

# ROUTES

**Ciments - Liants hydrauliques routiers - Bétons**  
Travaux et équipements routiers - Terrassements - Aménagements urbains - Aéroports



## FORMATION

Journée technique à la mairie de Saint-Aubin-Lès-Elbeuf : retraitement en place à froid des chaussées aux liants hydrauliques routiers

## RECYCLAGE

Granulats issus du béton concassé : une thèse de doctorat pour mieux valoriser leur recyclage

## LE POINT SUR

Hérault : des bétons désactivés, sablés et imprimés au service de la rénovation

## 2 ÉDITORIAL

### 3-6 LE POINT SUR



#### L'Hérault

Un département qui privilégie les bétons désactivés, sablés et imprimés

### 7-11 RECYCLAGE



#### Thèse

Granulats issus du béton concassé : une thèse de doctorat pour mieux valoriser leur recyclage dans le béton

### 12-13 RÉFÉRENCE



#### Bouches-du-Rhône

À Port-Saint-Louis-du-Rhône, le béton est dans tous ses états : balayé, désactivé et imprimé

### 14-15 INNOVATION



#### Coloration des bétons

Valoriser les bétons par les techniques de coloration en surface

### 16-17 CHANTIER



#### Yvelines-Essonnes

Voie lente sur l'Autoroute A10-A11 : un béton drainant pour un coulage express

### 18-19 FORMATION



#### Seine-Maritime

Journée technique à la mairie de Saint-Aubin-Lès-Elbeuf : Retraitement des chaussées aux liants hydrauliques routiers

## 20 LE SAVIEZ-VOUS ?

En couverture : à Ganges (Hérault), la place du centre-ville a été entièrement refaite en béton désactivé sablé clair, ce qui a permis de redonner luminosité et cachet aux façades des immeubles.

## Salon INTERROUTE & VILLE et Congrès de l'IDRRIM Lyon (2-4 octobre 2012)

Véritable lien économique, culturel et social entre les territoires, les autoroutes, les routes et les rues constituent un patrimoine considérable, estimé à quelque 2 250 milliards d'euros et totalisent un linéaire de plus d'un million de kilomètres. En outre, ce réseau accueille aujourd'hui près de 87% des trafics de voyageurs et de fret et les prévisions n'annoncent ni une baisse de la fréquentation, ni un report massif vers d'autres modes de transport. Son entretien, grâce à l'innovation et au maintien des compétences propres aux domaines des infrastructures de transports et de mobilité, reflète de l'excellence française, demeure alors indispensable.

### La route intelligente au cœur de l'actualité du Salon

La 6<sup>ème</sup> édition d'INTERROUTE&VILLE a rassemblé 6 195 visiteurs et 224 exposants, acteurs des infrastructures routières et de transports, et a marqué un tournant stratégique pour le secteur des infrastructures terrestres.

Au cœur des préoccupations des pouvoirs publics et des industriels du secteur, la thématique de la route intelligente a donc réuni les entreprises dont les solutions et les techniques, conciliant innovation et environnement, contribuent à l'intelligence pour la mobilité, pour l'exploitation et pour la gestion du patrimoine. Ainsi, la route dépolluée, s'autodiagnostique et interagit avec les véhicules à l'aide de capteurs, désormais intégrés à la chaussée ou aux équipements.

### Un bilan positif pour le premier Congrès de l'IDRRIM

Une première édition réussie pour l'IDRRIM, qui a su réunir près de 700 congressistes au cours de ces trois journées, proposant pas moins de 44 conférences, animées par 105 professionnels du secteur.

Elles ont alterné expertise et projection pour penser les infrastructures routières qui définiront la mobilité de demain. Mais c'est surtout le défi de la préservation du patrimoine qui a été largement traité rappelant notamment l'importance du couplage de l'entretien avec les technologies du futur. Donneurs d'ordre, experts et entreprises mesurent alors ensemble la nécessité de maintenir le temps d'avance du savoir-faire français.

Enfin, l'excellence technologique a été récompensée à l'issue de l'appel à projet « Innovation Routes et Rues 2012 » du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement et du concours « Infrastructures pour la mobilité et biodiversité » de l'IDRRIM et ce sont six entreprises qui ont été primées.

Ainsi, pendant trois jours, exposants, congressistes, conférenciers et visiteurs ont confirmé l'envergure du Salon qui a contribué à apporter une vision élargie des infrastructures de demain.

Le Salon INTERROUTE&VILLE et le Congrès de l'IDRRIM sont dorénavant une étape incontournable pour tous les professionnels du secteur.

Joseph Abdo - Cimbéton

# CIMbéton

CENTRE D'INFORMATION SUR  
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, Place de la Défense  
92974 Paris-la-Défense cedex

Tél. : 0155230100  
Fax : 0155230110

Email : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net)

Site Internet : [www.infociments.fr](http://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-ménages* : Joseph Abdo - Reportages, rédaction et photos : Joseph Abdo, Marc Deléage, Romualda Holak, Yann Kerveno, Michel Levron, Jacques Mandorla - Réalisation : Ilot Trésor, 83 rue Chardon Lagache, 75016 Paris - Email : [mandorla@club-internet.fr](mailto:mandorla@club-internet.fr) - Direction artistique : Arnaud Gautelier - Maquette : [soa-crea.fr](http://soa-crea.fr) - Dépôt légal : 4<sup>e</sup> trimestre 2012 - ISSN 1161 - 2053 1994



Béziers (Hérault) : sur l'esplanade du quartier de la Devèze, le béton imprimé de couleur noire, par ses dessins en forme de vagues, permet de rythmer la perspective créée par l'esplanade Rosa Parks et de ralentir les voitures.

## Hérault : des bétons désactivés, sablés et imprimés au service de la rénovation des villes et villages

**La revue Routes a déjà, à de nombreuses reprises, parcouru les villes et villages de l'Hérault pour parler des voiries béton. Voici les toutes nouvelles références qui viennent d'être réalisées sur ce département.**

**A**u nord de Montpellier, la plaine laisse très vite la place aux collines de garrigue, puis aux maquis et enfin aux premiers contreforts des Cévennes, ces montagnes sauvages qui bordent le sud méditerranéen.

### Ganges : place de centre-ville en béton désactivé sablé

Pour rejoindre Ganges, depuis la capitale régionale, il faut donc suivre une route qui s'enfonce dans les terres, qui se glisse entre les premières collines pour déboucher finalement dans la cuvette où furent édifiés, à l'époque gallo-romaine, les premiers murs de la ville d'Aganticum. Développée autour d'un centre urbain

très dense, fait d'un entrelacs de petites rues et de passages typiques de l'urbanisme de la région, la petite ville compte aujourd'hui 4 000

habitants, revenant au niveau de sa population des années 1960 après en avoir beaucoup perdu, pour cause d'exode rural et industriel.



Ganges : le béton désactivé relie mairie, commerces et cafés qui entourent la large place ombragée de 2 000 m<sup>2</sup> récemment rénovée.



Ganges : le béton désactivé sablé clair a été choisi afin de redonner luminosité et cachet aux façades de la place principale. Le sablage du béton désactivé a aussi permis d'adoucir les angles des granulats concassés.

À quelques dizaines de mètres du cœur battant de la ville s'étend une large place ombragée avec mairie, commerces et cafés : cette placette de 2 000 m<sup>2</sup> a été récemment rénovée par la municipalité.

« C'est un projet que nous avons depuis longtemps et qui s'est déroulé en plusieurs phases dans l'ancien centre-ville. Au départ, la place servait surtout de lieu de stationnement à des voitures qui ne bougeaient pas pendant plusieurs jours ou parfois plusieurs semaines » explique Bernard Caumon, premier adjoint au maire de Ganges en charge de l'urbanisme et des investissements. « C'est lorsque nous y avons fait jouer une pièce de théâtre de Molière avec Michel Galabru que nous avons réalisé que cette place serait très bien sans voitures et que le projet a pris corps. Nous avons alors trouvé une solution de parking ailleurs,

dans une rue attenante, à la place d'une ancienne usine que nous avons démolie ». S'en sont suivies de nombreuses concertations avec les habitants du quartier pour définir ce projet urbain et pouvoir prendre en compte les attentes et observations de chacun.

« Notre idée était d'avoir une place qui soit assez dégagée pour accueillir des animations, mais pour pouvoir aussi circuler autour, stationner pendant un temps limité et installer des commerces en rez-de-chaussée » poursuit Bernard Caumon. « Entièrement refaite en béton désactivé et sablé, la place a aujourd'hui belle allure avec son grand platane, ses bancs en béton, la terrasse du petit restaurant à l'ombre de l'arbre. Nous avons choisi le béton parce que c'est un matériau que nous employons assez régulièrement, notamment pour les trottoirs de la ville.

Il est facile à entretenir et à reprendre, le cas échéant. Pour nous, c'est une excellente alternative à l'enrobé et aux dalles de pierres, bien plus coûteuses. Ce béton désactivé et sablé a été réalisé sur l'ensemble de la place avec des granulats concassés 6/14 du Pic Saint-Loup. Depuis la livraison de cette place, la municipalité a poursuivi ses efforts de modernisation en créant deux parvis en béton désactivé : l'un devant le temple protestant du XIX<sup>e</sup> siècle et l'autre devant la mairie » conclut Bernard Caumon.

#### PRINCIPAUX INTERVENANTS

**Maîtrise d'ouvrage :**  
Mairie de Ganges

**Maîtrise d'œuvre :**  
AJM Architecture

**Entreprise :**  
Sols Méditerranée

**Fournisseur du béton :**  
Lafarge Bétons (centrale de Saint-Julien de la Nef)

**Fournisseur du ciment :**  
Lafarge Ciments

#### Saint-Jean-de-Fos : mariage de béton désactivé et de tessons de poteries

Dans cette commune de 1 500 habitants, la création de l'Argileum, « la Maison de la Poterie », répond à la politique initiée dans le cadre de la labellisation « Grand site de France de Saint-Guilhem le Désert et gorges de l'Hérault ».

« Nous cherchions à mieux répartir la fréquentation sur l'ensemble du territoire concerné et non plus seulement sur le pont du Diable et sur Saint-Guilhem le Désert » explique Albert Sayag, directeur général adjoint de la Communauté de communes Vallée de l'Hérault. Cela a été possible en puisant notamment dans le patrimoine local pour le mettre en valeur. Ainsi après les aménagements du pont du Diable, dont la revue Routes s'est fait l'écho dans son numéro 109, c'est autour de la tradition potière de Saint-Jean-de-Fos que la Communauté de



Saint-Jean-de-Fos : accès, parking et esplanade extérieure de la Maison de la Poterie ont été réalisés en béton désactivé, dans lequel des tessons de poteries ont été incrustés à la main avant désactivation, rappelant ainsi la vocation du lieu.

communes a travaillé.

« La poterie étant une tradition très ancienne à Saint-Jean-de-Fos, nous avons bâti un équipement pour raconter cette histoire autour de la dernière maison de potier existant encore. Des travaux archéologiques nous ont ainsi permis de mettre au jour l'ensemble de l'atelier et de l'offrir maintenant aux regards des visiteurs sous la forme d'un espace d'interprétation » poursuit Albert Sayag.

Prévu pour accueillir entre 20 et 30 000 visiteurs par an, sur les 600 000 à 800 000 qui fréquentent le Grand site chaque année, Argileum a été créé dans la continuité des aménagements réalisés au pied du pont du Diable.

Légèrement en contrebas du village, Argileum dispose d'un parking pour accueillir ses visiteurs, d'une esplanade piétonne et d'une promenade intérieure où les bétons ont trouvé une large place.

Ce que confirme Albert Sayag : « Pour les abords d'Argileum, nous avons choisi de continuer de travailler avec les mêmes matériaux que ceux du Pont du Diable, à savoir des bétons désactivés réalisés avec des granulats concassés 6/10 de Vergèze et des bétons sablés. Cela nous a permis de conserver une cohérence visuelle entre les sites. De plus, nous avons eu l'idée d'incruster des tessons de poterie directement dans le béton des parties piétonnes, afin de visualiser fortement le concept de Maison de la Poterie ».



Baillargues : dans la cour d'une ancienne bâtisse reconvertie pour accueillir des manifestations culturelles, le béton imprimé a permis de dessiner des pavés capables de résister à une circulation légère et de rester pérennes dans le temps.

Parfaitement modernes dans leur conception, le bâtiment et ses abords s'inscrivent sans faute de goût dans le bâti présent autour.

#### PRINCIPAUX INTERVENANTS

**Maîtrise d'ouvrage :**

Communauté de Communes Vallée de l'Hérault

**Maîtrise d'œuvre :**

Yvan Peytavin, architecte

**Entreprise :**

Sols Méditerranée

**Fournisseur du béton :**

Unibéton (centrale de Ceyras)

**Fournisseur du ciment :**

Ciments Calcia (Goupe Italcementi)

#### Baillargues : du béton imprimé pour créer une cour pavée

De l'autre côté du département de l'Hérault, à Baillargues, les préoccupations sont toutes autres dans cette cité de 6 000 habitants, prête à être absorbée par l'agglomération montpelliéraine qui se développe à très grande vitesse. Le village est surtout connu pour son église romane Saint-Julien, édifiée au XII<sup>e</sup> siècle.

Haut-lieu d'animation de Baillargues, l'Espace Vigneron est matérialisé par une cour dans une ancienne bâtisse reconvertie notamment pour accueillir des manifestations

culturelles (musique, expositions,...), comme en témoigne le programme des festivités de la ville.

Pour rénover cet équipement, la mairie a choisi le béton imprimé : l'idée était de créer une cour pavée, capable de résister à une circulation de véhicules légers et de rester pérenne dans le temps. Le motif retenu, agencé en arc de cercle, est celui très connu des pavés carrés.

#### PRINCIPAUX INTERVENANTS

**Maîtrise d'ouvrage**

**et maîtrise d'œuvre :**

Mairie de Baillargues

**Entreprise :**

Sols Méditerranée

**Fournisseur du béton :**

Unibéton (centrale de Bessan)

**Fournisseur du ciment :**

Ciments Calcia (Goupe Italcementi)

#### Béziers : une esplanade en béton, matériau très résistant, facile à nettoyer et à entretenir

Le quartier de la Devèze pèse lourd dans l'histoire et le quotidien de l'importante ville de Béziers (75 000 habitants). Construit dans les années 60, il a accueilli des générations de migrants et a évolué comme nombre d'autres quartiers similaires en France. Il fait, depuis 2004, l'objet d'un programme de rénovation urbaine (PRU) qui lui permet de se transformer peu à peu. Finie la grande barre symbolique de la cité : elle a été déconstruite pour faire place à des espaces ouverts revalorisés.

L'esplanade Rosa Parks, construite au cœur du quartier, illustre cette volonté, matérialisée par des voies de circulation et un large espace piéton qui entrent dans le quartier pour aboutir à une aire de jeux pour enfants, en passant devant le centre socioculturel Albert Camus, le poste de police et la mairie de quartier.

Ethel Camboulives, qui a dirigé ce projet de rénovation urbaine qui s'achèvera en

juillet 2013, explique : « La revalorisation du bâti par des rénovations et des démolitions-reconstructions, mais aussi la remise en état, la requalification et la création de voiries, ont permis de réaliser une rénovation urbaine du quartier. C'est ce que nous avons fait avec l'esplanade Rosa Parks et avec la place Webb-Ellis, structurant le nouveau cœur du quartier et créant, en même temps, une porte d'entrée largement ouverte sur le reste de la ville ».

Lorsqu'on regarde l'aménagement depuis le rond-point qui y donne accès, on distingue aisément ce qu'ont voulu les concepteurs : inciter à pénétrer directement jusqu'au cœur du quartier. Ce résultat est obtenu d'abord par une voie de circulation classique (3,50 m) de chaque côté de l'esplanade, en sens unique, puis par une large promenade très minérale qui descend en pente douce vers la place Webb-Ellis laquelle, habillée de béton, fait la liaison avec la zone arborée située à l'intérieur du quartier. Ethel Camboulives, qui s'appuie sur les nouveaux textes de la gestion urbaine de proximité (GUP), témoigne : « Comme nous sommes dans le Sud de la France, l'esplanade, outre ses fonctions circulatoires et déambulatoires, a aussi un autre rôle éminemment urbain : celui d'accueillir le marché forain du quartier, l'un des plus importants du secteur. La tenue de ce marché, qui aura lieu deux fois par semaine sur cette esplanade, est l'une des raisons de notre choix du béton car, tant pour les sols que pour le mobilier urbain, c'est un matériau très résistant, facile à nettoyer et à entretenir. Pour des projets de cette ampleur, il est en effet nécessaire d'envisager en amont la façon dont les équipements seront entretenus et quel sera le budget de cet entretien. C'est ce que nous avons fait ».

L'esplanade et les cheminements qui aboutissent au mail Nelson Mandela ont été réalisés en béton sablé avec des granulats concassés 4/6 de la carrière de Murle et en béton imprimé, au moyen d'un moule spécialement créé pour l'occasion par l'entreprise Sols Méditerranée.

Le mail central est très clair et les



Béziers : l'esplanade a été conçue comme une porte d'entrée dans le quartier de la Devèze, mais aussi pour accueillir le marché forain bihebdomadaire.

bandes de bétons ont été coulées dans le sens de la longueur pour accentuer l'effet de perspective. Cette même perspective a été ramenée à des proportions humaines par des bandes de béton imprimé noir qui traversent l'esplanade à intervalles réguliers et donnent du rythme à l'espace grâce à des dessins en forme de vagues, destinées à ralentir les véhicules circulant sur cette voie.

Pour goûter à l'ombre, il faudra juste attendre que les arbres, plantés de chaque côté de cet espace, aient pris un peu de volume : le lieu ressemblera

alors, un jour, à la célèbre Rambla de Barcelone, où les gens viennent déambuler le soir à la fraîche. ■

#### PRINCIPAUX INTERVENANTS

**Maîtrise d'ouvrage :**  
Mairie de Béziers

**Maîtrise d'œuvre :**  
ADP Dubois

**Entreprise :**  
Sols Méditerranée

**Fournisseur du béton :**  
Unibéton (centrale de Bessan)

**Fournisseur du ciment :**  
Ciments Calcia (Goupe Italcementi)



Béziers : les cheminements qui aboutissent au mail Nelson Mandela ont tous été réalisés en béton sablé.



Les granulats recyclés ne représentaient, en 2008, que 15 millions de tonnes, soit 2,8% seulement de l'ensemble des granulats utilisés en France.

## Granulats issus du béton concassé : une thèse de doctorat pour mieux valoriser leur recyclage dans le béton

**Comment utiliser les granulats issus du béton concassé comme constituant de nouveaux bétons ? Et, plus généralement, comment mieux recycler les bétons ? Dans une démarche affirmée de développement durable, les grands acteurs de la Profession s'intéressent de plus en plus à ces questions. Pour cela, ils ont notamment cofinancé une thèse de doctorat d'un chercheur de l'Ifsttar (ex-LCPC) et ont récemment lancé le Projet National (PN) de recherche et développement « Recybéton ». Présentation.**

**E**n 2008, selon l'UNPG (Union nationale des producteurs de granulats), la quantité de granulats utilisée en France a été de 545 millions de tonnes. Sur ce chiffre, 114 millions de tonnes (20,9%) avaient été récupérées de la déconstruction des routes et recyclés sur place et 431 millions (79,1%) étaient des granulats « élaborés ».

Sur ces 431 millions de tonnes, 408 provenaient de matériaux naturels (carrières...), 8 de granulats artificiels (schistes, laitiers, mâchefers...) et 15 de granulats recyclés (soit 2,8% seulement de l'ensemble).

### Deux tendances lourdes

Pourtant, deux tendances lourdes

plaident pour une augmentation, ces prochaines années, de la production de bétons recyclés.

- D'un côté, de très nombreux bâtiments arrivent en fin de vie et vont devoir être déconstruits. D'où une croissance importante du volume des déchets de construction qui ne pourront pas être uniquement absorbés dans les remblais et autres



35 m<sup>3</sup> de bétons de première génération (coulés à l'Ifsttar sous forme de cubes de 40 cm d'arête) ont été concassés en trois classes granulaires sur une plateforme industrielle de recyclage à Nantes.

### Retrouver les performances d'origine

« Puisque les granulats recyclés sont moins résistants, plus poreux et plus frottants que les granulats naturels, leur utilisation conduit souvent à des chutes de performances mécaniques et à une diminution de l'ouvrabilité des bétons dans lesquels ils sont recyclés », explique Thierry Sedran, adjoint au chef de groupe Matériaux pour infrastructures de transport à l'Ifsttar (Centre de Nantes). « Il faut alors adapter la formulation pour retrouver les performances d'origine, ce qui se traduit en général par une augmentation de la teneur en ciment. L'intérêt de cette thèse est donc double : mieux comprendre quelles sont les influences des granulats issus des bétons concassés sur les performances d'usage des bétons et mieux évaluer le lien entre les propriétés d'usage des granulats recyclés et les propriétés du béton dont ils sont issus ».

Cette double approche a permis d'optimiser la formulation des bétons avec des granulats recyclés pour en tirer le meilleur parti et d'étudier la possibilité du multi-recyclage du béton (réalisation de plusieurs cycles à la suite).

### Trois générations successives de bétons et de granulats

Pour cette thèse, voici la démarche qui a été adoptée.

- Des bétons de première génération (B1) ont été formulés en laboratoire avec les paramètres suivants :

- Nature des granulats naturels de première génération (G1) : siliceux semi-concassé ; calcaire ; mixte (sable siliceux semi-concassé et gravillon calcaire). Les deux premiers types de granulats représentent des situations extrêmes de formulation, le troisième correspond à une pratique courante de formulation ces dernières décennies.

- Résistances à la compression respectivement proches de 35 et 65 MPa (mégapascals) pour couvrir la

plateformes de chaussées. Il convient donc de développer et de promouvoir d'autres filières de valorisation de ces déchets.

- De l'autre côté, la demande de granulats ne va pas fortement augmenter. En effet, le secteur de la construction est davantage - et pour longtemps - dans un cycle de rénovation plutôt que de neuf. En outre, l'ouverture de carrières sur le territoire devient de plus en plus complexe pour des raisons environnementales, administratives ou d'acceptabilité sociale.

### Une thèse confortée par le Projet National de R&D « Recybéton »

C'est pourquoi dès 2008, le LCPC, devenu début 2011 l'Ifsttar (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux), a décidé de lancer une recherche partenariale sur le recyclage du béton concassé en tant que granulats pour les bétons. Elle

s'est déroulée sous la forme d'une thèse de doctorat, dans le cadre d'une Convention industrielle de formation pour la recherche (CIFRE) et cofinancée par les grands acteurs de la profession : ATILH (Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques), Cimbéton, Ifsttar, SNBPE (Syndicat national du béton prêt à l'emploi), SPECBEA (Syndicat professionnel des entreprises de chaussées en béton et d'équipement annexes), UNPG avec l'appui d'AdP (Aéroports de Paris).

Cette thèse intitulée « (Multi)-Recyclage du béton hydraulique » a été réalisée par Duc-Tung Dao (*voir, en encadré, son interview*) et soutenue le 29 mars 2012, François de Larrard et Thierry Sedran de l'Ifsttar étant respectivement le directeur de thèse et l'encadrant.

Par ailleurs, cet intérêt pour le recyclage du béton a été officiellement conforté par le lancement le 27 janvier 2012 du Projet National de R&D « Recybéton » (*voir, en encadré, l'interview de son directeur Horacio Colina*).

gamme de bétons susceptibles d'être recyclés (en général, les vieux bétons à recycler ont des résistances assez élevées).

Puis, à la station d'étude du malaxage de l'Ifsttar, environ 35 m<sup>3</sup> de ces bétons ont été coulés sous forme de cubes de 40 cm d'arête, formulés avec des ciments à prise rapide afin que la résistance à 90 jours soit représentative de celle à long terme. Après trois mois de durcissement en conditions extérieures, ils ont été concassés et criblés en trois classes granulaires (0/6,3 mm - 6,3/11,2 mm et 11,2/22,4 mm) sur une plateforme industrielle de recyclage à Nantes.

- Les granulats G2 ainsi produits ont été caractérisés comme il est fait habituellement pour les granulats à béton. Ces G2 issus des bétons composés avec des granulats mixtes ont fait l'objet d'un recyclage dans des bétons de deuxième génération B2 dont les paramètres de formulation étaient les suivants :

- Résistances à la compression proches de 35 et 65 MPa pour couvrir au mieux la gamme des bétons habituellement utilisés sur les chantiers et susceptibles de recevoir des granulats recyclés.

- Remplacement du sable et des gravillons par des recyclés ou seulement des gravillons. C'est, en effet, le sable recyclé qui a le plus d'influence sur les propriétés du béton.

- Utilisation (ou non) d'un agent réducteur de retrait.

- Enfin, certains B2 ont été à leur tour concassés en G3 puis recyclés, selon la même procédure, dans des bétons B3 de troisième génération.

### Batterie d'essais et mesure de retrait total

Les essais réalisés sur les bétons B1, B2, B3 ont été les suivants : mesure de l'affaissement, de la résistance à la compression et au fendage, et du module élastique.

Ces essais ont été complétés par des

### INTERVIEW



« Cette thèse devrait faire progresser le concept du « cradle to cradle »\* dans le secteur de la construction »

Duc-Tung Dao, auteur de la thèse

\* « Du berceau au berceau » : exigence écologique dont le principe est Zéro pollution et 100 % recyclage.

#### Votre thèse est-elle de la recherche fondamentale ou de la recherche appliquée ?

L'objectif central de la thèse est de favoriser l'utilisation du granulat issu du béton concassé. Pour cela, du côté de la recherche fondamentale, il est nécessaire de comprendre l'influence du granulat recyclé sur le comportement du béton dans lequel il est recyclé, ainsi que celle du béton d'origine sur la performance du granulat recyclé.

Du côté de la recherche appliquée, cette étude a contribué à développer des modèles permettant de prédire les propriétés du granulat et du béton recyclé. Ces modèles pourront être ensuite utilisés pour formuler les bétons avec des granulats recyclés dans les études de scénarii de recyclage ou dans l'optimisation de formule. À titre plus prospectif, une telle approche permettrait, dans le futur proche, de répondre à la question de la faisabilité du multi-recyclage du béton et de l'évolution de ses propriétés au cours de plusieurs cycles de vie.

#### Quel est l'aspect de votre travail qui vous paraît, à l'avenir, le plus porteur pour les industriels ?

Nous disposons, dans cette étude, d'une banque de données riches et fiables sur les propriétés moyennes des matériaux recyclés. Avec les modèles semi-empiriques développés pendant la thèse, ils pourront être utilisés dans les simulations pour établir des scénarii de recyclage. Dans ces scénarii, les utilisateurs pourront éventuellement prendre en compte, de façon précise, les différentes propriétés des granulats recyclés dans un rapport d'économie ou d'environnement.

#### Le concept d'écologie industrielle « cradle to cradle » vous paraît-il être particulièrement adapté au secteur de la construction ?

Les résultats obtenus sur le multi-recyclage du béton, surtout avec la démonstration de la faisabilité de recyclage 100% du béton de la dalle de l'aéroport Roissy - Charles de Gaulle, nous permettent de penser que le concept du « cradle to cradle », pourrait être appliqué dans le domaine de la construction. Pourtant, il est nécessaire de poursuivre les recherches pour avoir une pleine maîtrise de recyclage du béton dans le béton. Le Projet National « Recybéton » participera à cet objectif.



Dans le cadre de la thèse de Duc-Tung Dao, les bétons de première génération (après trois mois de durcissement) ont été concassés et criblés en trois classes granulaires : 0/6,3 mm (à gauche), 6,3/11,2 mm (au centre) et 11,2/22,4 mm (à droite).

### DALLES AÉROPORTUAIRES À ROISSY-CHARLES DE GAULLE : LA PREUVE PAR L'EXEMPLE

À Roissy-Charles de Gaulle, des dalles de piste âgées d'une quarantaine d'années étaient fissurées par fatigue. Aéroports de Paris (AdP), le maître d'ouvrage, a donc décidé de les remplacer, mais en recyclant les matériaux des dalles anciennes, notamment pour des raisons de sûreté (limiter le transfert des matériaux entrants et sortants dans l'enceinte de l'aéroport).

Durant l'été 2010, ces dalles ont été déconstruites : le béton, issu d'un mélange de calcaires durs et de ciment composé, présentait une résistance de l'ordre de 68 MPa. Les fragments de dalles ont été concassés et ont ainsi permis de produire un tonnage sensiblement équivalent de gravillons 6/20 et de sable 0/6.

Ces granulats ont fait l'objet d'une caractérisation pour être certain que leurs propriétés les rendaient aptes à l'utilisation dans une formule de béton de piste. Une formule de béton a donc été mise au point à l'Ifsttar, constituée de 423 kg de ciment CEM II/B-S 42,5 N et de ces granulats recyclés, dans le but de fabriquer des dalles de 5 x 4 m<sup>2</sup> de même épaisseur (40 cm) et de mêmes propriétés fonctionnelles que les anciennes dalles.

Pour limiter les risques de fissuration liés au retrait, la formule contenait un superplastifiant (moins de demande en eau) et un agent réducteur de retrait.

Mais ce dernier s'est avéré incompatible avec les entraîneurs d'air classiquement utilisés dans les bétons de piste pour avoir une

résistance suffisante aux cycles gel-dégel. On a donc abandonné l'usage de l'agent entraîneur d'air mais, en contrepartie, le rapport eau/ciment du béton recyclé a été pris suffisamment bas (E/C = 0,43) pour maîtriser le risque de dégradation en conditions hivernales. On a ainsi obtenu une résistance au fendage de 4,3 MPa à 28 jours pour une valeur de 3,3 requise. Résultat : en novembre 2010, les 13 m<sup>3</sup> nécessaires à la fabrication de la dalle ont été produits en centrale de béton prêt à l'emploi. Et le béton a été coulé, nivelé, vibré, taloché et balayé sans aucune difficulté. Ainsi, il a été possible de recycler à 100% un béton sur lui-même et de lui donner une seconde vie. Souhaitons-la aussi longue que la première...

#### PRINCIPAUX INTERVENANTS

##### Maître d'ouvrage :

Aéroports de Paris (AdP)

##### Déconstruction et élaboration des matériaux recyclés :

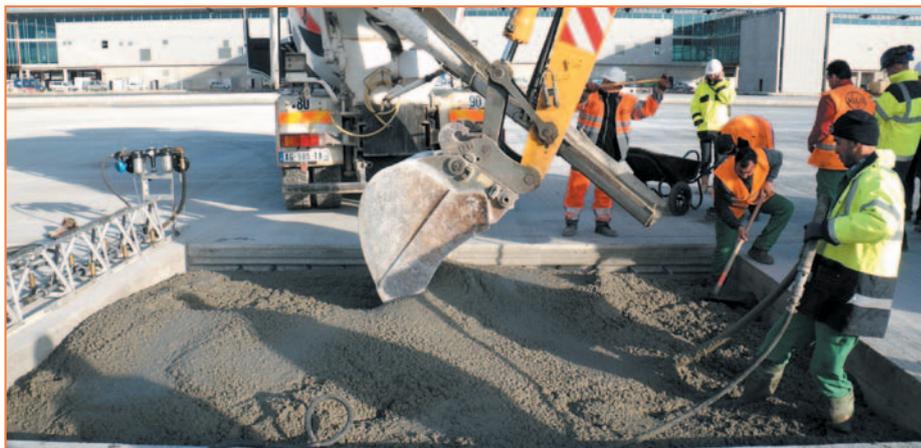
DLB Recyclage

##### Entreprise :

Agilis (groupe NGE)

##### Fabrication et contrôle du béton :

Holcim Bétons



Les nouvelles dalles aéroportuaires, de 5 x 4 m<sup>2</sup> chacune, ont été réalisées en béton formulé avec un ciment CEM II/B-S 42,5 N et des granulats de béton concassé.



Durant l'été 2010, des dalles béton fissurées ont été déconstruites et les granulats concassés ont été recyclés à 100% dans des dalles de mêmes performances.



Un an et demi après leur coulage, les dalles réalisées avec un béton recyclé à 100 % entament leur seconde vie.

## INTERVIEW



« *Nous devons faire aussi bien que d'autres pays* »

Horacio Colina  
 Directeur du Projet National (PN) « Recybéton »  
 et Directeur délégué au développement technique de l'ATILH

**Le Projet National « Recybéton » est lancé depuis le 27 janvier 2012. Pouvez-vous nous le présenter ?**

D'une durée de quatre ans, ce PN vise à favoriser la réutilisation des produits issus de bétons déconstruits pour faire de nouveaux bétons, en plus de son utilisation routière. Avec deux grands objectifs :

- réutiliser l'intégralité des matériaux issus des bétons déconstruits, y compris la partie fine, comme constituants de nouveaux bétons;
- recycler des matériaux issus de la déconstruction comme matière première pour la production de liants hydrauliques (clinker, ciments composés...).

**Comment est né ce PN ?**

Fin 2009, à la suite du Grenelle de l'Environnement, la recyclabilité des matériaux de construction est devenue une question majeure pour les filières concernées (acier, béton, bois, brique, plâtre). Certains matériaux se disant déjà 100% recyclables, la question du béton s'est posée à l'ATILH. D'où l'idée de réunir acteurs et utilisateurs autour de ce sujet. Le noyau dur du PN (sociétés cimentières, producteurs de BPE, industriels du béton préfabriqué, producteurs de granulats, adjuvantières, syndicat des démolisseurs, syndicat des recycleurs, Ifsttar, CEBTP, FFB, FNTP, Université de Cergy-Pontoise, Ecoles des Mines de Douai et d'Alès, IREX) s'est constitué en Comité de pilotage fin 2010 pour monter le projet. Actuellement, ce PN compte 40 partenaires.

**Les granulats recyclés ne représentaient que 2,8% de la production de granulats en 2008. Peut-on faire mieux ?**

On l'a constaté : c'est déjà le cas dans d'autres pays, que ce soit dans la production de granulats recyclés ou pour une autre utilisation que les travaux routiers, y compris la réalisation de bétons structuraux. Pourquoi pas nous ?

**Pour que les qualités du béton recyclé soient « bonnes », ne faut-il pas agir en amont sur la conception des bâtiments ?**

L'idée du bâtiment conçu pour être facilement déconstruit a été formulée dès nos premiers travaux. Mais cette question pourrait faire l'objet de tout un projet avec des retombées certaines dans un avenir lointain. Nous avons donc décidé de ne pas la traiter et de nous attaquer au problème le plus urgent : pouvoir mettre en route le recyclage complet des bétons, de façon à répondre aux demandes actuelles.

**En quoi la thèse de Duc-Tung Dao est-elle utile ?**

Cette thèse a la qualité d'avoir pu faire un béton qui a été recyclé deux fois, en étudiant l'évolution des propriétés des granulats et des bétons de générations successives et de voir dans quelle mesure le matériau pourrait se recycler plus ou moins indéfiniment. Cette thèse est un apport scientifique significatif dans la modélisation globale du système « granulat - béton - granulat recyclé - béton recyclé ». Et cela pour des générations successives. En outre, le fait d'avoir réalisé, en parallèle, une dalle en béton recyclé à 100% sur l'aéroport Roissy - Charles de Gaulle va permettre d'avoir la possibilité de suivre l'évolution du matériau au cours du temps et de son utilisation.

**Site Internet de Recybéton : [www.pnrecybeton.fr](http://www.pnrecybeton.fr)**

mesures de retrait total. En effet, les granulats recyclés contiennent de la pâte de ciment et conduisent à augmenter le volume de pâte dans le nouveau béton. D'où une augmentation du retrait du béton avec, pour conséquences, des problèmes de fissuration dans les ouvrages, si ce retrait est bloqué, ou de perte élevée de précontrainte. La thèse cherche à mesurer l'amplitude de cette augmentation et à vérifier l'intérêt de l'utilisation d'un agent réducteur de retrait.

Enfin, la durabilité des bétons avec des granulats recyclés a été traitée à travers l'étude de la porosité accessible à l'eau, de la perméabilité au gaz et d'essais de carbonatation accélérée.

### Des outils pour optimiser les bétons avec des granulats recyclés

Contrairement à certaines études antérieures, cette démarche a permis de maîtriser l'origine et les propriétés des granulats recyclés (notamment l'absence de pollution par du plâtre ou d'autres substances). D'où une analyse plus aisée des résultats et l'élaboration de modèles reliant les performances des bétons aux propriétés des granulats recyclés ou les performances des granulats recyclés à celles du béton d'origine. Ayant un caractère général, ces modèles pourront être appliqués à la formulation pratique.

Et Thierry Sedran de conclure : « *L'ensemble des informations apportées par cette thèse fournit une riche base de données et des outils pratiques pour optimiser les bétons contenant des granulats recyclés. Des outils qui devraient servir aux travaux du PN Recybéton. En espérant que toute cette recherche sur les bétons recyclés lève certains freins qui existent encore chez les maîtres d'ouvrage et aide les industriels à mettre au point des modèles économiques viables.* »



Port-Saint-Louis-du-Rhône (Bouches-du-Rhône) : l'esplanade a été traitée de manière très contemporaine en béton imprimé, les motifs répondant à la sculpture en fer qui trône au centre.

## À Port-Saint-Louis-du-Rhône, le béton est dans tous ses états : balayé, désactivé et imprimé

Il y a 20 ans, Port-Saint-Louis-du-Rhône fut probablement l'une des premières communes du sud de la France à utiliser, de façon quasi systématique, le béton de voirie, notamment pour les trottoirs. Et la commune continue de le faire avec bonheur.

**D**irecteur du pôle Aménagement du territoire-Travaux de Port-Saint-Louis-du-Rhône, Philippe Athanassiou était déjà en poste en 1992 lorsque fut réalisé le premier chantier en béton désactivé dans la commune. Il s'agissait alors de construire une promenade piétonne le long du Rhône, juste entre la ville et le fleuve. Quand on s'y promène de nos jours, rien ne révèle que le cheminement a été réalisé il y a déjà deux décennies : s'il est certes patiné,

ayant pris la couleur du temps, il reste cependant absolument intact. Plus loin, vers le centre-ville et le bassin central (port de plaisance), débarrassé des friches industrielles qui l'encombraient, bétons imprimés ou désactivés s'expriment en toute liberté. Plus loin encore, un quartier résidentiel ancien, fait de petites maisons sagement alignées le long de rues perpendiculaires, les carrefours se signalent grâce à des bétons désactivés.

### La nappe phréatique à 60 cm sous le sol naturel

« Au départ, notre objectif était de donner une image différente de la ville car nous étions en train de reconquérir les terrains laissés en deshérence par la fin des sites industriels qui faisaient auparavant vivre la ville. Pour cela, nous avons préféré investir dans un matériau pérenne » explique Philippe Athanassiou.

Les élus ont depuis compris l'intérêt d'un tel choix puisque le béton répond, non seulement, à des impératifs économiques

### PRINCIPAUX INTERVENANTS

**Maître d'œuvre :**  
Mairie de Port-Saint-Louis du Rhône et Syndicat d'agglomération nouvelle Ouest-Provence

**Réalisation des bétons désactivés :**  
Provence Impressions

**Fournisseurs du béton prêt à l'emploi :**  
Lafarge Bétons et Cemex

**Fournisseur du ciment :**  
Lafarge Ciments



Les abords de la halle ont été traités sobrement en béton balayé.

par sa pérennité, esthétiques par les multiples possibilités de traitement qu'il offre, mais aussi techniques par les solutions qu'il apporte.

La ville est comme posée sur une éponge, et une éponge salée qui plus est. « *La nappe phréatique se trouve souvent à 60 centimètres de profondeur, ce qui rend les sols meubles à l'extrême. Et la concentration de sel qu'ils contiennent oblige les racines des végétaux à courir en surface et à percer les revêtements en enrobé des trottoirs. C'est pourquoi nous avons choisi le béton désactivé, en plus évidemment de sa durabilité et de son aspect architectural, afin de ne pas avoir à reboucher les trous créés par ces racines* » précise Philippe Athanassiou.

Les élus et la mairie cherchaient aussi à promouvoir l'homogénéité parmi les différents espaces de la ville, largement étendue à fleur d'eau. Au total, une dizaine de chantiers ont été menés en vingt ans pour des milliers de mètres carrés de bétons de voirie.

« *Nous sommes tellement convaincus de la justesse de cette solution que nous l'avons préconisée dans le schéma d'aménagement urbain que la mairie vient de voter. Le béton, désactivé ou non, est devenu au fil des années une sorte de fil rouge dans la ville : il participe au renouveau du bassin central et sera aussi très certainement employé au cours des 15 ou 20 prochaines années dans le projet urbain Nord et Sud du canal Saint-Louis* » poursuit le directeur des travaux de la ville.

L'intercommunalité, à travers son Syndicat d'agglomération nouvelle Ouest-Provence, a aussi retenu



Tout autour du grand bassin du port, le béton désactivé a été réalisé avec des granulats en calcaire concassé et marié avec des gros pavés en pierre naturelle, semblables à ceux des quais.



Les zones de repos avec bancs pour piétons en béton balayé contrastent avec la piste cyclable en béton désactivé. Réalisée il y a 20 ans, cette large promenade n'a pas pris une ride et s'est harmonieusement patinée.

les matériaux en béton dans ses réalisations sur le territoire communal. Ce que confirme Philippe Athanassiou : « *Soit nous prenons la décision nous-mêmes lorsque nous avons les compétences requises, soit nous faisons appel à des architectes tout en leur suggérant le recours à ces matériaux. N'oublions pas aussi l'apport de l'entreprise Provence Impressions, qui est fondamentale. Nous avons une relation de confiance avec elle car sa prescription technique et son regard de paysagiste nous guident parfaitement dans nos choix* ».

Le béton trouve aussi une nouvelle raison d'animer la commune avec la construction d'une piste cyclable en béton de 550 mètres de long.

### Plus de 15 000 m<sup>2</sup> de bétons

S'il fallait choisir un lieu emblématique de tous ces chantiers, celui du bassin central est probablement le plus judicieux. Pour relier au monde moderne ce centre historique qui fut un port très actif, le béton a servi à établir des passerelles.

Moderne quand il est imprimé autour d'un îlot de logements collectifs, il se fond entre les pavés pour marquer l'empreinte des anciennes voies de chemins de fer entre les pavés. Ainsi, pour faire le lien entre les espaces et bien les séparer, une bande de béton désactivé réalisée avec un concassé calcaire très clair suit les pavés pour

en dessiner la frontière. Les passages piétons, qui permettent de relier le quai à la ville, sont surélevés et mixent béton désactivé et bandes de pavés avant de venir flirter avec le béton imprimé.

Pour Armand Joly, directeur de l'entreprise Provence Impressions : « *Nous avons réalisé le béton imprimé, presque blanc, au moyen de moules spécifiquement dessinés qui alternent courbes et lignes parfaitement droites. Avec plus de 15 000 m<sup>2</sup> de bétons, dosés à 330 kg de ciment Lafarge CEM III, la commune peut donc arborer son fanion de pionnière. Plusieurs types de granulats régionaux ont été utilisés, notamment des calcaires concassés de Châteauneuf-les-Martigues, mais aussi du concassé de marbre 6/10 en provenance de Brignoles dans le Var, du semi-concassé de Vaugines venu du Vaucluse et des granulats de la plaine de la Crau toute proche. Avec des profils très différents selon les usages, toutes les dalles sont fibrées, sans ferrailage, avec des épaisseurs variant de 12 à 20 cm, selon la circulation admise à emprunter les sections concernées* ».

Avec le recul, Philippe Athanassiou se félicite de ce choix qui date maintenant de deux décennies : « *Dans les lieux susceptibles de recevoir des milliers de personnes, nous demandons à l'entreprise de répandre un produit de protection sur les dalles avant la livraison du chantier. Puis nous repassons une couche tous les trois ou quatre ans, ce qui nous permet, en entretien normal, de tout nettoyer rapidement au jet d'eau à haute pression* ». ■



Rond-point de Saint-Souplets (Seine-et-Marne) : un dessin de canon a été réalisé sur un béton empreinte rose, rappelant les événements ayant eu lieu sur la commune pendant la guerre de 1914-18.

## Valoriser les bétons par les techniques de coloration en surface

La coloration des bétons dans la masse est bien connue. Mais il existe aussi des techniques de coloration en surface par patines (pour l'extérieur) ou par encres (pour l'intérieur) qui permettent de créer des effets graphiques, de corriger une couleur ou encore de personnaliser un béton.

Les patines (« *acid stain* » en anglais) sont des particules colorantes (sels minéraux) en suspension dans une solution acide, faiblement dosée, qui les font réagir avec le ciment contenu dans le béton. Par imprégnation, l'acide descend dans la couche superficielle du support béton pour inscrire durablement ces particules colorantes au cœur des molécules

de ciment. La réaction chimique est pratiquement irréversible, donc durable dans le temps. Ces particules sont des pigments inorganiques qui ont une bonne tenue face aux rayons ultraviolets (UV) et qui peuvent donc être utilisés en intérieur comme en extérieur. La gamme de couleurs se divise en deux familles : les verts/ bleus et les bruns/ocres.

### Les patines pour bétons : nombreux effets graphiques

Les patines réagissant avec le ciment du béton, il est impératif de les appliquer sur un support propre, c'est-à-dire exempt de colle, de résine, de vernis ou de taches de gras. Sinon, les zones tachées ne seront pas colorées (cette caractéristique, à l'inverse, peut être utilisée à des fins graphiques : un vernis peut, par exemple, servir de masque pour protéger une zone ou bien pour créer un motif).

Les patines ont la possibilité d'être aussi diluées avec de l'eau pour obtenir la tonalité désirée ou encore être recouvertes de glaçons ce qui a pour effet de créer des zones non colorées avec des bords dégradés : la glace, en fondant, dilue progressivement les patines en créant des zones nuageuses.

Il faut savoir que l'acide abaisse le pH du béton (qui est lui-même très



Près de la gare routière de Saint-Souplets, rond-point d'une voie de contournement réalisé en micro-chape. La rose des vents indique réellement les points cardinaux.

alcalin). Ensuite, avant de vernir, il faut rincer abondamment à l'eau ou utiliser du neutralisant (base légère) sur la surface une fois traitée. La réaction confère alors au support un aspect « patiné », organique et finalement original et unique.

Pour Frédéric Ljung, Président-directeur général de Moderne Méthode, entreprise basée à Saint-Soupplets en Seine-et-Marne et spécialisée dans les bétons décoratifs : « *Les patines ont un double avantage : elles permettent de rénover ou de valoriser un béton, mais aussi de créer des motifs comme des bandes décoratives, des logos ou toutes sortes de dessins. On les applique au pinceau, au pulvérisateur (spécial acide) ou à l'éponge* ».

Pour les dessins, il est recommandé de couper les contours avec une meuleuse équipée d'un disque diamant ou avec un micro marteau-piqueur : les patines très liquides risquent, en effet, de fuser sous les adhésifs de masquage. Les traits de coupe seront ensuite remplis avec un mortier pour joints de carrelage coloré dans la masse, donnant un aspect marqueterie de béton coloré.

### Les encres pour bétons : une alternative aux patines

L'autre procédé de coloration en surface est constitué par les encres. Celles-ci apportent des effets graphiques plus importants en nombre car la gamme de couleurs proposée est plus étendue que celle des patines. De plus, contrairement à celles-ci, les encres peuvent être pulvérisées au pistolet à peinture, afin de réaliser des aplats ou des dégradés.

On peut aussi les utiliser en les associant avec les patines, à condition d'appliquer ces dernières en premier, pour éviter que leur rinçage (destiné à restituer le pH originel du béton) ne les délave.

Étant donné qu'elles sont composées de pigments organiques, sensibles aux UV, les encres ne doivent être



À gauche : nuancier de couleurs pour les patines. À droite : nuancier pour les encres.

appliquées qu'en intérieur et, de préférence, loin de toutes sources lumineuses naturelles comme les baies vitrées.

Les encres sont idéales pour le béton ciré et le béton poli et leur translucidité respecte toutes les nuances du béton à colorer.

Comme pour les patines, les encres

sont très fluides et peuvent fuser sous un adhésif de masquage si l'on utilise un pinceau. Il est recommandé de couper les contours d'un motif à colorer avec une meuleuse équipée d'un disque diamant pour éviter de tacher les zones voisines. On utilisera plus sûrement un pistolet à peinture avec les pochoirs adhésifs ou non.

### CRÉER DES LOGOS SUR DES BÉTONS

Le béton ciré, le béton imprimé ou le béton poli offrent des surfaces qui se prêtent parfaitement à l'intégration de dessins ou de logos.

Pour réaliser un dessin ou un logo, c'est très simple : il suffit de découper le modèle dans un vinyl adhésif, dans un pochoir temporaire ou dans une feuille de PVC de 1 à 2 mm d'épaisseur (en cas de pochoir réutilisable.)

Il existe de nombreux exemples de créations de logos couleurs sur du béton ciré. Comme, par exemple, celui du Dijon Football Côte d'Or, club professionnel de Ligue 2, qui a fait appel au spécialiste des bétons cirés Prestibat (groupe Entreprise Dijonnaise) afin de réaliser son logo, placé à l'entrée du stade sur un béton imprimé existant. La solution technique pour réaliser ce logo a été élaborée par Hervé Dumazet, de l'entreprise Moderne Méthode : « *Nous avons*



*travaillé avec un pochoir sur lequel nous avons pulvérisé, au moyen d'un pistolet à peinture, du béton ciré sous forme de poudre de finition* ».

Dijon Football Côte d'Or : à gauche, le pochoir de départ et à droite, le logo terminé et posé à l'entrée du stade.

### POUR EN SAVOIR PLUS

Moderne Méthode  
5 rue de la Bizière - ZI du Sauvoy  
77165 Saint-Soupplets  
Tél. : 01 64 36 15 26  
Site Internet : [www.moderne-methode.com](http://www.moderne-methode.com)  
Email : [info@moderne-methode.com](mailto:info@moderne-methode.com)



Entre Saint-Arnoult (Yvelines) et Dourdan (Essonne), 3 km de tranchée ont été réalisés sur la voie lente afin d'assainir la plateforme de l'autoroute.

## Voie lente sur l'A10-A11 : un béton drainant pour un coulage express

**4 jours au lieu de 6 : c'est le temps qu'il a seulement fallu pour réaliser près de 3 km de tranchée en béton drainant entre Saint-Arnoult-en-Yvelines et Dourdan, afin d'assainir la plateforme de l'autoroute en vue de travaux de restructuration de la voie lente. Cette rapidité d'exécution a ainsi permis de rétablir, avec deux jours d'avance, la circulation sur les deux côtés du tronç commun des autoroutes A10-A11.**

Construit en 1973 sur 2 fois 3 voies et élargi en 1994 sur 2 fois 4 voies, le tronç commun A10-A11 est fortement circulé. Ainsi, la voie lente voit défilier 2 000 véhicules VL et PL en moyenne par heure, avec des pointes pouvant aller jusqu'à 7 000 véhicules/heure.

L'entreprise Cofiroute, agissant comme maître d'ouvrage compte tenu de son statut de société concessionnaire, entretient régulièrement cette chaussée afin qu'elle puisse supporter cet important trafic : ainsi, le tronç entre Saint-Arnoult-en-Yvelines et Dourdan a fait l'objet d'une campagne de retraitement en place de la chaussée. Et pour favoriser la pérennité de ces travaux, le maître d'ouvrage a décidé de réaliser, en parallèle, un drainage de la structure de chaussée.

Pour Laurent Verdon, ingénieur travaux dans l'entreprise Jean

Lefebvre : « L'objectif principal de ce chantier était d'assainir la plateforme de l'autoroute en vue des travaux de restructuration de la voie lente. Après avoir réalisé ces travaux sur la quasi-totalité du tronç commun A10-A11

dans le sens Paris/Province, Cofiroute a alors décidé de faire la même chose dans le sens Province/Paris ».

Ainsi, sur près de 3 km, a été ouverte une tranchée de 80 cm de profondeur sur 20 cm de largeur dans laquelle



Un drain « chaussette » (entouré de géotextile), en polyéthylène annelé de 16 cm de diamètre, est déposé au fond de la tranchée.



La tranchée a été remplie de 60 cm de béton drainant (au premier plan), puis sera recouverte par 20 cm de béton C30/37 (en arrière-plan).

a été posé un drain « chaussette » (un drain entouré de géotextile), tube annelé en polyéthylène de 16 cm de diamètre. Grâce à des exutoires transversaux, répartis environ tous les 100 mètres et servant d'accès au dispositif de drainage, ce drain permet l'évacuation des eaux pluviales infiltrées dans le réseau de captage de l'autoroute.

### Un béton drainant recouvert d'un béton C30/37

Après la pose du drain, la tranchée a ensuite été comblée. La première hypothèse était d'utiliser de la « gravette », constituée de granulats sans liant. L'entreprise Jean Lefebvre a choisi de combler la tranchée en privilégiant la résistance car le drain se trouve sur la bande d'arrêt d'urgence qui peut être circulée.

Pour cela, une couche de 60 cm d'épaisseur de béton drainant, le Nuantis® Perméable fourni par Cemex, ont été coulés. La formulation de cette sous-couche résistante conjugue des granulats 0/22,4 avec 300 kg de ciment CEM II 42,5 Calcia et 110 litres d'eau. Par ailleurs, la faible teneur en sable dans la composition du béton drainant assure une bonne perméabilité au mélange.

La qualité première du béton poreux Nuantis® Perméable est d'avoir la capacité d'emmagasiner de grandes quantités d'eau. Sa porosité (qui représente l'indice des vides) est comprise entre 10 % et 25 %, propriété qui lui permet de laisser respirer le sol et limite, par conséquent, les risques d'affaissement des sols par assèchement.

Pour Carlos Da Silva, responsable produits spéciaux et promotion chez Cemex Bétons Seine-Nord (agence Île-de-France) : « Sur ce chantier, le Nuantis® Perméable a permis une mise en oeuvre facile et rapide, tout en répondant aux exigences de drainage. Il possède, en effet, comme caractéristiques, de fournir au sol adhérence, perméabilité et propreté ».

Puis, le béton drainant est recouvert, dans une deuxième passe, d'une couche de 20 cm de CXB® Génie Civil, béton à propriétés spécifiées (BPS) qui sont plus restrictives que les seuils de la norme NF EN 206-1 : sa classe de résistance à la compression est C30/37 et il est formulé avec du ciment CEM I 52,5 Holcim.

Ce second béton a pour objectif d'être situé en couche de roulement et donc de bien supporter le trafic qui va s'effectuer en surface.

« Pendant quatre jours entiers, l'unité de production Cemex Bétons basée à Dourdan a été entièrement dédiée au chantier. Une flotte de 5 camions-malaxeurs était mobilisée pour délivrer les bétons à un rythme soutenu. Ouverte dès 6 heures du matin, cette unité de production a livré le béton prêt à l'emploi, chaque jour et en continu, pendant 10 heures d'affilée :



La tranchée de 3 km de longueur a été entièrement comblée par les deux bétons.

cela représente 146 m<sup>3</sup> de Nuantis® Perméable et 79 m<sup>3</sup> de CXB® Génie Civil. Cela nous a permis de gagner deux jours complets sur le planning, le chantier passant d'une durée de 6 à 4 jours » témoigne Carlos Da Silva.

Et Laurent Verdon de conclure : « Ces travaux nous ont été très utiles : ils nous ont permis de mieux maîtriser la teneur en eau du matériau que nous retraits en place lors de la restructuration de la voie lente ».

### PRINCIPAUX INTERVENANTS

**Maître d'ouvrage :**  
Cofiroute

**Entreprise mandataire :**  
Jean Lefebvre  
(agence des Mureaux)

**Fournisseur des bétons :**  
Cemex Bétons Seine-Nord  
(agence Île-de-France)

**Fournisseurs du ciment :**  
Ciments Calcia (usine de Gargenville)  
et Holcim Ciments (usine de Dannes)

### POUR EN SAVOIR UN PEU PLUS



Le béton prêt à l'emploi drainant est dit « à structure ouverte » car il possède un pourcentage élevé de vides (dus à sa faible teneur en sable) qui permet à l'eau de le traverser aisément.

Utilisé en couche d'assise, il présente comme caractéristiques techniques : une granulométrie discontinue de 0/20 ou 0/22,4, une porosité supérieure à 20 % et des résistances de classe 1 et 2 selon la norme NF P 98-170.

Grâce à sa perméabilité, le béton drainant permet à l'eau de pluie de rejoindre le sol sous-jacent et constitue donc un excellent moyen de gérer les eaux de ruissellement.



Cette journée technique a rassemblé plus de 70 personnes représentant l'ensemble des acteurs : Conseils Généraux et Collectivités locales, Bureaux d'études et Laboratoires, Professionnels Ciment et Entreprises, Education/Enseignement (ici intervention du représentant de l'USIRF, Yves Meunier).

## Journée technique à la mairie de Saint-Aubin-Lès-Elbeuf

### Retraitement des chaussées aux liants hydrauliques routiers

**Jean-Marie Masson, maire de Saint-Aubin-Lès-Elbeuf (Seine-Maritime), a ouvert les portes de sa mairie pour accueillir plus de 70 participants à la journée technique, organisée le jeudi 27 septembre 2012 par Cimbéton (Centre d'information sur le ciment et ses applications) et par ses partenaires : CISMA (syndicat des équipements pour Construction Infrastructures, Sidérurgie et Manutention), SPTF (Syndicat Professionnel des Terrassiers de France) et USIRF (Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française).**

Cette journée d'information a mis en avant une technique d'entretien structurel des routes parfaitement adaptée aux chaussées fatiguées et dégradées par le trafic des véhicules, mais aussi et surtout par les conditions climatiques et, en particulier, par les cycles de gel/dégel. Il s'agit de la technique de retraitement en place à froid des chaussées aux liants hydrauliques routiers. Cette conférence avait pour objectif principal d'informer et de sensibiliser les donneurs d'ordre sur les avantages de cette technique, en particulier sur les plans économique et environnemental.



Jean-Marie Masson, maire de Saint-Aubin-Lès-Elbeuf, a rappelé les préoccupations des Maires et des Collectivités locales en matière de gestion du patrimoine routier.



Les intervenants de Cimbéton, Anne Bernard-Gély et Joseph Abdo, ont rappelé l'historique de la technique du retraitement en France et le développement qu'elle connaît aujourd'hui grâce à la contribution de tous les acteurs de la filière.

Jean-Marie Masson a prononcé l'allocution de bienvenue dans laquelle il a rappelé les préoccupations des Maires et des Collectivités locales en matière de gestion du patrimoine routier, tout en soulignant l'importance, pour une collectivité, de disposer d'un réseau routier en parfait état, sûr, viable par tous les temps et durable.

En outre, il a mis l'accent sur l'intérêt des maires à considérer les critères environnementaux et particulièrement ceux en rapport avec la gestion des ressources naturelles, la santé et la sécurité des concitoyens, sans oublier les critères économiques, comme ceux du choix des techniques d'entretien.

Puis, la journée a été présentée par Anne Bernard-Gély, Directeur général de Cimbéton, qui a rappelé que la réunion de Saint-Aubin-Lès-Elbeuf a un parfum particulier car elle se tient, pour la première fois, dans une mairie dont le maire - Jean-Marie Masson - est un ami de longue date, qu'elle salue et qu'elle remercie d'avoir accepté d'accueillir la manifestation dans ce lieu magnifique.

Elle a ensuite rappelé l'historique de la technique en France, les progrès accomplis ces dernières années et le développement qu'elle connaît aujourd'hui grâce à la contribution de tous les acteurs de la filière : sociétés cimentières, laboratoires,

entreprises de terrassement, entreprises routières, constructeurs de matériels, maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre. Ces acteurs ont su entretenir, pendant toute cette période, un dialogue constructif qui s'est traduit par d'énormes progrès dans tous les domaines : scientifiques, techniques et technologiques.

Le retraitement a fait ensuite l'objet de plusieurs présentations traitant des aspects techniques, économiques et environnementaux et, en particulier, celles de deux nouveaux outils :

- **Le film d'animation 3D** présentant, de façon ludique et pédagogique, la technique de retraitement,
- **Le logiciel de comparaison économique et environnemental** entre la solution retraitement et la solution traditionnelle de renforcement/réfection.

Le programme complet de cette journée s'est déroulé comme suit :

- Introduction : le contexte, les enjeux, la technique de retraitement et ses atouts, par Joseph Abdo, Directeur délégué Routes & Terrassements de Cimbéton,
- Les aspects techniques du retraitement : principe de la technique, études préalables, dimensionnement, exécution, contrôles et études de cas, par Yves Meunier représentant l'USIRF,

- Les aspects technologiques : présentation du matériel de mise en œuvre et, en particulier, de l'épandeur du liant et du pulvimixeur, en soulignant les progrès accomplis et le degré de précision atteint, par Cyril Bremaud (société Rabaud),

- Les aspects économiques et environnementaux : présentation de la méthode graphique et du logiciel de calcul (en cours de finalisation), par Joseph Abdo (Cimbéton).

Cette journée a rassemblé plus de 70 personnes représentant l'ensemble des acteurs et se répartissant ainsi : 16 % venant de Conseils Généraux et de Collectivités Locales ; 31 % de Bureaux d'études et de Laboratoires ; 43 % de Professionnels Ciment et d'Entreprises et 10% du monde de l'Education/Enseignement.

L'analyse des fiches d'évaluation montre que les participants ont beaucoup apprécié le contenu technique, l'organisation, les débats et les différents outils élaborés par Cimbéton.

Enfin, mentionnons que l'organisation de cette journée (préparée, coordonnée et animée par Joseph Abdo), a été assurée conjointement par Anne Bouchard (Cimbéton) et Alison Matias (mairie de Saint-Aubin-Lès-Elbeuf). ■

### UN VÉRITABLE TOUR DE FRANCE

**Le départ des journées techniques sur le retraitement en place à froid des chaussées aux liants hydrauliques routiers a eu lieu à Nancy le 22 octobre 2008.**

Depuis, et jusqu'à fin 2012, ce tour de France a eu 19 autres villes-étapes, classées selon l'ordre chronologique : Bordeaux- Nantes - Lyon - Marseille - Lille -Toulouse - Clermont-Ferrand - Caen - Orléans - Montpellier - Poitiers - Roissy ville - Dijon - Saint-Brieuc - Agen - Limoges - Solesmes - Troyes et Brignoles.

Le programme des journées techniques 2013 est publié en page 20 de ce numéro de la revue Routes.

## Remue-ménages

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

### Puissance sonore

Deux groupes de haut-parleurs, comprenant respectivement deux et trois enceintes, sont installés sur une place. La distance qui sépare les deux groupes de haut-parleurs est de 50 m.

À quel endroit faut-il se mettre pour que les sons émis par les deux groupes de haut-parleurs arrivent avec la même intensité ?

#### Solution du Remue-ménages de Routes N°121 : Voilier au large !

**Rappel du problème posé :** assis sur la terrasse de l'appartement où vous passez vos vacances d'été, vous observez à longueur de journée les voiliers naviguant sur l'océan. Vous vous êtes alors interrogé sur l'ordre de grandeur de la distance qui vous sépare d'un de ces voiliers. Ne disposant d'aucun instrument de mesure, mais uniquement d'un mètre, d'une feuille de papier, d'un stylo et éventuellement d'une calculatrice, est-il possible d'imaginer une méthode permettant d'évaluer, avec une bonne précision, la distance qui vous sépare d'un objet sur l'océan ?

Décrivez cette méthode, puis donnez une application numérique.

**Solution :** soit : O : le centre de la Terre ; R : le rayon de la Terre ;

A : La position de l'observateur sur la terrasse ; A' : la projection de A sur la surface de la Terre. Les points A, A' et O sont donc alignés.

B : la position d'un point particulier du bateau ou du voilier (le haut du mât, le pont, la cabine de pilotage, etc.) ; B' : la projection de B sur la surface de l'eau. Les points B, B' et O sont donc alignés.

Pour pouvoir résoudre le problème, une méthode consiste à :

- L'observateur sur la terrasse vise un détail du bateau ou du voilier,
- L'observateur change progressivement de position (en hauteur et dans le plan) afin que la ligne de visée AB rencontre la ligne d'horizon au point C. On a donc les points A, B et C alignés et la droite AC tangente au cercle terrestre. D'où : AC perpendiculaire à CO.

Pour calculer une valeur approchée de AB, on considère les deux triangles ACO et BCO.

ACO est un triangle rectangle en C. D'après Pythagore, on a donc la relation :

$$\begin{aligned} AO^2 &= AC^2 + CO^2 \\ (R + AA')^2 &= AC^2 + R^2 \\ AC^2 &= (R + AA')^2 - R^2 \\ AC^2 &= [R(1 + AA'/R)]^2 - R^2 \\ AC^2 &= R^2(1 + AA'/R)^2 - R^2 \end{aligned}$$

Or, AA' est très petit par rapport à R. Le rapport AA'/R est donc infiniment petit. On peut faire l'approximation suivante :

$$(1 + AA'/R)^2 \approx 1 + 2.AA'/R$$

$$\text{D'où : } AC^2 = R^2(1 + 2.AA'/R) - R^2$$

$$AC^2 = R^2 + 2.AA'.R - R^2$$

$$AC^2 = 2.AA'.R$$

$$AC = (2.AA'.R)^{1/2} \quad (1)$$

BCO est un triangle rectangle en C. D'après Pythagore, on a donc la relation :

$$BO^2 = BC^2 + CO^2$$

$$(R + BB')^2 = BC^2 + R^2$$

$$BC^2 = (R + BB')^2 - R^2$$

$$BC^2 = [R(1 + BB'/R)]^2 - R^2$$

$$BC^2 = R^2(1 + BB'/R)^2 - R^2$$

Or, BB' est très petit par rapport à R. Le rapport BB'/R est donc infiniment petit. On peut alors faire l'approximation suivante :

$$(1 + BB'/R)^2 \approx 1 + 2.BB'/R$$

$$\text{D'où : } BC^2 = R^2(1 + 2.BB'/R) - R^2$$

$$BC^2 = R^2 + 2.BB'.R - R^2$$

$$BC^2 = 2.BB'.R$$

$$BC = (2.BB'.R)^{1/2} \quad (2)$$

Or, on sait que les trois points A, B et C sont alignés. On peut donc écrire :

$$AC = AB + BC$$

$$AB = AC - BC \quad (3)$$

Les équations (1), (2) et (3) donnent :

$$AB = (2.AA'.R)^{1/2} - (2.BB'.R)^{1/2} \quad (4)$$

On élève au carré les deux membres de l'équation (4) :

$$AB^2 = 2.AA'.R + 2.BB'.R - 2.(2.AA'.R)^{1/2}.(2.BB'.R)^{1/2}$$

$$AB^2 = 2.R[AA' + BB' - 2(AA'.BB')^{1/2}] \quad (5)$$

AA' = 20 m, BB' = 3 m, AB = à déterminer, R = 6 450 km ou 6 450 000 m  
L'équation (5) donne donc, par application numérique :

$$R = 9\,841,45 \text{ m soit } 9,84145 \text{ km}$$

## Vient de paraître



### Voiries et espaces publics en produits en béton

#### Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) - Type

Ce document est un guide qui peut être utilisé par le rédacteur de marchés pour rédiger son CCTP contractuel

et qui concerne la réalisation des structures de voiries en produits modulaires préfabriqués en béton : pavés, dalles, bordures, caniveaux et éléments de protection urbains « EPU ». **Référence : T68**

Ce document T68 existe aussi sous la forme d'un CD-Rom. **Référence : C68**

Ces deux éléments sont disponibles gratuitement :

- auprès de Cimbéton par email à [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net) ou par téléchargement sur le site [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)
- auprès du CERIB par email à [edition@cerib.com](mailto:edition@cerib.com) ou par téléchargement sur le site [www.cerib.com](http://www.cerib.com)

## Agenda

### Journées techniques Cimbéton 2013

**Journées techniques sur les liants hydrauliques pour la valorisation des matériaux en place (1 journée)**

Lille : jeudi 21 mars

Paris : jeudi 24 octobre

**Journées sur les liants hydrauliques pour le retraitement des chaussées en place à froid (1/2 journée)**

Lyon : mardi 16 avril

Colmar : jeudi 30 mai

Rennes : jeudi 27 juin

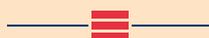
Bordeaux : jeudi 19 septembre

Bourges : jeudi 21 novembre

**Invitations disponibles sur simple demande auprès de Cimbéton.**

**CIMbéton**

CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, Place de la Défense

92974 Paris-la-Défense cedex

Tél. : 0155230100

Fax : 0155230110

Email : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net)

Site Internet : [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)