle est de réduire les sollicitations dues au retrait du béton et au gradient de température. Ils sont réalisés en créant à la partie supérieure du revêtement, une saignée ou une entaille qui matérialise un plan de faiblesse selon lequel le béton est amené à se fissurer sous l'action des contraintes de traction ou flexion. Ces joints doivent avoir une profondeur comprise entre un quart et un tiers de l'épaisseur du revêtement et une largeur comprise entre 3 et 5 mm (cf. schéma 1).

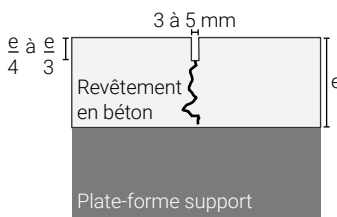
L'espacement optimal des joints dépend du retrait du béton, des caractéristiques de friction de l'infrastructure et de l'épaisseur du revêtement. Le transfert de charges aux droits des joints est d'autant mieux assuré que leur espacement est réduit.

Toutefois, l'expérience et la pratique ont permis d'établir une corrélation directe entre l'espacement des joints et l'épaisseur du revêtement. Le tableau 1 présente les espacements recommandés en fonction des épaisseurs de la dalle en béton.

En outre, les joints de retrait/flexion nécessitent, dans certains cas, d'être goujonnés. Les goujons ont pour rôle d'améliorer le transfert des charges aux droits des joints de retrait/flexion. Les goujons sont conformes à la norme NF EN 13877-3. Leurs dimensions et leurs espacements, fonction de l'épaisseur du revêtement, sont donnés dans le tableau B.2 de l'Annexe B de la norme NF P 98 170.

##### 1.1.2/ Joints de construction

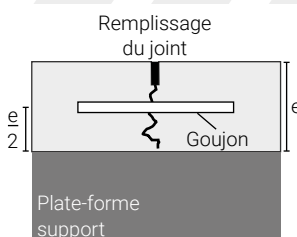
Ils sont réalisés après chaque arrêt de bétonnage supérieur à une heure. La dalle est retaillée à 90°, pour obtenir un bord franc, et solidarisée avec la coulée de béton suivante, à l'aide de goujons (cf. schéma 2). Dans le cas où un revêtement est mis en œuvre en plusieurs bandes, un joint de construction doit correspondre obligatoirement à un joint de retrait / flexion dans la bande adjacente.



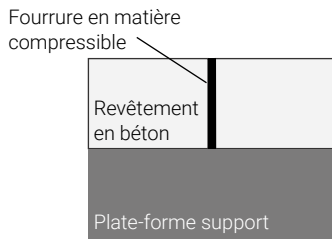
▲ Schéma 1. Schéma d'un joint de retrait / flexion.

Épaisseur du revêtement en béton (cm)	Espacement des joints de retrait/flexion transversaux (m)
12	3,00
14	3,50
16	4,00
18	4,50
20 ou plus	5,00

▲ Tableau 1. Espacement des joints de retrait / flexion en fonction de l'épaisseur de la dalle.



▲ Schéma 2. Schéma d'un joint de construction goujonné.



↑ Schéma 3. Schéma d'un joint de dilatation.

### 1.1.3/ Les joints de dilatation

Leur rôle est de compenser les variations dimensionnelles des dalles, dues essentiellement à l'élévation de la température. Ils sont requis dans le cas où le bétonnage est réalisé en période hivernale (température ambiante comprise entre 5°C et 20°C au moment de la mise en œuvre du béton) ou dans certains cas particuliers pour séparer complètement la dalle des équipements fixes comme les regards, les socles de lampadaire, les bâtiments, les approches d'ouvrages d'art, les virages à faible rayon de courbure, etc. (cf. *Note de calcul des joints de dilatation dans le Mémo technique figurant en Annexe de ce Routes Info*).

Ils constituent une interruption totale du revêtement sur toute son épaisseur. La saignée est remplie d'une fourrure en matière compressible dont l'épaisseur est comprise entre 10 et 20 mm (cf. *schéma 3*). Un soin particulier doit être accordé à la réalisation de ces joints. Ces joints peuvent être équipés de goujons.

## 2 • Le dimensionnement

Pour une piste cyclable en béton construite en site propre, il n'y a pas en principe de trafic poids lourds ni véhicules légers (les vélos ne comptent pas) et son dimensionnement est alors fixée au minimum d'épaisseur des revêtements béton, soit 12 cm. Mais il ne faut pas perdre de vue que, dans sa conception, une piste cyclable peut être appelée à supporter occasionnellement le passage des véhicules de service ou d'intervention et, en certains points particuliers (croisements avec des voies d'accès à des habitations, à des usines, etc.), un trafic d'accès permanent. Le dimensionnement d'une piste cyclable doit donc tenir compte de ces particularités.

### 2.1/ Choix de la classe de trafic

Nous distinguons deux domaines :

- En section courante, une piste cyclable ne devrait en principe subir que le passage des vélos (Trafic véhicules ou poids lourds est considéré nul) ou éventuellement le trafic des véhicules de service (trafic véhicules ou poids lourds est occasionnel T7).
- En situation de croisement avec des voies d'accès, une piste cyclable est amenée à subir un trafic permanent dont l'intensité peut varier en fonction de la zone desservie (Trafic T7, T6, T5). En ces points particuliers, la piste cyclable sera dimensionnée comme une structure routière.

### 2.2/ Détermination de l'épaisseur

Le dimensionnement a été mené en considérant les hypothèses de calcul suivantes :

- période de service : 20 ans ;
- taux de croissance annuel du trafic : 0 % ;
- béton classe BC5 (pour une piste cyclable circulée).

Le tableau 2 constitue une fiche de structures-types pour les pistes cyclables en béton.

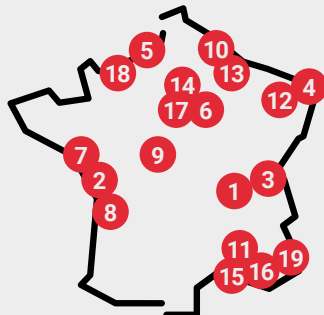
➔ Tableau 2. Dimensionnement des pistes cyclables en béton.

Nota : Pour une couche de roulement circulée, réalisée avec un béton de classe BC4, il convient d'ajouter 2 cm aux valeurs figurant dans le tableau 2.

Epaisseur du revêtement en béton				
Portance de la plate-forme support	Pistes cyclables non autorisées au trafic de véhicules et de poids lourds. Aucun trafic de Poids Lourds ou de véhicules	Pistes cyclables autorisées à la circulation des poids lourds (P.L) ou de véhicules (Vh) ou en situation de croisement avec des voies d'accès circulées par des poids lourds ou des véhicules (tous véhicules)		
		T7 1 à 2 P.L./j ou 0 à 40 Vh/j	T6 3 à 10 P.L./j ou 41 à 150 Vh/j	T5 11 à 25 P.L./j ou 151 à 750 Vh/j
PF1	12 cm	22 cm	23 cm	24 cm
PF2	12 cm	20 cm	21 cm	22 cm
PF2qs	12 cm	18 cm	19 cm	20 cm
PF3	12 cm	16 cm	17 cm	18 cm



## Quelques références de chantiers pistes cyclables en béton



### T 50

Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 1 : Conception et dimensionnement

Collection technique, CIMbéton, 2019.

### T 51

Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 2 : Mise en œuvre

Collection technique, CIMbéton, 2009.

### T 52

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

Collection technique, CIMbéton, 2007.

### T 53

Espaces urbains en béton désactivé. Conception et réalisation

Collection technique, CIMbéton, 2005.

### T 57

Voiries et aménagements urbains en béton. Revêtements et structures réservoirs

Collection technique, CIMbéton, 2007.

### T 67

Aménagements décoratifs en matériaux naturels stabilisés aux liants hydrauliques. Caractéristiques techniques et règles de bonne pratique

Collection technique, CIMbéton, 2008.

### T 69

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

Collection technique, CIMbéton, 2019.

### Les bétons décoratifs

Voiries et aménagements urbains Tome 3 : Les règles de l'art

Specbea, 2019.

### Liens utiles

- [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)
- [www.specbea.com](http://www.specbea.com)
- [www.snbpe.org](http://www.snbpe.org)
- [www.idrrim.com](http://www.idrrim.com)
- [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)
- [www.af3v.org](http://www.af3v.org)

■ Direction de la publication : François Redron  
■ Direction de la rédaction, coordinateur des reportages : Joseph Abdo  
■ Rédaction en chef : Charles Desjardins

■ Reportages, rédaction : SCML Médias, Joseph Abdo, Étienne Diemert  
■ Direction de projet & direction artistique : Fenêtre sur cour / Studio L&T  
■ Crédits photos : CIMbéton, Eurotech Floor et Conseil départemental de Seine-Saint-Denis.

Pour tout renseignement, contacter CIMbéton. 7, place de la Défense 92974 Paris-la-Défense Cedex. Tél. : 01 55 23 01 00 - E-mail : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net)



## REMUE-MÉNINGES #02

### Problème posé : Les vaches dans le pré

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

Combien de vaches mangeraient l'herbe du pré en 96 jours ?

(Réponse dans le prochain numéro)

### SOLUTION DU REMUE-MÉNINGES #01

#### Problème posé : Au marché !

Deux fermiers ont apporté au marché un total de 100 œufs. L'un des deux avait un plus grand nombre d'œufs que l'autre, mais la vente de l'ensemble des œufs a apporté la même somme d'argent à chacun.

Le premier a dit alors au second « Si j'avais eu tes œufs, j'aurais reçu 15 € ».

L'autre a répondu « Et si moi, j'avais eu tes œufs, j'aurais reçu 6 et 2/3 € ».

Combien d'œufs avait chaque fermier ?

#### Solution

Soit « x » le nombre d'œufs apportés au marché par le premier fermier.

(100 - x) est donc le nombre d'œufs apportés par le second fermier.

Si le premier fermier avait eu (100 - x) œufs, il aurait reçu, comme le précise l'énoncé, 15 €. Il en résulte que le premier fermier vendait ses œufs au prix de 15 / (100 - x) l'œuf. On peut donc déterminer la somme d'argent gagné par le premier fermier :

$$x \cdot [15 / (100 - x)] = 15x / (100 - x) \quad (1)$$

De même, si le second fermier avait eu « x » œufs, il aurait reçu, comme le précise l'énoncé, 6€ et 2/3 ou 20/3 €. Il en résulte que le second fermier vendait ses œufs au prix de 20/3/x, soit 20/3x l'œuf. On peut donc déterminer la somme d'argent gagné par le premier fermier :

$$(100 - x) \cdot 20/3x = 20(100 - x) / 3x \quad (2)$$

Comme le précise l'énoncé, les deux fermiers avaient reçu la même somme d'argent. On peut donc écrire que les équations (1) et (2) sont égales :

$$15x / (100 - x) = 20(100 - x) / 3x$$

$$(15x) \cdot (3x) = 20(100 - x) \cdot (100 - x)$$

$$45x^2 = 20(100 - x)^2$$

$$45x^2 = 20(10\,000 + x^2 - 200x)$$

$$25x^2 + 4\,000x - 200\,000 = 0$$

$$x^2 + 160x - 8\,000 = 0 \quad (3)$$

L'équation (3) est une équation du second degré dont les solutions sont :

$$X1 = 40 \text{ et } X2 = -200$$

La solution x2, étant négative, est rejetée. L'équation (3) a donc une seule solution : X1 = 40.

Il s'en suit que le premier fermier avait vendu 40 œufs et le second fermier 60 œufs.



## VIENT DE PARAÎTRE

### DÉPLIANT

#### « LES CHAUSSÉES COMPOSITES EN DALLES BÉTON A JOINTS GOUJONNÉS SUR GRAVE BITUME BC5g/GB3 : DES STRUCTURES ÉPROUVÉES, DURABLES ET OPTIMISÉES »

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

- > Un texte rappelant le concept de chaussées composites en BC5g/GB3, le principe de fonctionnement de cette structure, le dimensionnement, les caractéristiques mécaniques requises des matériaux béton et grave bitume, les caractéristiques des armatures, la mise en œuvre et les contrôles, les avantages techniques et économiques et leurs domaines d'application.
- > Une série de 5 fiches références de chantiers BC5g/GB3, illustrant les différents domaines d'application de cette technique (routes nationales, routes départementales, carrefours giratoires, plate-forme BHNS, etc.).

Ce document, édité en 2020 par CIMBETON et SNBPE, vient enrichir une série de dépliants destinés à sensibiliser les maîtres d'ouvrages et d'œuvre sur des procédés, techniques ou concepts nouveaux :

- > Dépliant « Bus à Haut Niveau de Service BHNS & Tramway sur pneus : la plate-forme en béton, un vrai choix d'avenir ».
- > Dépliant « Les revêtements drainants en béton coulé en place : une réponse efficace pour une meilleure gestion des eaux pluviales ».
- > Dépliant « Les chaussées composites en béton armé continu sur grave-bitume BAC/GB3 : Des structures éprouvées, durables et optimisées ».



Ces dépliants peuvent être commandés auprès du SNBPE ou de CIMbéton.

Ils peuvent aussi être téléchargés sur :

<https://www.snbpe.org> ou <https://www.infociments.fr>