

ROUTES

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



CHANTIER

Saint-Pierre-la-Cour
(Mayenne) : giratoire et
double piste en béton pour
sécuriser la circulation
dans une cimenterie

RÉFÉRENCE

Campus de Montrouge
(Hauts-de-Seine) :
des losanges en béton brossé
pour trois patios

DOSSIER

Bilan du Symposium TREMTI
2009 (Antigua - Guatemala)

2 ÉDITORIAL

3-4 CHANTIER

Mayenne

Saint-Pierre-la-Cour : giratoire et double piste en béton pour sécuriser la circulation dans une cimenterie



5-6 RÉFÉRENCE

Hauts-de-Seine

Campus de Montrouge : des losanges en béton brossé pour trois patios



7-14 DOSSIER

Guatemala

Bilan Symposium Tremti 2009 : une passerelle entre l'Europe et l'Amérique latine pour le partage des expériences et des connaissances dans le domaine du traitement et du retraitement des matériaux !



15-17 CHANTIER

Savoie

À Bissy, près de Chambéry : un giratoire en béton armé continu fibré



18-19 INNOVATION

Hauts-de-Seine

Chaussée en béton dépolluant à Vanves : une efficacité en cas de pics de pollution



20 LE SAVIEZ-VOUS ?

En couverture : à Vanves (Hauts-de-Seine), la voie en BCMC et les pavés béton autobloquants des trottoirs de la section expérimentale ont été formulés avec un ciment à effet photocatalytique.

Les carrefours giratoires : de plus en plus réalisés en béton !

Introduit en France au milieu des années 70, le carrefour à sens giratoire, nommé couramment "carrefour giratoire" voire simplement "giratoire", s'est développé à partir des années 80.

Les études sur le fonctionnement et la sécurité ont vite montré les avantages de cet aménagement. En particulier, il est apparu que le carrefour giratoire est la meilleure solution pour réduire le nombre et la gravité des accidents dans une intersection : l'aspect réduction de la vitesse se conjuguant avec la fluidification du trafic.

Sur l'ensemble des carrefours giratoires construits en France (environ 30000), peu ont été réalisés en béton. Mais, depuis quelques années, les giratoires en béton se développent. Plusieurs raisons justifient cette évolution.

1 - La réponse structurelle

- La durabilité du béton et l'absence d'ornièrage, même sous l'effet de véhicules lourds se déplaçant à allure modérée ou d'une façon canalisée, grâce à son module d'élasticité élevé et constant.
- L'absence de phénomène de décollement de la couche de roulement. Le revêtement en béton est, à la fois, couche de base et couche de roulement : sa résistance au cisaillement permet d'éliminer complètement ce risque.
- L'insensibilité du revêtement aux pertes d'hydrocarbures, fréquentes dans des giratoires de faible rayon.
- La possibilité de réaliser un assainissement intégré. Seul le béton permet d'effectuer, simplement et économiquement, une structure avec caniveau ou avec bordure intégrés. Le monolithisme de la structure ainsi obtenue évite toute dégradation ou déchaussement de bordures.

2 - La réponse en matière de réalisation

De par sa plasticité, le béton frais s'adapte bien aux conditions spécifiques de réalisation d'un giratoire. Il permet, en particulier, de réaliser sans difficulté tous les raccordements et l'aménagement autour des regards et des points singuliers.

3 - La richesse de l'offre structurelle

Plusieurs structures éprouvées sont proposées :

- Le revêtement béton à joints non goujonnés, posé sur une fondation en matériaux hydrauliques (grave-ciment, béton maigre) ou hydrocarbonés (grave-bitume), ou sur une couche drainante en grave non traitée (GNT).
- Le revêtement béton à joints goujonnés, posé sur une fondation en matériaux hydrauliques (grave-ciments, béton maigre) ou hydrocarbonés (grave-bitume) ou sur une couche drainantes en GNT.
- Le revêtement en Béton Armé Continu (BAC), posé sur une fondation en matériaux hydrauliques (grave-ciments, béton maigre) ou hydrocarbonés (grave-bitume, béton bitumineux semi-grenu).
- Le revêtement en Béton de Ciment Mince Collé (BCMC) sur fondation en matériaux hydrocarbonés : béton bitumineux (BB), grave-bitume (GB).

4 - La réponse à la sécurité

Le béton confère aux giratoires de nombreux avantages, en termes de sécurité, pour trois raisons principales : une meilleure visibilité, un uni maintenu, une adhérence et une esthétique adaptées.

Grâce à toutes ces raisons, les décideurs choisissent de plus en plus les structures béton pour réaliser leurs carrefours giratoires. Dans les pages qui suivent, la revue Routes vous présente deux de ces réalisations (Bissy et Saint-Pierre-la-Cour).

Bonne lecture.

Joseph ABDO
Cimbéton

CIM *béton*

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



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

Tél. : 01 55 23 01 00

Fax : 01 55 23 01 10

Email : centrinfo@cim beton.net

Site Internet : www.infociments.fr

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

Directeur de la publication : Anne Bernard-Gély
Directeur de la rédaction, coordinateur des reportages et rédacteur de la rubrique *Remue-ménages* : Joseph Abdo - Reportages, rédaction

et photos : Joseph Abdo, Marc Deléage, Romualda Holak, 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 2010 - ISSN 1161 - 2053 1994



Saint-Pierre-la-Cour (Mayenne) : séparer les deux pistes en béton, reliées à un giratoire en béton goujonné, permet de bien sécuriser la circulation des poids lourds sur le site de la cimenterie.

Saint-Pierre-la-Cour : giratoire et double piste en béton pour sécuriser la circulation dans une cimenterie

En construisant des voies d'accès et de sortie séparées, ainsi qu'un giratoire en béton goujonné, Lafarge Ciments sécurise la circulation sur son site de Saint-Pierre-la-Cour, soit près de 500 véhicules chaque jour (incluant des poids lourds). À cela s'ajoute la réalisation d'une traversée de chaussée en béton fortement armé, destinée à supporter durablement le passage de dumpers de 85 tonnes.

La cimenterie de Saint-Pierre-la-Cour (Mayenne) est la plus importante du dispositif de l'activité ciment du Groupe Lafarge en France. "Chaque jour, près de 500 véhicules circulent sur ce site. D'où l'idée d'implanter un poste de gardiennage à l'entrée de la cimenterie afin de mieux gérer les flux entrants et sortants. Chaque

véhicule doit ainsi s'arrêter pour que le conducteur puisse recueillir les informations dont il a besoin pour s'orienter. Les conseils d'un architecte ont permis de mieux réfléchir aux aspects croisements, sécurité et fluidité du trafic, pour optimiser les emplacements de ce poste de gardiennage et du giratoire. Ce nouveau giratoire facilite la répartition des différents véhicules entre l'usine de production, le parking visiteurs et la zone temporaire pour les entreprises extérieures. En séparant en deux voies distinctes les accès à ce giratoire, on évite aussi aux véhicules de se croiser, ce qui ne peut qu'améliorer la sécurité au quotidien" explique Christophe Bouf, le directeur du site.

Réaliser ces voies et ce giratoire en béton était fort logique, compte tenu

du métier de Lafarge Ciments. "Mais ce n'était pas le seul critère de choix. Nous avons aussi misé sur les propriétés de ce matériau que nous connaissons bien : sa capacité à supporter durablement un fort trafic poids lourds, son excellente résistance à l'usure et un entretien très réduit" souligne Christophe Bouf.

Deux voies réalisées à la machine à coffrage glissant

La phase de terrassement, assurée par Guintoli, a permis d'obtenir une portance PF3 pour la plate-forme en grave non traitée compactée.

Tous les réseaux, regards et boucles de détection pour le comptage des véhicules sont mis en place avant le coulage du béton. Des goujons en acier

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage et maître d'œuvre :
Lafarge

Entreprise : Agilis, sous-traitant de Guintoli (Groupe NGE)

Fournisseur du béton : centrale BPE Point P

Fournisseur du ciment :
Lafarge Ciments



Des goujons en acier sont fixés sur des paniers métalliques placés tous les 5 mètres pour matérialiser les futurs joints de retrait.

de 3 cm de diamètre, de 50 cm de longueur et espacés entre eux de 30 cm sont fixés sur des paniers métalliques placés tous les 5 mètres pour matérialiser les futurs joints de retrait. "Il a fallu être très précis au niveau de leur implantation pour qu'ils ne viennent pas gêner les boucles de comptage" signale Hedi Letaief, conducteur de travaux chez Agilis, entreprise sous-traitante de Guintoli.

"Produit par la centrale BPE de Point P, le béton est acheminé sur le chantier par des camions bennes qui le déversent à l'avant d'une machine à coffrage glissant : celle-ci règle et vibre le béton sur une largeur de 4,50 mètres et sur une épaisseur de 22 cm, en une seule opération et avec une grande régularité" commente Christophe Chevalier, chargé de mission chez Agilis.

La première partie de la voie de 65 mètres de long est réalisée du portail jusqu'au futur giratoire, puis la seconde dans l'autre sens. Le dimensionnement de la chaussée a été réalisé avec le logiciel Alizé du LCPC. "Le dévers et le profil en long ont été recalculés pour permettre d'obtenir une épaisseur minimale régulière de 22 cm sur tout le tracé de la plate-forme" précise Heidi Letaief.



Les coffrages en bois du giratoire ont été réalisés sur site.

Après le passage de la machine, un balayage manuel donne à la surface de la chaussée la rugosité anti-glissance nécessaire par temps de pluie.

Dès le lendemain, les joints sont sciés tous les cinq mètres sur le tiers de l'épaisseur de la chaussée. trois semaines plus tard, ces joints sont élargis par chanfreinage, avant d'être étanchés avec un joint polymère.

Enfin, toutes les bordures sont coulées en place à l'aide d'une machine à coffrage glissant.



La machine à coffrage glissant règle et vibre le béton sur une largeur de 4,50 mètres et sur une épaisseur de 22 cm.

■ Giratoire en béton goujonné de 22 cm d'épaisseur

"Le giratoire est réalisé manuellement et les coffrages en bois, destinés à cette réalisation, ont demandé un grand soin afin de compenser partiellement un dévers de 4,5 %" précise Heidi Letaief. Après avoir vibré le béton dans la masse, le coulage a lieu en une seule journée, suivi par le passage d'une règle vibrante de 9 mètres de long, assurant la consolidation du béton en surface, sans ségrégation ni formation de cavités. Large de 8,25 mètres, l'anneau encercle un îlot central en béton désactivé, au centre duquel sera installé un lampadaire.

"Les voies en béton se raccordent directement à ce giratoire et deux dalles



Une règle vibrante de 9 m de long assure la consolidation uniforme du béton.

FORMULATION DU BÉTON POUR 1 M³

Ciment CEM II/A-LL 42,5 R CE CP2 NF : 330 kg
 Granulats 11,2/22,4 concassé : 600 kg
 Granulats 6,3/16 : 350 kg
 Sable 0/4 : 840 kg
 Filler : 40 kg
 Plastifiant réducteur d'eau : 0,27 %
 Entraîneur d'air : 0,20 %
 Eau décantée : 153 litres
 Résistance au fendage à 28 jours : 2,7 MPa

de transition assurent la jonction entre la structure rigide en béton et la structure souple en enrobés des autres chaussées" commente Christophe Chevalier.

■ Une piste renforcée pour le passage de dumpers

Ce chantier a aussi été l'occasion de réparer une partie de chaussée qui avait beaucoup souffert.

"Cette zone est remplacée par une imposante dalle en béton goujonné de 22 mètres de long sur 10 de large, munie en périphérie de joints de dilatation en polystyrène. La dalle est renforcée par deux nappes de treillis soudé ST65C et des poutres métalliques de section 15 x 15 cm. Cette solution technique permettra à cette dalle de résister durablement au passage des dumpers de 85 tonnes qui, chaque jour, doivent traverser la route pour aller de la carrière à l'usine" explique Christophe Chevalier.

Pendant les travaux, la circulation a été déviée au moyen d'une piste annexe pour les voitures et d'un accès de secours pour les camions, permettant de réaliser le chantier en toute sécurité. Il est intéressant de noter que, pour simplifier la gestion de cette opération, la même formulation de béton a été employée pour la totalité du chantier : il s'agit d'un BPS C35/45 XF2 S1 Dm22.4 Cl0.4.

"Même si le béton avait déjà atteint sa maturité auparavant, nous avons attendu 28 jours avant de mettre les pistes et le giratoire en circulation. Car nous savions qu'ils seraient soumis à rude épreuve dès le tout premier jour" conclut Christophe Bouf. ■



Montrouge (Hauts-de-Seine) : le sol des patios est habillé de losanges en béton, de taille variable, donnant l'impression visuelle d'un tissu quadrillé qui serait déformé par étirement.

Campus de Montrouge : des losanges en **béton brossé** pour trois patios

En contraste avec la stricte géométrie verticale de ce complexe de bureaux, le sol des patios donne l'illusion visuelle d'un tissu étiré, tiraillé. De taille variable, leurs losanges en béton brossé, aux bords soigneusement lissés, ont des pointes renforcées pour minimiser les effets du retrait.

Rénovés par l'architecte Renzo Piano, les locaux hébergeant autrefois les Compteurs Schlumberger accueillent dorénavant sous le nom de "Campus de Montrouge" un ensemble de 44 000 m² de bureaux. La trame très rigoureuse de ces bâtiments industriels en brique a été volontairement conservée, adoucie par les espaces verts dessinés par Paul Chemetov, architecte-urbaniste" explique Anthony Bonfils, responsable de ce programme pour la filiale "Promotion immobilier d'entreprises" de BNP Paribas.



L'étroitesse des accès impose d'utiliser la technique du pompage du béton.

Aspirer le végétal et étirer le minéral

Ce complexe de bureaux dispose de trois patios. Seule la cour centrale communique avec la voie d'accès car elle s'ouvre sur l'un de ses côtés sur un parvis. Les deux autres cours se situent de part et d'autre et ne sont vues que des bureaux avoisinants.

Pour sortir de la trame statique des bâtiments, le sol de ces patios est habillé de losanges de taille variable donnant l'impression visuelle d'un tissu quadrillé qui serait déformé par étirement.

"Le dessin se dilate vers les extérieurs depuis le fond des cours en allant vers l'avant. Un seul geste conceptuel suffit pour relier les trois cours : le rythme de la respiration. Les espaces verts et pourpres de Chemetov sont comme "inspirés" vers l'intérieur, tandis que la trame rigide est comme "expirée" vers l'extérieur. Le végétal s'inscrit dans les losanges, tout en laissant les circulations

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Investisseur : The Carlyle Group
Maître d'ouvrage : Cerep Campus Montrouge, assistée par Artequation
Maître d'ouvrage délégué et maître d'œuvre d'exécution : BNP Paribas Immobilier d'entreprise
Maîtres d'œuvre : Sahuc & Katchoura (architectes), Wilmotte & associés SA (urbaniste et architecte conseil), pasoDoble (architecte-paysagiste).
Entreprise générale : Bouygues Bâtiment Ile-de-France
Entreprise (patios, parvis et escaliers) : Minéral Service
Fournisseur du béton (patios, parvis et escaliers) : Holcim Bétons (France) - Région Ile-de-France/Normandie (centrale de Tolbiac)
Fournisseur du ciment : Holcim Ciments

et les accès piétons très libres" précise Ursula Kurz, architecte-paysagiste de l'Agence pasoDoble.

Dans la cour Sud, les teintes foncées (rouge et pourpre) prédominent, tandis que ce sont les teintes claires (vert tendre et blanc) dans celle située au Nord. La cour centrale est l'espace de transition où les deux teintes se mélangent pour évoquer le tourbillonnement de la respiration. *"Autre avantage : cela permet aux usagers de distinguer, du premier coup d'œil, les cours entre elles dans cet univers qui, sinon, serait plutôt standardisé"* ajoute-t-elle.



Les quatre bords des losanges sont lissés sur 10 cm de large.

Un renfort en treillis soudé pour les pointes

Ce lot "Revêtement des sols durs extérieurs" a été confié à l'entreprise Minéral Service. Le support, comme tous les autres travaux, a auparavant été réalisé par Bouygues Bâtiment Ile-de-France.

Il se compose de grave concassée recyclée sur une partie et de 15 cm de billes d'argiles sur l'autre. Pour cette zone, il fallait un matériau à la fois léger et sans arête vive, afin d'éviter de perforer l'étanchéité d'un auditorium sous-jacent. Ces billes sont maintenues en place par un coulis de ciment, avant recouvrement de l'ensemble des sols par un géotextile et un film polyane. Une faible pente est prévue pour faciliter l'évacuation des eaux pluviales.

"Bouygues s'est aussi chargé de l'implantation rigoureuse des plats d'acier de 15 mm de large qui servent d'élément décoratif mais aussi au coffrage et au réglage du béton" signale Olivier de Poulpiquet, Président de Minéral Service.

Ces plats dessinent des losanges de différentes tailles, le plus souvent comprises entre 10 et 15 m², les plus grandes pouvant atteindre 29 m². Pour

optimiser leurs surfaces, le calepinage prévoit de disposer les joints hors des losanges. Seule exception : les plus grands losanges, dans lesquels les joints sont dessinés de manière à parfaitement s'intégrer dans le concept global.

"Avant le coulage du béton, des treillis soudés sont positionnés au niveau des pointes des losanges sur une longueur de 1 m à 1,50 m pour minimiser les effets du retrait" précise Olivier de Poulpiquet.

Des losanges brossés, lissés et protégés

Le projet d'origine prévoyait une désactivation du béton mais cette technique n'était pas la plus appropriée pour ce site. En effet, pour éliminer l'eau de rinçage du béton, il n'y avait qu'un seul et unique point d'évacuation.

"C'est la raison pour laquelle nous avons proposé, à la place, une finition en béton brossé. Enlever à la brosse une fine couche de laitance laisse ensuite apparaître à la surface un relief régulier, à la fois esthétique et antidérapant. Cette variante a aussitôt été intégrée au projet par Ursula Kurz qui a prévu que les fines stries du balayage suivent l'axe des patios" explique Olivier de Poulpiquet.

"Les 576 m³ de béton fibré texturé, réalisés avec un ciment CEM III/A 42,5 N CE CP1 NF dosé à 350 kg/m³, ont été acheminés par camion-toupie, puis mis en œuvre par pompage, parfois jusqu'à 100 m de distance. C'est la configuration des lieux qui nous a imposé cette solution et notamment la faible largeur des zones de passage : 1,80 m dans les parties les plus

étroites" précise Christophe Vaissier, Animateur Produits spéciaux Voirie esthétique de Holcim Bétons (France) - Région Ile-de-France/Normandie.

Epaisses de 12 cm, les dalles sont réglées en se servant du cadre métallique les bordant, puis lissées.

"Dès que le béton commence sa prise, il est délicatement brossé avec un balai américain très fin. L'emploi de manchons télescopiques a permis d'accéder aux zones les plus distantes. Et une étroite lisseuse sert à dessiner un liseré de 10 cm de large sur les quatre côtés de chaque losange pour donner l'illusion de dalles rapportées" signale Olivier de Poulpiquet.

Deux points sensibles caractérisent ce chantier : la nécessité de maintenir l'accessibilité du site pour les autres travaux grâce à une bonne coordination / planification et l'effet réverbérant des bâtiments périphériques en plein été.

"Comme la chaleur pouvait dépasser les 40°C au plus fort de la journée, nous procédions au coulage très tôt le matin et protégeons ensuite les surfaces réalisées avec un produit de cure et un polyane" conclut Olivier de Poulpiquet.

Signalons également que, sur le parvis, Minéral Service a coulé en place les escaliers, à l'aide de coffrages soigneusement réalisés. L'extrémité de chaque marche est rainurée avec un outil spécial pour y façonner des stries antidérapantes et décoratives. Comme pour les losanges, l'application finale d'une résine acrylique solvantée, en guise de bouche-pores, facilitera les nettoyages ultérieurs. ■



Sur le parvis de l'entrée, les marches de l'escalier ont été coulées en place, puis leur nez a été rainuré de stries aux qualités antidérapantes et décoratives.



À la tribune lors de la séance d'ouverture (de gauche à droite) : Carlos Jofré (Président du Symposium), Luis Alvarez (Directeur général d'ICCG), Alfredo Mury (Vice-Ministre des Travaux Publics du Guatemala) et Joseph Abdo (Vice-Président du Symposium).

TREM TI 2009 : une passerelle entre l'Europe et l'Amérique latine pour le partage des expériences et des connaissances dans le domaine du traitement et du retraitement des matériaux !

Le 3^e Symposium International sur le traitement et le retraitement des matériaux pour travaux d'infrastructures TREM TI 2009 s'est tenu du 11 au 13 novembre 2009 à l'hôtel Casa Santo Domingo – Antigua, Guatemala. Répondant à la demande exprimée à Paris, l'Institut du Ciment et du béton de Guatemala "ICCG" a organisé cet événement qui a été placé sous le triple patronage de la fédération interaméricaine du ciment "FICEM", du syndicat de la chaux du Guatemala et de l'association mondiale de la route – AIPCR. Malgré les restrictions budgétaires liées à la crise économique mondiale, la troisième édition de TREM TI a atteint les objectifs visés.

Comme pour les deux premières éditions du Symposium, qui se sont tenues respectivement à Salamanque (Espagne), du 1^{er} au 4 octobre 2001, et à Paris (France) du 24 au 26 octobre 2005, la troisième édition a permis de mettre l'accent sur les principaux constats et sur les acquis :

- Le traitement des sols pour infrastructures de transport et le retraitement en place des chaussées à la chaux, au ciment et aux liants hydrauliques routiers, sont des procédés qui donnent aujourd'hui d'excellents résultats en termes de performances techniques, économiques et environnementales.
- Le caractère éprouvé du traitement des matériaux, justifiant

la place de plus en plus importante qu'occupe le procédé dans la conception des ouvrages et l'intérêt qu'il suscite dans les milieux professionnels concernés,

- L'impact positif des améliorations technologiques et méthodologiques (matériels de traitement et de retraitement, matériels et procédures de contrôle) sur la maîtrise de la technique et son évolution,
- Le rôle déterminant des études préalables dans la réussite des projets,
- L'important travail de codification entrepris dans de nombreux pays sous forme de normes, guides, règles de bonnes pratiques...

TREMTI 2009 a aussi permis de dégager des axes de réflexion et de recherche afin de :

- **réduire, ou mieux encore, éliminer les risques d'échec** : le risque de nature géologique auquel correspondent les problèmes de gonflement et de prise affaiblie, et le risque associé à l'hétérogénéité des gisements et des matériaux à traiter ou à retraiter,
- **consolider la compétitivité économique et surtout environnementale des techniques de valorisation** : en prenant soin d'élargir les études à d'autres facteurs tout aussi importants que l'impact CO₂ et l'énergie, tels que la consommation d'eau, l'épuisement des ressources naturelles, la production de déchets, l'acidification, l'eutrophisation, l'écotoxicité, la toxicité humaine... et surtout de prendre en compte d'autres facteurs, favorables aux techniques de valorisation des matériaux en place comme la mise en décharge des sols excédentaires, l'entretien du réseau routier qui aurait été dégradé par le trafic occasionné par le chantier (transport des matériaux) et le facteur sociétal pour les riverains lié à ce trafic (risques d'accidents, nuisances...).
- **rassurer les donneurs d'ordre sur la fiabilité et la durabilité des ouvrages en matériaux traités**. Ceci passe nécessairement par la compréhension des phénomènes de dégradations qui peuvent parfois affecter les matériaux traités à plus ou moins long terme, l'identification des conditions de leurs apparitions et la mise au point de solutions techniques adaptées.
- **encourager les échanges techniques et technologiques entre les pays et faciliter le transfert des connaissances**, en mettant en place des plates-formes d'échanges et de partage des expériences.



Le 3^e Symposium TREMTI a atteint les objectifs visés avec une bonne mobilisation des acteurs : 176 participants de 19 pays.

FAIRE DE TREMTI 2009 UNE PLATE-FORME DE PARTAGE DES EXPÉRIENCES

Pour cette troisième édition du Symposium, nous nous sommes fixés deux objectifs :

- mettre l'accent sur les avancées obtenues depuis Paris en 2005, notamment sur les thèmes suivants :
 - L'approfondissement de la connaissance des interactions liant-matériaux,
 - Les évolutions technologiques,

- L'élargissement de la gamme des matériaux concernés et de leurs domaines d'application.

- faire de TREMTI 2009 une plate-forme internationale de partage des expériences et de transfert des connaissances et des technologies entre l'Europe et l'Amérique latine et ceci dans tous les domaines relatifs aux techniques du traitement et du retraitement des matériaux.

Un appel à communications fondé sur des critères très précis

Toutefois, il nous est apparu indispensable de définir précisément les critères pour l'appel à communications, de manière à éviter tout malentendu de la part des auteurs de propositions. La toute première tâche du Comité Scientifique a donc été de préciser la portée de TREMTI par une série de définitions relatives aux procédés et aux matériaux :

- **Traitement** : s'applique aux matériaux naturels (sols) et coproduits naturels d'exploitations minières ou de carrières (produits de scalpage, etc.), traités en place ou en centrale.
- **Retraitement** : s'applique aux matériaux déjà présents sur le lieu de réutilisation (par exemple, chaussée à retraiter in situ), retraités en place,
- **Recyclage** : s'applique aux matériaux issus de coproduits provenant des activités de construction (déblais d'excavation ou de tranchées, fouilles d'ouvrage) ou de déconstruction (fines issues de la démolition d'infrastructures, etc.), recyclés sur place ou en centrale.
- **Produits de traitement** : ciments, liants hydrauliques routiers et chaux.

Dans cet appel à communications, il a été mis l'accent sur les propositions permettant d'ouvrir la voie à de nouveaux axes de recherche ou d'innovation, sans pour autant sous-estimer l'importance et l'intérêt que peuvent présenter des témoignages sur des applications concrètes.

Enfin, conscients des contraintes de nos emplois du temps de plus en plus chargés, nous avons pris l'option, bien conseillé en cela par le Comité d'Organisation et le Comité Scientifique, d'organiser l'événement sur une durée jugée raisonnable de 2 jours et demi, en invitant également, dans le cadre d'un salon-exposition, des acteurs majeurs de la profession, notamment les constructeurs de matériels.

Le rôle majeur du Comité d'organisation et du Comité scientifique

Le Symposium a été organisé par l'Institut du Ciment et du Béton de Guatemala "ICCG", avec le support de la Fédération Interaméricaine de Ciment "FICEM - APCAC", le Congrès Mondial de la Route "AIPCR" et l'industrie de la Chaux du Guatemala. Deux Comités se sont attelés au travail de préparation qui a duré environ un an :

- **Le Comité d'Organisation**, constitué de représentants de maîtres d'ouvrage, d'entreprises de terrassements, d'entreprises routières, de fabricants de matériels et de producteurs de liants, a travaillé dans le but de faire

connaître et de pérenniser l'événement. Ainsi, en plus de l'organisation proprement dite - lieu, date, déroulement de l'événement, salon-exposition, soirée de gala... -, ce Comité a réalisé les adaptations nécessaires pour élaborer les outils du Symposium - logo, site Internet, fichier...

- **Le Comité Scientifique** a rassemblé 28 éminents experts de 13 nationalités différentes, membres d'institutions reconnues (universités, laboratoires publics et privés,...) qui ont travaillé principalement par e-mail à la sélection des propositions, à l'instruction des communications, à la mise au point du programme, à la préparation des synthèses, etc. L'appel à communications, lancé au mois de janvier 2009, a permis de recevoir :
 - 58 propositions de résumés, en provenance de 18 pays,
 - dont 53 résumés, en provenance de 17 pays, ont été acceptés par le Comité scientifique,
 - 34 propositions, en provenance de 16 pays, ont été acceptées pour une présentation orale.

Les 53 communications retenues par le Comité scientifique ont été classées selon 5 thèmes :

- **Technologie** : normalisation, conception, matériel (7 communications),
- **Matériaux** (13 communications),
- **Retraitement** (8 communications),
- **Traitement et recyclage** (13 communications),
- **Essais et tests** (12 communications).

Nous tenons tout particulièrement à remercier, outre les auteurs des communications pour la qualité de leurs contributions, les membres des deux Comités qui, par leur engagement, leurs conseils avisés et surtout leur compétence, ont contribué pour une large part à la réussite de TREMTI 2009.

Neuf importantes sessions techniques et trois conférences spéciales

Un programme dans la continuité de Salamanque et de Paris

Le symposium s'est déroulé sur deux jours et demi, il a fait l'objet de neuf sessions avec 34 communications sélectionnées



L'exposition a accueilli les acteurs majeurs de la profession, notamment les constructeurs de matériels.

et présentées oralement dont trois conférences magistrales qui ont permis de couvrir les cinq thèmes abordés ci-dessus. De nombreuses communications font référence à des expériences locales sur des matériaux spécifiques des sites avec l'utilisation d'une manière très classique de la chaux, du ciment ou des liants hydrauliques routiers,

La session d'ouverture s'est déroulée de la manière suivante :

- Un mot de bienvenue prononcé par Monsieur Luis Alvarez, directeur de l'ICCG, par lequel il adresse ses remerciements au vice-ministre des Travaux Publics du Guatemala d'avoir accepté de participer à cette session d'ouverture, et à tous les participants, et leur souhaite un excellent séjour à Antigua.
- Une allocution de Monsieur Alfredo Mury, vice-ministre des Travaux Publics du Guatemala, par laquelle il apporte son soutien aux organisateurs et à leur initiative de tenir à Antigua un symposium international sur les techniques de valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques et/ou à la chaux. Il rappelle aussi que la politique du gouvernement au Guatemala est d'encourager l'introduction et le développement de ces techniques.
- Une présentation de Carlos Jofré, président du Symposium, par laquelle il précise les objectifs, le programme et le déroulement du Symposium.
- Enfin, en guise d'introduction à TREMTI 2009, Joseph Abdo, vice-président du Symposium, présente les conclusions de TREMTI 2005 qui s'est tenu à Paris.

Les sessions techniques ont été au nombre de neuf :

- Sessions techniques 1 et 2 : Matériaux et études de laboratoire,
- Sessions techniques 3, 4 et 5 : Traitement des sols,
- Sessions techniques 6 et 7 : Sol - Ciment
- Sessions techniques 8 et 9 : Retraitement des chaussées.

Ces neuf sessions ont couvert tous les aspects relatifs aux techniques de valorisation des matériaux en place (traitement des sols, retraitement des chaussées et recyclage des matériaux). On y trouve les "aspects fondamentaux", l'effet de la "géologie et climat", la technique du "traitement des sols" (en remblais, couches de forme et assises de chaussées), la technique de "retraitement des chaussées", le recyclage des matériaux, la technologie, la codification et enfin l'aspect fort important du Développement Durable.

LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DE TREMTI 2009

Malgré les restrictions budgétaires liées à la crise économique mondiale, la troisième édition de TREMTI a atteint les objectifs visés avec une bonne mobilisation des acteurs et, tout particulièrement, en Amérique latine : 176 participants de 19 pays, parmi lesquels la France (7 participants), le Portugal (4 participants), l'Espagne (2 participants), l'Angleterre (1 participant), l'Allemagne (1 participant), la Belgique

(1 participant), l'Afrique du Sud (1 participant).

Les témoignages de satisfaction ont été nombreux, ce qui conforte notre conviction que TREMTI 2009 a été un succès et son retentissement donnera une nouvelle impulsion aux techniques du traitement et du retraitement. Outre l'organisation générale unanimement saluée, les participants ont surtout apprécié :

- la mobilisation de tous les acteurs de la filière (donneurs d'ordre, concepteurs, universitaires, fabricants de matériels, entreprises routières et de terrassements, producteurs de liants, etc.),
- la cohérence et l'exhaustivité du programme,
- les retours d'expérience du traitement des sols et du retraitement des chaussées qui confirment le bon comportement à long terme des matériaux traités,
- l'importance de la codification sur le développement des techniques,
- l'accent mis sur les progrès réalisés depuis le premier symposium, grâce à l'inventivité des partenaires (perfectionnement des moyens technologiques, optimisation des procédés, enrichissement de la gamme des liants, diversification des applications, etc.).

Nous tenons aussi à souligner particulièrement l'intérêt suscité par les trois conférences spéciales :

- Jofré C. *"Soil stabilization with cement or lime"*. The IECA-ANCADE-ANTER handbook.
- López-Bachiller M. *"How to organize effectively a stabilization work"*.
- Abdo J. *"The french practice on pavement recycling"*.

Les participants ont pu mesurer le degré de maîtrise et de perfectionnement atteint en Europe par ces techniques et l'opportunité offerte aux pays demandeurs d'en tirer profit par le biais de transfert de techniques et de technologies entre les pays ayant développé ces techniques et les pays demandeurs.

Les aspects fondamentaux

Il n'y a pas eu réellement des avancées significatives depuis la deuxième édition de Paris. En règle générale, la durabilité des matériaux traités est confirmée, mais il reste encore du chemin à faire pour améliorer notre compréhension des interactions liant-minéral et l'action des éléments délétères (sulfates, mica, matières organiques, etc.). Un sujet à approfondir pour le prochain symposium TREMTI, en s'appuyant peut-être sur une approche plus physico-chimique faisant appel à de nouvelles méthodes d'analyse et d'interprétation : microscope électronique à balayage, diffraction aux rayons X, analyse thermique différentielle, diagramme de phase (aluminium, calcium, sulfate,...).

La Géologie et le Climat

Là aussi, il n'y a pas eu de grandes avancées depuis TREMTI Paris. Il faut croire que le sujet est fort difficile et que la période de quatre ans n'a pas été suffisante pour enregistrer des



La valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques routiers permet l'obtention d'un mélange d'une parfaite homogénéité.

progrès significatifs dans ce domaine. En revanche, deux communications intéressantes ont été présentées :

- La première fait état de recherches réalisées en Afrique du Sud pour comprendre les causes de problèmes rencontrés sur certains chantiers et, en particulier, la dégradation des matériaux traités à plus ou moins long terme (phénomène de carbonatation ou action du sodium et de l'eau, etc.). Cette communication constitue une très bonne analyse du phénomène et une présentation détaillée des deux théories proposées pour expliquer ce phénomène. Le lecteur pourra consulter, à ce titre, la communication de Phil Page-Green *"A reassessment of problems affecting stabilized layers in roads in South Africa"*.
- La deuxième communication fait état de travaux de recherche, menés actuellement au Royaume-Uni, pour la mise au point d'un essai fiable et représentatif, permettant de fixer des seuils de teneurs en sulfates dans les matériaux traités. Plusieurs méthodes existantes ont été analysées et testées. Cette communication pourra servir comme base de réflexion pour la mise au point d'une norme harmonisée, qui nous fait aujourd'hui défaut. Le lecteur pourra consulter à ce titre la communication de A.J. Buttress, C. Notman & G.D. Airey [The University of Nottingham, United Kingdom] *"Swell Behaviour of Lime & Cement Stabilised Cohesive Soils Assessed Using Recently Introduced European Test Standards"*.

La technique de Traitement des sols

Elle a fait l'objet de beaucoup de communications intéressantes, présentant les pratiques dans les différents pays et continents. L'analyse a fait ressortir les principaux points suivants :

- **Dans le domaine des remblais et des couches de forme**, le traitement devient de plus en plus courant et universel. Il est toujours profitable économiquement. Ces techniques ont connu un fort développement grâce à la contribution de tous les acteurs de la filière : Producteurs de liants, Entrepreneurs (terrassiers, routiers), Constructeurs de matériels et Maîtrise



Tronçon de l'autoroute A 41 Nord (France) : 11 000 tonnes de liant hydraulique routier ont été utilisées pour réaliser le traitement de 19 km de couche de forme.

d'Ouvrage et d'œuvre. Ces acteurs ont su entretenir, pendant toute cette période, un dialogue constructif qui s'est traduit par d'énormes progrès dans tous les domaines :

- **En ce qui concerne les liants**, les industriels ont travaillé à enrichir leur gamme de produits pour s'adapter aux besoins du marché et à les normaliser. Partant des liants de base, c'est-à-dire la chaux et le ciment, on propose aujourd'hui en Europe une gamme étendue de liants répondant à des besoins variés et spécifiques (liants à faible émission de poussière, liants hydrauliques routiers à durcissement rapide, liants hydrauliques routiers à durcissement normal). Le lecteur pourra consulter à ce titre les communications suivantes :

- Jofré C., Sybertz F, Dubois P, Vecoven J "The European standard on Hydraulic Road Binders HRB".
- Vecoven J, Guillot X, Jofré C, Pelletier M "Slaking of Hydraulic Road Binders with a high quicklime content".
- Thouret D, Tardy J, Morgades R "The manufacture of metakaolin in the south-west of France and its road applications".

- **En ce qui concerne la mise en œuvre**, le matériel (épandeurs, malaxeurs, centrales de traitement, engins de répartition, de compactage et de fin réglage), a connu des progrès énormes tant sur le plan de la qualité que sur le plan de la puissance, et les procédés de mise en œuvre ont été perfectionnés et optimisés afin d'assurer l'obtention de matériaux performants compatibles avec les exigences demandées. Sur ce point, le lecteur pourra consulter utilement les communications suivantes :

- Bernhard S., Fayoux X., Contassot R., Jallet C. "The stabilized soil capping layer of the RN7 highway between La Pacaudière and Changy (Loire, France)".
- Abdo J. "A41 Motorway : high quality capping layer made of materials treated with lime and hydraulic road binder HRB".
- Melara E. "Recent experiences about soil stabilization using cement and lime for highways in El Salvador, Central America".
- Cruz J., Fortunato E., Viana da Fonseca A., López-Bachiller M. "Case-study on lime stabilization of soils for

tracks : circuito de velocidad de los Arcos".

- **Sur le plan technique**, les avancées accomplies ces dernières années sur le plan de la codification et du dimensionnement des structures ont apporté, incontestablement, une impulsion forte à la technique. Sur ce point, le lecteur pourra consulter utilement les communications suivantes :

- López-Bachiller M., Sampedre A., Parejo D. "Soil treatments and stabilizations. State of the art in Spain".
- Jofré C., The IECA-Ancade-Anter Handbook, "Soil stabilization with cement or lime "



Atelier de traitement (Espagne).

- **Sur le plan de la connaissance scientifique**, les études de caractérisation et de comportement des matériaux traités, menées dans plusieurs pays, ont permis de mettre en place des recommandations pour optimiser le résultat sur un plan technico-économique et d'assurer l'obtention de matériaux performants compatibles avec les exigences demandées. Sur ce point, le lecteur pourra consulter utilement les communications suivantes :

- Olivero W. "Comparative performance study between different qualities of lime and cement in the treatment of a moderate clay soil".
- Castro Neves E., Viana da Fonseca A., Cruz N., Joly C.

"Physical and mechanical characterization of portuguese sedimentary and residual soils stabilized with quicklime".

- Pérez N., Pérez A., Garnica P. *"Study of some properties of two cement-stabilized soils"*.
- Castilla J., Dominguez G., Jofré C. *"Strength tests of a soil stabilized in situ with cement at El Rocio bypass (Huelva, Spain)"*.
- Olivero W. *"Comparative laboratory studies in the performance of different types of lime in the treatment of two clay soils"*.
- Garnica P., Pérez N., Pérez A. *"Fatigue tests on a lime stabilized soil"*.



Malaxage en laboratoire du mélange matériau / liant / eau.

• **Dans le domaine des assises de chaussées**, le traitement des sols ou "Sol-Ciment" se développe dans plusieurs pays (France, Espagne, El Salvador, Guatemala, Colombie, Venezuela). Le lecteur pourra se reporter aux communications suivantes :

- Londoño C. *"Colombian specifications on soil-cement for highways. Aims and perceptions"*.
- Pedraza F., Jofré C. *"Experiences in the construction of semi-rigid pavements and considerations on their surface evenness"*.
- Quintanilla C. *"Unicapa : high performance pavements for low volume roads"*.



Voirie rurale avec assise en sol traité (El Salvador).

- Galvis R. *"Insurance and quality control recommendations of soil-cement mixtures"*.

Le "Retraitement des chaussées en place"

Différentes conférences ont permis de démontrer le dynamisme d'une technique en pleine croissance, couramment utilisée dans la plupart des pays et, en particulier, en Amérique Centrale et du Sud. Elle s'applique désormais sur tous les types de routes, même aux structures fortement sollicitées (autoroutes). Sa rentabilité a été plusieurs fois mentionnée avec des exemples d'économie allant de 10 à 40 % par rapport aux techniques traditionnelles. Il faut noter la confirmation de l'importance des recommandations et des études préliminaires. Des demandes ont été formulées pour une meilleure harmonisation en matière d'exigences et de méthodes de mesures (performances mécaniques et modules, comportement à la fatigue...). Enfin, d'intéressants débats ont eu lieu sur les méthodes de traitement de la fissuration de retrait, sur les applications urbaines et sur la poursuite des efforts de codification. Le lecteur pourra se référer aux communications suivantes :

- Marquardt A., Kemp J. *"Technologies for thin-layer maintenance"*.
- Alvarez J. *"Use of cold recycling and soil-cement in the rehabilitation and maintenance of national main highways in Colombia"*.
- Garza P., Inzunza A. *"In situ pavement recycling using portland cement. Retrospective and successful cases in Mexico"*.
- Córdova E., Cárcamo M. *"Recycling with cement of flexible pavements in El Salvador"*.
- Corredor G., Urbáez E., Corros M. *"El Nodo - Mantecal: the venezuelan experience on recycling of asphalt pavements using cement. The condition of 326 km of highways after 4 years in service"*.
- Castilla J., Dominguez G., Jofré C. *"Subgrade stabilization and pavement recycling for the widening of the A-495 highway in Huelva (Spain)"*.



Retraitement de chaussée au liant hydraulique (Mexique).

Le Recyclage des matériaux

On a pu constater que cette technique se développe, sous la pression réglementaire, de façon créative et rapide dans tous les pays et en particulier en Amérique Latine. Elle s'applique à une large gamme de matériaux (matériaux fins, béton concassé, enrobés bitumineux) et offre un grand choix de solutions (matériels, procédés et stratégies de développement, utilisation intelligente des liants avec le principe du double traitement : chaux pour la préparation des matériaux et ciment pour l'obtention des performances mécaniques). Enfin, cette technique laisse entrevoir d'intéressantes perspectives de diversification : petits chantiers, zones urbaines, travaux en sites exigus.



Matériau recyclé pour remblayage de cavités souterraines (Guatemala).

A ce sujet, le lecteur pourra consulter les communications fort intéressantes suivantes :

- William Olivero (Centro Tecnológico, Cementos Progreso, Guatemala) "Diseño de material de baja resistencia controlada para agujero del Barrio San Antonio", relative à la mise au point d'un matériau traité spécial destiné au remplissage de vides et de cavités difficiles d'accès.
- Quintanilla C. "Recycled materials with minimum shrinkage using blended portland cements".



Déchets recyclés à la chaux (Brésil - Uruguay).

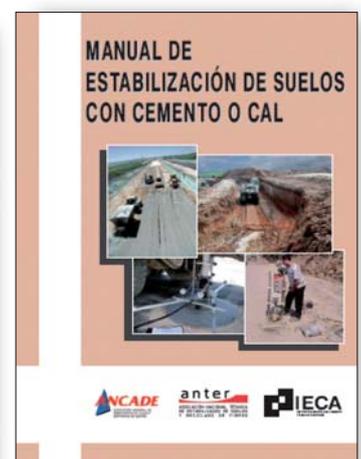
- Salas M., Jiménez Redondo N., Herrador R., Sierra M., Solana J., Martín Malo I., Pérez González P., Lozano C., Jofré C. "Test sections with waste and demolition recycled materials in Málaga (Spain)".
- Sampedro A., Ainchil J.O., Vázquez Ramonich E., Navarro J.M., Cadenas J.M., Cortés C., Rios C. "Design and construction of soil-cement layers with waste and demolition recycled materials".
- Behak L., Perez N. "The influence of the incineration temperature of rice husk on the mechanical behaviour of mixes of sandy soil with rice husk ash and lime".

La Technologie

Elle est omniprésente dans toutes les communications : dans la préparation des matériaux, l'épandage par voie sèche ou en suspension dans l'eau, le traitement et le retraitement en place et en centrale, le recyclage. Les innovations sur les matériels autorisent, d'une part, une meilleure maîtrise de la qualité et des coûts, notamment sur les grands chantiers, et ouvrent d'autre part la voie à de nouveaux développements de procédés mobiles, semi-mobiles ou fixes. Durant toute la durée du Symposium, il a été mis en avant les réels progrès et améliorations technologiques, dans le but d'élargir le champ des matériaux traitables et d'augmenter la qualité des mélanges : épandeurs de liants, injecteurs d'eau et de liants en suspension, malaxeurs, centrales à hautes performances, concasseurs de pierres, godets cribleurs... Ces progrès ont amené un débat sur l'équivalence entre le traitement et le retraitement en place et le traitement en centrale : nombreux sont aujourd'hui les partisans d'une telle équivalence en termes de qualité des mélanges.

La Codification

Un état des lieux est fait sur la normalisation européenne en matière de matériaux traités ou retraités, et des exemples de guides sont donnés. En particulier, le "Guide Technique - Retraitement en place à froid des anciennes chaussées" (SETRA / LCPC - 2003) et "Soil stabilization with cement or lime" (Carlos Jofré - The IECA-Ancade-Anter handbook).



Le Développement Durable

La prise de conscience en faveur de l'environnement, explicitée dans différentes communications, a été la grande nouveauté de TREMTI 2009. On a pu constater que les aspects environnementaux et sociétaux sont aujourd'hui au cœur des préoccupations des Maîtres d'ouvrage, Maîtres d'œuvre, entreprises et fournisseurs de liants, et ceci dans tous les pays et sur tous les continents. Au-delà de ce constat général, deux communications originales se sont penchées à analyser les impacts environnementaux, économiques et sociétaux liés aux techniques de valorisation des matériaux en place, à les quantifier et à les comparer aux impacts des techniques traditionnelles. Le but recherché est double :

- Lister les facteurs quantifiables (économiques et environnementaux) et non quantifiables (sociétaux) qu'il faut prendre en compte dans toute comparaison et identifier les conditions techniques, économiques, environnementales et sociétales favorables à l'une ou l'autre technique.
- Mettre au point une méthode fiable, simple et rapide permettant aux Maîtres d'ouvrage et d'œuvre de pouvoir comparer, au cas par cas, une technique de valorisation des matériaux en place à une technique traditionnelle d'apport de matériaux élaborés. Le lecteur pourra consulter à ce sujet les deux communications suivantes :
- Galvis R., Molero C., Baumgartner M. "Faisibility of soil stabilization in oil sites".
- Abdo J. "Comparative study of road engineering – Soil treatment vs unbound granular material – Graphic method for environmental and economic comparison".

CONCLUSION

Les quatre années qui se sont écoulées depuis Paris ont permis de mettre en évidence le fait que les techniques faisant appel au traitement au ciment, aux liants hydrauliques routiers et à la chaux, sont en constante progression. Certes, cette progression est inévitable car elle est poussée par une demande qui s'exprime souvent par des lois, règlements, normes et autres cahiers des charges. Mais elle n'est réalisable que lorsqu'un dialogue existe entre les différents acteurs de la technique : maîtres d'ouvrage et services techniques associés, entrepreneurs, fabricants de matériels, producteurs de liants.



Le Fuego, l'un des trois volcans qui entourent l'hôtel "Casa Santo Domingo", un ancien couvent de la ville d'Antigua (Guatemala) où a eu lieu le Symposium TREMTI 2010.

C'est en ce sens que nous disons que TREMTI 2009 sera une référence dans l'histoire de la technique du traitement des matériaux. En effet, l'événement s'est positionné dans une logique de continuité qui est de faire de TREMTI la tribune d'information et d'échange réunissant périodiquement tous les acteurs de la filière.

Son but : veiller à ce que la technique continue à jouer son rôle de partenaire actif du Développement Durable. ■

POUR EN SAVOIR PLUS

Toutes les informations sur le 3^e Symposium International **Traitement et Retraitement de matériaux pour travaux d'infrastructures (à la chaux, au ciment et aux liants hydrauliques routiers)**, qui a eu lieu du 11 au 13 novembre 2009 à Antigua (Guatemala), sont disponibles sur le site de l'Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala (ICCG) : www.iccg.org.gt



CIMbéton

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, Place de la Défense 92974 Paris-la-Défense cedex - Tél. : 01 55 23 01 00 - Fax : 01 55 23 01 10

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



Bissy (Savoie) : le giratoire en béton armé continu (BAC) a pour objectif de répartir harmonieusement les flux de camions à l'entrée de la zone industrielle.

À Bissey, près de Chambéry : un giratoire en béton armé continu fibré

Une sécurité optimale, un maximum d'endurance et un minimum d'entretien caractérisent le giratoire en béton armé continu (BAC) répartissant les flux de camions à l'entrée de la Zone Industrielle de Bissey, près de Chambéry.

À l'origine, deux usines se partageaient un même site industriel car elles étaient exploitées par un même gestionnaire. Mais il y a 7-8 ans, une profonde réorganisation interne a conduit à séparer la Direction Déchets, qui s'occupe de l'usine d'incinération des ordures ménagères, du Service des Eaux, en charge de la station d'épuration.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : Chambéry Métropole - **Conducteur d'opération :** Direction des Eaux

Maître d'œuvre : Bonnard et Gardel Ingénieurs Conseil

Entreprise adjudicataire : Eiffage TP

Sous-traitant (ferrailage) : Moulin TP

Sous-traitant (béton) : Sols Alpes

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

Fournisseur du ciment : Vicat Ciment

"Seul problème : la partie "épuration" a depuis toujours été traversée, chaque jour, par plus de 200 camions qui desservent l'usine d'incinération située 300 mètres plus loin. Pour améliorer la sécurité des personnels qui travaillent sur ce site, des ralentisseurs ont été installés en 2002-2003, mais cela n'était pas suffisant" explique Manuel Dahinden, responsable technique et directeur adjoint du service des eaux de Chambéry Métropole.

En 2005, la perspective de devoir se conformer à de nouvelles normes en matière d'épuration et d'incinération a fourni l'occasion rêvée de repenser l'organisation générale du site. L'accent a notamment été porté sur la gestion des flux de circulation pour aboutir à davantage de sécurité. L'idée n'était pas de séparer les deux activités qui sont complémentaires.

"Il s'agissait plutôt de supprimer l'ancienne entrée, de subdiviser le site en

deux zones clairement définies, reliées par une voirie interne, et de dispatcher les flux par deux giratoires successifs. Autre avantage, cela permet de transformer un site industriel, longtemps considéré comme générateur de nuisances, en une véritable plate-forme technique de pointe de qualité environnementale" souligne Manuel Dahinden.

Bien penser les études préliminaires

La nouvelle configuration envisagée soulevait un problème de taille : comment redessiner le raccordement à la rue Chantabord, très fréquentée en semaine, de manière à ne pas trop perturber la circulation.

Une solution s'est vite imposée : créer un giratoire. Premier avantage en matière de sécurité : il force les camions à ralentir avant et non plus à l'entrée du site, qui était située au bout d'une



Vue aérienne du demi-giratoire lors de la phase de ferrailage. Avant le coulage du béton prêt à l'emploi, les armatures sont placées à la bonne hauteur, au moyen de distanciers. Puis elles sont ligaturées, tout en étant maintenues régulièrement espacées.

longue ligne droite. En effet, implanté aux deux tiers sur le site de l'usine et pour un tiers sur l'espace public, le giratoire est un peu désaxé par rapport à la route, ce qui oblige les camions à "casser" leur vitesse. Mais pour ne pas pénaliser la circulation automobile, ce giratoire est plus large que la normale avec ses 36 mètres de diamètre.

Il fallait aussi que ce giratoire soit prévu pour résister durablement à de fortes sollicitations, tant au niveau de sa structure que de son revêtement. En effet, les semi-remorques tournent au ralenti, ce qui crée d'importantes contraintes de cisaillement dans la couche de roulement, surtout lorsqu'on sait qu'ils doivent effectuer un virage à 90° pour entrer dans le site.

Le giratoire est aussi appelé à être très fréquenté : le trafic mesuré en 2003 était déjà de type T0 (plus de 750 poids lourds en moyenne par jour), sans compter une importante circulation de véhicules légers assurant aussi des livraisons.

Structure traditionnelle ou solution béton ?

Le projet était aussi confronté à d'autres contraintes : la présence sous la chaussée d'un réseau d'eau potable de

350 mm de diamètre, d'un ovoïde pour l'évacuation des eaux pluviales, d'un câble haute tension de 20000 volts enterré, d'un réseau gaz... Il fallait, par exemple, ne pas s'approcher à moins de 20 cm de la gaine de protection du câble haute tension.

Au final, deux solutions étaient envisageables : le choix d'une structure traditionnelle et d'un dévoiement de la ligne haute tension ou bien l'adoption d'une solution béton qui apporte une meilleure réponse aux contraintes.

Bien que plus habitué à des réfections de chaussées à l'aide d'enrobés, le Service des Eaux s'est donc lancé dans le projet de construction de son tout premier giratoire en béton armé continu (BAC).

Le pré-dimensionnement s'est fondé sur les contraintes d'exploitation liées aux deux process. Ensuite un groupement d'architectes paysagistes (Babylone Avenue / Architectes et ingénieurs associés) a confirmé le bien-fondé de ce dimensionnement et s'est aussi chargé des aménagements paysagers.

Signalons également qu'après le poste d'accueil et le pont de pesage, qui sont communs aux deux activités, un second giratoire a été prévu pour

distribuer la circulation sur les deux usines.

Une opération menée en deux temps

Pour construire le premier giratoire, la technique du béton armé continu (BAC) a été retenue pour ses performances reconnues. Elle est notamment employée pour la réalisation d'autoroutes.

"Ce procédé évite d'avoir à prévoir des joints de retrait. Il n'est ainsi pas nécessaire de scier à des intervalles réguliers le béton sur le tiers de son épaisseur pour ensuite venir combler les joints ainsi créés. Autre avantage : l'absence de joints supprime l'obligation d'avoir à couper le trafic de temps à autre pour les entretenir..." explique Sébastien Thiercé, chargé d'affaires de Sols Alpes.

Eiffage TP, l'entreprise adjudicataire, s'est chargée de la partie terrassement : la plate-forme est en grave-ciment compactée. Le ferrailage de l'anneau a été soigneusement réalisé par l'entreprise Moulin TP. Espacées de façon régulière, les armatures sont ligaturées entre elles pour assurer leur parfaite continuité. Elles sont supportées par des distanciers pour



Phase de tirage et de réglage du béton à la main, au moyen d'une poutre.



Opération de lissage du béton à l'aide d'un balai à long manche.



Vue du béton après application d'un produit de cure.

rester correctement positionnées lors du coulage du béton.

“L'armature n'a pas pour objectif d'éviter la fissuration mais de la contrôler. C'est pourquoi un réseau de microfissures, réparties sur toute la surface, apparaît dès le lendemain du coulage du béton” rappelle Sébastien Thiercé.

Large de 9 mètres, la chaussée est complétée par une zone de franchissement de 2 mètres, bordant la partie centrale du giratoire. Produit par la centrale béton prêt à l'emploi de Bétons Rhône-Alpes (groupe Vicat), le

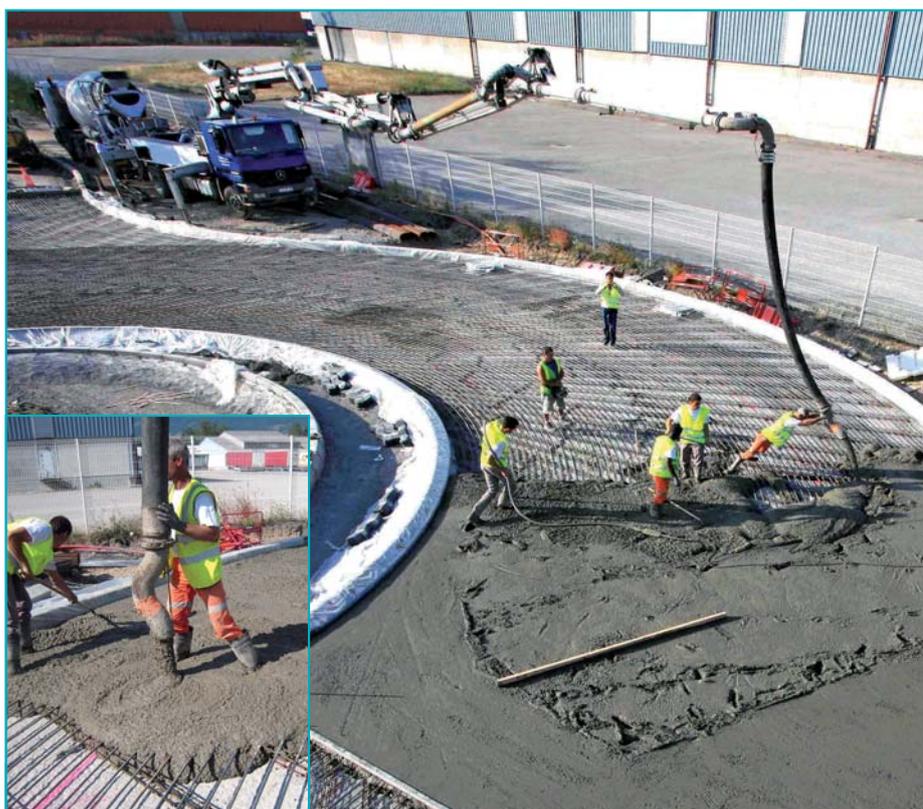
béton est acheminé par camion-toupie, puis mis en oeuvre à la pompe. Réglé sur une épaisseur de 20 cm, il est vibré à l'aiguille, lissé puis balayé avant de recevoir un produit de cure.

“Une semaine sépare les coulages du premier demi-anneau et du second, ce qui permet de maintenir la circulation. Le premier coulage a eu lieu le mercredi et, dès le lundi matin, les véhicules ont pu emprunter le premier demi-anneau pendant que nous procédions à la construction de la seconde partie” signale Sébastien Thiercé.

En fait, pendant toute la durée du chantier, la circulation n'a été interrompue qu'une nuit seulement. La proximité du Salon “Foire de Savoie” imposait, en effet, un maintien de la circulation des bus et des automobiles, y compris le samedi et le dimanche.

Aux extrémités du premier demi-anneau, les aciers en attente sont recourbés puis redressés et liaisonnés avec ceux de la seconde partie. Pour assurer une parfaite reprise de bétonnage entre les deux parties, un grillage est placé au-dessus et au-dessous du ferrailage.

“Sur ce chantier, nous avons réalisé un nombre important d'essais : résistance mécanique, éprouvettes béton, essais sur l'entraîneur d'air, rhéologie... Ainsi, par exemple, le béton devait posséder une résistance au fendage minimale de 3,3 MPa” précise Mathieu Carbon, responsable Béton Spéciaux secteur Savoie de Béton Rhône-Alpes. ■



Le béton prêt à l'emploi est acheminé par camion-toupie, puis mis en oeuvre à la pompe sur une épaisseur de 20 cm.

FORMULATION DU BÉTON POUR 1 M³

Ciment CEM I 52,5 N CE PM-ES-CP2 NF (cimenterie de Saint-Egrève - 38) : 410 kg

Sable 0/4 (carrière du Grésivaudan) : 680 kg

Granulats 4/10 (carrière du Grésivaudan) : 365 kg

Granulats 10/20 (carrière du Grésivaudan) : 720 kg

Fibres polypropylène

Superplastifiant : 0,6 %

Entraîneur d'air : 0,1 %

Eau : 156 litres



Vanves (Hauts-de-Seine) : la voie en BCMC et les pavés béton autobloquants des trottoirs de la section expérimentale ont été formulés avec un ciment à effet photocatalytique.

Chaussée en **béton dépolluant** : une efficacité en cas de pics de pollution

Dans le cadre de l'amélioration de la qualité de l'air en milieu urbain, le Conseil général des Hauts-de-Seine a récemment mené, en tant que maître d'ouvrage, une expérimentation grandeur nature sur une voirie réalisée en béton dépolluant. Pour cela, la chaussée d'une rue située à Vanves a été traitée selon un procédé nouveau servant à réduire la pollution en milieu urbain. Ainsi, pendant plus d'un an, analyses et mesures ont été réalisées en continu. Une expérience inédite en France dont voici les grandes leçons.

Pour ce site expérimental, la rue Jean Bleuzen située à Vanves était particulièrement bien adaptée (*voir Routes n°102*). Pour plusieurs raisons : elle était inscrite à un programme de requalification de voirie (elle sera prochainement reversée à la commune) ; elle est très fréquentée (plus de 14 000 véhicules/jour), ce qui permet d'agir avec un enjeu significatif sur le niveau de qualité de l'air, en lien avec la circulation automobile ; tout en étant entourée d'immeubles, elle est correctement ensoleillée grâce à son orientation nord-sud ; enfin, elle est relativement bien protégée du vent, condition qui s'est avérée nécessaire pour que la pollution au sol puisse se concentrer sous certaines conditions.

Pour mener à bien cette expérimentation, cette rue a été partagée en deux sections

de 300 mètres chacune, réalisées avec une chaussée en béton de ciment mince collé (BCMC) de 12 cm d'épaisseur et des trottoirs en pavés béton autobloquants colorés. La section "témoin" a été traitée avec un béton de ciment traditionnel CEM I 52,5 N CE, tandis que la section expérimentale a fait appel à un nouveau ciment à effet photocatalytique à base de dioxyde de titane TiO_2 (*voir encadré p. 19*).

Lié à la configuration et à l'exposition de la rue

"En août 2007, à l'issue de la réalisation du chantier proprement dit, le Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien (LROP) a équipé les deux sections de capteurs destinés à mesurer en continu la qualité de l'air", précise Laurent Gignoux, directeur de la voirie au Conseil général des

Hauts-de-Seine. "Et pendant 13 mois, de décembre 2007 à janvier 2009, le LROP a recueilli et analysé de nombreuses données qui ont permis de tirer des enseignements". Voici les plus notables.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : Conseil général des Hauts-de-Seine

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

Conseil technique : SPECBEA

Entreprises mandataires : groupement SCREG/Colas

Fournisseur du béton : Unibéton

Fournisseur du ciment à effet photocatalytique : Ciments Calcia

Fournisseur des pavés bordures en béton dépolluant coloré : Stradal

- Concernant le NO₂ (dioxyde d'azote), composant le plus néfaste pour la santé, les pics observés ont été concentrés en hiver. Pour qu'ils se rapprochent ou dépassent le seuil d'alerte de 200 µg/m³, il faut qu'il y ait "accumulation" de la pollution, due à une absence de vent pendant plusieurs jours, phénomène qui s'accroît en observant des inversions de température (calotte chaude au-dessus de la cité...).
- Lorsque ces conditions étaient réunies, les revêtements traités au TiO₂ conduisent à des taux d'abattement de 40 à 50 %. Ainsi, en période de fort pic fin décembre 2007, les concentrations horaires en NO₂ étaient de l'ordre de 100 µg/m³, chiffre bien inférieur au seuil critique de 200 µg/m³ mesuré sur la section témoin. Une réduction observée sur 6 jours consécutifs sans vent et à condition que le revêtement soit propre. En revanche, 13 mois plus tard, alors que le phénomène d'accumulation était plus réduit avec seulement 2 jours sans vent, cet abattement sur les pics n'a pratiquement pas été observé. Et ce d'autant que l'encrassement du revêtement dû au trafic avait sûrement une influence.
- La pertinence de l'utilisation de cette technique est très liée à la configuration et à l'exposition de la rue. Il a été constaté que des rues en U ou des rues "canyons" peu éventées peuvent être sujettes à de forts pics de pollution que le TiO₂ peut amortir. En revanche, l'ensoleillement n'a pas d'importance, la simple lumière du jour suffisant à activer la réaction.
- L'effet des revêtements traités au TiO₂ répond à l'objectif du maître d'ouvrage d'agir sur les pics. Il n'agit pas sur des valeurs moyennes enregistrées au quotidien hors des périodes de pic.
- En cas de vent, il n'y a pas de réduction significative des pics de pollution majeurs sur la section traitée au TiO₂.
- L'encrassement du revêtement, qui subsiste en dépit d'un nettoyage régulier, induit une perte d'efficacité difficile à appréhender sur les pics majeurs. Il serait donc souhaitable de procéder à un nettoyage sous pression une fois par an, avant la période hivernale, pour permettre au phénomène photocatalytique de



Essais de pigmentation des bétons, avant passage sous la lampe UV.

s'exercer dans les meilleures conditions. De même, la coloration des pavés du trottoir semble être un handicap à la performance dépolluante.

Expérimentation sur une longue période et en continu

Ces résultats invitent à poursuivre la recherche et les expérimentations sur plusieurs champs en lien avec les cinétiques de réaction de NO, NO₂, NO₃ et l'influence d'autres polluants extérieurs comme l'ozone O₃. De plus, l'évolution de l'encrassement de surface des revêtements, en fonction des techniques de nettoyage, devra être affinée.

Autre enseignement : l'intérêt du suivi de longue durée de l'ensemble des facteurs susceptibles d'influencer le NO₂ est d'avoir mis en évidence que seul le "continu" permet de capter des phénomènes de crise rares. En effet, les seuils de NO₂ identifiés comme un critère majeur pour la santé ne doivent pas être dépassés plus de 18 heures par an.

Et Jean-Pierre Christory, directeur adjoint du LROP à la Direction Régionale de l'Équipement Ile-de-France, de préciser : "En fait, si cette expérimentation n'avait pas été réalisée en continu sur une longue période et avec un dispositif de mesures très pointu, on n'aurait rien vu et donc aucune avancée scientifique n'aurait été réalisée".



Capteur de NOx destiné à mesurer, en continu, la qualité de l'air.

UNE TECHNIQUE FONDÉE SUR LA PHOTOCATALYSE

Le béton dépolluant est formulé à partir d'un ciment à effet photocatalytique, le catalyseur intimement mélangé dans la matrice cimentaire étant du dioxyde de titane (TiO₂). Il permet d'obtenir, sous l'action des rayonnements ultraviolets (UV), la dégradation des polluants de l'air, surtout les gaz d'oxydes d'azote NO_x. Les réactions d'oxydo-réduction, issues de l'absorption du rayonnement UV par le ciment "photo actif", transforment les NO_x en sels de nitrate de calcium, piégés lors de la dégradation dans la matrice cimentaire.

Tirer les enseignements de cette expérience

Cette expérience de la rue Jean Bleuzen montre clairement que la caractérisation de la fonction dépolluante des différents systèmes techniques sur échantillons, en laboratoire ou *in situ* ne suffit pas. Le maître d'ouvrage ne peut pas décider à partir du seul travail sur échantillon.

Et Laurent Gignoux de se féliciter : "En tant que maître d'ouvrage soucieux de développer des voiries plus vertes, le Conseil général des Hauts-de-Seine est parfaitement dans son rôle en menant ce type d'expérimentation qui montre qu'il existe des techniques pour baisser la pollution en cas de pics".

Ainsi dans l'intérêt même de toute la filière technique des matériaux dépolluants sur les surfaces à plat (voirie) ou verticales (bâtiment), d'autres expérimentations de même nature devront être engagées pour consolider les enseignements tirés de ce premier chantier de béton dépolluant en France.



L'une des deux stations techniques de prélèvement automatique.



Remue-méninges

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



Les pièces d'or

Un riche vieillard décide, à l'occasion d'une cérémonie célébrant son 95^e anniversaire, de distribuer sa fortune à l'ensemble de ses héritiers, constitués de ses enfants, de ses petits-enfants et de ses arrière-petits-enfants. Dans une grande salle de sa belle demeure, il répartit en tas les pièces d'or à distribuer. Le 1^{er} tas est constitué d'une pièce d'or. Le 2^e de 3 pièces d'or. Le 3^e de 5 pièces d'or. Le 4^e de 7 pièces d'or. Le 5^e de 9 pièces d'or... et ainsi de suite, en respectant l'ordre de la série des nombres impairs. Les héritiers sont ensuite appelés par ordre croissant de leur âge et récompensés de la manière suivante : le plus jeune héritier a droit au 1^{er} tas, le second aux deux tas suivants (2^e et 3^e tas), le troisième aux trois tas suivants (4^e, 5^e et 6^e tas) et ainsi de suite. Le nième (le plus âgé des héritiers) bénéficie des "n" derniers tas. Sachant que la fortune du riche vieillard comporte 396 900 pièces d'or, à combien s'élève le nombre de ses héritiers ?

Solution du Remue-méninges de *Routes* N°111 : L'euro manquant

Rappel du problème posé : 3 amis déjeunent au restaurant et prennent le menu à 10 €. Au moment de l'addition, le serveur ramasse les 30 € et apporte cette somme au patron qui lui dit : "Fais-leur une ristourne amicale de 5 € sur le total !". Le serveur, voyant qu'il ne peut pas diviser exactement les 5 euros en 3 parts égales, décide de rendre 1 euro à chacun des clients et de garder pour lui les 2 euros restant. Chacun des 3 convives ayant mangé pour 9 € et le serveur ayant conservé 2 € par devers lui, le total est de 29 €. Où est donc passé l'euro manquant ?

Solution : il n'y a pas d'euro manquant et la proposition d'effectuer l'addition "27 + 2" est un non-sens.

En effet, les 3 copains ont finalement déboursé la somme totale de 27 € (3 x 9) qui se répartit en :

- 25 € encaissés par le patron du restaurant,
- 2 € conservés par le serveur (à l'insu de tous).

Pour le patron, le compte est bon. En effet, de la somme de 30 € rapportée par le serveur, il a conservé 25 € et a fait une ristourne de 5 € aux 3 copains par le biais de son serveur.

Pour les 3 copains aussi, le compte est bon. En effet, sur les 30 € qu'ils avaient payés, ils ont eu une ristourne de 3 €. Ils ont donc déboursé 27 € au total.

Pour le serveur enfin, le compte est bon aussi. Sur les 30 € qu'il a ramassés, 25 € ont été conservés par le patron, 3 € ont été remis aux 3 copains et 2 € conservés discrètement par ses soins.

Rectificatifs

Dans le numéro 111 de la revue *Routes* (mars 2010), nous avons publié un dossier spécial, intitulé "Le SPECBEA et les infrastructures de mobilité durable" comportant deux omissions pour lesquelles nous souhaitons apporter les rectificatifs suivants.

1) Concernant le "Guide pratique d'entretien" (page 7) et dont la conception était attribuée au SPECBEA, à Cimbéton, au SNBPE et au LROP, M. Alain Le Coroller, Président-directeur général de la Revue Générale des Routes et des Aéroports (RGRA), nous précise que la maquette de ce guide a été conçue et éditée par la revue RGRA.

2) Concernant l'aménagement urbain en béton désactivé réalisé à Gênes (page 13) et dont la réalisation était créditée à BGL, M. Michel Escoffier, directeur de l'entreprise SDC (Société Désactiv Concept), spécialisée en revêtements décoratifs de sols extérieurs et basée à Saint-Laurent-de-Mure (Rhône), nous informe que "Sur cet aménagement, c'est son entreprise SDC qui était mandataire, les entreprises SDC et BGL étant co-traitantes".



Agenda

Journées techniques Cimbéton 2010

Les prochaines journées techniques sur le thème "Traitement des sols et Retraitement des chaussées aux liants hydrauliques", organisées par Cimbéton, se dérouleront à Poitiers (6 octobre) et à Roissy-Ville (8 décembre).

Invitations disponibles sur simple demande auprès de Cimbéton.

13-15 octobre 2010 à Séville (Espagne) 11^e Symposium International des Routes en Béton



Organisé par EUPAVE (European Concrete Paving Association), OFICEMEN (Spanish Cement Association), IECA (Spanish Institute for Cement and its Applications) et AFCA (Andalusian Cement Association), ce Symposium, qui a reçu le parrainage de l'Association Mondiale de la Route "AIPCR" et de l'ISCP (International Society for Concrete Pavements), bénéficie aussi de l'appui du "Ministerio de Fomento" et de "Junta de Andalucía". Le programme du Symposium s'articule autour de quatre grands thèmes (Conception et optimisation technico-économique des structures béton - Construction durable - Techniques d'entretien, de réhabilitation et de réparation - Applications alternatives et spéciales) et d'une session spéciale (Valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques).

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

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

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



2 ans, en région, la communauté routière (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises privées, services de l'État) autour des enjeux qui l'animent : diffuser la doctrine technique routière de façon régionale, favoriser les échanges d'expérience et la mise en commun des pratiques, soutenir l'innovation en faveur du développement durable et maintenir le leadership mondial de la France dans le domaine de la technique routière... Programme - Mardi 26 : Éléments pour le développement d'une vision stratégique et prospective partagée, centrée sur les enjeux sociétaux, environnementaux et de mobilité. Mercredi 27 : L'entretien des infrastructures routières. Jeudi 28 : Eco-conception et contractualisation.

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



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