

ROUTES

■ BÉTONS : ROUTES, ENVIRONNEMENT, PAYSAGES ■



CIM *béton*
CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

■ **Le point sur le Vaucluse**

■ **Technique : les chaussées en béton, contribution au choix des techniques**

■ MARS 2001 ■ N° 75

Sommaire

2

EN BREF

AMÉNAGEMENT DE L'HÔTEL DE
VILLE DE BRIEY : ON EN REPARLE.

3

LE POINT SUR LE VAUCLUSE (84)

LE BÉTON DÉSACTIVÉ FAIT BONNE
EMPREINTE.

CE QU'EN PENSENT LES ÉLUS,
LES MAÎTRES D'ŒUVRE ET
LES ENTREPRISES.

7

DOCUMENTATION TECHNIQUE

LES CHAUSSÉES EN BÉTON :
CONTRIBUTION AU CHOIX
DES TECHNIQUES.

15

LYON (69)

SON TRAMWAY FAIT LA PART BELLE
AU BÉTON.

19

SAINT-LAURENT- DU-PONT (38)

UN CENTRE-VILLE REDYNAMISÉ
GRÂCE AU BÉTON IMPRIMÉ.

22

AUTOROUTE A 10

UN PARKING POUR POIDS
LOURDS EN BCMC.

En bref - En bref - En bref

Meurthe-et-Moselle



Retour sur image : l'hôtel de ville de Briey

L'aménagement de la place de l'hôtel de ville de Briey (voir *Routes* n° 73, p. 3 à 6) entrainait dans le cadre d'une réflexion globale, menée à l'échelle de la commune dès 1987 ; la DDE avait donc été invitée à penser la refonte des places de la mairie et de la sous-préfecture. Trois problématiques avaient été dégagées : l'emprise de la voiture sur ces lieux, le cloisonnement visuel et fonctionnel des espaces qui constituaient cet ensemble urbain, l'absence de mise en valeur de la façade de l'hôtel de ville. En contrepartie, la qualité de ce bâtiment du XVIII^e siècle, le jardinet public attenant et la structure en chapelet des places émaillée de monuments forts, dont la mairie, étaient des atouts qui demeuraient inexploités.

Les objectifs d'aménagement avaient été définis par la DDE (arrondissement nord et subdivision de Briey) à la suite d'une demande de concours faite par la mairie. Ils portaient sur la mise en relation des différents espaces par la création d'une unité visuelle de l'ensemble concerné, d'une aire piétonnière devant l'hôtel de ville pour le mettre en valeur, l'aménagement de la place de la sous-préfecture, l'amélioration de la sécurité des piétons et, enfin, une circulation piétonnière ininterrompue entre la place de la mairie et le jardin public, situé en hauteur de l'autre côté de la place et jusqu'alors pratiquement caché.

La subdivision de Briey a donc conduit ce travail à partir des propositions de l'architecte de l'arrondissement, Michel Handtke, et assuré la mise sur pied du projet général, la conception, le choix des matériaux et la surveillance des travaux. Cependant, pour des raisons de maintenance, la commune n'a pas retenu le projet de liaison entre la place de la mairie et le jardin proposé par la DDE, composé de bassins superposés en gradins. Aussi, la consultation d'architectes organisée par cette même DDE a établi pour l'occasion un cahier des charges représentant 20 % de l'investissement global. La proposition de l'architecte Hervé Viot qui a été retenue respecte les qualités historiques du lieu, répond aux demandes d'intégration dans le projet global, tout en rompant avec les symétries traditionnelles.

CIM Béton

CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

7, place de la Défense • 92974 Paris-la-Défense Cedex • Tél. : 01 55 23 01 00 • Fax : 01 55 23 01 10
E-mail : centrinfo@cimbeton.asso.fr • internet : www.cimbeton.asso.fr

Pour tous renseignements concernant les articles de la revue, s'adresser à CIMBÉTON ● **Directeur de la publication** : Frédéric Velter
● **Directeur de la rédaction** : Bernard Darbois ● **Coordination des reportages et rédaction de la documentation technique** : Joseph Abdo
● **Reportages, rédaction et photos** : Romualda Holak, Gilles Nilsen, Yann Kerveno, Marc Deléage, Bernard Hasbroucq ● **Réalisation** ALTEDIA COMMUNICATION –
5, rue de Milan – 75319 Paris Cedex 09. Tél. 01 44 91 51 00 – Fax 01 44 91 51 01 ● **Dépôt légal** : 1^{er} trimestre 2001 ● **ISSN** 1161 – 2053 1994

Le béton désactivé fait bonne empreinte

Pays de Provence, le Vaucluse est composé de plusieurs territoires. De la vallée du Rhône au Lubéron, les styles sont à foison et ne sont unis que par une seule constante, le soleil. Les granulats calcaires ou silico-calcaires utilisés en béton désactivé y font le bonheur des aménageurs, mais le béton imprimé s'implante pour se jouer des couleurs chatoyantes du pays.

Avignon, l'ancienne cité papale, est certainement plus célèbre pour son pont qui n'enjambe plus que la moitié du Rhône que pour les palais qu'elle abrite au sein de ses puissants remparts. Choisi pour être l'une des capitales culturelles de l'an 2000, Avignon a accueilli une grande exposition consacrée à la beauté, qui a fait la couverture de nombreux journaux. C'est dans le cadre de la célébration de l'année 2000, justement, qu'est né un projet un peu fou, le prolongement du pont Saint-Bénézet qui viendrait de nouveau chatouiller les rives de l'île de la Barthelasse. Mais, comme c'est souvent le cas pour les projets fous, celui-ci est resté dans les cartons, les habitants consultés sur le sujet s'étant montrés par trop rétifs. C'est donc vers un ouvrage moins spectaculaire, mais tout aussi intéressant, que s'est tournée la municipalité avignonnaise : la réalisation d'une promenade en béton désactivé sur la rive gauche de l'île, celle que le fameux pont regarde avec un brin d'envie depuis des siècles.

"La promenade existait avant que nous mettions en œuvre ce chantier, explique Jean-Marc Pattyn, ingénieur en chef,



▲ Avignon : en mettant en œuvre des granulats naturels de Cabrière (15/30), le béton désactivé permet de ne pas rompre l'harmonie du lieu, oscillant entre milieu aquatique et végétal.

responsable des services voirie et espaces verts de la mairie d'Avignon. *Mais elle était constituée d'un mauvais revêtement en enrobé pour une petite partie, puis du chemin de balage proprement dit, un cheminement de 3 m de large légèrement empierré.*"

COFFRAGE SUR LE PERRÉ

Le programme mis sur pied comprenait le dégagement d'une bande d'une vingtaine de mètres le long de la rive du Rhône pour réaliser un aménagement de qualité

éclairé la nuit, constitué d'une bande herbeuse talutée et d'une voie piétonnière de 3,5 m de large sur 850 m de long en béton désactivé. "Pour le cheminement, nous avons posé le coffrage le long de la berge du Rhône en nous appuyant sur le perré maçonné existant", détaille Jean-Marc Pattyn. Coulé sur une épaisseur moyenne de 13 cm et sur une surface totale de 3 050 m², le béton mis en œuvre est coloré, fibré et ancré dans le perré pour éviter les dégâts lorsque le Rhône déborde car, dans ce cas-là, il aurait tendance à affouiller entre les deux parties. Quant à la bordurette de

REPÈRES

- SUPERFICIE : 3 567 km²
- POPULATION : 499 685 habitants
- NOMBRE DE COMMUNES : 151
- PRÉFECTURE : Avignon
- GRANDE AGGLOMÉRATION : Avignon



[JEAN-MARC PATTYN]

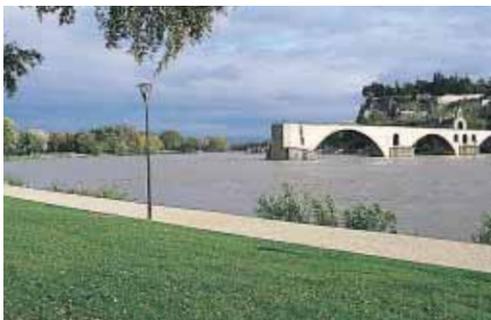
ingénieur en chef, direction
de la voirie et des espaces verts
de la mairie d'Avignon

« Le cheminement réalisé le long du Rhône offre une promenade de qualité devant le panorama de la cité des Papes. Le béton désactivé a des atouts indéniables lorsqu'il s'agit de finition. »

750 m linéaires réalisée pour délimiter les espaces verts du cheminement, elle a été coulée en place et désactivée pour rester dans les mêmes teintes. *“Nous avons fait appel à une machine à coffrage glissant qui nous a obligés à réduire la granulométrie, mais les couleurs sont semblables”*, poursuit Jean-Marc Pattyn.

Terminé au début de l'année 2000, l'aménagement connaît déjà un succès fou. *“Cette île a toujours été le poumon vert d'Avignon, et il y venait toujours du monde, mais, aujourd'hui, nous sommes déjà confrontés aux problèmes de voisinage entre piétons et cyclistes”*, confirme Jean-Marc Pattyn. Un succès qui en appelle d'autres. *“Cette réalisation n'est que l'amorce d'un projet plus vaste, la réalisation d'un chemin débutant au-delà du débarcadère actuel, qui permettra de rejoindre le nord de l'île de la Barthelasse.”*

Sur l'autre rive, des travaux sont déjà en cours, qui mettront également en œuvre du béton désactivé, dans un souci de cohérence de l'ensemble. Si Avignon n'a pas de nouveau pont pour enjamber le



▲ Avignon : déroulé le long du Rhône, le chemin de la Barthelasse offre aux promeneurs, de plus en plus nombreux, une vue imprenable sur la vieille ville d'Avignon et le très fameux pont Saint-Bénézet.



▲ L'Isle-sur-la-Sorgue : grâce à sa résistance, le béton désactivé subira sans encombre les débordements intempêtes de la Sorgue. Un simple nettoyage suffira à lui rendre son lustre.

Rhône, il a gagné un aménagement largement plébiscité par le public. Et les piétons peuvent toujours traverser le Rhône grâce à la remise en service du bac.

ENTRE BÉTON DÉSACTIVÉ ET BÉTON IMPRIMÉ

Au-delà de la cité des Papes, le Vaucluse est un département qui a très tôt adopté le béton désactivé. *“Aujourd'hui, nous en mettons en œuvre environ 30 000 m² par an, et ce, depuis sept ans, estime Gérard Pélissier, patron de l'entreprise drômoise Sols, dont les qualités sont largement reconnues dans le sud-est de la France. Les granulats que nous utilisons dans la région sont principalement des concassés calcaires. Mais nous disposons d'une large palette de granulats.”*

En acquérant une licence Bomanite, Gérard Pélissier croit aujourd'hui au béton imprimé dans le Sud-Est dont son entreprise a réalisé 6 000 m² en 2000. Selon lui, c'est un marché qui connaît un développement prometteur, même si pour l'instant la palette de moules reste restreinte : *“Nous sommes encore trop dans l'imitation de pavés, ce qui confine quasiment le béton imprimé aux parvis ou aux places. Il faudra créer des moules nouveaux, plus modernes.”* Toujours soucieux de perfection, Gérard Pélissier n'a cessé de chercher à améliorer les produits béton.

“Il reste beaucoup de terrain libre pour le béton désactivé ; il existe des aménagements où son emploi reste marginal, comme les murs ou les escaliers. Il y a encore du travail à faire dans ce domaine. D'autres produits mériteraient d'être mieux



▲ L'Isle-sur-la-Sorgue : grâce aux granulats naturels qui le composent, un 6/10 de Cabrières, le béton désactivé se marie avec les pavés, les pierres des murets et les dalles qui complètent l'aménagement.

connus, notamment les bétons poncés comme il nous arrive d'en réaliser dans le Lubéron”, ajoute Gérard Pélissier. Et pour réussir un aménagement, sa règle d'or est simple : pouvoir participer à l'élaboration du projet, être très en amont. *“Nous essayons autant que faire se peut de travailler dès le démarrage du projet par le biais de concertations avec le maître d'ouvrage.”* Le nombre de réalisations et la qualité des aménagements exécutés dans le Vaucluse avec les produits de béton de voirie montre que la recette est fiable.

UN AMÉNAGEMENT GLOBAL

De fait, le béton désactivé a trouvé sa place partout dans le département. De la cité avignonnaise jusqu'aux contreforts du Lubéron. À Gargas par exemple, à quelques kilomètres d'Apt, l'ensemble du bourg a été traité en béton désactivé.



▲ Visan : outre les trottoirs de la traversée du village, Visan a fait appel au béton désactivé pour réaliser un aménagement piétonnier reliant la rue centrale à un petit square en surplomb.



▲ Sainte-Cécile-les-Vignes : l'agencement moderne de la place met en œuvre du béton désactivé et des dalles de pierre, le tout accordé aux tons chauds des façades.



▲ Les Beaumettes : le béton imprimé rouge utilisé pour le revêtement de la partie centrale de la rue du village est sonore, et prévient à la fois l'automobiliste qu'il entre en zone sensible et le piéton qu'une voiture s'approche.

Toute la panoplie d'aménagements urbains y est présente : une place desservant quelques commerces, un lotissement, les trottoirs de la rue principale ou le cheminement surplombant un instant la route qui sert d'accès majeur au village et offre un large point de vue sur la vallée. La place de la mairie et les abords de l'école n'ont pas été oubliés dans cette vaste réalisation, qui confère au bourg une cohérence rare.

D'autres interventions moins étendues parviennent à apporter un peu de cachet supplémentaire, comme les aménagements réalisés aux Taillades, le long d'un canal. Les trottoirs et un rond-point ont été entièrement traités en désactivé de couleurs légèrement différentes.



[GÉRARD PÉLISSIER]
P-DG, société Sols

« Nous pouvons traiter d'autres surfaces en béton désactivé, comme les murs, les escaliers. C'est un matériau qui offre de nombreuses possibilités de création. Les architectes nous ont beaucoup aidés pour cela. »

UNE PLACE TRÈS MINÉRALE

À Visan, dans une enclave curieuse du Vaucluse au cœur de la Drôme, les allées d'un petit square et une pente honorable menant à un espace vert ont été traitées avec goût, tout comme la place de Sainte-Cécile-les-Vignes. Dans ce village, c'est la combinaison de couleurs qui fait effet entre les dalles de pierre, les façades et le béton désactivé très coloré.

À l'Isle-sur-la-Sorgue, c'est un pont et une place marquant une des entrées de la vieille ville, repliée derrière ses rivières, qui permettent au béton désactivé de s'exprimer pleinement. L'atmosphère très minérale est réhaussée par les granulats de couleurs claires. Les eaux bleu-vert de la rivière qui cheminent tantôt paisiblement, tantôt tumultueusement, complètent ce décor urbain relativement épuré. Si un air de campagne flotte sur cette vaste place, l'atmosphère est en revanche plus urbaine à Bollène, où le béton désactivé sert de support aux allées et venues des usagers de l'espace Curie. Ailleurs, dans d'autres villages, se revèlent également des combinaisons de produits béton, comme aux Beaumettes.

UN BÉTON IMPRIMÉ CHALEUREUX

Débarrassé, par le biais d'une déviation, du passage incessant des voitures sur la RN 100 – environ 10 000 véhicules par jour –, le centre-bourg des Beaumettes laisse aujourd'hui éclater ses couleurs provençales sous le soleil. Et respire le calme. « Depuis la mise en service de la déviation, nous avons pu traiter le centre-bourg,



▲ Les Beaumettes : la combinaison d'empreintes à motif de dalles ou de pavés et les deux couleurs utilisées font de cet aménagement un modèle d'intégration dans un village provençal qui porte haut ses couleurs.



▲ Bollène : c'est un granulat 8/12 de Roussas qui a été utilisé pour la réalisation de l'ensemble piétonnier de l'espace Curie.



▲ Les Taillades : les abords du canal ont été traités en béton désactivé composé d'un granulats Maroncelli 3/8.

▲ Gargas : tout le centre-bourg de Gargas a été traité en béton désactivé à l'aide d'un granulats 3/8 Coulon.

aménager le village, explique Yves Eymard, contrôleur DDE à la subdivision de l'Isle-sur-la-Sorgue. "Un aménagement réalisé en quatre tranches distinctes, dont trois sont terminées, qui toutes ont mis en œuvre des bétons de voirie, notamment du béton imprimé dans la partie centrale du bourg."

"Nous avons conseillé la municipalité pour qu'elle essaye ce procédé de béton imprimé. Nous voulions créer quelque chose qui soit carrossable pour tout le monde, les voitures bien sûr, mais qui soit également confortable pour les piétons et les cyclistes", poursuit Yves Eymard. Après quelques visites de réalisation, les élus ont retenu cette solution technique. Malgré la création de la déviation, la chaussée a été coulée sur 20 cm d'épaisseur pour autoriser le passage des poids lourds amenés à pénétrer dans le village.

COMBINAISON DE MOTIFS

Le béton a été fibré et ferrailé dans les angles pour parer à toute éventualité. "Nous avons joué sur les motifs en alliant un style d'empreinte proche des dalles gallo-romaines et une empreinte style



[YVES EYMARD]
contrôleur DDE de l'Isle-sur-la-Sorgue

« Le béton est un matériau intéressant parce qu'il permet, lorsque le terrain n'est pas plat, de travailler dans les trois dimensions, en le façonnant à la demande. »

'pavés' classiques. Le plateau traversant que nous avons réalisé en béton imprimé est ainsi légèrement sonore et visuel, poursuit le contrôleur DDE. Cet impact créé par les empreintes au passage des voitures prévient à la fois les piétons de l'arrivée d'un véhicule, et le conducteur de son passage dans une zone différente."

D'autres espaces du centre-bourg ont été traités avec des revêtements en béton, comme les trottoirs coulés en désactivé. "Le panachage de bétons est intéressant, il permet d'éviter l'uniformité qui peut parfois, lorsqu'on emploie un seul matériau, nuire à l'esthétique de l'aménagement."

Selon Yves Eymard, l'emploi de tels procédés présente des avantages certains, notamment en termes d'entretien et de pérennité : "Contrairement au béton désactivé, qui nécessite de l'entretien pour lui permettre de conserver tout son éclat, le béton imprimé se nettoie tout seul. Une bonne pluie suffit à le débarrasser des poussières ou autres salissures. Et puis, nous nous affranchissons des problèmes habituellement posés par les pavés, comme la solidité des joints."

La dernière tranche de l'aménagement du bourg débutera avec les premières semaines de l'année 2001 et concernera l'aménagement des abords de la maison de la Céramique créée dans l'ancienne gare désaffectée depuis plus d'une dizaine d'années. À l'issue de ce chantier, qui sera largement traité en désactivé, l'aménagement du bourg sera alors cohérent dans son ensemble, grâce aux bétons de voirie. ■



▲ Gargas : cheminements piétonniers, îlots directionnels, trottoirs, places, passages piétons... Le béton désactivé fait une démonstration de son potentiel dans les rues du village.



QUELQUES RÉFÉRENCES

Avignon

- CHEMIN DE LA BARTHELASSE : 3 500 m²
- PARVIS GRAND-HÔTEL, ÎLOT BLACHISSAGE : 1 500 m²
- Lycée Mistral : 1 400 m²
- AGROPARC : 2 200 m²

Bollène

- Espace Curie : 1 300 m²

Coustellet

- Collège : 2 800 m²

Entrechaux

- Traverse de village : 2 200 m²

Gargas

- Place, trottoirs, séparateurs de chaussée : 2 200 m²

Les Beaumettes

- Place, béton imprimé : 700 m²

Les Taillades

- Aménagement rives du canal : 2 500 m²

L'Isle-sur-la-Sorgue

- Place Gambetta : 1 800 m²

Maubec

- Place et trottoirs : 2 000 m²

Sainte-Cécile-les-Vignes

- Place : 1 200 m²

Visan

- Traverse de village : 1 800 m²

Les chaussées en béton : contribution au choix des techniques

Les chaussées en béton continuent de susciter bien des interrogations, voire des préjugés défavorables, le plus souvent en complète contradiction avec la réalité des techniques actuelles. C'est le pourquoi de ce document, destiné d'abord aux décideurs, qui vise à balayer les idées reçues et à faire le point sur les évolutions touchant la conception et la mise en œuvre de ces chaussées d'un autre genre.



▲ Chaussée autoroutière en béton.

EN FINIR AVEC LES CONTREVÉRITÉS...

● DANS LES CHAUSSÉES EN BÉTON, FAUT-IL PRÉVOIR DES JOINTS DE DILATATION ET DES ARMATURES (TREILLIS SOUDÉ) ?

NON Certains types de chaussées en béton construites anciennement, surtout à l'étranger, comportent des dalles longues (de l'ordre de 30 m), séparées par des joints de dilatation. Ces dalles sont parfois légèrement armées (1 kg/m^2) ou encore munies de joints de retrait-flexion intermédiaires. La grande longueur de ces dalles provoque des mouve-

ments importants au droit des joints de dilatation, qui deviennent difficiles à entretenir malgré des dispositifs sophistiqués de transfert des charges.

D'autres types de chaussées anciennes à dalles courtes non armées et à joints non goujonnés, dont la fondation et le drainage n'ont pas fait l'objet d'une conception correcte, peuvent présenter (après avoir supporté un trafic lourd, de l'ordre de deux fois le trafic prévu lors du projet) des défauts au niveau des joints : battements, mise en marches d'escalier, pompage. Ces défauts rendent la chaussée inconfortable avant de mettre sa viabilité en péril.

Les chaussées modernes en béton sont réalisées sur les modèles suivants :

– **dalles courtes** (4 à 5 m), non armées, à joints goujonnés ou non ;



▲ Le béton armé continu (BAC).

- dalles épaisses (de 30 à 35 cm), courtes et non armées ;
- revêtements en béton armé continu, dont le retrait est repris par la traction des armatures. Ils conduisent à une fissuration fine de type béton armé et permettent ainsi de s'affranchir des joints. Ces revêtements ne comportent de joints de dilatation qu'en des endroits particuliers tels que l'abord des ouvrages d'art ou encore les courbes de très faible rayon, carrefours ou croisements.

Parallèlement, les dispositions constructives, maintenant classiques (variant selon la classe du trafic et les conditions climatiques), permettent d'obtenir une très grande durabilité de la chaussée et de ses conditions d'appui :

- fondations non érodables ;
- drainage des interfaces (notamment à l'aide de géotextiles) ;
- surlargeur de dalle (0,50 m venant en déduction de la BAU ou de l'acotement stabilisé) ;
- goujonage éventuel des joints de retrait-flexion.

Structure innovante BAC/GB

Le béton armé continu BAC, inventé aux États-Unis en 1921, s'est développé en France depuis 1983, essentiellement à travers la structure de type BAC + béton maigre. Elle présente l'inconvénient d'être de construction plus onéreuse que la structure bitumineuse épaisse de même capacité structurelle.



▲ Chantier innovant en béton armé continu collé sur une fondation en grave bitume.



Entre 1995 et 1998, l'administration et la profession ont étudié et mis au point une structure innovante de type BAC + grave bitume, dont le dimensionnement laisse espérer une compétitivité économique vis-à-vis des structures bitumineuses épaisses.

Définition et objectif

La structure innovante BAC/GB repose sur l'existence d'un collage durable à l'interface BAC/GB.

Elle est constituée d'une couche en béton armé continu d'épaisseur réduite (14 à 16 cm), coulée sur un support bitumineux propre et rugueux (neuf ou existant) d'épaisseur minimale 8 cm.

Compte tenu de l'hypothèse de collage à l'interface béton/enrobé, la chaussée se comporte comme une structure monolithique ayant une durée de vie équivalente à celle d'une structure en BAC classique, d'épaisseur 19 cm / 15 cm, soit 34 cm.

L'objectif recherché, en réduisant l'épaisseur totale de la structure sans entamer sa capacité portante, est de redonner à la structure BAC la compétitivité qui lui a fait défaut.

Fonctionnement mécanique

Du fait de sa rigidité élevée et de l'hypothèse de collage à l'interface BAC/GB, la grave bitume joue le rôle d'une couche dimensionnante. Les efforts de traction par flexion induits par le trafic sont répartis sur deux couches traitées, au lieu d'une seule.



▲ 12 heures après le coulage, l'engin de brossage circule déjà sur la dalle.

L'innovation de cette structure de chaussée a été de profiter de la présence de la couche de fondation traitée au bitume en tant que couche non érodable, pour l'intégrer à la structure et la faire travailler comme une couche de base dimensionnante. Nous ne sommes pas en présence d'une structure rigide classique, mais d'une structure originale constituée de :

- une couche en BAC assurant le rôle d'une couche de roulement et d'une couche de base dimensionnante ;
- une couche de grave bitume assurant le rôle d'une couche de fondation non érodable et d'une couche de base dimensionnante.

Domaines d'emploi

Le concept BAC/GB à interface collée est destiné aux routes à moyen et fort trafics, telles les autoroutes, les routes nationales et une partie des routes départementales.

Il s'applique :

- **soit en construction neuve.** La structure innovante est alors réalisée en totalité sur une plate-forme support de bonne qualité (cf. PF3) ;
- **soit en renforcement de structures bitumineuses.** Dans ce cas, le BAC est coulé sur le support bitumineux existant, rendu propre et rugueux par rabotage ou fraisage.

● POUR CIRCULER SUR DU BÉTON, FAUT-IL ATTENDRE 28 JOURS ?

NON Cela ne s'évalue pas en jours mais en termes de résistance atteinte par le béton – cette résistance en place dépend de la formulation et de la maturité du béton (température).

On peut rétablir une circulation de véhicules lourds lorsque le béton a atteint 90 % de sa résistance caractéristique. Dans des conditions de température normales, cela correspond à :

- environ 3 à 4 jours pour les bétons traditionnels : la circulation pour les véhicules légers peut alors être autorisée à 24 heures ;
- environ 12 heures pour les bétons accélérés (et 6 heures pour les véhicules légers).

Avec des bétons spéciaux (par exemple à base de ciment aluminé), la circulation globale peut être rétablie au bout de 2 heures.

Enfin, les bétons secs compactés, du fait de leur stabilité immédiate, peuvent être remis en circulation dès la fin du compactage.

● PEUT-ON RÉPARER LE BÉTON ?

OUI L'un des avantages prépondérants des routes en béton est sans doute leur durabilité et l'entretien réduit qu'elles nécessitent, à condition, comme pour toute technique routière, d'être bien conçues et bien construites.

Bien que les chaussées en béton ne nécessitent que peu de travaux d'entretien, il ne faut pas pour autant les négliger.



▲ Connecteur LCPC-Freyssinet, pour la restauration du transfert des charges au droit des joints.

C'est en effectuant rationnellement cet entretien que l'on peut minimiser les coûts tout en prolongeant la durée de vie de la chaussée.

Les techniques d'entretien courant du béton concernent :

- le regarnissage des joints ;
- la réparation des défauts localisés et des fissures, le cas échéant ;
- la régénération des propriétés d'adhérence.

En outre, on dispose d'une large gamme de solutions d'entretien préventif ou curatif :

- restauration du transfert des charges aux joints par connecteurs ;
- stabilisation des dalles par injection ;
- rechargement mince ou épais ;
- reconstruction avec recyclage du béton.

● LE BÉTON EST-IL GÉLIF ?

NON Les chaussées en béton de ciment ne craignent ni le gel ni le dégel.

Pour le gel, l'adjonction d'un entraîneur d'air dans le béton, lors de sa fabrication, le protège très efficacement du froid et des sels de déverglaçage. En période de dégel, la rigidité du béton permet de s'affranchir, plus que toute autre technique, des chutes de portance du sol support.

● EN VILLE, UNE CHAUSSÉE EN BÉTON POSE-T-ELLE DES PROBLÈMES POUR LES INTERVENTIONS SUR RÉSEAUX ENTERRÉS ?

NON Pour les travaux neufs, tout se joue au moment de la conception :

- préparer soigneusement le projet ;
- prévoir des fourreaux sous la chaussée ou éventuellement dans le béton ;



▲ Le mariage "béton-pavé" pour faciliter l'accès aux réseaux enterrés.

– avoir recours, le cas échéant, à des bandes de pavés autobloquants.

Pour les réparations, celles-ci sont généralement plus aisées et plus durables dans les revêtements en béton. En effet, on dispose maintenant des méthodes et des matériels pour effectuer les ouvertures de tranchées (scies, tranches) et reconstituer une chaussée de qualité.

● LE BÉTON EST-IL INCONFORTABLE ?

NON

Le manque de confort observé sur certaines chaussées en béton anciennes était dû soit au mode de construction de l'époque, soit à leur évolution.

De par leur longévité, certaines de ces chaussées sont toujours en service et donnent à l'utilisateur une image médiocre du confort de roulement. Il n'en est plus rien maintenant. Les dispositions constructives modernes, adaptées aux différentes familles de chaussées, permettent, moyennant une bonne exécution, d'obtenir un fini conforme aux exigences de l'itinéraire, conférant à la route un niveau de confort en rapport avec les aspirations actuelles des usagers.

● LE BÉTON FAIT-IL DU BRUIT ?

NON

Pour améliorer l'adhérence et l'écoulement des eaux sur les chaussées en béton, plusieurs techniques de traitement de surface étaient utilisées pour répondre aux exigences de sécurité. On peut citer, à ce propos, les techniques du broissage, du striage, du cloutage, du cloutage-dénudage et du rainurage qui, tout en satisfaisant pleinement aux exigences d'adhérence, peuvent présenter des inconvénients au niveau acoustique (bruit de roulement).

Depuis plusieurs années, de nouvelles techniques de traitement se sont développées pour répondre aux exigences qui préoccupent les maîtres d'œuvre (bruit, projections d'eau). On peut citer les techniques du dénudage chimique ou désactivation (en travaux neufs) et la technique du grenailage (en régénération des caractéristiques de surface).



▲ Le béton désactivé pour le respect du style local.

Ces solutions offrent des résultats de mesure du niveau de bruit satisfaisants. En outre, des bétons drainants pour couches de roulement sont en cours de développement et les premières applications sont encourageantes.

En outre, il est tout à fait possible de procéder, à plus ou moins court terme, à la mise en place d'une couche de surface bitumineuse recouvrant le revêtement en béton. Cette couche peut être soit un BBTM (béton bitumineux très mince) d'épaisseur 2 à 3 cm, soit un enrobé drainant d'épaisseur 4 cm, soit enfin un enduit superficiel "haute performance" à granulats de diamètre inférieur à 8 mm.

Cette couche de surface bitumineuse, dense ou drainante, améliore les caractéristiques superficielles de la chaussée (confort, uni, réduction du bruit, etc.) et assure une bonne étanchéité du revêtement béton, augmentant ainsi sa durabilité.

● LE BÉTON EST-IL CHER ?

NON

En fait, cette donnée est extrêmement relative, et ce pour plusieurs raisons :

– après avoir mis en concurrence les différentes techniques, l'élément de comparaison doit être le coût global sur une durée de service donnée (circulaire de la direction des



▲ Quelques aspects de surface.

Routes n° 89-46 du 8 août 1989) [Coût global = coût de construction + coûts actualisés d'entretien sur la période de service choisie];

– il faut également tenir compte de l'économie résultant de la diminution de la gêne imposée aux usagers et considérer d'autres facteurs non chiffrables, tels que l'intégration à l'environnement;

– les contraintes budgétaires pour l'entretien sont généralement importantes, ce qui milite en faveur de structures à faible coût d'entretien.

● LA ROUTE EN BÉTON EST-ELLE L'AFFAIRE D'ENTREPRISES SPÉCIALISÉES ?

Cela est vrai pour des chantiers de moyenne ou grande dimension.

Pour des chantiers de routes à faible trafic, la production du béton peut être assurée par des centrales BPE et la réalisation est du ressort des entreprises locales : une voie n'est pas plus difficile à faire qu'une dalle industrielle en béton. De multiples entreprises, régionales ou locales, connaissent déjà parfaitement les techniques de mise en œuvre et possèdent le matériel nécessaire.



▲ Une technique à la portée des entreprises locales.

● ROUTE EN BÉTON ? JE N'EN AI JAMAIS FAIT !

Faire une route en béton n'est pas du domaine de l'aventure :

- la technique est au point ;
- le marché se développe ;
- des références existent partout en France et dans les pays voisins ;
- les documents officiels ne manquent pas ;
- une large documentation technique est proposée par les syndicats de spécialités ;
- des sessions de formation existent ;
- il est facile de s'informer, il est facile de se former.

LES QUALITÉS ET LES PERFORMANCES



▲ Le béton pour la solidité (piste BAC de l'aéroport de Lorient-Lann-Bihoué).

● PERFORMANCES

Dans le domaine routier, en particulier, le béton jouit d'une bonne image de marque, liée à sa durabilité et à sa solidité.

DURABILITÉ

Le béton est le plus durable des matériaux de construction routière.

En France, les références sont nombreuses :

- autoroutes de dégagement de la région parisienne ;
- routes urbaines à Paris construites dans les années trente ;
- pistes aéroportuaires (Orly 1960) ;
- aires de stationnement d'aéroports (Orly 1960) ;
- routes secondaires détenant des records de longévité (50 à 60 ans).

SOLIDITÉ

Le béton est un matériau très solide qui offre un vaste ensemble de qualités. En particulier, il résiste :

- aux charges et au poinçonnement ;
- à la chaleur : il demeure rigide et stable par temps chaud sans déformations ni ornierage ;
- au froid : pas de sensibilité au gel et aux sels de déverglaçage ;
- aux hydrocarbures ;
- à l'érosion : absence d'érodabilité des bords du revêtement, ainsi qu'aux inondations : la chaussée conserve sa cohérence.



▲ Le béton pour la durabilité.

● ENTRETIEN

ENTRETIEN RÉDUIT

Grâce à ses qualités mécaniques, le béton ne nécessite que peu de travaux d'entretien : l'usager n'est pas dérangé.

TECHNIQUES D'ENTRETIEN OPÉRATIONNELLES

Les techniques d'entretien décrites dans la première partie de ce document sont bien connues, rapides et économiques.

TECHNIQUES DE RENFORCEMENT OPÉRATIONNELLES

À la fin d'une période de service, pour adapter la structure à l'évolution du trafic, il est possible – aujourd'hui – d'effectuer des travaux de renforcement progressifs, en particulier les couches minces collées en béton, et sélectifs (réfection de voies lentes).

● ÉCONOMIE

DURÉE DE VIE

Selon le dimensionnement et le trafic réel, des durées de vie très élevées ont été observées (30 à 60 ans).

COÛT GLOBAL

Pour une durée de vie donnée, le coût global (coût de construction + coût d'entretien actualisé) d'un revêtement en béton est très compétitif par rapport à celui d'autres solutions, et moins sensible aux fluctuations du marché.

ÉCONOMIE DE GRANULATS :

- chaussée en béton de moindre épaisseur ;
- emploi de granulats locaux.

GESTION ET ENTRETIEN

La gestion prévisionnelle de l'entretien comporte des éléments bien définis et fiables, et permet une programmation réaliste.

● CONCEPTION

TECHNIQUES OPÉRATIONNELLES VARIÉES :

- revêtement en dalles courtes ;
- revêtement en dalles courtes goujonnées ;
- revêtement en dalles épaisses ;
- béton armé continu ;
- béton compacté.

POUR LES VOIRIES À FAIBLE TRAFIC, EMPRISE RÉDUITE ET TERRASSEMENT RÉDUIT

● CONSTRUCTION

STRUCTURE

Moins épaisse en moins de couches.

DISPONIBILITÉ DES MATÉRIAUX :

- le béton est disponible partout ;
- les centrales à béton demeurent ouvertes toute l'année.

TECHNIQUE À L'ÉCHELLE LOCALE

Elles sont du ressort des entreprises locales pour les petits chantiers. Une route n'est pas plus difficile à réaliser qu'une dalle en béton.

RAPIDITÉ D'EXÉCUTION

Elle est fonction du matériel utilisé. En général, le matériel est adapté à l'importance du chantier. La cadence varie peu en fonction des épaisseurs mises en place. Les rendements pratiques moyens journaliers vont de 150 m² par jour pour un chantier artisanal réalisé à la règle vibrante à 10 000 m² par jour pour un chantier autoroutier fortement industrialisé.



▲ Machine à coffrages glissants : rapidité et qualité d'exécution.

ÉQUIPEMENTS ANNEXES

Pour la petite voirie : possibilité de construire des bordures et des caniveaux intégrés.

Pour les routes plus importantes : les techniques du béton extrudé sont efficacement utilisées pour la réalisation des séparateurs, des caniveaux, trottoirs, bordures de trottoirs, multitubulaires, etc.

● SÉCURITÉ

La route en béton assure la sécurité des usagers.

UNI :

- le problème des joints étant désormais résolu, les routes en béton apparaissent aujourd'hui confortables, sûres et agréables pour l'utilisateur ;
- maintien de l'uni pendant de très longues périodes.



▲ Les séparateurs béton pour la sécurité des usagers.



▲ Des kilomètres de nouvelles pistes cyclables en béton : confort, plaisir et sécurité des usagers.

ADHÉRENCE :

- absence de déformation et d'ornièrage, donc pas de rétention d'eau sur la chaussée et, par suite, moins de risques d'aquaplaning ;
 - possibilités de textures différentes en fonction des besoins et de la nature du projet, aboutissant à une bonne adhérence.
- En outre, il existe maintenant différents procédés de régénération de surface adaptés à chaque situation.

VISIBILITÉ

La route en béton est claire. Par conséquent :

- elle réfléchit très bien la lumière ;
- elle requiert moins d'éclairage ;
- elle apporte une distance de visibilité nocturne plus grande.

● ÉNERGIE

Les routes en béton sont économes en énergie. Économiser de l'énergie, c'est économiser des devises.



▲ Voirie de lotissement en béton : résistante, durable, esthétique, claire et sûre.



▲ Le béton pour l'intégration à l'environnement.

● **ENVIRONNEMENT**

ÉCONOMIE :

- moindre consommation de granulats.
- emploi de granulats locaux.

INTÉGRATION À L'ENVIRONNEMENT

Béton architectonique en milieu urbain.

BRUIT

Traitement de surface adapté : dénudage chimique, béton drainant.

RECYCLAGE

Le recyclage du béton est maîtrisé et constitue ainsi un gisement de matériaux pour de nouvelles routes.

CONCLUSION

Des chaussées en béton sont construites depuis plus d'un siècle. Tous les pays industrialisés peuvent citer des exemples de chaussées encore en service ayant largement dépassé la cinquantaine d'années. Il ne faut pas en conclure que les techniques sont figées : c'est un domaine où l'innovation est extrêmement active et où les échanges d'informations sont importants, au plan national comme au plan international.

Les solutions sont diversifiées : les techniques simples et artisanales de la petite voirie ne sont pas à comparer aux chantiers autoroutiers très industrialisés et à haut rendement. À chaque champ d'application correspond un éventail de possibilités dont il faut évaluer les avantages et difficultés au plan technique comme au plan économique et rechercher à chaque fois l'optimum.

Enfin, la conception et l'exécution d'une chaussée en béton, petite ou grande, ne sont pas plus difficiles à maîtriser que toute autre technique routière. Il est sans doute nécessaire d'y apporter une certaine attention, de laisser une moindre part à l'improvisation et d'aborder rationnellement et sans préjugés les différentes étapes.

Il est facile de se former à la technique et de s'informer des derniers développements. De nombreux supports techniques existent et peuvent apporter, le cas échéant, tout complément d'expertise qui se révèle nécessaire.

Pays	Réseaux	Autoroutes béton	RN béton	CD béton
France		13 %	0,5 %	0,2 %
Allemagne		51 %	15,0 %	35,0 %
Belgique		40 %	20,0 %	31,0 %
États-Unis		60 %	40,0 %	40,0 %

Part du béton dans les réseaux routiers de quelques pays.



CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS
 7, place de la Défense • 92974 Paris-la-Défense Cedex • Tél. : 01 55 23 01 00 • Fax : 01 55 23 01 10
 E-mail : centrinfo@cimbeton.asso.fr • internet : www.cimbeton.asso.fr

Tramway de Lyon : un nouveau visage pour la ville

Depuis le 1^{er} janvier 2001, les Lyonnais peuvent choisir de se déplacer en métro ou préférer le nouveau tramway. Plus qu'un moyen de transport, les deux lignes – qui totalisent près de vingt kilomètres – sont aussi le vecteur d'un nouvel urbanisme où le béton trouve sa place dans les aménagements de voirie et d'espaces publics.

Nantes, Strasbourg, Grenoble, Saint-Denis, Montpellier et à présent Lyon. Depuis dix ans, le tramway fait un retour en force dans les grandes agglomérations françaises, après avoir été sacrifié au début du siècle sur l'autel de la modernité incarné par l'autobus. À Paris, quelques vestiges de cette page d'histoire du transport en commun subsistent aux abords du Jardin des Plantes. Mais les belles courbes que dessinaient les rails sur les pavés de la capitale ont pour l'essentiel disparu sous le bitume.

AU SERVICE D'UN NOUVEL URBANISME

Cette renaissance du tramway est due aux progrès réalisés sur les rames, en particulier dans le domaine du confort et de



▲ Sur les deux premières lignes, le tramway de Lyon fait la part belle au béton, avec près de 40 000 m² de revêtement répartis sur les 19 km du tracé.

Les grandes lignes du chantier

- **LIEU** : Lyon et son agglomération
- **PROJET** : construction de 2 lignes de tramway
- **CONTRAINTE** : réaliser des revêtements esthétiques, pérennes, résistants aux sollicitations conjuguées des rames et du trafic routier
- **SOLUTION** : une grande diversité de bétons
- **DURÉE DES TRAVAUX** : 20 mois plus 1 mois de préparation, dont 8 mois pour les bétons
- **SURFACE TOTALE DE BÉTON** : 37 300 m²
- **COÛT DES TRAVAUX** : 14 MF HT (revêtements en béton)
- **PRIX DE REVIENT DES REVÊTEMENTS**
AU M² : 350 F HT pour les parties courantes

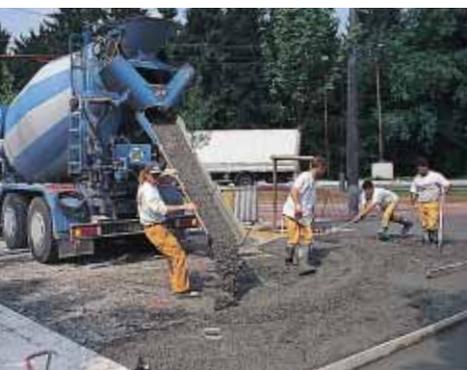
la sécurité. En outre, un seul conducteur suffit pour mener à bon port deux cents personnes aux heures de pointe, avec des cadences rapprochées toutes les trois minutes, et ce, quelle que soit la densité du trafic urbain. Enfin, ce mode de déplacement non polluant et silencieux préserve l'environnement. Le tramway est donc avant tout un choix politique au sens noble du terme, un choix dicté par une nouvelle conception d'une ville partagée par l'ensemble des usagers, piétons, cyclistes.

À ce titre, l'exemple le plus représentatif est sans conteste celui de Strasbourg, où le tramway a libéré l'espace en repoussant l'automobile au-delà du périmètre du centre-ville. De plus, il invite à la redécou-

verte du patrimoine architectural, en offrant aux usagers une vue panoramique généreuse grâce à ses grandes baies vitrées. Un mode de transport ouvert sur l'extérieur, et donc profondément en harmonie avec le projet d'urbanisme sous-jacent.

DIFFÉRENCIER LES ESPACES

Ces objectifs généraux avaient déjà été définis dans le plan des déplacements urbains (PDU) de l'agglomération lyonnaise. Mais la construction d'un tramway suscite également une réflexion en matière de revêtements, notamment pour des raisons de sécurité. *"Il fallait pouvoir identifier de façon très nette le site propre*



▲ Le béton est acheminé sur chantier par camion-toupie. Les zones les moins accessibles ont nécessité l'emploi de bennes de chantier plus maniables.

du tramway par rapport à son environnement, explique Dominique Gautier, de l'atelier d'architecture Bruno Dumétier (AABD). De plus, nous avons cherché à démarquer les différents espaces, voirie et zones piétonnières, par l'utilisation de matériaux offrant un bon contraste." Si sa pérennité en site propre reste à confirmer, le béton désactivé propose une large palette d'aspects, de tonalités et de contrastes par la sélection des composants (couleur, granulométrie, densité).

ASSOCIER ÉCONOMIE ET RÉSISTANCE

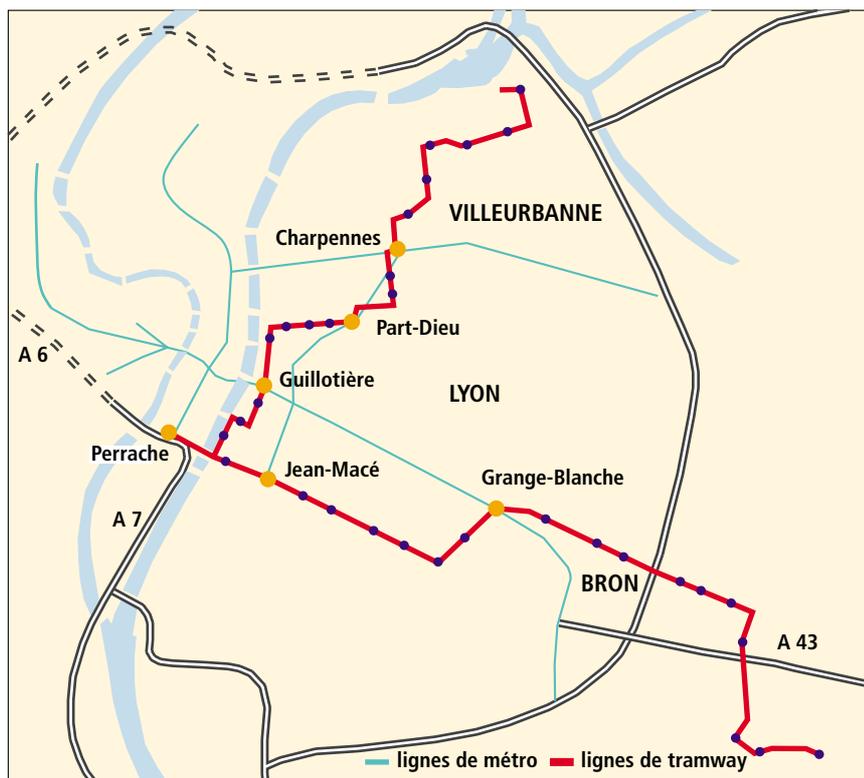
"Il est difficile de mettre en œuvre de l'enrobé entre les voies et dans de faibles largeurs à un coût acceptable, explique Frédéric Leygues, directeur travaux du

groupement Eurovia-SCR-Entreprise industrielle. D'une part, l'opération ne pouvait pas être mécanisée facilement, d'autre part, nous avons des inquiétudes sur la pérennité de l'ouvrage, compte tenu de la difficulté à réaliser le compactage." L'entreprise, en partenariat avec son sous-traitant (entreprise Sols) et les fournisseurs de béton prêt à l'emploi, a donc proposé la variante béton, qui, après avoir été acceptée sur un secteur, a été généralisée à l'ensemble d'un marché sur quatre, et donc sur 3,20 km. "La souplesse d'application du béton fait que le prix de revient est comparable, voire inférieur, reprend Frédéric Leygues. De plus, la durabilité est garantie par la résistance intrinsèque du matériau." Un avis corroboré par Martine Foulon, directrice des bétons spéciaux, les bétons Vicat (Bétons Rhône-Alpes).

"Les bétons d'aménagement urbain sont formulés à partir des mêmes constituants que ceux qui sont employés pour la construction de routes et autoroutes."

DES POSSIBILITÉS ESTHÉTIQUES ÉTENDUES

Ce n'est pas le seul avantage du matériau. En proposant des bétons sablé et désactivé, Frédéric Leygues répondait à l'ensemble des préoccupations du concepteur. "Le matériau offre une dominante claire, distincte de la voirie, reprend Dominique Gautier. Et le fait que l'on reste dans une même famille de matériau contribue à la cohérence du projet. Bien qu'étant visuellement différents, le béton sablé et le béton désactivé répondent à cette problématique. La délimitation des espaces est assurée par des bordures en granit." On retiendra l'exemple de l'esplanade, devant l'université Lyon-II, à Bron. "Le béton sablé a été utilisé pour les voies piétonnières, tandis que les voiries et le site propre du tramway sont en béton désactivé", détaille l'architecte. Le matériau béton est également employé pour les passages pour piétons en traversée de voie, les zones de stationnement et les carrefours soumis à de gros trafics (voir encadré p. 17).



Principaux intervenants

- MAÎTRE D'OUVRAGE : Sytral
- MAÎTRE D'ŒUVRE : Semaly-AABD
- GROUPEMENTS D'ENTREPRISES : - Eurovia, SCR, Entreprise industrielle ; Jean Lefèbvre, Bec ; Perrier, Fougerolles-Borie, Demathieu Et Bard, Gerland, Mazza, Coiro, Spapa ; Colas, Sacer
- MISE EN ŒUVRE DES BÉTONS : entreprise Sols
- FOURNISSEURS DES BÉTONS : Bétons Chantiers Rhône-Auvergne (groupe Lafarge) et Bétons Rhône-Alpes (groupe Vicat)



▲ Le béton frais est réparti sur le fond de forme, puis nivelé à la règle.



▲ L'uni de la dalle est obtenu par un lissage soigné de la surface.



▲ Les zones à désactiver sont recouvertes d'un produit chimique qui inhibe l'hydratation du ciment en surface, 24 à 36 heures après le coulage.

TRAMWAY : DES CONTRAINTES MÉCANIQUES MÉCONNUES

“Malgré les exemples de réalisation dont on dispose, personne n'a de réelle expérience en matière de voirie pour le tramway, et les enseignements ne sont pas rassemblés, constate Pierre Garnier, directeur du développement au syndicat des Transports pour le Rhône et l'agglomération lyonnaise, maître d'ouvrage. La vibration des rails engendre des phénomènes mécaniques assez complexes.” Faut-il un matériau souple ou très rigide ?

Pierre Garnier s'interroge : “Nous progressons à tâtons. À Saint-Denis, certains pavés se déchaussent, et, à Strasbourg, j'ai vu des décollements de revêtements en enrobé et en asphalte. Nous avons donc opté à titre expérimental pour le béton sur un lot et dans certains carrefours très fréquentés, même si nous ne disposons pas des éléments techniques pour justifier pleinement ce choix.”

UNE ENTREPRISE SPÉCIALISÉE

Et l'avenir ne devrait pas lui donner tort. En choisissant l'entreprise Sols, spécialiste de la technique ayant à son actif 450 000 m² de béton urbain réalisés depuis sa création en 1993, les donneurs d'ordre jouissent des meilleures garanties en matière de respect des règles de l'art. “Nous disposons de toutes les compétences indispensables pour garantir la qualité des ouvrages, explique le P-DG Gérard Péliissier. Les formulations et les essais sont faits en interne, ce qui donne plus de souplesse vis-à-vis des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre. Enfin, nous revendiquons une qualité de service à l'égard du client.” De plus, l'entreprise signe avec le tramway de Lyon sa plus grosse référence, près de 40 000 m² de bétons ayant été appliqués. La totalité des travaux de plateforme, voirie et aménagement urbain a été menée en vingt et un mois. Grâce à la souplesse d'approvisionnement par le BPE, les deux fournisseurs, Bétons Chantiers Rhône-Auvergne (groupe Lafarge) et Bétons Rhône-Alpes (groupe Vicat), ont surmonté les contraintes aiguës d'accessibilité des différentes zones.

LIMITER LES NUISANCES DE CHANTIER

“Généralement, les surfaces de béton sont rythmées par un calepinage de pavés, explique Sébastien Boyron, conducteur de travaux. Ici, nous mettons en œuvre de



▲ Le sablage permet de rendre les granulats apparents, mais avec un contraste plus faible que la désactivation. Cette opération est menée par voie humide pour limiter l'émission de poussières et de déchets, 24 heures après le coulage, avant que le béton ait achevé sa prise.



▲ Des joints de dilatation en polystyrène sont couramment employés.



▲ L'épaisseur du béton est de 10 cm pour les zones piétonnières (béton sablé), de 15 cm pour les voies circulées et de 17 cm pour les carrefours très sollicités.

PRÈS DE 40 000 M² DE BÉTONS

Secteur de la Doua (Villeurbanne)

- béton sablé de calcaire blanc en trottoir **7 000 m²**
- béton désactivé de calcaire blanc entrevoie **7 000 m²**

Secteur Condorcet (Villeurbanne)

- béton désactivé de granit gris-bleu entrevoie **6 000 m²**

Secteur Bron-Université

- béton désactivé de calcaire blanc et basalte (campus et voie pompier) **3 500 m²**
- béton sablé silico-calcaire entrevoie **1 500 m²**

Station Porte-des-Alpes

- béton sablé silico-calcaire **800 m²**

Secteur avenue du 8-Mai-Bron

- béton sablé silico-calcaire en trottoir **3 500 m²**

Cours Lafayette (dalle flottante)

- béton de basalte armé et goujonné à haute performance **2 500 m²**

Avenue Rockefeller

- béton désactivé de calcaire blanc et basalte en trottoir et entrevoie (passage pour piétons) **2 000 m²**

40 carrefours répartis sur tout le tracé

- béton de basalte armé et goujonné à haute performance **3 500 m²**

Des revêtements désolidarisés

Sur le cours Lafayette, la ligne de tramway est très rapprochée des bâtiments. Pour limiter la propagation des vibrations, la plate-forme est réalisée selon le principe de la dalle flottante. Conséquence : les deux bandes extérieures du revêtement en béton sont en contact, à la fois, avec une partie mobile – la dalle sur laquelle elles reposent – et avec une partie fixe latérale, côté extérieur. Pour éviter tout risque de mouvement différentiel dû aux vibrations, l'entreprise a désolidarisé les deux bandes de béton extérieures par une mousse de 1 cm d'épaisseur (procédé Armaflexe) collée sur la dalle support.

“Ces bandes ne font que 70 cm de large, ce qui est très étroit, explique Sébastien Boyron. Nous les avons donc réalisées comme des poutres.” Cela explique le recours à une forte densité d'armature. ♦



▲ Le béton s'est imposé pour son extrême malléabilité, et surtout parce qu'il permet d'intervenir entre les rails sans avoir à compacter le matériau.

grands aplats, ce qui nous impose de veiller en priorité à la régularité de l'aspect.” Respect des délais entre le coulage, la projection de désactivant et le lavage, ainsi que pour le sablage. “Si l'on attend trop, le béton durcit et l'abrasion devient de plus en plus difficile, poursuit-il. Le délai optimal est de dix heures.”

Pour réduire les déchets de sable projeté sous pression, l'entreprise a opté pour un sablage par voie humide. “Le procédé est aussi bruyant qu'un sablage à sec, poursuit Sébastien Boyron. En revanche, l'action combinée de l'eau et du sable permet de diminuer la teneur en abrasif.” La quantité de déchets est de 400 kg par jour contre 2 000 par voie sèche. Enfin, ce procédé évite l'émission de poussières, très inconfortable pour les riverains.

LE BÉTON, MATÉRIAU EN ÉVOLUTION CONSTANTE

Cette opération reflète bien l'étendue du potentiel d'adaptation du béton aux contraintes urbaines. Largement diffusé en zone piétonnière ou en zone mixte, ce matériau fait à présent la preuve de son aptitude à se plier à des exigences nouvelles. L'exemple de Montpellier est, à ce titre, probant (voir Routes n° 70).

Si le matériau se développe, c'est aussi sous l'impulsion des concepteurs. “Travailler avec des architectes paysagistes exigeants nous oblige à imaginer d'autres solutions et à nous renouveler, conclut Gérard Pélissier. Mais la détermination des maîtres d'ouvrage est évidemment décisive.” ■



▲ Jouer sur la formulation et la finition du béton offre des possibilités esthétiques étendues. À gauche, un béton désactivé à base de calcaire blanc, à droite, un béton sablé avec un granulats silico-calcaire.

Carrefours : des bétons très spéciaux

Les zones les plus techniques sont les carrefours, soumis à la fois aux sollicitations engendrées par le matériel roulant et le trafic routier (véhicules légers et poids lourds). Les plus éprouvés par la circulation ont été réalisés en béton à haute performance en plus grande épaisseur (17 cm), faisant appel à une formulation adaptée à base de granulats de grande résistance (basalte 8/14 plus superplastifiant). Les bétons, ancrés sur la dalle support en béton de type B35, sont renforcés par un système d'armatures très dense et complexe à base de filants et de fers plats.

Pour assurer le transfert des charges au droit de chaque joint de retrait, des goujons ont été employés. Ces équipements sont munis d'une platine à visser directement sur le coffrage, permettant un positionnement précis dans les trois dimensions. De plus, des chaînages de renfort arment le béton de part et d'autre du joint. Ces ouvrages extrêmement élaborés reviennent à 1 000 francs le mètre carré, contre 350 francs pour les parties courantes. Mais ils supportent des contraintes exceptionnelles. ♦



▲ À l'instar du tramway de Montpellier, de nombreuses zones non partagées avec l'automobile sont enherbées, afin de réintroduire le végétal dans la ville. Les passages pour piétons sont en béton désactivé.



▲ À la station Mendès-France - Université-Lyon-II, à Bron, le béton désactivé ou sablé est utilisé à la fois pour l'aire de stationnement, la voie d'accès pour les pompiers et les zones piétonnières.

Du béton imprimé pour redynamiser le centre-ville

En transformant en zone semi-piétonnière certaines rues de son centre, la ville de Saint-Laurent-du-Pont affirme sa volonté de relancer le commerce de proximité. Cette opération associe le béton empreinte – coulé de façade à façade – pour la partie où les piétons sont privilégiés et le béton désactivé pour les trottoirs des voies limitrophes.

“**P**our redynamiser le centre-ville de Saint-Laurent-du-Pont et y relancer le commerce de proximité, nous avons axé notre démarche sur la nouveauté et la modernité. À la place des rues encombrées de voitures, nous créons une zone semi-piétonnière avec un revêtement de sol performant et nous éliminons les anciens trottoirs. Ainsi, recouvrir de façade à façade le sol avec du béton empreinte donne une impression visuelle d’élargissement de ces rues”, explique Jean-Louis Monin, maire de cette commune de 4 300 habitants, située dans l’Isère.

Revitaliser la rue Pasteur – qui était auparavant l’une des plus commerçantes du centre-ville – était une des priorités de la mairie. De plus, la transformation du secteur comprenant les rues Pasteur, de la Paix et de la Halle en zone piétonnière répond aux souhaits des commerçants et riverains. Il est à noter que seule la partie de la rue Pasteur comprise entre la place de la Mairie et l’avenue Charles-de-Gaulle est concernée par cette transformation, afin de maintenir une certaine fluidité de circulation dans la ville.



▲ Utilisation du motif “queue de paon” pour cette voie semi-piétonnière.

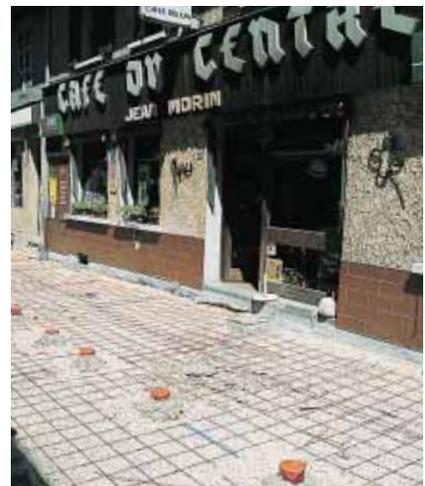
Au niveau du raccordement entre les voies piétonnières et les autres rues, le prolongement de leurs trottoirs créera un obstacle qui ralentira délibérément l’allure des véhicules de livraison. Un dispositif que compléteront des passages protégés pour les piétons.

Principaux intervenants

- **MAÎTRE D’OUVRAGE** : ville de Saint-Laurent-du-Pont (Isère)
- **MAÎTRE D’ŒUVRE** : services techniques de la ville
- **ENTREPRISE** : Jean Lefèbvre
- **SOUS-TRAITANT SOLS BÉTONS** : entreprise Sol Moderne (Isère)

“QUEUE DE PAON” GRISE ET CANIVEAU JAUNE

“**L**e béton empreinte a été retenu à la fois pour sa qualité architecturale – un résultat proche de l’aspect de la pierre, mais à moindre coût –, sa bonne tenue dans le temps et sa facilité d’entretien, commente Gérard Plichon, responsable des services techniques de Saint-Laurent-



▲ Ferrailage préliminaire au coulage du béton fibré.



▲ Coulage du béton et répartition sommaire à la goulotte.



▲ Répartition sommaire du béton avant réglage.

du-Pont. *Mais si nous connaissons déjà bien le béton désactivé pour l'avoir employé pour certains trottoirs et places de notre commune, comme la place Aristide-Briand, nous étions moins familiers avec le béton empreinte. Raison pour laquelle nous avons visité plusieurs réalisations, dont la communauté urbaine de Lyon, et notamment la gare routière de Vénissieux.*

Pour l'empreinte, le motif "queue de paon" a été retenu pour son aspect pavé et sa dynamique visuelle. La coloration grise a été choisie pour mettre en valeur les façades. Un programme d'aide *via* la mairie permettra aux riverains de rénover plus facilement leur façade en accompagnement de cette opération. Des bandes structurantes teintes en jaune marquent les intersections et ponctuent par endroits la chaussée ; elles tiennent également lieu de joints de dilatation. Le caniveau central adopte la même teinte. Des barrières métalliques et des jardinières seront dispo-

sées devant le bar pour protéger les consommateurs en terrasse des véhicules de livraison.

LE BÉTON, UN MATÉRIAU SOUPLE

Après élimination de l'ancien enrobé et des trottoirs, l'entreprise Sol Moderne, à qui Jean Lefebvre a sous-traité le chantier, a décaissé la chaussée sur une épaisseur de 30 à 40 cm. Tous les réseaux ont été rénovés à cette occasion (eau, EDF, GDF, France Télécom...). À cela se sont ajoutés les travaux de reprise en assainissement et de reprise des fondations des habitations et commerces.

"La suppression des trottoirs et l'existence de niveaux de seuils différents pour les divers commerces et habitations nous ont conduits à implanter le caniveau au centre de la chaussée, comme dans les villes médiévales. De part et d'autre, la pente est de 2 %", précise Gérard Plichon.

La souplesse du matériau béton lui permet d'épouser avec facilité les différents niveaux de seuils de la rue Pasteur pour donner un résultat final homogène.

Les 700 m² de béton empreinte sont réalisés selon le procédé Vic-Empreinte des bétons Vicat. La nouvelle structure se compose de tout-venant 0/25 compacté que recouvrent 15 cm de béton fibré. *"La formule spécifique du Vic-Empreinte dérive de celle d'un béton de voirie. L'ajout de fibres en polypropylène limite les microfissurations superficielles par effet de couturage",* explique Martine Foulon, directrice du département bétons spéciaux de Bétons Travaux (Vicat). À la demande de la mairie, ce béton est également ferrailé en prévision des livraisons des divers commerces.

Livré par camion-toupie à partir de la centrale de BPE Béton Rhône-Alpes (groupe Vicat) de Voreppe (Isère) située à vingt minutes de trajet, le béton est d'abord grossièrement réparti puis nivelé à la



▲ Nivelage du béton à la règle.



▲ Lissage du béton.



▲ Pulvérisation de l'agent décoffrant précédant la mise en place des moules.



▲ Mise en place des moules à empreinte.



▲ L'empreinte dans le béton en début de prise.

règle, ensuite lissé. Après saupoudrage des durcisseurs colorés (à raison de 4 kg/m²), un talochage soigné les fait pénétrer dans le béton. Le traitement de surface est ainsi incorporé au béton frais.

UNE OPÉRATION DE MOULAGE DÉLICATE

Dès que le béton commence à faire sa prise, soit une heure et demie à deux heures plus tard, la pulvérisation d'un agent décoffrant précède la création des empreintes à l'aide de moules souples en caoutchouc, posés bord à bord. Ils sont tapés au moyen d'un maillet pour graver l'empreinte. *«Une opération délicate qui demande du savoir-faire. Si elle est entreprise trop tard, le moule n'imprime pas son relief dans le béton. Trop tôt, le béton adhère au moule...»*, prévient Martine Foulon. La souplesse du moule garantit la netteté des empreintes dans les parties courbes ou en pente. Le passage d'un fer est toutefois prévu, le cas échéant, pour redessiner les empreintes insuffisamment marquées.

Un moule spécifique est employé pour les empreintes du caniveau et des bandes teintes en jaune. *«Ce procédé évite la pousse des mauvaises herbes, les descelllements, les tassements différentiels et les pénétrations d'hydrocarbures»*, précise Martine Foulon.

Un joint est réalisé tous les 5 m par arrêt de coulage ou par sciage. Il est généralement masqué par le bord d'une bande structurante réalisée en Vic-Empreinte.

Quelques jours plus tard, l'élimination des résidus de démoulage et des poussières

de sciage s'effectue au nettoyeur haute pression. Une fois le support sec, l'application d'une résine de protection ferme les pores du béton et évite les salissures.

Passant d'une largeur de 0,50 à 1,40 m, les trottoirs de la partie non piétonnière de la rue Pasteur totalisent une superficie de 260 m². Ils sont réalisés en béton désactivé comme dans d'autres parties de la ville, il y a quelques années. Des bordures et des caniveaux en béton préfabriqué servent de coffrage lors de son coulage.

UNE SOLUTION EFFICACE À LONG TERME

Employés en chaussée urbaine, les bétons empreinte et désactivé présentent l'intérêt majeur de se réparer facilement et de manière discrète. Après intervention sur un réseau enterré, le sciage de la partie endommagée et son élimination pourront être suivis du coulage d'un béton similaire (même formulation, mêmes colorants, mêmes moules, etc.). On obtiendra ainsi un résultat identique à l'original après quelque temps seulement, une fois que la patine sera la même.

Le chantier a démarré au commencement d'avril, avec un début du coulage du béton le 13 juin, pour une livraison fin juin afin d'être prêt pour la saison touristique.

La mairie de Saint-Laurent-du-Pont a d'autres projets en attente comme le traitement des trottoirs, probablement en béton désactivé, et la reprise des réseaux de la RD 532 D, en collaboration avec la DDE. Cette route départementale traverse la ville en direction de Saint-Laurent-de-Chartreuse.



▲ D'autres moules permettent de réaliser les bandes jaunes des caniveaux.



▲ Le béton imprimé redynamise le centre ville.

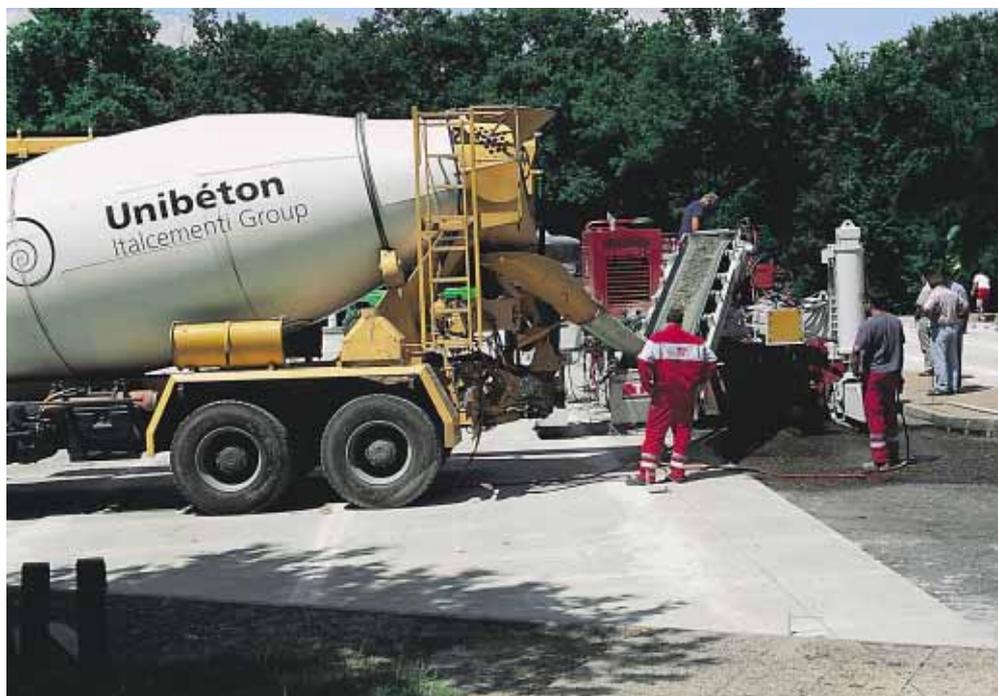
Un parking pour poids lourds en BCMC

Pour remédier durablement aux problèmes d'orniérage et de vieillissement accéléré des chaussées, Cofiroute teste en grandeur réelle, dans le cadre de la charte Innovation, la technique du BCMC (béton de ciment mince collé) sur l'aire de stationnement pour poids lourds de la Chatière (autoroute A 10).

Datant du milieu des années soixante-dix, l'aire de repos de la Chatière, située au sud de Blois sur l'A 10, a été agrandie en 1989 par la création d'une aire de stationnement réservée aux poids lourds. Ces 1 800 m² d'enrobé ont depuis très mal vieilli (orniérage et fissuration) sous les effets conjugués des charges et du stationnement. À cela s'ajoutent les fuites d'huiles et d'hydrocarbures, qui tendent à dissoudre l'enrobé et accélérer localement le processus de dégradation. Cofiroute était donc à la recherche d'une solution efficace et économique de remise en état de ce parking. *"Et surtout d'une tenue au vieillissement la plus longue possible, avec un minimum de quinze à vingt ans"*, précise Jean-Yves Blanchard, adjoint aux travaux de Cofiroute (secteur Orléans-Blois).

DU BÉTON SUR L'ENROBÉ

Proposée par l'entreprise TSS (groupe Eurovia), la technique du BCMC (béton de ciment mince collé) consiste à venir couler une mince couche de béton sur l'ancienne structure, préalablement rabotée et nettoyée. La capacité structurelle de la chaussée étant préservée, le béton la protège de l'usure et de l'orniérage. Une solution à la fois performante et économique car le décapage de l'ancien enrobé et le coulage du béton ne portent que sur une épaisseur de 8 cm (dans le cas présent). *"Mais cela sous-entend une grande rigueur d'exécution, afin d'assurer une bonne adhérence entre le béton et la couche bitumineuse résiduelle. Celle-ci doit impérativement être de bonne qualité, ce que des carottages préliminaires ont permis de vérifier"*,



▲ Acheminé par camion-toupie, le béton est déversé à l'avant de la slip-form.

souligne Bertrand Bruslé, chargé d'études et de dimensionnement des chaussées en béton du Setra.

DANS LE CADRE DE LA CHARTE INNOVATION

"D'une manière générale, le BCMC a trois raisons majeures d'être employé : pour sa résistance élevée à l'orniérage, pour sa résistance aux attaques des huiles et des hydrocarbures, comme c'est le cas ici, et pour sa résistance à la chaleur sous charge. Cette dernière qualité sera d'ailleurs prochainement testée sur l'A 33

près de Nancy sur une voie lente pour poids lourds en côte exposée plein sud", explique Bertrand Bruslé.

Entrant dans le cadre de la charte Innovation, le chantier de cette aire de stationnement

Principaux intervenants

- MAÎTRE D'OUVRAGE : Cofiroute
- MAÎTRE D'ŒUVRE : Cofiroute
- ENTREPRISE : TSS



▲ Roulant en décalé sur trois chenilles, la slip-form peut réaliser les bandes bord à bord.



▲ Le rayon de braquage relativement court de la slip-form lui permet de réaliser les parties courbes avec un guidage par fil et palpeur.

ment pour poids lourds sera suivi par le Cete de Blois pour évaluer son évolution dans le temps. Des carottages sont notamment prévus, afin de vérifier le collage du béton sur son support.

Pour Cofiroute, il s'agit d'un test en grandeur réelle. Cette technique pourrait ensuite être employée pour d'autres aires de parking, pour des zones de freinage avant péage...

BIEN PRÉPARER LE CHANTIER POUR LE RATIONALISER

“Pour réduire au minimum le nombre de points singuliers – qui sont toujours longs et délicats à traiter –, il faut bien analyser la situation et bien penser son chantier avant de vraiment le démarrer”, rappelle Christian Tabaiillon, directeur technique de TSS.

FORMULATION DU BÉTON (POUR 1 M³)

Gravier silico-calcaire 4/10 (gravières de Brévainville)	1 000 kg
Sable recomposé de Loire 0/4 (ligérienne Chouzy-sur-Cisse)	735 kg
Ciment CPA-CEM I 52,5 R Calcia (Villiers-au-Bouin)	380 kg
Plastifiant Axim Cimfluid 230	4 kg
Entraîneur d'air Axim Cimpore 260	0,38 kg
Eau	270 l

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

Affaissement au cône d'Abrams (slump-test)	3-4 cm
Pourcentage d'air occlus	3-5 %

Ici, le problème était posé par des îlots centraux où se trouvent les poubelles et les points d'eau. “Pour rationaliser la mise en œuvre du béton à la machine, nous avons donc découpé ce parking en un nombre entier de bandes et réduit au minimum les zones à réaliser manuellement. Ce qui sous-entend de laisser une mince bande d'enrobé d'une vingtaine de centimètres autour des îlots. Cela ne pose strictement aucun problème car à cet endroit l'enrobé n'a pas souffert, les poids lourds stationnant rarement contre les îlots. De plus, on sait que le béton et l'enrobé se raccorderont parfaitement. Il est donc totalement inutile de s'acharner à tout prix à vouloir fraiser l'enrobé au ras des bordures, le résultat n'en serait pas meilleur. Et cela représente au final un gain de temps et une économie de matériau, sans pour autant une perte de qualité”, précise Christian Tabaiillon.

DES BANDES BORD À BORD

Le rabotage de l'enrobé sur une épaisseur moyenne de 8 cm par passes de 2 m de large est complété par des reprises au marteau-piqueur dans les zones que ne peut pas traiter la fraiseuse.

“Ensuite, le dépoussiérage soigné à la balayeuse aspiratrice et le passage d'un camion avec rampe d'eau à très haute pression sont indispensables pour garantir la propreté du support, synonyme d'un collage naturel optimal du béton sur son support”, signale Christian Moricard, responsable qualité de TSS.

Le béton est acheminé par camion-toupie de la centrale de BPE Unibéton de Blois, située à une vingtaine de kilomètres du



▲ Après le passage de la slip-form, on procède à quelques retouches manuelles.



▲ Réalisées manuellement, les parties complexes doivent être soigneusement vibrées à l'aiguille.

chantier. “Son dosage en ciment est assez élevé (380 kg/m³), afin d'obtenir une résistance caractéristique à la compression supérieure à 30 MPa à 24 heures et assurer une remise en circulation rapide pour la suite du coulage”, commente François Texier, responsable régional du marché routier (région Ouest/Sud-Ouest) de Ciments Calcia.

Après humidification du support pour améliorer son adhérence, le béton est déversé à l'avant d'une slip-form Gomaco



▲ Un balayage transversal confère une bonne rugosité à la chaussée.

C III. Cette petite machine à coffrage glissant se charge du coulage et de la vibration du béton en une dalle de 2,60 m de large. Facile à déplacer d'un chantier à l'autre grâce à sa taille réduite – elle entre dans le gabarit routier –, cette machine s'adapte bien aux parties courbes du parking grâce à son rayon de braquage modéré. *“Munie dans le cas présent de trois chenilles seulement, elle travaille en décalé pour couler les bandes de béton les unes contre les autres, au lieu d'une sur deux comme habituellement. Son guidage a lieu par fil et palpeur. Un ski côté béton frais lui permet d'être à niveau tout en évitant d'avoir à poser des potences dans ce béton frais. Cette mise en œuvre bord à bord implique évidemment un travail de grande précision. Au séchage, la fissuration s'ouvre entre les deux bandes jointives et fait office de joint de construction”*, explique Jaime Ferreira, chef de chantier de TSS.

Toutes les bandes sont réalisées dans le même sens, hormis la partie comprenant les îlots où la machine fonctionne de

manière classique. Les autres parties, réalisées manuellement, sont soigneusement vibrées à l'aiguille pour obtenir un résultat homogène avec la partie “mécanisée”.

**RAPIDITÉ D'EXÉCUTION
ET SCIAGE SOFT-CUT**

Après le passage de la machine et un lissage à la taloche, un balayage transversal donnant à la dalle béton une bonne rugosité de surface et l'application d'un produit de cure suivent. La réalisation d'une bande de 40 à 50 m de long, selon les zones, sur 2,60 m de large prend une heure environ. Le record sur ce chantier s'établit à sept bandes par jour. Deux à trois heures après le coulage, les bandes sont découpées en carrés de 1,30 m de côté. Ce sciage a lieu sur 2,5 cm d'épaisseur et 3 mm de large seulement, grâce à une lame mince. Ce sciage de type *soft-cut* évite d'avoir à reboucher les joints. Commencé le 20 juin, ce chantier s'est achevé le 27 juin, juste avant les grands départs estivaux. ■



▲ Pulvérisation du produit de cure.



▲ Sciage *soft-cut* de la dalle de BCMC sur 2,5 cm d'épaisseur.



▲ Inutile de fraiser jusqu'au ras des bordures pour couler le BCMC en un nombre entier de bandes.

CIM *béton*

CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

7, place de la Défense • 92974 Paris-la-Défense Cedex • Tél. : 01 55 23 01 00 • Fax : 01 55 23 01 10

E-mail : centrinfo@cimbeton.asso.fr • internet : www.cimbeton.asso.fr