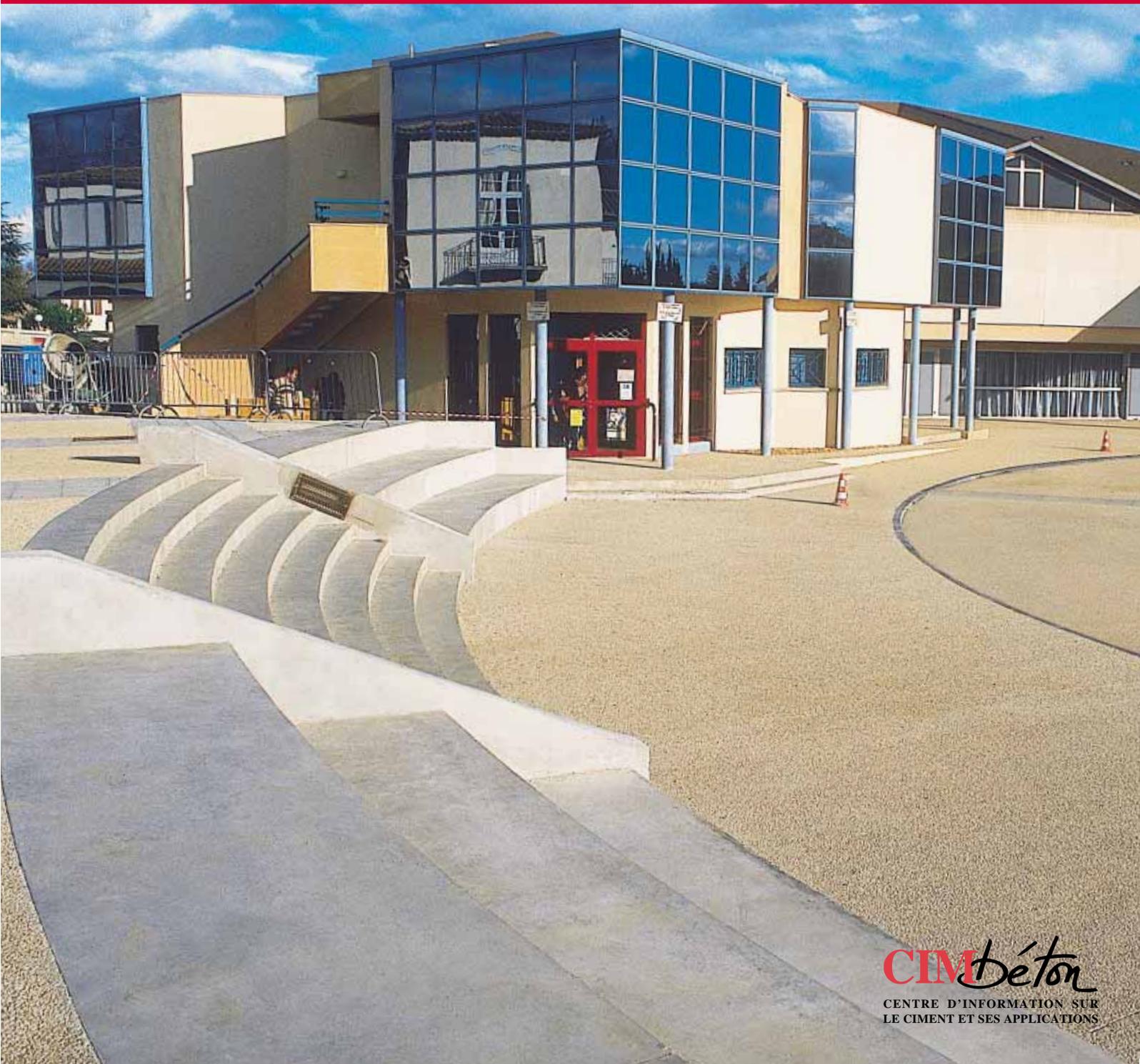


ROUTES

■ BÉTONS : ROUTES, ENVIRONNEMENT, PAYSAGES ■



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

■ **Le point sur le Gard**

■ **Technique : les traitements de surface des chaussées en béton**

■ JUIN 2001 ■ N° 76

Sommaire

2

EN BREF

**MATÉRIAUX AUTOCOMPACTANTS,
UNE UTILISATION ARTISTIQUE.**

3

LE POINT SUR LE GARD (30)

**LE BÉTON DÉSACTIVÉ REJOINT
L'HISTOIRE ROMAINE.**

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

7

RILLIEUX-LA-PAPE (69)

**LA TRANSFORMATION
D'UNE QUATRE-VOIES EN
UN AMÉNAGEMENT CONVIVAL,
UNE RÉCONCILIATION EN BÉTON.**

11

DOCUMENTATION TECHNIQUE

**LES TRAITEMENTS DE SURFACE
DES CHAUSSÉES EN BÉTON.**

19

NÎMES (30)

**PERFORMANCES RECORD POUR
L'AÉROPORT DE NÎMES-GARONS.**

22

AUTOROUTE A 84

**UN AUTOROUTE MODÈLE POUR
RELIER CALAIS À BAYONNE.**

Maine-et-Loire

Nouveaux emplois pour les matériaux autocompactants

Depuis 1980 ces matériaux ont été principalement utilisés en remblaiement de tranchées. En 1995, Lafarge Bétons Ouest et Lafarge Ciments Nantes ont recherché des chantiers expérimentaux avec l'idée d'utiliser ces matériaux dans d'autres parties de la construction, comme les ouvrages d'art. Ainsi, en 1998, la DRT du 49 et le LRPC d'Angers ont proposé une première expérience, en remplacement des couches de GNT compactées traditionnelles, pour le remblaiement de l'extrados d'un pont ancien en voûte à La Romagne (49) sur la RD 91. Ce chantier a donné d'excellents résultats : de 225 à 562 MPa en module EV2.

Remblais contigus pour un passage inférieur à portique ouvert

Près de la Chapelle-sur-Oudon, sur la RD 963, la DRT 49 a étudié le coulage d'un matériau autocompactant entre le talus et les piédroits d'un PIPO, en concertation avec le LCPC de Paris et le LRPC d'Angers. Ce produit, mis au point et commercialisé par Lafarge Bétons Pays de Loire sous le nom de BCRT (BC Remblaiement technique), a la particularité d'être très fluide et d'obtenir une portance durable.

Le tablier de cet ouvrage est d'une longueur de 6,60 m, d'une largeur de 6 m, d'une hauteur de 6,20 m, l'épaisseur des piédroits étant de 0,30 m.

Le coulage a été réalisé symétriquement afin d'assurer un équilibre entre les deux piédroits.

Le volume coulé en 2 jours, par temps pluvieux (donc des conditions difficiles), a été de 600 m³ de BCRT ; il aurait fallu 7 jours pour la technique traditionnelle.

Les avantages de cette technique sont nombreux : suppression des dalles de transition et corbeaux, délai d'exécution réduit, suppression du tassement des remblais, diminution de l'emprise d'une déviation provisoire, réduction de la gêne pour les usagers, utilisation par tous les temps. Pour sa mise en œuvre, cette technique demande de réaliser des talus en redan, de prévoir des accès pour les toupies et de réaliser un drainage vertical et l'évacuation des eaux.



Maître d'ouvrage :
conseil général du Maine-et-Loire

Maître d'œuvre : DRT d'Angers

Entreprise : Petrisan-Juge

Fournisseur BCRT : Lafarge Bétons
Pays de Loire

Contrôle et Assistance : LRPC
d'Angers, EGCA, LCPC Paris.

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 :** 2^e trimestre 2001 • **ISSN 1161 – 2053 1994**

Le béton désactivé entre passé et présent

Le département du Gard, l'un des hauts lieux de l'histoire romaine, regorge de vestiges d'une civilisation disparue. Du célèbre pont du Gard aux arènes de Nîmes en passant par la Voie domitienne, les sites rivalisent d'intérêt, enregistrant une forte fréquentation touristique. Aussi le choix du béton désactivé répond-il exactement aux impératifs techniques et esthétiques qu'exige un environnement si exceptionnel.

Situé dans la baie d'Aigues-Mortes, Le Grau-du-Roi fut un petit port de pêche traditionnel avant de devenir une station balnéaire réputée, au fort développement urbain. Peuplée de 5 000 Graulens durant la saison froide, cette commune voit son effectif grossir à plus de 100 000 âmes sous le soleil de l'été. La saison touristique amène hélas son flot de voitures, augmentant considérablement et de façon problématique le trafic automobile. *"Lorsque nous réalisons des aménagements urbains, un de nos objectifs est de réduire la place de la voiture en ville"*, explique Pierre Sauvegrain, du bureau d'études de la commune du Grau-du-Roi. De fait, toutes les zones créées en béton désactivé sont interdites au stationnement et balisées par des poteaux dissuasifs : des réserves en PVC faites au moment du coulage de la dalle permettent de repérer l'emplacement de ces poteaux.

"À chaque aménagement, nous tentons d'élargir au maximum les trottoirs et de réduire la place impartie aux automobiles pour limiter leur vitesse. C'est devenu impératif aujourd'hui en ville. Nous supprimons aussi parfois des places de stationnement", poursuit Pierre Sauvegrain.

UN REVÊTEMENT PLUS FACILE À ENTREtenir

"Au cours de l'année 2000, nous avons procédé à des améliorations urbaines en créant des aménagements en béton désactivé rue de la Vidourle, place de la Libération, rue des Algues et rue Vincent, devant les commerces", précise Pierre Sauvegrain.



▲ Le Grau-du-Roi : dans sa tentative de reconquête des espaces urbains, la commune met en œuvre le béton désactivé pour parfaire les zones piétonnières.

REPÈRES

- SUPERFICIE : 5 853 km²
- POPULATION : 585 000 habitants
- NOMBRE DE COMMUNES : 353
- PRÉFECTURE : Nîmes
- GRANDES AGGLOMÉRATIONS : Nîmes, Alès



▲ Le Grau-du-Roi : les bordures ont été coulées à l'aide de machines à coffrage glissant, puis désactivées.



[PIERRE SAUVEGRAIN]

bureau de la voirie, commune
du Grau-du-Roi

« Une fois le béton désactivé coulé, on l'oublie généralement. Nous n'avons pas l'habitude ici de passer le jet à haute pression. Le revêtement se salit durant l'été du fait de la fréquentation et se nettoie l'hiver avec les intempéries. »

D'autres projets sont déjà bien avancés, qui mettront eux aussi en œuvre du béton désactivé, comme l'aménagement de l'espace compris entre la gare SNCF et les arènes. Pierre Sauvegrain énumère plusieurs avantages à employer le béton désactivé : « C'est un revêtement clair et, lorsque l'on utilise un granulats concassés, ce n'est pas du tout glissant pour les piétons. Il est évident que ce matériau est plus coûteux que l'enrobé, mais l'aspect du produit fini n'est pas le même non plus. »

Pour la place de la Libération, la petite esplanade a été conçue et dimensionnée pour que le revêtement puisse supporter le passage, voire le stationnement des camions, notamment ceux qui interviennent pour la taille des palmiers qui agrémentent la place. Au dire de Pierre Sauvegrain, les commerçants n'ont pas été longs à adopter le béton désactivé, qui semble plus facile à entretenir devant



▲ Le Grau-du-Roi : utilisé devant les écoles, pour les arrêts de bus, le béton désactivé, rehaussé par un judicieux calepinage de dalles, sait s'insérer dans n'importe quel cadre urbain.

les boutiques que les pavés de porphyre utilisés autrefois dans les aménagements du centre-ville.

SOUS LE REGARD DE L'HISTOIRE

Ouvrage très impressionnant, le pont du Gard attire la curiosité de nombreux visiteurs, à l'intention desquels deux cheminements en béton désactivé ont été réalisés : de larges bandes claires qui se marient parfaitement aux graves qui composent ses abords. Sous les platanes, un revêtement béton de plus de 3 000 m² a été traité en surface par hydrosablage. Son aspect rustique se fond dans le paysage, et les inscriptions tracées à la peinture blanche sur le sol donnent une touche de modernisme. Les parkings et les bâtiments commerciaux ont été traités dans le même matériau.

Le béton désactivé a également été employé dans de nombreux vieux villages du Gard.

À Chusclan, près de la vallée du Rhône, c'est le parvis de l'église, des abords de maisons sur la place centrale, ainsi qu'un chemin piétonnier qui mène du parking à la place en longeant le boulo-drome ombragé, qui ont été traités.

À Saint-Paulet-de-Caisson, dans le nord du département, la quasi-totalité des ruelles du vieux village a été réhabilitée avec la technique du béton désactivé combinant des granulats de couleur claire. Malgré le soleil généreux de la région, l'étroitesse des rues empêche la lumière d'inonder le sol. C'est pourquoi l'utilisation d'un matériau aussi clair permet dans ce cadre d'apporter plus de luminosité, jusque dans les anfractuosités de la ville. Et d'offrir au promeneur qui s'attarde par là une déambulation agréable.



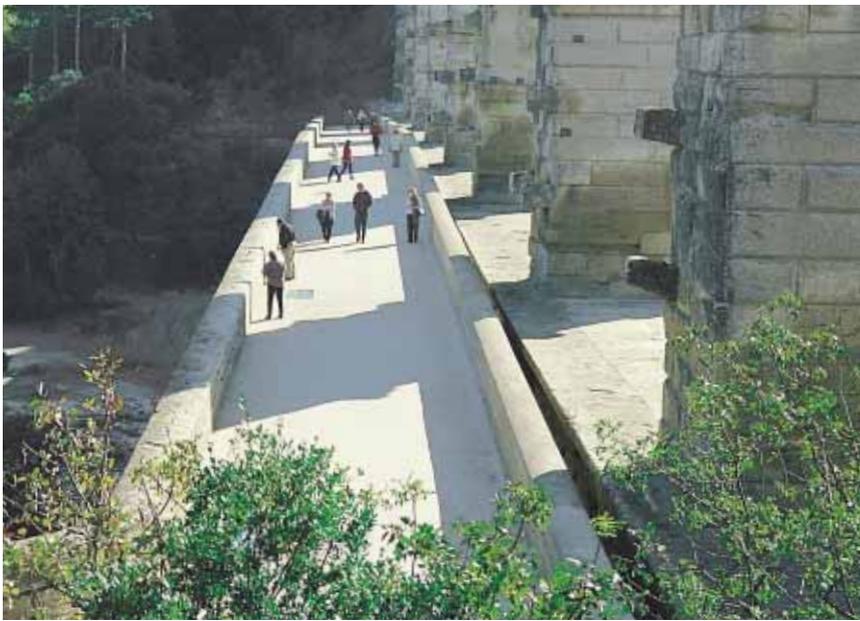
▲ Nîmes : même sur de petites surfaces, le béton désactivé apporte très vite une touche de qualité aux aménagements.



▲ Nîmes : la souplesse du béton permet de réaliser des aménagements aux formes diverses, notamment des plans inclinés.



▲ Chusclan : les granulats mis en œuvre pour la réfection du parvis de l'église répondent aux tonalités minérales de la façade du bâtiment consacré.



▲ Le pont du Gard : les cheminements piétonniers qui conduisent au monument romain de part et d'autre du Gardon ont été traités avec un béton sablé pour leur conférer rusticité et patine.



▲ Le pont du Gard : la couleur claire du béton retenue pour la réalisation des voies de cheminement se fond dans les couleurs des graves alentour.



▲ Saint-Gervais : le béton désactivé sait trouver sa place dans les aménagements les plus modestes et les plus simples.

UNE MODERNITÉ AFFIRMÉE

[HUBERT HAVARD]
Architecte

Quant à la salle polyvalente de Rousson, à quelques kilomètres d'Alès, elle est presque entièrement réalisée en béton désactivé, matériau qui a été également retenu pour la réalisation de ses abords. Le bâtiment, de facture résolument moderne, marie en façade le bois et le béton brut gris. Les accès à la salle ont été traités en béton gris très clair, comme le forum qui la jouxte, espace réalisé par la société Sols. À Barjac, bourgade située au nord du département, plusieurs espaces publics ont été aménagés en désactivé. Le dernier en date est la rue Printegarde, dont les pentes dévalent de chaque côté de la colline. Coulée entre les murs de pierres du pays, la chaussée se fond dans le paysage. À l'une de ses extrémités, à la butée avec une rue traditionnelle, elle est agrémentée d'un calepinage en pavé et s'évase largement pour englober un puits.

« Quoi qu'on puisse en penser, le béton désactivé est un matériau vivant, dont la qualité entraîne naturellement la considération et le respect des lieux. Je suis persuadé qu'un tel matériau peut aider à l'éducation des enfants. »

"TROUVER DES SÉQUENCES AU SOL"

L'aménagement de la place de Saint-Christol-lès-Alès a été confié aux architectes alésiens Hubert Havard et Michel Mercier, avec le concours du paysagiste Gilles Amphoux. Réparti en plusieurs tranches, le projet a démarré par la percée d'une rue pour permettre le dégagement des bâtiments publics et la création de deux places, une basse et une haute, en béton désactivé. Ultérieurement, deux promenades piétonnières bordées de micocouliers surplomberont l'avenue qui traverse la ville.

"Je considère le béton désactivé comme un matériau noble, explique Hubert Havard, mais il faut éviter de créer de vastes surfaces, synonymes de monotonie. Pour réaliser un aménagement de qualité, il est nécessaire de pouvoir trouver des séquences au sol, variées et bien agencées. Avec le béton désactivé, nous travaillons un peu comme en peinture, nous avons la possibilité de jouer avec les matériaux et leurs couleurs."



▲ Saint-Paulet-de-Caisson : la quasi-totalité du centre du village a été traitée en béton désactivé, apportant indéniablement plus de lumière dans les ruelles.



▲ Chusclan : l'alliance des pavés et du béton désactivé a permis de composer un aménagement de grande qualité au cœur du petit bourg.



▲ Saint-Paulet-de-Caisson : la composition de motifs est grandement facilitée par l'emploi du béton désactivé.



▲ Rousson : la récente salle polyvalente offre un aspect résolument contemporain. Le béton désactivé y entre largement en jeu pour apporter de la pérennité aux espaces piétonniers.

LES VERTUS PÉDAGOGIQUES DU BÉTON

Avant la réalisation de la place de Saint-Christol-lès-Alès, les deux architectes ont mis en œuvre du béton désactivé dans de nombreuses réalisations, notamment dans les collèges Diderot et Jean-Moulin construits à Alès. *“Pour le collège Diderot nous avons employé le béton désactivé sous les préaux. L'utilisation d'un granulats concassé permet notamment un bon grattage des chaussures avant que les élèves entrent dans le bâtiment proprement dit.”* Et l'architecte de parer le béton désactivé de vertus pédagogiques. *“Pour ce qui est du problème posé par les chewing-gums, qui collent et tachent le sol, je suis persuadé*

qu'un tel matériau peut aider à l'éducation des enfants. Il faut que les gens qui travaillent dans ce lieu aient un minimum de considération pour leur environnement, et le béton désactivé peut aider à apprendre cela parce que l'aménagement paysager amène le respect.”

Ainsi, parce qu'il incorpore des granulats naturels, le béton désactivé a su convaincre les aménageurs du département du Gard, qu'ils soient de l'intérieur du pays ou du bord de mer, qu'ils évoluent en milieu urbain ou rural. Au pied du pont du Gard ou aux abords de la salle polyvalente de Rousson, le béton de voirie allie avec succès les vestiges d'une civilisation disparue et les exigences du présent. ■



▲ Barjac : l'astucieux calepinage courbe, niché dans le béton désactivé, accentue l'effet optique provoqué par la pente de la rue.



▲ Saint-Christol-lès-Alès : la nouvelle place de la petite ville est composée de deux niveaux, tous deux traités en béton désactivé.



QUELQUES RÉFÉRENCES

Le Grau-du-Roi

- Trottoirs et entrée d'école : 3 000 m²

Barjac

- Rues : 2 000 m²

Rousson

- Parvis, gradins et cheminements de la salle polyvalente : 1 000 m²

Uchaud

- Trottoirs : 2 000 m²

Nîmes

- PLACE DE L'ÉGLISE À COURBESSAC : 400 m²
- ZAC DES ABEILLES, ALLÉE : 300 m²
- MAISON DE L'AGRICULTURE, PARVIS : 500 m²

Saint-Christol-lès-Alès

- Place de la mairie : 2 200 m²

Pont du Gard

- Voie piétonnière (béton sablé ou gommé) : 5 000 m²

Saint-Paulet-de-Caisson

- Rues : 3 000 m²

Chusclan

- Parvis et pont piétonnier : 1 500 m²

Saint-Gervais

- Trottoirs : 800 m²

Aigues-Mortes

- Boulevard Gambetta : 1 500 m²

Autres réalisations
en béton désactivé : 60 000 m²

La réconciliation des bétons pour une quatre-voies

La transformation d'une quatre-voies en un espace public partagé par tous les usagers a rendu la ville nouvelle de Rillieux-la-Pape à ses habitants. Ce projet mené avec la ville de Rillieux par la communauté urbaine de Lyon s'appuie sur une conception originale, faisant appel aux bétons préfabriqués et désactivés.

Il est difficile d'imaginer qu'à la place de ces allées calmes et lumineuses, légèrement ombragées par de jeunes micocouliers, une quatre-voies déversait son flot de 18 000 véhicules par jour, retranchant les habitants chez eux, derrière les façades grises des HLM qui se faisaient face, à 40 m de distance. Un espace infranchissable, où seule la voiture avait droit de cité. *“Ce projet, c'est avant tout un grand projet de ville,”* explique la responsable de projet au sein du service Développement social urbain (DSU) de la communauté urbaine de Lyon, maître d'ouvrage. *Ce quartier, construit dans les années 60, était littérale-*

Les grandes lignes du chantier

- **LIEU** : avenue de l'Europe à Rillieux-la-Pape, commune de Lyon (Rhône)
- **TYPE DE TRAVAUX** : convertir une quatre-voies en un aménagement urbain partagé par tous les utilisateurs
- **DIMENSIONS DE L'AMÉNAGEMENT** : 1,5 km de longueur par 40 m de largeur
- **OBJECTIF DU PROJET** : rapprocher les deux rives d'un quartier coupé en deux par un axe routier
- **SOLUTION** : un aménagement convivial faisant appel à de nombreux revêtements et à un couvert végétal
- **DURÉE DES TRAVAUX** : 24 mois
- **DATE DE LIVRAISON** : septembre 2000
- **COÛT DES TRAVAUX** : 18 millions de francs TTC, dont 1,3 million de francs pour la fourniture des éléments en béton préfabriqué



▲ Près de 15 000 habitants sont concernés par le réaménagement de l'avenue de l'Europe, dans la ville nouvelle de Rillieux-la-Pape.



▲ Les deux voies de circulation ont été séparées par un terre-plein central arboré, espace structuré et délimité par des bordures profil pierre en béton bouchardé et des bordures en béton du type Imprim grises.



▲ La variété des facettes de l'aménagement permet la coexistence des différents utilisateurs au sein d'un espace urbain réapproprié et fédérateur d'une nouvelle unité au sein de la ville.



▲ La promenade en béton désactivé à base de granulats de quartz blanc est mariée à différents éléments en béton préfabriqué. Ce lieu de détente a vite été approprié par les habitants.

ment coupé en deux. Nous avons voulu rapprocher les deux rives jusqu' alors sans lien en instaurant une mixité d'utilisation, qui favorise la rencontre entre les différents usagers au sein d'un espace public commun." Un objectif plus qu'ambitieux, rompant avec trente années de domination de la voiture.

DEUX RIVES RELIÉES PAR UNE CANOPÉE

La quatre-voies a laissé place à un mail découpé en huit sections : trois terre-pleins dont un central, deux voies de circulation partagées avec le bus, deux zones de stationnement, plus une promenade, l'ensemble étant bordé de jardins privatifs au pied des immeubles. "Chaque terre-plein accueille les arbres, qui, à terme, constitueront un couvert végétal continu d'une rive à l'autre, explique le concepteur Thierry Laverne, architecte paysagiste.

L'implantation de candélabres indirects, illuminant le feuillage, contribue à l'unité du projet."

Mais l'unité n'est pas incompatible avec le partage : le découpage en "coulisses" parallèles donne à chacun, promeneur, automobiliste ou usager des transports collectifs le sentiment d'être au centre de l'espace. "Chaque partie fonctionne de façon autonome, sans conflit", souligne Thierry Laverne. Les risques d'accident s'en trouvent considérablement amoindris. "La sécurité était un des enjeux de l'aménagement, explique Bernard Jimbert, responsable de la subdivision VT/PN au sein de la communauté urbaine de Lyon jusqu'à la fin de l'année 1999. Il est bien plus périlleux de traverser une quatre-voies de 13 m de large que deux voies de 3,50 m, d'autant que le piéton n'a à regarder que d'un seul côté."

QUATRE ANNÉES DE GESTATION

Initié en 1994, après que l'architecte eut remporté le concours, le projet a dû attendre 1998 pour être accepté par la maîtrise d'œuvre et se concrétiser, tant le pari était audacieux et l'aménagement atypique. Mais persévérance et force de persuasion ont eu raison des réticences, et la pertinence du dessin de Thierry Laverne a fini par être unanimement reconnue. "Dans toutes les opérations d'aménagement, l'apport du concepteur est capital car il conçoit l'aménagement dans les trois dimensions, contrairement à nous, techniciens, qui ne percevons que la surface au sol, résume Michel Champ, responsable actuel de la subdivision VT/PN, direction de la voirie au sein de la communauté urbaine de Lyon. Mais pour que

Un béton essoré et pressé

Formulés à partir de ciment gris CEM I 52,5 R CP2 (usine du Teil) et de ciment blanc CEM I 52,5 N CP2 (usine du Teil), fortement dosés (460 kg/m³), les éléments en béton préfabriqué Sobérite® sont le fruit d'un procédé de fabrication original, bien que très ancien, et couramment utilisé par les Anglo-Saxons. Le béton frais est déversé dans un moule dont le fond est constitué d'une grille et d'un textile non tissé. Une presse comprime le bloc réalisé pendant 20 à 40 secondes sous une forte pression, tandis qu'une pompe à vide aspire l'eau qui s'en échappe. L'élément est ensuite extrait du moule au moyen d'une ventouse. Sa compacité est telle que le béton est immédiatement manipulé, sans qu'il se déforme ! "On obtient ainsi des bétons qui peuvent atteindre 100 MPa et affichent une densité de 2,5 sans utiliser le moindre adjuvant, relève Jacques Patet. La faible porosité engendrée par ce mode opératoire et l'emploi d'agrégats de qualité comme le granit, le basalte et le porphyre garantissent une durabilité bien supérieure à celle des bétons préfabriqués vibrés traditionnels." 10 à 15 jours de séchage à température ambiante sont requis, avant d'envisager le traitement par bouchardage du produit brut. ♦



▲ De multiples configurations rompent l'uniformité du traitement, afin de différencier au maximum les espaces. Ces entrées d'immeubles sont traitées avec des dalles en béton de granit blanc, bouchardé.

cette image globale prenne forme, il est nécessaire de valider les solutions retenues, en regard des contraintes de réalisation, de gestion et d'exploitation de l'aménagement.

UNE GRILLE D'ÉVALUATION RIGOUREUSE

Pour mener à bien la réalisation du projet, l'ingénieur utilise une grille basée sur cinq critères. Garantir la fonctionnalité de l'aménagement demande, par exemple, de veiller à ce que le rayon de courbure des chaussées ne soit pas trop faible et que les places de stationnement respectent une longueur suffisante. Assurer la sécurité des usagers conduit à éviter les angles saillants, les marches affleurantes ou des murets en sortie d'immeuble, qui risquent d'entraîner des blessures ou des

Principaux intervenants

- **MAÎTRE D'OUVRAGE** : communauté urbaine de Lyon, service Développement social urbain (DSU)
- **MAÎTRE D'ŒUVRE** : subdivision voirie VT/PN
- **CONCEPTION** : agence Laverne, paysage et urbanisme
- **ÉCONOMISTE** : bureau d'études E2CA ingénierie
- **ENTREPRISES** : groupement Gerland/SCR - Charles de Filippis/Gauthey
- **FOURNISSEUR DES BORDURES ET DALLES** : Sobépré

chutes, à l'instar des revêtements trop glissants en cas de pluie, comme la pierre polie. La pérennité de l'aménagement exige d'arrondir les arêtes des bordures, jardinières et autres ouvrages pour qu'ils supportent mieux les chocs. De même, l'emploi de matériaux gélifs est proscrit.

Une autre donnée importante est l'altimétrie du projet, dont dépend le bon écoulement des eaux, et, notamment, l'absence de retenues, source de désordres et danger pour les piétons. Enfin, le dernier point consiste à examiner de près le quantitatif élaboré par le concepteur, dont l'incidence économique est immédiate. *"Une bonne préparation permet de régler 80 % des problèmes"*, estime Michel Champ.

LE BÉTON : UNE ALTERNATIVE À LA PIERRE

La maîtrise des coûts du projet a été une des contraintes du programme. Pour ces raisons, le choix de la pierre a été écarté au profit du béton préfabriqué bouchardé, employé pour structurer l'aménagement. Bordures, caniveaux, dalles, entourages d'arbres et éléments de jardinières rythment l'alternance entre le sable stabilisé, le béton désactivé, l'enrobé (brut ou grenailé), solutions dévolues à un usage précis. *"Grâce à la variété des teintes et des finitions, les produits proposés par Sobépré offrent une qualité d'aspect très proche des matériaux naturels"*, souligne Michel Champ. De plus, un procédé de fabrication original leur confère une résistance élevée, qui répond d'autant mieux aux exigences de durabilité. *"La compatibilité du béton et l'utilisation de granulats de qualités sont des éléments déterminants, signature de matériaux haut de*



▲ Le béton monolithique bouchardé offre un aspect très proche de la pierre, pour un prix inférieur de moitié.



▲ Le traitement différencié des entourages d'arbres a conduit le préfabricant à fournir une grande variété de produits.



▲ La mise en œuvre des bordures, caniveaux et autres éléments en béton préfabriqué est faite sur un lit de béton de type B16 pour une assise optimale. Le poids et la taille de certains éléments ont nécessité l'utilisation de moyens de levage spécifiques, afin de positionner correctement les éléments.

gamme”, souligne Jacques Patet, directeur commercial de cette entreprise de quarante-sept personnes.

**QUALITÉ :
AUCUNE CONCESSION**

Ajoutons que le fabricant Sobépré, filiale de Bonna-Sabla, est partisan de produits monolithiques et homogènes, afin que le corps et le parement des éléments se comportent de la même façon. Avantages : les blocs peuvent être usinés, comme la pierre, sans changement d'aspect, et ils ont une très bonne tenue au gel/dégel. Ces produits, formulés à base de ciment blanc ou gris, font appel à des traitements tels que le bouchardage, le grenailage ou le grésage. *“L'avantage de Sobépré, outre les références dont elle dispose, est de rompre avec un comportement typique des années 90, qui consiste à adapter les projets d'aménagement à la technique, souligne Thierry Laverne, architecte paysagiste. Cette entreprise est à l'écoute des attentes des concepteurs, en proposant des solutions qui relèvent parfois du sur mesure.”* Un avis que confirme Jacques Patet : *“Notre spécialité est de répondre fréquemment à des demandes non standardisées.”*

UN RÉEL SOUCI DU DÉTAIL

Il suffit de se rendre sur le site pour s'en rendre compte instantanément. Décrochements, arrondis, demi-pentes, encastres, régularité d'aspect : tout sur le chantier fait état du caractère exceptionnel de l'engagement du fournisseur pour la

qualité. À tel point que seul un spécialiste averti peut affirmer que les splendides bordures en béton bouchardé ne sont pas en pierre calcaire. *“Il était important de donner de la qualité aux usagers”,* insiste la responsable du projet.

La mise en œuvre réalisée par le groupement d'entreprises Gerland /SCR et Charles de Filippis/Gauthey a été à la hauteur des exigences. Traitement des joints, alignement, absence de salissures et d'épaufrures, réglage de l'assise : la tâche a été difficile pour que la qualité de la réalisation soit constante sur tout le linéaire avec un souci particulier pour le respect du planning. Les chiffres témoignent de l'ampleur du travail : 11 000 m de bordures de douze types différents, 5 500 m de dalles, 70 entourages d'arbres et 100 m linéaires de jardinière terre-plein. Sur le plan technique, la taille et le poids des éléments ont nécessité l'utilisation de moyens de levage, afin de positionner avec précision des éléments pesant parfois plus de 200 kg.

UN QUARTIER “RÉANIMÉ”

L'opération dans son ensemble, organisée en deux tranches, a respecté les plannings, soit seulement deux ans de travaux. Une troisième tranche portera le linéaire à 2,3 km, contre 1,5 km actuellement. Dès la mise en service, les désagréments liés à la mise en œuvre ont vite été oubliés, les usagers s'étant rapidement appropriés ce nouveau territoire. *“La communauté urbaine de Lyon est un des meilleurs maîtres d'ouvrage que je connaisse. La réussite doit beaucoup à la qualité exceptionnelle de leur structure de projet”,* conclut Thierry Laverne. ■



▲ L'allée en béton désactivé est bordée de chaque côté de petites dalles de 12 cm d'épaisseur en béton de granit blanc et de dallettes en béton du type Imprimgises.



▲ Le souci du détail est visible sur des ouvrages aussi anodins que ces caniveaux. Le choix d'un béton bouchardé formulé à base de granulats de qualité permet d'approcher de très près la texture de la pierre.



▲ Pour assurer la stabilité d'un îlot central d'une hauteur supérieure à la moyenne, les blocs en béton sont liés les uns avec les autres par des éclisses métalliques galvanisées.

Les traitements de surface des chaussées en béton

Hier, le problème était relativement simple : un chemin était carrossable ou ne l'était pas. Aujourd'hui, construire une route ou une autoroute est une tâche complexe. C'est même souvent un casse-tête pour les ingénieurs, qui s'efforcent de concilier l'inconciliable, à savoir économie, silence, confort, sécurité et résistance. Leurs moyens, entre autres : le large éventail des traitements de surface du béton.



▲ Mise en œuvre d'un revêtement autoroutier en béton. À l'arrière-plan, atelier de traitement de surface.

La fonction d'une route est d'assurer la circulation des véhicules en toute saison, quelles que soient les conditions climatiques. Par conséquent, elle doit posséder certaines propriétés, complémentaires de celles du véhicule, qui doivent satisfaire aux exigences de l'utilisateur et de l'ingénieur.

L'utilisateur de la route perçoit les caractéristiques superficielles des chaussées au travers des phénomènes qui accroissent ou dégradent les qualités d'agrément, de confort et de sécurité de sa conduite.

Pour l'ingénieur routier, constructeur ou gestionnaire, les caractéristiques de surface des chaussées présentent un aspect plus géométrique, puisqu'il s'agit de détecter et d'optimiser les irrégularités de ces surfaces, qui sont répertoriées en quatre grandes catégories :

- **La microtexture**, liée à la nature des éléments en surface (granulats et mortiers), caractérise la présence d'irrégularités de faible longueur d'onde (fraction de millimètre) et d'arêtes vives capables de percer le film d'eau. Elle détermine le niveau général de l'adhérence et dépend de la capacité de ces éléments à :

- présenter et conserver le plus longtemps possible des arêtes vives ;
- résister à la fragmentation ;
- offrir une bonne résistance au polissage.

- **La macrotexture**, liée à la structure géométrique de la surface (arrangement des éléments de surface), caractérise la présence d'irrégularités d'une longueur d'onde de

l'ordre du centimètre. Elle permet l'évacuation de l'eau dans l'aire de contact pneumatique-chaussée. Elle dépend de la formulation et du traitement de surface du revêtement.

● **La mégatexture**, liée aux défauts de mise en œuvre, et en particulier à une répartition inégale des gros granulats, caractérise la présence d'irrégularités d'une longueur d'onde de l'ordre de quelques dizaines de centimètres.

● **L'uni**, dépendant de la qualité de la mise en œuvre, caractérise la présence d'irrégularités d'une longueur d'onde supérieure à 50 cm.

Pour les deux premiers types d'irrégularités, les inconvénients sont nettement compensés par les avantages. Ainsi, pour la microtexture : usure des pneumatiques contre adhérence à faible vitesse ; pour la macrotexture : bruit de roulement et résistance à l'avancement contre adhérence à grande vitesse. Par contre, les défauts d'uni et surtout la mégatexture ne présentent que des inconvénients.

Pour le concepteur de la chaussée, outre la prise en compte de l'évolution des qualités superficielles de la couche de roulement sous l'action du trafic, c'est souvent la recherche du meilleur compromis en termes de micro et de macrotexture qui dictera son choix. Il convient donc de souligner tout l'intérêt que présentent les différentes techniques de traitement de surface des chaussées en béton de ciment.

En effet, si une bonne microtexture est toujours nécessaire pour les besoins d'adhérence à faible vitesse et sur route sèche, elle n'est pas suffisante pour garantir une sécurité acceptable en cas de circulation à vitesse élevée sur route mouillée. C'est pourquoi l'ingénieur routier cherchera également à conférer une macrotexture élevée aux revêtements destinés à cet usage. Dans son action, il rencontre deux problèmes de natures différentes :

- celui des chaussées neuves ;
- celui des chaussées existantes à entretenir.

Le tableau 1 illustre les différents aspects de surface résultant de combinaisons adéquates de micro et de macrotexture.

Tableau 1 - Caractéristiques de surface des chaussées.

Type de surface		Nature de la texture	
		Microtexture	Macrotexture
I		Rugueuse	Fermée ou fine
II		Polie	Ouverte ou grossière
III		Rugueuse	Ouverte ou grossière
IV		Polie	Fermée ou fine

TRAITEMENT DE SURFACE DES CHAUSSÉES NEUVES

TECHNIQUES ET PERFORMANCES

Après la mise en œuvre du béton, la surface du revêtement présente un aspect uni, plein et plan. On cherche alors à lui conférer de bonnes qualités antidérapantes. De telles qualités résultent d'une combinaison adéquate de micro et de macrorugosité.



▲ La surface du revêtement, avant traitement, présente un aspect uni, plein et plan.

Le passage d'une toile de jute humidifiée permet d'enlever la laitance de surface et de mettre en relief les grains de sable. On obtient ainsi une texture de type "papier de verre" qui présente une bonne microrugosité.



▲ Le passage d'une toile de jute apporte une bonne microrugosité.

Pour améliorer le drainage, plusieurs techniques de traitement de surface ont été mises au point, répondant aux exigences de sécurité et d'adhérence. On peut citer, à ce propos, le brossage, le striage et le rainurage.

Depuis quelques années, de nouvelles exigences sont apparues, du fait du développement des voies de communication par route. Aujourd'hui, le projeteur doit prendre en considération, avec des degrés de préoccupation adaptés, d'autres paramètres tels que :

- le bruit à l'extérieur et à l'intérieur des véhicules ;
- les projections d'eau par temps de pluie ;
- la résistance au roulement (consommation de carburant) ;
- l'usure des pneus.

Le concepteur doit faire ses choix en fonction d'un certain nombre de critères parfois contradictoires, pour arriver à un compromis conduisant à la technique optimale.

Devant ces nouvelles données, d'autres techniques de traitement de surface des revêtements en béton se sont développées : cloutage, dénudage, bouchardage et béton imprimé.

Le choix du projecteur, parmi ces différentes techniques, doit se faire en tenant compte des critères suivants :

- la fonction de la route ;
- la nature du site ;
- l'importance du trafic ;
- le coût.

Les performances des techniques de traitement pour chaussées neuves sont indiquées dans le tableau 2.

LE BROSSAGE

Ce type de traitement de surface est le plus utilisé sur les routes à faible trafic. Il vise à créer à la surface du béton frais une macrotecture fine, constituée par des canaux fins qui assurent, en cas de pluie, d'une part un drainage accéléré de la surface du revêtement, d'autre part une réduction sensible de l'épaisseur du film d'eau entre le pneu et la chaussée. Il en résulte une bonne adhérence à grande vitesse et un drainage superficiel efficace.

Le brossage est réalisé, en général, dans le sens transversal. Certains pays utilisent aussi le brossage longitudinal, qui présente l'avantage d'un moindre bruit de roulement, mais offre par contre un moins bon drainage superficiel. On applique



▲ Le brossage manuel, technique courante pour les voiries rurales à faible trafic.

le brossage au moyen d'une brosse dure, soit manuellement, soit de façon mécanisée. Si le brossage transversal est réalisé manuellement, il est souhaitable de disposer d'une passerelle enjambant le revêtement et qui sert de guide au personnel qui l'emprunte pour exécuter son travail. En outre, il faut veiller à ce que l'outil n'attaque pas trop brutalement la surface du béton frais, sous peine de créer des empreintes, des ondulations et un déchaussement des granulats du béton.

Cette technique apporte à la chaussée des caractéristiques de surface convenables pour les routes à faible trafic, en particulier :

- l'adhérence mesurée à l'essai "hauteur de sable" donne des valeurs comprises entre 0,5 et 1 mm selon le type de brosse utilisé ; ce qui constitue un résultat intéressant pour les routes à faible trafic ;
- le drainage est efficace, ce qui réduit les projections d'eau et améliore la visibilité et donc la sécurité des usagers.



▲ Le brossage mécanisé, dans le cas de chantiers de taille importante.

LE STRIAGE

Le striage est une technique de traitement de surface qui vise à créer une macrotecture grossière constituée par des canaux d'une profondeur d'environ 5 mm, espacés de 15 à 30 mm. Ces canaux assurent, en cas de pluie, un drainage plus efficace qu'avec la technique du brossage. Il en résulte une nette amélioration de l'adhérence de la chaussée. Par contre, on constate une augmentation du bruit de roulement.

Le striage est réalisé, en général, dans le sens transversal, soit manuellement, soit de façon mécanisée.

Quand le striage est effectué à l'aide d'une machine, le mouvement transversal est combiné avec celui de la progression longitudinale, de telle sorte que les stries sont perpendiculaires à l'axe de la chaussée.

Dans le mode manuel, le striage du béton est obtenu à l'aide de râtaux dont les dents, en plastique ou en acier, sont distantes d'environ 20 à 50 mm. La profondeur des stries est de l'ordre de 3 à 5 mm.

Ce type de traitement a été beaucoup utilisé sur les routes à trafic important, pour être ensuite pratiquement abandonné en raison de l'inconfort acoustique et des vibrations



▲ Aspect de surface d'un béton strié.

qu'il peut provoquer. Par contre, il est souvent utilisé pour les routes à faible trafic.

Certains pays utilisent aussi le striage longitudinal, qui présente l'avantage d'un moindre bruit de roulement, mais qui offre par contre un moins bon drainage superficiel. Comme dans le cas du brossage, si le striage transversal est effectué manuellement, il est souhaitable de disposer d'une passerelle pour les raisons citées plus haut. En outre, il faut veiller à ce que l'outil n'attaque pas trop brutalement la surface du béton frais, sous peine de créer des arrachements de granulats qui dégradent les qualités d'uni du revêtement.

Les mesures à l'essai "hauteur de sable" donnent des valeurs entre 0,75 et 1,25 mm, en fonction du matériel employé et de la qualité de la mise en œuvre.

LA DÉSACTIVATION

Cette technique consiste à éliminer le mortier superficiel du revêtement en béton de façon à faire apparaître les granulats et à conférer à la surface des caractéristiques particulières d'adhérence et/ou d'aspect.

On pulvérise à la surface du béton, immédiatement après sa mise en place, un produit retardateur de prise, le "désactivant", qui s'oppose à la prise superficielle du mortier durant un délai déterminé (plusieurs heures) qui est fonction des conditions atmosphériques régnant au moment de l'exécution des travaux. La surface du béton est alors lavée au jet



▲ Lavage à l'eau haute pression.

Aspect de surface d'un béton désactivé.



▲ Pulvérisation du retardateur de prise de surface.

d'eau haute pression afin d'éliminer la laitance de surface, qui n'a pas fait prise, et de mettre à nu la face supérieure des gravillons.

En fonction du dosage utilisé, l'action du désactivant peut être plus ou moins profonde pour répondre à l'effet attendu : adhérence et aspect. La rugosité géométrique obtenue, mesurée par l'essai "hauteur de sable", est voisine de 2 mm. Une cure est ensuite réalisée sur le béton pour éviter la dessiccation de surface.

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"). 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, 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 une formulation adéquate, d'obtenir des aspects de surface imitant les pierres naturelles en granit.



Aspect de surface d'un béton bouchardé.

▲ Matériel de bouchardage.

LE BÉTON IMPRIMÉ

Cette technique consiste à imprimer, à l'aide de matrices ou de moules spéciaux, des dessins ou motifs à la surface d'un béton frais.

Le procédé est simple : sur un support préalablement nivelé et compacté, le béton est coulé en place entre les coffrages, vibré puis taloché. Le marquage périphérique ainsi que les obstacles (regards, arbres, etc.) et le traçage des bordures sont exécutés à l'aide d'outils spéciaux (quarts-de-rond, trusquins). La surface du béton ainsi préparée est ensuite saupoudrée de 2 ou 3 couches d'un produit colorant et anti-usure, incorporé dans le béton par talochage et lissage. Après la mise en place d'un film pour les dessins lisses, ou de la poudre de démoulage pour les dessins "structurés", les moules spéciaux sont appliqués et retirés au fur et à mesure, imprimant à la surface le dessin choisi. Après quelques jours de séchage, la surface du béton subit un nettoyage au jet d'eau à haute pression, suivi de la pulvérisation d'un produit de protection (résine ou cire).

Aspect de surface d'un béton imprimé.

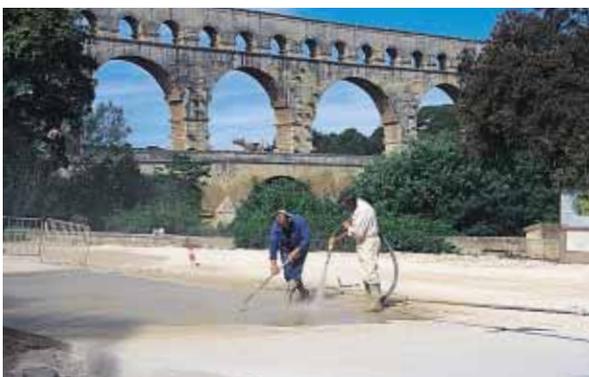


▲ Les moules sont appliqués à la surface du béton "tendre" pour y laisser leur empreinte.

L'HYDROGOMMAGE OU L'HYDROSABLAGE

Cette technique consiste à attaquer un revêtement béton durci (24 à 48 heures après le bétonnage) avec un jet de sable projeté à l'eau haute pression.

La sable (quartz cristal 00), entraîné par l'eau à haute pression, permet de dégarnir plus ou moins les granulats qui, selon leur dureté, sont plus ou moins arrondis par cette technique. Les granulats sombres sont éclaircis par ce traitement. Cette technique est adaptée à la réalisation d'aména-



▲ Traitement de surface du revêtement béton par hydrogommage : jet d'eau à haute pression additionné de sable.

gements urbains piétonniers ou faiblement circulés, mais aussi aux voiries circulées sous réserve de prévoir dans le béton des granulats répondant aux spécifications requises en matière de dureté et de résistance au polissage.

▼ Aspect général du revêtement béton après hydrogommage ; à noter, l'aspect clair du béton.



Aspect de surface d'un béton traité par hydrogommage.

LE CLOUTAGE

Cette technique consiste à répandre uniformément, à la surface du béton frais, des granulats d'un calibre déterminé (compris entre 10 et 20 mm) et présentant une haute résistance au polissage (coefficient de polissage accéléré CPA $\geq 0,50$), à raison d'environ 6 à 8 kg/m², et à les y incruster par damage et/ou par vibration à l'aide d'un équipement approprié. Les granulats sont ainsi enchâssés dans le béton frais, suffisamment pour résister à l'action du trafic, tout en restant apparents pour apporter la rugosité recherchée.

Le cloutage permet ainsi l'emploi de granulats locaux dans la masse du béton, sans nuire à l'adhérence, il est donc particulièrement indiqué dans les régions qui ne disposent pas de granulats de qualité pour la confection du béton.

Le cloutage est réalisé au moyen d'une machine qui assure à la fois le dosage précis, la répartition des matériaux de cloutage et leur enchâssement dans le béton frais. Il s'agit, soit d'une machine indépendante sur rails pour les travaux entre coffrages fixes, soit d'un dispositif asservi au train de bétonnage, qui permet d'effectuer simultanément le traitement de surface par cloutage.

Par ailleurs, les mesures à l'essai "hauteur de sable" donnent des valeurs de l'ordre de 1,5 à 2 mm ;



▲ Après réparation, enchâssement des "clous" à l'aide d'une lame vibrante.

Tableau 2 - Chaussées neuves : performances des techniques de traitement de surface.

TECHNIQUES	PROPRIÉTÉS	Adhérence à basse vitesse	Adhérence à haute vitesse	Uni	Bruit	Propriétés optiques		Esthétique
						Route sèche	Route mouillée	
Sans traitement de surface		Bon	Mauvais	Bon	Bon	Bon	Très mauvais	Moyen
Brossage transversal		Très bon	Très bon	Bon	Médiocre	Bon	Bon	Moyen
Striage	Transversal	Très bon	Très bon	Bon	Mauvais	Bon	Bon	Médiocre
	Longitudinal	Très bon	Médiocre	Bon	Bon	Bon	Bon	Médiocre
Cloutage		Très bon	Très bon	Bon	Mauvais	Bon	Bon	Moyen
Désactivation		Très bon	Très bon	Très bon	Bon	Bon	Très bon	Très bon
Bouchardage		Très bon	Très bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Très bon
Béton imprimé		Très bon	Moyen	Moyen	Moyen	Bon	Bon	Très bon
Hydrogommage		Très bon	Moyen	Bon	Bon	Bon	Bon	Très bon

RÉGÉNÉRATION DE L'ÉTAT DE SURFACE DES CHAUSSÉES EN BÉTON

● TECHNIQUES ET PERFORMANCES

Tout revêtement de chaussée, après quelques années d'usage, présente des caractéristiques de surface telles qu'il devient nécessaire de régénérer cette dernière. Sous l'effet du trafic, en particulier celui des poids lourds, la surface de la chaussée s'use, se polit et devient glissante, surtout par temps de pluie quand le phénomène d'aquaplaning rend la chaussée extrêmement dangereuse.

Il faut donc régénérer l'état de surface de la chaussée, et rétablir sa macrorugosité et sa microrugosité.

Dans le domaine des chaussées en béton, quatre gammes de solutions sont utilisées aujourd'hui en France :

- les enduits superficiels ;
- les rainurages par sciage ;
- le grenailage superficiel ;
- le bouchardage.

Les performances des techniques de régénération de l'état de surface des chaussées en béton sont indiquées dans le tableau 3.

LES ENDUITS SUPERFICIELS

Cette technique consiste à répandre, sur le revêtement en béton, un enduit à base de produits bitumineux tel qu'une monocouche de liant au bitume élastomère avec double gravillonnage.

Appliquée en France depuis environ 25 ans sur les revêtements en béton, elle semble donner satisfaction dans la mesure où la circulation ne dépasse pas 50 000 véhicules par jour.

La formule type utilisée dans les applications autoroutières est une monocouche double gravillonnage (1,5 kg/m² de

liant au bitume élastomère, 13 kg/m² de gravillons 10/14 d'excellente qualité, et 7 kg/m² de gravillons 4/6 de mêmes caractéristiques). La durée de vie de ces enduits est conditionnée d'une part par la nature du trafic et d'autre part par l'état structurel de la chaussée. Elle se situe, en général, entre six et huit ans.

La technique des enduits superficiels restitue à la chaussée une excellente rugosité. Au niveau de la sécurité, on constate après travaux :

- une réduction du pourcentage total d'accidents sur chaussée mouillée ;
- une réduction du pourcentage d'accidents sur chaussée mouillée en virage et en rampe.

Par contre, cette technique comporte des inconvénients :

- le processus opératoire est très "pointu" : il nécessite des équipes de mise en œuvre bien entraînées ainsi qu'un matériel bien adapté ;
- elle conduit à un niveau de bruit élevé, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur du véhicule, ce qui limite son domaine d'emploi.

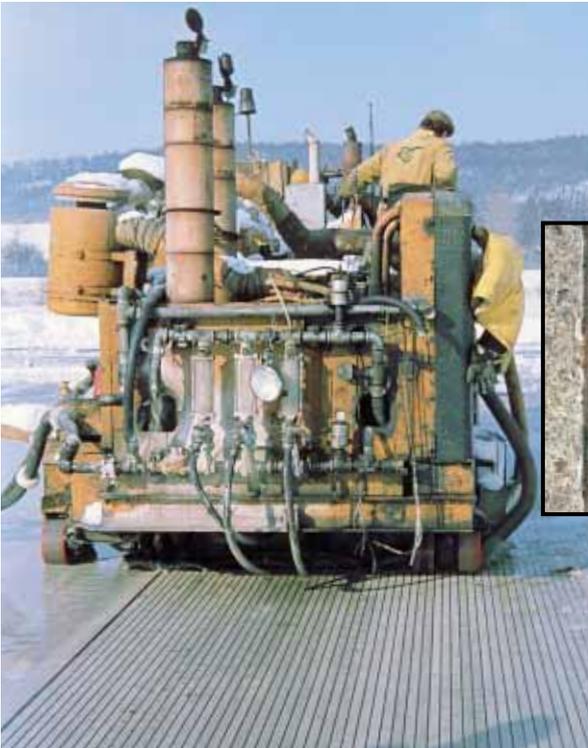
LE RAINURAGE

Le principe des rainures est de créer, en les découpant dans la surface existante du béton, des canaux de drainage permettant une évacuation de l'eau sous les pneumatiques dans l'aire de contact pneu-chaussée.

Le rainurage longitudinal

Cette technique de régénération a été mise au point aux États-Unis, où elle est utilisée couramment et où son efficacité est considérée comme très élevée.

En France, elle a été abondamment utilisée durant la période 1973-1980, mais abandonnée depuis 1984 sous la pression des usagers de deux roues (phénomène de guidonnage).



▲ Matériel de rainurage des chaussées en béton.



▲ Aspect de surface d'un béton rainuré.

Toutefois, le rainurage longitudinal, traitement privilégié d'itinéraires complets, s'est révélé très fonctionnel. Il présente l'avantage de ne condamner qu'une voie de circulation. Les rainures obtenues sont nettes et régulières. L'augmentation du coefficient de frottement longitudinal (CFL) est nettement inférieure à celle apportée par les enduits superficiels, mais il a été constaté que ce type de rainurage apporte une forte diminution des accidents par temps de pluie en provoquant un certain effet de guidage des véhicules qui tend à s'opposer au dérapage. Par contre, les motocyclistes lui reprochent d'induire un effet de rail dangereux sous les roues.

Un autre avantage du rainurage longitudinal est de réduire le niveau de bruit provoqué par le roulement des véhicules.

Par contre, l'évacuation de l'eau est moins bonne que dans le cas du rainurage transversal. En plus, l'eau est drainée vers les joints transversaux, où elle s'infiltré et aggrave le problème de pompage de l'eau sous les dalles.

Dans la pratique, on a réalisé des rainures profondes (de 4 à 6 mm), larges de 2,5 mm et espacées de 25 mm. Ce rainurage a une bonne tenue dans le temps, et quand les rainures se sont usées sous le trafic, il est toujours possible de refaire un rainurage qui sera de nouveau efficace pour une très longue période.

Le rainurage transversal

Il a été employé, durant les premières années, sur de courtes sections correspondant à des zones à la géométrie et à l'environnement particuliers (rampes, cuvettes, zones de transition de dévers – des zones où l'on constate une fréquence nettement plus élevée d'accidents sur chaussée mouillée).

De bons résultats ponctuels ont été obtenus.

Le traitement en continu d'itinéraires s'est rapidement heurté au problème du matériel. Ce n'est qu'en 1984, date à laquelle a été mise au point en France une machine de rainurage transversal adaptée aux grands chantiers sous circulation, que des résultats qualitatifs et quantitatifs très satisfaisants ont été obtenus.

L'optimum d'efficacité du rainurage transversal est obtenu pour une surface de rainure de l'ordre de 12 % de la surface totale. Ce pourcentage est prépondérant par rapport aux modalités de rainurage (largeur et espacement des rainures).

Cette technique permet une excellente évacuation de l'eau et une très bonne résistance au dérapage. Elle réduit beaucoup les projections d'eau. Par contre, elle conduit à un niveau sonore élevé.

LE BOUCHARDAGE

Voir page 14, dans "Traitement de surface des chaussées neuves".

LE GRENAILLAGE

En France, cette technique – bien que très ancienne – n'a été utilisée qu'en 1987 de manière opérationnelle et industrielle sur des chantiers autoroutiers sous circulation.

Le but principal recherché est d'apporter une solution rapide et économique au problème de glissance des anciennes chaussées en béton.

Le procédé consiste à projeter sur la chaussée des billes d'acier qui sont, au rebond, récupérées par aspiration et recyclées. Le choc des billes avec la surface du béton a trois effets principaux :

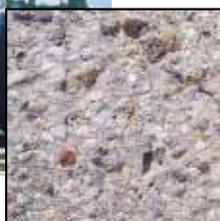
- il nettoie la surface de la chaussée, fonction recherchée à l'origine pour le dégommage des pistes d'aérodromes et la préparation des supports pour les travaux de renforcement en béton mince collé ;
- il dégage en surface le mortier de scellement des granulats, augmentant ainsi la macrorugosité ;

Tableau 3 - Régénération de l'état de surface des chaussées en béton : performances des techniques.

PROPRIÉTÉS TECHNIQUES	Adhérence à basse vitesse	Adhérence à haute vitesse	Uni	Bruit	Propriétés optiques		Esthétique
					Route sèche	Route mouillée	
Enduits superficiels	Très bon	Très bon	Bon	Médiocre	Médiocre	Bon	Médiocre
Bouchardage	Très bon	Très bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Très bon
Rainurage	Transversal	Très bon	Bon	Mauvais	Bon	Bon	Médiocre
	Longitudinal	Très bon	Médiocre	Bon	Bon	Bon	Médiocre
Grenaillage	Très bon	Très bon	Bon	Bon	Bon	Très bon	Très bon



▲ Matériel de grenaillage.



◀ Aspect de surface d'un béton grenaillé.

– il ravive les arêtes des granulats constitutifs du revêtement, améliorant ainsi sa microrugosité.

Les résultats obtenus sur les premiers chantiers autoroutiers à très fort trafic de la région parisienne sont tout à fait encourageants. On peut constater, en particulier, une nette augmentation de l'adhérence mesurée à l'essai "hauteur de sable" et une amélioration du coefficient de frottement longitudinal.

CONCLUSION

Le choix de la texture de surface d'un revêtement de chaussée est, en général, pour l'ingénieur projeteur, un problème d'optimisation. Il devra donc tenir compte de toutes les exigences, *a priori* opposées, et rechercher un compromis acceptable.

Dans ce contexte, le béton – en tant que matériau – possède deux particularités :

– la première concerne les travaux neufs. En effet, le béton n'atteint sa forme et sa qualité finales qu'au terme d'une

évolution de sa consistance. Cette particularité donne aux concepteurs routiers de nombreuses possibilités techniques et un certain délai pour créer une texture de surface adéquate ;

– la seconde concerne les travaux neufs et d'entretien. Ici, le béton se caractérise par une résistance mécanique élevée vis-à-vis des sollicitations dues au trafic et aux conditions climatiques. Cette particularité garantit aux concepteurs routiers de pouvoir réaliser des traitements de surface d'une grande durabilité.

CIMbéton

CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

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

L'aéroport de Nîmes s'offre une piste haute endurance

En réalisant en un temps record une chaussée aéroportuaire constituée d'un revêtement de béton à dalles goujonnées de 22 000 mètres carrés sur une fondation en béton maigre, le groupement Gailledrat-CMR vient de remettre durablement en état la piste principale de l'aéroport de Nîmes-Garons.

Construit il y a plus de trente-cinq ans, l'aéroport de Nîmes-Garons a bénéficié cet été d'une remise en état partielle de sa piste principale en un délai record. Outre l'effet du temps, c'est essentiellement le poids des avions grosporteurs roulant au ralenti à pleine charge (poids propre, passagers, chargement, kérosène) de l'aérogare à l'extrémité de la piste, où ils accélèrent, qui a entraîné une dégradation régulière et irrémédiable de certaines zones.

Malgré les opérations d'entretien régulièrement menées par la DDE pour prolonger le plus longtemps possible la qualité de cette piste, une réparation lourde a fini par s'imposer.

L'opération ne porte que sur les zones qui ont subi le plus de dommages : une bande de 645 m de longueur côté sud et de 810 m côté nord. Et si la piste mesure 45 m en largeur, seuls les 15 m situés au centre sont concernés par cette remise en état, car c'est la partie la plus sollicitée au roulage.

L'aéroport a été fermé du 3 au 20 août 2000, période la plus creuse de l'année pour les opérateurs civils (Air France, AVDEF, AOM Industries) et militaires (aéronautique navale). D'un coût total de 18 millions de francs, cette opération est



▲ Les joints du revêtement béton sont goujonnés. Les goujons, placés sur des paniers, sont positionnés dans le prolongement des joints de l'ancien revêtement.

financée à parts égales par l'État (aviation civile 25 % et marine 25 %) et les collectivités locales (région 20 %, département 15 %, villes de Nîmes 10 % et de Saint-Gilles 5 %).

22 000 M² DE BÉTON MAIGRE SUR GNT

Pour les deux zones concernées, les rangées de dalles au centre de l'ancienne piste ont été démolies sur une cinquan-

taine de centimètres de profondeur à l'aide de brise-roche de forte puissance. Le groupement Gailledrat-CMR, dont Gailledrat est le pilote, a confié ces opérations de démolition et de terrassement à l'entreprise Razel-Pico. L'évacuation des gravats en zone de stockage permettra de les réemployer ultérieurement après concassage. Une épaisseur de 7 cm de GNT (grave non traitée) 0/20 a ensuite été mise en place puis compactée, avant de procéder au coulage de 15 cm de béton maigre dosé à 170 kg de ciment. Sa mise

Principaux intervenants

- **MAÎTRE D'OUVRAGE** : ministère de la Défense/Marine nationale
- **MAÎTRE D'ŒUVRE** : DDE du Gard - subdivision des bases aériennes
- **RÉFECTION DES PISTES** : groupement Gailledrat - CMR (Gailledrat mandataire)



▲ Scellés dans l'épaisseur de l'ancienne dalle, des goujons d'acier assurent sa solidification avec les parties neuves.



▲ Déversé par deux camions-bennes à la fois, le béton est réparti à l'aide de trois pelles hydrauliques.



▲ Disposée à l'avant de la slipform, une double vis répartit le béton avant sa mise en place.

en œuvre a été réalisée à l'aide d'une machine à coffrage glissant (*slipform*) Guntert MSP 150, ses chenilles disposées à l'extérieur s'appuyant sur les anciennes dalles conservées.

“Mais pour réaliser cette dalle en profondeur, il a fallu adapter la table de la slipform pour qu'elle mesure un peu moins que les 15 m de large à réaliser d'un seul tenant. Elle peut ainsi entrer en fond de forme sans s'y coincer”, explique Henri Nicol, chef d'atelier de Gailledrat. “Manœuvrer en ligne droite sur plusieurs centaines de mètres une machine d'une telle envergure représente un travail de précision, car le conducteur de la machine ne dispose que d'une très faible marge de manœuvre de part et d'autre de la table”, ajoute Jean-Jacques Bartoletti, chef de secteur et directeur des travaux. La fluidité du béton suffit ensuite à combler les espaces résiduels périphériques, après le passage de la machine.

UNE COUCHE DE ROULEMENT GOUJONNÉE

Pour éviter les remontées de fissures dans le revêtement béton, une couche de désolidarisation a été créée en appliquant une double couche (un aller et retour) de produit de cure sur le béton maigre, ce qui représente un dosage total de 250 g par mètre carré. “Sur ce béton maigre, l'entreprise est ensuite venue fixer des paniers de goujons espacés de 6 m, situés dans l'alignement des joints de retrait/flexion des dalles conservées. Et ce n'est pas moins de 750 paniers porte-goujons, soit un total de 15 200 goujons qui ont été ainsi utilisés sur ce chantier. Pour faciliter la mise en œuvre, seuls les deux paniers latéraux sont dans un premier temps fixés sur le béton maigre pour laisser un passage libre à la pelle hydraulique chargée de répartir le béton en partie centrale. Le panier central

n'est fixé au pistolet qu'au dernier moment, avant d'être recouvert de béton avant le passage de la slipform”, précise Jean-Jacques Bartoletti.

Tous les mètres, de chaque côté de la nouvelle portion de piste, l'entreprise Isotech a foré dans l'ancienne dalle des trous de 30 mm de diamètre et de 250 mm de profondeur à 15 cm de la future surface finie. Des goujons d'acier de 30 mm de diamètre et de 50 cm de long – les mêmes que ceux qui sont employés pour les paniers – sont scellés à la résine époxy. L'objectif est de solidariser parfaitement la nouvelle partie avec l'ancienne et ainsi d'éviter un décalage entre les deux revêtements. À chaque extrémité du nouveau revêtement a été interposée une épaisseur de polystyrène, jouant le rôle de joint de dilatation.

Pour le coulage du béton de la couche de roulement, deux camions, un de chaque côté de la piste, déversent le béton qui est ensuite réparti à l'aide de trois pelles hydrauliques, une de chaque côté et une au centre de la piste. La double vis de répartition à l'avant de la *slipform* se

charge de la mise en place du béton avant son coffrage et sa vibration, réalisant ainsi une dalle continue de 15 m de large, de 30 cm d'épaisseur et de plusieurs centaines de mètres de long.

Après le passage de la *slipform*, une grande taloche mécanisée lisse la surface du béton sur toute sa largeur. Le passage d'une toile de jute humide disposée sur un chariot tracté par des sangles unifie la surface avant qu'un portique automoteur ne se charge du balayage transversal et de la pulvérisation du produit de cure.

UN REDÉCOUPAGE EN DALLES

Environ six heures après la mise en œuvre du béton, l'entreprise Isotech se charge du sciage du nouveau revêtement dans le prolongement des joints transversaux existants et trace à la scie un joint longitudinal qui divise la piste en deux parties égales. Au lieu d'avoir des éléments de 6 x 5 m, la trame passe dans cette partie centrale à 6 x 7,50 m, ce qui réduit le nombre de joints (deux au lieu de trois). Le premier trait de scie est réalisé sur 9 cm de profondeur pour le retrait. Sur 45 mm de profondeur, le joint est ensuite élargi sur 10 mm, chanfreiné, puis garni à chaud pour étanchéifier la dalle. Les travaux de peinture concernant le balisage diurne de la piste ont été confiés à la société Prosign.

UNE COURSE CONTRE LA MONTRE NUIT ET JOUR

La cadence d'avancement de ce chantier est donnée par la centrale de fabrication. Le béton maigre est mis en œuvre à raison d'une moyenne de 60 m à l'heure, tandis que la dalle de béton de roulement, plus épaisse, avance à une vitesse de 30-35 m à l'heure. En raison des délais serrés,

FORMULATION DU BÉTON DE ROULEMENT (POUR 1 M³)

Ciment CPJ-CEM II/B 42,5 R CP2 usine de Beaucaire (Ciments Calcia)	330 kg
Sable 0/3,15 C GSM Calmette	195 kg
Sable 0/4 GSM Bellegarde	455 kg
Gravillon concassé 6/14 Lafarge Cavairac	533 kg
Gravillon concassé 20/40 Lafarge Cavairac	585 kg
Plastifiant Sika	0,7 % du poids de ciment
Entraîneur d'air Sika	0,08 % du poids de ciment
Eau	190 l



▲ Une grande taloche lisse la surface du béton à l'arrière de la slipform.



▲ Le passage d'une toile de jute humide unifie la surface de la dalle.



▲ Un broissage superficiel donne sa texture à la surface de roulement.

le chantier tournait jour et nuit, Marcel Valerdi, directeur adjoint de CMR, encadrant plus particulièrement les travaux de nuit.

“Cette reconstruction a employé environ 28 000 t de béton, ce qui représente plus de 1 000 semi-remorques pour les approvisionnements en granulats et en ciment”, explique Patrick Laureaux, ingénieur technico-commercial de Ciments Calcia Sud-Ouest. Ce chantier exigeait donc une bonne synergie entre le groupement Gailledrat-CMR et les Ciments Calcia qui ont fourni à cette occasion 3 800 t de ciment en quatre jours. Celui-ci provenait de l'usine de Beaucaire (Gard) où une logistique adaptée à des pointes de 54 t à l'heure, y compris la nuit, a été mise en place. Tractel, la filiale transport de Ciments Calcia, dont une antenne est basée à Beaucaire, s'est chargée des approvisionnements sur site. Les livraisons ont eu lieu en continu, 24 heures sur 24, y compris les jours fériés. “Durant les deux journées les plus importantes du chantier, les 10 et 11 août, plus de 600 t de ciment ont ainsi été livrées quotidiennement”, précise Patrick Laureaux.

FORMULATION DU BÉTON MAIGRE (POUR 1 M³)

Ciment CPJ-CEM II/B 42,5 R CP2 usine de Beaucaire (Ciments Calcia)	170 kg
Sable 0/3,15 C GSM Calmette	243 kg
Sable 0/4 GSM Bellegarde	564 kg
Gravillon concassé 6/14 Lafarge Cavairac	525 kg
Gravillon concassé 20/40 Lafarge Cavairac	610 kg
Plastifiant Sika	0,8 % du poids de ciment
Entraîneur d'air Sika	0,1 % du poids de ciment
Eau	160 l

Une telle opération sous-entend également une bonne organisation au niveau des entrées de matériel et de personnel sur cette base militaire, rendue possible par un soutien efficace de la maîtrise d'œuvre et de l'armée.

Afin de répondre au caractère particulier de ce chantier, des tests sont réalisés sur chaque lot de 300 tonnes de ciment, en complément des contrôles réglementaires prévus. Pour chaque échantillon, le laboratoire vérifie la parfaite régularité de sa composition, sa finesse, son temps de début de prise et sa résistance à la compression à 24 heures.

“La réactivité à court terme du ciment fourni, un CPJ-CEM II/B 42,5 R CP2, est recommandée pour les bétons extrudés. Composé à 75 % de clinker, à 14 % de laitier et à 11 % de calcaire, il se caractérise par une résistance élevée (56 MPa) à 28 jours et un très faible retrait : 510 microns par mètre à 28 jours”, commente Patrick Laureaux. “La résistance minimale était de 3 MPa à 28 jours en traction par fendage pour le béton de roulement et de 1,5 MPa pour le béton maigre”, ajoute Jean-Jacques Bartoletti.

La centrale principale de Gailledrat, calée sur une production de 180 mètres cubes à l'heure, était munie d'un wattmètre pour mesurer la puissance de l'arbre moteur du malaxeur et assurer une formule de béton homogène pendant tout le chantier. Ce wattmètre permet également de détecter immédiatement toute anomalie : s'il y a moins de ciment ou d'eau, cela se traduit par une courbe de montée en puissance différente.

“Toutes les pièces principales de la slipform étaient prévues en double pour sécuriser ce chantier et être certain de tenir les délais, quoi qu'il arrive : train de chenilles, groupe électrogène... De même, une centrale de secours CMR (150 m³ à l'heure) était présente sur le chantier”, signale Jean-Jacques Bartoletti. ■



▲ Application du produit de cure en épaisseur régulière.



▲ Le sciage du revêtement béton s'effectue dans un premier temps sur 9 cm de profondeur.



▲ Le sciage longitudinal et transversal de la piste définit des dalles de 7,50 x 6 m.

L'autoroute des Estuaires : un modèle d'économie et de technique

Portance et résistance accrues, durabilité, meilleure régularité de l'uni, coût optimisé... les avantages du traitement de sol sur les structures en grave sont nombreux, d'autant que la technique répond aux préoccupations environnementales. Témoin, la section Liffré – Saint-Aubin-du-Cormier de l'A 84, à proximité de Rennes.

Baptisée autoroute des Estuaires, l'A 84 permettra de relier Rennes à Caen en 2003, les premières sections ayant été ouvertes en 1998. Cet itinéraire exempt de péage s'inscrit dans la liaison entre la Belgique et l'Espagne, via la façade Atlantique. Selon les estimations, 25 000 véhicules par jour, dont 16 à 17 % de poids lourds, sont attendus à l'horizon 2010. Un trafic engendré par les déplacements des usagers entre Nantes et Fougères, et les échanges commerciaux, notamment avec le nord de l'Europe – Pays-Bas, Belgique et Grande-Bretagne, via une plate-forme multimodale en projet à Cherbourg.

Les grandes lignes du chantier

- **LIEU** : A 84, entre Liffré et Saint-Aubin-du-Cormier, aux environs de Rennes (Ille-et-Vilaine)
- **TYPE DE TRAVAUX** : construction d'une autoroute
- **LONGUEUR DU CHANTIER** : 10 km
- **CONTRAINTES** : réaliser une structure compétitive, durable et performante
- **SOLUTION** : une couche de forme réalisée par traitement d'un sable local avec un liant hydraulique routier
- **DURÉE DES TRAVAUX** : 6 semaines (couche de forme traitée)
- **COÛT TOTAL DE LA SECTION DE L'AUTOROUTE** : 266 MF TTC
- **COÛT DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT** : 60 MF TTC, dont 5 MF pour le traitement
- **VOLUME DE LIANT** : 7 200 t
- **VOLUME DE SABLE TRAITÉ** : 120 000 m³



▲ Sur la section de l'A 84 entre Liffré et Saint-Aubin-du-Cormier, 60 000 m³ de matériaux ont été traités en place avec un liant hydraulique routier.

UN MATÉRIAU "LOCAL"

Sur les dix kilomètres de la section Liffré – Saint-Aubin-du-Cormier, département de l'Ille-et-Vilaine, la subdivision Études et Grands Travaux n° 4 de la DDE aurait pu envisager pour la réalisation de la plate-forme une solution classique à base de granulats, si elle ne s'était pas révélée plus onéreuse, en raison du coût des matériaux et de leur transport. "Nous avons préféré tirer parti d'un gisement de sable du pliocène situé dans l'emprise du chantier et identifié lors des reconnaissances géologiques", expose Daniel

Guyomard, adjoint au chef du service des Grands Travaux. Des études en laboratoire faites par la DDE ont en effet révélé que ce sable, d'une grande pureté, était tout à fait compatible avec un traitement en place et un liant hydraulique routier. "Cette solution présentait l'avantage de pouvoir répondre à un coût maîtrisé face aux contraintes techniques imposées par le catalogue des structures, en s'approchant des exigences du nouveau catalogue", poursuit Daniel Guyomard. Une évolution qui vise à augmenter la résistance, et donc la durabilité des routes nationales et des autoroutes, de plus en plus sollicitées.



▲ Un gisement de sable du pliocène, déblai du chantier, a été mis à profit pour réaliser la plate-forme en raison de sa qualité.



▲ Le matériau est réparti sommairement à l'aide de bulldozers.



▲ Plusieurs corrections hygrométriques du matériau sont réalisées tout au long des phases de chantier pour obtenir une teneur en eau de 10 à 11 %.

40 CM AU LIEU DE 80 CM

La preuve en est que si 40 cm de sable traité avec 5 % de liant suffisent pour obtenir une plate-forme de type PF2, aux caractéristiques très proches de la PF3, c'est 70 à 80 cm de grave qu'il aurait fallu acheminer et compacter sur le chantier, soit 200 000 m³ de matériaux, avec des performances moindres. "En outre, il aurait fallu trouver un exutoire aux déblais correspondants, tâche de plus en plus difficile dans le cadre du respect de l'environnement, du maintien des surfaces cultivées et de la recherche d'un coût global optimisé", ajoute le responsable. Bien que le réseau routier environnant soit dimensionné pour supporter un trafic de poids lourds, Daniel Guyomard souligne le problème général de la dégradation des chaussées engendrée par le transport de ce type de matériaux, avec l'éventuelle nécessité de faire des travaux de confortement, coûteux pour la collectivité : "Le traitement de sol en place participe à une gestion durable des ressources et des équipements."

CARACTÉRISTIQUES DE LA PLATE-FORME

Type	PF2
Résistance à la compression à 90 jours	2,5 MPa
Déflexion	80/100 mm
Densité en place	98 % de l'OPN (1,99 t/m³)
Essai de gonflement	1,5 %

UNE ÉCONOMIE DE 10 %

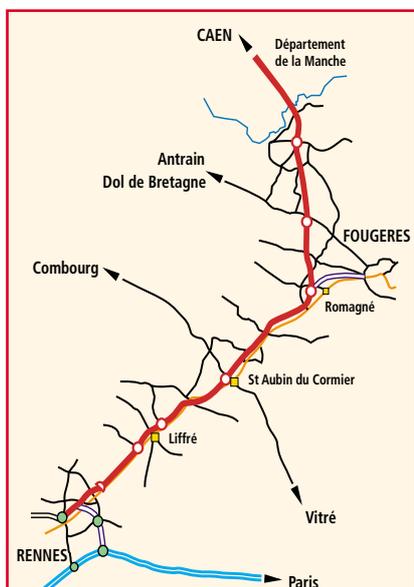
Ainsi, le coût de construction de la plate-forme a été réduit, selon l'entreprise Charier TP, de 10 %. "L'activité traitement de sol représente environ 5 % de notre chiffre d'affaires", explique le directeur de travaux Sébastien Urfer. "C'est une technique éprouvée, mais très pointue : elle demande donc de la part de l'entreprise une grande maîtrise." Principale difficulté : maîtriser la teneur en eau. "Selon les conditions météorologiques, nous sommes amenés à réduire la teneur en eau par un apport de chaux", poursuit Sébastien Urfer. Ici, nous avons de la chance, car les conditions météorologiques et la nature du matériau sont satisfaisants, de sorte que nous n'avons pas eu recours à ce traitement complémentaire." Une situation qui ne décharge pas l'entreprise d'une nécessaire correction hygrométrique du sable par un apport d'eau. Pour compenser les ardeurs du soleil, près de 500 m³ d'eau ont été consommés chaque jour pour permettre au liant de faire sa prise.



▲ Le sable humidifié est à nouveau nivelé...



▲ ... puis compacté.



DE NOMBREUSES PHASES D'EXÉCUTION

L'étape du terrassement réalisé, l'entreprise charge et transporte le sable avec des *dumppers* de grande capacité. Une fois répandu, le sable est décompacté par une

Principaux intervenants

- **MAÎTRE D'OUVRAGE** : État, ministère de l'Équipement
- **MAÎTRE D'ŒUVRE** : DDE Ille-et-Vilaine, service des Grands Travaux, subdivision Études et Grands Travaux n° 4
- **ENTREPRISES** : groupement Charier TP (mandataire), Helary, Brongalay (groupe Pigeon) et TPR
- **CONTRÔLE** : LCBTP Chantepic (35)
- **FOURNISSEUR DU LIANT** : Lafarge Ciments



▲ Le liant hydraulique routier acheminé par citernes sur le chantier, est transféré dans la benne de l'épandeur au moyen d'une pompe.



▲ La quantité de liant épandue sur le sable est dosée à raison de 5 % du poids du matériau à traiter, soit 40 kg. Deux phases sont nécessaires.



▲ Le passage du pulvimixeur (ou malaxeur) amène un mélange du sable préalablement humidifié et du liant hydraulique routier.

opération de scarification. Un premier arrosage permet d'augmenter progressivement la teneur en eau. Un bulldozer équipé d'une lame réalise un réglage sommaire, opération complétée par le passage d'une niveleuse (préréglage) et par un premier compactage. Le lendemain matin, vers 6 h 30, le liant est mis en place en deux passes avec un épandeur délivrant l'exacte quantité – 5 % du poids du matériau traité, soit un total de 40 kg par mètre carré (deux fois 20 kg). Un premier malaxage est effectué par un pulvimixeur, engin de forte puissance (350 CV) muni d'un rotor équipé de dents au tungstène agissant sur une profondeur de 40 cm. Après vérification de la teneur en eau, des camions-citernes arrosent le terrain. Un deuxième malaxage, mené dans la foulée, permet d'obtenir un mélange intime du sable, correctement humidifié, et du liant. Il s'ensuit un nouveau contrôle d'hygrométrie et un nouvel arrosage si nécessaire.

DES TOLÉRANCES PLUS FAIBLES

La plate-forme est alors réglée à la niveleuse, puis soumise aux compacteurs (six passes, plus deux passes de finition). *"Le traitement de sol facilite le compactage et permet d'obtenir un uni plus régulier, explique Pierrick Berthelot, conducteur de travaux chez Charier TP. La tolérance atteinte est de plus ou moins deux centimètres, contre trois en temps normal."* La plate-forme reçoit alors une émulsion gravillonnée, suivie d'un dernier compactage, réalisé vers 19 heures. Un traitement qui

rend la structure étanche et circulaire. *"Le plus difficile, c'est de gérer la superposition des tâches, sans compter le contrôle et la correction continue de l'hygrométrie du sol",* confie Noël Houitte, responsable d'équipe. *"Huit jours plus tard, grâce à l'utilisation d'un liant offrant des résistances élevées à court terme, le chantier est livré aux autres corps d'état pour la réalisation de la chaussée",* explique Jean-Christophe Redon, délégué routes pour la région Ouest chez Lafarge.

Débutés le 7 juin, les travaux se sont achevés le 21 juillet, soit après six semaines d'activité. *"L'atelier de traitement, qui compte 13 personnes, réalise 7 000 à 10 000 m² par jour",* souligne Pierrick Berthelot. Et ce, sans aucune concession sur la qualité. Les contrôles de portance réalisés ont témoigné de l'homogénéité des caractéristiques de la plate-forme. *"L'exécution a été confiée à une entreprise spécialisée, seule à même de maîtriser une technique qui exige rigueur, méthode, et compétence",* souligne Daniel Guyomard. Bien que demandant de la compétence, cette technique est maintenant codifiée dans le *Guide technique du traitement de sols aux liants hydrauliques* édité par le LCPC/ SETRA ; elle allie économie du projet, durabilité de l'ouvrage et préservation de l'environnement et permet d'augmenter les performances des plates-formes, en phase avec les exigences actuelles des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre. *"C'est pourquoi le traitement des sols devrait connaître un développement significatif dans les années à venir",* conclut Jean-Christophe Redon. ■



▲ L'organe principal est un rotor de 2,50 m de large, équipé de dents en alliage spécial, qui s'enfoncent à 40 cm de profondeur.



▲ La plate-forme est protégée par une émulsion gravillonnée qui offrira une surface propre et cicuable pour les équipes venant réaliser la chaussée.

STRUCTURE DE LA CHAUSSEE (épaisseur nominale)	
Enrobé drainant	4 cm
Béton bitumineux semi-grenu	6 cm
Grave bitume	16 cm
Émulsion gravillonnée	-
Sable traité au liant Rolac	40 cm

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