

ROUTES

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



RÉFÉRENCE

Perpignan (Pyrénées-Orientales) : un parc aux couleurs du Grenelle de l'Environnement grâce au béton sablé

CHANTIER

Tramway d'Angers (Maine-et-Loire) : le béton, matériau incontournable de la première ligne

LE POINT SUR

Bouches-du-Rhône - Var - Yvelines : pistes cyclables en béton décoratif

2 ÉDITORIAL

3-7 LE POINT SUR

Bouches-du-Rhône -
Var - Yvelines

Pistes cyclables en béton
décoratif : la belle
échappée



8-9 RÉFÉRENCE

Pyrénées-Orientales

Perpignan : un parc
aux couleurs du Grenelle
grâce au béton sablé



10-12 RÉFÉRENCE

Aube

Saint-Germain : le béton
désactivé au service de la
sécurité et de l'esthétique



13-17 CHANTIER

Maine-et-Loire

Tramway d'Angers :
le béton, matériau
incontournable
de la première ligne



18-19 CHANTIER

Tarn

RN88 : un tunnel
en béton construit
en biais pour le passage
de la faune



20 LE SAVIEZ-VOUS ?

En couverture : à Angers (Maine-et-Loire), le béton est un matériau incontournable, sur le plan fonctionnel et esthétique, pour la conception et la construction de la première ligne de 12,3 km du tramway. © Olivier Calvez



Premier Congrès de l'IDRRIM : du 2 au 4 octobre 2012 à Lyon en partenariat avec INTERROUTE&VILLE

Cette première édition ouvrira le débat et apportera des réponses à un sujet structurant pour l'avenir des infrastructures de transport terrestre : "Préserver l'existant et préparer le futur".

Deux ans après sa création, l'IDRRIM (L'Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité), présidé par Yves Krattinger, sénateur de la Haute-Saône et vice-président de l'Assemblée des Départements de France (ADF), réunit l'ensemble de ses adhérents et membres avec un double objectif : dresser un premier bilan de ses travaux et productions, et démontrer son expertise autour d'un grand sujet d'actualité.

Pour cette première édition, l'Institut a choisi de placer l'avenir des infrastructures terrestres de transport en France au cœur des débats. Ainsi, pendant ces 3 journées, l'IDRRIM offrira une tribune de choix à plus de 100 professionnels issus de la communauté des infrastructures et incarnant l'expertise et l'état de l'art dans l'ensemble de ses différents métiers.

43 exposés se succéderont, autant d'éclairages structurants pour, à la fois, assurer avec efficacité la gestion et l'entretien d'un patrimoine d'infrastructures existantes et mettre en oeuvre les nouvelles technologies émergentes, en particulier celles valorisant la richesse du savoir-faire français.

Le Congrès de l'IDRRIM sera également l'occasion d'annoncer lors de la cérémonie de clôture les lauréats de "L'appel à projets Innovation Routes et Rues" du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Énergie, et de procéder à la remise des prix du concours "Infrastructures pour la Mobilité et Biodiversité".

Pour organiser son premier Congrès, l'IDRRIM a choisi de s'adosser à l'un des plus importants salons dédiés aux infrastructures de transport et à la mobilité durable : INTERROUTE&VILLE. Cet événement très mobilisateur réunira 250 exposants sur plus de 15 000 m² d'exposition et offrira aux visiteurs la possibilité de découvrir toutes les innovations du secteur.

Pour vous inscrire : www.idrrim.com ou www.interroute-ville.com

Contact : Marc.tassone@idrrim.com (tél : 01 44 13 31 49) ou idrrim@idrrim.com

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@cimbeton.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, Yann Kerveno, Michel Levron, Jacques Mandorla - Réalisation : Ilot Trésor, 83 rue Chardon Lagache, 75016 Paris - Email : mandorla@club-internet.fr - Direction artistique : Arnaud Gautelier - Maquette : Dorothee Picard - Dépôt légal : 2^e trimestre 2012 - ISSN 1161 - 2053 1994



Marseille : sur la voie Roger Luccioni, plateforme de 12 m de large, l'enjeu était de faire coexister, en toute sécurité, trois modes de déplacement (trottoir, piste cyclable et chaussée) avec des espaces paysagers qui permettent de structurer l'ensemble.

Pistes cyclables en béton décoratif : la belle échappée

Longtemps traitées comme le parent pauvre des infrastructures de transport - souvent des étroites bandes sur des chaussées existantes... - les pistes cyclables trouvent enfin leur place dans les différents modes de déplacement. Que ce soit en milieu urbain ou rural, leur nombre est en constante progression. Les maîtres d'ouvrage, essentiellement les collectivités territoriales, veillent à ce qu'elles fassent l'objet d'un traitement tout particulier, notamment pour les différencier de la voirie traditionnelle. Une attention qui permet aux bétons décoratifs d'exprimer pleinement toutes ses qualités. Illustration avec quatre récentes réalisations.

Marseille : une piste cyclable bidirectionnelle de 3 mètres de large

Pour désengorger les quartiers Sud et Est et contourner le quartier Saint-Loup à la limite de l'asphyxie, la Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole (CUMPM) a décidé de construire un boulevard urbain qui n'est ni une rocade, ni une voie rapide. Long de 550 m, le premier tronçon de la voie Roger Luccioni (ex-U 430) est en service. S'étirant entre le giratoire Audoli et la traverse Chante-Perdrix, il privilégie les transports doux : piste cyclable et voies piétonnes en béton désactivé très soigné.

Desservant plusieurs résidences, la voie Roger Luccioni est une plateforme de 12 m de large avec une emprise maximale de 20 m (avec les talus). Son profil type en travers est le suivant : une chaussée 2 x 1 voie de 3 m chacune, une piste cyclable bidirectionnelle de 3 m de large et un trottoir de chaque côté de la chaussée de 1,50 m minimum de large, celui situé côté piste cyclable étant traité comme une promenade piétonne indépendante de la voie.

Obtenir une teinte identique sur toute la longueur

"Pour le concepteur, tout l'enjeu était de faire coexister, en toute sécurité, trois

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage : Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole (CUMPM)
Maîtrise d'œuvre : Sogreah, Ingerop et Atelier Vincent Guillermin
Entreprise générale adjudicataire : Agence Eurovia Marseille (groupe Vinci)
Entreprise sous-traitante pour le béton désactivé : Provence Impressions
Fournisseur des colorants et du désactivant : Pieri
Fournisseurs du béton : Bronzo Perasso (groupe Colas)
Fournisseur du ciment : Lafarge Ciments (usine de La Malle)



Marseille : de couleur ocre, la piste cyclable fait 3 m de large alors que le trottoir de 1,50 m de teinte naturelle est traité comme une promenade indépendante de la voie.

modes de déplacement avec des espaces paysagers structurant l'ensemble ; je pense que le résultat est satisfaisant", explique Vincent Guillermin, architecte-paysagiste. "Si, pour la piste et le trottoir, le béton désactivé s'est très vite imposé, c'est bien sûr pour sa durabilité et sa facilité d'entretien. Mais c'est aussi pour sa faculté de garantir, sur la longueur, une teinte et un aspect final parfaitement identiques, la formule étant la même et donc reproductible. C'est d'ailleurs pourquoi nous avons demandé à Provence Impressions, une entreprise avec qui nous avons l'habitude de travailler et en qui nous avons toute confiance, de réaliser plusieurs planches d'essais".



Marseille : intégrés dans le béton, douze inserts en acier inoxydable figurent des logos de cycliste pour marquer les sens de circulation et identifier la piste.

Un désactivant de surface à base végétale

La structure de la piste cyclable et des trottoirs est constituée d'une épaisseur de 10 cm de graves non traitées 0/31.5 et de 15 cm de béton avec des granulats 6/14.

Le béton du trottoir (1 759 m²) est de teinte naturelle avec des granulats de la carrière de l'Escargot à Aubagne, tandis que celui de la piste cyclable (1 370 m²) est ocre avec des granulats de Saint-Tronc à Marseille.

Le béton à composition prescrite a été livré par tombereaux girabennes (car il n'y avait pas d'accès possible pour les camions-toupies), tiré au râteau et à la règle. Puis, sur le béton frais, a été pulvérisé un désactivant de surface à base végétale sans solvant pour faire apparaître les granulats sur 2 à 3 mm, après rinçage à haute pression.

Le tout est complété par 12 inserts en acier inoxydable découpés au laser, intégrés dans le béton et figurant des logos de cycliste pour marquer les sens de circulation et identifier la piste.

L'atout des coffrages métalliques

"L'une des caractéristiques de ce chantier est d'avoir utilisé des coffrages

métalliques pour couler les dalles de béton", précise Armand Joly, directeur de Provence Impressions. "Cette technique permet d'éviter les bordures, tout en gardant un nivellement, des courbures et des alignements parfaits. On a donc un aspect final très agréable à l'œil. Pour cette nouvelle artère, le béton désactivé joue ainsi pleinement son rôle d'élément décoratif".

La Croix-Valmer (Var) : du béton armé continu pour une voie verte de 3 km

Aménagé pour l'essentiel sur la plateforme de l'ancienne voie du Chemin de fer de Provence, le parcours cyclable du littoral est un projet-phare du Conseil général du Var. Quand il sera terminé, il reliera les villes de Six-Fours et de Saint-Raphaël, en traversant une vingtaine d'autres communes. Plus qu'une simple piste cyclable, c'est une véritable voie verte qui permet de découvrir la diversité des paysages, la richesse de la flore et un espace côtier exceptionnel.

À ce jour, 91 km sont aménagés. Récemment, une section très boisée de près de 3 km a été ouverte à La Croix-Valmer. Sa spécificité : être réalisée en béton armé continu (BAC), une première sur ce parcours.

De fortes contraintes environnementales

Ce tronçon s'étend du centre de La Croix-Valmer à l'ancienne gare de Gassin (lieu-dit Pinpinon) et se situe

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : Conseil général du Var (Direction des routes)

Entreprise générale : Gaiero (Colas)

Mise en œuvre du béton : Profil 06, accompagné de Pass et Compagnie France

Fournisseur du béton : Lafarge Bétons (centrale de Cogolin)

Fournisseur du ciment : Lafarge Ciments



La Croix-Valmer : pour protéger l'environnement, l'Architecte des Bâtiments de France ne souhaitait pas l'utilisation de produits hydrocarbonés pour la piste cyclable.



La Croix-Valmer : le passage d'une toile de jute sur le béton frais donne une texture de surface légèrement micro-rugueuse comme du papier de verre.

dans le site inscrit de la presqu'île de Saint-Tropez. De plus, le couvert végétal est important avec, à proximité, un espace boisé classé. "Pour protéger ce superbe environnement, l'Architecte des Bâtiments de France ne souhaitait pas l'utilisation de produits hydrocarbonés", explique David Ferjou, responsable de la cellule des aménagements cyclables au Conseil général du Var. "On aurait pu opter pour un enrobé à base de liant végétal mais, en accord avec l'architecte, on a préféré une piste en BAC même si ce n'est pas dans nos habitudes. Le BAC est à la fois rigide (béton de ciment) et souple (microfissuré) : il permet d'éliminer le risque de pollution dû aux hydrocarbures, assure le confort par l'absence de joints et pallie, par son poids, la prolifération des racines en milieu forestier. Enfin, pendant les 20 ans de sa vie, le béton nécessite un entretien réduit".

Une mise en œuvre à la fois mécanique et manuelle

La couche de roulement a une largeur de 3 m et une épaisseur de 15 cm. La couleur naturelle grise du béton (de classe C30/37) lui permet de se fondre harmonieusement dans l'environnement. La texture de surface, légèrement micro-rugueuse comme du papier de verre, a été obtenue par passage à la machine d'une toile de jute sur le béton frais. Teinte et aspect fini ont été choisis après réalisation de quatre planches d'essais.

Cyril Henri, responsable chez Profil 06, l'entreprise chargée de la mise en œuvre du béton, précise : "Compte tenu de l'étroitesse de certains passages (3,20 m), il n'était pas possible d'utiliser en continu une machine à coffrage glissant dont l'empâtement développé est de 4,05 m. En conséquence, une



La Croix-Valmer : pour la partie de la piste réalisée à la machine, les 22 aciers filants HA12 soudés sont positionnés à la fibre neutre de la dalle, à l'aide d'un système de trompettes.

partie de la piste (1,3 km) a été réalisée à la machine, alors qu'une autre (1,5 km) l'a été manuellement, d'où un positionnement différent pour les deux parties : des aciers et des distanciers pour la partie manuelle et 22 aciers filants HA12, soudés les uns aux autres, pour la partie mécanisée".

Un véritable partenariat

Pour le coulage du béton, Profil 06 a travaillé en partenariat étroit avec l'entreprise Pass et Compagnie France, ce que précise Michel Monteiro, son directeur : "Quand la plateforme a été prête à recevoir le béton, équipes et machines à coffrage glissant ont travaillé en étroite collaboration. Ce fut un vrai partenariat technique".

Sortie de Rambouillet : une piste cyclable en coulis de ciment sur enrobé drainant

Le Conseil général des Yvelines poursuit le développement de son réseau de pistes cyclables. Récemment, une nouvelle piste a été ouverte le long de la RD 937 à la sortie de Rambouillet vers Saint-Léger-en-Yvelines. Longue de près de 1 km et large de 2,50 m, elle a été réalisée avec un revêtement en enrobé drainant percolé au coulis de ciment coloré.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage :

Direction des routes et des Transports du Conseil général des Yvelines.

Maîtrise d'œuvre :

Service territorial Centre-Sud à la Direction des Routes et des Transports du Conseil général des Yvelines.

Entreprise générale :

TERE (groupe Fairco).

Sous-traitant pour la fabrication et la mise en œuvre du coulis de ciment : PRO.SPÉR.

Fournisseur du produit de percolation : Ciments Calcia



Rambouillet : la piste cyclable est séparée de la RD 937 par une bande de 1 m de large.

Des contraintes imposées par l'appel d'offres

Reliant la grille de la porte de Versailles au rond-point du Moulinet, cette piste est séparée de la RD 937 par une bande plantée de 1 m de large. Elle permet notamment d'accéder directement à un champ de bosses pour VTT, évitant ainsi aux cyclistes d'avoir à traverser la départementale. Maître d'ouvrage, le Conseil général des Yvelines a décidé de matérialiser ses pistes cyclables par un revêtement beige qui permette de les distinguer des chaussées environnantes, généralement noires ou gris foncé.

Gilles Morin, chef du service territorial Centre-Sud à la Direction des routes et des transports, explique : *"Compte tenu de cette contrainte de couleur, nous avons cinq solutions possibles : un enrobé coulé à froid, un béton désactivé, un béton balayé, un enrobé coloré ou un enrobé drainant percolé au coulis de ciment. Après étude des coûts, de la durabilité et du confort de l'utilisateur, nous avons opté pour cette dernière solution, sans variante possible dans l'appel d'offres"*.

Cette technique consiste à mettre en œuvre un enrobé à forte porosité (20 à 22 % de vide) sur 4 cm d'épaisseur, matériau qui facilite la percolation, reposant sur une couche de base en grave non traitée. Puis les pores de l'enrobé drainant sont saturés par injection d'un coulis à base de ciment.

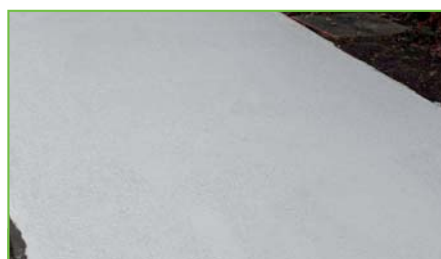
Une machine qui industrialise le procédé

Les travaux de terrassement et de chaussée (bordures, couche de base et enrobés) ont été réalisés par l'entreprise TERE qui a sous-traité à l'entreprise PRO.SPER la fabrication et la mise en œuvre du coulis de ciment sur une surface de 2 500 m².

En fait, la technique des "enrobés percolés" est connue depuis longtemps pour ses performances mécaniques :



Rambouillet : une machine, permettant d'injecter le coulis de ciment en continu, a permis d'industrialiser le procédé.



Rambouillet : sur l'enrobé à forte porosité (20 à 22 % de vide) a été injecté un coulis beige à base de ciment.

résistance au cisaillement et au poinçonnement. Mais elle était quelque peu tombée en désuétude en raison de sa pénibilité de mise en œuvre car tout était fait manuellement.

"En mettant au point une machine qui injecte en continu le coulis de ciment hydraulique, nous avons industrialisé le procédé", se félicite Guy Lemonnier, gérant de PRO.SPER. "D'habitude, on l'utilise surtout pour le renforcement des revêtements de chaussées. C'est la première fois que nous le faisons pour une piste cyclable. Outre l'intérêt d'avoir un aspect minéral en surface, le produit de percolation Percocem®, de couleur beige, offre une caractéristique photométrique intéressante : la "luminance", qui permet de bien voir la piste et les usagers qui l'empruntent. J'ajoute que, même lissée, la surface conserve un très léger relief qui peut rappeler un stabilisé".

Les frères ennemis enfin réconciliés

Comme il était impossible de transporter le coulis de ciment par camions-toupies en raison de la largeur de la piste, il a fallu le pomper, parfois sur 400 ou 500 m, tout en veillant à conserver une bonne fluidité. *"Avec cette technique qui associe bitume et ciment, j'arrive enfin à réconcilier les deux frères ennemis que sont les produits noirs et les produits blancs !", s'amuse Guy Lemonnier.*

Port-Saint-Louis-du-Rhône : du béton désactivé pour une piste cyclable bidirectionnelle

Située à l'embouchure du Grand Rhône, entre fleuve et mer, Port-Saint-Louis-du-Rhône est, depuis février 2011, dans le périmètre du Parc naturel régional de Camargue. Encore une bonne raison pour pousser la ville à valoriser son territoire et à améliorer la qualité de vie de ses 9 000 habitants. Depuis quelques années, la municipalité de cette cité des Bouches-du-Rhône favorise le développement des transports doux, notamment les

pistes cyclables. Ainsi, en ville, 14 km permettent de circuler à vélo. La récente requalification sur 600 m de l'avenue de la République - un des deux grands accès au centre-ville - participe de cette politique.

■ Bien identifier les deux modes de déplacement

"En décidant cette réfection, nous avons un double objectif", explique Philippe Athanassiou, directeur du pôle "Aménagement du territoire - Travaux" à la Municipalité. "D'abord, rétrécir la chaussée de 7 m à 5,5 m pour contraindre les automobilistes à ralentir. Ensuite, mettre cette artère en cohérence avec notre schéma directeur de déplacements doux. C'est pourquoi nous avons décidé de créer, sur le côté sud de la chaussée, une voie piétonne de 1,80 m de large et une piste cyclable bidirectionnelle de 2,50 m, les deux étant séparées par une allée de platanes".

De plus, dans son schéma d'aménagement urbain, la ville prévoit d'homogénéiser les revêtements des axes structurants (mobiliers urbains, trottoirs...). Et si, dès 1992, elle a opté pour le béton désactivé, c'est pour des raisons d'esthétique, d'entretien et de durabilité. Pas surprenant donc de retrouver ce matériau sur le trottoir et sur la piste cyclable de l'avenue de la République.

Pour bien identifier les deux modes de déplacement, il a été décidé d'avoir des teintes différentes de béton désactivé : grise pour les vélos, beige pour les piétons.

■ Du béton poreux au pied de chaque platane

La SLTP (Saint-Louisienne de Travaux Publics) a remporté le marché et a sous-traité à Provence Impressions le volet béton désactivé.

La surface traitée en béton désactivé sans colorant a été de 2 230 m² sur 15 cm d'épaisseur. La granulométrie des granulats est de 4/6, identique pour le trottoir et la piste cyclable. Pour la voie piétons, il s'agit de granulats concassés calcaires en provenance de la carrière de



Port-Saint-Louis-du-Rhône : tous les pieds de platanes ont été traités en béton poreux de 2 m de côté avec des granulats identiques à ceux du béton désactivé.

Châteauneuf-les-Martigues et, pour la piste cyclable, de silico-calcaires de la carrière de La Ménudelle dans la Crau. *"La grande spécificité de ce chantier, qui a duré huit mois, tient à l'allée de platanes qui sépare le trottoir et la piste cyclable", explique Armand Joly, directeur de Provence Impressions. "Pour avoir le même confort d'utilisation sur toute la longueur et ne pas créer de rupture esthétique, tous les pieds de platanes ont été traités en béton poreux, avec des granulats identiques à ceux du béton désactivé. Il a donc fallu coffrer des carrés de 2 m de côté pour bien définir chaque espace".*

■ Un produit qui convient bien à la commune

Et Philippe Athanassiou de se réjouir : *"Nous sommes très satisfaits de cet aménagement. Les véhicules ralentissent et la population apprécie trottoir et piste cyclable : nous avons donc réalisé une bonne association de ces trois grands moyens de déplacement en milieu urbain. Quant au béton désactivé, il permet à la fois d'harmoniser le revêtement des axes structurants de la ville et de l'animer par différentes couleurs. Ce matériau est, en effet, très souple d'utilisation et particulièrement adapté à notre commune car d'une grande durabilité".* ■

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre (en partenariat avec la municipalité de Port-Saint-Louis-du-Rhône) : Syndicat d'Agglomération Nouvelle Ouest-Provence (Cornillon-Confoux, Fos-sur-Mer, Grans, Istres, Miramas, Port-Saint-Louis-du-Rhône)

Entreprise générale : Groupement TP Provence avec SLTP (Saint-Louisienne de Travaux Publics)

Sous-traitant pour la mise en œuvre du béton désactivé :

Provence Impressions

Fournisseur du béton :

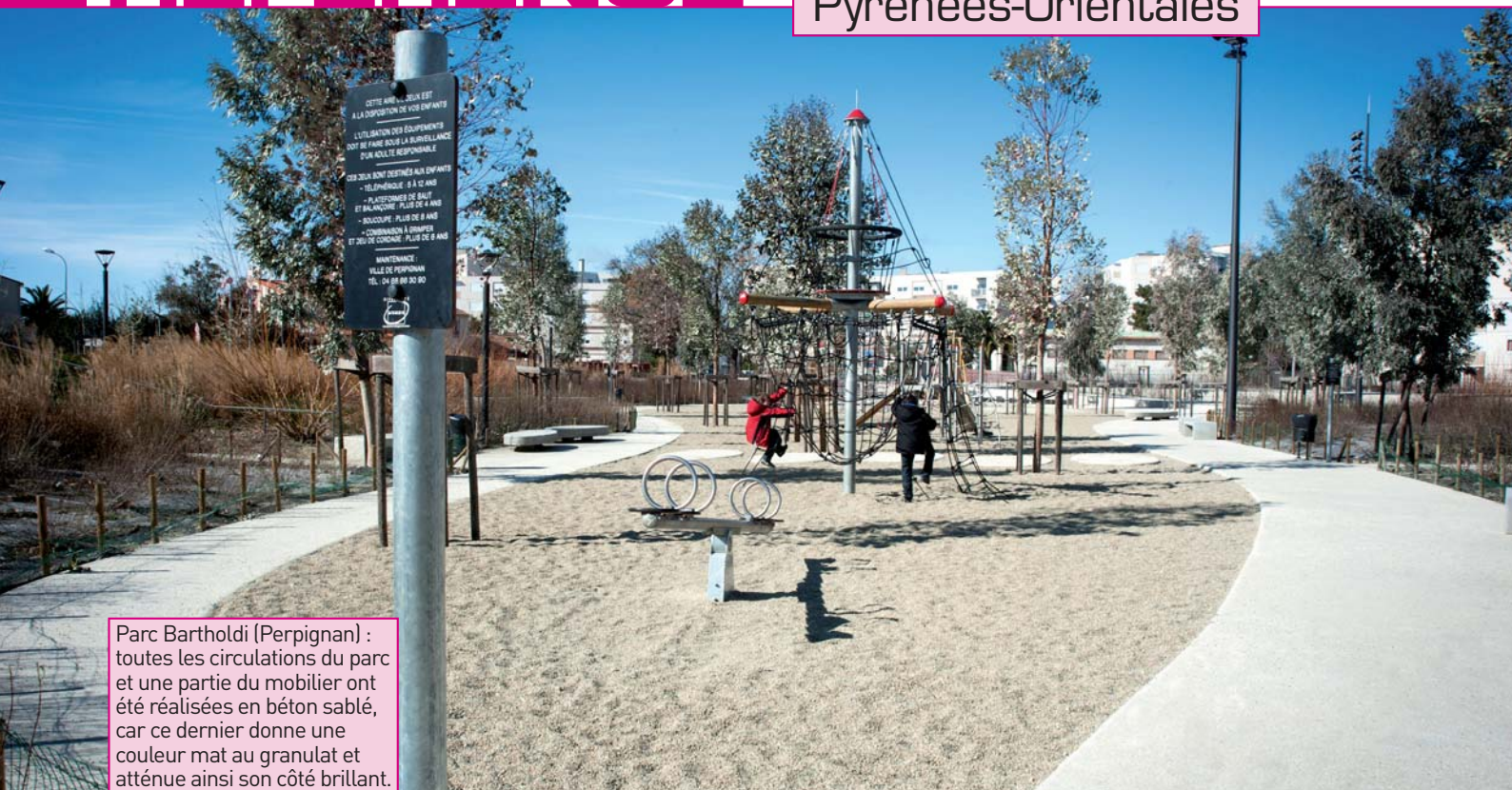
Lafarge Béton Chantier (centrale de Fos-sur-Mer)

Fournisseur du ciment :

Lafarge Ciments



Port-Saint-Louis-du-Rhône : le rétrécissement de la chaussée a permis de créer une voie piétonne beige de 1,80 m et une piste cyclable grise de 2,50 m, les deux étant séparées par une allée de platanes.



Parc Bartholdi (Perpignan) : toutes les circulations du parc et une partie du mobilier ont été réalisées en béton sablé, car ce dernier donne une couleur mat au granulat et atténue ainsi son côté brillant.

Perpignan : un parc aux couleurs du Grenelle grâce au **béton sablé**

La rénovation urbaine est en route à Perpignan : le parc Bartholdi, conçu à la demande de la mairie par Atelier Sites (Montpellier) en adéquation avec le Grenelle de l'Environnement, concilie des fonctions sociales et environnementales en faisant la part belle au béton sablé.

Vues de Paris les questions d'urbanisme en province sont parfois réglées d'une croix sur la table à dessin. C'est un peu l'histoire brutale survenue à Perpignan pour la création du jardin Bartholdi, du nom du sculpteur de la statue de la Liberté à New York.

Dans un quartier excentré et populaire

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : Ville de Perpignan – Service Environnement

Maître d'œuvre : Atelier Sites (Christine Munoz et Hervé Piquard)

Terrassement et revêtements : Dasse TP

Revêtement béton et génie civil : Sols Méditerranée

Espaces verts : La Verte Devèze

Fournisseur du béton : Cemex Perpignan

Fournisseur du ciment : Lafarge Ciments

de la ville, entre une voie rapide, une voie de chemin de fer et l'autoroute, se trouvaient un vieux stade et un terrain de football en stabilisé. D'aire de jeux, le stade était devenu également carrefour. Visé par une procédure de rénovation (ANRU), le quartier se trouvait entravé dans sa circulation par cet espace d'un hectare, enchâssé à la va-vite dans le tissu urbain.

“L'architecte qui avait d'abord travaillé sur ce projet pour le compte de l'agence de rénovation urbaine avait tracé une croix sur le stade pour le transformer en carrefour piéton avec un curieux rond-point au milieu, mais surtout avec de la pelouse de chaque côté des allées” se souvient Hervé Piquard, architecte de l'Atelier Sites qui a conduit le projet à son terme. “Il a fallu aussi intégrer des fonctions complémentaires à cet espace, à partir de la demande qui était très sommaire. Comme, par exemple, concevoir un bassin de rétention d'eau, permettant de stocker les apports des

violents orages que connaît chaque année la région et éviter ainsi débordements ou inondations”.

Trois types de circulations

Pour Atelier Sites, il fallait imaginer *“une limite pérenne entre le sol fluant, qui pouvait être inondé et ne devait pas demander trop d'entretien, et les espaces végétalisés”* précise Hervé Piquard. Il a donc posé les cheminements autour de la zone centrale afin d'accueillir des jeux pour enfants et laisser l'eau s'infiltrer dans le sol.

Trois types de circulations ont été mis en œuvre : deux chemins permettant de faire le tour de l'ensemble (un au niveau rue, autour du bassin, et un en contrebas, autour de l'aire de jeux pour enfants) et des transversales qui se glissent dans les parties basses par des escaliers ou des pentes douces.

Privilégier le béton sablé et dessiner le calepinage

Une fois mises en jeu toutes les contraintes de forme et d'utilisation de l'espace, le béton s'est rapidement imposé dans le projet : toutes les circulations du parc et une partie du mobilier ont été, en effet, réalisées en béton sablé.

"Au départ, on avait prévu un mélange de béton désactivé et de béton sablé, mais nous avons opté finalement pour ce dernier parce qu'il donne une couleur mat au granulat et atténue ainsi son côté brillant".

Depuis longtemps habitué à travailler le béton en voirie, Hervé Piquard a le sens du détail : il a conçu des tables de pique-nique ovales en béton qui ont été coffrées et coulées *in situ*, puis posées sur des plots en béton, dont la formulation est la même que celle du béton du sol sur lequel ils reposent. Mais il a aussi conçu des dalles (également ovales) posées sur un tapis de petits graviers roulés et permettant de traverser l'aire de jeux, ou encore des escaliers coulés et sablés.

Perfectionniste, l'architecte pousse le soin du détail jusqu'à dessiner lui-même l'emplacement des traits de sciage des dalles ou des calepinages : *"Personnellement, j'impose toujours aux entreprises un plan très précis parce que les lignes participent de l'allure générale d'une réalisation. Il faut penser ces joints*



Les tables ovales en béton ont été coffrées et coulées *in situ* : la formulation de leur béton est la même que celle du béton sablé du sol sur lequel ils reposent.

en prenant en compte les diagonales de 5 mètres maximum, les effets des regards et les implantations des fosses d'arbres".

Bref, réaliser un motif visible mais discret. Comme est discrète, mais élégante, l'homothétie des granulats employés, du plus fin dans l'aire de jeu au plus gros sur les cheminements extérieurs du parc.

"Ce parc est incontestablement un aménagement de qualité. C'est pourquoi, nous avons une importante charte esthétique à suivre pour mener à bien ce chantier" se souvient Pierre Durif, conducteur de travaux chez Sols Méditerranée, entreprise adjudicataire d'un des lots du chantier et qui a

réalisé l'ensemble des bétons.

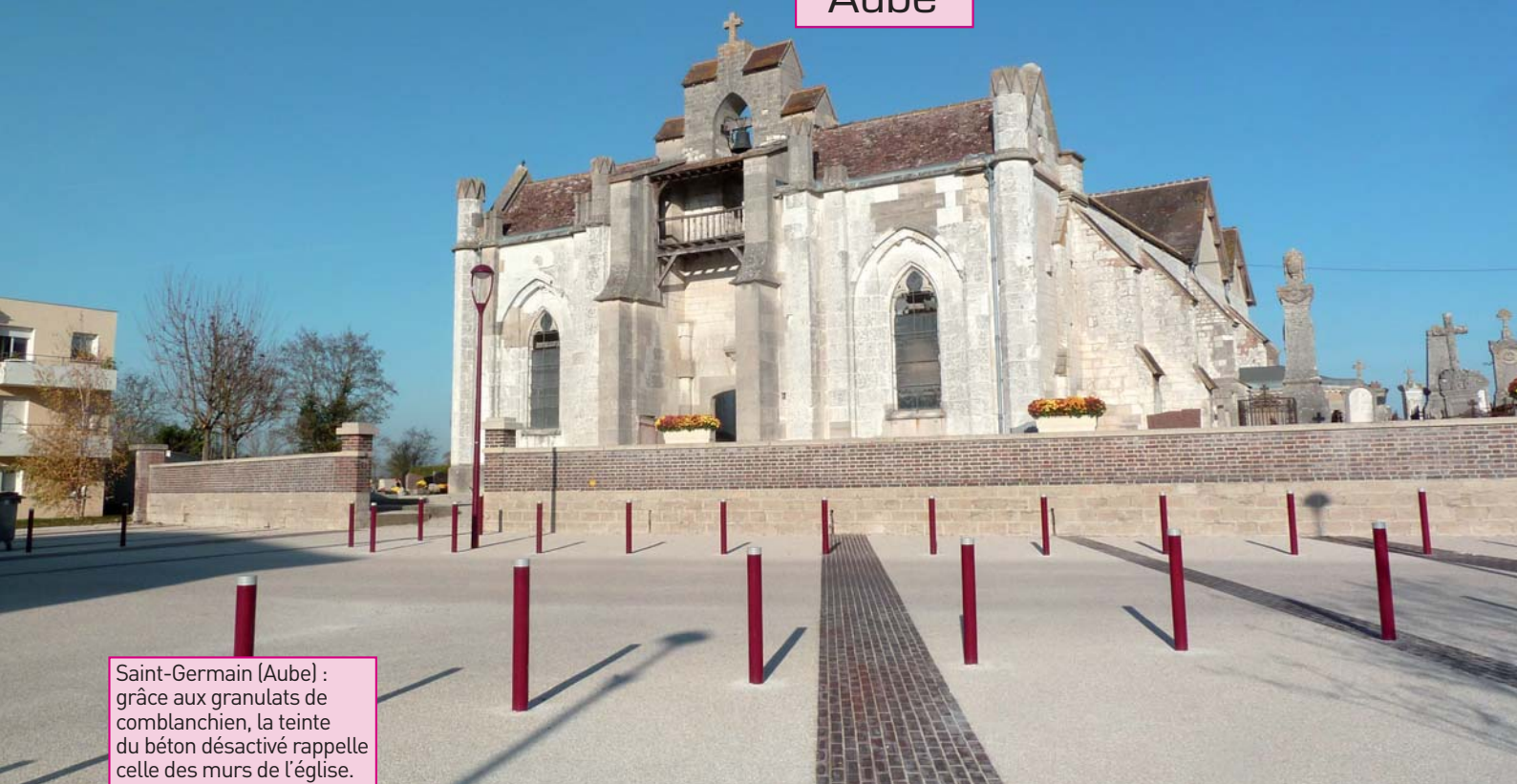
"Nous avons formulé le béton avec un granulat nommé "Reflét des Pyrénées", de granulométries 16/22 et 8/16, conformément aux souhaits de l'architecte. Puis, l'ensemble a été sablé. Le sablage apporte un supplément de confort car ce traitement permet de "choquer" la surface du béton ce qui la rend plus douce. Au niveau technique, la principale difficulté, pour nous, a été d'obtenir le même rendu sur l'ensemble du site. De plus, compte tenu de son emplacement au cœur de la ville, le chantier a nécessité le recours à l'hydrosablage pour éviter la poussière et une présence permanente pour que les enfants n'aillent pas jouer dans le béton frais" poursuit Pierre Durif.

"C'est vraiment un beau projet et je suis certain qu'il va rester en l'état dans l'avenir car la qualité du travail effectué assurera, en effet, la pérennité de la réalisation" estime Pierre Durif.

Planté de 5 000 m² d'arbustes et de plantes vivaces, ainsi que de 160 arbres, principalement à feuilles persistantes, le parc fait donc la part belle au béton, comme le confirme Cédric Baudru, chef des ventes du secteur Languedoc-Occident chez Cemex : *"Pour nous, c'est une belle référence pour promouvoir les voiries bétons, qui sont ici servies par un incontestable savoir-faire, par la disponibilité d'une grande variété de granulats locaux blancs et par l'utilisation d'une adjuvantation spéciale mise au point par notre société".*



Le chantier a nécessité le recours à l'hydrosablage pour éviter la poussière et une présence permanente pour que les enfants n'aillent pas jouer dans le béton frais.



Saint-Germain (Aube) : grâce aux granulats de comblanchien, la teinte du béton désactivé rappelle celle des murs de l'église.

Saint-Germain (Aube) : le béton désactivé au service de la sécurité et de l'esthétique

Grâce à un béton désactivé à base de comblanchien, entrecoupé de lignes de briques de terre cuite, la mairie de Saint-Germain a redessiné son cœur de commune tout en améliorant la sécurité des déplacements de ses habitants.

Située au sud-ouest de Troyes dans l'Aube, Saint-Germain est une commune de 2 400 habitants traversée par la RD 141. Le revêtement bitumeux de cette départementale avait sérieusement besoin d'être rénové et l'absence de trottoirs – des bas côtés herbeux en tenant lieu – soulignait un peu trop l'aspect rural de cette commune.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage : Conseil général de l'Aube (RD 141) et Mairie de Saint-Germain (hors RD)

Maîtrise d'œuvre (hors RD) : Egis France

Entreprise (hors RD) : Roussey (Eurovia)

Fournisseur du béton (hors RD) : Holcim Bétons – Région Centre-Est

Fournisseur du ciment : Holcim Ciments

“La volonté de la nouvelle équipe municipale était de créer, à la fois, un cœur de commune bien plus marqué qu'auparavant, tout en améliorant la sécurité des déplacements de ses habitants, notamment lors de la traversée de la RD 141” explique Jean-Pierre Gré, adjoint au maire de Saint-Germain, chargé de l'urbanisme, du cadre de vie et de l'environnement.

Ce projet comportait tout un ensemble d'aménagements, à la fois esthétiques et techniques, avec la création d'une place végétalisée, de trottoirs, de places de stationnement clairement identifiées, de pistes cyclables... La commune en a aussi profité pour entreprendre la réfection de ses différents réseaux enterrés et mettre en conformité son réseau d'eaux usées. À cela s'ajoute la création d'un système d'infiltration pour récupérer les eaux pluviales en bordure de

trottoirs et de chaussées pour l'arrosage des espaces verts.

“En relais avec le schéma directeur de l'agglomération troyenne, nous avons aussi créé une “voie douce” pour les cyclistes et les promeneurs, le long de la départementale et vers la mairie. Une autre branche part de la mairie et vient former un triangle qui permet d'aller à pied aux commerces, en laissant sa voiture dans le centre-bourg” signale Jean-Pierre Gré.

Au niveau du cœur de la commune, le parti pris esthétique a été d'associer des granulats clairs de comblanchien, un matériau local dont la teinte beige rappelle celle des pierres de la façade de l'église et dont la dureté est comparable à celle du marbre, à un calepinage de briques rouges qui se coordonnent avec le muret du cimetière. Autre avantage de cette teinte claire : elle tranche avec la

couleur noire de l'enrobé de la route départementale, ce qui incite fortement les automobilistes à ralentir. "Dans la région, on utilise souvent des granulats de la Seine ou de la Moselle, mais ici l'objectif était de rappeler, grâce aux granulats de comblanchien, la teinte de la pierre de Bourgogne. Et la planche d'essai de 2 m², réalisée avec des interruptions avec les briques prévues, a fini de convaincre l'équipe municipale sur le bien-fondé de cette association" explique Jean-Christophe Barazzuti, chef de projet d'Egis France, chargé de la maîtrise d'œuvre de ce chantier.

Au niveau de l'appel d'offres, le choix de l'entreprise a eu lieu avec l'aide d'Egis. "Le coût a eu son importance, mais n'a pas été le critère déterminant car la qualité technique de la réponse était prise en compte à hauteur de 60 %" commente Jean-Pierre Gré.

Ce projet a été mené en étroite collaboration avec le Conseil général de l'Aube qui est intervenu pour la partie le concernant.

"En accompagnement des travaux municipaux, nous avons réalisé les travaux de terrassement préliminaires à la mise en œuvre de la couche de fondation de la départementale, mais aussi de la partie communale. Elle se compose de 30 cm de grave non traitée (GNT) compactée. Au niveau de la départementale, elle est ensuite

SAINT-GERMAIN MISE SUR L'ENVIRONNEMENT

Malgré sa relative petite taille, Saint-Germain est une commune très attachée à l'environnement. Avec Egis, elle a fait le choix de matériaux ayant un faible impact en matière de CO₂. Ainsi, par exemple, ses "voies douces" n'emploient pas d'enrobés mais du sable stabilisé au liant hydraulique. Ce dernier a été spécifiquement développé par Holcim France, de manière à ce que sa fabrication soit à faibles émissions de CO₂ : il contient donc peu de clinker et est faiblement broyé. Signalons également que des noues végétalisées et des caniveaux drainants permettent de récupérer les eaux pluviales pour arroser ensuite les espaces verts.



La teinte claire du béton désactivé souligne l'aspect centre-bourg de Saint-Germain et tranche avec la couleur noire de l'enrobé de la route départementale, ce qui incite fortement les automobilistes à ralentir.

recouverte par une couche de base (20 cm de GNT) compactée, puis une couche de roulement en enrobés de 5 cm d'épaisseur. À cela s'ajoute la mise en place des bordures et caniveaux jusqu'à la sortie de la commune, soit un linéaire de 430 mètres" précise Didier Prédieri, responsable du service modernisation et entretien de la route à la direction des routes et de l'action territoriale du Conseil général de l'Aube.

Un béton rappelant la pierre de Bourgogne

"Sur le reste de l'opération, la couche de fondation a été revêtue de 20 cm de béton désactivé. Celui-ci joue à la fois le rôle de couche de base et de couche de

roulement. Ce même béton désactivé a été mis en œuvre sur une épaisseur de 16 cm au niveau des trottoirs" explique Gilles Milandre, conducteur de travaux de l'entreprise Roussey (Eurovia).

Le béton désactivé est coulé entre les rangées de briques qui tiennent lieu de coffrages, tout comme les murs voisins, les caniveaux et les bordures préfabriquées en béton. "Auparavant, un treillis soudé a été mis en place pour liasonner la dalle béton aux rangées de briques afin d'éviter d'éventuels tassements différentiels sous circulation" précise Gilles Milandre. Ces rangées de briques servent ensuite à dissimuler les joints de dilatation.

"Le béton utilisé provient de la centrale



Granulats clairs de comblanchien et briques en terre cuite valorisent esthétiquement le nouveau centre-bourg de Saint-Germain. Rejoignant le mur du cimetière, les lignes de briques jouent un double rôle pratique : lors du coulage du béton, elles servent de coffrage, puis de joints de dilatation.

de BPE de Saint-André-les-Vergers. Il se compose de granulats 4/14 de comblanchien, de sable 0/4 calcaire concassé de l'Aube et d'un ciment CEM II 42,5 N D de Héming en Moselle. Selon la norme NF EN 206-1, sa classe de consistance est S3 (affaissement au cône d'Abrams de 100 à 150 mm) et sa classe d'exposition est XF2, ce qui le rend résistant au gel et aux sels de déverglaçage" détaille Alexandre Bourin, chef du secteur Aube-Yonne de Holcim Bétons - Région Centre-Est. Selon l'accessibilité des zones à réaliser, ce béton était déversé directement ou par pompage.

"L'approvisionnement avait le plus souvent lieu le matin et se terminait vers 13-14 h. Comme ce type de chantier est étroitement tributaire des conditions climatiques, le planning était établi à la semaine, puis confirmé du jour pour le lendemain" signale Alexandre Bourin. Une fois mis en œuvre, réglé, puis vibré à l'aiguille vibrante, le béton était recouvert uniformément avec le désactivant appliqué par pulvérisation. Dès le lendemain, le rinçage permettait de dégager les granulats en surface.

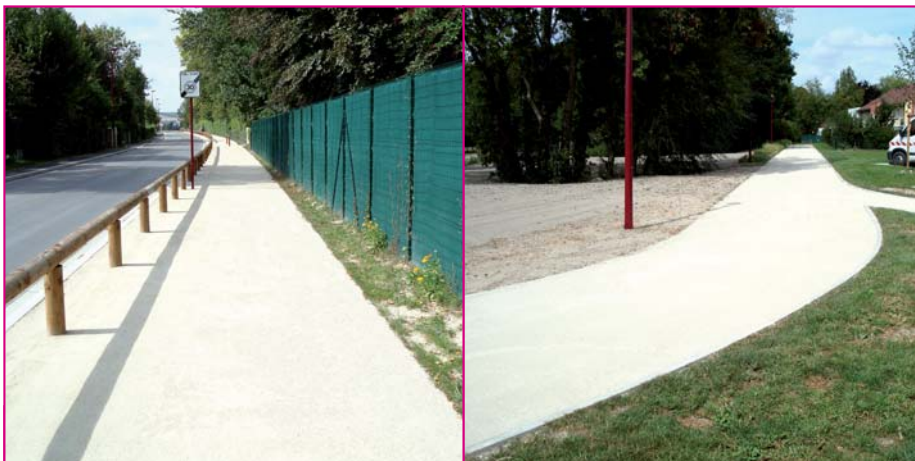
■ Du sable stabilisé pour la voirie douce

Plutôt qu'un classique enrobé, c'est du sable stabilisé au liant hydraulique qui a été choisi pour la confection des pistes cyclables et piétonnières, afin de rappeler l'aspect des anciens chemins ruraux.

Egalement fourni par la centrale Holcim de Saint-Parres-les-Vaudes, Articimo® Arena arrive prêt à l'emploi. "Pour ce chantier, cette formulation associe du sable 0/4 concassé calcaire de



Pour rappeler l'aspect des chemins ruraux, les pistes cyclables sont en sable stabilisé au liant hydraulique.



Réalisées au mini-finisser sur une épaisseur moyenne de 5 cm, les 1 300 m² de pistes cyclables et de voies piétonnes longent la RD 141 jusqu'à la sortie de la commune.

l'Aube à un liant hydraulique dosé entre 120 et 250 kg/m³, selon le degré de finition souhaité. Le sable calcaire concassé permet d'avoir un rendu plus uniforme, une surface plus plane qu'avec un sable roulé. Le délai de maniabilité de ce mélange est assez important : de 3 à 4 heures à 20 °C, dans des conditions normales. Dans le cas d'un chantier exposé à une forte température, il

convient d'humidifier le support avant la mise en œuvre du sable stabilisé, puis d'assurer ensuite sa protection par un film polyane. Des joints de fractionnement doivent être prévus tous les 20 m²" explique Alexandre Bourin. Sur ce chantier, le matériau a été mis en œuvre à l'aide d'un mini-finisser sur 1 300 m² et sur une épaisseur moyenne de 5 cm. ■

PRIX DE L'AMÉNAGEMENT GLOBAL

La commune de Saint-Germain a été récompensée pour ses efforts : pour cette réalisation, elle a reçu le "Prix de l'aménagement global 2011" pour la mise en valeur de son centre-bourg à proximité de l'église et des commerces. La remise des prix s'est déroulée à Paris le 23 novembre 2011 dans le cadre du Salon des Maires, sous la présidence du sénateur Yves Krattinger, président de l'IDRRIM (Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité) et sénateur de la Haute-Saône.

Ce concours, portant sur les bétons décoratifs et d'aménagement, a été organisé conjointement par Cimbéton, le Syndicat national du béton prêt à l'emploi (SNBPE), le Syndicat national du pompage du béton (SNPB) et le Syndicat national des adjuvants pour bétons et mortiers (SYNAD).





Angers (Maine-et-Loire) : le béton est un matériau incontournable, sur le plan fonctionnel et esthétique, pour la conception et la construction de la première ligne de 12,3 km du tramway.

Tramway d'Angers : le béton, matériau incontournable de la première ligne

Employé sous de multiples formes (en fondation, structure, calage, support de rails, désactivé, drainant, dalles, pavés...), le béton est absolument un matériau incontournable sur le plan fonctionnel et esthétique pour la conception et la construction d'une ligne de tramway. Sur cette première ligne de 12,3 km, l'importance des volumes, à produire en un temps limité, a nécessité la collaboration de quatre centrales de BPE en période de pointe.

Après une expérience menée auprès de quelques villes pionnières, la création d'un Plan de déplacements urbains (PDU) est devenu obligatoire à partir de 1996 avec la Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (Loi Laure). À cette époque, la Communauté urbaine d'Angers avait déjà pris conscience de la nécessité de préparer son avenir pour éviter l'engorgement de ses rues et avenues par une circulation automobile toujours croissante. Parallèlement, son réseau de bus, bien que performant, perdait des parts de marché. D'où l'idée de créer un transport en commun en site propre (TCSP) sur une ou deux lignes, de type "busway" ou tramway (sur pneumatiques ou sur rails). À la fin 2000, la Loi relative à la solidarité et au renouvellement urbain

(Loi Sru) est venue renforcer le rôle du PDU. "C'est ainsi qu'est née en 2001 la Mission tramway d'Angers Loire Métropole, chargée de piloter le projet.



© F. Lavergne (BTL)

Mise en œuvre, à la pompe, du béton prêt à l'emploi BC5.

Bien que séduisante, la solution d'un tramway sur pneumatiques a été abandonnée au profit de la version sur rails qui offrait un plus large choix au niveau de la concurrence et davantage de certitudes en termes de pérennité. En 2004, la première ligne en projet était programmée sur 12,3 km entre Avrillé, au Nord, et le sud d'Angers. Parmi les différentes solutions proposées pour l'alimentation du tramway dans les zones voulues sans caténaires, le système d'alimentation par le sol (APS) a été retenu car il avait déjà fait preuve de sa fiabilité à Bordeaux" explique Marie-Pierre Trichet, directrice de la Mission tramway d'Angers Loire Métropole. Sur tout son parcours, cette opération s'accompagne d'une rénovation de façade à façade. "Architectes et urbanistes en ont profité pour préparer l'avenir en y intégrant les "Hauts de

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage : Angers Loire

Métropole - Mission tramway

Maîtrise d'ouvrage déléguée :

Groupement TSP (Transamo - Société d'aménagement de la région d'Angers (Sara) - Ingénierie Management Projet (ImProjet))

Cabinet d'architecte : Architecte, Urbanisme et Patrimoine (AUP)

Maîtrise d'œuvre générale de la ligne tramway : Ingerop, mandataire, SNCF Ingénierie (Inexia), Tractebel, Cabinet d'architectes Frédéric Rolland

Réalisation (TP ligne tramway) :

- Lot TP 1 (secteur Avrillé) : groupement Sacer Atlantique - Screg Ouest - Colas Centre-Ouest
- Lots TP 2 (Angers Nord) et 3 (Angers Centre) : groupement DLE Ouest - Eiffage TP Ouest - Luc Durand SA
- Lot TP 4 (Angers Sud) : groupement TPPL - Eurovia Atlantique

Lot TP voie tramway : Colas Rail

Pose des pavages et dallages :

Entreprise Luc Durand TP, Eiffage TP

Fournisseurs du béton : Unibéton (lot 1), Anjou Béton (lots 2 et 3), Béton technique de la Loire (lot 4 et lot voirie rail, avec le renfort d'Anjou Béton et VM en période de pointe)

Fournisseur du ciment :

Ciments Calcia (usine d'Airvault, Deux-Sèvres)



© F. Laverne (BTI)

Mise en place des rails et, au centre, du système d'alimentation par le sol (APS) avant le revêtement final.

Saint-Aubin", un nouveau quartier en construction au Nord d'Angers sur la ZAC de l'ancien aérodrome. Pour le moment, seule une plate-forme et ses aménagements préfigurent l'arrêt du tramway de ce quartier à forte connotation "développement durable" où 20 000 habitants viendront s'installer d'ici quelques années. À l'autre bout de la ligne, l'équipe de conception du tramway a aussi travaillé en étroite collaboration avec l'architecte en charge de la rénovation du quartier de la Roseaie. Mais la partie la plus délicate à traiter était finalement la traversée du CHU, une vraie ville dans la ville" précise Marie-Pierre Trichet.

Rue de la Roë, le passage du tramway s'effectue sur une voie unique, avec une pente de 7 %. Malgré sa largeur limitée (9,60 m), cette rue aurait pu – techniquement parlant – accueillir deux voies, côte à côte, mais cela aurait fortement pénalisé la vie quotidienne de cette rue du centre-ville. La régulation du trafic s'effectue via deux stations, l'une en amont, l'autre en aval.

Au niveau du choix des matériaux du revêtement, priorité a été donnée au végétal avec 8 km de plate-forme engazonnée sur les 12,3 km de la ligne qui comporte 25 stations. Pour le reste, les matériaux régionaux ont été privilégiés : pavés en granit, dalles de schiste, dalles de quartzite,... Pour le béton désactivé, les granulats de teinte claire utilisés sont un gravier de quartzite 6/10 en provenance de la carrière de Kergouhine (Finistère).

"Nous avons notamment choisi le béton désactivé pour sa durabilité, son insensibilité aux phénomènes d'orniérage et l'absence d'entretien qui en découle. Nous avons aussi travaillé sur les contrastes visuels – trottoirs en béton gris ou beige, chaussée en enrobés noirs – pour que les piétons repèrent, au premier coup d'œil, le territoire des uns et des autres. Cette approche sera probablement encore davantage soulignée sur le parcours de la deuxième ligne" ajoute Marie-Pierre Trichet.



À gauche : un tube placé dans le béton prépare le dispositif de drainage de la future zone engazonnée. À droite : le béton désactivé clair matérialise, d'une part, la traversée de la chaussée et, d'autre part, l'entrée dans la zone engazonnée.

© Olivier Calvez

Extrusion et BAP pour les multitubulaires

"Une des toutes premières phases du chantier a consisté à déporter tous les réseaux hors de l'emprise de la future plate-forme supportant la voie. C'est souvent aussi une bonne occasion de les moderniser. Seuls les réseaux transversaux et ceux ne pouvant pas être dévotés (gros émissaires profonds et visitables) sont conservés en place" signale Bruno Viala, directeur travaux chez Ingerop, société chargée de la maîtrise d'œuvre de ce chantier.

"De chaque côté de la plate-forme, une machine à coffrage glissant extrude un U en béton dans lequel prendront place les multitubulaires. D'un côté se trouveront ainsi les courants forts (CFO), de l'autre les courants faibles (CFA). Au niveau des carrefours et des zones anti-vibratiles, ce U est remplacé par un caniveau préfabriqué en béton. L'ensemble est ensuite entièrement rempli avec un béton autoplaçant pour immobiliser les multitubulaires" explique Julian Bilal, responsable des bureaux d'études et projets chez Colas.

Une voie ferrée comme "suspendue" dans le béton

"Sur la majeure partie de ses 12 km, la plate-forme destinée à recevoir la voie ferrée repose sur une grave non traitée (GNT) compactée offrant une portance de 35 MPa (PF1). Dans certaines zones où le sol d'origine était moins bon, un traitement préliminaire à la chaux a permis d'atteindre les performances attendues" précise Julian Bilal.

Ensuite, une couche de fondation BC3 est coulée sur une épaisseur de 19 cm et une largeur moyenne de 6 m. Sur celle-ci sont ensuite posés les blochets, ces pièces en béton préfabriqué positionnées sur des cales et sur lesquelles reposent les rails.

"Leur réglage permet de maintenir l'ensemble de la voie ferrée à l'altimétrie zéro avant le coulage du béton de calage BC5 sur 21 cm d'épaisseur. Avec cette technique, la voie ferrée est en quelque sorte suspendue dans le béton" souligne Julian Bilal. Pour gagner du temps, pour chaque section, le chantier



Une machine à coffrage glissant réalise le "U" en béton extrudé (à gauche), destiné à recevoir les multitubulaires qui sont ensuite immobilisés par le coulage d'un béton autoplaçant (à droite).

démarre des deux extrémités à la fois jusqu'à ce que les deux parties se rejoignent.

À certains endroits du trajet, pour éviter la transmission des vibrations liées au passage du tramway (risques

JUSQU'À 4 CENTRALES DE BPE EN SERVICE

Si toute la partie voie ferrée ne constitue qu'un seul lot, confié à Colas Rail, en revanche la construction et l'aménagement de la voirie et des espaces publics (terrassement, chaussée, trottoirs, signalétique...) ont été divisés en quatre lots TP. Le lot 1 (secteur Avrillé) a été confié au groupement Sacer Atlantique - Screg Ouest - Colas Centre-Ouest. Les lots 2 (Angers Nord) et 3 (Angers Centre) au groupement DLE Ouest - Eiffage TP Ouest - Luc Durand SA et le lot 4 (Angers Sud) au groupement TPPL - Eurovia Atlantique.

Tout cela demande une organisation stricte, chaque lot TP représentant la fourniture de 4 000 à 6 000 m³ de béton et la partie rail environ 35 000 m³.

"La formulation pour 1 m³ des bétons utilisés pour la voie ferrée a nécessité 270 kg de ciment pour le BC3 et 330 kg de ciment pour le BC5" précise Jacques Pottier, responsable secteur chez Ciments Calcia.

La société Unibéton s'est chargée de la fourniture du béton du lot 1, Anjou Béton de celle des lots 2 et 3 et Béton technique de la Loire (BTL), filiale de TPPL (Travaux publics des pays de la Loire) de celle du lot 4 et de la partie rail. Pour ce dernier lot, c'était la première fois que Colas Rail confiait l'ensemble de sa fourniture de béton à un seul producteur, qui plus est "indépendant", Béton technique de la Loire, qui a organisé et géré avec succès l'ensemble de la distribution du béton prêt à l'emploi sur les différents points d'approvisionnement du chantier et a sous-traité une partie de la fourniture à VM et Anjou Béton lorsque l'importance des besoins l'exigeait. Il faut noter que la quasi-totalité des bétons BC3 et BC5 a été pompée, parfois sur de longues distances pouvant aller jusqu'à plus de 150 m du point de déchargement.

"Le fait qu'il ait un seul interlocuteur pour la partie rail a facilité les choses. Le programme de la semaine (volumes à produire, zones à desservir et planning de livraison) était établi par Colas Rail la semaine précédente et affiné de la veille au lendemain. Anjou Béton et VM sont venus en renfort pour les journées les plus chargées (pointes à 700 - 800 m³/jour) et lorsqu'il y avait plusieurs endroits à livrer. Le contrôle qualité a eu lieu à plusieurs niveaux : en interne, au niveau de chaque centrale, sur le chantier à l'arrivée des toupies et enfin à l'improviste par la maîtrise d'œuvre" explique Franck Lavergne, directeur technique et commercial de BTL.

LE MARIAGE DU BÉTON ET DE L'ACIER

Le nouveau pont Confluences est réservé à différents types de déplacements : tramway, marche à pied, vélo... La plate-forme supportant le tramway prend place au centre du pont, tandis que les piétons et les vélos l'empruntent sur les voies situées de chaque côté. Dans le cas de crises majeures (crues...), les véhicules d'urgence peuvent emprunter la plate-forme tramway pour circuler. Si le besoin s'en faisait sentir dans l'avenir, il est aussi possible de faire circuler des bus sur le pont.

"Cet ouvrage est soumis à des contraintes de dilatation propres à l'acier, avec un souffle maximal de 15 cm, réparties sur les derniers mètres à chaque extrémité. De part et d'autre d'une longrine, les rails sont comme "suspendus" dans une couche de 20 cm de béton BC5 recouvert d'une résine méthacrylate à finition minérale" précise Bruno Viala.

"Pour la réalisation des zones en béton désactivé, le mode d'exécution est le suivant : pose d'épingles en acier HA12 servant de connecteurs de liaison entre le BC3 et le béton de revêtement BC5, mise en place des ferrillages, pose des bordures de laniérage, des cornières périphériques, des chaînages HA8, des joints de dilatation en polystyrène, coulage du béton, vibration, talochage, pulvérisation du désactivant et, le lendemain, lavage" détaille Julian Bilal.

Les quais associent des longrines en béton fibré à une dalle en béton armé C25/30 de 17 cm épaisseur sur une GNT C30/37. Les dalles en béton préfabriquées de 10 cm épaisseur sont ensuite placées sur un lit de pose de mortier ou de mortier amélioré de 3 cm épaisseur. Les quais peuvent ainsi supporter sans encombre la circulation ponctuelle des véhicules de secours et d'entretien.

Les trottoirs sont réalisés avec 20 cm de béton BC4 sur un fond de forme de portance PF2. Le long de leur bordure, la mise en œuvre d'un béton drainant assure la bonne évacuation des eaux pluviales et résiduelles.

"Les trottoirs sont recouverts de pavés en béton jointoyés avec un mortier à haute adhérence car ils sont prévus pour être circulés par des véhicules de livraison et de services jusqu'à 3 m-3,50 m de part et d'autre de la voie ferrée. Il s'agit, en fait, quasiment d'une chaussée routière" signale Bruno Viala. "Cela évitera aussi les phénomènes de battements et de pianotage au passage des véhicules" ajoute Julian Bilal.

Au niveau de la chaussée, les zones d'intersection avec la voie ferrée sont fortement sollicitées, notamment avec le passage de bus et de camions.

"Lorsqu'il fallait que le chantier avance rapidement, nous avons procédé à la pose des pavés béton par collage sur une sous-couche en enrobés bitumineux. On bénéficie ainsi des avantages de la chaussée bitumineuse [rapidité d'exécution] en évitant ses principaux inconvénients [sensibilité aux phénomènes d'orniérage]" explique Julian Bilal. Les parties courantes de la chaussée, hors plate-forme, sont en enrobés.



© Olivier Calvez

de stabilité et de tenue d'ouvrages sensibles et à proximité de certaines zones habitées), un tapis anti-vibratile de 25 mm d'épaisseur est placé sous les couches de béton.

"Cela sous-entend une réduction de l'épaisseur de l'empierrement en GNT et son recouvrement par un radier de 10,5 cm d'épaisseur en béton BC3. Après la pose en continu du tapis anti-vibratile, la plate-forme BC3/BC5 est réalisée de la même façon que sur le reste du trajet" explique Christophe Simon, directeur travaux du Groupement Colas Centre-Ouest.

Il convient de signaler également qu'une engravure a été prévue dans la

couche de béton BC5 pour y insérer le drain destiné à drainer l'eau dans les futures zones engazonnées.

À chaque revêtement sa fonction spécifique

"Sur les trois-quarts de son linéaire, la plate-forme est revêtue d'un tapis végétal. Au niveau des carrefours et des zones accueillant également la circulation automobile, le béton désactivé a été choisi pour sa durabilité. Les passages piétons sont habillés de dalles en granit et les cœurs de stations de pavés en quartzite" commente Bruno Viala.

Objectif : anticiper la future deuxième ligne

"Le tracé de la deuxième ligne de tramway est déjà quasiment acté. Fondée sur la même technique que la première ligne, elle sera construite selon l'axe Est / Ouest et atteindra la commune de Beaucouzé. Les deux lignes auront un tronçon commun de 700 m, au niveau du boulevard Foch" prévoit Marie-Pierre Trichet.

"Pour ne pas interrompre la circulation de la première ligne lors des futurs travaux, les appareils de bifurcation et les amorces de voies (10 m de rails) ont déjà été mis en place aux extrémités de ce tronçon commun" conclut Bruno Viala.



Sur les 12,3 km de la ligne, la priorité a été donnée au végétal avec 8 km de plate-forme engazonnée.

© Olivier Calvez

DALLES ET PAVÉS : UN TRAVAIL DE PRÉCISION

Jérôme Veillon, directeur de travaux de l'entreprise Luc Durand TP s'est chargé de la supervision de la pose de tous les dallages en béton, granit, schiste et quartzite :

"À partir du calepinage fourni par l'architecte, notre dessinateur a recalculé et redessiné l'ensemble pour passer à la phase pratique. Épaisses de 12 cm, les dalles en béton adoptent des formats 20 x 40 cm et 30 x 60 cm pour les trottoirs et 40 x 60 cm pour la place Mitterrand. Leur pose est manuelle dans le premier cas et mécanisée dans le second. Les joints sont remplis sur les deux tiers de leur hauteur par le même mélange que pour le calage (lit de sable et ciment). Le dernier tiers est un coulis liquide basé sur un sable 0/2 destiné à assurer l'étanchéité du dallage. Il est mis en œuvre à la raclette et à l'éponge, avant un nettoyage de surface à la raclette".

Une rangée de dalles de schiste sert à délimiter les zones de dalles en béton. Le granit est utilisé pour la place principale sous forme de dalles de 120 x 74 x 20 cm et de pavés en granit bouchardé ou éclaté entre les voies en centre-ville.

"Le quartzite est employé pour les plates-formes des stations, selon un calepinage complexe associant jusqu'à huit tailles différentes de dalles. Elles sont disposées entre les voies avec de fortes contraintes d'implantation : elles doivent venir en butée au niveau des quais tout en respectant le calepinage souhaité. Tout est entré quasiment au chausse-pied car il y a très peu de marge de manœuvre. Leur pose a lieu sur un microbéton fibré avec de minces joints gris foncé à base de silice et de résine pour garder un peu de souplesse car les dalles, de teinte noire, ont tendance à se dilater avec la chaleur, tout en garantissant l'étanchéité. Sur la place du Ralliement, chaque dalle pèse 475 kg. Il a donc fallu mettre au point des outils spécifiques de pose. En effet, les ventouses à dépression classique (utilisées dans le domaine de la pose de bordures) n'acceptant pas une charge de plus de 200 kg, nous avons monté sur un engin rail-route une centrale de dépression employée dans la pose de tuyau et équipée d'une platine faite sur mesure, ce qui a permis d'aller jusqu'à 500 kg" souligne Jérôme Veillon.



Place du Ralliement : à gauche, vue aérienne de l'implantation du chantier et, à droite, la réalisation terminée avec des dalles en béton, granit, schiste et quartzite sur le parvis, ainsi que des pavés entre les rails.

© Olivier Calvez



Tunnel de Tanus (Tarn) sur la RN88 reliant Toulouse à Lyon : voûte biaisée coulée en place avec une épaisseur de voile de 50 cm et armature préfabriquée sur place.

RN88 : un tunnel en béton construit en biais pour le passage de la faune

Conçu pour le passage sécurisé de la faune sauvage et du bétail sous la RN88 - en cours d'élargissement en 2 x 2 voies -, le tunnel de Tanus est construit en biais afin de réduire la longueur de 25 %.

Reliant Toulouse à Lyon, la RN88 passe progressivement en 2x2 voies sur l'essentiel de son parcours, à la fois pour fluidifier le trafic et renforcer la sécurité de ses usagers. Remontant à 1992, le projet de désenclavement du Tarn et de l'Aveyron visait notamment une amélioration des trajets entre Rodez et Albi, une opération menée en

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitrise d'ouvrage :

Région Midi-Pyrénées

Maitrise d'œuvre : Egis Route

Groupement d'entreprises :

Sogea Sud-Ouest TP (mandataire),
GTM, VCT

Fournisseur du béton : Cemex

Bétons Sud-Ouest (centrale de BPE
de Blaye-les-Mines)

Fournisseur du ciment : Lafarge

Ciments (usine de Martre-Tolosane)

plusieurs étapes successives.

La plus récente est l'aménagement de la section entre la déviation de Carmaux dite "La Croix-de-Mille" et la déviation de Tanus, au lieu-dit "La cabane basse".

Elle consiste en la création d'une 2x2 voies en tracé neuf d'une longueur de 7,3 km, d'un échangeur complet à "la cabane basse" et d'un raccordement à l'échangeur de la Croix-de-Mille, déjà réalisé dans le cadre de la déviation de Carmaux. Ce chantier comporte neuf passages (supérieurs ou inférieurs) ainsi qu'un important ouvrage à usage mixte.

Outre sa fonction hydraulique (le passage d'un cours d'eau, le Céret), ce tunnel permettra, en effet, le passage sécurisé de la faune (chevreuils, sangliers et autres animaux sauvages) mais aussi du bétail des agriculteurs voisins, sous le nouveau tronçon de la RN88.



En forme de demi-cercle, le coffrage mobile comporte deux parties, disposées de part et d'autre de la future voûte, et permet de réaliser un anneau de 8,60 m de long à la fois.

Une voûte biaisée

"La conception de l'ouvrage a été réalisée avec des logiciels 3D. Les deux murs tympans d'about assurent la stabilité de la structure dans les parties biaisées, vis-à-vis des efforts engendrés par la

poussée des terres une fois l'ouvrage enterré. Cette configuration particulière sous-entend un important travail de coffrage, notamment au droit des tympans : d'où le choix d'un outil modulable" explique Julien Pasqualetto, conducteur de travaux principal chez Sogea Sud-Ouest TP (groupe Vinci Construction).

Au final, ce tunnel est long de 66 m, large de 15 m pour une hauteur de 9,24 m. Son fond est plat et ses parois sont verticales jusqu'à une hauteur de 1,50 m, hauteur à partir de laquelle elles adoptent une forme arrondie. À terme, il sera recouvert de 4 m de terre et devra supporter les charges d'exploitation liées à la circulation sur la RN88.

■ Avec un outil coffrant ripé sur des longrines

"Première phase de l'opération, les travaux de terrassement ont permis de dégager une plate-forme dont la portance est suffisante (la roche se trouve à 2-3 m au-dessous) pour accueillir les fondations de l'ouvrage et les longrines sur lesquelles se déplacera l'outil coffrant. Parallèlement, le ruisseau existant a été canalisé dans une conduite forcée, construite dans son axe initial" précise Julien Pasqualetto. Pour réaliser cet ouvrage dans les délais impartis, l'entreprise Sogea Sud-Ouest TP a eu recours à un outil coffrant spécifique. Ses éléments constitutifs sont issus de la gamme modulaire Variokit de Peri.

En forme de demi-cercle, ce coffrage cintrable comporte deux parties, disposées de part et d'autre de la future voûte. Chaque côté de ce coffrage, à structure métallique et peau bois, se compose de cinq éléments de 9 m de long. Conçu avec les ingénieurs de Peri et mis en place avec l'aide de leur assistant de montage, ce système a permis à l'équipe chantier de réaliser l'essentiel de cet ouvrage en seulement quatre mois.

Le bétonnage a ensuite lieu par plots successifs de 8,30 m de long. Comme cet outil coffrant n'est déplacé qu'un faible nombre de fois sur ce chantier,



Pièce essentielle du projet, chaque tympan d'about, chargé de reprendre les efforts engendrés par la poussée des terres une fois l'ouvrage enterré, est réalisé avec soin.

les composants hydrauliques n'ont pas été utilisés pour le coffrage, le décoffrage et le déplacement de l'outil. Pour coffrer et décoffrer, l'équipe de chantier utilise donc de simples vérins. Après la prise du béton, une fois l'unité de coffrage intérieure abaissée de quelques centimètres, deux treuils assurent sa translation sur les longrines jusqu'à la prochaine zone de bétonnage. Des crics hydrauliques remontent ensuite l'outil coffrant interne jusqu'à sa position de bétonnage. Préfabriquée à côté de l'ouvrage, l'armature en acier est ensuite installée avant la mise en place du coffrage externe à l'aide d'une grue mobile.

Le coulage du béton est très progressif, de manière à assurer un bon équilibre des pressions exercées. Douze fenêtres de bétonnage réparties sur l'outil coffrant permettent de surveiller cette opération. Des vibrateurs internes assurent dans la foulée la vibration du béton, également de manière homogène.

Les sept anneaux centraux du tunnel sont construits d'une manière identique. Ensuite, les coffrages mobiles sont modifiés pour fabriquer les deux plots d'extrémité, destinés à se raccorder aux grands voiles en béton verticaux des tympans d'about.

■ Éviter les ruptures de charge du béton

Ce chantier consomme un volume total de 1 200 m³ de béton Cemex CXB® Génie civil C35/45. *"Sa formulation est assez classique : elle associe un ciment Lafarge provenant de l'usine de Martre-Tolosane à des granulats locaux. Le point important est son ouvrabilité, avec une classe de consistance S4 dans la norme NF EN 206-1 qui assure un parfait enrobage des aciers de l'armature. L'affaissement au cône d'Abrams de ce béton se situe entre 180 et 190 mm" précise Michel Saada, chef des ventes de Cemex Bétons Sud-Ouest.*

Chaque anneau consomme environ 160 m³ de béton. *"Sur ce chantier, même si le coulage du béton est relativement peu rapide – un camion-toupie y déverse son chargement en une demi-heure/trois quarts d'heure –, il est impératif de s'organiser de manière à ce qu'il n'y ait aucun risque de rupture de charge lors de la fabrication d'un anneau. Chaque jour de coulage, nous avons donc dédié quatre camions aux rotations nécessaires à ce chantier. Ils s'approvisionnent à la centrale de BPE de Blaye-les-Mines, située à 15 km de Tanus. Nous avons aussi prévu une centrale d'appoint, à Albi, à 25 km du site, qui a été ponctuellement utilisée" conclut Michel Saada. ■*

© Photothèque CEMEX

Remue-méninges

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

Triplet de 2

Est-il possible de représenter un nombre quelconque, entier et positif, à l'aide d'une expression comprenant des symboles mathématiques et trois fois le chiffre "2" ?

$$2 \ 2 \ 2 \ + \ - \ : \ x \ \log \ \sqrt{\int}$$

Solution du Remue-méninges de Routes N°119 : Nombre A mystère

Rappel du problème posé : soit un nombre "A". De quelle manière faut-il diviser ce nombre A pour que le produit de ses parties soit maximum ?

Solution : Nous savons que les parties d'un nombre quelconque donnent un produit maximum, leur somme étant constante, lorsque ces parties sont égales. Il est donc clair qu'il faut diviser le nombre "A" en parties égales. Mais, la question est de savoir en combien de parties : 2 ; 3 ; 4 ; ... ; 10 ; etc. ?

Supposons que le nombre de parties est "n".

Chaque partie vaut alors : $\frac{A}{n}$

La somme des parties est égale à : $S = (\frac{A}{n} + \frac{A}{n} + \dots + \frac{A}{n})$ (n termes)

$$S = n(\frac{A}{n}) = A$$

Le produit des parties est égal à : $P(n) = (\frac{A}{n}) \cdot (\frac{A}{n}) \cdot \dots \cdot (\frac{A}{n})$ (n facteurs)

$$P(n) = (\frac{A}{n})^n \quad (1)$$

Résoudre le problème revient donc à déterminer la valeur de "n" qui rend "P(n)" maximum.

La fonction P(n) est maximale lorsque sa dérivée est nulle. D'où :

Dérivée [P(n)] = Dérivée $[(\frac{A}{n})^n] = 0$

Pour quelle valeur de "n", la dérivée de $(\frac{A}{n})^n$ est nulle ?

Pour faciliter le calcul de la dérivée de $(\frac{A}{n})^n$, nous allons faire appel à l'égalité : $X = e^{\text{Log} X}$ (les fonctions "e" et "Log" sont inverses, donc leur produit est la fonction "1") et aussi à l'égalité : $\text{Log} A^n = n \cdot \text{Log} A$ (Log d'un produit = somme des Log). Nous pouvons alors écrire que :

$$(\frac{A}{n})^n = e^{\text{Log}(\frac{A}{n})^n} = e^{n \cdot \text{Log}(\frac{A}{n})} \quad (2)$$

L'expression (2) montre que si la dérivée de $(\frac{A}{n})^n$ est nulle, la dérivée de $e^{n \cdot \text{Log}(\frac{A}{n})}$ est nulle aussi.

Or, dérivée $e^{n \cdot \text{Log}(\frac{A}{n})} = [\text{Log}(\frac{A}{n}) + n \cdot (-\frac{A}{n^2} / \frac{A}{n})] \cdot e^{n \cdot \text{Log}(\frac{A}{n})} = [\text{Log}(\frac{A}{n}) - 1] \cdot e^{n \cdot \text{Log}(\frac{A}{n})} = 0$

D'où :

$$\text{Log}(\frac{A}{n}) - 1 = 0 \quad (\text{car } e^{n \cdot \text{Log}(\frac{A}{n})} \neq 0)$$

$$\text{Log}(\frac{A}{n}) = 1$$

$$(\frac{A}{n}) = e^{(1)}$$

$$e = \frac{A}{n} \quad (3)$$

D'où :

L'expression (3) montre que les parties $\frac{A}{n}$ de "A" sont égales à "e".

Ceci signifie que le produit des parties de "A" est maximum quand les parties de "A" sont égales à la valeur du nombre "e" ou, à défaut, aussi proche que possible du nombre "e".

Le nombre "e" vaut : 2,718...

Agenda

Journées Techniques Cimbéton 2012

Voici le planning des prochaines journées techniques organisées par Cimbéton :

- **Mairie de Saint-Aubin-lès-Elbeuf (Seine-Maritime) :** **jeudi 27 septembre** – Conférence entièrement dédiée à la technique du retraitement des chaussées aux liants hydrauliques
- **Troyes : jeudi 15 novembre** – Conférence sur "Le Traitement des sols et le Retraitement des chaussées aux liants hydrauliques".

Invitations disponibles sur simple demande auprès de Cimbéton.

2-4 octobre 2012 (Lyon) Interoute et Villes 2012



C'est à Eurexpo que se tiendra ce Salon spécialisé dans les matériels, matériaux, équipements et technologies pour les rues, routes, autoroutes et la ville. À noter qu'au sein de ce Salon aura lieu le Congrès de l'IDRRIM (L'Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité).

Pour en savoir plus : www.interoute-ville.com ou www.idrrim.com

Jeudi 8 novembre 2012 (Nanterre) Colloque "Le béton et la ville durable"

Cimbéton, le SNBPE et la FIB organisent, en association avec l'école d'ingénieurs CESI, un colloque sur les enjeux, l'état de l'art et la prospective en bâtiment, génie civil et infrastructures de mobilité. Lieu : CESI, Centre de Paris, 93 boulevard de la Seine à Nanterre.

Contact : 01 55 23 01 00 (Cimbéton)

À paraître prochainement

L'entretien structurel des chaussées souples et semi-rigides

Le retraitement en place à froid aux liants hydrauliques

Ce guide présente une synthèse des connaissances et des règles de l'art, relatives à la technique de retraitement en place à froid des chaussées aux liants hydrauliques routiers.

Référence : T71

Ce document sera bientôt disponible gratuitement auprès de Cimbéton par téléchargement sur le site www.infociments.fr

