

ROUTES

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



CHANTIER

Autoroute A65 :
un gigantesque chantier
de traitement aux liants
hydrauliques routiers
sur 150 km

RÉFÉRENCE

Reims (Marne) : le béton
prêt à l'emploi au service
du tramway

LE POINT SUR

Retraitement en place des
chaussées aux LHR : la solution
gagnante

2 ÉDITORIAL

3-7 CHANTIER

Autoroute A65

Un gigantesque chantier de traitement aux liants hydrauliques routiers sur 150 km



8-10 LE POINT SUR

Retraitement en place des chaussées aux LHR : la solution gagnante



11-14 RÉFÉRENCE

Marne

Reims : le béton prêt à l'emploi au service du tramway



15-17 RÉFÉRENCE

Hautes-Alpes

Sur la RD 17, une glissière en béton adhérent (GBA) de 460 m de long pour protéger une *via ferrata*



18-19 RÉFÉRENCE

Alpes-de-Haute-Provence

Manosque : des bétons désactivé et bouchardé pour l'école de la centrale nucléaire ITER



20 LE SAVIEZ-VOUS ?

En couverture : depuis la plate-forme et le béton de la voie ferrée, en passant par les revêtements de sols aux fonctionnalités différentes ou par les importants ouvrages annexes, le chantier du tramway de Reims a nécessité 65 000 m³ de béton.



Les plates-formes de transport collectif en site propre. Séminaire, les 7 et 8 juin 2012 à Paris

L'Association Européenne des routes en béton EUPAVE et CIMBÉTON organisent le jeudi 7 et le vendredi 8 juin 2012 un séminaire intitulé "Infrastructures de Transport Collectif de surface en Site Propre (TCSP)"

La tenue du séminaire en France a été motivée par l'ensemble des facteurs suivants :

- **La France possède une longue expérience en matière de plates-formes de transport collectif de surface en site propre.** En effet, le renouveau du transport collectif de surface est survenu depuis 1985 par la création de lignes nouvelles de tramways sur rails à Nantes, Grenoble, Rouen, Strasbourg... puis sur pneus à Caen, Nancy, Clermont-Ferrand, Ile-de-France avec le T5 et le T6... et, depuis peu, par des bus à haut niveau de service à Douai, Melun-Sénart, Metz, Toulon...

La France peut s'enorgueillir d'avoir activement favorisé le développement progressif de ces modes de transport au point de dire : "Quelle agglomération n'a pas développé son réseau de plate-forme de Transport Collectif de Surface en Site Propre ou projeté de le faire prochainement ?".

- **La France a su développer un réseau de transport structurant et hiérarchisé qui est devenu une priorité pour les territoires.** En attestent les résultats du 2^e appel à projet TCSP Grenelle : un nombre croissant de villes moyennes a fait le choix du Bus à Haut Niveau de Service qui apparaît comme une alternative performante et viable au bus traditionnel et au tramway.

- **Les Maîtres d'ouvrage et d'œuvre, au-delà de répondre à cette exigence de déplacement, ont saisi l'occasion pour repenser l'urbanisme du centre-ville.** Les évolutions technologiques du matériel roulant et des matériaux de construction ont permis de concrétiser cette politique de développement.

Quant à la tenue du séminaire à Paris, elle a été motivée par un ensemble de facteurs qui sont :

- Multiplicité des projets sur l'Ile-de-France : T2 ; T3 ; T5 ; T6...

- Multiplicité des concepts : tramways sur rails ; tramways sur pneus ; bus à haut niveau de service...

- Multiplicité des techniques de construction des plates-formes : revêtement en béton non armé et non goujonné ; revêtement en béton à joints goujonnés ; revêtement en Béton Armé Continu (BAC).

- Projets à différents stades d'avancement : en exploitation ; en construction.

Ce séminaire sera ainsi l'occasion de faire le point sur la place de ces modes de déplacement dans les agglomérations, à travers des retours d'expériences en matière de mise en place de lignes de TCSP et de tirer des enseignements sur les impacts économiques et urbanistiques de ce mode de transport pour une agglomération.

Ce colloque aura lieu à l'**Hôtel Mercure Paris Porte de Saint-Cloud** - 37 place René Clair - 92100 Boulogne-Billancourt.

Je vous invite donc à venir échanger sur ces sujets avec nos collègues européens le jeudi 7 et le vendredi 8 juin 2012.

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

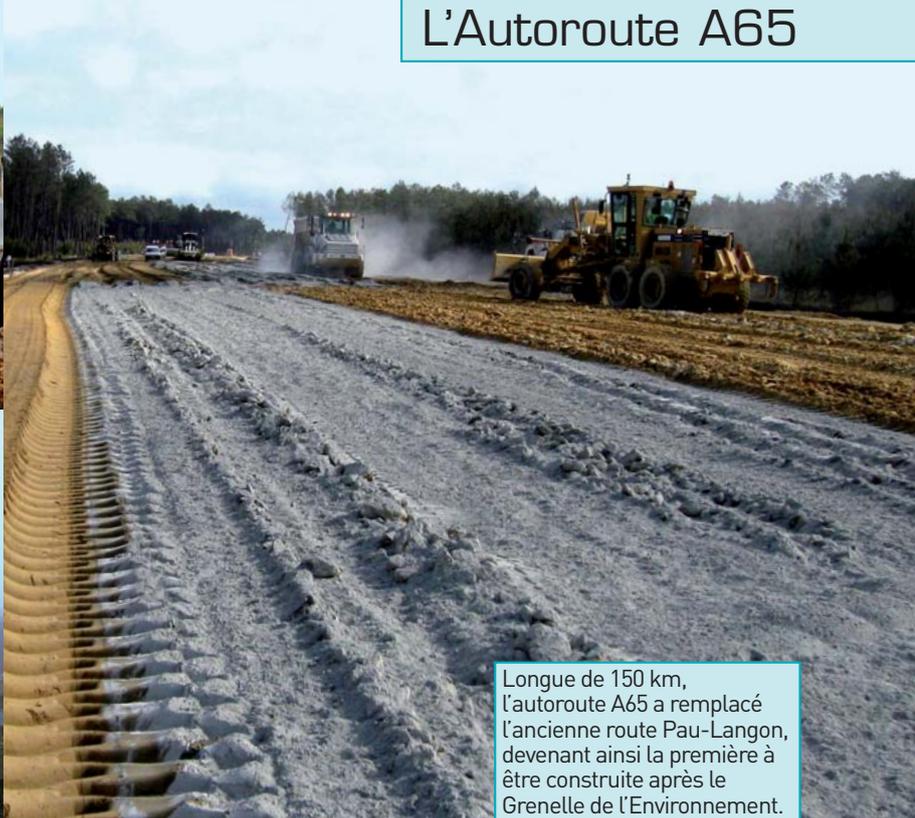
Fax : 01 55 23 01 10

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-ménages* : Joseph Abdo - Reportages, rédaction et photos : Joseph Abdo, Marc Deléage, Jacques Mandorla, Romualda Holak - Réalisation : Ilot Trésor, 83 rue Chardon Lagache, 75016 Paris - Email : mandorla@club-internet.fr - Direction artistique : Arnaud Gautelier - Maquette : Dorothee Picard - Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2012 - ISSN 1161 - 2053 1994



Longue de 150 km, l'autoroute A65 a remplacé l'ancienne route Pau-Langon, devenant ainsi la première à être construite après le Grenelle de l'Environnement.

Autoroute A65 : un gigantesque chantier de **traitement aux liants hydrauliques routiers** sur 150 km

Sur le chantier de la première autoroute construite après le Grenelle de l'Environnement, l'emploi de différents liants hydrauliques routiers (LHR) a permis de valoriser les matériaux du site dans les couches de forme. Les délais d'exécution, plutôt serrés, ont pu être respectés grâce à une organisation très rigoureuse, notamment pour la gestion des six lots travaillant en parallèle.

Connue pour sa pénibilité et sa dangerosité, l'ancienne route Pau-Langon a laissé place, en décembre 2010, à une autoroute

2x2 voies flambant neuf. Longue de 150 km, l'A65 améliore les communications entre Pau, deuxième métropole de l'Aquitaine, et sa capitale régionale Bordeaux. Pau se situe désormais à 1h30 environ de Bordeaux, ce qui représente un gain de 50 minutes pour un véhicule léger et d'une heure pour un poids lourd. Cette autoroute de Gascogne améliore aussi l'accès aux Pyrénées, désenclave l'Est des Landes et le département voisin du Gers.

l'exploitation de l'A65 pour une durée de 60 ans. Elle est détenue à 65 % par Eiffage et à 35 % par Sanef.

Piloté par Eiffage Travaux Publics, le GIE A65 est chargé de la partie conception-construction de l'A65, tandis que l'exploitation est confiée à la filiale Sanef Aquitaine.

Pour la phase études, quatre bureaux d'ingénierie ont été mobilisés (Ingerop, Arcadis, Coteba et Egis) sur les aspects géotechniques, hydrauliques et environnementaux du chantier.

Ensuite, au niveau de la réalisation, le chantier a été subdivisé en six lots pour la partie TOARC (Terrassement, Ouvrages d'Art, Rétablissement des Communications) et assainissement, quatre pour les enrobés et trois pour les équipements.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage concessionnaire :
A'lienor (65% Eiffage - 35% Sanef)

Concepteur constructeur : GIE A65
(Eiffage Travaux Publics)

Maîtrise d'œuvre : Ingerop, Coteba, Arcadis et Egis

Entreprises terrassements :
Fougerolle-Ballot (groupe Eiffage), Vinci, Forézienne d'Entreprises, Buesa Frères

Fournisseurs des liants hydrauliques routiers :
Lafarge Ciments, Ciments Calcia

Un découpage en six lots de TOARC

En 2006, Eiffage et Sanef ont créé ensemble la société A'lienor, dédiée au financement, à la réalisation et à

“Chaque lot de TOARC fait environ 25 km, ce qui est la taille maximale pour conserver une bonne vision globale des tâches à effectuer. Les six chantiers sont menés en parallèle pour pouvoir tenir les délais. Certains TOARC sont toutefois regroupés par paires – les TOARC 1 et 2, au Nord, et les TOARC 5 et 6, au Sud –, pour obtenir une meilleure synergie au niveau des matériels et services généraux, mais les équipes d'encadrement restent indépendantes” explique Olivier Prinnet, responsable terrassements du GIE A65.

Les TOARC 1 et 2 (section nord : Langon / Roquefort ; 51 km), sont traités par Fougerolle-Ballot (groupe Eiffage) et Vinci. Les lots 3 et 4 (section intermédiaire : Roquefort / Aire-sur-l'Adour ; 39 km) sont réalisés par Fougerolle-Ballot et la Forézienne d'entreprises / Buesa Frères (sous-



La régularité de l'épandage des LHR est un paramètre important.

© Claude CIEUTAT



L'arrosage du sol précède son traitement.

© Claude CIEUTAT

traitants pour le lot 3). Fougerolle-Ballot se charge des lots 5 et 6 (section sud : Aire-sur-l'Adour / Pau ; 45 km).

“Au final, il y a quatre directeurs de travaux : un pour les deux lots 1 et 2, un pour le lot 3, un pour le lot 4 et un pour les lots 5 et 6. Ils agissent de manière indépendante” précise Jacques Guichard, directeur de projet. Chargé du pilotage du planning et des moyens matériels sur l'ensemble du chantier, il supervise notamment ces quatre directeurs de travaux.

Il s'agit de la première autoroute réalisée après le Grenelle de l'Environnement. “Une des principales conséquences est l'utilisation, à grande échelle, de liants hydrauliques routiers dans les couches de forme. Elle valorise les matériaux du site, ce qui permet de préserver les gisements de granulats, tout en réduisant au strict minimum le transport de matériaux sur longue distance” commente Olivier Prinnet.

Sur un total de 1,5 million de m³ de couche de forme mis en œuvre (section courante et plate-forme), plus de 85 % (1,3 million de m³) a été traité en place. “Seuls les TOARC 1 et 2 font l'objet, sur une dizaine de kilomètres environ, d'un traitement en centrale. Il s'agissait de limons qui s'y prêtaient bien et Vinci avait des centrales disponibles.

C'était pour nous une option très intéressante car elle libérait les pulvimixeurs pour le traitement en place par Fougerolle-Ballot sur le reste du chantier” précise Jacques Guichard.

De son côté, Patrice Chardard, directeur technique terrassements de Fougerolle-Ballot détaille : “Les limites des TOARC se situent au droit des ouvrages d'art. Tous les lots répondent aux mêmes exigences, notamment en matière de niveau : le réglage des couches de forme s'effectue au centimètre près, tout au long de ce tracé de 150 km de long.

Liants : deux fournisseurs et une bonne logistique

Une des difficultés liées à un chantier d'une telle envergure est de s'assurer que la chaux et les liants hydrauliques routiers, nécessaires en de forts tonnages, arriveront en quantité suffisante et à temps.

“En ce qui concerne la chaux, il existe de nombreux sites de production en France, mais peu sont à même de fournir les 230 000 tonnes nécessaires. D'où le recours à la Chaux du Périgord, appartenant au groupe Lhoist, qui possède aussi des usines en Espagne” signale Olivier Prinnet.



Dans la cimenterie, un broyeur dédié permet de tenir les fortes cadences de production.

L'aptitude au traitement des échantillons prélevés en différents points de ce site particulièrement étendu a été testée avec de nombreux liants hydrauliques routiers. Malgré la diversité des gisements, l'objectif était d'aboutir, en tout point du parcours, à une portance de type PF3.

Au final, le choix s'est porté sur deux fournisseurs, pour des raisons logistiques et géographiques. "Cela permet de très bien sécuriser les approvisionnements : la demande en période de pointe aurait été trop importante pour se cantonner à un seul fournisseur. Les usines d'Airvault (79) et d'Añorga (Espagne) de Ciments Calcia approvisionnent les TOARC situés au sud du chantier, tandis que Lafarge Ciments, bien implanté dans le sud-ouest, est chargé d'alimenter les TOARC 1 et 2, côté Langon" précise Patrice Chardard. Ainsi, Lafarge Ciments a livré 75 000 tonnes de Rolac 445LC depuis sa cimenterie de La Couronne, près d'Angoulême en Charente.

"Essentiellement concentrées sur quatre mois, les livraisons tournaient autour de 800 à 900 tonnes/jour, avec des pointes à 1 300 t/j en mai 2010, ce qui représente une cinquantaine de camions-citernes par jour" explique Philippe Lasseur, responsable travaux publics de Lafarge Ciments. Cela sous-entend une logistique irréprochable car les livraisons ont lieu en différents points du chantier. "Nous

avons choisi un transporteur unique, Charles André Transport, pour avoir un seul interlocuteur qui a une bonne vue d'ensemble, tout en étant parfaitement au courant des enjeux et de nos besoins. Une batterie de camions dédiée a ainsi permis d'approvisionner le chantier en flux continu" souligne Philippe Lasseur. Pour David Cuinet, responsable national des ventes (marchés routes et environnement) de Lafarge Ciments : "Tout cela impliquait une étroite communication entre notre interlocuteur chez Eiffage, qui synthétisait toutes les demandes de ses différents responsables de travaux, et notre propre service logistique. Les plannings prévisionnels, d'abord mensuels puis hebdomadaires, étaient ajustés le jour J pour le jour J+1".

De son côté, tous liants confondus, Ciments Calcia a livré un total de 120 000 tonnes de LHR sur les lots 3, 4, 5, 6 et un complément sur le lot 2 (lot Lafarge Ciments). Les TOARC 2, 3, 4 et la moitié du lot 5 ont consommé 80 000 tonnes de LHR en provenance de l'usine d'Airvault (79). Il s'agit majoritairement de Ligex 111 M10 (80 %) et de Ligex normalisé HRB 30. Le lot 3 a également consommé 10 000 tonnes de Ligex PR (prise rapide) pour le traitement des arases terrassements. Les couches de forme du lot 6 et 50 % du lot 5 ont été traitées avec 40 000 tonnes de Ligex SP6 venant de l'usine espagnole d'Añorga.

CARACTÉRISTIQUES DES LIANTS ROUTIERS EMPLOYÉS

ROLAC 445 LC (Lafarge Ciments)

Clinker : 68 %

Calcaire : 32 %

Gypse : 4 %

Début de prise : 390 minutes

Résistance à la compression à 7 j : 32,9 MPa

Résistance à la compression à 56 j : 42,6 MPa

ROLAC 645 LC (Lafarge Ciments)

Clinker : 74 %

Calcaire : 26 %

Gypse : 4 %

Début de prise : 152 minutes

Résistance à la compression à 7 j : 30 MPa

Résistance à la compression à 56 j : 42,6 MPa

LIGEX SP6 (Ciments Calcia)

Résistance à la compression à 7 j : 21 MPa

Résistance à la compression à 28 j : 34 MPa

Résistance à la compression à 56 j : 42 MPa

LIGEX 111 M10 / HRB30 (Ciments Calcia)

Résistance à la compression à 7 j : 26 MPa

Résistance à la compression à 28 j : 35 MPa

Résistance à la compression à 56 j : 41 MPa

"Il faut savoir que le Ligex SP6 contient 55 % de clinker (45 % de cendres), contre 75 % pour le HRB 30 et 85 % pour le M10. Plus il y a de clinker, plus la prise et la montée en résistance sont rapides. Le Ligex PR, riche en clinker (95 %), a permis l'amélioration des sols très humides et de l'arase terrassement afin de permettre l'approvisionnement de la couche de forme proprement dite" explique Wilfried Beck, responsable régional marché routier, secteur ouest, chez Ciments Calcia. La filiale transport (Tractel Sud-Ouest) de Ciments Calcia s'est chargée de la

UN CHANTIER SOUS L'ANGLE DU GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT

L'autoroute A65 est la première grande infrastructure à intégrer les exigences du Grenelle de l'Environnement. A'lienor, Eiffage Travaux Publics et Sanef Aquitaine se sont donc engagés à limiter l'impact du chantier, puis de l'exploitation de l'A65 dans les zones naturelles sensibles.

Valorisation et préservation du patrimoine naturel

Elles ont été élaborées, ainsi que l'intégration paysagère, avec l'aide de cabinets spécialisés. La préservation de la ressource en eau comprend notamment celle des écosystèmes aquatiques et des zones humides. Les mesures d'évitement, de réduction et de compensation développées pour l'A65 ont permis de définir et d'affiner le tracé le moins impactant, afin de ne pas porter atteinte à l'état de conservation des espèces.

Mesures d'évitement

Elles consistent à contourner ou réduire l'emprise nécessaire pour éviter au maximum les atteintes à des habitats naturels riches. Lorsque le tracé ne peut éviter un milieu sensible, les mesures d'atténuation se traduisent par la construction de viaducs, d'ouvrages hydrauliques équipés de berges pour la circulation de la petite faune, d'ouvrages dédiés pour la grande faune, d'ouvrages de guidage pour les chiroptères, ces mammifères volants communément appelés chauves-souris....

Mesures de compensation

L'emprise de 1 600 hectares de l'A65 touche des habitats naturels propices à différentes espèces protégées : c'est ce qu'on appelle la "dette écologique". Elle est compensée par la restauration ou la sécurisation d'environ 1 400 hectares de zones d'habitats favorables au redéploiement des espèces et par leur gestion conservatoire sur la durée de la concession.

totalité des approvisionnements du site depuis les deux usines en mobilisant un total de 82 camions les jours de pointe.

Savoir gérer au mieux les périodes de pointe

En raison de l'adaptation du projet initial aux exigences du Grenelle de l'Environnement et des intempéries, la date de démarrage du chantier a été repoussée de plusieurs mois... mais en conservant la date de mise en service prévue. "Il a donc fallu accélérer les cadences par la mise en œuvre de moyens supplémentaire et par une augmentation de la cadence de production et de livraison de la chaux et des liants hydrauliques routiers" explique Patrice Chardard.

Au niveau de la chaux, par exemple, la cadence moyenne de livraison est passée de 700 t/j à 1700 t/j, en période de pointe. D'où le recours à cinq usines de production au lieu de trois.

Au niveau des LHR, la période la plus intensive s'est concentrée d'avril à octobre. "À l'origine, le planning prévisionnel était assez lissé, avec l'indication de tonnages mensuels. Ce planning est devenu bi-mensuel, puis hebdomadaire et, enfin, ajusté du jour au lendemain. Avec la nécessité de produire 70 000 tonnes de liants en 4 à 5 mois seulement, alors que la capacité annuelle de l'usine d'Airvault est 100 000 tonnes, nous étions quasiment au maximum. Pour continuer à fournir nos autres clients, nous nous sommes appuyés sur nos usines de Beffes (Cher) et d'Añorga. Et les camions étaient en rotation permanente" signale Wilfried Beck.

Chez Lafarge Ciments, le broyeur dédié à la production du Rolac 445LC tournait 24 h sur 24 et 7 jours sur 7 pendant les périodes de pointe. Un deuxième broyeur, consacré à un autre liant, le Rolac 645LC, a dû cependant venir l'épauler. "Les caractéristiques de ce liant sont très proches, à l'exception d'un début de prise plus rapide : 152 minutes au lieu de 390. En étroite concertation avec Eiffage, nous avons prévu l'organisation nécessaire pour le livrer là où il serait le plus approprié sur le chantier" précise David Cuinet.



De jour comme de nuit, le pulvimixeur mélange intimement matériaux du site, liants hydrauliques routiers et eau.

"Suite à la proposition de Lafarge Ciments concernant ce liant de substitution, nous avons rapidement déterminé qu'il serait plus adapté au traitement en place qu'à la production en centrale avec Vinci" ajoute Jacques Guichard.

D'autres adaptations ont aussi été nécessaires. "Ainsi, par exemple, dans un marché de terrassement, après la réception de la couche de forme, un délai de 90 jours est habituellement respecté avant l'intervention de l'entreprise de chaussée. Ici, comme Eiffage et ses sous-traitants se sont chargés de la conception / réalisation, cette période a pu être ramenée à 28 jours seulement. D'où un gain de temps appréciable" signale Patrice Chardard.

Des partenaires plutôt que des fournisseurs

Un chantier d'une telle envergure a été riche d'enseignements pour la plupart des intervenants.

"Un lot de TOARC pose habituellement peu de problème. Mais ici, il y en avait six à gérer simultanément et avec des délais plutôt courts. Il a donc fallu, très en amont, réaliser des études de compatibilité avec des échantillons issus de différents gisements et les liants de tous les fournisseurs. Cela permet de

construire divers scénarios pour contourner les différents problèmes ou contretemps possibles ou faire face, le cas échéant, à de fortes accélérations de cadence. Une fois les fournisseurs choisis, il convenait d'assurer, également très en amont, que l'outil industriel de production et la logistique de livraison soient appropriés. C'est une stratégie qui se construit avec des hommes dédiés. Ce qui fait qu'on ne peut plus vraiment parler de fournisseurs mais de partenaires, étant donnée la forte implication qui leur est demandée et dont ils ont fait preuve" explique Olivier Prinnet.

L'évaluation de la compatibilité du liant avec le matériau à traiter a lieu très en amont. Ainsi, deux ans plus tard, le liant a pu légèrement évoluer, en fonction des normes, des approvisionnements en matières premières, etc. "Certains liants peuvent être devenus un peu différents de ceux sur lesquels les essais de laboratoire ont eu lieu. Ces différences sont souvent minimes, mais il est indispensable de répéter les études de traitement pour, si nécessaire, ajuster les dosages en liant et en eau" signale Patrice Chardard.

"Comme tout chantier, il peut être soumis aux intempéries, même en période de pointe. Il faut donc répartir des silos en différents points du chantier

pour réceptionner ce qui est parti des usines de production, qu'il s'agisse de la chaux ou des liants. Dans le cas présent, nous avons 3 000 tonnes de capacité de stockage" explique Jacques Guichard.

"Face à un grand chantier, il faut savoir conserver une certaine marge de manœuvre pour pouvoir monter les cadences. Mais dans le cas présent, nous étions vraiment proches de la saturation au niveau de l'outil de production. Il faut donc prévoir des liants de secours, ce qui sous-entend d'avoir mené au préalable les études de faisabilité avec les gisements potentiellement concernés. Ces liants permettent, en quelque sorte, de doubler la gamme. Par ailleurs, il faut aussi savoir conserver précieusement les clients fidèles qui sont le fonds de commerce de l'usine. Certains acceptent un décalage de chantier, alors que d'autres sont livrés depuis d'autres usines de notre groupe" conclut Wilfried Beck. ■



En phase chantier, de nombreux contrôles sont effectués par carottage.



La phase de compactage est réalisée avant le début de la prise.



Le mélange est systématiquement contrôlé au gammadensimètre.



Origny-le-Sec (Aube) : le tronçon de 4 km sur la RD 96, réalisé par retraitement en place au LHR, sera ensuite recouvert d'une couche de roulement en enrobé coulé à froid.

Retraitement en place des chaussées aux LHR : la solution gagnante

Proposé par certaines entreprises comme variante dans les appels d'offres ouverts, le retraitement en place des chaussées aux liants hydrauliques routiers (LHR) gagne du terrain grâce à ses atouts techniques, logistiques, environnementaux et économiques. Désormais, cette technique figure même en solution de base dans certains appels d'offres.

Lorsqu'une rénovation de chaussée s'impose, différentes solutions sont envisageables. La technique du retraitement en place offre une alternative très performante en réutilisant les matériaux de l'ancienne chaussée.

Dans un premier temps, des carottages vont permettre de déterminer la nature exacte des matériaux de ses différentes couches



Origny-le-Sec (Aube) : l'épandage du LHR respecte un dosage précis au m².

et leur aptitude à un retraitement en place. Ensuite, des analyses complémentaires définiront les liants hydrauliques routiers (LHR) les plus appropriés et leur dosage ainsi que la teneur en eau optimale pour obtenir, au final, une portance maximale.

Lorsque cette solution est retenue, la chaussée est renouvelée sur toute son épaisseur sans apport de matériaux autres que le liant et l'eau. Les atouts de cette technique sont nombreux sur le plan économique et logistique. Les moyens à mettre en place sont réduits tout comme le coût des postes transport (location de camions ; frais de personnel, de carburant, d'entretien), approvisionnement en matériaux naturels, évacuation des gravats et mise en décharge.

Sur le plan environnemental, le bilan est largement positif avec une moindre consommation des ressources

naturelles épuisables. Outre la pérennité du résultat obtenu, sous l'angle du développement durable, figurent aussi la rapidité d'exécution et la réduction des nuisances au niveau des riverains et des usagers, avec une économie de 1 000 camions.

Origny-le-Sec (Aube)

Long de 4 km, le tronçon de la RD 96 compris entre Origny-le-Sec et Orvilliers-Saint-Julien (Aube) devait être élargi et renforcé au cours de l'été 2011. Le trafic y est modéré : des automobiles, quelques bus de ramassage scolaire, environ une vingtaine de poids lourds par jour dans chaque sens, surtout pendant la période des moissons.

"Large de 5 mètres en moyenne, cette chaussée à deux voies est composée d'un empierrement de 15-20 cm



Origny-le-Sec (Aube) : le pulvimixeur mélange matériaux du site, LHR et eau.

d'épaisseur recouvert de couches successives de 4-5 cm d'enduit" explique Didier Prédieri, responsable du Service modernisation et entretien de la route, au sein de la Direction des routes et de l'action territoriale du Conseil Général de l'Aube. Dans la solution de base de l'appel d'offres, des épaulements en grave non traitée (GNT) sur 46 cm d'épaisseur permettaient de l'élargir à 5,50 m avant de recharger l'ensemble de la chaussée avec 20 cm de GNT et un enduit bicouche en guise de couche de roulement.

L'entreprise Routes et Chantiers Modernes (RCM) a proposé comme variante le retraitement en place de cette chaussée au LHR sur 43 cm d'épaisseur, suivi de l'application d'une couche de roulement en enrobé coulé à froid. Cette solution évite, à la fois, la mise en décharge d'environ 15 000 à 20 000 tonnes de matériaux et l'apport de près de 20 000 tonnes de GNT. "Autre avantage, avec cette solution : les performances de la nouvelle chaussée seront homogènes sur sa largeur, sa longueur et son épaisseur" signale Didier Prédieri.

Mais cela n'empêche pas pour autant une certaine vigilance : "Avant d'attribuer le marché, nous avons vérifié si l'entreprise disposait bien des moyens techniques nécessaires pour l'épandage, le retraitement, etc. afin d'atteindre le niveau de performance attendu. Son engagement sur une garantie de deux ans nous a convaincu" ajoute Didier Prédieri.

Un bon suivi technique indispensable

Ce chantier était suivi de près par le laboratoire départemental du Conseil Général de l'Aube, ainsi que par le laboratoire de RCM.

"Nous sommes intervenus à tous les stades du projet. Avant de répondre à l'appel d'offres, nous avons recueilli les données du laboratoire départemental de l'Aube, puis procédé à une reconnaissance de l'existant en faisant l'état des dégradations. À l'aide de mesures de déflexion et de carottages, nous avons estimé la réponse mécanique globale de la chaussée en place. Cela nous a permis d'évaluer la compatibilité des matériaux de la chaussée existante au retraitement aux LHR" précise Romuald Van Cauvenbergh, directeur du laboratoire de RCM.

Après adjudication, le laboratoire a affiné ses études et calé le dosage en LHR à 4,5 %. Ensuite, pendant la phase chantier, le suivi était quotidien.

"Chaque jour, dès 5h30 du matin, le technicien du laboratoire effectuait des prélèvements en différents points du tronçon à traiter pour déterminer l'exacte quantité d'eau à ajouter au m². En cours de journée, la quantité de LHR appliquée au m² était également régulièrement vérifiée. Ce sont les deux paramètres fondamentaux à contrôler : la régularité de l'épandage du LHR et la teneur en eau. S'il n'y a pas assez d'eau, la prise ne se fait pas correctement. S'il y en a trop, la portance attendue à court terme, nécessaire pour le réglage et le nivellement, n'est pas au rendez-vous" souligne Romuald Van Cauvenbergh. La qualité du compactage est également suivie de près. Juste avant la réception du chantier, le laboratoire de RCM devait aussi mesurer la déflexion de la nouvelle chaussée.

"Dans le cas présent, il est difficile de



Origny-le-Sec (Aube) : deux compacteurs (à pneus et vibrant) assurent la régularité de la future chaussée.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

RD 96 (Origny-le-Sec / Orvilliers-Saint-Julien)

Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : Service modernisation et entretien de la route (Direction des routes et de l'action territoriale) du Conseil Général de l'Aube.
Entreprise : Routes et Chantiers Modernes (RCM)

Sens

Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : Services techniques de la Communauté de communes du Sénonais

Entreprise : RCM

Aérodrome de Villaroche (Montereau-sur-le-Jard)

Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : Sympav

Entreprise : RCM

Fontenay-Trésigny

Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : Mairie de Fontenay-Trésigny

Entreprise : Pian Entreprise

Claye-Souilly

Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : Mairie de Claye-Souilly

Entreprise : Pian Entreprise

Villeparisis

Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : Mairie de Villeparisis

Entreprise : Pian Entreprise

Fournisseur des LHR sur tous les sites : Holcim Ciments

parler de portance puisqu'il n'y a pas à proprement parler de couche de forme. La couche traitée sur 43 cm joue le double rôle de complexe multicouche. Forme et assise constituent alors un bloc monolithique. La valeur maximale de déflexion demandée était de 30/100°. Le résultat obtenu dépasse cet objectif, avec une valeur mesurée de 20/100°, ce qui signifie que la chaussée est plus performante encore que ce qui était demandé" souligne Romuald Van Cauvenbergh.

Signalons que le laboratoire de RCM a aussi travaillé sur un autre chantier de retraitement en place : il s'agit d'une voie d'accès à une zone industrielle dans la ville de Sens (Yonne), large de 10 m et longue de 500 m. Le retraitement a également eu lieu sur

43 cm d'épaisseur. "Une rigidité supérieure en était attendue en raison d'une plus forte circulation de poids lourds, d'où un dosage en LHR à 6 %" précise Romuald Van Cauwenbergh.

■ Villeparisis (Seine-et-Marne)

Pian Entreprise a retraité en place plusieurs chaussées urbaines dégradées par le gel à Villeparisis.

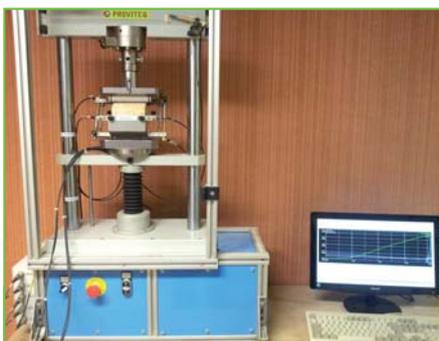
"Qu'il s'agisse de la rue des Martyrs, de l'avenue de Bossoutrot ou du boulevard des Alliés, la stratégie est toujours la même : une seule journée de réfection pour minimiser les nuisances auprès des riverains et pour gêner le moins possible le trafic des véhicules. Il ne faut pas oublier qu'avec les autres techniques, un chantier dure habituellement une semaine" rappelle son directeur, Pascal Pian. Dans cette course contre la montre, tout est bien rodé : dépose des bordures, réfection des trottoirs, rabotage de la chaussée, remise à niveau puis traitement au LHR, réglage puis compactage.

■ Fontenay-Trésigny (Seine-et-Marne)

Pian Entreprise est aussi intervenue à Fontenay-Trésigny pour le retraitement en place d'une voie d'accès à une zone industrielle fréquentée 24 h sur 24.

"Âgée d'une quinzaine d'années, cette chaussée de 8 mètres de large sur 400 de long est à base de sable-ciment, grave-ciment et enrobés. En moyenne, environ 200 poids lourds y passent chaque jour pour desservir l'entreprise de transports FM Logistic" explique Jacques Profit, maire de la commune. La solution de base proposée dans l'appel d'offres consistait à fraiser sur 20 cm d'épaisseur puis à mettre en œuvre 15 cm de grave-bitume et 5 cm d'enrobés.

"D'après les carottages réalisés sur le site, une solution de retraitement en place s'avérait possible en rabotant la couche d'enrobés, puis les deux couches sous-jacentes. Les gravats de la couche d'enrobés sont employés pour les accotements tandis que les deux autres couches (sable-ciment et grave-ciment) sont utilisées en place, une fois



L'écrasement d'éprouvette en laboratoire permet la détermination du module E et de la résistance à la traction indirecte R_{tb} .

retraitées sur 35 cm d'épaisseur avec 7 % de ciment" précise Pascal Pian.

"Autrement dit, nous obtenons ainsi une route neuve avec de très bonnes perspectives en termes de durabilité" commente Jacques Profit. Cet ancien de la DDE parle en connaissance de cause puisqu'il a étudié de près les résultats d'essais effectués dans d'autres communes. Pour ne pas trop perturber l'activité du site, le chantier se déroule par demi-chaussée, en maintenant ouverte la circulation des véhicules. Ce chantier est, lui aussi, mené à grande vitesse : rabotage et malaxage dans la foulée, compactage, cloutage, gravillonnage.

"Normalement, il faut laisser passer trois à quatre jours avant d'appliquer la couche d'enrobés mais, dans le cas présent, la nécessité d'une remise en circulation rapide nous a conduit à supprimer ce

décalage. Cela ne pose aucun problème à condition de ne pas rouler dessus immédiatement" confie Pascal Pian.

En 2014, une autre rue de cette commune sera aussi retraitée en place. "Elle a été rechargée plusieurs fois en enrobés au fil des ans, ce qui fait que les seuils des maisons se situent maintenant en contrebas. Prévu comme solution de base dans l'appel d'offres, le retraitement en place permettra de redescendre cette rue de quelques centimètres pour la remettre à son niveau d'origine" précise Jacques Profit.

■ Claye-Souilly (Seine-et-Marne)

Le retraitement en place figurait aussi comme solution de base dans un appel d'offres à Claye-Souilly. Il y a quatre ans, une première tranche de travaux avait permis de démontrer l'efficacité du retraitement en place sous forme de variante. Cette fois-ci, cette technique est imposée pour la réfection de la rue de Souilly, une chaussée de 8 000 m² dégradée par le gel. Les matériaux retraités (grave-bitume et d'enrobés) ont nécessité l'incorporation de 7 % de ciment.

"Pour ne pas trop perturber la circulation des autobus sur cet axe majeur, ce chantier a été réalisé par demi-chaussée, en 2 jours seulement" conclut Pascal Pian. ■

UNE ROUTE EXPÉRIMENTALE SUR UN AÉRODROME

À l'occasion du 16^e Forum des collectivités locales et des travaux publics de Seine-et-Marne a été inaugurée, le 30 juin 2011, une nouvelle chaussée sur le Pôle d'activités de l'aérodrome de Villaroche à Montereau-sur-le-Jard, dont le maître d'ouvrage est le Sympav. Il s'agit d'un tronçon de route expérimentale d'une longueur de 200 mètres, réalisé par l'entreprise RCM au moyen d'un retraitement en place au LHR. La partie retraitée (35 cm d'épaisseur) a ensuite été recouverte de 2 cm d'enrobé coulé à froid.

Trafic : 100 véhicules légers/jour. Délai de réouverture au trafic : 2 jours.



À gauche, l'ancienne chaussée très dégradée et, à droite, la nouvelle voie retraitée en place au LHR, recouverte d'enrobé coulé à froid.



Reims : du béton désactivé a été utilisé en revêtement de toutes les plates-formes des stations du tramway.

Reims : le béton prêt à l'emploi au service du tramway

Depuis la plate-forme et le béton de la voie ferrée, en passant par les revêtements de sols aux fonctionnalités différentes ou par les importants ouvrages annexes, le chantier du tramway de Reims a nécessité 65 000 m³ de béton.

Avec ses 200 000 habitants, la Communauté d'agglomérations de Reims est l'une des plus denses de France. Il était donc logique qu'après Nantes (1985), Strasbourg (1994), Montpellier (2000), Lyon (2001), Bordeaux (2003), Nice (2007), Toulouse (2010) et d'autres villes encore, elle se dote d'un réseau de tramway pour améliorer sa desserte.

D'une longueur de 11,2 km, la ligne est orientée Nord / Sud. Elle part du quartier de Neuchâtel pour se

terminer au Sud en Y, desservant d'un côté l'hôpital Robert Debré (ligne A) et de l'autre la gare TGV Champagne-Ardenne (ligne B). Pour anticiper la future extension du réseau, des bifurcations sont déjà prévues aux stations Comédie et Opéra.

Cette ligne a été dimensionnée pour transporter, dès sa mise en service, 40 000 voyageurs par jour. La totalité du trajet s'effectue en moyenne en 20 minutes, sur la base d'une vitesse variant de 30 à 70 km/h. La ligne comporte 23 stations, trois parcs relais, 7 sous-stations électriques, 45 carrefours, 4 franchissements d'ouvrages d'art et un centre de maintenance.

Comme à Bordeaux, la ligne aérienne de contact cède la place à une discrète alimentation du tramway par le sol, dans la partie historique du centre-ville, sans aucune perte de performance et en toute sécurité : ce troisième rail est implanté sur un tronçon continu de 1,9 km de long,

entre les stations Boulingrin et Comédie. Il est composé de segments conducteurs de 8 m, alimentés par des coffrets enterrés tous les 22 mètres.



Intégré harmonieusement dans le béton désactivé, un troisième rail assure l'alimentation des rames sur 1,9 km de longueur en centre-ville.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage : MARS (Mobilité Agglomération Rémoise)

Entreprises (pour le génie civil) : Colas, Screg, Bouygues TP, Quille, Pertuy

Fournisseurs du béton : Unibéton, Holcim Bétons, Marne Béton

Fournisseurs du ciment : Ciments Calcia, Holcim Ciments

L'agglomération rémoise profite également de ces importants travaux pour réaménager les voiries, trottoirs, places et chaussées situés tout au long du trajet. Cette rénovation a lieu de façade à façade. Ces travaux sont complétés par une redéfinition des pôles d'échanges des voyageurs tramway / bus / SNCF.

Inauguration officielle de la ligne : 18 avril 2011

La Communauté d'Agglomérations de Reims innove en étant la première en France à concéder au secteur privé la totalité de ses transports urbains pour une durée de 30 ans, à compter de la mise en service commercial de la première ligne de tramway.

Constituée à cette occasion, la SAS Mobilité Agglomération Rémoise (MARS) associe un bureau d'études local (Pingat), des industriels et des constructeurs (Alstom Transport, Colas, Bouygues Construction), un exploitant (Transdev Reims) et des banques (la Caisse d'Épargne Lorraine-Champagne-Ardenne et la Banque européenne d'investissements). Sa mission est le financement de l'investissement, la conception et la construction de la première ligne de tramway de l'agglomération, ainsi que l'exploitation, la maintenance et l'entretien du réseau de transport urbain (tramway et bus) durant cette période. Sur ce contrat de près de 350 millions d'euros, plus de la moitié est prévue pour le génie civil.

Les constructeurs se sont organisés en trois sous-groupements de spécialités: Électromécanique et matériel roulant, piloté par Alstom Transport, Voies ferrées, avec Colas Rail et Alstom Transport, et Génie civil avec les entreprises du groupe Colas (Colas Est et Screg Est) et les filiales du groupe Bouygues (Bouygues TP, Quille Construction et Pertuy Construction). Fondée en mars 2006, la SAS MARS a commencé par reprendre, via une délégation de service public, l'exploitation du réseau d'autobus de Reims en janvier 2008. La mise en service officielle de la ligne de tramway a eu lieu le 18 avril 2011.



Le béton désactivé des trottoirs utilise des granulats locaux semi-concassés 0/10.

75 000 m² de béton de fondation BC3

Le terrassement de la chaussée et des trottoirs a porté sur un volume total de 290 000 m³. *"Les travaux de déviation des réseaux ont pris un an à eux seuls. Le groupement Génie civil a réalisé le réseau d'évacuation des eaux pluviales et fait l'OPC (ordonnancement, pilotage et coordination) des autres réseaux secs et humides"* signale Jean-Jacques Rémy, directeur du projet de TramReims Constructeurs.

Au niveau de la plate-forme, une épaisseur de 22 cm de grave non-traitée a été mise en œuvre puis compactée. En bordure de cette plate-forme, 25 fourreaux multitubulaires

ont été regroupés dans une emprise de 75 cm de haut et 90 cm de large pour y faire passer les 700 km de fourreaux et câbles liés aux différents réseaux (énergie, communications, éclairage public, signalisation...).

"Un béton B20, assez fluide, vient enrober ces multitubulaires pour les immobiliser. Pour être certain qu'ils ne bougent pas et ne se déforment pas pendant le coulage du béton, des masques les maintiennent en place tous les 2 m, au lieu de 3 m sur un chantier courant. La mise en place des coffrages a permis de couler le béton de fondation, un BC3, sur une épaisseur de 19 cm et sur une superficie totale de 75 000 m². Ce béton est coulé sur un sol-support d'une portance de 50 MPa. Sa mise en œuvre a eu lieu manuellement et a été suivie d'un tirage à la règle vibrante et d'une pulvérisation d'un produit de cure. Cette partie des travaux a duré près de sept mois. Nous avons réalisé cette prestation de façon à assurer un travail continu au pôle Voie Ferrée, schéma directeur de notre planning d'exécution. Au niveau des arrêts de bétonnage, nous avons disposé des goujons de 30 mm de diamètre tous les 75 cm" explique Stéphane Doutré (SCREG Est), responsable du pôle VRD au sein du groupement GIE Tram Construction.



La ligne de tramway serpente parfaitement dans le centre-ville historique.

Du béton ferme pour une construction automatisée

Après la mise en place d'un film de désolidarisation en polyane, le béton de voie ferrée est mis en œuvre sur le BC3 sur une épaisseur de 19,4 cm. La voie a été réalisée grâce aux deux



DES RAMES TRÈS STYLÉES

Capable de transporter 205 personnes, chaque rame du tramway rémois fait 32,40 m de longueur pour 2,40 m de large. Elle comporte cinq modules Citadis d'Alstom. Le parc de matériel roulant se compose de 18 rames différentes, qui se succèdent en moyenne toutes les 6 minutes. Le designer franco-suisse Ruedi Bauer (auquel on doit, entre autres, l'identité visuelle et la signalétique du Centre Pompidou, du Parc de Chambord et de la Cité Internationale Universitaire de Paris) a dessiné la proue et la poupe des rames, sous la forme d'une flûte de champagne stylisée, région oblige ! Il a aussi créé 9 livrées différentes aux couleurs très vives et acidulées : jaune, orange, rouge, rose, bleu, violet, turquoise, vert et gris.

Les carrefours circulés sont en béton désactivé noir, employant des granulats de porphyre 0/14 de Trappes, très résistants, et un colorant noir dans la masse. En se rapprochant de la teinte des enrobés de la voirie, ces zones indiquent visuellement qu'elles sont traversées par les véhicules.

méthodes suivantes : le système de construction automatisé Appitrack d'Alstom qui associe deux machines en tandem, asservies à un guidage laser. La première réalise une dalle de béton continue à l'aide de son coffrage glissant. Dans ce béton encore frais, la seconde machine enfonce à intervalles réguliers les platines métalliques qui

supporteront les rails. Cette technique est employée sur environ 70 % du tracé, le reste étant traité de manière traditionnelle à l'aide de traverses préfabriquées en béton. "Pour que ces platines-supports restent parfaitement en place aussitôt insérées dans le béton, cela sous-entend que celui-ci soit plutôt ferme. Il s'agit d'un béton de type routier S1 BC5 C35/45 XF2 doté d'un slump de 5 cm. Ce chantier en a consommé 20 000 m³" précise Patrick Perron, directeur commercial région Est d'Unibéton.

■ Du béton désactivé sur les zones circulables

"La majeure partie du trajet du tramway s'effectue en site propre. Légèrement surélevée par rapport à la chaussée, la plate-forme est alors isolée de la circulation automobile par des bordures infranchissables pour les véhicules, sauf au niveau des carrefours. Le revêtement de la plate-forme est engazonné à 60 % avec un dispositif d'arrosage intégré. Le reste est en béton désactivé, sauf dans certaines zones du centre-ville où des pavés granit ont été utilisés" indique Jean-Jacques Rémy.

Ce béton désactivé est notamment

employé pour les zones franchissables du trajet (avenue de Laon). En cas de nécessité (dépassement d'un camion mal garé ou immobilisé en pleine rue, par exemple), les véhicules peuvent ponctuellement et temporairement circuler sur la plate-forme. Appliqué sur 18 cm d'épaisseur, ce béton désactivé assez clair couvre une surface totale de 21 000 m². Son aspect moucheté provient d'un mélange de granulats 0/14 de différentes teintes, venant tous de la gravière de Nordhouse (Alsace). Par contre, un béton de couleur noire est utilisé pour les carrefours. "Sur 3 000 m², le béton circulé emploie des granulats de porphyre 0/14 de Trappes - un granulats très résistant - et un colorant noir dans la masse. En se rapprochant de la teinte des enrobés de la voirie, ces zones indiquent visuellement qu'elles sont traversées par les véhicules. Vingt carrefours ont ainsi été coulés en place. À chaque fois, il faut prévoir une plage de travaux concentrée sur cinq à six semaines, depuis le terrassement jusqu'à la remise en circulation. Cette opération délicate a demandé à nos équipes d'assurer, à certains moments, un travail posté en 2 fois 8 h, voire en 3 fois 8 h" confie Stéphane Doutre.



Piétons et cyclistes se partagent de larges trottoirs en béton désactivé.



En zone circulaire, le tramway roule sur du béton désactivé moucheté, dont l'aspect provient d'un mélange de granulats 0/14 de la gravière de Nordhouse (Alsace).

Hors plateforme tram, 124 000 m² de chaussées ont été réalisés en enrobés et 2 500 m² en béton, la qualité de résistance du matériau étant utilisée dans les zones réservées à la circulation des bus dans le centre-ville. La contrainte y est forte, car c'est la partie de la voirie la plus sollicitée avec une moyenne de 700 bus par jour et par sens. Calculée par le laboratoire de Colas, cette structure mixte associe une dalle de 28 cm de béton non goudonné à un support en grave-bitume de 12 cm d'épaisseur.

55 000 m² de béton désactivé fibré

Sur toute la ligne du tramway, les quais des stations et des pôles d'échanges sont habillés de dalles de granit. Des dalles podotactiles les complètent pour signaler les zones dangereuses et les obstacles aux personnes souffrant de déficience visuelle.

"Les 168 000 m² de trottoirs et de pistes cyclables sont principalement recouverts d'enrobés. Le reste se répartit entre des dalles granit en centre-ville, des dalles préfabriquées en béton sur l'avenue de Laon et du béton désactivé fibré dans les quartiers Orgeval et Campus" précise Jean-Jacques Rémy.

Pour Stéphane Doutré : "Ce béton, produit à partir de granulats locaux semi-concassés 0/10, a été réalisé sur une épaisseur moyenne de 12 cm. La totalité des 22 000 m² de trottoirs et

pistes cyclables ont été mis en œuvre manuellement. Nous étions, en effet, fortement contraints par les nombreuses émergences que contiennent les trottoirs de centre-ville et par l'accès permanent que nous devons assurer aux riverains et aux commerces".

Le béton est aussi employé pour de nombreux ouvrages annexes. Ainsi, par exemple, il a fallu couler près de 600 massifs en béton armé C30/37, allant de 8 à 27 m³, pour supporter les mâts de la ligne aérienne de contact.

Les équipes de Quille Construction ont aussi dû construire un tunnel routier de 400 m de long dont 150 m couverts, avec un tirant d'air de 5x17 m. Cet ouvrage est constitué par un ensemble de parois moulées de 60 cm d'épaisseur sur une profondeur de 10 à 15 m et une dalle de couverture en béton armé de 80 cm d'épaisseur et de 17 m de large. Il a fallu ensuite évacuer 30 000 m³ de déblais, creusés en taupes. Cet ouvrage a nécessité un an de travail. Au total, le chantier du tramway a consommé 65 000 m³ de béton dont 50 000 m³ pour Unibéton, 10 000 m³ pour Holcim Bétons et 5 000 m³ pour Marne Béton.

Quatre centrales à béton travaillant simultanément

"Pour Unibéton c'est un chantier d'envergure où 50 000 m³ de béton prêt à l'emploi ont été mis en œuvre par notre entreprise : 15 000 m³ pour le béton de

fondation BC3, 20 000 m³ pour le béton BC5 de la voie ferrée et 15 000 m³ de béton désactivé" résume Patrick Perron. Les différentes versions du béton désactivé ont en commun l'emploi d'un ciment CEM I dosé à 330 kg/m³, de fibres polypropylène et d'un entraîneur d'air pour améliorer la résistance au gel.

"Aux premiers stades du projet, sur le site de la station d'épuration de la ville, un ensemble complet du tramway – plate-forme, quais, trottoirs... – ont été réalisés grande nature. Cela a permis aux différentes parties prenantes d'affiner leurs choix, notamment au niveau des planches d'essais des bétons désactivés" signale Jean-Jacques Rémy.

L'entreprise Unibéton a aussi fourni le béton de VRD pour les calages de bordures, le béton de remplissage pour les multitubulaires, le béton pour les massifs, ainsi que le béton C30/35 pour la construction de la trémie routière.

"Au total, quatre centrales à béton, disposées de part et d'autre de la ville, ont travaillé simultanément pendant presque toute la durée du chantier. Le planning global de fabrication et de livraison était affiné chaque semaine, puis confirmé au jour le jour. Sur cette opération, il fallait notamment bien identifier les différents chefs de chantier et leurs besoins spécifiques, afin de suivre les diverses formulations demandées et leur destination réelle" conclut Patrick Perron. ■



La plate-forme possède des zones engazonnées, avec un dispositif d'arrosage intégré, qui sont délimitées par des zones en béton désactivé.



Massif du Dévoluy (Hautes-Alpes) : sur la route départementale 17, la glissière en béton adhérent (GBA) apporte désormais une protection efficace contre les risques de chute des véhicules.

Sur la RD 17, une glissière en béton adhérent (GBA) de 460 m de long pour protéger une *via ferrata*

Conçu avec des granulats locaux et un mélange de sable roulé et mixte (roulé + concassé) pour économiser les ressources naturelles, le béton de la GBA construite à 1 500 m d'altitude en bordure de la RD 17 est rigoureusement contrôlé pour s'assurer de sa pérennité.

Dans le massif du Dévoluy (Hautes-Alpes) existe une *via ferrata*. Ce nom, d'origine italienne, se traduit littéralement par "chemin ferré". Il s'agit d'un itinéraire sportif situé sur une paroi rocheuse et munie d'éléments métalliques spécifiques

(câbles, échelles...) facilitant la progression et optimisant la sécurité des personnes qui l'utilisent. C'est l'armée italienne qui a commencé, dès le début du XX^e siècle, à équiper certains passages escarpés des Dolomites avec des mains courantes et

des échelons pour permettre aux troupes alpines de traverser ces passages avec du matériel lourd.

Cette *via ferrata* du massif du Dévoluy offre une vue imprenable sur le défilé des Etroits où coule la Souloise et se trouve à 60 m en contrebas de la route départementale RD 17, fréquentée par de nombreux véhicules dont des cars scolaires et des poids lourds. Jusqu'à ces derniers mois, seuls d'anciens dés



À gauche : les anciens dés en béton, reliés par des barres d'acier, étaient censés apporter une protection suffisante contre les risques de chute des véhicules.
À droite : la *via ferrata* du massif du Dévoluy située à 60 m en contrebas de la RD 17.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage : Conseil Général des Hautes-Alpes

Maîtrise d'œuvre : Maison Technique de Veynes (Conseil Général des Hautes-Alpes)

Entreprise : AER Méditerranée (groupe Eiffage)

Fournisseur du béton : Béton Rhône-Alpes (groupe Vicat)

Fournisseur du ciment : Vicat Ciment



La machine à coffrage glissant est guidée par un fil posé sur des potences implantées sur la chaussée.

en béton d'environ 1 m³ reliés par des barres d'acier étaient censés apporter une protection suffisante contre les risques de chute des véhicules.

"Pour y remédier, plusieurs hypothèses ont été envisagées. La construction d'un dispositif de retenue tel qu'un muret de type MVL (muret véhicules légers), par exemple, n'aurait offert qu'un niveau de sécurité insuffisant vis-à-vis de la circulation de poids lourds. Construire une glissière en béton adhérent (GBA), continue sur 460 m de long, représentait donc le meilleur choix aussi bien sur le plan technique qu'esthétique. C'est d'ailleurs une solution déjà couramment employée sur notre département pour d'autres routes de montagne. La nouveauté est l'ajout d'une main courante à 1 m du sol pour éviter le basculement des piétons qui marchent en bord de route ou regardent en contrebas" explique Serge Eysseric, responsable de la Maison technique de Veynes

(Conseil général des Hautes-Alpes).

Rappelons qu'outre leur forte inertie, les GBA se distinguent en matière de sécurité par leur profil "chasse-roues", en partie basse, et en forme de rampe inclinée, en partie haute. Leur combinaison redirige le véhicule sur la chaussée, tout en le ralentissant grâce à la dissipation d'une partie de son énergie cinétique.

Un béton conçu pour l'extrusion et l'altitude

"Pour ce chantier, il fallait prévoir un béton qui puisse être extrudé mais qui sache également résister durablement aux agressions climatiques propres à la montagne. En effet, cette GBA est construite à 1500 m d'altitude: elle subira donc des périodes de gel sévères ainsi qu'une exposition fréquente aux sels de déverglaçage. D'où le choix d'une formulation XF4, dans notre catalogue, fondée sur l'utilisation d'un entraîneur d'air et d'un ciment prise mer, conjuguée à une consistance ferme de type S1 pour assurer une mise en œuvre avec une machine à coffrage glissant" précise Pascal Bernard, chef de secteur de Béton Rhône-Alpes (groupe Vicat).

"La formulation du béton pour ce type d'ouvrage est bien connue sur notre département et largement utilisée. C'est un "béton de confiance" avec de nombreuses références sur de nombreux autres ouvrages: il n'est donc pas nécessaire de confectionner un

FORMULATION DU BÉTON POUR 1 M³

Béton C30 D20 S1 XF4

Ciment Vicat CEM I 52,5 N CE PM

CP2 NF (Saint-Egrève) : 350 kg

Sable 0/4 mixte : 405 kg

Sable 0/4 roulé : 390 kg

Granulats roulés 4/10 : 310 kg

Granulats roulés 10/20 : 740 kg

Eau : 140 litres

Plastifiant : 0,98 litre

Entraîneur d'air : 1 litre



Le profil chasse-roues en partie basse et rampe inclinée en partie haute contribue à la sécurité des usagers.

béton de convenance avant le démarrage de ce chantier" ajoute Thierry Serres, responsable du Laboratoire routier du Conseil général. Dans ce béton, les matériaux locaux sont évidemment privilégiés: les granulats 4/10 et 10/20 roulés (alluvions de la Durance) sont associés à deux sables, l'un roulé, l'autre mixte (mélange de roulé et de concassé). Ce sable mixte permet d'économiser les ressources naturelles en consommant un peu moins de sable roulé, développement durable oblige.

"Ce mélange de sable naturel et de sable concassé n'a pas de répercussion sur le processus de fabrication du béton. Au final, son comportement est vraiment très proche de celui d'un béton n'utilisant que des sables roulés. En revanche, si la formulation n'était fondée que sur du sable concassé, il aurait fallu adapter à la fois l'adjuvantation et le mode de fabrication du béton, afin d'obtenir la rhéologie et la plasticité nécessaires" commente Pascal Bernard.

Une organisation de chantier rigoureuse

Axe stratégique, la RD 17 ne pouvait être totalement fermée à la circulation



Toutes les 20 à 30 minutes, un nouveau camion-toupie vient alimenter la machine à coffrage glissant. Au total, six toupies se sont relayées pour alimenter ce chantier en continu. Les 460 mètres de la GBA ont ainsi pu être construits en deux jours seulement.



La souplesse du procédé et celle du matériau béton permettent d'épouser les courbes de cette route de montagne très sinueuse.

pendant les travaux. Le chantier a donc été découpé en deux tranches successives ce qui a permis de maintenir la circulation automobile en alternance sur une seule voie.

"Trois des quatre semaines du chantier ont été consacrées à sa préparation : démolition et évacuation des anciens dés de béton, réparation et restructuration du fond de forme et de la longrine de bordure de chaussée, remise à niveau pour obtenir une semelle en béton plane sur toute la longueur de l'emplacement de la future GBA" explique Pascal Durand, cadre travaux d'AER Méditerranée (groupe Eiffage).

Alimentée directement par un camion-toupie, la machine à coffrage glissant met en forme le béton de la GBA, au fur et à mesure qu'elle avance. Deux aciers filants anti-éclatement sont insérés au moyen de trompettes au moment du coulage/moulage du béton. La machine est guidée par un fil posé sur des potences implantées sur la chaussée, entre le moule et la machine. Extrudé et vibré par la machine, le béton adopte déjà son aspect final grâce à sa fermeté. À noter qu'un "négatif", prévu dans le moule d'extrusion, dessine de chaque côté de la GBA un liseré décoratif, conformément au souhait du maître d'ouvrage. Les arrêts de chantier ont été matérialisés par une coupe droite.

"À la reprise de l'extrusion, la machine est calée de manière à ce que la seconde couche de béton vienne s'appliquer sur celle déjà mise en œuvre. L'absence de joint fait qu'au final quasiment aucune démarcation n'est visible" signale Pascal Durand.

Une fois la GBA réalisée, des platines métalliques y sont fixées tous les 3 mètres par quatre boulons. Elles supportent la barre d'appui.

"La nature même de ce chantier rendait certaines opérations délicates : les personnels ne pouvaient souvent intervenir que d'un seul côté, côté chaussée, l'autre étant trop proche du vide. Pour des raisons évidentes de sécurité, ils étaient d'ailleurs raccordés à une ligne de vie, comme l'a exigé notre coordinateur sécurité" précise Pascal Durand.

■ Une véritable course contre la montre

Situé à environ 1h15 de route de la centrale de BPE, ce chantier impliquait une utilisation quasi immédiate du béton dès son arrivée. *"Mais cela a aussi un avantage : en 20 minutes, on peut construire de 25 à 30 mètres de GBA. De plus, il n'y a eu aucun temps mort : les camions-toupiés se sont relayés au rythme d'un toutes les 20 à 30 minutes. Cela sous-entend la mise en place d'une véritable noria de camions pour alimenter ce chantier. Au total, six toupiés se sont relayées en continu. Pour chacune d'elles, entre le chargement, le trajet aller, le déchargement et le trajet retour, cela représentait environ 3h30 d'indisponibilité. Mais c'est ainsi que les 460 mètres de la GBA ont pu être construits en deux jours seulement"* commente Pascal Bernard.

La production de 110 m³ de béton en deux jours a aussi mobilisé près des trois quarts des capacités de transport de la centrale de BPE.

"On bloquait une demi-journée à chaque

fois. Il fallait donc en même temps s'organiser pour pouvoir répondre aux besoins des autres clients, en essayant de reporter une partie des commandes sur l'après-midi" confie Pascal Bernard.

Cibler une telle opération sur une courte durée en mettant un maximum de moyens à disposition nécessite une forte réactivité pour, si nécessaire, libérer un autre camion en cas de panne. *"Nous n'avions pas d'inquiétude sur la qualité du béton proprement dit, ni sur la qualité de service"* souligne Pascal Durand.

■ Des essais réguliers effectués sur le béton frais

Chaque jour, plusieurs essais ont été réalisés sur le béton frais, généralement sur le premier arrivage mais aussi de façon aléatoire sur les toupiés suivantes. *"Le caractère XF4 était surveillé de près sur ce chantier de montagne. Le pourcentage d'air entraîné variait de 4,2 à 5,4% selon les prélèvements, ce qui correspondait à nos attentes"* signale Thierry Serres.

L'affaissement au cône d'Abrams mesuré sur les différents échantillons (1 à 2 cm de slump) était parfaitement conforme à ce qui était demandé pour l'extrusion. D'autres essais ont été réalisés sous forme d'éprouvettes pour permettre de vérifier la résistance caractéristique à la compression à 28 jours qui a été mesurée entre 42 et 48 MPa, dépassant largement les 30 MPa demandés.

"Malgré l'éloignement de la centrale de BPE, il n'y a eu aucun refus de béton sur ce chantier, particulièrement bien géré au niveau de l'entreprise et de la centrale BPE" conclut Thierry Serres. ■



Le liseré décoratif du béton s'obtient par un négatif dessiné dans le moule d'extrusion.



Manosque (Alpes-de-Haute-Provence) : dans l'école internationale (en bas à droite : vue de l'entrée principale) ont été coulés 1 800 m² de béton désactivé pour les allées et 2 800 m² de béton bouchardé pour les préaux.



Manosque : des bétons désactivé et bouchardé pour l'école de la centrale nucléaire ITER

À Manosque, sous le soleil de la Provence, une école internationale pour les enfants des chercheurs du monde entier qui œuvrent à la construction de la centrale ITER, le premier réacteur nucléaire à fusion, est sortie de terre sous les traits de crayons des architectes Rudy Ricciotti et Jean-Michel Battesti. Bétons désactivé et bouchardé y ont trouvé une large place.

Le bâtiment est posé sur une zone en réaménagement, un plat en légère pente au pied des collines, comme suspendu entre le massif du

Lubéron et la vallée où coule la Durance. Il épouse à plat le sol légèrement en pente sur lequel il est posé.

Le toit est soutenu par de larges poutres en béton reposant sur des piliers tourmentés. Piliers en béton eux aussi, formant une exostructure, sorte de carapace qui vient s'ancrer à l'extérieur des bâtiments car chaque espace correspond à une classe d'âge, comme si quatre écoles avaient été regroupées dans un carré presque parfait.

Les écoles sont séparées par des cheminements, presque des coursives, réalisés en béton désactivé. Rudy Ricciotti et Jean-Michel Battesti sont les deux architectes qui ont créé ce bâtiment pour le moins singulier : murs plaqués de bois, végétation luxuriante qui fait le lien entre le béton désactivé des sols et le bois des parements,

reliefs naturels du sol en béton bouchardé qui fait des racines aux troncs de béton soutenant les toits...



Ne voulant pas de joints de retrait, les architectes ont souhaité que le béton bouchardé des préaux se fissure tout seul au droit des poteaux qui ressemblent à des troncs d'arbres. Comme pour en figurer les racines.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage :

Conseil régional PACA

Architectes : Rudy Ricciotti, Jean-Michel Battesti

Bureau d'études techniques développement durable et qualité environnementale : Étamine

Études paysagères :

Emmanuel Guillemet

Entreprise générale : Léon Grosse

Mise en œuvre des voiries béton et bouchardage : Provence Impressions

Fournisseur du béton : Unibéton

Fournisseur du ciment :

Ciments Calcia

"L'école n'est ni compacte ni monolithique : elle est pavillonnaire, éparpillée dans un vaste verger de pommiers. Chaque unité fonctionnelle est insularisée le long de cheminements paysagers. Partant d'un volume identique, le hangar agricole, chaque pavillon est décliné par thème en façade donnant une identité singulière et marquante dans l'imaginaire des enfants de tous horizons" révèle Rudy Ricciotti sur son site web en présentant son projet.

■ Toutes les allées intérieures en béton désactivé

Jardins, patios, chemins paysagers et bassin : tout concourt à fondre le bâtiment dans son environnement naturel, les architectes s'étant même appuyés sur l'histoire agricole du site pour trouver le rythme du bâtiment.

Conçue pour accueillir les enfants des nombreux personnels venant travailler sur le chantier d'ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*, réacteur thermonucléaire expérimental international), cette école permet de scolariser les enfants de la maternelle au baccalauréat.

Sur le site nucléaire de Cadarache, ITER est en effet le grand projet du moment, déchaînant les espoirs technologiques les plus fous, mais aussi les passions les plus folles puisque cet équipement doit permettre de réaliser la fusion nucléaire, présentée comme une source d'énergie intarissable.

Ce projet international requiert sur place la présence de chercheurs venus du monde entier, ce qui représente

une tour de Babel de près de trente langues différentes.

Utilisé pour les voiries mais aussi pour la structure, le béton joue un rôle déterminant dans cette réalisation, comme très souvent dans les constructions de Rudy Ricciotti. Les allées intérieures, circulations que l'architecte a voulues non chauffées pour réduire la consommation d'énergie du bâtiment, ont été coulées en béton désactivé afin de laisser apparaître en surface les granulats locaux de la Durance.

Prévues pour laisser circuler des véhicules, les allées ont été coulées sur 12 cm d'épaisseur lorsqu'elles étaient susceptibles d'accueillir des véhicules légers et sur 15 cm pour les voies réservées aux secours. Sans ferrailage.

■ 600 m³ de bétons

Philippe Vimont, directeur commercial de la société Unibéton, a livré tous les bétons mis en œuvre pour les sols : "La formulation avec des granulats de la Durance est un peu particulière parce que les architectes ont souhaité travailler avec les matériaux de la région. Ensuite, parce que ces granulats étaient assez gros (20/40) et que ce n'est pas forcément très courant d'avoir une telle granulométrie dans un béton. Il a donc fallu, avec Provence Impressions, adapter la formule : pour y parvenir, nous avons procédé à plusieurs essais avant d'avoir le feu vert des architectes. Ensuite, la rigueur de nos process a fait le reste et tout s'est correctement passé".

Bien intégrées dans le bâti, les voies en béton semblent avoir toujours été là :

FORMULATION DU BÉTON DÉSACTIVÉ POUR UN M³

Ciment CEM II 52,5 : 330 kg

Granulats roulés de la Durance

16/22 : 1 100 kg

Sable 0-4 mixte : 800 kg

Entraîneur d'air : 5 %

Plastifiant

Fibres polypropylène : 900 g/m³

la patine venant, on pourra les croire préexistantes au bâtiment lui-même. Pour Armand Joly, directeur de Provence Impressions : "La volonté des architectes était d'avoir un aspect proche d'un fond de rivière dans les allées, dont les 1800 m² ont été réalisés en béton désactivé fibré sans treillis soudé. Les plantes débordent légèrement sur leur espace pour mieux souligner les couleurs des granulats. Sous les préaux, le béton bouchardé, non fibré, a été fait avec un granulat plus fin, un 4/16 de Durance, mis en place avec un treillis soudé puis lissé à l'hélicoptère. Ce béton comporte la particularité de ne pas compter de joints de retrait parce que les architectes ne voulaient pas de lignes tirées droites dans le sol, car elles auraient pu aller à l'encontre des lignes des bâtiments".

Grâce à la fissuration naturelle du béton, les architectes espéraient ainsi voir naître des racines aux poteaux de béton en forme de troncs d'arbres. Pari réussi ! Contrairement aux cheminements en béton désactivé à l'aspect très doux, le bouchardage donne une impression différente de sophistication qui sépare bien les usages des différents espaces. ■



Le béton désactivé des allées, aussi bien couvertes qu'à l'air libre, a été réalisé avec des granulats assez gros (20/40) provenant de la Durance toute proche. À noter que la couleur du matériau passe du clair au foncé, selon l'exposition au soleil.



Remue-méninges

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

Nombre A mystère

Soit un nombre "A". De quelle manière faut-il diviser ce nombre A pour que le produit de ses parties soit maximum ?

Solution du Remue-méninges de *Routes* N°118 : Course entre deux avions

Rappel du problème posé : deux avions A et B sont animés d'un mouvement rectiligne uniforme et se déplacent respectivement aux vitesses \vec{a} et \vec{b} , à deux altitudes différentes L_a et L_b .

À l'instant $t = 0$, les deux avions A et B se trouvent à une distance de 200 km. Une heure après, leur distance est de 300 km. Deux heures après, leur distance est de 600 km. À quel moment, leur distance sera minimale ? Quelle sera cette distance minimale ?

Solution : comme ils sont animés d'un mouvement rectiligne, les deux avions A et B se meuvent donc sur des droites, désignées respectivement par D et D', qui ne sont pas situées nécessairement dans le même plan. Soient \vec{a} et \vec{b} les vecteurs vitesses respectifs de A et B. Ce sont donc des vecteurs constants (A et B en mouvement uniforme), respectivement parallèles aux droites D et D'. On suppose que :

- à l'instant $t = 0$, l'avion A se trouve au point A_0 (de la droite D) et l'avion B au point B_0 (de la droite D').
- à l'instant t (en heure), l'avion A occupe la position A_t et l'avion B la position B_t .

On a alors : $\vec{A_0A_t} = t \cdot \vec{a}$ (1) et $\vec{B_0B_t} = t \cdot \vec{b}$ (2)

La distance qui sépare les deux avions A et B peut s'écrire sous forme vectorielle de la manière suivante : $\vec{A_tB_t} = \vec{A_tA_0} + \vec{A_0B_0} + \vec{B_0B_t}$ (3)

(1), (2) et (3) donnent : $\vec{A_tB_t} = -t \cdot \vec{a} + \vec{A_0B_0} + t \cdot \vec{b}$ (4)

Elevons au carré l'expression (4), on obtient :

$$(\vec{A_tB_t})^2 = t^2 \cdot a^2 + (\vec{A_0B_0})^2 + t^2 \cdot b^2 - 2t \cdot \vec{a} \cdot \vec{A_0B_0} + 2t \cdot \vec{b} \cdot \vec{A_0B_0} - 2t^2 \cdot \vec{a} \cdot \vec{b}$$

$$(\vec{A_tB_t})^2 = (a^2 + b^2 - 2 \cdot \vec{a} \cdot \vec{b}) \cdot t^2 - 2(\vec{a} \cdot \vec{A_0B_0} - \vec{b} \cdot \vec{A_0B_0}) \cdot t + (\vec{A_0B_0})^2$$
 (5)

Le second membre de l'équation (5) est une équation du second degré de la forme : $\alpha \cdot t^2 + \beta \cdot t + \delta$. Avec :

$$\alpha = (a^2 + b^2 - 2 \cdot \vec{a} \cdot \vec{b}) ; \beta = -2(\vec{a} \cdot \vec{A_0B_0} - \vec{b} \cdot \vec{A_0B_0}) \text{ et } \gamma = (\vec{A_0B_0})^2$$

α , β et γ sont des réels constants.

Pour déterminer les trois constantes α , β et γ , on se réfère aux données du problème :

- À l'instant $t = 0$, les deux avions A et B se trouvent à une distance de 200 km. Donc pour $t = 0$, l'équation (5) donne alors : $(\vec{A_tB_t})^2 = \gamma = 40\,000$
- À l'instant $t = 1$, les deux avions A et B se trouvent à une distance de 300 km. Donc pour $t = 1$, $(\vec{A_tB_t})^2 = \alpha + \beta + \gamma = 90\,000$
- À l'instant $t = 2$, les deux avions A et B se trouvent à une distance de 600 km. Donc pour $t = 2$, $(\vec{A_tB_t})^2 = 4\alpha + 2\beta + \gamma = 360\,000$

La résolution des trois équations à trois inconnues donne :

$$\alpha = 110\,000 \quad \beta = -60\,000 \quad \gamma = 40\,000$$

En introduisant les valeurs de α , β et γ dans l'équation (5), on obtient :

$$(\vec{A_tB_t})^2 = 110\,000 t^2 - 60\,000 t + 40\,000$$
 (6)

Pour que la distance $(\vec{A_tB_t})^2$ soit minimale, il faut que la dérivée de la fonction (6) soit nulle. D'où : $2 \times 110\,000 t - 60\,000 = 0$

$$t = 60\,000 / 2 \times 110\,000 \text{ soit } t = 3/11$$

La distance des deux avions est minimale à l'instant $t = 3/11$ h, soit 16 mn 22 sec.

En introduisant la valeur de "t" dans l'équation (6), on obtient la distance minimale : $[(\vec{A_tB_t})^2]_{\text{mini}} = 110\,000 (3/11)^2 - 60\,000 (3/11) + 40\,000$

$$[(\vec{A_tB_t})^2]_{\text{mini}} = 31\,818,1816. \text{ D'où : } (\vec{A_tB_t})_{\text{mini}} = 178,38 \text{ km}$$



Agenda

Journées Techniques Cimbéton 2012

Voici le planning des prochaines journées techniques sur le thème "Traitement des sols et Retraitement des chaussées aux liants hydrauliques", organisées par Cimbéton :

- Laval : jeudi 24 mai
- Troyes : jeudi 28 juin
- Rouen : jeudi 27 septembre
- Toulon : jeudi 15 novembre

Invitations disponibles sur simple demande auprès de Cimbéton.



7-8 juin 2012 (Paris) Séminaire EUPAVE

EUPAVE, "l'Association Européenne des Routes en Béton", dont l'objectif est d'assurer la promotion du ciment et du béton dans le domaine des infrastructures de transport en Europe, organise avec Cimbéton, à l'Hôtel Mercure de Saint-Cloud, un séminaire sur le thème "Infrastructures de transport collectif de surface en site propre (TCSP)". Seront présentées trois réalisations d'Île-de-France : le bus reliant Sénart à Corbeil-Essonnes avec plateforme en béton armé continu (BAC), le tram sur pneus T6 assurant la liaison Châtillon - Viroflay sur dalle en béton goudonné et le tram sur rail T3 circulant sur le boulevard des Maréchaux.

Contact : centrinfo@cimbeton.net

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



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