

ROUTES

Ciments - Liants hydrauliques routiers - Bétons

Travaux et équipements routiers - Terrassements - Aménagements urbains - Aéroports



ENVIRONNEMENT

Yvelines : une chaussée en béton de fraisats à l'Ecoparc de Chanteloup-les-Vignes

LE POINT SUR

Vaucluse : une très large palette d'utilisations de bétons de voiries

CHANTIER

Morbihan : retraitement au liant hydraulique routier sur la RD4

2 ÉDITORIAL

3-7 LE POINT SUR

Vaucluse

Une très large palette d'utilisations de bétons de voiries

8 RÉFÉRENCE

Pyrénées-Orientales

Céret : un mélange harmonieux de bétons désactivé et imprimé

9-11 ENVIRONNEMENT

Yvelines

Une chaussée en béton de fraisats à l'Ecoparc de Chanteloup-les-Vignes

12-13 INNOVATION

Maine-et-Loire

Giratoire de la Roseraie à Angers : un microbéton souple de ciment élastomère pour coller les pavés

14-15 CHANTIER

Loire-Atlantique

Plateforme aéroportuaire de Saint-Nazaire : valorisation de coproduits de carrière pour la couche d'assise

16-17 CHANTIER

Vosges

Bonvillet : du béton goujonné pour un giratoire en pente et en devers

18-19 CHANTIER

Morbihan

RD4 : retraitement au liant hydraulique routier sur 7 km de longueur

20 LE SAVIEZ-VOUS ?

En couverture : à Saint-Nazaire (Loire-Atlantique), les 20 000 m² d'agrandissement de la plateforme aéroportuaire ont été réalisés en dalles de béton goujonnées de 26 cm d'épaisseur.

11^e Symposium international des routes en béton à Séville

Nous voilà à quelques jours de l'événement tant attendu : le Symposium international des routes en béton. En effet, la 11^e édition aura lieu à Séville (Espagne), du 13 au 15 octobre 2010, au Barceló Renacimiento Conference Centre.

Placé sous le signe du partage du savoir technique et de l'expérience, ce 11^e Symposium se fixe comme objectif de montrer aux participants que la route en béton est la réponse pour relever les nouveaux défis qui sont le **changement climatique** et l'**épuisement des ressources** naturelles et, en particulier, les **ressources énergétiques**.

Les préparatifs vont bon train, conformément au calendrier prévu. Le **programme technique** s'établit comme suit :

Mercredi 13 Octobre 2010		Jeudi 14 Octobre 2010	
08h30	Accueil et enregistrement	09h00	Trois sessions techniques en parallèle Session 8 – Symposium TREMTI Session 9 – Construction durable Session 10 – Applications spéciales et alternatives
09h30	Session d'ouverture		
10h00	Conférences spéciales		
11h00	Visite de l'exposition		
11h30	Session technique 1, conférences générales	10h30	Visites techniques en parallèle Autoroute Séville – Cadiz, Pont à Cadiz, Port de Huelva, Port Algeciras, Contournement de Marchena, Foire de Écija
13h30	Déjeuner		
15h00	Trois sessions en parallèle Session 2 – Construction durable Session 3 – Techniques pour entretien, réparation et réhabilitation de qualité Session 4 – Applications spéciales et alternatives	Vendredi 15 Octobre 2010	
		09h00	Deux sessions en parallèle Session 11 – Conception et dimensionnement Session 12 – Construction durable
16h30	Visite de l'exposition	10h30	Visite de l'exposition
17h00	Trois sessions en parallèle Session 5 – Conception et dimensionnement Session 6 – Techniques pour entretien, réparation et réhabilitation de qualité Session 7 – Applications spéciales et alternatives	11h00	Deux sessions en parallèle Session 13 – Applications spéciales et alternatives Session 14 – Construction durable
		12h30	Conclusion du Workshop DUT
		13h00	Conclusion du Symposium TREMTI
		13h30	Session de clôture.

Pour s'informer, découvrir le programme des accompagnants, réserver un hôtel, s'inscrire en ligne ou encore réserver un emplacement à l'exposition, les sites internet : www.concreteroads2010.org et www.eupave.eu sont à votre disposition.

Joseph ABDO
Cimbéton

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

Email : centrinfo@cim beton.net
Site Internet : www.infociments.fr

Pour tous renseignements concernant les articles de la revue, contacter Cimbéton.

Directeur de la publication : Anne Bernard-Gély
Directeur de la rédaction, coordinateur des reportages et rédacteur de la rubrique *Remue-méninges* : Joseph Abdo - Reportages, rédaction et photos : Joseph Abdo, Marc Deléage, Romualda Holak, Michel Levron, Jacques Mandorla, Yann Kerveno - Réalisation : Ilot Trésor, 83 rue Chardon Lagache, 75016 Paris - Email : mandorla@club-internet.fr - Direction artistique : Arnaud Gautelier - Maquette : Dorothee Picard - Dépôt légal : 3^e trimestre 2010 - ISSN 1161 - 2053 1994



Les Taillades (Vaucluse) : grâce au béton désactivé, appelé localement "béton de site", la rue du vieux village a retrouvé un aspect proche de celui qu'elle avait au Moyen Âge avec un caniveau central.

Vaucluse : une très large palette d'utilisations de **bétons de voiries**

Six chantiers très différents ont été achevés récemment dans le département du Vaucluse, démontrant que les voiries en béton peuvent s'adapter aux technologies les plus modernes, se montrer respectueuses de l'environnement ou encore servir d'aménagement pour baliser les espaces de circulation des personnes handicapées.

Ces six réalisations se situent dans les villes de Morières-lès-Avignon, L'Isle-sur-la-Sorgue, Carpentras, Monteux, Le Pontet et Les Taillades.

■ Morières-lès-Avignon

Le collège, mis en service en septembre 2008, est installé en contrebas de la route, à la sortie de cette ville de 7000 habitants. Ses abords sont équipés pour les temps modernes où la voiture fait loi. Un vaste parking sépare les bâtiments de la départementale qui file ensuite vers l'Isle-sur-la-Sorgue. Traités en béton balayé, les îlots offrent au regard une couleur jaune beige. Mais en s'approchant du collège, la surprise est de taille.

Le revêtement du parvis scintille doucement sous le soleil hivernal comme s'il était gelé par endroits. Il ne



Morières-lès-Avignon : matériau moderne, le béton désactivé s'accorde bien avec les lignes contemporaines du collège. Et les granulats de carbo-silicium concassés (200 g/m²), de couleur noire, lui donnent un aspect scintillant.

fait pourtant pas si froid. En s'approchant, le visiteur s'aperçoit vite que ce sont les granulats encastrés dans le béton qui scintillent, et pas n'importe lesquels puisque ce sont les plus sombres, presque noirs.

Il ne s'agit pas de granulats comme les autres, mais de rebuts de l'industrie sidérurgique, des grains de carbosilicium concassés fins. Une fois le béton coulé, ces petits granulats sont saupoudrés sur la surface du béton encore frais, à raison de 200 g/m².

"L'emploi de ces rebuts de l'industrie sidérurgique pourrait rencontrer un grand succès" confirme Mickaël Pélissier de la société Sols qui a mis en place ce procédé à Morières-lès-Avignon. *"Nous avons effectivement de la demande, de la part du Conseil général du Vaucluse, pour ce type de matériaux qui rendent le sol différent dans son aspect. Nous avons fait une première expérience sur un petit parvis de 200 m² devant la mairie de L'Isle-sur-la-Sorgue"* se souvient-il. Matériaux multifacettes, ces carbo-silicium jouent avec la lumière et offrent des éclats différents, selon l'endroit d'où on les regarde.

"Le béton possède aujourd'hui des atouts, qu'il soit sablé ou désactivé. Nous l'avons choisi pour aménager les abords du collège de Morières-lès-Avignon, en raison de ses nombreuses possibilités de traitements de surface et de ses avantages esthétiques, mais aussi pour l'excellente durabilité qu'il offre" témoigne Thomas Tamisier, conducteur d'opérations à la Direction des Équipements et de l'Assistance technique aux communes du Conseil général du Vaucluse.

Si les bétons désactivés et sablés ont trouvé place devant l'établissement, l'intérieur du collège y a aussi largement fait appel puisque 3000 m² de béton balayé y ont été réalisés.

■ L'Isle-sur-la-Sorgue

Un autre collège, récemment mis en service à quelques kilomètres de là, fait lui aussi la part belle aux voiries en béton. Il a été construit à L'Isle-sur-la-Sorgue, ville de 18000 habitants, un peu à l'écart du centre-ville, dans une



L'Isle-sur-la-Sorgue : même le rond-point du parking a bénéficié de l'esthétique du béton désactivé.

zone tampon entre l'urbain et le rural. Un grand parvis permet de séparer le collège proprement dit de la voie de circulation et accueille ainsi les déambulations des personnes handicapées, avant et après les cours. Avec une attention toute particulière offerte aux malvoyants : pour leur indiquer le chemin à prendre, deux formules de béton désactivé ont été, en effet, mises en œuvre avec deux couleurs différentes, obtenues par des granulats 6/10 concassés.

"Nous avons opté pour le béton désactivé sur les espaces piétonniers du site parce que ce matériau était déjà employé à l'intérieur du collège pour marquer les circulations. Dans un souci

d'homogénéité de traitement des surfaces piétonnes, nous avons opté pour des revêtements en bétons désactivés, similaires entre l'intérieur et l'extérieur du collège, donnant ainsi un sentiment d'espace beaucoup plus important que si l'on avait utilisé des matériaux différents" explique Pascal Dahlem, conducteur d'opérations à la Direction des Équipements et de l'Assistance technique aux communes du Conseil général du Vaucluse. Les revêtements en béton à l'intérieur du collège et sur le parvis représentent une surface totale de 4000 m².

"Pour permettre aux personnes handicapées de se déplacer facilement, le béton désactivé a été choisi pour



L'Isle-sur-la-Sorgue : les bandes de couleurs différentes ont été imaginées pour aider les élèves mal malvoyants à distinguer les aires de circulation appropriées. Deux granulats 6/10 concassés (un clair et un foncé) ont été utilisés afin de différencier les zones pour les malvoyants.

réaliser les cheminements et pour créer des ruptures de couleurs et de textures avec l'enrobé à chaud coloré" détaille Jean-Michel Imberti, conducteur d'opérations à la Direction des Bâtiments et Architecture du Conseil général du Vaucluse.

"En règle générale, les cours de collèges sont réalisés en enrobé, mais le béton offre des solutions à la fois esthétiques et fonctionnelles que nous prenons en compte à l'heure des choix" conclut Jean-Michel Imberti.

"Le béton au sol permet, en effet, de résoudre des problèmes auxquels nous sommes confrontés. Dans un collège, il faut de la surface, 3000 m² de cour dans ce cas précis. Il faut également que le matériau soit pérenne pour faciliter les déambulations des élèves, ce qui exclut donc le stabilisé. De plus, grâce à sa couleur claire, le béton désactivé permet de ne pas emmagasiner trop de chaleur dans la journée" explique Bich Tran, architecte à l'Agence Tourre, qui a travaillé sur le chantier du collège.

■ Carpentras

Si la présence du béton dans les voiries est naturelle dans les aménagements modernes, le matériau sait également se glisser dans les endroits les plus anciens et les plus protégés, comme dans le centre de Carpentras, ville de 30 000 habitants.

Le cœur de la ville est parcouru de petites rues sinueuses qui donnent l'impression au promeneur qu'il va disparaître, comme par magie, dans ce dédale de ruelles.

"Le projet mis en œuvre sur la place d'Inguibert visait à la rendre aux piétons" explique Michel Jaulneau, Directeur général des Services techniques de la ville de Carpentras.

"Auparavant, la chaussée était profondément enfoncée, créant un décrochage de près de 30 centimètres avec le niveau piéton. De plus, les platanes créaient beaucoup de problèmes car leurs racines faisaient bouger les caniveaux en béton".

Pour changer l'aspect de cette place, il est alors fait le pari de tout remettre au même niveau et de dévier légèrement la circulation.



Carpentras : le sablage offre un fini différent au béton désactivé. De larges réserves ont été réalisées aux pieds des platanes pour éviter les problèmes causés par les racines.

"Nous nous étions posé la question de transformer tout le centre-ville en secteur piétonnier, mais nous avons abandonné ce projet en raison des oppositions qui se sont fait jour à cette occasion, notamment celle des commerçants de la ville. C'est donc une solution mixte qui a été retenue pour la place d'Inguibert : nous avons conçu une zone de rencontres, avec trois arrêts minute et deux places pour personnes à mobilité réduite" détaille Michel Jaulneau, "Et la place est maintenant sur un seul niveau : il n'y a plus d'obstacles à franchir pour les piétons".

Si le béton a été choisi pour la refonte de cette place de l'hyper-centre de la ville, c'est bien pour ses propriétés techniques et esthétiques.

"Avec le béton coulé en place, nous n'aurons plus de problèmes de soulèvement comme par le passé. Nous avons choisi de conserver un large périmètre autour des platanes en les entourant de graviers collés à la résine, de façon à limiter les dégâts potentiels de leurs racines. De plus, comme c'est une place que nous voulions à priorité piétonne, nous avons cherché un matériau plus gai et plus clair que le bitume. La combinaison retenue est composée de béton sablé et lissé, dont l'originalité tient beaucoup à la mise en œuvre" poursuit Michel Jaulneau.

"Pour limiter les coûts, nous avons

travaillé avec la même formule de béton sur l'ensemble de la surface traitée. Nous avons juste apposé des pochoirs au moment du sablage, pour protéger certaines parties et les laisser ainsi brutes et donc lisses" détaille Mickaël Pélissier. Pour mieux délimiter les espaces dévolus aux piétons et ceux réservés aux voitures, des grains de carbo-silicium ont été saupoudrés sur les zones pour voitures, afin de les rendre plus visibles la nuit par le scintillement qu'ils produisent lorsqu'ils sont exposés aux phares. Le tout avec l'assentiment des services des Bâtiments de France dans ce secteur naturellement protégé.

"Lorsque nous reprenons les rues, l'Architecte des Bâtiments de France nous impose de placer systématiquement une bande de béton désactivé en pied de façade. Il a approuvé sans réserve le projet de refonte de la place d'Inguibert" poursuit Mickaël Pélissier.

■ Montoux

Entre Carpentras et Avignon, la ville de Montoux (11 000 habitants) est aujourd'hui épargnée par le flux de voitures déviées sur la quatre voies toute proche. Lorsqu'il s'est agi de repenser la place centrale du village qui abrite notamment une porte fortifiée, ancienne porte de la glacière

qui a donné son nom à la place, 3 500 m² de bétons de voirie ont été mis en place au milieu du village sur l'ancien tracé de la départementale.

L'architecte Michel Lacroze est intervenu sur ce projet, porté par la communauté de communes Les Sorgues du Comtat et initialement dessiné par l'architecte Andrea Bortolus.

"Cet espace était un no man's land, un parking sauvage mal délimité et abrité du soleil par des micocouliers, une variété d'ormes, qui n'avaient rien à faire là" se souvient Michel Lacroze. *"L'emploi des différents bétons mis en œuvre pour la refonte de la place de la Glacière nous permet d'établir plusieurs liens, notamment avec le bâti, les façades, mais aussi la porte de la Glacière. Nous avons cherché à retrouver l'aspect de la "calade", ce chemin typique de la région, avec des galets éclatés scellés par du ciment. Grâce aux bétons désactivés, nous pouvons offrir un confort d'utilisation optimal aux piétons. Nous avons privilégié les granulats concassés, qui offrent une meilleure adhérence que les granulats roulés en cas de pluie ou de verglas. Le béton nous permet aussi d'obtenir des textures et des couleurs proches de celles qui sont habituelles par ici. De plus, c'est un matériau qui résiste bien au vieillissement"*.

Même la partie circulée, aujourd'hui fort rétrécie par rapport à l'origine, a

été coulée en béton, avec un granulat de basalte venu d'Yssingeaux.

"Nous avons choisi ce granulat et cette couleur pour éviter que les salissures provoquées par la gomme des pneus ne viennent abîmer l'ensemble. Aujourd'hui donc, en lieu et place du parking, la place de la Glacière est composée d'un vaste espace piétonnier s'étalant devant la porte ancienne et la mettant en valeur, d'une zone circulée réduite à sa plus simple expression et visant à repousser les voitures, et de trottoirs confortables" conclut Michel Lacroze.

"Notre projet était de recomposer entièrement cette place. Nous avons procédé à des acquisitions foncières pour reprendre les bâtiments aux abords et réinstaller des commerces en rez-de-chaussée. Tout le chantier a été mené sous l'étroit contrôle de l'Architecte des Bâtiments de France. Nous sommes finalement parvenus à notre objectif, à savoir disposer d'un équipement de grande qualité mettant la porte neuve en valeur et d'un vaste espace pour organiser des manifestations, sans perdre une seule place de parking. Et le tout avec des matériaux naturels !" témoigne Philippe de Dapper, Directeur général des Services de la communauté de communes Les Sorgues de Contat.

Les micocouliers ont été remplacés par des tilleuls de la région, plus traditionnels, qui donneront l'illusion de remparts, tout en conservant une

certaine transparence. Le béton, la pierre et le bâti formeront alors un ensemble cohérent, comme si l'aménagement avait toujours été là.

Rien d'étonnant donc si le Conseil général fait aujourd'hui régulièrement appel aux voiries béton dans d'autres endroits du département.

"Un peu partout, le béton se prête à plusieurs formes de traitement, souvent en association avec d'autres matériaux, ce qui permet de rompre l'uniformité des espaces, tout en restant dans des coûts raisonnables. Et puis, on conserve ainsi les teintes chaudes, habituelles du pays. Autre avantage : on peut utiliser des bétons colorés qui s'harmonisent parfaitement avec leur environnement" confirme Pascal Dahlem.

Quant au recyclage de matériaux comme les granulats de carbosilicium dans les formules de béton désactivé, il semble plaire de plus en plus. Un autre chantier important les met en œuvre à Lyon, autour du projet Confluence (Rhône).

La société Sols s'essaye aussi à d'autres procédés. Après les incrustations métalliques dans les sols en béton, dont nous avons parlé dans le numéro 105 de la revue *Routes* (chantier du parvis du stade Yves du Manoir à Montpellier), c'est maintenant aux petites billes de verre, intégrées dans le béton, d'entrer en scène comme c'est le cas, toujours à Montpellier, dans l'enceinte du centre commercial Odysseum inauguré fin 2009, ou encore à Berre (Bouches-du-Rhône) dans une réalisation sur laquelle nous reviendrons dans un prochain numéro.

Le Pontet

Dans cette commune urbaine de 17 000 habitants, un béton sablé (avec des granulats 14/20 et 6/16) a été utilisé pour réaliser un cheminement servant à relier le parking de l'école de danse au château de Fargues.

D'une surface de 1 200 m², ce cheminement facilite la traversée d'un parc en stabilisé permettant aux piétons, les jours de pluie, de ne pas marcher dans la boue et se marie harmonieusement, sous l'ombre des platanes, au reste de ce parc.



Montoux : le béton désactivé de la place de la Glacière offre un grand confort pour la marche et se marie parfaitement avec les vieilles pierres.



Le Pontet : le béton sablé a servi à réaliser une voie de circulation semi-piétonne. Le sablage confère au béton un aspect se rapprochant de celui du stabilisé qui l'entoure et participe ainsi à l'intégration de cette voie.

Le béton sablé a aussi été utilisé pour créer le parking privé du château.

Les Taillades

À quelques kilomètres d'Avignon, le village des Taillades (2000 habitants) s'étale au pied de collines boisées.

Se glissant entre les maisons tranquilles, la rue principale serpente jusqu'à l'église, entre deux murets de pierres et les carrières qui font la réputation du lieu. En effet, initialement construit sur le flanc de la colline, le village a été englouti par ces carrières que les habitants ont creusées pour en vendre la pierre !

"Notre commune s'est aujourd'hui déplacée dans la plaine" confirme André Sanner, premier adjoint au maire de la ville. "Le cœur du village est surtout fréquenté par les touristes et par les paroissiens !". Lorsqu'il s'est agi de mettre de l'ordre dans le vieux village et de refaire la voirie, le béton désactivé (baptisé localement "béton de site" et réalisé avec un ciment CEM I 52,5 dosé à 330 kg/m³) a été immédiatement retenu comme la solution évidente.

"Le maire tenait au "béton de site", il restait juste à choisir le granulat à employer : nous avons opté pour un 14/20 calcaire dont la grosseur apporte un incontestable aspect rustique à

l'aménagement. Nous aurions pu décider de dallier l'ensemble en pierres, mais le coût aurait été supérieur. Pour le reste, nous n'avons touché à rien : les abords sont restés exactement les mêmes. Nous avons donc simplement refait à neuf le vieux revêtement bicouche, réalisé il y a une vingtaine d'années, en le remplaçant par du béton de site" conclut André Sanner.

La rue, ornée d'un caniveau central comme au Moyen Âge, a gagné un cachet supplémentaire et tout le vieux village profite de cette nouvelle voirie de 800 m². À la grande satisfaction des habitants. ■



Les Taillades : la rue principale de 800 m², en béton désactivé appelé localement "béton de site" et ornée d'un caniveau central comme au Moyen Âge, a gagné un cachet supplémentaire.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Carpentras

Maître d'ouvrage et maître d'œuvre : Ville de Carpentras

Fournisseur du béton : Société routière du Mont Ventoux

L'Isle-sur-la-Sorgue

Maître d'ouvrage et maître d'œuvre : Conseil général du Vaucluse

Fournisseur du béton : Cemex Cavailon

Monteux

Maître d'ouvrage : Communauté de communes Les Sorgues du Contat

Maîtres d'œuvre : Michel Lacroze et Azur Geo

Fournisseur du béton : Lafarge Bétons

Morières-lès-Avignon

Maître d'ouvrage et maître d'œuvre : Conseil général du Vaucluse

Fournisseur du béton : Lafarge Bétons

Le Pontet

Maître d'ouvrage : Communauté d'agglomération du grand Avignon (COGA)

Maître d'œuvre : Atelier Amédéo (Marseille)

Les Taillades

Maître d'ouvrage : Mairie des Taillades

Maîtres d'œuvre : DDEA et Services techniques municipaux

Pour l'ensemble des sites

Entreprise : Sols

Fournisseur du ciment : Lafarge Ciments



Céret (Pyrénées-Orientales) : le long de la nationale 115, le béton imprimé imite les trottoirs en pierre naturelle.

Céret : un mélange harmonieux de bétons imprimé et désactivé

Blottée sur les contreforts des Pyrénées, à deux pas de la frontière espagnole dans les Pyrénées-Orientales, la ville de Céret est connue pour avoir abrité, en son sein généreux, quelques peintres de renom, comme Picasso.

Dans son plan de revitalisation du centre de cette ville, très touristique, la municipalité a beaucoup travaillé sur une voirie négligée jusqu'alors.

Les travaux engagés ont fait appel aux produits en béton et aux pierres naturelles suivant une logique de cercles concentriques : pierres naturelles dans le centre-ville, béton désactivé en première couronne et béton imprimé en grande banlieue.

Pour Roger Roque, conseiller municipal adjoint aux travaux de la ville : "Nous avons fait appel au gneiss

éclaté en centre-ville puis, à mesure que les travaux s'éloignent du centre, nous avons utilisé le béton prêt à l'emploi, afin de refaire les trottoirs, les allées, les ronds-points... Du béton désactivé tout d'abord, calepiné avec des briquettes parce que cela donne un aspect visuel très agréable puis, un peu plus loin du centre-ville, nous avons fait appel au béton imprimé. Notre objectif : rattraper le retard pris par la commune en matière d'aménagements urbains et d'embellissements".

Ce choix répond aussi à une volonté de marquer les espaces et de souligner les fonctions des différentes zones qui constituent la ville. Voire de requalifier certaines portions de villes, comme les empiètements des immeubles HLM de la commune repris en béton imprimé. Tous les granulats, utilisés pour mettre en œuvre les bétons désactivés, proviennent de la carrière voisine de Bleu de Baixas, qui a livré de nombreux chantiers de réalisation de trottoirs et d'esplanades dans la région.

Cette carrière, du groupe Lafarge, a fourni pour l'occasion un 6/14 dans les tons blanc, rosé, rouge et bleu.

Le béton imprimé mis en place a été réalisé à l'aide d'un moule à motif ardoise et coloré en ton pierre pour s'inscrire dans le paysage alentour et

surtout à proximité du Pont du Diable, l'un des symboles de Céret, un arc de pierre qui surplombe le Tech, la rivière encaissée bordant la ville.

On retrouve ce béton imprimé, notamment de part et d'autre de la nationale 115, route très fréquentée qui conduit de la plaine du Roussillon aux hautes contrées du Vallespir.

Au total, ce sont 3000 m² de bétons désactivés qui ont été réalisés et près de 5 000 m² de bétons imprimés. Avec la promesse d'autres chantiers, puisque cette commune de 8000 habitants compte bien poursuivre ses grands travaux de revitalisation. D'autant que tous les élus sont conquis. "Il n'y a pas vraiment eu besoin de discuter à l'heure du choix des matériaux, les bétons se sont imposés d'eux-mêmes" conclut Roger Roque.

Comme très souvent, la qualité des prestations et le prix ont aussi largement fait pencher la balance du côté de la solution béton. ■

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : Ville de Céret

Entreprise : Deco Sols System (bétons désactivés et imprimés)

Fournisseurs du béton : Béton Chantier Languedoc (Lafarge) et CBS Béton



Les bétons désactivés ont été réalisés avec un granulat 6/14 Bleu de Baixas, aux tons blanc, rosé, rouge et bleu.



Chanteloup-les-Vignes (Yvelines) : la route en béton de 7,50 mètres de large sur 800 mètres de long a été réalisée en trois tronçons différents (l'un en béton classique de 18 cm d'épaisseur et les deux autres en bétons de fraisats de 18 cm et 22 cm).

© Photos: Yves Brunaud

Une chaussée en **béton de fraisats** à l'Ecoparc de Chanteloup-les-Vignes

Pour l'aménagement du parc d'activités "Ecoparc des Cettions II" à Chanteloup-les-Vignes, le maître d'ouvrage a adopté une volontaire démarche de développement durable. Ainsi, la chaussée en béton très empruntée par les poids lourds a été réalisée avec des fraisats d'enrobés, issus du rabotage de la couche de roulement d'une route voisine. Ce qui a permis d'obtenir une formulation du béton contenant 40 % de ce matériau recyclé.

Créé en 2007 par la Communauté de communes des 2 Rives de Seine (réunissant les six localités suivantes : Carrières-sous-Poissy, Chanteloup-les-Vignes, Triel-sur-Seine, Andrézy, Chapet, et Verneuil-sur-Seine), devenue en 2009 la Communauté d'Agglomération des 2 Rives de Seine (CA2RS), l'Ecoparc des Cettions II est une nouvelle zone d'activités.

Elle est située au sud de Chanteloup-les-Vignes et s'étend sur une surface de 25 hectares.

Son objectif est de favoriser le développement économique et social de ce territoire, en accueillant plus particulièrement des entreprises spécialisées dans les secteurs émergents, comme l'éco-construction par exemple.

Faire de cette zone un véritable éco-quartier

Maître d'ouvrage du projet, l'AFTRP (Agence Foncière et Technique de la Région Parisienne) a tenu à mener sur ce site une très innovante démarche de développement durable (*voir encadré p. 11*). Et ce pour chaque phase du projet : de l'étude du plan masse (ouvert et évolutif) à celle des bâtiments, en passant par les espaces publics, les réseaux, la voirie, l'aménagement paysager, l'éclairage ou le choix des végétaux. Pour l'AFTRP, il s'agit de faire de cette zone un véritable éco-quartier à l'image de ce qui existe en matière de logements... Pour certains points spécifiques comme la voirie à fort trafic poids lourds, l'AFTRP a demandé conseil à

Cimbéton et au Pôle scientifique et technique de la Direction régionale de

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : AFTRP (Agence Foncière et Technique de la Région Parisienne)

Maîtrise d'œuvre : SETU (Société d'Etudes de Techniques Urbaines) ; Frédéric Dellinger (architecte-paysagiste)

Suivi technique et contrôle : Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien (LROP)

Entreprise : Picheta (groupe Colas)

Fournisseur du béton : Cemex Bétons Île-de-France

Fournisseur du ciment : Ciments Calcia (groupe Italcementi)



Aire de repos pour poids lourds des Châtagniers (Loiret), sur l'autoroute A6 au nord d'Auxerre : à gauche, voie en béton de ciment mince collé (BCMC) et, à droite, voie bicolore en béton de fraisats d'enrobés.



© Pierre-Yves Brunaud

Mise en œuvre du béton de fraisats.

AFTRP : UN DÉVELOPPEUR URBAIN AU SERVICE DE L'AMÉNAGEMENT DE L'ÎLE-DE-FRANCE

Etablissement public à caractère industriel et commercial, l'AFTRP (Agence Foncière et Technique de la Région Parisienne) réunit en son sein les métiers du foncier et de l'aménagement et se positionne comme un développeur urbain qui, pour l'essentiel, travaille dans le cadre de concessions d'aménagement dévolues par les communes et intercommunalités. L'établissement est administré par un conseil composé, à parité, de représentants de collectivités territoriales d'Île-de-France (Départements et Région) et de l'Etat.

l'équipement Île-de-France, à travers le Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien (LROP). Et le consensus s'est rapidement fait sur l'intérêt de réaliser une chaussée en béton, en associant les principaux acteurs de la filière : Syndicat professionnel des entrepreneurs de chaussée en béton et d'équipements annexes (SPECBEA), Syndicat national du béton prêt à l'emploi (SNBPE), Centre d'information de l'industrie cimentière (Cimbéton)...

Béton de fraisats ou dalles démontables en béton ?

Outre sa robustesse et sa durabilité, la chaussée en béton a plusieurs autres avantages qui ont séduit le maître d'ouvrage : économie d'énergies fossiles ; meilleure gestion des eaux pluviales (sans bordures, l'écoulement est mieux réparti) ; moindre coût pour l'éclairage (le béton est plus "lumineux" que le bitume)...

"Au départ, nous avons opté pour une chaussée urbaine démontable (C.U.D.) réalisée en dalles de béton, car cette technique permet de brancher facilement les différents réseaux, au fur et à mesure de l'installation des entreprises sur le parc", explique Amélie Figeac, chef de projet à l'AFTRP. "Mais, cette solution ne pouvait pas être utilisée, en raison du tracé en courbe de la chaussée. Le LROP nous a alors conseillé d'étudier la valorisation

de fraisats d'enrobés en l'incorporant dans le béton. Une technique de recyclage des résidus de couche de roulement qui a déjà été utilisée, notamment sur l'aire de repos pour poids lourds des Châtagniers, dans le Loiret, sur l'autoroute A6 au nord d'Auxerre, où elle est associée à une voie en béton de ciment mince collé (BCMC)".

Une série de tests identiques à ceux réalisés pour un granulat classique

Pour que ce choix reste pertinent sur le plan économique, il fallait d'abord trouver une route proche du chantier dont les fraisats d'enrobés pouvaient être valorisés. Le stock de fraisats issu du rabotage de la couche de roulement de la RD 130 à Epône (Yvelines), à quelques kilomètres du

parc d'activités, répondait à ces conditions.

Adjudicataire de l'appel d'offres des travaux de voirie, l'entreprise Picheta (groupe Colas) s'est associée à Cemex Bétons Île-de-France pour lui fournir quelque 2 000 m³ de béton prêt à l'emploi, dont 500 m³ de béton de fraisats d'enrobés. Pour répondre à la nouvelle demande du maître d'ouvrage, la société Cemex a donc été chargée de proposer la formule optimale qui associerait le plus fort taux de fraisats à la résistance mécanique souhaitée.

Pour cela, il a fallu évaluer la qualité du stock disponible de fraisats, la bonne homogénéité des résidus étant essentielle. Puis a été effectuée une série de tests, identiques à ceux réalisés pour un granulat classique : compacité du mélange, dureté au



© Pierre-Yves Brunaud

Lissage du béton de fraisats.

choc, coefficient d'absorption afin de connaître la quantité d'eau qui sera nécessaire à la bonne hydratation du ciment...

"Les résultats des tests étant positifs – avec notamment une résistance au fendage supérieure à 2,5 MPa alors que nous visons 2 MPa –, il restait à déterminer dans quelles proportions incorporer les fraisats dans le mélange final", explique Yvon Fourment, directeur régional "Produits et Qualité" de Cemex Bétons Île-de-France. "Trois pourcentages ont été testés : 20, 30 et 40 %, sachant qu'au-delà de 40 % des études ont prouvé que le mélange n'aurait pas été performant. Par itérations successives, le travail en laboratoire a consisté à se caler sur la courbe nominale de résistance d'un béton classique. Finalement, la formule avec un taux de 40 % a été retenue par l'AFTRP, le LROP et Cemex. Au total, 320 tonnes de fraisats d'enrobés ont été ainsi recyclés dans la chaussée en béton des Cettons II".

Une mise en œuvre en trois tronçons distincts

Le béton a été mis en œuvre sur une couche de 45 cm de sol traité, recouverte de 15 cm de grave ciment dont une partie des granulats naturels a été remplacée par des granulats recyclés de béton concassé. Pour tester son comportement et sa durabilité, la couche de roulement de la chaussée, qui fait environ 800 mètres de long pour une largeur courante de 7,50 mètres, a été réalisée en trois tronçons :



L'axe principal de la zone d'activité, côté sud. De gauche à droite : voirie en béton, noue (écoulement des eaux) et trottoir en stabilisé.

- le premier tronçon sert d'étalon et représente le quart du tracé : l'entreprise Picheta, appartenant au groupe Colas, a coulé un béton classique dosé à 350 kg de ciment/m³ et sur une épaisseur de 18 cm.
- le deuxième tronçon est réalisé avec un béton contenant 40 % de fraisats et de la même épaisseur que celle du tronçon étalon (18 cm). Ses performances sont donc moins élevées que celles du tronçon-étalon car le béton de fraisats est moins résistant que le béton classique.
- le troisième tronçon est réalisé avec un béton contenant 40 % de fraisats mais son épaisseur a été portée à 22 cm, dans le but d'obtenir des performances équivalentes à celles du tronçon-étalon.

Le suivi dans le temps est assuré par le LROP qui pourra ainsi tirer des enseignements utiles sur le dimensionnement des chaussées en béton de fraisats.

Une valorisation économiquement attractive

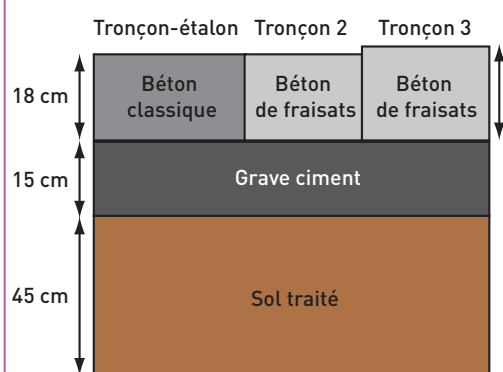
Et Amélie Figeac de se réjouir : "En France, chaque année, l'entretien des chaussées bitumineuses génère environ 2 millions de tonnes de fraisats d'enrobés, dont moins de 10 % seulement sont aujourd'hui recyclés. Avec l'expérimentation que nous avons menée sur les Cettons II, l'AFTRP entend bien confirmer que l'introduction de ce matériau dans les bétons routiers s'inscrit dans une démarche de développement durable, tout en étant économiquement attractive".

ÉCOPARC DES CETTONS : UN PARTI PRIS ENVIRONNEMENTAL

L'aménagement du parc d'activités s'inscrit, selon ses promoteurs, dans une démarche de développement durable, avec :

- L'utilisation de matériaux durables, notamment du béton pour la voirie, qui garantit la pérennité du parc.
- La mise en œuvre de techniques alternatives, en matière de gestion des eaux pluviales et d'éclairage public, qui préservent l'environnement.
- Un cadre paysager ouvert sur son environnement, au moyen de la valorisation des franges et de l'espace public, qui apporte une grande qualité de vie au travail.
- Un accompagnement personnalisé à la construction de bâtiments durables qui permet, à chaque entreprise, d'adapter son projet à ses besoins.

COUPE DE LA CHAUSSÉE



Trois tronçons ont été réalisés pour tester le comportement et la durabilité de la chaussée : un tronçon-étalon en béton classique (18 cm), un tronçon avec un béton de fraisats de même épaisseur et un troisième avec surépaisseur de béton de fraisats (22 cm) pour obtenir une résistance équivalente à celle du tronçon-étalon.



Angers (Maine-et-Loire) : le giratoire de la Roseraie est livré en kit pour éviter les découpes de pavés sur site.

Un microbéton souple de ciment élastomère pour coller les pavés

Angers : associé à une dalle de béton préfissurée munie de Joints Actifs[®], le collage des pavés à l'aide d'un microbéton de ciment élastomère confère au giratoire de la Roseraie une résistance optimale à l'importante circulation routière. Un procédé vraiment innovant !

Soumis à de fortes sollicitations (fort trafic, efforts tangentiels dus à la circulation de bus et de poids lourds, freinage...), le carrefour de la Roseraie à Angers devait être totalement reconstruit sous la forme d'un giratoire. Après dépose de l'existant et terrassement, l'entreprise Sacer a procédé à la mise en place des Joints Actifs[®] (procédé de préfissuration des assises monocouches épaisses, breveté par la société Sacer et disposant d'un avis technique), puis au coulage d'une dalle de 23 cm d'épaisseur en béton non fibré, dosé à

350 kg/m³ de ciment.

"Une fois vibré et réglé, le béton a été revêtu d'une chape de pose de 4 cm d'épaisseur sur laquelle ont été collés des pavés 18 x 18 cm. Tout le giratoire a été réalisé en une seule journée, les parties droites étant traitées ultérieurement" explique Daniel Deshaies, conducteur de travaux chez Sacer (groupe Colas). Ce chantier se caractérise par l'association de trois procédés : l'utilisation d'un kit pour le giratoire, le recours à des Joints Actifs[®] au niveau de la dalle béton et enfin le collage des pavés, procédé vraiment innovant. Dessiné sur la base d'un calepinage en quart-de-rond, le giratoire est préfabriqué puis livré sur le chantier. Tous les pavés sont ainsi prêts à être rapidement posés, sans aucune découpe sur site.

Auparavant des profilés sinusoidaux (procédé Joint Actif[®]) sont disposés en rayons et en cercles concentriques de manière à dessiner, dans la dalle

béton, des quadrilatères d'environ 3x3m pour maîtriser au mieux la fissuration liée au retrait du béton.

Le collage des pavés est assuré par l'application d'un microbéton de ciment élastomère sur la dalle béton constituant le support. L'épaisseur du microbéton à appliquer peut varier entre 2 et 6 cm, afin d'obtenir une surface globale parfaite.

Un joint sinusoidal pour un meilleur transfert

"Habituellement, on construit des dalles courtes séparées par des joints droits et rectilignes. Dans le cas présent, la forme sinusoidale des joints assure un engrenement bien plus efficace des dalles entre elles. On obtient donc un meilleur transfert des sollicitations mécaniques d'une dalle à l'autre, lorsque la charge roulante passe au droit du joint. On reconstitue ainsi la continuité de l'assise de la chaussée, ce qui évite le phénomène

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : Société d'Aménagement de la Région d'Angers (SARA)

Entreprise de pose : Sacer Angers (groupe Colas)

Fournisseur du ciment : Lafarge Ciments

de battement de dalle, dû à un chargement différentiel entre la dalle chargée et celle qui ne l'est pas. Cela évite, à terme, la fissuration et la casse des pavés, tout en permettant de réduire l'épaisseur de la dalle par rapport à une structure traditionnelle" commente Julian Bilal, Chef du Service Commercial et Développement chez Colas.

Collage des pavés avec un microbéton adjuvanté

"Depuis des années, la méthode de pose classique qui consiste à poser les pavés sur un lit de sable ne satisfait pas la plupart des métropoles françaises. Si, par exemple, le trafic est poinçonnant ou canalisé (voie de bus), c'est toujours la même bande à quelques centimètres près qui est la plus sollicitée. Et le support est déformable. De plus, les infiltrations d'eau au niveau des joints défectueux ne peuvent qu'aggraver le phénomène" signale Julian Bilal.

"Nous avons aussi des problèmes au niveau de l'entretien des zones pavées avec une pose classique sur lit de sable et joint sable : les machines de nettoyage aspirent le sable des joints." ajoute Patrice Thureau, chargé d'opérations de la Société d'Aménagement de la Région d'Angers (Sara).

"L'idée a consisté à tirer profit des avantages du ciment - rigidité, résistance à la traction - sans en subir les inconvénients liés à cet usage précis : une très faible déformabilité. Il a fallu



Première expérience à Angers (2003) : la rue Plantagenet, une voie en pente supportant un trafic de 400 bus/jour.



Ajustement précis de l'alignement et du calage des pavés.

trouver un compromis assurant un libre mouvement du pavé, mais dans certaines limites, afin qu'il ne se décolle pas de son support. Pour apporter le jeu nécessaire afin que la liaison ne soit pas cassante, on a adjuvanté le ciment. Avec l'ajout d'un élastomère, la résistance mécanique du mélange diminue certes un peu, mais gagne, en contrepartie, en déformabilité" explique Julian Bilal, à l'origine de ce procédé innovant.

La simulation et la modélisation par calcul aux éléments finis à l'aide du logiciel Cesar du LCPC ont permis d'étudier les sollicitations, sur et sous le pavé, ainsi qu'au niveau de l'interface entre le pavé et son support. Le collage des pavés à l'aide du microbéton de ciment élastomère, ainsi mis au point, a ensuite été testé de manière concluante par le passage répété d'essieux de poids lourds. Ce microbéton souple se fabrique en malaxeur, sur chantier, par ajout de l'élastomère au mélange de sable, de ciment Portland (dont le dosage exact dépend de la granulométrie du sable) et d'eau.

"Il est formulé selon les matériaux locaux, la seule obligation étant l'emploi d'un sable très propre et à très haute résistance, autrement dit siliceux. C'est un mélange fiable, facile à utiliser et qui garantit une parfaite répétabilité des performances, ce qui permet de réaliser un chantier en plusieurs tranches, même étalées dans le temps, avec un résultat final homogène sur sa totalité. On peut ainsi coller tout type de pavés ou de dalles sur n'importe quel type de support

existant ou créé : béton, enrobés, grave bitume..." précise Julian Bilal.

Des arrêts de bus en projet

Pionnière en la matière, la ville d'Angers en est, avec le giratoire de la Roseraie, à sa troisième expérience concluante. La première date de 2003, rue Plantagenet, une voie en pente supportant un trafic de 400 bus/jour avec des pavés collés sur un support en béton préfissuré muni de Joints Actifs®. La deuxième est la réalisation en 2007 du parvis du Théâtre du Quai : "Un important chantier de 4 000 m² de dalles en granit, en schiste et en ardoise, plus 1500 m² de pavés en granit sur la chaussée au droit du parvis. Tous ces différents revêtements ont été collés avec le microbéton de ciment élastomère sur un support en grave bitume" explique Frédéric Branchereau, ingénieur ETP, du Cabinet Branchereau, chargé de la maîtrise d'œuvre.

Dans les trois cas, aucun problème n'a été constaté jusqu'à présent.

"A priori, cette solution technique devrait tenir au moins une bonne quinzaine d'années sans problème. Au-delà, il peut se produire des phénomènes localisés de décollement de certains pavés qui nécessiteraient alors de les coller à nouveau" conclut Julian Bilal.

Les voiries de transports en commun en site propre (TCSP) sont l'une des cibles privilégiées de ce procédé. Il sera d'ailleurs prochainement testé à Angers sur des zones encore plus sollicitées : les arrêts de bus. ■



Aéroport de Saint-Nazaire - Montoir (Loire-Atlantique) : le béton est pervibré au moyen d'une machine à coffrage glissant de 5 mètres de large.

© Aéroport Nantes Atlantique

Plateforme aéroportuaire de Saint-Nazaire : valorisation de coproduits de carrière pour la couche d'assise

Grâce à l'agrandissement de 20 000 m² de sa plateforme, l'aéroport de Saint-Nazaire - Montoir est désormais accessible aux gros porteurs. Pour réaliser cette extension, le maître d'ouvrage a opté pour une couche de roulement en béton. Mais surtout, outre le sol traité en place, une partie de la couche d'assise a été réalisée en valorisant des coproduits de carrière, généralement considérés comme des rebuts. Une technique en phase avec le développement durable et qui n'avait encore jamais été utilisée à une telle échelle.

Dans le cadre du développement économique régional et local des activités de sa zone portuaire, la Chambre de Commerce et d'Industrie (CCI) de Nantes - Saint-Nazaire a engagé un important projet de modernisation de l'aéroport de Saint-Nazaire - Montoir : réaménagement de l'aérogare, création d'un dépôt de carburant, nouveaux locaux pour les pompiers... Mais surtout il fallait pouvoir accueillir simultanément deux avions gros porteurs de fret de la classe D (type Beluga d'Airbus). Pour cela, il était impératif de créer une nouvelle aire de stationnement et donc d'agrandir de 20 000 m² la plateforme. Un projet de l'ordre de 5 millions d'euros, dont 2 pour la nouvelle aire de stationnement.

Traitement des matériaux du site et dalles de béton

"Pour la réalisation de cette plateforme exigeante et très technique, l'appel d'offres laissait le choix entre l'option chaussée souple en enrobé ou l'option chaussée béton", précise Guillaume Richet, ingénieur à la Direction des Services techniques de la CCI - Aéroport Nantes Atlantique.

"Nous avons choisi une chaussée en dalles de béton goujonnées pour plusieurs raisons. D'abord, le béton présente une durée de vie deux fois plus longue que les matériaux bitumineux, ce qui en termes de coût global est important. Ensuite, compte tenu de la nature du sol très argileux et même parfois marécageux des bords de

Loire, la solution béton a permis de creuser moins profondément pour réaliser la structure de base. Enfin, grâce au béton,

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : CCI Nantes - Saint-Nazaire

Maître d'œuvre : Ingérop

Entreprises : groupement d'entreprises du Groupe NGE

- Terrassement/Assainissement : Guintoli

- Chaussée dalles béton : Agilis

Fournisseur des coproduits de carrière : Lafarge Granulats Ouest Pays-de-Loire

Fournisseur du béton : Lafarge Bétons Pays-de-Loire



Mise en place de la grave liant et des armatures métalliques pour le caniveau à fente.

on a pu traiter une bonne partie des matériaux du site et donc minimiser l'apport de matériaux nobles, d'où un bénéfice écologique certain : moins d'extraction de granulats de carrières, moins de nuisances dues au transport en camion... Pour chaque phase de la modernisation de cet aéroport, nous tenions en effet à appliquer, quand c'était possible, les principes du développement durable".

Un empilement de couches de 111 cm d'épaisseur

Le chantier a été réalisé par deux entreprises du Groupe NGE : Guintoli, mandataire, pour le terrassement et l'assainissement et Agilis pour la chaussée béton.

Sous la chaussée en dalles de béton goujonnées de 26 cm d'épaisseur, la structure se présente sous la forme d'un empilement de couches de 85 cm d'épaisseur, mêlant traitement des matériaux sur site et apport de nouveaux matériaux.

La PST (partie supérieure du terrassement) a été traitée à la chaux sur une épaisseur de 35 cm qui a permis d'assécher et de figer le matériau du site. La portance finale s'en trouve donc améliorée.

Au-dessus, la couche de forme (épaisseur 35 cm) a elle aussi été réalisée, en partie, en traitant le sol en place. Cependant, comme il y avait un déficit de matériaux, il a fallu en

apporter de nouveaux qui ont été mélangés à ceux du site et traités à la chaux et au liant hydraulique routier.

Quant à la couche de fondation, épaisse de 15 cm, elle est composée d'une grave de granulométrie 0/20 en provenance du site de Bouguenais, carrière des Maraichères, traitée à 4 % de ciment.

Enfin, pour atteindre les qualités de résistance au fendage exigées par le maître d'ouvrage (3,3 MPa), le béton utilisé pour la chaussée a fait l'objet d'une formulation spécifique. Le sable (granulométrie 0/4), les granulats (5,6/11,2) et les gravillons (11,2/22,4), provenant de la carrière de Bréfauchet et entrant dans la composition du béton, ont été lavés pour obtenir une meilleure adhérence entre eux et la pâte de ciment. Pour garantir les cadences de livraison du béton, celui-ci a été livré en semi-benne de 10 m³ à partir de deux centrales BPE : Trignac et Montoire. Puis il a été pervibré au moyen d'une machine à coffrage glissant de 5 m de large. Le coulage a duré une quinzaine de jours, avec une cadence de bétonnage de 70 m³/h.

Les goujons ont été introduits automatiquement au niveau de la machine par un système mécanique. Afin de garantir la sécurité des avions, les eaux de pluie sont récupérées par un caniveau à fente aéronautique (900 Kn) mis en œuvre par coffrage glissant. Cet ouvrage a été dimensionné en fonction du trafic aérien prévu.

Innovation : l'utilisation d'une grave primaire

"La grande originalité de ce chantier réside dans la nature des nouveaux matériaux nécessaires pour réaliser la couche de forme", explique Fabien Santi, ingénieur travaux chez Guintoli. "En effet,

plutôt que de "consommer" des matériaux nobles, nous avons eu l'idée d'utiliser des rebuts de la carrière de l'Ennerie : en fait, on a valorisé des coproduits de très faible granulométrie, généralement considérés comme des déchets d'exploitation".

Effectivement, cette grave primaire de 0/10 ne sert que très rarement dans la construction, sauf pour des usages très peu nobles où il convient seulement de faire du volume, comme c'est le cas pour les remblais. L'utiliser pour une plateforme d'aéroport est donc une véritable innovation.

"Il a d'abord fallu étudier en amont la compatibilité de cette grave avec le traitement du sol en place à la chaux et au liant hydraulique routier", précise Loïc Berthou, responsable commercial de Lafarge Granulats Ouest. "La qualité et la quantité des argiles, présentes dans ce coproduit de la carrière de l'Ennerie, ont rendu possible le traitement chaux/liant hydraulique routier. C'est une méthode prometteuse qui devra être étendue à d'autres sites".

Le fruit d'une longue collaboration

Au total, 14 000 m³ de matériaux ont été utilisés pour l'assise de l'extension de la plateforme et environ 25 % de ce volume, représentant 7 000 tonnes, provenaient de coproduits de carrière. C'est la première fois que cette technique de valorisation est utilisée sur une pareille échelle. Mais les responsables de Guintoli et de Lafarge insistent bien : cela n'a été possible que parce qu'ils travaillent ensemble depuis longtemps dans la région nantaise. C'est donc le fruit d'une longue collaboration. Et d'une totale confiance réciproque. ■



Les 20 000 m² de la nouvelle plateforme permettent d'accueillir simultanément deux avions gros porteurs de fret.



Profil sinusoïdal du béton pour emboîtement de deux dalles adjacentes.



Bonvillet (Vosges) : le premier giratoire en béton du département possède la caractéristique remarquable d'être, tout à la fois, en pente et en dévers.

Bonvillet : du **béton goujonné** pour un giratoire en pente et en dévers

Implanté à Bonvillet, le premier giratoire vosgien en béton adopte la technique du goujonnage pour améliorer encore sa durabilité et sa fonctionnalité. Sa formulation, enrichie en ciment et en fibres polypropylène, et sa mise en oeuvre manuelle donnent d'excellents résultats sur ce site en pente et en dévers.

A Bonvillet, l'ancien carrefour en deux T décalés assurait le raccordement successif de deux routes départementales secondaires à une RD plus importante.

Pour Eric Garion, chef du Bureau Travaux et Ouvrages d'art de la Direction Vosgienne de l'Aménagement (Conseil Général des Vosges) : "Afin d'améliorer la sécurité routière, il a été décidé de le remplacer par un giratoire unique de 20 m de diamètre avec quatre branches (4 m de largeur en entrée pour 4,50 m en sortie). Parallèlement, l'élargissement à 7 m des voies de la RD principale sur 1,5 km de long et le renforcement de leur structure permettra, de plus, d'éviter la pose de barrières de dégel en hiver. Ainsi, la circulation d'environ 3 500 véhicules/jour, dont 6 % de poids lourds, ne sera plus interrompue pendant cette période. Le béton a été

choisi pour sa durée de vie annoncée de 20 à 30 ans et pour sa résistance aux rigueurs de l'hiver, ce qui n'est pas le cas des enrobés dont il faut revoir la surface tous les 7 à 8 ans en moyenne. C'est la première opération de cette nature dans les Vosges. Ce chantier, qui sert de test, présente l'intérêt supplémentaire de cumuler les difficultés : le giratoire est à la fois en pente (7 à 8 %) et en dévers".

Son équipe est allée voir des chantiers similaires dans d'autres départements et s'est documentée auprès de Cimbéton et des entreprises de béton prêt à l'emploi. Résultat : un appel d'offres sans variante avec une formulation du béton prédéfinie par le Laboratoire départemental de l'Équipement.

"Le prix était un critère de choix non négligeable, mais la qualité technique de la solution proposée et les références existantes ont compté pour 40 % dans notre décision" précise Eric Garion.

Une réalisation effectuée par demi-giratoire

L'entreprise Peduzzi SA, titulaire du marché, s'est aussi chargée de la mise en oeuvre de la couche de fondation (60 cm de granulats 0/100), de la couche de forme (20 cm de granulats 0/31,5 recouverts d'un enduit de protection) et de la pose des bordures.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : Direction Vosgienne de l'Aménagement (Conseil général des Vosges)

Entreprises : Peduzzi SA (titulaire du marché), HSols Industriels (sous-traitant)

Fournisseur du béton : Holcim Bétons (France)

Fournisseur du ciment : Holcim Ciments

“Avec le niveau laser, des points de guidage nous donnent une première planimétrie. Le béton est alors vibré sur toute son épaisseur, puis le passage d'une règle vibrante vient finir cette opération. On affine ensuite, au moyen d'un hélicoptère, le grain en surface avant de passer un balai qui permet une tenue de route sûre aux véhicules, même en cas de pluie. À la fin de la journée, le premier demi-giratoire est alors terminé” explique Stéphane Klein, agent commercial de HSols Industriels.

Utilisation d'un béton fortement dosé en ciment

Résistant au gel (classe d'exposition XF4), le béton coulé sur 32 cm d'épaisseur est fortement dosé en ciment (385 kg/m³) et fibré (1 kg/m³ de fibres polypropylène).

“Ce béton a été conçu pour être circulaire au bout de 7 jours, mais il avait déjà atteint une résistance suffisante à 5 jours. La marge de sécurité était donc confortable puisque le basculement de la circulation alternée vers le premier demi-giratoire n'a eu lieu qu'au bout de 10 jours. La formulation mise au point par Bernard Tisserand, responsable Béton - Ouvrages d'art au Laboratoire départemental des Vosges, n'a pas eu besoin d'être modifiée car elle convenait parfaitement. Des essais sur site ont confirmé les prescriptions demandées : une teneur en air occlus entre 4,9 et 5,4 % (un facteur important pour la résistance au gel et aux sels de déverglaçage), une résistance à la compression de 42,9 MPa et une résistance à la traction de 3,7 MPa en moyenne” souligne Stéphane Klein.

Goujonnage et sciage réalisés en deux temps

La veille du coulage du béton, des paniers porte-goujons sont positionnés en rayons et en cercles concentriques pour dessiner des trapèzes arrondis d'une surface maximale de 25-30 m². ils supportent des goujons en acier, trois par mètre, accrochés dans le béton d'un côté et disposés dans un fourreau de l'autre, pour pouvoir coulisser et rendre ainsi possible une faible translation



Une bande pavée borde la chaussée en béton à l'intérieur du giratoire, créant ainsi un contraste visuel qui incite les conducteurs à être plus vigilants.

horizontale. en effet, lors de son séchage, chaque dalle rétrécit un peu (phénomène de retrait) et cette maîtrise des joints, pour faire transiter les charges d'une dalle à l'autre, évite les phénomènes de pianotage lors du passage d'un véhicule détaille stéphane klein.

Vingt-quatre heures après le coulage de la dalle, celle-ci est sciée sur le tiers de son épaisseur au niveau des goujonages, ce qui permet d'amorcer la fissure au bon endroit. Quelques jours plus tard, une fois le retrait effectué, des microfissures sont visibles au fond du joint. Un sciage complémentaire, avec une lame un peu plus large, permet d'agrandir le joint sur ses premiers centimètres. Une fois nettoyé, il est alors comblé par un joint bitumineux pour éviter la pénétration de l'eau et de la poussière. “Entre le premier et le second demi-giratoire, les goujons sont complétés par des fers plats de 4-5 mm d'épaisseur, disposés verticalement. Ils servent à renforcer cet angle, potentiellement un



Les bordures préfabriquées en granit ont servi de coffrage lors du coulage.

peu plus faible, qu'aurait pu constituer le changement de bétonnage. Nous nous sommes appuyés sur notre expérience pour proposer d'armer ce raccord, afin de prévenir tout désordre futur” confie Stéphane Klein.

Soigner le raccordement du béton avec les enrobés

Au niveau des bretelles d'entrée et sortie, le raccordement entre béton et enrobé est toujours délicat en raison du comportement différent : le béton est ferme et l'enrobé souple. C'est une zone d'autant plus sensible que, sur la voie d'arrivée, les véhicules doivent freiner.

“Pour y remédier, la dalle béton se poursuit sur 4-5 m de longueur sous l'enrobé, pour le rigidifier. Le béton sert donc de couche de fondation, l'enrobé n'étant plus qu'une couche de finition ou de roulement. Cette dalle de transition permet de reporter de quelques mètres le point fatidique. On évite ainsi le pianotage entre le béton et l'enrobé, en entrée de giratoire. Signalons également que des fers plats renforcent l'angle vif de la fin de la dalle béton” précise Stéphane Klein.

Cette première expérience concluante devrait déboucher, à court terme, sur deux autres projets. ■



Le balayage du béton améliore la tenue de route en cas de pluie.



RD4 entre Josselin et Le Roc Saint-André (Morbihan) : épandage homogène du liant hydraulique routier avec l'atelier de retraitement de chaussées ARC 700.

RD4 : retraitement au liant hydraulique routier sur 7 km de longueur

Une première dans le Morbihan : l'assise de la chaussée de la RD4, entre Josselin et Le Roc Saint-André, a été renforcée sur 7 km en utilisant la technique du retraitement en place au liant hydraulique routier. Un choix que le Conseil général pourrait renouveler.

Dans le cadre de son programme de renouvellement de chaussées, le Conseil général du Morbihan a décidé de procéder à la réfection de la RD4 entre Josselin et Le Roc Saint-André, sur une longueur de 12 km. À la demande de la Commission "Infrastructures, aménagement du territoire et mobilité", la Direction des routes et l'Agence technique départementale ont alors étudié la

possibilité d'engager sur cette section un marché d'expérimentation, innovant et alternatif à une réfection dite "classique".

Un Conseil général précurseur

L'objectif était d'inscrire ce chantier dans une démarche de développement durable, en demandant aux entreprises de recycler les matériaux d'assise de la chaussée par retraitement en place au moyen d'un liant hydraulique routier. Une technique bien connue et qui a déjà fait ses preuves, mais qui n'avait encore jamais été utilisée à une aussi grande échelle sur une route du Morbihan. Cette technique consiste à incorporer un liant hydraulique routier au sein du matériau, après fractionnement de l'ancienne chaussée, et à les mélanger *in situ* jusqu'à l'obtention d'un matériau homogène.

Une solution qui présente des

avantages économiques et écologiques certains : valorisation des matériaux en place ; traitement à froid ; pas de transport de nouveaux matériaux ; peu de camions circulant sur les routes ; préservation des ressources naturelles de granulats ; économie sur le coût global du projet...

"Ce qui est remarquable, explique Xavier Domaniecki, Directeur des routes au Conseil Général, c'est que nos élus, en s'intéressant à cette solution, ont anticipé la Convention d'engagement sur la route



Malaxage en place de l'assise de l'ancienne chaussée, au moyen de liant hydraulique routier.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : Conseil Général du Morbihan

Maître d'œuvre : Direction des routes / Agence technique départementale Nord-Est ; **Assistance technique :** LRPC Saint-Brieuc et LCPC Nantes

Entreprise : Eiffage Travaux Publics Ouest

Fournisseur du liant hydraulique routier : Lafarge Ciments (usine de Saint-Pierre-la-Cour, près de Laval)

durable, signée le 25 mars 2009 (voir encadré). À travers ce projet, les services techniques en partenariat avec la profession veulent être force de proposition et d'innovation pour une route plus sûre, plus verte, plus intelligente. Une démarche en harmonie avec celle de l'Agenda 21 qui propose un cadre de travail aux collectivités locales pour mettre en œuvre les concepts de développement durable”.

La nécessité d'un diagnostic préalable précis

Pour savoir si l'état structurel de la chaussée existante de la RD4 était compatible avec un retraitement prévu pour durer 20 ans, il a d'abord fallu établir un diagnostic. Cette étude géotechnique, réalisée par le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Saint-Brieuc, a permis de déterminer 10 sections en phase avec la technique du retraitement, ce qui représente 7 km sur les 12 du total. Outre la réfection de la chaussée (une "deux voies" de 6 m de large), l'appel d'offres portait également sur deux autres volets : la réalisation de deux bandes dérasées multifonctionnelles de 1 m de large pour les cycles et piétons, ainsi que la mise en place de fourreaux pour permettre un déploiement de la fibre optique dans le cadre du partenariat public-privé numérique, signé par le Conseil général.

Une entreprise et un cimentier très solidaires

Eiffage Travaux Publics a remporté l'appel d'offres en proposant un retraitement de chaussée au liant hydraulique routier avec son procédé ARC 700.

“Cet atelier de retraitement de chaussées, d'où son nom d'ARC, est composé de deux modules”, explique Thierry Meyer, Chef d'Agence Eiffage Travaux Publics Ouest. “Le premier module est un semi-remorque avec un réservoir d'eau de 10 m³ et un silo de 20 m³ pour le liant. Le second, monté sur chenilles, comprend un rotor de 2 m de large avec 224 dents, une lame pour assurer le nivellement du fond de forme,



Réglage, à l'aide d'une niveleuse, de l'épaisseur de la chaussée malaxée.

un malaxeur, une vis de répartition et une lame de répandage”. Cet atelier a permis de faire, en une seule fois, le rabotage de la structure existante et le retraitement de l'assise sur 30 à 36 cm d'épaisseur avec un liant hydraulique routier. Puis ont suivi le compactage et, après une semaine, la couche de roulement (6 cm), elle-même réalisée avec un ajout de 10% de granulats recyclés.

Pour ce chantier, l'usine Lafarge Ciments de Saint-Pierre-la-Cour près de Laval a produit et fourni 615 tonnes de liant hydraulique routier dosé à 4%. “La phase la plus délicate de notre prestation concerne l'exactitude de nos livraisons”, précise Jean-Christophe Redon, responsable Travaux Publics France Nord chez Lafarge Ciments. “D'habitude, le cimentier fournit un stock. Mais dans le cas de cette technique, si le liant n'arrive pas à l'heure c'est tout le chantier qui est arrêté. Pour éviter les temps morts, il faut donc une très bonne organisation, réalisée avec l'entreprise et avec la... météo ! On ne le souligne pas assez : nous sommes un acteur à part entière du bon déroulé du chantier”.

Bilan carbone et suivi du comportement mécanique

Par rapport à la solution traditionnelle, la technique utilisée a permis d'économiser 60% de granulats, 50% de bitume et 38% de la consommation d'énergie. De plus, l'offre d'Eiffage Travaux Publics était de 880 600 euros, alors que l'offre la plus basse en solution de base était de 910 000 euros. Et Xavier Domaniacki de conclure : “Nous avons mis en place un observatoire dont la mission est de suivre le comportement mécanique de la nouvelle



Le compactage suit immédiatement la phase de réglage.

ROUTES DURABLES : ETAT, DÉPARTEMENTS ET PROFESSIONNELS S'ENGAGENT

Le 25 mars 2009, l'Etat et l'Assemblée des Départements de France d'une part, la Fédération Nationale des Travaux Publics, le Syndicat des Terrassiers de France, l'Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française et la Fédération Syntec-Ingénierie de l'autre, ont signé une Convention d'engagement volontaire de conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières, voirie et espace public urbain. Elle porte sur 10 objectifs. Préserver les ressources non renouvelables (en 2020, réemployer ou valoriser 100% des matériaux extraits sur chantiers et recycler 100% des routes). Préserver la diversité et les milieux naturels. Réduire les émissions de gaz à effet de serre (de 33% en 2020) et la consommation d'énergie. Réduire la consommation d'eau sur les chantiers de terrassement. Créer un “éco-comparateur”, logiciel intégrant des données d'analyse du cycle de vie. Améliorer la sécurité des personnels, usagers et riverains lors des travaux. Participer au développement de la recherche et diffuser l'innovation. Créer un Institut français de la route et des infrastructures de transport. Promouvoir et décliner ces engagements au niveau local. Suivre et évaluer ces engagements.

chaussée et de réaliser un bilan carbone : cela nous permettra de pouvoir comparer cette technique avec un renforcement classique. Et si les résultats sont bons, le Département du Morbihan a bien l'intention de renouveler ce choix pour d'autres routes”. ■



Remue-ménages

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

Évaluation du rayon terrestre

Deux montagnes, culminant respectivement à 1 200 m et 2 000 m d'altitude, sont situées sur deux îles voisines. La distance séparant leurs sommets est de 36 km.

En outre, si du sommet de la plus haute, on vise le sommet de la plus petite, la ligne de visée rencontre exactement la ligne d'horizon.

À partir de ces données, calculer une valeur approchée du rayon de la Terre (planète que l'on suppose sphérique).



Solution du Remue-ménages de *Routes* N°112 : Les pièces d'or

Rappel du problème posé : un riche vieillard décide, à l'occasion d'une cérémonie célébrant son 95^e anniversaire, de distribuer sa fortune à l'ensemble de ses héritiers, constitués de ses enfants, de ses petits-enfants et de ses arrière-petits-enfants.

Dans une grande salle de sa belle demeure, il répartit en tas les pièces d'or à distribuer. Le 1^{er} tas est constitué d'une pièce d'or. Le 2^e de 3 pièces d'or. Le 3^e de 5 pièces d'or. Le 4^e de 7 pièces d'or. Le 5^e de 9 pièces d'or... et ainsi de suite, en respectant l'ordre de la série des nombres impairs.

Les héritiers sont ensuite appelés par ordre croissant de leur âge et récompensés de la manière suivante : le plus jeune héritier a droit au 1^{er} tas, le second aux deux tas suivants (2^e et 3^e tas), le troisième aux trois tas suivants (4^e, 5^e et 6^e tas) et ainsi de suite. Le n^{ième} (le plus âgé des héritiers) bénéficie des "n" derniers tas.

Sachant que la fortune du riche vieillard comporte 396 900 pièces d'or, à combien s'élève le nombre de ses héritiers ?

Solution : soit "n" le nombre des héritiers du riche vieillard. Calculons alors la répartition de la fortune entre les "n" héritiers.

Le premier (plus jeune) héritier a reçu le 1^{er} tas : 1 pièce d'or, soit 1³.

Le deuxième héritier a reçu les 2^e et 3^e tas : 3 + 5 = 8 pièces d'or, soit 2³.

Le troisième héritier a reçu les 4^e, 5^e et 6^e tas : 7 + 9 + 11 = 27 pièces d'or, soit 3³.

Le quatrième héritier a reçu les 7^e, 8^e, 9^e et 10^e tas : 13 + 15 + 17 + 19 = 64 pièces d'or, soit 4³.

Le cinquième héritier a reçu les 11^e, 12^e, 13^e, 14^e et 15^e tas : 21 + 23 + 25 + 27 + 29 = 125 pièces d'or, soit 5³.

Et ainsi de suite.

Le n^{ième} héritier a reçu les n derniers tas : [(n - 1) n + 1] + [(n - 1) n + 3] + + [(n - 1) n + 2n - 1], soit n³.

Il est, dès lors, facile d'établir l'équation :

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + 5^3 + \dots + n^3 = 396\,900$$

$$\text{Or, } 1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + 5^3 + \dots + n^3 = (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + \dots + n)^2$$

$$\text{D'où : } (1 + 2 + 3 + 4 + \dots + n)^2 = 396\,900$$

$$\text{Ou : } (1 + 2 + 3 + 4 + \dots + n) = 630$$

$$\text{Ou : } (1 + n) n / 2 = 630$$

$$\text{Ou : } n^2 + n - 1260 = 0.$$

C'est une équation du second degré de la forme $ax^2 + bx + c = 0$, dont le discriminant $\Delta = b^2 - 4ac = 1 + 5\,040 = 5\,041$ est positif. Il y a donc deux racines : $n_1 = (-1 + \sqrt{\Delta})/2$ et $n_2 = (-1 - \sqrt{\Delta})/2$

$$\text{D'où : } n_1 = 35 \text{ et } n_2 = -36$$

Le nombre (-36) étant négatif, cette solution est à rejeter car impossible.

Le nombre d'héritiers du riche vieillard s'élève donc à 35.



Agenda

Journées techniques Cimbéton 2010

La prochaine journée technique sur le thème "Traitement des sols et Retraitement des chaussées aux liants hydrauliques", organisée par Cimbéton, se déroulera à Roissy-Ville le 8 décembre.

Invitations disponibles sur simple demande auprès de Cimbéton.

13-15 octobre 2010 à Séville (Espagne)

11^e Symposium International des Routes en Béton

Organisé par EUPAVE (European Concrete Paving Association), OFICEMEN (Spanish Cement Association), IECA (Spanish Institute for Cement and its Applications) et AFCA (Andalusian Cement Association), ce Symposium, qui a reçu le parrainage de l'Association Mondiale de la Route "AIPCR" et de l'ISCP (International Society for Concrete Pavements), bénéficie aussi de l'appui du "Ministerio de Fomento" et de "Junta de Andalucía".

Pour en savoir plus : www.2010concreteroads.org et www.eupave.eu



26-28 octobre 2010 - INTERROUTE&VILLE Metz - Parc des Expositions

Cimbéton sera présent à la 4^e édition d'INTERROUTE&VILLE qui



réunit tous les 2 ans, en région, la communauté routière (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises privées, services de l'État) autour des enjeux qui l'animent : diffuser la doctrine technique routière de façon régionale, favoriser les échanges d'expérience et la mise en commun des pratiques, soutenir l'innovation en faveur du développement durable et maintenir le leadership mondial de la France dans le domaine de la technique routière...

Pour en savoir plus : www.interroute-ville.com



Gros plan

Le premier site dédié aux mines et carrières

Ce site offre, aux exploitants de carrières, un accès aux différentes formations professionnelles grâce à un accord convenu avec le CEFICEM, ainsi que la publication gratuite de petites annonces.

Il propose pour les fournisseurs de biens et services un abonnement annuel ouvrant un accès client afin de réaliser des actions de marketing direct, grâce à l'extraction de la base de données des carrières.

Pour en savoir plus : www.granulats.fr



7, Place de la Défense
92974 Paris-la-Défense cedex
Tél. : 01 55 23 01 00 - Fax : 01 55 23 01 10
Email : centrinfo@cimbeton.net
Site Internet : www.infociments.fr