

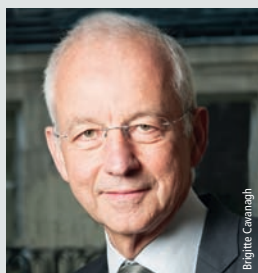
# Revue générale des routes et de l'aménagement

N° 916  
NOVEMBRE 2013



**Dossier** Méthode française de dimensionnement des plates-formes  
logistiques et chantiers portuaires |  
**Entretien** Chantiers innovants sur les routes à faible et fort trafic |





Jean-Louis MARCHAND  
Président  
RGRA



## Multimodalité...

Les changements récents des conditions de gouvernance des ports français produisent d'ores et déjà leurs effets positifs. On peut d'autant plus regretter le leadership pris au fil des dernières décennies par les ports belges et néerlandais. Est-il trop tard ? La qualité des travaux menés collectivement pour optimiser le dimensionnement des plates-formes portuaires, dont il est rendu compte dans ce numéro, laisse espérer que non.

Les atouts des ports français ne sont pas que géographiques ; ils sont aussi (ou pourraient l'être) techniques, en s'appuyant sur les savoir-faire des ingénieurs routiers qui œuvrent dans les laboratoires publics et privés, pour concevoir des structures non systématiquement (et inconsidérément) surdimensionnées, adaptées aux spécificités de la logistique portuaire, sans s'en laisser conter par les seuls référentiels anglo-saxons.

Cette diffusion tardive de l'excellence technique routière dans le secteur portuaire est à rapprocher du décalage observé entre la variété (et la sophistication) des méthodes employées dans la structuration des chaussées, et le conservatisme, voire l'archaïsme, des solutions le plus souvent retenues dans le domaine ferroviaire.

Là encore il n'est pas trop tard pour croiser les savoir-faire et affirmer cette volonté d'avancer et d'innover sans laquelle l'intermodalité restera vide de sens et de réalité.

La compétitivité d'un port tient autant à la solidité de ses plates-formes qu'aux voies ferrées, aux canaux, aux routes qui le desservent. L'avoir trop souvent négligé n'a pas renforcé la position des ports français.

Il est grand temps de penser la multimodalité dans toutes ses dimensions, et de tirer les enseignements du passé. Ne renouvelons pas, en oubliant de maintenir le réseau routier, l'erreur commise en n'assurant pas la maintenance du réseau ferroviaire, qui oblige aujourd'hui à un gigantesque et coûteux effort de rattrapage. Et, ne nous leurrions pas : l'inventivité des ingénieurs routiers en matière d'entretien, dont témoignent les articles de cette édition, ne suffira pas à compenser la baisse drastique et continue des crédits qu'y consacrent l'Etat et les collectivités territoriales.

Une nouvelle gouvernance des ports leur a donné le signal d'une nouvelle ambition. Quelle nouvelle gouvernance du réseau routier incarnera la volonté d'éviter son naufrage ? Car c'est bien d'abord de gouvernance dont il s'agit. Celle de la multimodalité reste à définir. Celle du Grand Paris est en débat : l'article de ce numéro en analyse les enjeux et la complexité.

Une certitude : nous n'avons plus le temps des atermoiements.



Réalisation des allées  
au bois de Boulogne (75)  
Crédit photo : photothèque Eurovia/  
Axel Heise  
www.eurovia.fr

**REVUE GÉNÉRALE DES ROUTES  
ET DE L'AMÉNAGEMENT –  
RGRA – S.A.S.**

**Nouvelle adresse**  
9 rue de Berri  
75008 PARIS  
Tel. +33 (0)1 40 73 80 00  
Fax. +33 (0)1 44 13 32 98

**Directeur de la publication  
Président**  
Jean-Louis Marchand  
jlmarchand@editions-rgra.com

**Directeur**  
Pierre de Thé  
pierre.dethe@editions-rgra.com

**Directeur des rédactions  
Rédacteur en chef**  
Marie-Françoise Ossola  
mfossola@editions-rgra.com

**Chef de rubriques**  
Françoise Marmier  
fmarmier@editions-rgra.com

**Comité de pilotage**  
Guy Beurier, Jean-Pierre Christory,  
Marc Courbot, Jean-Luc Gautier,  
Bernard Héritier, Eric Layerle,  
Jean-Marie Masson, Jean-Louis Perrot

**Publicité et ventes**  
Emmanuelle Hammaoui  
ehammaoui@editions-rgra.com  
Tel. +33 (0)1 40 73 80 07

**Commission paritaire n°0116T80258**

**Dépôt légal · novembre 2013**  
ISSN 1290-256X

**INDEX DES ANNONCEURS**  
BP 68  
CIMBETON 60  
COLAS 3<sup>e</sup> DE COUV.

EUROVIA 1<sup>er</sup> DE COUV.  
GROUPEMENT PROFESSIONNEL  
DES BITUMES (GPB) 2<sup>e</sup> DE COUV.

PRO BTP 50  
SHELL BITUMES 24  
TOTAL 4<sup>e</sup> DE COUV.



Les articles figurant au sommaire de la Revue générale des routes sont publiés sous l'entière responsabilité de leurs auteurs. Tous droits de reproduction, adaptation, totale ou partielle, France ou étranger, sous quelque forme que ce soit, sont expressément réservés (Copyright by RGRA). Ouvrage protégé ; photocopie interdite, même partielle (loi du 11 mars 1957), qui constituerait contrefaçon (Code pénal, article 425).

# 25 Dossier

## Plates-formes logistiques

### Logistic platforms



41

### 1 Editorial

Multimodalité...  
Jean-Louis Marchand  
Président  
RGRA

### Actualité générale

Françoise Marmier

### 4 Les hommes

### 5 A suivre

### 9 Evénements

### 13 Faits et chiffres

### 17 International

### 19

**Focus**  
**Aménagement du territoire**  
Grand Paris, le défi de la gouvernance  
J.-L. Perrot

### 22

**Focus**  
**Fondamentaux du patrimoine routier**  
IDRRIM  
J.-L. Perrot

### 26

**Dimensionnement des plates-formes logistiques selon la démarche rationnelle routière**  
**Structural design of logistic platforms according to rational road approach**  
J.-M. Balay, F. Breton, S. Buytet, H. Dumont, M. Dunand



### 37

**De nouvelles perspectives pour le dimensionnement des chaussées industrielles et portuaires**  
**Exemple du terminal conteneurs de la Pointe des Grives (Ile de la Martinique)**  
**New outlook for structural design of industrial and port pavements**  
**Example of container terminal at Pointe des Grives (Martinique Island)**  
R. Le Lion, D. Tribondeau

### 41

**Chaussées pour plates-formes portuaires**  
**Réalisations dans les Antilles et l'Océan Indien**  
**Pavements for port infrastructures**  
**Projects completed in the Antilles and the Indian Ocean**  
C. Mapoula-Chardonnet, G. Lacides, F. Boisson, O. Harnais, X. Guyot, P. Polverelli

### 51

**Enrobés de 5<sup>e</sup> génération GB5® & BB5®**  
**Une solution de renforcement structurel des plates-formes des terminaux portuaires de Honfleur**  
**Fifth generation asphalt mixes GB5® & BB5®**  
**A structural strengthening solution for Honfleur port terminal platforms**  
H. Dumont, S. Pouget, F. Olard



26



37



54

**Le BETONPACT® 4X pour l'aménagement de la plate-forme conteneurs FOS 2 XL**

**BETONPACT® 4X concrete for Fos 2XL container terminal improvements**  
 Ch. Chaix, J. Bonnet, Ph. Baillet, J.-L. Duchez, H. Michiels, B. Friol

61

**Focus Villes du futur Les Européens face aux villes intelligentes**

F. Marmier

63

**Tunnels lyonnais, un système d'information veille à la sécurité**

E. Baronnet

69

**L'entretien par une technique bitumineuse à froid associée à du recyclage**

**Une réponse à la transition énergétique et à l'empreinte carbone**

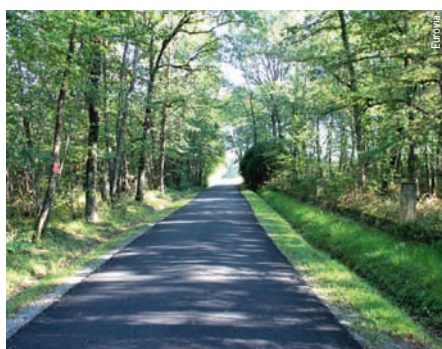
**Maintenance using a cold-mix asphalt technique associated with recycling**  
**Response to energy transition and carbon footprint issues**  
 E. Vollemaere, Ph. Pirquin

74

**Viaself® Fv et Ecolvia®**

**Des solutions adaptées pour l'entretien des voiries**

**Viaself® Fv and Ecolvia®**  
**Solutions suited to roadway maintenance**  
 Ph. Poilane, L. Moussu, B. Taillis, D. Bertaud, F. Delfosse, E. Chevalier, B. Eckmann



82

**Biocold®**

**Enrobé semi-tiède pour l'entretien des couches de roulement et du patrimoine routier**

**Biocold®**  
**Semi-warm asphalt for wearing course and roadway heritage maintenance**  
 F. Loup, S. Pouget, J.-M. L'Huillier, J. Ber, P. Huon

86

**Nouvelles émulsions «hautes performances» (HP) pour enduits superficiels destinés aux trafics lourds et à fortes contraintes**

**New "high performance" (HP) surface dressings for heavy traffic and heavy stresses**  
 Ch. Deneuvillers, A. Vajsman, A. Belkahia, P. Andraud, M. Durdilly, F. Izorche, A. Nirelli, P. Marchat

100

**Resúmenes**

Notre revue en espagnol

## ■ RATP

Camille Bonenfant-Jeanneney a été nommée responsable de la mission Grand Paris de la RATP.

## ■ UNICEM

L'Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction (UNICEM) a nommé un nouveau délégué général. Igor Bilimoff succède à Alain Pasquier.

## ■ Eiffage

Sophie Mairé succède à Sandra Weigand au poste de directeur de la communication.

## ■ FRTP Franche-Comté

Patrick Robert succède à Gilbert Jacquot au poste de président de la Fédération régionale des Travaux publics (FRTP) de Franche-Comté.

## ■ SPRIR Franche-Comté

Frédéric Pavoiné a été élu président du Syndicat professionnel de l'industrie routière (SPRIR) de Franche-Comté.

## ■ SFIC

Le Syndicat français de l'industrie cimentière (SFIC) a élu Jean-Yves Le Dreff, directeur général de Ciments Calcia, pour un mandat de deux ans. Il succède à Rachid Benyakhlef.

## ■ SPRIR Languedoc-Roussillon

Le Syndicat professionnel régional de l'industrie routière (SPRIR) Languedoc-Roussillon a élu Jean-Marie Jaubert (Colas) au poste de président.

## ■ UNPG

Arnaud Héroit succède à Alain Pasquier au poste de secrétaire général de l'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG).

## ■ Vectra : nomination

Vectra, société spécialisée dans l'ingénierie routière et les matériels de mesure, a nommé Renaud Delaage au poste de directeur général. Abel Viano conserve la présidence de la société.

## Nouveau Grand Paris 18 000 emplois d'ici à 2018 dans le secteur des Travaux publics

Telle est la conclusion de la table ronde de clôture de la restitution du contrat Etudes et Prospectives qui s'est tenue, en présence de Jean Daubigny, préfet de la région d'Ile-de-France, préfet de Paris, José Ramos, président de la Fédération régionale des Travaux publics (FRTP) d'Ile-de-France, Philippe Parisse, président de Constructys Ile-de-France Grande Couronne, et de Etienne Guyot, président du directoire de la Société du Grand Paris.

La FRTP Ile-de-France, la direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (DIRECCTE) et Constructys ont souhaité mener une étude en collaboration pour évaluer l'impact du nouveau Grand Paris (NGP) sur l'emploi et les compétences dans les métiers des Travaux publics en Ile-de-France sur la période 2013-2018. L'objectif est de quantifier et de qualifier les impacts, filière par filière, du NGP pour anticiper au mieux les besoins et ainsi apporter les réponses adéquates, notamment en termes de formation.

Résultat : l'impact du NGP sur les emplois dans le BTP est considérable puisque, d'ici à 2018, 18 000 emplois devront être pourvus dans le secteur, dont 12 800 sont liés à l'augmentation d'activité attendue par les travaux du NGP.

L'étude identifie également les métiers « extensions » tels que conducteurs d'engins, constructeurs d'ouvrage d'art, etc., dont les perspectives de futurs besoins dépassent les capacités actuelles.

Pour répondre à ces enjeux, plusieurs recommandations sont faites :

- Poursuivre la collecte des données dans le temps de manière collaborative.
- Porter une attention particulière à la formation pour assurer une continuité de l'emploi des salariés d'un chantier à l'autre.
- Mettre en place une coordination pour la formation des nouveaux entrants.
- Profiter des travaux du NGP pour favoriser l'insertion.

Forts de ces conclusions, le préfet de région et le président de la FRTP se sont également engagés sur la création de 100 emplois d'avenir d'ici à fin décembre 2014 et de 1 000 contrats de génération dans la filière d'ici à décembre 2018.

Lors de sa conclusion, le préfet de Région a rappelé à quel point le NGP est un chantier d'exception qui va susciter une mobilisation importante du tissu économique. Il a assuré les entreprises du soutien des pouvoirs publics pour faire en sorte que cette mobilisation soit accompagnée et soutenue.

## Spie batignolles - OPPBTP Démarche objectif zéro accident

Spie batignolles fait un pas de plus sur la voie de la prévention, de la santé et de la qualité de vie au travail dans le BTP en s'associant avec l'Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics (OPPBTP) avec la signature d'une convention de partenariat.

Le 23 janvier dernier, Spie batignolles organisait ses 3<sup>e</sup> Assises de la santé et de la qualité de vie au travail à Paris, pour poursuivre ses actions de prévention à la sécurité et d'amélioration de la qualité de vie au travail menées en collaboration avec les médecins du travail ; l'occasion de réaffirmer sa démarche « objectif zéro accident » sur ses chantiers.

Une rencontre à laquelle l'OPPBTP avait participé, et qui avait réuni près de 400 managers opérationnels et de responsables RH et QSE du groupe Spie batignolles ainsi que des professionnels de la santé.

Suite à ce premier partenariat enrichissant, Spie batignolles et l'OPPBTP ont souhaité renforcer leur collaboration dans cette voie.

Spie batignolles, est conscient de la complexité de l'ensemble des problématiques liées à la sécurité et à la santé de ses collaborateurs, et de la nécessité de travailler ensemble (sous-traitants, fournisseurs, clients, ...) dès l'amont.

La convention de partenariat conclue entre Spie batignolles et l'OPPBTP a pour ambition de concourir à l'amélioration de la qualité de vie et de la prévention à la sécurité du BTP.

- Les actions sont définies et menées selon 3 axes :
- Anticiper les risques en agissant avec le client dès la conception des projets.
  - Accompagner les équipes de Spie batignolles sur la préparation et la conduite du chantier.
  - Soutenir les démarches de sensibilisation à la prévention auprès de tous les publics des deux entités.

Un comité de pilotage, composé de représentants de l'OPPBTP et de Spie batignolles, aura à sa charge l'élaboration d'un plan d'actions communes engagées par les deux entités. Son rôle sera triple : définition des actions et organisation de leur suivi, promotion de la convention auprès des partenaires externes et des parties-prenantes, et encouragement d'initiatives régionales.

La convention est conclue pour une période de 2 ans, renouvelable par tacite reconduction chaque année.



## Eurovia, triplement primé pour sa communication en matière de prévention

Eurovia a remporté trois prix pour la communication déployée lors de sa 3<sup>e</sup> journée internationale de la prévention, qui s'est déroulée le 26 mai 2013 :

- deux prix dans le cadre du Festival Fimbacte, dédié aux acteurs de l'aménagement du cadre de vie. Le Grand Prix salue l'ensemble de la démarche de communication interne et externe pour la Journée internationale de la Prévention ;
- le Trophée Or, attribué dans la catégorie « Meilleur film » pour « Nearmiss – Quand l'histoire se répète », souligne la qualité de cette fiction, et son universalité.

Lors de la 4<sup>e</sup> édition du festival international Cannes Corporate Media&TV Awards, dans la catégorie « Meilleur film de prévention », le Dauphin d'argent a été décerné à son film « Nearmiss – Quand l'histoire se répète ». 719 participants issus de 40 pays ont concouru cette année.

### La journée internationale de la prévention

Chaque année depuis 2009, Eurovia cesse toute activité sur ses chantiers partout dans le monde pour se réunir sur chaque site, dans chaque agence, afin d'échanger sur la sécurité. Cet événement fédère les 43 000 collaborateurs et partenaires du quotidien des chantiers, autour d'une ambition : le zéro accident. En 2011 puis 2013, la démarche de prévention axée sur les presque-accidents a été au cœur des débats. Chaque fois, le défi consiste à proposer des messages et supports de communication qui touchent différents publics, différentes cultures, sur un thème de la sécurité et de l'appréhension du risque.

## MEDDE

A la suite de la nomination de Gilles Ricono, conseiller en charge de l'Aménagement du territoire au cabinet du Premier ministre, Philippe Martin, ministre de l'Ecologie, a nommé Francis Rol-Tanguy, directeur du cabinet.

Actuellement délégué interministériel à la fermeture de la centrale nucléaire et à la reconversion du site de Fessenheim, Francis Rol-Tanguy conduira dans ses nouvelles fonctions la feuille de route du ministère : réaliser la transition écologique pour faire de la France une nation de l'excellence environnementale, mener à bien l'examen et l'adoption par le Parlement de trois textes législatifs majeurs en 2014 (loi sur la biodiversité, réforme du Code minier, loi sur la transition énergétique), créer les conditions d'un dialogue environnemental efficace et préparer le sommet de Paris sur le climat en 2015.

Michael Ohier, inspecteur des finances, jusqu'à présent adjoint de Francis Rol-Tanguy, assurera l'intérim de la délégation à la fermeture de la centrale nucléaire et à la reconversion du site de Fessenheim.

## « THE stagiaire 2013 » Le groupe Colas récompense la créativité de ses stagiaires

La 2<sup>nd</sup>e édition du festival de cinéma d'entreprise du groupe Colas, « THE stagiaire », s'est achevée le 6 novembre dernier avec la cérémonie de remise des prix *Colas Golden Roads 2013* à Paris. Les cinq stagiaires lauréats ont été récompensés par un séjour dans une ville mythique du cinéma (Los Angeles, Londres, Cannes, Berlin, Venise).

Réservé pour sa 1<sup>re</sup> édition aux stagiaires du groupe en France, « THE stagiaire » a été élargi en 2013 à l'international. Ce challenge sera désormais un rendez-vous annuel.

Cinq prix ont été décernés aux stagiaires les plus créatifs pour la vidéo réalisée sur leur expérience quotidienne au sein de l'entreprise. Pour découvrir le palmarès et les vidéos, rendez-vous sur : [www.thestagiairecolas-lefilm.fr](http://www.thestagiairecolas-lefilm.fr) ; [www.facebook.com/THEstagiairecolas](http://www.facebook.com/THEstagiairecolas)



Chaque année, Colas accueille plus de 2 000 stagiaires, en France et à l'international. En 2012, afin notamment de renforcer son attractivité auprès des étudiants et de souligner l'importance qu'il attache à la valeur « créativité », le groupe a choisi de leur donner la parole en lançant «THE stagiaire», le 1<sup>er</sup> festival de cinéma d'entreprise. Pour la désignation du prix du Grand Public, les vidéos ont été soumises au vote des internautes sur les sites [www.thestagiairecolas-lefilm.fr](http://www.thestagiairecolas-lefilm.fr), Facebook, Twitter et YouTube. Les prix de la meilleure réalisation, du meilleur scénario, du prix Off-Road ainsi que le prix du jury sont décernés par un jury composé de collaborateurs et de professionnels après sélection de douze nominés.

## Fer de France

Le conseil d'administration de Fer de France, présidé par Guillaume Pepy, président de la SNCF, a désigné Pierre Mongin, président-directeur général de la RATP, comme président. Guillaume Pepy conserve ses fonctions de vice-président et de trésorier.

Fer de France est un organisme interprofessionnel du transport ferroviaire qui associe depuis 2012 tous les acteurs de la filière qui emploie plus de 300 000 personnes en France : autorités organisatrices de transport (GART et ARF), Etat (ministère des Transports), représentants des industriels fournisseurs (FIF et Alstom), opérateurs (UTP, SNCF, RATP), gestionnaires d'infrastructures (RFF, Eurotunnel) et des ingénieristes (Syntec Ingénierie).

## A suivre

### ■ A48

#### Demi-diffuseur de Mauvernay, bientôt un accès direct avec Lyon

Au niveau de Moirans sur l'A48 Coiranne - Grenoble, le demi-diffuseur existant, orienté vers Grenoble, a été mis en service en 1998. Si, à cette date, la réalisation d'un diffuseur complet n'était pas nécessaire, aujourd'hui la création du demi-diffuseur de Mauvernay en direction de Lyon répond à une forte attente.

Jusqu'à présent, pour rejoindre l'A48 en direction de Lyon ou inversement rejoindre le parc d'activité économique de Centr'Alp, les usagers du secteur de Voiron doivent emprunter les diffuseurs éloignés de Voreppe ou Rives. Pour répondre à ce déficit d'accès vers Lyon, la construction du nouveau demi-diffuseur n° 11 de Mauvernay est en cours. Le secteur voironnais bordé par l'A48 et l'A49 aura bientôt son lien direct avec Lyon par l'A48 ; avec à la clé, un gain de temps et une moindre consommation de carburant.

Ce projet indispensable, dont le maître d'ouvrage est AREA :

- participera à la bonne organisation des déplacements intérieurs du territoire et entre le Pays Voironnais, la Bièvre et le Nord-Isère. 20 % des déplacements dans le secteur sont des échanges domicile-travail dans le sens Bièvre-Voironnais.
- accompagnera le développement économique de la zone de Moirans/Voiron, au travers du parc d'activité de Centr'Alp.
- allègera le trafic important du réseau secondaire, contribuant ainsi à une meilleure qualité de vie des riverains. La circulation sur la RD 1085, par exemple, connaît un trafic important (4 000 véhicules / jour en moyenne). Approuvé par décision ministérielle en date du 11 avril 2012, le nouveau demi-diffuseur de Mauvernay, vers Lyon, raccordera directement l'A48 à la RD 121, par une entrée et une sortie à péage.

Le trafic attendu est de l'ordre de 2 000 véhicules / jour à l'horizon 2013. Les travaux ont débuté à l'été 2013 pour une mise en service programmée en septembre 2014.

## ■ Toulouse : accord partenarial pour améliorer la desserte du site aéroportuaire

Henri-Michel Comet, préfet de Région Midi-Pyrénées, Martin Malvy, président du conseil régional de Midi-Pyrénées, Pierre Izard, président du conseil général de la Haute-Garonne, et Pierre Cohen, président de la Communauté urbaine Toulouse Métropole, se sont réunis pour examiner les projets, en cours ou à venir, d'amélioration de la desserte multimodale (fer, route et tram) du site aéroportuaire de la métropole toulousaine.

Ils ont formalisé, en particulier, un accord partenarial pour le désenclavement routier de l'accès au futur siège du leader mondial de l'aéronautique.

Ainsi, l'Etat, la Région, le Département et la Communauté urbaine financeront à hauteur de 17 millions d'euros, la requalification de l'échangeur du Ritouret, pour contribuer à une plus grande fluidité.

La maîtrise d'ouvrage sera assumée par la Communauté urbaine et les emprises foncières de l'Etat seront cédées gratuitement. S'agissant par ailleurs de la réalisation du giratoire et de la liaison au pôle logistique du Barquill, le conseil général assurera la maîtrise d'ouvrage des travaux qui démarrent début 2014, la Communauté urbaine réalisant pour sa part les travaux d'assainissement. Cet accord concrétise donc l'engagement de ces aménagements attendus par les dirigeants d'Airbus et ses salariés.

## ■ Strasbourg relance son projet de rocade

Lors d'une conférence de presse, le préfet de la région Alsace, Stéphane Bouillon, a dévoilé le rapport de la mission ministérielle menée sur le projet de contournement ouest de Strasbourg.

Les experts François Renvois et Jean Panhaleux, inspecteurs généraux au Conseil général de l'Environnement et du Développement durable (CGEDD) y préconisent la construction d'une autoroute de 24 km, à 2 x 2 voies et le réaménagement de la voie actuelle pour favoriser les transports collectifs. Le préfet s'est dit prêt à relancer la procédure de mise en concession, après le retrait du groupe Vinci en 2012.

## Projet Lyon-Turin Approbations de l'accord entre la France et l'Italie

En France, après l'Assemblée nationale, le Sénat a voté le projet de loi autorisant l'approbation de l'accord entre les gouvernements de la République française et de la République italienne pour la réalisation et l'exploitation d'une nouvelle ligne ferroviaire Lyon-Turin. Signé le 30 janvier 2012, celui-ci arrête le tracé définitif ainsi que la répartition des coûts de la réalisation de la section internationale et du tunnel de base de 57 km.

Pour sa part, le 19 novembre, le Parlement européen, réuni en session plénière à Strasbourg, a approuvé le budget pluriannuel de l'Union européenne (UE) pour la période 2014-2020. Une enveloppe de 23,17 milliards d'euros sera dédiée aux futurs grands axes de transport européens choisis par l'UE, dont la future liaison ferroviaire fret-voyageurs entre Lyon et Turin. Cette décision européenne rend désormais possible le cofinancement européen à hauteur de 40 % des travaux de construction de l'élément central de cette ligne : le tunnel de base entre Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie) et Suse (Piémont italien). Sur un coût total de construction du tunnel de 8,5 milliards d'euros, l'UE en prendra ainsi à sa charge 3,4 milliards. Le reste du financement interviendra à hauteur de 57,9 % pour l'Italie, soit 2,9 milliards d'euros, et de 42,1 % pour la France (25 % du coût total), soit 2,2 milliards d'euros, pendant la période de construction du tunnel estimée à 10 ans.

Au Parlement européen, le projet a reçu le soutien de députés européens français et italiens. Par ailleurs, Michel Dantin, représentant au Parlement européen de l'euro-région Sud-est et originaire de Chambéry, a déclaré : « *C'est une journée importante pour l'avancement du chantier du Lyon-Turin mais, pour que la France puisse vraiment bénéficier de ce cofinancement européen, un certain nombre d'étapes restent à franchir dans les meilleurs délais par les autorités françaises dont la désignation du promoteur public qui succèdera à la société LTF* ».

François Lépine, vice-président de la Transalpine, a déclaré : « *Le co-financement européen constitue une opportunité exceptionnelle pour la France de pouvoir construire ce tunnel de base. Après la ratification de l'accord franco-italien de 2012 par le Parlement, il est indispensable, à l'instar des autorités italiennes, que les autorités françaises donnent une nouvelle impulsion à ce chantier tout particulièrement par l'engagement dès le 1<sup>er</sup> trimestre 2014 des travaux de la galerie de Saint-Martin-La Porte* ».

## Un engagement renouvelé mais des étapes nécessaires restent à franchir

A l'occasion du sommet franco-italien qui s'est tenu le 20 novembre à Rome, François Hollande et Enrico Letta ont renouvelé leur engagement en faveur de la liaison.

Si le soutien au Lyon-Turin a été à nouveau affirmé à Rome, le calendrier 2014 sera exigeant et des étapes majeures restent à franchir dans les meilleurs délais :

- ratification d'un dernier Traité avant le début effectif des travaux de percement du tunnel ;
- constitution du promoteur public chargé de la réalisation et de l'exploitation du tunnel transfrontalier ;
- début des travaux d'une nouvelle galerie de reconnaissance en Maurienne comme cela a été décidé en 2012 ;

- poursuite de l'exploitation de l'autoroute ferroviaire alpine actuelle.

L'ensemble des partenaires, collectivités publiques et entreprises, rassemblées au sein de la Transalpine, constate que les conditions sont maintenant réunies pour que la France et l'Italie répondent positivement à l'appel à projets qui sera proposé par l'Union européenne aux Etats dès le début 2014.

## LGV Bordeaux-Toulouse et Bordeaux-Dax

### Le tracé définitif arrêté

Dans le contexte de poursuite des grands projets qui entrent dans le cadre des recommandations de la Commission « Mobilité 21 », Frédéric Cuvillier, ministre des Transports, a pris une décision fondamentale pour le Grand projet ferroviaire du sud-ouest (GPSO), constitué des lignes nouvelles entre Bordeaux et Toulouse, d'une part, et Bordeaux et la frontière espagnole, d'autre part. Cet aménagement s'inscrit ainsi dans le prolongement de la ligne à grande vitesse (LGV) Tours – Bordeaux, en cours de réalisation pour une mise en service en 2017.

Le ministre a notamment arrêté le tracé définitif du projet et défini un schéma de réalisation du GPSO selon deux phases.

- La première phase comprendra deux lignes nouvelles :

- l'une, entre Bordeaux et Toulouse, avec l'objectif d'une mise en service à l'horizon 2024. Toulouse sera alors à 3h10 de Paris, soit un gain de temps d'une heure qui s'ajoutera aux 50 minutes de gain de temps dès la mise en service de la LGV Tours-Bordeaux en 2017. Coût total de la ligne nouvelle Bordeaux - Toulouse : 5,9 milliards d'euros.

- l'autre, entre le sud-Gironde et le raccordement nord de Dax, avec l'objectif d'une mise en service à l'horizon 2027. Bayonne sera alors à 3h25 de Paris, soit un gain de temps de 20 minutes, qui s'ajoutera aux 50 minutes économisées dès la mise en service de la ligne à grande vitesse Tours-Bordeaux en 2017. Coût total de la ligne nouvelle Bordeaux - Dax : 3,2 milliards d'euros.

La 1<sup>re</sup> phase fera l'objet d'une enquête préalable à la déclaration d'utilité publique au 1<sup>er</sup> semestre 2014. Concomitamment, les aménagements des lignes existantes aux abords des agglomérations toulousaine et bordelaise seront présentés à des enquêtes publiques spécifiques.

- La seconde phase sera constituée de la ligne nouvelle entre Dax et la frontière espagnole, avec l'objectif d'une mise en service au plus tard en 2032. Elle présente un intérêt certain dans le cadre du développement du réseau trans-européen de transport et des échanges avec la péninsule ibérique le long de la façade atlantique, à l'horizon de saturation de la ligne existante. Elle fera l'objet d'un approfondissement des études, notamment dans les secteurs à forts enjeux environnementaux, pour une présentation du projet à une enquête d'utilité publique ultérieure. Le suivi de l'évolution des trafics sur la ligne actuelle continuera d'être assuré dans le cadre de l'observatoire mis en place au Pays basque. A l'issue des résultats des études complémentaires, des arrêtés préfectoraux de projet d'intérêt général sur cette section préserveront les emprises foncières nécessaires à la réalisation future du projet.

## Téléphérique urbain Le Téléval confirmé dans le Val-de-Marne

Le Syndicat des transports d'Ile-de-France (Stif) a validé le 26 septembre dernier le trajet et la technologie du Téléval, projet de téléphérique urbain que souhaite créer le département du Val-de-Marne, entre Créteil et Villeneuve-Saint-Georges.

L'étape de concertation publique va donc pouvoir être lancée, pour une mise en service prévue en 2018. Le projet prévoit de relier les villes de Créteil, Limeil-Brévannes, Valenton et Villeneuve-Saint-Georges, afin de les désenclaver en les connectant directement à la ligne 8 du métro parisien, au niveau de la station Créteil-Pointe du Lac.



Le Téléval pourrait voir le jour d'ici à 5 ans dans le Val-de-Marne

Pour ce territoire marqué par d'importantes coupures urbaines, notamment de nombreuses voies ferrées et la RN 406, le téléphérique urbain a été envisagé comme le mode de transport le plus adapté. Le Téléval aura une longueur de 4,5 km, et sera doté de quatre à cinq stations. Le gain de temps quotidien passé dans les transports pour les habitants du Val-de-Marne est estimé jusqu'à 30 minutes, et, s'il est réalisé conformément au planning, il s'agira du premier téléphérique urbain d'Ile-de-France.

Il existe également de nombreux autres projets de téléphériques urbains en France ou à l'étranger, avec notamment les cas récents de Lyon, Marseille, Bordeaux, Issy-les-Moulineaux, ou encore de Nantes et Bagnolet. Une chose semble désormais certaine : l'engouement pour ce type de transports en commun en site propre (TCSP) ne cesse d'augmenter. On peut donc s'attendre à voir fleurir les projets dans les prochaines années, avant de pouvoir réellement se déplacer au-dessus des villes.

## Contrat de partenariat entre Vinci et Voies Navigables de France

La société Bameo, filiale de Vinci Concessions (50 %) en groupement avec Shema (groupe EDF), a signé avec Voies Navigables de France (VNF) un contrat de partenariat pour le remplacement de barrages manuels sur l'Aisne et la Meuse.

Le contrat, d'une durée de 30 ans, porte sur la conception, le financement, la construction, puis l'exploitation, la maintenance et le gros entretien renouvellement (GER) de 29 barrages automatisés et de leurs équipements associés. Il comprend également la déconstruction des barrages existants, ainsi que la remise à niveau, l'exploitation, la maintenance et le GER de 2 barrages déjà automatisés. En outre, il est prévu d'équiper 3 des barrages de micro-centrales de production d'hydroélectricité.

Le montant total de ce projet est de 312 millions d'euros. La structure du financement comprend un apport en fonds propres de 30 millions d'euros, une dette bancaire long terme de 266 millions d'euros obtenue auprès de 4 banques (Bank of Tokyo-Mitsubishi UFJ Ltd, KfW IPEX Bank, Société générale et Sumitomo Mitsui Banking Corporation). La Caisse des Dépôts et Consignations, agissant par l'intermédiaire de la direction des Fonds d'Épargne, participe à hauteur de 25 % des besoins de financements en période d'exploitation.

Les travaux, d'un montant total de 256 millions d'euros et d'une durée de 6 ans et 5 mois, seront réalisés par un groupement d'entreprises mené par Vinci Construction France, représenté par ses sociétés EMCC (mandataire), Tournaud, GTM HALLE, CBR TP et comprenant des PME locales.

La société Bameo sera rémunérée sous forme de redevances liées à la livraison des barrages. Celle-ci s'échelonne à partir de mars 2016 pour une mise en service de l'ensemble des 29 barrages en 2020. Les missions d'exploitation et de maintenance seront confiées à une entité dédiée filiale de Vinci Concessions (40 %) et de Shema.

Le projet constitue un élément majeur de la modernisation des infrastructures fluviales françaises. Il s'inscrit dans le cadre des objectifs de performance environnementale 2011-2013 de VNF (passés à poissons sur chacun des ouvrages pour assurer la continuité écologique, production d'hydroélectricité conformément aux objectifs nationaux de transition énergétique).

## ■ Poursuite des études de la ligne nouvelle Paris-Normandie

Sur la base des conclusions de la Commission « Mobilité 21 » remises en juillet dernier, le gouvernement a décidé de réorienter la politique des transports vers la conservation et la modernisation des réseaux existants, tout en poursuivant la réalisation de grands projets dans le cadre d'un programmation crédible et responsable.

Les travaux de la Commission ont confirmé l'importance du projet de ligne ferroviaire nouvelle Paris-Normandie pour répondre à la saturation globale de l'axe, recommandant une réalisation séquencée du projet, en traitant de manière prioritaire les sections présentant le plus d'enjeu.

Frédéric Cuvillier a donc décidé de poursuivre les études préalables à la déclaration d'utilité publique.

La réalisation du projet s'effectuera en deux temps. Dans un 1<sup>er</sup> temps, les études porteront sur trois sections prioritaires : Paris-Mantes ; Mantes-Evreux ; le nœud de Rouen et la nouvelle traversée de la Seine. Le ministre a demandé au préfet François Philizot, délégué interministériel au développement de la vallée de la Seine, de présider le comité de pilotage chargé de coordonner ces études qui seront menées par RFF, maître d'ouvrage du projet.

Ce comité de pilotage associera à l'Etat et au maître d'ouvrage, comme pour la période précédant le débat public, les régions de Basse-Normandie, de Haute-Normandie et d'Ile-de-France, les départements des Yvelines, des Hauts-de-Seine, du Val d'Oise, de l'Eure, de la Seine-Maritime, du Calvados et de la Manche, les villes de Paris, Rouen, Le Havre, Caen et Cherbourg ainsi que le Syndicat des transports d'Ile-de-France. Les études lancées viseront à préciser des zones de passage préférentielles qui seront examinées selon des critères de performance du projet mais aussi sur les aspects environnementaux ou encore socio-économiques.

Au vu de l'ensemble de ces données, le ministre arrêtera, à la fin de l'année 2016, le fuseau de ces trois sections prioritaires, dans lequel sera recherché le tracé de la ligne en vue de la tenue d'une enquête publique.

### DERNIÈRE MINUTE

#### Concours mondial d'innovation

Le président de la République a lancé le Concours mondial d'innovation, afin d'encourager les talents d'aujourd'hui, français et étrangers, pour créer la richesse collective de demain. Le gouvernement souhaite ainsi attirer les talents du monde entier pour qu'ils réalisent leurs projets en France.

Dans le cadre du programme d'investissements d'avenir et en s'appuyant sur Bpifrance, l'Etat va affecter 300 millions d'euros pour cofinancer des projets innovants portant les 7 ambitions définies par la Commission innovation : le stockage de l'énergie ; le recyclage des métaux lourds ; la valorisation des richesses marines ; les protéines végétales et la chimie du végétal ; la médecine individualisée ; la « silver économie » ; la valorisation des données massives. Ces sept thématiques déclinent, sur le champ de l'innovation, les trois axes prioritaires définis par le président de la République : la transition écologique et énergétique, les sciences du vivant et la santé, et le numérique.

Pour concourir : [www.innovation2030.org](http://www.innovation2030.org)



## ■ Vinci signe un contrat de partenariat du TCSP de la Martinique

La société Caraibus, filiale de Vinci Concessions, a signé avec le Syndicat mixte du transport collectif en site propre (SMTCSPP) de la Martinique, un contrat de partenariat, d'une durée de 22 ans, portant sur :

- le financement, la conception, la construction des ouvrages, dont les stations, les pôles d'échanges de Mahault, de Carrère, le centre de maintenance ainsi que la maintenance, le gros entretien renouvellement de l'ensemble de ces ouvrages et équipements ;
- le financement, la conception et la fabrication des bus à haut niveau de service (BHNS) et de leurs systèmes embarqués.

Le projet, d'un investissement total de 98,6 millions d'euros, se compose d'un apport du SMTCSPP de 18,4 millions d'euros, d'un montant de fonds propres d'environ 5,6 millions d'euros et d'un financement de 74,6 millions d'euros, qui sera assuré à parité à la mise en service par l'Agence française de développement (AFD) et la direction des Fonds d'épargne. La société Caraibus sera rémunérée au titre de la réalisation de ses prestations sous forme de redevances.

La conception et la réalisation du transport collectif en site propre (TCSP), d'une durée de 23 mois, seront réalisées par Eurovia et Vinci Construction, via leurs entreprises respectives Caraib Moter et Sogea Martinique. Les BHNS de 24 m seront quant à eux conçus et réalisés par la société Van Hool. Les missions d'entretien et de maintenance seront confiées à la société Caraibus Maintenance, filiale de Vinci Concessions.

## Aéroport de Notre-Dame-des-Landes La Commission européenne approuve une aide pour sa construction

La Commission européenne (CE) a estimé que la subvention publique octroyée par la France à la société Aéroports du Grand Ouest pour la réalisation de l'aéroport de Notre-Dame-des-Landes, à Nantes, est compatible avec les règles de l'Union européenne (UE) relatives aux aides d'Etat. Le projet améliorera notamment la desserte régionale sans entraîner une distorsion induite de la concurrence dans le marché intérieur européen.

Les autorités françaises ont notifié une subvention de 150 millions d'euros à la Commission en juillet 2013. Celle-ci a évalué la mesure au regard des lignes directrices de l'UE sur les aides d'Etat dans le secteur de l'aviation, adoptées en 2005. L'enquête réalisée par la Commission a montré que le projet d'infrastructure contribue à la réalisation d'un objectif d'intérêt commun en répondant à la saturation des infrastructures existantes. De plus, les autorités françaises ont présenté un plan d'activité prévisionnel du projet, dont il ressort que la subvention des pouvoirs publics est nécessaire à la réalisation du projet et proportionnée à l'objectif poursuivi.

L'évaluation de la mesure en cause, en application du droit des aides d'Etat, est sans préjudice de la procédure actuellement en cours visant à s'assurer de la compatibilité du projet avec le droit européen applicable en matière environnementale.

## Réaménager l'aéroport de Nantes-Atlantique coûterait aussi cher que Notre-Dame-des-Landes

En application des recommandations de la commission du dialogue, les services de la direction générale de l'Aviation civile (DGAC), avec l'aide de la direction départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) de la Loire-Atlantique, ont évalué les coûts de réaménagement de l'aéroport de Nantes-Atlantique avec maintien de la piste actuelle ou avec création d'une piste transversale, dans un scénario théorique où l'activité aérienne serait maintenue, avec des perspectives à 5,7 et 9 millions de passagers. Cette étude présentée, à la préfecture de Loire Atlantique, devant le groupe de travail pluraliste créé à la demande du ministre des Transports, prolonge la concertation sur les sujets identifiés par la commission du dialogue.

Il apparaît que :

- Les chaussées aéronautiques de Nantes-Atlantique, construites entre 1940 et 1973, ne sont pas en mesure d'accueillir le trafic cible. Le maintien de l'activité exigera la réfection complète de la piste.
- L'organisation des infrastructures ne permet pas d'accueillir 5,7 puis 9 millions de passagers. Des infrastructures seront modifiées et créées pour gérer la croissance des flux de passagers avec une qualité de service suffisante.

- L'évaluation économique conclut à des coûts élevés et met en relief deux enjeux :
  - L'aéroport fermerait 3 à 6 mois durant la réfection de la piste, avant l'échéance de 5 millions de passagers. Cette fermeture mettrait en cause les vols de la totalité de la saison d'été. Seule la perte pour l'exploitant aéroportuaire a été prise en compte, une telle interruption a des conséquences économiques et sociales beaucoup plus larges.
  - Les investissements aéroportuaires s'élevaient à 207 millions d'euros (TTC) à l'horizon 5 millions de passagers, 286 millions d'euros pour 7 millions et 192 millions d'euros pour 9 millions, soit un total de 685 millions d'euros. 114 hectares d'acquisitions foncières seraient nécessaires avec le rétablissement des voiries (coût additionnel de 55 millions d'euros).



L'aéroport Nantes-Atlantique

- L'étude confirme que l'hypothèse d'une piste transversale est à écarter. Les coûts d'investissements seraient supérieurs à ceux correspondant au maintien de la piste existante, à hauteur de 740 millions d'euros. L'acquisition de 300 hectares de terrains, les mesures environnementales et les coûts de déviation des réseaux routiers et ferroviaires (dont la ligne Nantes-Pornic) conduiraient à ajouter 251 millions d'euros à ces coûts. L'ensemble des textes règlementant l'urbanisme au sud de Nantes serait à revoir. Cette étude détaillée montre que la solution du maintien de l'activité n'est pas physiquement impossible, mais serait très coûteuse. Le développement de l'aéroport serait contraint par l'aggravation des nuisances. A terme, 80 000 personnes au sud et au centre de Nantes subiraient les nuisances de l'aéroport. La commune de Saint-Aignan verrait plus de la moitié de sa superficie soumise à des interdictions de construction de logements. Les travaux auraient un impact sur les zones humides des bassins versants de Grand-lieu et de l'estuaire de la Loire.

## Marseille Signature du contrat de la rocade L2

La Société de la Rocade L2 de Marseille, créée par Bouygues Construction (Bouygues Travaux Publics - mandataire, Bouygues Travaux Publics Régions France, DTP Terrassement et Bouygues Energies & Services), Colas Midi-Méditerranée, Spie batignolles, Egis, Meridiam Infrastructure et CDC Infrastructure, a signé avec le ministère de l'Ecologie (MEDDE), le contrat de partenariat relatif à la nouvelle rocade de contournement de Marseille (L2 ou A507).

Ce partenariat public-privé (PPP) d'une durée de 30 ans porte sur le financement, la conception, la construction, l'entretien, la maintenance et le renouvellement des ouvrages et équipements de cette infrastructure. C'est le plus important projet d'infrastructures attribué en France en 2013, pour un montant d'investissement de 620 millions d'euros.

La L2 contournera et désengorgera le centre de Marseille par la création d'une voie rapide urbaine (VRU) gratuite d'une dizaine de kilomètres reliant les autoroutes A7 (autoroute Nord vers Aix-en-Provence) et A50 (autoroute Est vers Aubagne et Toulon) et autorisera la requalification urbaine des quartiers desservis. La L2 entraînera la réalisation de nombreux projets favorisant le développement des transports collectifs.

Deux tronçons distincts seront à concevoir et réaliser : la construction neuve d'une section au nord de la ville (4,1 km) et l'achèvement de la construction de la section Est (5,5 km), démarrée il y a une vingtaine d'années.

La nouvelle liaison mettra en œuvre les dispositifs d'éclairage et de ventilation les plus économes en énergie et les plus respectueux de l'environnement.

Les travaux mobiliseront plus de 500 personnes en période de pointe et dureront quatre ans, pour une livraison de l'ensemble de la liaison en octobre 2017. Au terme des travaux, l'exploitation de cet ouvrage sera confiée à la direction interdépartementale des Routes (DIR) Méditerranée, tandis que la maintenance et les renouvellements seront assurés par la Société de la Rocade L2 de Marseille.

Le projet est cofinancé par la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le département des Bouches-du-Rhône et la Communauté urbaine Marseille Provence Métropole au travers du versement de concours publics pendant la construction. L'Etat, pour sa part, versera, à compter de la mise à disposition de la section L2 Est, une redevance au titulaire afin en particulier de rembourser le financement obligataire de près de 165 millions placé par la Société de la Rocade L2 de Marseille auprès du groupe Allianz ainsi que de couvrir les frais d'entretien, de maintenance et de renouvellement de l'infrastructure.

### DERNIÈRE MINUTE

#### Mobilisation de l'Europe et de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur pour la rocade L2

Michel Vauzelle, président de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, et Philippe de Fontaine Vive, vice-président de la Banque européenne d'investissement (BEI), ont signé un contrat de financement de 155 millions d'euros pour accélérer la mise en œuvre de la rocade L2. La Région assure 27,5 % du financement de cette rocade.

Ce projet d'importance européenne par sa dimension et son intérêt économique et social, est très attendu, motivant la BEI à s'engager à apporter un prêt à des conditions financières particulièrement attractives dans le contexte actuel de raréfaction des prêts à long terme.

En faisant appel à la BEI pour l'intégralité de sa part de financement, la Région a fait le choix d'un financement simple, sûr et d'un coût réduit pour le contribuable. « La confiance que nous accordons à la BEI est une reconnaissance de la bonne gestion de la Région, comme l'a confirmé pour la cinquième année consécutive la note « AA » de la Région par l'agence de notation Fitch. Cette signature est par ailleurs une bonne nouvelle pour nos concitoyens. Au-delà de la bonne gestion des deniers publics, nous concrétisons là un investissement qui sera positif pour l'économie de Marseille et de Provence-Alpes-Côte d'Azur », a déclaré Michel Vauzelle.

Le chantier, qui démarrera en juillet 2014 et emploiera jusqu'à 500 personnes, s'achèvera fin 2017.

## Evénements

### L'innovation primée par le Grand Prix national de l'Ingénierie 2013

A l'occasion du 12<sup>e</sup> meet.ING de l'ingénierie, le ministère du Redressement productif et le ministère de l'Ecologie (MEDDE) récompensent des professionnels de l'ingénierie, en partenariat avec Syntec-Ingénierie, pour leur participation à des projets innovants.

• Le Grand Prix national de l'Ingénierie 2013 est décerné à Luc Barthélémy et Jérôme Julien d'AKKA Technologies et à François Charlot d'INRIA - IMARA pour le projet Link & Go : le véhicule électrique autonome.

Link & Go est le premier concept-car électrique bi-mode : il se conduit et se gare avec ou sans conducteur. Il incarne un nouveau mode de mobilité conviviale et sociale. La modularité du poste de conduite transforme l'habitacle en configuration « salon » lorsque le véhicule roule de façon autonome.



Le véhicule électrique autonome Link & Go

Autre innovation majeure, le rechargement en énergie devient simple et efficace. Plus besoin de descendre de la voiture, il est assuré par un bras robotisé qui se branche directement au bon endroit. Au-delà de la technicité, le projet Link & Go vise l'intégration du véhicule dans la ville pour répondre aux enjeux des villes de demain : encombrement, multi-modalité des transports, économie d'énergie, pollution, mobilité pour tous, ...

• Le prix Aménagement - construction est décerné à Jean-Marc Tanis, Frédéric Manuel, Mathieu Cardin (EGIS), Michel Virlogeux (consultant), Paul M. Skelton (Hardesty & Hanover), Thomas Lavigne et Christophe Chéron (architectes DPLG), Alain Denat, Gilles Vanbremeersch et Alain Frbezar (Vinci Construction) pour la conception et la construction du pont Jacques Chaban-Delmas à Bordeaux.

Ce prix est l'aboutissement d'un projet qui aura duré 10 ans, de la candidature jusqu'à la mise en service de l'ouvrage. Il est la reconnaissance, au plan national et international, du travail d'une équipe qui, dans le cadre d'un groupement conception-construction, a conçu et réalisé un ouvrage d'art unique qui compte aujourd'hui parmi les plus grands ponts levants au monde.

## ■ La filière du drone civil se structure en France

Depuis sa création en juin 2013, la Fédération professionnelle du drone civil (FPDC) a rassemblé 240 membres, soit plus des deux tiers des acteurs du marché des drones civils français.

En avril 2012, la direction générale de l'Aviation civile (DGAC) mettait en place la réglementation spécifique aux drones civils. Cette avancée importante a entraîné le développement de nombreuses activités de travail aérien via ces aéronefs télépilotes, au profit de plusieurs secteurs : audiovisuel, agriculture, BTP, réseaux, immobilier, énergie, ... De nombreux emplois à valeur ajoutée ont ainsi été créés grâce à ces activités innovantes.

En 18 mois, le marché des drones civils a ainsi fourni les preuves de son potentiel, manifesté notamment par la création de plusieurs centaines de sociétés opérateurs et constructeurs de drones. Avec près de 300 opérateurs déclarés, la France est en première place dans ce marché émergent.

Consciente des atouts de cette nouvelle réglementation, la FPDC s'est donnée pour objectif de structurer la filière des drones à usage civil afin de renforcer et de faciliter son développement. Parmi les actions déjà engagées, figure un dialogue constructif avec la DGAC, pour aider les opérateurs et constructeurs à respecter et à pratiquer la réglementation. Ces échanges posent les bases nécessaires pour faire évoluer la réglementation à moyen terme, et ce dans l'objectif de respecter l'intérêt collectif.

Les enjeux des drones civils ont été présentés durant la première assemblée générale de la Fédération. Elle a fait un point de la situation actuelle, et a exposé le plan des actions prévues pour favoriser le développement des drones à usage civil.

## Projet MURE Donner plusieurs vies aux enrobés

Né au sein du pôle INDURA (pôle d'excellence Infrastructures durables Rhône-Alpes), le projet de recherche et développement MURE (multi-recyclage et enrobés tièdes) a été labellisé « projet national<sup>(1)</sup> » en octobre 2013. Il sera administré par l'IREX et soutenu par le ministère de l'Ecologie (MEDDE). Ce projet collaboratif est ouvert à tous les acteurs, publics ou privés, agissant dans le domaine des infrastructures routières : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, bureaux d'études, organisations professionnelles, entreprises, laboratoires de recherche académiques ou privés. Il vise à répondre à deux questions.

- La première concerne la mise en œuvre conjointe du recyclage et de la réduction des températures de production des enrobés tièdes. Utilisées séparément ces deux techniques donnent toute satisfaction. Pratiquées ensemble, elles suscitent des interrogations. Le savoir-faire et le corpus de connaissances scientifiques et techniques qui fondent le recyclage ont été acquis lorsque les enrobés étaient produits à des températures élevées. Que se passe-t-il quand on abaisse la température de production ?
- La seconde trouve son origine dans le fait que le recyclage commence à concerner des couches d'enrobés qui contiennent déjà des matériaux recyclés. Combien de fois peut-on recycler sans altérer les performances d'usage des enrobés ?



Aménagement de la rue du Champ d'Avoine à Montigny-le-Bretonneux (78)

Projet national <sup>(1)</sup> : procédure spécifique de mise en œuvre de la R&D collaborative dans le domaine de la construction, soutenue par le ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE), dans le cadre du Réseau génie civil et urbain (RGC&U)

## INDURA

INDURA, pôle d'excellence Infrastructures durables Rhône-Alpes, rassemble et accompagne les acteurs des Travaux publics sur les enjeux de demain, pour favoriser le développement de projets innovants dans le domaine des infrastructures de transport et de production d'énergie. Les membres du pôle couvrent l'ensemble de la chaîne de valeur : entreprises (des PME aux grands groupes), organismes professionnels, centres de recherche et instituts de formation. [www.indura.fr](http://www.indura.fr)

Le projet national MURE traite tous les aspects de ces interrogations : scientifiques, techniques, matériels, sanitaires, environnementaux, économiques, normatifs et réglementaires. Les retombées attendues sont :

- de continuer à développer les enrobés tièdes tout en recyclant,
- d'atteindre les objectifs de la convention d'engagement volontaire (CEV),
- de donner confiance à toutes les parties prenantes sur la capacité des enrobés multirecyclés à remplir leurs fonctions.
- de valoriser l'image de la profession.

La partie scientifique du projet est financée par l'Agence nationale de la recherche (ANR) dans le cadre du projet IMPROVMURE qui débute en janvier 2014. L'objectif principal de ce projet est de qualifier la remobilisation du liant issu des matériaux recyclés à l'aide du liant d'apport, et d'évaluer son impact sur la durabilité des enrobés. IMPROVMURE est labellisé par les pôles de compétitivité Advancity et Axelera.

Une réunion d'information et d'appel à partenariat a été organisée le 18 novembre à Villeurbanne (Rhône), pour inciter les parties prenantes de la construction et de l'entretien des chaussées à rejoindre les acteurs qui se sont engagés dans le montage du projet : APRR, BP, CEREMA Méditerranée, Colas, conseils généraux 63, 69 et 74, E26, Eiffage Travaux Publics, ENTPE, Ermont, ESITC, ESTP, Eurovia, FNTP, Grand Lyon, Guintoli, IFSTTAR, Lafarge, PL Favier, Roger Martin, Sétra, SMAC, Sprir Rhône-Alpes, Total, USIRF, USIRF, ... [www.pnmure.fr](http://www.pnmure.fr) et [www.improvmure.fr](http://www.improvmure.fr)

## Le LIER a 20 ans

Issue du Laboratoire des chocs et de biomécanique de l'Organisme national de sécurité routière (ONSER), puis de l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (anciennement INRETS, filiale de l'IFSTTAR, (Institut français des sciences et technologies de transports, de l'aménagement et des réseaux)), la plate-forme de crash-tests pour les dispositifs routiers de sécurité a été confiée en octobre 1993 au Laboratoire d'essais INRETS des Equipements de la route (LIER).

Avec 20 ans d'expérience, le LIER est reconnu à l'international pour son expertise et son professionnalisme qui bénéficient aussi bien à sa clientèle industrielle qu'aux instances de normalisation internationales.

Spécialisé dans l'évaluation des équipements de la route, le laboratoire a acquis une réputation internationale, grâce à son expérience et la qualité de ses services.

Les installations du laboratoire sont situées depuis 1993 dans la zone aéroportuaire de Lyon Saint-Exupéry et comportent principalement 7 zones, réparties sur 30 ha, pour réaliser des essais de choc en grandeur réelle contre tout équipement de sécurité routière : barrières, atténuateurs de chocs, extrémités, raccordements mais aussi supports de signalisation, candélabres, bornes anti-intrusion, etc.



Le LIER réalise des crash-tests en grandeur réelle

Le LIER, accrédité par la section Laboratoires du Comité français d'accréditation (COFRAC) selon la norme qualité ISO/CEI 17025 (prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essais), articule ses activités autour de deux méthodes complémentaires :

- les essais de choc expérimentaux ; le LIER, leader européen dans son domaine avec environ 1 350 essais réalisés à ce jour, utilise tout type de véhicules pour tester les équipements routiers de sécurité. Les essais de chocs sont effectués selon les besoins, soit avec des véhicules de tourisme, soit avec des autocars ou des poids lourds de 10 à 38 tonnes. Par ailleurs, le LIER a développé dès 1998 une procédure d'essai particulière visant à évaluer le niveau de protection offert par des dispositifs spécifiques en vue de protéger les motocyclistes en cas de chute. Cette procédure est à l'origine d'un nouveau projet de norme européenne.

- la simulation numérique sur dispositifs en cours de développement ou en phase de modification et/ou d'optimisation ; l'équipe d'ingénieurs tire profit de son expérience terrain et de son expertise pour développer et valider des modèles numériques fiables.

L'équipe profite de son expertise pour proposer un service de formation pour tous les niveaux c'est-à-dire des programmes d'introduction au dimensionnement aux éléments finis mais aussi des formations « expert » pour optimisation de produit d'équipement routier. Les logiciels de support aux formations sont LS-Dyna, logiciel de dynamique rapide, ainsi que BarrLier, logiciel métier développé en partenariat par le LIER et Simtech.

Depuis peu, le LIER est également organisme de certification notifié pour le marquage CE des dispositifs de retenue routière offrant ainsi à ses clients une gamme complète d'outils, de l'aide au développement jusqu'à la certification de leurs produits.

[www.lier.fr](http://www.lier.fr)

## Concours Lumières® du SERCE Lancement de la 26<sup>e</sup> édition

Cette année encore, le Syndicat des entreprises de génie électrique et climatique (SERCE) et Philips Lighting souhaitent valoriser les initiatives de mises en lumière de maîtres d'ouvrage, publics et privés.

La mise en lumière du patrimoine monumental ou paysager, historique ou contemporain, peut redonner de la cohésion sociale à des espaces urbains mal identifiés. Elle contribue également à l'attractivité touristique et par-delà à l'activité économique des territoires, que ce soit à l'échelle d'un site, d'un quartier ou bien d'une ville.

Le concours Lumières récompense les projets valorisant le patrimoine et fait rimer innovation, esthétique et efficacité énergétique. La manifestation a déjà primé plus de 120 réalisations dans des communes urbaines ou rurales de France.

Le concours s'adresse aux maîtres d'ouvrage publics ou privés ayant réalisé, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2012, une mise en lumière pérenne d'éléments du patrimoine architectural, industriel ou naturel, ancien ou contemporain, accessibles à tous gratuitement.

Le jury, composé de professionnels de l'éclairage, de responsables de l'aménagement des villes, d'élus, d'architectes et paysagistes, fonde son jugement sur le caractère esthétique des illuminations, mais aussi sur la qualité, l'originalité, la mise en œuvre technique et la pertinence de la valorisation des lieux par l'éclairage.

L'optimisation de la performance énergétique est également une variable de sélection essentielle. Le jury évalue notamment l'efficacité énergétique des réalisations sur le nombre de points lumineux et la puissance totale installée, le type de projecteurs et les sources utilisées ainsi que le ratio moyen lumen/Watt pour chaque type de point lumineux.

Le concours est doté d'une somme totale de 16 500 euros et décerne 3 prix : 7 000 euros ; 5 500 euros et 4 000 euros.

**Les dossiers d'inscription sont à retirer avant le 16 janvier 2014 et doivent être retournés avant le 28 février 2014.**

[www.serce.fr](http://www.serce.fr)

## Mise en service des nouvelles bretelles du nœud A43-A432

Après moins d'un an et demi de travaux, le nœud autoroutier A43-A432 dans sa nouvelle configuration est ouvert à la circulation depuis le 15 novembre 2013.

Point de convergence du trafic de l'A432

en provenance du nord et de l'est de l'agglomération lyonnaise et de l'aéroport Lyon-Saint-Exupéry, et celui en direction des Alpes (A43), cette bifurcation a été réaménagée.

Afin d'écouler les flux croissants de trafic et améliorer la sécurité des clients. La capacité du nœud a été augmentée par :

- la création d'une bretelle en anse à 2 voies dans le sens A432 Saint-Exupéry vers A43 Chambéry/Grenoble ;
- la mise à 2 voies de la bretelle A43 Chambéry/Grenoble vers A432 Saint-Exupéry.

Ce réaménagement représente un investissement de 20 millions d'euros intégralement financé par AREA, concessionnaire de l'Etat.

## La ville de Lyon adopte Bluely

Le 10 octobre, la ville a inauguré Bluely, son nouveau dispositif de location de voitures électriques en libre-service conçu par le groupe Bolloré.

Inspirée du succès d'Autolib' en région parisienne (2 000 véhicules et 105 000 abonnements), l'offre Bluely vise à ce que les Lyonnais modifient leurs habitudes de déplacements, en choisissant des moyens de circulation plus écologiques. Pour son lancement, Bluely dispose de 130 voitures Bluecar, réparties dans 51 stations de recharges (254 bornes) à Lyon et à Villeurbanne. D'ici à l'année prochaine, 250 véhicules et une centaine de stations de recharge (500 bornes) seront disponibles.

[www.bluely.eu](http://www.bluely.eu)

## ■ Forum international des transports

### Lancement d'un nouveau prix de l'innovation dans les transports

Le Forum international des transports (FIT) de l'OCDE récompense les projets d'avenir aux premiers stades de leur exécution. Le FIT, organisation intergouvernementale de 54 pays membres chargée des transports au sein de l'OCDE, lance un appel à candidatures pour un nouveau prix.

### Le prix de l'innovation

Le Prix de l'innovation d'avenir dans les transports distinguera une innovation susceptible d'apporter des améliorations notables dans le secteur des transports, qu'il s'agisse de changements technologiques, opérationnels ou organisationnels ou d'une évolution mêlant ces aspects. Les projets candidats doivent avoir reçu l'aval financier ou réglementaire requis pour leur mise en œuvre ou être en cours d'exécution depuis moins de deux ans. Le prix est ouvert aux entreprises, aux entités publiques, aux organisations non gouvernementales et aux particuliers des pays membres du FIT ou dotés du statut d'observateur.

Il complète les deux autres distinctions de prestige décernées chaque année par le FIT.

- Le Prix de la meilleure réalisation dans les transports récompense le succès avéré d'une innovation en place depuis au moins deux ans, et au plus cinq ans, dans le secteur des transports.

Il est ouvert aux exploitants et autres prestataires de services de transport, aux autorités organisatrices ainsi qu'aux fournisseurs et fabricants du secteur implantés dans les pays membres du FIT ou dotés du statut d'observateur.

- Le Prix du jeune chercheur de l'année distingue la réflexion et l'analyse créative des jeunes chercheurs qui étudient la contribution des transports au bien-être de la société.

Il est ouvert aux chercheurs de moins de 35 ans qui travaillent pour des établissements, universités ou sociétés de conseil implantés dans du FIT ou dotés du statut d'observateur.

**Pour ces prix, la date limite de candidature est le vendredi 7 février 2014.**

[www.internationaltransportforum.org/2014/awards](http://www.internationaltransportforum.org/2014/awards)

## Innovation « Routes et Rues » : les lauréats 2013

Sous l'égide de Daniel Bursaux, directeur général des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM), au ministère de l'Ecologie (MEDDE), le jury de l'innovation routière, présidé par Eric le Guern, directeur du Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (Sétra), a retenu 5 projets, récompensés le 23 octobre dernier dans le cadre de la conférence sur l'innovation organisée par l'Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité (IDRRIM).

11 projets, établis par 8 entreprises ou groupements, avaient été remis.

Les 5 candidats retenus se verront proposer un cadre d'expérimentation de leur innovation en situation réelle sur des chantiers de l'Etat, de collectivités territoriales ou de sociétés d'autoroutes. Ils bénéficieront également d'un suivi et d'une évaluation de leurs expérimentations par le réseau scientifique et technique du MEDDE.

Ces expérimentations s'inscrivent dans le cadre de la politique de soutien à l'innovation dans le domaine routier menée par le ministre de l'Ecologie, Philippe Martin, et par le ministre délégué chargé des transports, Frédéric Cuvillier.

### Les lauréats de l'innovation 2013

- Biocold - Enrobé bitumineux à forte valeur ajoutée environnementale et à maniabilité optimisée pour l'entretien des couches de roulement. Entreprise : Eiffage Travaux publics ;
- DIAC - Dispositif innovant d'accompagnement des chantiers urbains. Entreprise : SCE ;
- Sacerlift - Procédé de nettoyage et de minéralisation des revêtements urbains. Entreprise : Colas ;
- Viaphone<sup>®</sup>M - Une réponse durable à la problématique de la réduction du bruit de roulement. Entreprise Eurovia ;
- Vopase - VOies Partagées Automatisées Sécures et Eco-responsables. Entreprise : Néavia Technologies.

Pour ce septième appel à projets, les thèmes proposés par le comité de l'innovation routière étaient les suivants :

- gestion du patrimoine routes et rues,
- matériaux, techniques et équipements adaptés, durables, sobres et économiques,
- valorisation, requalification, réhabilitation, adaptation et entretien des ouvrages d'art existants,
- usage et gestion optimisés des infrastructures de transport en milieux urbains et inter-urbains,
- résilience des infrastructures au changement climatique - eau.

Pilotée par l'Etat, en association avec les collectivités territoriales et les sociétés d'autoroutes, cette démarche de soutien à l'innovation routière, relancée en 2006, doit contribuer à mieux répondre aux besoins des maîtres d'ouvrage routiers et des usagers. Elle participe également à l'amélioration de la compétitivité des entreprises.

En soutenant l'innovation routière, l'Etat confirme son rôle de pilote de la politique technique nationale routière déclinée par la loi du 13 août 2004 relative aux responsabilités et libertés locales.

Le MEDDE poursuit son engagement dans cette démarche qui couvre tous les secteurs d'activité du champ des infrastructures routières, notamment les terrassements, les ouvrages d'art, les chaussées, les équipements, et concerne la construction comme l'entretien ou l'exploitation.

En s'appuyant sur un programme public national à caractère pluriannuel consacré à l'innovation routière, le ministère a mis en place une procédure de sélection des projets d'innovation destinés à répondre aux besoins prioritaires de tous les maîtres d'ouvrage routiers. Les projets retenus correspondent à des innovations prêtes à être expérimentées en situation réelle.

[www.setra.equipement.gouv.fr](http://www.setra.equipement.gouv.fr)

## IDRRIM

### Résultats du Prix 2013

#### « Infrastructures pour la mobilité et biodiversité »

Organisé par l'IDRRIM et l'ensemble des signataires de la Convention d'engagement volontaire (CEV) depuis 2010, le prix Infrastructures pour la mobilité et biodiversité (IMB) vise à récompenser les actions mises en œuvre par les acteurs publics et privés impliqués dans la construction, l'entretien, l'aménagement et l'exploitation des infrastructures de mobilité (routières, ferroviaires, fluviales, portuaires ou encore aéroportuaires) en faveur de la préservation et de la valorisation des espaces naturels, de la biodiversité et du paysage.

Les lauréats 2013 ont été récompensés, en présence d'Yves Krattinger, président de l'IDRRIM, et de Mauricette Steinfeld, membre du conseil général de l'Environnement et du Développement durable (CGEDD) et présidente du jury 2013.

Recueillant 27 projets candidats, la 4<sup>e</sup> édition 2013 démontre l'intérêt porté par les acteurs publics et privés des infrastructures de transport à la préservation et à la valorisation de la biodiversité et du paysage dans la mise en œuvre de leurs projets.

Le jury, composé de 20 professionnels reconnus dans le domaine de la mobilité et de l'environnement, a récompensé les meilleurs projets à travers 5 catégories.

Compte tenu de la spécificité et de l'aspect transversal d'un des projets, le jury a également décerné un prix spécial à l'un des candidats.

### Les lauréats 2013 du Prix IMB

Dans les 5 catégories primées, les lauréats sont :

- « **Paysage et biodiversité** » : le projet « Aménagement du lido du Petit et du Grand Travers - commune de Mauquo-Carnon (Hérault) », porté par Ingérop Conseil et Ingénierie, en partenariat avec la Communauté d'agglomération du Pays de l'Or, maître d'ouvrage, et l'Atelier Alfred Peter, paysagiste.

• « **Continuités écologiques** » : (deux lauréats ex æquo) :

- Le projet « Rétablissement de continuités écologiques sur réseau existant – Une méthode de hiérarchisation originale et transposable » porté par la direction interdépartementale des Routes de l'Est (DIR Est), en partenariat avec le CETE de l'Est et l'Atelier des territoires/Ingérop.

- Le projet « Eco-ponts à haute fonctionnalité » porté par Vinci Autoroutes, réseau Escota, en partenariat avec les groupements Maia-Sonnier et Razel-Bec.

• « **Sensibilisation/communication** » : le projet « L'engagement d'Eurovia pour la biodiversité », porté par Eurovia, en partenariat avec le Muséum national d'histoire naturelle.

• « **Gestion et entretien des infrastructures** » : le projet « Enrobé avertisseur sonore en Camargue : quand la route intègre la problématique chauve-souris », porté par le conseil général des Bouches-du-Rhône, en partenariat avec le groupe Chiroptères de Provence.



Enrobé avertisseur sonore en Camargue

• « **Projets mettant en œuvre le génie écologique** » : le projet « Vélo-route Voie verte ViaRhôna (VVV) - du Léman à la Méditerranée » porté par le conseil général de la Drôme / Direction des déplacements.

• **Prix spécial du jury** : le projet « Enquête Faune et route », porté par l'association Picardie Nature.

[www.idrriim.com](http://www.idrriim.com)

## Faits et chiffres

### Financement des infrastructures de transport Avancées de la Commission européenne

Frédéric Cuvillier s'est rendu mi-octobre à Tallinn (Estonie), pour participer au Ten-T Days, conseil informel des ministres des Transports européens consacré aux grands projets d'infrastructures qui dessineront un réseau cohérent grâce à un maillage transfrontalier efficace. Des avancées importantes ont été enregistrées concernant des projets essentiels pour la France. Le ministre, accompagné de ses homologues de Belgique, des Pays-Bas, d'Italie et d'Espagne, a signé avec le Commissaire européen aux Transports Siim Kallas une déclaration conjointe pour afficher leur volonté commune d'avancer sur les grands projets européens : tunnel ferroviaire Lyon-Turin, canal Seine Nord Europe et corridor Atlantique.

La Commission européenne a affirmé que la nouvelle liaison Lyon-Turin et le canal Seine Nord Europe sont éligibles à des subventions européennes jusqu'à 40 % des dépenses, sur le budget portant sur la période 2014-2020.

Par ailleurs, à court terme, la Commission confirme l'attribution de 200 millions d'euros de subventions pour les projets d'infrastructures en France, dont 104 millions d'euros pour le contournement ferroviaire Nîmes-Montpellier.

Pour Frédéric Cuvillier, « la Commission européenne prend un engagement répondant à la mobilisation de la France, qui plaide depuis 17 mois pour que l'Europe participe davantage au financement de ces grands projets. C'est le résultat des avancées obtenues par le président de la République au Conseil européen des 7 et 8 février, ayant abouti à une augmentation de 65 % de l'enveloppe destinée aux grandes infrastructures de transport ».

### Réaction de la FNTP

Dans un communiqué fin novembre, la Fédération nationale des Travaux publics (FNTP) souligne que « la France doit saisir dès maintenant les opportunités de cofinancement offertes par l'Union européenne (UE) en matière d'infrastructures ».

Le cadre financier pluriannuel pour la période 2014-2020 vient d'être approuvé. Il comporte un instrument financier pour cofinancer les infrastructures de transport, d'énergie et de télécommunications qui présentent un intérêt à l'échelle de l'UE. Près de 23,2 milliards seront alloués au secteur des transports dans le but d'améliorer les connexions transfrontalières et d'éliminer les goulets d'étranglement.

Cette adoption clôt une période de négociations dans laquelle la FNTP a notamment milité pour :

- Une enveloppe ambitieuse du futur instrument européen pour répondre à l'ampleur des besoins (la Commission estime les besoins d'investissement dans le domaine des transports à 500 milliards d'euros pour l'ensemble du réseau transeuropéen de transport pour la période 2014-2020).

- Un taux de cofinancement important pour les sections transfrontalières de façon à permettre la réalisation des grands projets d'intérêt européen.

- L'instauration de délais clairement identifiables pour achever les grands projets, afin d'optimiser et de garantir la mise en œuvre effective des fonds européens.

### ■ Décisions du conseil d'administration de l'AFITF

Le conseil d'administration de l'Agence de financement des infrastructures de France (AFITF) s'est réuni le 3 octobre 2013 sous la présidence de Philippe Duron.

La principale décision concerne l'approbation de la convention de financement du renouvellement du matériel roulant des trains d'équilibre du territoire (TET).

Cette convention tripartite Etat (autorité organisatrice)-SNCF-AFITF mobilise les 510 millions d'euros annoncés par le gouvernement, apportés par l'AFITF pour financer les commandes qui seront passées par la SNCF. En matière ferroviaire, ont été adoptées trois conventions portant sur les autoroutes ferroviaires dont deux pour la mise en œuvre de l'autoroute ferroviaire atlantique qui doit être concédée prochainement, ainsi que deux conventions d'aménagements locaux.

Dans le domaine fluvial, deux conventions ont été adoptées, pour poursuivre les études préalables relatives au projet de liaison à grand gabarit dit Seine-amont entre Bray-sur-Seine et Nogent-sur-Seine et pour accompagner la reconfiguration technique du projet de canal Seine-Nord Europe.

Enfin, le conseil a délibéré sur cinq projets de transports collectifs urbains en site propre (TCSP), concernant les agglomérations de Montpellier, Montbéliard, La Réunion Est, Lorient et Brive.

Au total, le conseil a autorisé l'engagement de plus de 686 millions d'euros.

### ■ L'AFITF ouvre son site Internet

L'AFITF était l'un des rares opérateurs de l'Etat à ne pas avoir de site Internet et les personnes recherchant des renseignements sur cette agence éprouvaient quelques difficultés à les obtenir. Elle est désormais dotée d'un site propre : [www.afitf.net](http://www.afitf.net)

On y trouvera documentation et références relatives au statut, à l'organisation, à l'activité, ... avec notamment des données chiffrées tant actuelles que rétrospectives. Le rôle de l'AFITF est limité au financement des projets. Le site se présente comme un portail, décrivant sommairement les principaux projets financés, rappelant le niveau de l'engagement de l'Agence, mais renvoyant pour le détail vers les sites du porteur du projet. Il est destiné à s'enrichir progressivement de nouveaux éléments et à devenir un outil de travail fiable pour tous ceux qui s'intéressent aux infrastructures de transports.

[www.afitf.net](http://www.afitf.net)

.../...

### ■ Sécurité routière

#### Recommandations du CNSR

Lors de sa 5<sup>e</sup> réunion plénière, le Conseil national de la sécurité routière (CNSR), après débat et vote, a formulé quatre recommandations au ministre de l'Intérieur :

- Instaurer une journée nationale des victimes de la route le 22 février, qui sera un jour de commémoration des personnes et des familles dont le destin a, un jour, sur une route, brutalement basculé dans le drame. Cette journée contribuera également à lancer des travaux pour faire progresser la prise en charge des victimes et de leurs familles.
- Organiser la récupération des données, d'ores et déjà présentes dans les systèmes de pilotage des véhicules, afin de reconstituer la genèse des accidents. Cette solution, sans surcoût, basée sur l'enregistrement sans son ni image du mouvement du véhicule, nécessite néanmoins qu'une standardisation du format des données soit opérée au niveau européen pour les futurs véhicules.
- Développer l'usage de l'éthylotest anti-démarrage auprès de conducteurs présentant un problème avec l'alcool, assorti d'un suivi et de soins.
- Lancer une expérimentation sur certaines voies rapides urbaines (VRU), autorisant les deux-roues motorisés, lorsque le trafic est congestionné, à circuler entre les deux voies les plus à gauche, moyennant une limitation de leur vitesse à 50 km/h.

Cette séance a également été l'occasion d'un débat sur les mesures clés proposées par le comité des experts du CNSR pour diviser par deux la mortalité routière d'ici à 2020. Cette 1<sup>re</sup> étape dans l'élaboration d'une stratégie globale de sécurité routière sera complétée dans les prochains mois par un 2<sup>e</sup> rapport, intégrant une vision plus globale de la sécurité routière.

.../...

Au moment où la France et l'Italie confirment leur volonté d'engager définitivement le projet de liaison ferroviaire Lyon-Turin grâce au soutien financier de l'UE, la FNTP réaffirme la nécessité de mobiliser, à l'échelle nationale, des contreparties financières suffisantes et lisibles pour bénéficier de ce nouvel instrument financier. Or, le report de l'écotaxe jusqu'à la remise à plat de la fiscalité compromet la capacité de l'Etat à boucler le financement des projets d'infrastructures d'intérêt européen. Il s'agit pourtant de profiter pleinement des nouvelles opportunités de cofinancement offertes par l'UE, dont la contribution à la réalisation des sections transfrontalières pourra s'élever jusqu'à 40 % du montant des travaux.

### Colas

#### Amélioration des résultats au 3<sup>e</sup> trimestre

Au 30 septembre 2013, le chiffre d'affaires consolidé du groupe s'élève à 9,7 milliards d'euros, quasiment identique à celui réalisé au 30 septembre 2012 (- 0,1 % et + 0,3 % à périmètre et taux de change comparables). Le bon déroulement de l'activité au 3<sup>e</sup> trimestre dans des conditions climatiques normales a contribué à rattraper partiellement le retard de chiffre d'affaires enregistré à fin juin.

Dans le domaine des routes, en France métropolitaine, le chiffre d'affaires est stable sur les neuf premiers mois grâce à un bon niveau d'activité réalisé au 3<sup>e</sup> trimestre (+ 3,5 % par rapport au 3<sup>e</sup> trimestre 2012), comblant le retard enregistré à fin juin.

En Europe, l'activité est en baisse de 4 %. En Amérique du Nord, le 3<sup>e</sup> trimestre n'a pas permis d'inverser le retard du 1<sup>er</sup> semestre imputable aux conditions climatiques défavorables. Le chiffre d'affaires est en baisse de 8 % par rapport à fin septembre 2012, notamment au Canada en raison d'un recul du marché dans certaines provinces.

Dans le reste du monde, le chiffre d'affaires progresse de 2 %. L'Asie/Australie et les départements d'Outre-mer sont en croissance. La zone Afrique/Océan Indien enregistre une baisse, principalement au Maroc.

#### Les activités de spécialités toujours à la hausse

Sur les neuf premiers mois de l'exercice 2013, le chiffre d'affaires progresse de 11 %. Cette hausse reflète des situations différentes selon les métiers, dans la continuité des évolutions du 1<sup>er</sup> semestre : forte croissance du ferroviaire (+ 23 %) et de la vente de produits raffinés (+ 18 %) liée à la fin, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2013, du contrat de *processing* avec Total (qui commercialisait 40 % des produits de SRD), bonne résistance de l'activité étanchéité (+ 6 %), quasi stabilité du pipeline (- 1 %) et baisse de l'activité sécurité signalisation (- 5 %).

#### Perspectives 2013 à la baisse

Le carnet de commandes à fin septembre 2013 se maintient à un niveau élevé, à 7,1 milliards d'euros (+ 1 % par rapport à fin septembre 2012). Il bénéficie notamment de l'entrée en commande des succès commerciaux suivants : conception-construction de la LGV Tanger-Kenitra au Maroc, construction de deux sections de l'autoroute M85 en Hongrie,

PPP en groupement pour la modernisation de l'aéroport international d'Iqaluit au Nunavut (Canada).

Sur la base des éléments disponibles, le chiffre d'affaires pour l'exercice 2013 sera proche de 13,1 milliards d'euros (prévision précédente : 13,2 milliards) en raison de l'impact défavorable des taux de change contre euro.

### Eiffage

#### Retour à la hausse au 3<sup>e</sup> trimestre

Eiffage a réalisé au 3<sup>e</sup> trimestre 2013 un chiffre d'affaires consolidé de 3,8 milliards d'euros, en hausse de 4,8 %, par rapport au 3<sup>e</sup> trimestre 2012.

Sur les neuf premiers mois de l'année, le chiffre d'affaires consolidé du groupe atteint ainsi plus de 10,3 milliards d'euros, en progression de 0,8 % par rapport à 2012.

La branche Travaux publics réalise un chiffre d'affaires de 3,06 milliards d'euros (+ 7,1 % à structure réelle).

En France, il croît de 9,6 % à 2,54 milliards d'euros, du fait, notamment, des travaux du chantier Bretagne-Pays de la Loire (BPL) qui progressent conformément au planning.

En Europe, (382 millions d'euros ; - 11,6 %), l'activité est en hausse de 2,5 % en Allemagne sur le trimestre (- 6,9 % au 30 septembre), mais de nouveau en baisse en Espagne (- 23,7 %), dans un contexte économique toujours très défavorable.

Hors d'Europe, le chiffre d'affaires s'élève à 109 millions d'euros, en hausse de 34,6 %.

#### A65, hausse de la fréquentation

Dans le domaine des Concessions, le trafic global sur le réseau d'APRR au 30 septembre 2013, mesuré en nombre de kilomètres parcourus, s'inscrit en hausse de 0,4 % par rapport à la même période de 2012 : le trafic des véhicules légers (VL) progresse de 0,5 %, tandis que celui des poids lourds (PL) recule toujours légèrement (- 0,3 %), mais avec une inversion de tendance qui se confirme (+ 2,5 % sur le trimestre).

Le chiffre d'affaires consolidé d'APRR s'établit à 1 607 millions d'euros au 30 septembre 2013, en hausse de 2,4 %.

Sur le viaduc de Millau, le trafic VL est en diminution de 0,9 %, alors que celui des PL enregistre une hausse de 0,6 %, soit une baisse de trafic globale de 0,8 %. Le chiffre d'affaires au 30 septembre 2013 (31,4 millions d'euros) croît de 3,8 %.



Vue générale de l'A65

L'autoroute A65 Pau-Langon, dont A'Liéonor est le concessionnaire, enregistre une nouvelle hausse de fréquentation, tous véhicules confondus, de 5,6 %

(+ 5,6 % pour les VL et + 5,5 % pour les PL) ; le chiffre d'affaires s'élève à 32,0 millions d'euros, en progression de 11,1 %.

Le chiffre d'affaires de l'autoroute de l'Avenir au Sénégal atteint 4,3 millions d'euros, avec l'ouverture à la circulation, début août 2013, d'un 2<sup>e</sup> tronçon d'une longueur de 20 km.

Les autres concessions et les opérations de partenariat public-privé (PPP) ont dégagé un chiffre d'affaires de 52,7 millions d'euros, contre 41,8 millions d'euros sur la même période de 2012.

### Perspectives 2013 confirmées

Le carnet de commandes s'élève à 12,2 milliards d'euros au 1<sup>er</sup> octobre 2013.

Stable par rapport au 1<sup>er</sup> janvier 2013 (- 5,3 % sur un an), ce carnet assure plus de 12 mois d'activité aux branches travaux et conforte la prévision de chiffre d'affaires du groupe de 14,2 milliards d'euros pour l'année 2013.

## Vinci 3<sup>e</sup> trimestre satisfaisant

Le chiffre d'affaires consolidé au 30 septembre 2013 s'établit à 29,535 milliards d'euros, en hausse de 4,7 % par rapport à la même période de 2012. Cette évolution reflète une croissance de 3,6 %, un impact des variations de périmètre de 1,9 % et un effet de change de - 0,7 %.

Le chiffre d'affaires des Concessions s'élève à 4,225 milliards d'euros, en progression de 2,4 %. Celui de Vinci Autoroutes augmente de 2,8 %, à 3,534 milliards d'euros.

Le chiffre d'affaires du Contracting est en hausse de 5,4 %, à 25,274 milliards d'euros, dont Vinci Construction : 12,287 milliards d'euros (+10,3 %), Vinci Energies : 6,741 milliards d'euros (+ 5,1 %) et Eurovia : 6,246 milliards d'euros (- 2,8 %).

### Eurovia porté par les activités ferroviaires



Eurovia Travaux Ferroviaires dynamise l'activité

Le chiffre d'affaires d'Eurovia s'élève à 6,246 milliards d'euros (- 2,8 % à structure réelle).

En France, sur les 9 premiers mois, il ressort à 3,841 milliards d'euros, en hausse de 0,5 % à structure réelle. Après un 1<sup>er</sup> semestre 2013 marqué par des conditions climatiques très difficiles, le chiffre d'affaires a progressé de 4,9 % au 3<sup>e</sup> trimestre 2013 (+ 4,7 % à structure comparable). Les activités spécialisées d'Eurovia, notamment celles liées aux infrastructures ferroviaires, continuent d'afficher une bonne dynamique.

A l'international, le chiffre d'affaires marque un recul de 7,7 %, à 2,404 milliards d'euros (- 6,4 % à structure comparable). Au 3<sup>e</sup> trimestre 2013, il est en baisse de 2,1 %. L'activité a été bonne au Royaume-Uni mais en baisse dans le reste de l'Europe, notamment en Pologne où elle recule de plus de 45 %.

La zone Amériques se tient bien, à l'exception du Québec qui enregistre une baisse d'activité de 15 %. Le carnet de commandes d'Eurovia au 30 septembre 2013 s'établit à 6,4 milliards d'euros, globalement stable par rapport au début de l'année. Il représente 9 mois d'activité moyenne du pôle.

En France, le chiffre d'affaires s'établit à 18,553 milliards d'euros, en hausse de 3,4 % par rapport à la même période de 2012, principalement du fait des bonnes performances de Vinci Construction et de Vinci Autoroutes.

A l'international, le chiffre d'affaires s'élève à 10,982 milliards d'euros, en hausse de 7,1 %. Il ressort à 7,118 milliards d'euros en Europe, en hausse de 6,3 %, avec des hausses de chiffre d'affaires en Allemagne, en Suède et au Royaume-Uni.

Hors d'Europe, il s'élève à 3,864 milliards d'euros, en hausse de 8,5 %, avec des croissances soutenues en Asie, au Moyen-Orient et en Océanie.

Au 3<sup>e</sup> trimestre 2013, le chiffre d'affaires consolidé a progressé de 5,5 %, à 10,824 milliards, reflétant une bonne activité de l'ensemble des pôles, en particulier Vinci Autoroutes, Eurovia et Vinci Construction en France. Les prises de commandes du 3<sup>e</sup> trimestre 2013 s'élèvent à 8,2 milliards d'euros (+ 2 %), portant le cumul depuis le début de l'exercice à 25 milliards d'euros, stable par rapport à la même période de 2012.

### Tendances 2013 confirmées

Au 30 septembre 2013, les prises de commandes sur neuf mois sont en baisse de 2 % en France, alors qu'elles progressent de 2 % à l'international. Elles diminuent de 9 % chez Eurovia, de 2 % chez Vinci Energies et sont en hausse de 6 % chez Vinci Construction. Certains contrats significatifs remportés à ce jour ne sont pas encore inclus dans le carnet de commandes, comme le stade du Dynamo de Moscou en Russie, les travaux souterrains de la ligne B du métro de Rennes en France, ou les lignes 3 et 6 du métro de Santiago du Chili.

Le carnet de commandes s'élève à 30,8 milliards d'euros au 30 septembre 2013, contre 32,8 milliards d'euros au 30 septembre 2012. Sur les 9 premiers mois de l'exercice 2013, le carnet de commandes d'Eurovia est resté globalement stable et celui de Vinci Construction a légèrement diminué (- 3 %). Hors l'impact du projet de la LGV Tours-Bordeaux, le carnet de commandes total est en hausse de 2 % sur neuf mois. Au 30 septembre 2013, le carnet de commandes en France s'élève à 16,5 milliards d'euros (- 4 % sur neuf mois ; + 2 % hors LGV Tours-Bordeaux) et à l'international, à 14,3 milliards d'euros (+ 1 %).

Les bonnes performances réalisées au 3<sup>e</sup> trimestre 2013 en chiffre d'affaires et prises de commandes confortent les tendances annoncées précédemment pour l'ensemble de l'année.

## ■ Rapport de l'OCDE Les PPP peuvent améliorer le financement des infrastructures de transport

Le rapport « Une meilleure réglementation des partenariats public-privé (PPP) d'infrastructures de transport » a été rendu public par le Forum international des Transports (FIT) de l'OCDE. Les PPP sont aujourd'hui un outil important que les gouvernements utilisent pour attirer des fonds privés en vue de financer les infrastructures de transport. Dans un climat de restrictions budgétaires, ils sont souvent considérés comme un moyen de continuer à investir dans les infrastructures de transport, tout en limitant les dépenses publiques. Le bilan des PPP est toutefois mitigé. Dans le secteur des transports, les projets PPP ont, dans certains cas, permis de réaliser d'importantes économies, mais ils ont plus souvent donné lieu à des dépassements de budget. Les PPP sont exposés à une surestimation des recettes et lorsque les projets rencontrent des difficultés financières, les risques ont tendance à revenir à la charge du contribuable.

Le rapport

- Examine la nature des risques et de l'incertitude liés aux différents types de projets PPP.
  - Considère les conséquences pratiques du transfert des risques aux partenaires privés.
  - Évalue l'impact budgétaire des PPP.
  - Examine les procédures budgétaires et les règles comptables.
  - Fait le point sur les avantages respectifs des péages, des paiements de disponibilité et des modèles de base d'actifs régulés.
- Ce rapport intéressera les décideurs politiques, planificateurs des transports, régulateurs, économistes, institutions financières et chercheurs dans le domaine des transports.

[www.oecd-ilibrary.org/transport/une-meilleure-reglementation-des-partenariats-public-privé-d-infrastructures-de-transport\\_9789282103975-fr](http://www.oecd-ilibrary.org/transport/une-meilleure-reglementation-des-partenariats-public-privé-d-infrastructures-de-transport_9789282103975-fr)



### Tribune libre

#### L'ingénierie publique menace l'ingénierie privée

Quand le développement de l'ingénierie publique détruit les emplois locaux et les savoir-faire de nos PME !

Trois organisations professionnelles des entreprises de la maîtrise d'œuvre, CINOV, l'Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSAFA) et l'Union nationale de la construction (UNTEC), alertent l'opinion et les décideurs.

« Depuis plusieurs années, de multiples structures publiques et parapubliques au service des collectivités, agences techniques départementales, sociétés publiques locales (SPL) ou SPLA, se sont constituées et concurrencent directement les concepteurs et prescripteurs de la filière construction et travaux publics : architectes, économistes de la construction, ingénieurs, ...

Ainsi des dizaines de milliers de PME, représentant plusieurs centaines de milliers d'emplois, qui subissaient déjà de plein fouet le ralentissement économique, se voient aujourd'hui potentiellement privées d'une part importante de la commande publique. On évalue à 20 000 le nombre d'emplois locaux actuellement menacés dans nos territoires dans les métiers de maîtrise d'œuvre (soit 2 milliards d'euros de chiffre d'affaires).

Nous sommes favorables à une gestion de l'exploitation des services publics par les collectivités qui s'en fourniraient les moyens ! Mais la bonne et louable gestion de ces services publics n'a rien de commun avec le développement de ces structures qui remplissent des missions, qui étaient jusqu'alors assumées par les prestataires privés de la maîtrise d'œuvre, souvent sans mise en concurrence (régime juridique dit du « in house »).

Aujourd'hui, ces structures affaiblissent nos PME, soit en retirant de nombreux marchés du secteur concurrentiel, soit, alors qu'elles disposent de ressources publiques, en absorbant une part croissante des marchés soumis à concurrence, grâce à des pratiques tarifaires déconnectées des prix de revient réels. Toutes ces structures publiques ou parapubliques s'affranchissent trop facilement des règles contraignantes de la commande publique, et bénéficient des financements des impôts versés par les entreprises quand elles se retrouvent en situation de concurrence face à elles. Nos branches professionnelles qui représentent des milliers de PME et d'emplois non délocalisables, sont des acteurs majeurs du développement local. Alors que nous sommes principalement concernés par l'actuel projet de loi qui étend la compétence que les conseils généraux apportent aux communes, à la voirie, à l'aménagement du territoire et à l'habitat, nous n'avons été ni auditionnés, ni consultés. Nos PME n'intéressent-elles donc pas nos élus ?

Il est maintenant urgent que nous soyons entendus pour limiter le rôle de cette ingénierie publique qui doit être strictement encadrée et réservée à l'aide à la décision et développer et renforcer le rôle de l'ingénierie privée. Il est également nécessaire de préciser le champ d'intervention des SPL et SPLA et agences techniques départementales qui se développent maintenant sur l'ensemble du territoire.

Porter ainsi atteinte à l'ingénierie privée est d'autant plus préjudiciable, qu'au regard des contraintes auxquelles sont soumises les finances publiques locales et du niveau sans cesse relevé des ingénieries demandées, il est quasi certain que ces structures publiques ne pourront suppléer demain une maîtrise d'œuvre privée qu'elles auront en grande partie affaiblie, voire fait disparaître.

L'ensemble de nos organisations demande à être associé à une consultation aboutissant à la rédaction de textes définissant une action publique efficace, transparente et respectueuse du rôle économique et qualitatif essentiel de nos PME dans le tissu économique national ».

[www.cinov.fr](http://www.cinov.fr)

### Conjoncture dans les travaux publics Le président de la FNTTP pessimiste pour 2014

Dans une récente intervention, Bruno Cavagné, président de la Fédération nationale des Travaux publics (FNTTP), reconnaît être catastrophé par la situation des entreprises et leurs perspectives, du fait des choix de politique économique pour 2014.

2013 a amplifié le décrochage des entreprises de TP par rapport au reste de l'économie française.

Alors que l'économie donne de fragiles signes de reprise, les entreprises de TP s'enfoncent dans la crise : elles sont aujourd'hui 20 % en dessous de leur niveau d'activité de 2007 (point haut de la conjoncture) et ont perdu près de 9 milliards d'euros de chiffre d'affaires, quand l'économie française vient juste de retrouver son niveau d'avant le déclenchement de la crise (PIB : + 0,6 % 2013/2007 en volume).

## - 9 Mds €

Les entreprises du secteur sont en danger : tout indique que 2014 sera pire que 2013 et ce ne sont pas les dernières annonces concernant l'écotaxe qui vont rassurer. « Nous anticipons une baisse du chiffre d'affaires des entreprises de TP de 4 % en 2014. Cette prévision s'appuie sur une analyse par grande famille de clients. La dégradation pourrait même être bien plus accentuée dans certaines régions rurales ».

#### Perte de 1,2 milliard d'euros d'activité

2014 est l'an 1 de la mise en œuvre des recommandations de la commission Mobilité 21 et des nouveaux contrats de plan 2014-2020. « Compte tenu du projet de loi de finances, des autorisations d'engagement des années précédentes et des dernières annonces en matière d'écotaxe, nous faisons une hypothèse, plutôt optimiste dans le contexte actuel, d'une stabilité des commandes directes de l'Etat à notre secteur ».

Bruno Cavagné a souhaité s'arrêter sur les conséquences des choix de l'Etat sur l'activité des entreprises de TP. Le cumul de ces décisions a pour conséquence une perte de 1,2 milliard d'euros d'activité pour les Travaux publics, soit 3 points de chiffre d'affaires.

Les choix du gouvernement sont lourds de conséquence pour les entreprises de Travaux publics et leurs salariés mais plus globalement pour l'économie française.

« Pour 2014, nous anticipons une baisse de 12 000 emplois, supérieure à la celle de l'activité, car l'accumulation d'années de récession ne peut que conduire à une accélération des disparitions d'entreprises avec une amplification sur l'emploi ; et les conditions de réalisation de l'activité vont obliger les entreprises à des gains de productivité importants ».

En conclusion, malgré cette avalanche de périls, Bruno Cavagné estime que les professionnels des TP veulent croire que cette situation est réversible. « De nombreux besoins existent et certains maîtres d'ouvrage l'ont compris ».



Chantier de construction de l'A150

D'autres exemples récents montrent que lorsque la volonté politique existe, les projets peuvent devenir réalité, en témoignent le Grand Paris avec des travaux attendus à partir de 2015 ou le Grand projet ferroviaire du Sud-ouest (GPSO).

« Nous sommes convaincus que nous sommes entrés dans une ère d'optimisation de l'investissement, ce qui n'empêche pas l'innovation en matière de financement ou d'allocations des ressources. C'est le sens des « Propositions pour l'investissement public en infrastructures » rendues publiques lors du Salon des maires et qui concerneront l'attractivité des territoires, l'entretien et la modernisation des réseaux, la dépense publique, l'emploi, anticipation des besoins futurs ».

### « Nos 10 propositions pour l'investissement public en infrastructures »

La profession des Travaux publics a pris acte des difficultés durables des finances publiques. Pour autant, les élus sont déterminés à poursuivre leurs investissements, ce dont elle se félicite.

Dans ce contexte, l'enjeu principal réside aujourd'hui dans l'optimisation de la dépense publique, en donnant la priorité aux travaux qui génèrent de l'emploi et de la croissance économique pour nos territoires, sans pour autant négliger le patrimoine existant dont l'état se dégrade.

Dans le même temps, les mutations profondes que connaissent les outils de financement mais aussi l'action publique, au travers de l'acte 3 de la décentralisation, doivent être non pas vécues comme des facteurs anxiogènes supplémentaires mais comme l'occasion de remettre à plat les modalités et les priorités d'investissement.

« Les collectivités et la profession des Travaux publics partagent les défis communs de visibilité et de retour à la confiance ; la pérennité du patrimoine, le développement économique et l'amélioration de la qualité de vie dans nos territoires sont donc un combat que nous devons mener ensemble, avec audace et imagination », a déclaré Bruno Cavagné, en présentant ses 10 propositions pour l'investissement public en infrastructures.

[www.ftfp.fr](http://www.ftfp.fr)

### ■ Chili

#### Un groupement français remporte un contrat pour le métro de Santiago du Chili

Le groupement composé de ETF, filiale d'Eurovia, mandataire, et Colas Rail (45 %) va réaliser la construction et la maintenance des infrastructures ferroviaires (voies ferrées et caténaires) des lignes 3 et 6 du métro de Santiago du Chili, soit 75 km de voies électrifiées ainsi que 15 km de voies pour deux dépôts.

Le montant global du contrat, d'une durée de 20 ans, est de 150 millions d'euros. La mise en circulation est prévue en février 2017 pour la ligne 6 et en juin 2018 pour la ligne 3.

ETF a déjà réalisé plus d'un tiers des lignes du métro de Santiago actuellement en service.

### ■ Espagne

#### Un système de Thales facilitera la gestion de la carte de transport Barik

Thales a remporté un contrat portant sur la maintenance du système de compensation tarifaire intermodale de la carte Barik, utilisée dans la province espagnole de la Biscaye. Cette carte améliorera les conditions de déplacement de plus d'un million de passagers, en intégrant de nombreux modes de transport : métro, train, tramway, autobus, téléphérique, ascenseur public et vélo.

D'une durée de deux ans, le programme couvre la maintenance du logiciel de gestion centrale, du matériel et des applications logicielles installées dans les points de vente, ainsi que la personnalisation des cartes utilisées par le Consortium de transport de la Biscaye.

Thales a développé le système d'administration et de gestion de la carte Barik, ainsi que l'application destinée aux services clients.

Ce système fournira au consortium des informations en temps réel sur les flux de voyageurs, ainsi que des outils d'aide à la prévention de la fraude et à la formulation de politiques tarifaires basées sur la demande réelle.

### Etats-Unis

#### Egis signe son premier contrat d'interopérabilité de télépéage

Egis a signé un contrat avec « Alliance for Toll Interoperability » (ATI). Il comprend la fourniture, la mise en place et l'exploitation de la plate-forme nationale d'interopérabilité de collecte et de vérification du paiement du péage par transactions vidéo (plaques d'immatriculation) et par transactions badges.

Créée en 2009, ATI est une organisation regroupant plus de 40 autorités locales américaines (agences) en charge de la collecte du péage. Elle a souhaité développer l'interopérabilité entre les réseaux de ses membres pour faciliter l'acquiescement du péage par leurs clients.

Egis Projects et sanef sont actionnaires à parité de la société Secured Interagency Flow (SIF), en charge de ce contrat. Au sein de SIF, Egis sera en charge de l'exploitation et sanef its America de la fourniture du système.

Ce contrat comprend de nombreux services tels que la réconciliation financière entre les agences locales et un processus de résolution des réclamations. Il inclut également des services complémentaires comme la gestion des violations de péage, la fourniture de badges pour les agences ou bien encore la recherche des plaques d'immatriculations dans les bases de données des différents états américains. L'utilisation de cette plate-forme d'interopérabilité permettra aux agences de recouvrer des montants de péage actuellement perdus et, grâce aux futurs services complémentaires, de réduire leur coût d'exploitation.

Les abonnements des premières agences ont commencé en octobre dernier et l'intégration de celles-ci à la plate-forme d'interopérabilité interviendra d'ici à la fin 2013. Après une phase initiale d'un an, le contrat se poursuivra sur une durée de 5 ans avec le rajout de nouvelles fonctionnalités telles que l'identification par transaction badge, la gestion de la plate-forme dans un centre de données sécurisé incluant aussi un site de secours.

### Bolivie : contrat pour Vinci

Spiecapag, filiale d'Entrepose Contracting (Vinci Construction), a remporté un contrat pour l'étude, la fourniture, la construction et l'assistance à la mise en service d'un gazoduc et de trois flowlines d'une longueur totale de 142 km, ainsi que de plusieurs stations de régulation. Ces ouvrages connecteront le champ de gaz à condensats d'Incahuasi aux lignes existantes d'export.

Ce contrat, attribué par Total Bolivie (80 %, opérateur) et Tecpetrol (20 %), concessionnaires-associés pour le compte de YPBF (Société nationale bolivienne des hydrocarbures), fait partie du projet de développement des importantes réserves de gaz naturel situées dans le sud de la cordillère centrale de la Bolivie. Les travaux s'achèveront fin 2015.

## ■ Royaume-Uni

### Nouveau contrat ferroviaire pour Vinci

Taylor Woodrow, filiale de Vinci Construction UK, a remporté le contrat de conception-construction pour la mise en conformité et la rénovation de 13 stations et d'un bâtiment de service sur le tronçon ouest de Crossrail, la nouvelle liaison ferroviaire à grande fréquence et grande capacité pour Londres et le sud-est de la capitale. Ce projet, d'un montant de 115 millions d'euros, a démarré en octobre et devrait s'achever en 2018.

Vinci et ses filiales au Royaume-Uni sont déjà très présents sur le projet Crossrail avec plusieurs chantiers dans Londres, comme la construction des tunnels des stations de Liverpool Street et Whitechapel et leurs ouvrages associés, la démolition et la reconstruction de la station de Whitechapel, incluant la construction d'un espace de vente de billets et la remise en état des quais, et enfin la rénovation de la station de métro de Tottenham Court Road avec un espace de vente de billets pour la ligne Crossrail Eastern. Crossrail est le plus grand chantier d'infrastructure en Europe.

Ce nouveau réseau ferroviaire qui traverse Londres d'est en ouest reliera notamment Canary Wharf, la City, le quartier de West End et l'aéroport d'Heathrow.

### Prolongement de tramway pour Thales

Thales et son client, Transport for Greater Manchester (TfGM), ont mis en service du prolongement de la ligne de tramway Metrolink entre Droylsden et Ashton-under-Lyne. Achevés plusieurs mois avant la date prévue, les travaux d'extension ont porté la longueur totale de la ligne à 76,8 km, avec 73 stations.

TfGM a choisi la solution *Tram Management System* de Thales pour ce qui est, aujourd'hui, le plus grand réseau de tramway en service au Royaume-Uni, avec 4 nouvelles lignes qui multiplient par 3 la taille du réseau initial. Thales a également fourni un système intégré de supervision qui permet au personnel d'exploitation de piloter tous les aspects du fonctionnement du tramway, dans des conditions optimales de sécurité, d'efficacité et de rapidité. La mise en service du prolongement de la ligne jusqu'à Ashton-under-Lyne est l'aboutissement d'une suite de déploiements menés à bien par Thales au cours de l'année, avec notamment les prolongements d'East Manchester, Rochdale et East Didsbury, et la migration vers le nouveau centre de gestion du réseau.

## Sénégal Egis, maître d'œuvre du port d'escale de Carabane

En juillet 2013, l'Etat du Sénégal a inauguré le nouveau port d'escale de Carabane.

Le projet de réhabilitation de la ligne maritime Dakar-Ziguinchor a été entrepris suite au naufrage du navire Joola en septembre 2002. L'ancienne capitale de la Casamance voit se concrétiser un ouvrage majeur pour l'île, classée au patrimoine historique et environnement touristique. Egis a assuré la maîtrise d'œuvre du port d'escale.

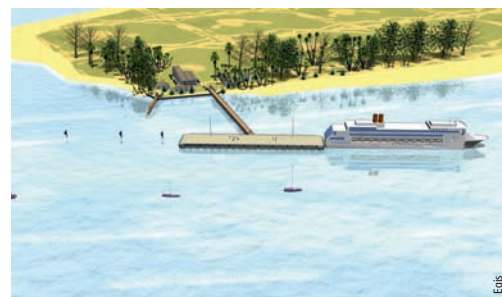
### Un ouvrage ambitieux

Egis, riche de sa connaissance historique du Sénégal depuis les années 1960 grâce notamment à l'étude menée pour l'escale de Dakar et la maîtrise d'œuvre complète de la reconstruction du port de Ziguinchor, est désigné en 2009 pour assurer la maîtrise d'œuvre des travaux du port d'escale de Carabane.

L'objectif de l'Etat du Sénégal est l'amélioration globale de la liaison Dakar-Carabane-Ziguinchor par la construction d'un débarcadère plus sécurisé. Le nouveau port d'escale garantit aux navires, qui assurent la liaison maritime, un accostage en toute sécurité.

Le projet devait répondre à des ambitions politiques, économiques et sociales dans un contexte sensible. Le port d'escale devait notamment favoriser la production régionale de Carabane et l'échange avec le marché de Dakar afin de désenclaver la Casamance.

### Les missions d'Egis



Vue haute du port d'escale de Carabane

Le port escale de Carabane est le résultat d'un processus de conception et de suivi de réalisation en plusieurs étapes menées par les équipes d'Egis.

En premier lieu, elles ont assuré l'étude du débarcadère comprenant :

- un diagnostic de la situation actuelle et l'analyse des besoins avec la participation de la population locale et des autorités de la Région et de l'Etat,
- la sélection du site optimum pour un accostage autonome des navires en fonction des courants et de l'évolution prévisible des fonds marins,
- l'élaboration d'un schéma d'aménagement d'un débarcadère adapté aux contraintes naturelles, économiques, logistiques et environnementales au niveau d'avant-projet sommaire (APS),
- l'avant-projet détaillé (APD) du débarcadère à l'issue de campagnes de topographie, bathymétrie, et géotechnique,
- l'élaboration du dossier de consultation des entreprises (DCE).

Egis a également mené l'étude d'impact environnemental et sociétal sur l'île abritant des vestiges historiques et candidate pour être classée au patrimoine mondial de l'Unesco. Enfin, les équipes d'Egis ont assuré la supervision des travaux en s'assurant du respect de la philosophie du projet jusqu'à sa réalisation finale.

## Canada Nouveau contrat pour Bouygues Construction et Colas

Bouygues Building Canada, filiale de Bouygues Construction, et Sintra, filiale de Colas Canada, ont signé, dans le cadre du consortium *Arctic Infrastructure Partners*, un contrat pour la modernisation de l'aéroport international d'Iqaluit, dans le grand nord du pays. Le partenariat public-privé (PPP) comprend le financement, la conception, la construction et l'exploitation-maintenance d'un nouveau terminal aéroportuaire durant 34 ans. Le besoin de financement total du projet atteint près de 220 millions d'euros.



Le futur terminal aéroportuaire d'Iqaluit

Bouygues Building Canada et Sintra seront en charge de la conception et de la construction d'un nouveau terminal aéroportuaire de 10 000 m<sup>2</sup>, d'un bâtiment de services associés de 4 500 m<sup>2</sup> et de la réhabilitation et de l'extension d'environ 400 000 m<sup>2</sup> de pistes et de zones de stationnement des avions. Le montant total des travaux pour Bouygues Building Canada et Sintra s'élève à environ 170 millions d'euros.

Le projet augmentera la capacité de l'aéroport d'Iqaluit. Situé sur le territoire le plus étendu du Canada, cet aéroport joue un rôle stratégique pour l'aviation civile et militaire, l'avion étant le seul mode de transport utilisable toute l'année. Il dessert ce territoire aussi vaste que l'Europe occidentale, qui ne dispose pas de maillage routier reliant entre elles ses 25 communautés.

Le projet est conçu pour être très performant sur le plan énergétique. L'ouvrage, qui comprendra une production électrique par cogénération, vise la certification *Leed® Silver*. Le contrat prévoit aussi un programme ambitieux d'emploi et de formation de collaborateurs Inuits, dans la compréhension et le respect de leur culture.

Les travaux, qui mobiliseront 140 collaborateurs sur site en période de pointe, commenceront au printemps 2014, pour une livraison prévue en décembre 2017. Le planning d'exécution est complexe, car il tient compte des difficiles conditions climatiques et de la courte période permettant la livraison des matériaux, de juillet à octobre, quand la mer n'est pas gelée.

## Grand Paris, le défi de la gouvernance

### AUTEUR

Jean-Louis Perrot  
Comité de pilotage  
RGRA

L'organisation de la région capitale, l'amélioration de la qualité de vie de ses habitants sont au cœur des préoccupations des parlementaires qui débattent sur le projet de loi de modernisation de l'action publique. Le nouveau Grand Paris a pour ambition de repenser les transports, le logement et le développement économique tout en renforçant le lien social. Dans la perspective de l'adoption par l'Assemblée nationale de la création de la métropole du Grand Paris, quelles perspectives pour la gouvernance de l'unité urbaine ?

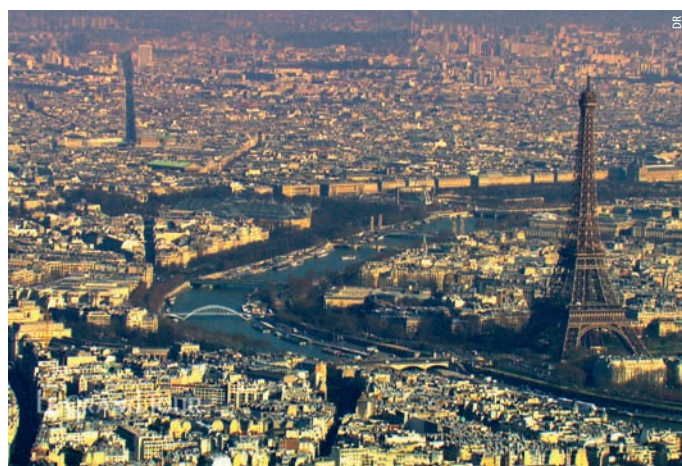
Pour échanger sur tous ces sujets qui vont formater le Paris de demain, une conférence parlementaire sur le thème : « Le Grand Paris : le défi de la gouvernance » s'est tenue en octobre 2013, en présence de nombreux parlementaires, acteurs institutionnels et professionnels engagés dans le projet.

### Un enjeu de 27 Md€

André Santini, député des Hauts-de-Seine, maire d'Issy-les-Moulineaux, président du conseil de surveillance de la Société du Grand Paris (SGP), souligne que l'Etat est pleinement mobilisé et qu'il a promis de s'investir massivement avec pour objectif de construire 70 000 logements/an et de rénover tout le réseau de transport existant, complété par les lignes du futur métro du Grand Paris Express (GPE), soit un ensemble estimé à 27 milliards d'euros. Toutes les lignes de métro seront lancées entre 2020 et 2030, représentant la construction de 200 km de voies et 72 gares.



Le Grand Paris doit investir dans la rénovation du réseau de transport



Mais cet ensemble ne sera une réussite que s'il ne se limite pas à la fonction transport et valorise les espaces autour des futures gares. C'est inventer une nouvelle ville avec un réseau de transport moderne, efficace, fondée sur la solidarité entre les collectivités. « *Le Grand Paris ne sera une réussite que s'il parvient à générer de la croissance* », poursuit André Santini. Ce Grand Paris, qui sera géré par des instances de rang supérieur (métropole de Paris et région Ile-de-France), pose cependant la question du rôle des maires des communes englobées dans son périmètre et dépossédées des prérogatives d'aménager leur territoire. « *On doit prendre conscience que cela concerne 8,5 millions de Franciliens d'où la nécessité de réaliser un ambitieux projet qui articule de façon cohérente l'ensemble des besoins* », conclut le député des Hauts-de-Seine.

Jean-Bernard Kovarik, adjoint au directeur général des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM), représentant Frédéric Cuvillier, ministre délégué chargé des Transports, insiste sur le fait que seule une vision globale et partagée de la mobilité est à même de répondre aux enjeux et aux attentes de la région Ile-de-France.

A noter qu'un travail considérable a été accompli en peu de temps pour trouver un cadre cohérent, réaliste et financé qui réponde aux impératifs d'une mobilité durable conforme aux principes de la transition énergétique.

### Le nouveau Grand Paris : enjeux et perspectives

Une table ronde présidée par Jean-Yves Le Bouillonnet, député du Val-de-Marne, président du comité stratégique de la SGP, a abordé quelques questions non encore consensuelles comme celle de la gouvernance qui, devenue trop complexe dans la configuration actuelle d'un millefeuille institutionnel, devient contre-productrice et impose de créer un véritable pouvoir urbain.

## Focus Aménagement du territoire

Étaient réunis : Vincent Renard, économiste, directeur de recherche au CNRS ; Jean-Marc Nicolle, conseiller régional d'Ile-de-France, délégué spécial au Grand Paris ; Etienne Guyot, président du directoire, SGP ; Pierre Mongin, président-directeur général, groupe RATP, Martial Saddier, député de la Haute-Savoie, maire de Bonneville ; Jean-Pierre Farandou, président, Keolis ; Pierre Lahutte, vice-président, Iveco Bus, et Eric Mazoyer, directeur général délégué, Bouygues Immobilier.

L'idée du Grand Paris est très ancienne et avec, semble-t-il, la prise en compte du triptyque : logement-transport-développement économique, jamais un projet n'a reçu une telle adhésion des élus. L'échelle de la région n'est comparable à aucune autre. Plus riche région d'Europe, elle représente 12 millions d'habitants et intervient pour 29 % du PIB national ; quatre de ses villes ont plus de 100 000 habitants et 92 % de ses communes sont réparties dans 115 intercommunalités. Elle dispose d'un schéma directeur qui planifie la stratégie en matière d'aménagement et, avec le Syndicat des transports, d'Ile-de-France (STIF), elle s'est dotée d'une autorité organisatrice unique des transports (AOT) à l'échelle de la région.

### Un facteur d'équilibre territorial

Le Grand Paris a pour ambition d'être facteur d'équilibre territorial pour éviter les phénomènes de relégation qui génèrent de fortes inégalités et qui ne peuvent se gommer par la seule péréquation financière. D'où la nécessité de desservir tous les territoires et de s'appuyer sur des contrats de développement territoriaux (CDT) qui vont impulser une dynamique de terrain.

La SGP fonde son action sur trois points : être cohérent, avancer rapidement et être exemplaire. Toutes les enquêtes publiques seront réalisées d'ici à 2015 ; le système de transport avec ses connexions sur le réseau existant et ses performances environnementales se doit d'être le meilleur mondial du point de vue technique et des services. Toutes les futures lignes seront accessibles aux handicapés et la carte des lignes de bus sera entièrement redessinée pour remailler l'Ile-de-France à partir des nouvelles stations.

Pierre Mongin souligne l'importance pour l'industrie ferroviaire de disposer du métro le plus moderne du monde ; la RATP, par son savoir-faire et son expérience d'exploitant a tous les atouts en qualité de gestionnaire de l'infrastructure pour être le Réseau ferré de France (RFF) du réseau. « *Et peut-être sera-t-elle après appel d'offres son exploitant !* »

Martial Saddier est convaincu que, toute proportion gardée, les territoires de France ont les mêmes problématiques que Paris. La capitale entraîne derrière elle la province et donc la Savoie. « *Réussissez parce que ça arrivera un jour chez nous* ».

Le Grand Paris concerne également la modernisation de l'existant : RER, réseau bus. Pour Keolis, c'est l'occasion de bâtir un véritable plan Bus marquant une rupture avec une offre renforcée et des services valorisant le mode routier de transport de voyageurs. Londres s'est massivement reporté sur les bus pour plus de flexibilité et aboutir à un doublement en 10 ans de sa capacité de transport. Les normes Euro V, les véhicules hybrides et plus tard les hybrides ou l'électrique rechargeables vont changer la vision à l'égard des bus.



La ville de Londres s'est reportée sur les autobus hybrides

Ainsi le Grand Paris peut être une opportunité pour l'industrie française et une réussite industrielle. En fait, c'est l'ensemble de la stratégie de la mobilité qui est à repenser.

Pour les constructeurs, le Grand Paris est aussi une occasion pour créer une nouvelle offre résidentielle en favorisant la mixité urbaine et en chaînant gares-logements et commerces de proximité. Le GPE n'a d'intérêt que si tout le monde s'y retrouve. Si le GPE est le projet du siècle, il doit être un projet citoyen, d'où la nécessité de passer par un ancrage très fort et d'éviter de s'éloigner de la population. L'enquête publique doit être alors le moment d'une véritable rencontre avec le citoyen. La gouvernance de la future métropole se doit de reposer sur des acteurs locaux comme les maires et sur les réalités de proximité. S'il y a rupture, inégalités, alors ce sera l'échec.

### La métropolisation en question

En introduisant les travaux de l'après-midi axés sur la métropolisation en question, Alexis Bachelay, député des Hauts-de-Seine, rapporteur de la mission de suivi du Grand Paris, a souligné que le fait urbain est plutôt en retard par rapport à d'autres pays. « *Les frontières entre Paris et sa banlieue n'ont plus de sens* ».

Dans un premier temps, le périmètre de la métropole se limitera à Paris et aux trois départements de petite couronne avec les objectifs suivants : produire plus de logements, renforcer la solidarité entre les territoires - ce qui pose l'enjeu de la péréquation - et répondre aux enjeux du développement durable. La clé de la réussite du futur établissement public à fiscalité propre sera fonction de l'articulation entre le fait urbain, les territoires intercommunaux et l'échelon communal sans négliger la vision économique. « *Il faut arbitrer entre un projet le plus fédérateur possible et aller assez vite* », car il y a concurrence dans le concert des capitales mondiales, qui ont dépassé Paris.

Roger Karoutchi, sénateur des Hauts-de-Seine, affiche clairement qu'il n'est pas sur la même ligne que l'intervenant précédent, estimant que la métropole va surajouter un étage dans la gouvernance territoriale. Certes, il faut « *réorganiser le noyau central qui a été surdensifié et qui maintenant a du mal à respirer et pourquoi ne pas donner la compétence logement à la région ?* ». Les établissements publics de coopération intercommunaux (EPCI) fonctionnent bien et affichent de bons résultats dans l'ensemble. Il perçoit un risque de conflit entre la région et la métropole avec une forte interrogation sur la manière dont les départements de grande couronne vont rester arimés à cette nouvelle gouvernance du pôle métropolitain.

### Quelle gouvernance pour quel territoire ?

Une seconde table ronde a prolongé ces réflexions sur deux thèmes : « *Quelle gouvernance pour quel territoire ?* Et la métropolisation, acteur de développement économique ? » Elle réunissait de Philippe Subra, professeur, Institut français de géopolitique ; Philippe Dallier, sénateur de Seine-Saint-Denis ; François Chouat, maire d'Evry, vice-président du conseil général de l'Essonne ; Patrick Braouezec, premier vice-président, Paris Métropole, Président de Plaine commune ; Pierre Mansat, adjoint au maire de Paris, chargé de Paris métropole ; Jean-Pierre Caffet, sénateur de Paris ; Michel Valache, Assemblée régionale, Chambre de commerce et d'industrie, Paris Ile-de-France ; José-Michel Chenu, vice-président, Union des constructeurs immobiliers de la Fédération française du Bâtiment (FFB).

La question du logement est centrale et donner du contenu à la politique du logement est un moyen d'influer sur la sociologie du territoire. Il n'y a pas un bon système de gouvernance en soi. « *Il doit être ce que l'on est capable de mettre en place et il se définit par la capacité à mettre en place des politiques prioritaires* ». Penser en système renvoie à la question du périmètre et chacun d'entre eux crée sa périphérie avec des différences. L'essentiel est que chaque citoyen se reconnaisse dans le dispositif qui sera mis en place.

La situation évolue par rapport au passé où Paris se souciait peu de sa banlieue. Or, on ne peut pas continuer à administrer l'Ile-de-France sur les mêmes bases que les autres régions. Mais il ne peut y avoir de métropole que si elle est le réceptacle de richesses du monde économique pour faire œuvre de péréquation.

La grande couronne et des départements comme l'Essonne disposent de la capacité à répondre au défi du logement et à porter la recherche et l'innovation. La réalité montre qu'avec des intercommunalités de l'ordre de 50 000 habitants, la France est dans un état de sous-organisation institutionnelle et politique qui empêche d'organiser les territoires de demain à des échelles pertinentes.

« *Ce n'est pas en éloignant les centres de décision que l'on va améliorer la démocratie locale. La métropole va conduire la grande couronne à sa perte* ». Aussi Patrick Braouezec propose de revoir le texte en débat budgétaire en s'appuyant sur ce qui donne des résultats, à savoir les intercommunalités qui génèrent du développement économique. Pourquoi ces dernières s'engageraient-elles sur 15 ans dans le cadre d'un CDT à construire des logements si elles doivent disparaître dans deux ans avec la création de la métropole au 1<sup>er</sup> janvier 2016 ?

Certes, les conseils de territoire devraient regrouper les intercommunalités mais ils ne seront plus dotés de fiscalité propre. Si l'idée de métropole fait relativement consensus, sa réussite repose sur trois défis :

- Trouver le bon réglage avec les conseils de territoire pour poursuivre la dynamique engagée par les intercommunalités.

- Laisser des marges d'évolution possibles en particulier sur la question du périmètre.

- Eviter tout effet de frontière et enfin déléguer des compétences en particulier à la région Ile-de-France sur le domaine économique.

Lors des débats dans les assemblées parlementaires, il s'est agi surtout de faire coïncider les réflexions sur ce qui ne fonctionne pas avec « *la boîte à outils* » dont l'on dispose (les intercommunalités, les communes, la région, la métropole et le STIF). On risque d'aboutir au plus petit dénominateur commun et à un retour au texte initial après l'avoir combattu.

Le monde économique est favorable à la métropole dans une région qui compte 844 entreprises, qui reçoit 30 millions de touristes par an et qui diffuse un rayonnement international. 80 % des entreprises souffrent des difficultés de transport de leurs collaborateurs d'où la nécessité d'aller vite, de redonner de la confiance et les CDT sont à ce titre, des signaux positifs. « *La gouvernance sera pour la Chambre de commerce et d'industrie, le résultat de cette gouvernance* ». Son représentant, Michel Valache, souhaite que les entreprises et les décideurs jouent collectif.



Développer l'offre de logements

Dans le domaine de la construction, les professionnels constatent qu'il y a de moins en moins d'accédants au logement non aidés. En réalité, les prix montent et les programmes ne sont pas dans la bonne cible. « *On n'est pas au rendez-vous économique que l'on pense indispensable* ». S'ils plébiscitent le Grand Paris, ils estiment que les enjeux logements ne sont pas fondés sur des données tangibles. Ils proposent d'initier de nouveaux modes partenariaux et de mettre en place des mécanismes contribuant à la fabrication de foncier sans lesquels on ne peut pas construire.

Marylise Lebranchu, ministre de la Réforme de l'Etat, de la Décentralisation et de la Fonction publique, a fait le point sur le texte de loi en débat au parlement en insistant sur le fait que les territoires ne doivent pas être des variables d'ajustement d'un contexte difficile mais des berceaux d'innovation. « *Les Franciliens demandent plus d'emplois, de meilleures conditions pour se rendre au travail et de bonnes conditions pour se loger* ».

Finalement, trois idées force devraient composer la métropole :

- Une métropole, sous la forme d'un établissement public intercommunal, dotée d'un périmètre clair fait de Paris et de la petite couronne, possédant une structure efficace pour produire du logement et fondée sur la péréquation que la région ne pouvait pas mettre en œuvre.

- Une métropole qui soit le moyen de faire converger les politiques publiques, et

- Une métropole qui introduise de la rationalité dans l'aménagement et une meilleure cohérence dans la création de logements.

Selon Marylise Lebranchu, le texte reste à parfaire quant au statut du conseil de territoire et au renforcement des collectivités en grande couronne. Il ne semble pas assez opérant sur la compétence développement économique et il reste à compléter quant à la convergence à obtenir avec les politiques de la région Ile-de-France. « *Cette modernisation de l'action publique doit se faire ; on ne sauvera l'existence des communes que si l'on a des intercommunalités fortes et une mutualisation des services, avec une région capitale dans le mouvement global en mesure de porter des projets audacieux* ».

De ces propos, l'on constate qu'il y a plusieurs visions du Grand Paris et de sa structure institutionnelle. Il y a convergence sur certains points ; sur d'autres les options sont encore à l'étude. Les processus sont lents et récents, et en même temps, il y a urgence sur de nombreux domaines essentiels dans la vie de tous les jours d'où l'impérative nécessité de briser les lignes conventionnelles, de tourner une page et d'innover. ■

# IDRRIM

## Routes et rues : premier réseau social

### AUTEUR

Jean-Louis Perrot  
Comité de pilotage  
RGRA

L'évolution de la ville « connectée », les nouvelles technologies, les modes de consommation et de déplacements ne font qu'accentuer le rôle de réseau social de nos routes et rues. Il faut maintenant redéfinir les fondamentaux qui contribueront à ce que le patrimoine routier continue à assurer son rôle de lien entre les hommes et les territoires, de lieu et de vecteur de partage, de services et de vie.

Tel est le sens de la conférence organisée par l'Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité (IDRRIM) le 1<sup>er</sup> octobre 2013 sur le thème « Routes et rues : premier réseau social ! ».

Christian Grataloup, géographe-historien (université de Paris VII), a rappelé en exposé introductif « *que la route naît de l'idée qu'il existe un autre avec qui on peut échanger* ». Rien n'est plus ancien que la route. De tout temps, les routes terrestres et maritimes ont forgé une histoire de lutte contre les distances avec des hommes très mobiles, ce qui explique qu'il y ait des hommes partout. Sur le papier, le tracé de la route sur des cartes est plus ancien que l'écriture. La route permet d'aller au-delà de l'horizon et d'avoir une pensée sur cet au-delà.

### De la nécessité de se déplacer par la route

Une première table ronde a croisé le regard d'élus et d'un sociologue sur la réalité d'aujourd'hui avec la ville connectée, les territoires connectés et les nouveaux accès aux services. Vanik Berberian, président de l'Association des maires ruraux de France (AMRF), estime que la ruralité doit d'abord donner la priorité aux piétons et non à la voiture. Bien qu'elles soient nécessaires, toutes les évolutions technologiques modernes ne remplaceront jamais la nécessité de se déplacer dans les territoires ruraux qui ne doivent pas être parmi les derniers desservis.

Gilles Vesco, adjoint au maire de Lyon, vice-président du Grand Lyon, délégué aux nouvelles mobilités et nouveaux modes de vie urbains, souligne que dans l'urbain, la place de la route est de plus en plus forte mais il s'agit d'un espace à partager entre la voiture et les autres modes, dont les modes doux, pour retrouver une autre forme de cohabitation et de convivialité. La rue doit traduire une politique de partage entre les nouvelles formes de mobilité sans pour autant apporter un confort absolu pour la voiture, dont il faut



abaisser la vitesse par des aménagements physiques pour rééquilibrer les usages. La cité durable sera celle où tout sera au même endroit. Les plates-formes de mobilité doivent inciter à l'usage des nouveaux modes de mobilité – le vélo, la marche, le covoiturage –, faciliter « *le vivre ensemble* » et faire en sorte que la somme des choix individuels fabriquent les choix collectifs.

Yves Krattinger, sénateur, président du conseil général de Haute-Saône, président de l'IDRRIM, note que chaque territoire est spécifique et que les deux visions sur l'urbain et le rural ont leur légitimité ; qu'elles doivent coexister mais qu'elles ne sont pas la bonne entrée pour bâtir l'avenir. « *Le rêve de tout homme est d'aller partout sur la planète. A combien de choses peut-il pouvoir accéder dans un temps donné ?* ». Au fil des années, le rayon d'action a grandi avec un temps moyen de déplacement qui est d'environ d'1h30 et qui demeure inchangé. Comment faire appel à la mobilité numérique pour soulager la congestion automobile sachant que le e-commerce a augmenté de 20 % en 2012 et que la route répond à un vrai besoin logistique ? Ainsi deux systèmes, sociaux et économiques, se télescopent. Il y a certainement un rééquilibrage à opérer entre la mobilité subie, comme en Ile-de-France, et la mobilité choisie qui doit aboutir à diminuer le temps de déplacement, à libérer du temps pour le reporter sur des activités ludiques, sportives, ou culturelles. La route représente un capital considérable qu'il faut entretenir et adapter à la croissance. Elle constitue presque 90 % de la valeur patrimoniale des infrastructures de déplacement et elle supporte 85 % des déplacements. « *Attention au mépris pour la route !* ».

## Et demain ?

Une deuxième table ronde s'est projetée dans l'avenir, dans un paysage en mouvement doté de technologies qui se développent sur des temps de plus en plus courts.

Céline Colucci, déléguée générale du « Réseau des territoires innovants - Les interconnectés », pense que l'on passe d'une logique d'information à une logique d'interaction, par exemple avec Info trafic. L'information est de plus en plus réactive et avec les nouveaux modes de mobilité, comme Velib', Autolib' ou l'auto partage. On est de plus en plus sur la fonction mobilité et moins sur la possession de l'outil de mobilité.

Eric Pérard, Syntec Ingénierie, directeur de Setec ITS, constate que la route devient une ressource rare dont la justification reposera avant tout sur des services d'accompagnement à la mobilité, comme la mise en relation pour le covoiturage, le calculateur d'itinéraires pour des personnes à mobilité réduite (PMR), le partage de places de stationnement ou l'accès à des bornes de recharge électrique. L'évolution en cours conduit à des convergences et des combinaisons de services.



Pour un meilleur partage de l'infrastructure

Pierre Chasseray, délégué général de l'association « 40 millions d'automobilistes », rappelle que « Fil conducteur » est un réseau social qui a pour vocation de placer les automobilistes au cœur des enjeux et des débats sur les nouvelles mobilités afin de modifier les comportements.

Il ne faut pas oublier que la route est également une composante de la logistique et que les livraisons posent la question des aménagements, du contrôle d'accès, et de la modulation des heures de livraisons. Stéphane Levesque, délégué général de l'Union routière de France (URF), insiste sur le fait que l'économie numérique - le e-commerce - ne peut pas se passer du réseau physique de mobilité et que maintenant toute logistique industrielle doit reposer sur une vision à l'amont du volet transport, sur des impératifs d'optimisation énergétique, économique et environnemental.

« Les véhicules font évoluer la route mais pas leur tracé ». Georges Tempez, directeur interdépartemental des Routes de l'Est (DIR-Est) constate que, depuis toujours, cette évolution du véhicule a fait bouger la route avec trois composantes : le véhicule, l'infrastructure et l'utilisateur. Reste à définir maintenant, qui parle avec qui ? Selon les centres d'intérêt, on est dans des réflexions qui n'emportent pas les mêmes besoins.

## Nouveaux usages, nouveaux services : comment les intégrer ?

Une troisième table ronde a tiré la synthèse de la journée, réunissant Véronique Mayousse, sous-directrice de la Gestion du réseau routier non concédé et du trafic (direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM)) à la direction des Infrastructures des Transports (DIT) du ministère de l'Ecologie (MEDDE), Christian Gonson, président de l'Association des directeurs des services techniques départementaux (ADSTD), Jean-Pierre Schang, Comité national de l'Association des ingénieurs territoriaux de France (AITF), et Thierry Le Friant, président de la commission « Travaux et marchés », de l'Union des syndicats de l'industrie routière française (USIRF).

Pour l'Etat, l'enjeu réside dans un meilleur partage de la voirie. Des réflexions sont engagées sur un schéma directeur des voies dédiées aux transports en commun sur les autoroutes d'Ile-de-France. L'information en temps réel est également un enjeu important, un domaine dont l'environnement a fortement évolué avec des acteurs multiples dans un jeu gagnant/gagnant. En ce qui concerne l'innovation, Véronique Mayousse invite les gestionnaires à prêter leurs infrastructures pour autoriser les expérimentations. Les départements qui jouent un rôle d'assembleur dans le déploiement de ces innovations sont très attentifs à toutes les évolutions qui apparaissent mais Christian Gonson manifeste de grandes inquiétudes en cette période de disette constatant que l'on « s'approche des limites basses budgétaires ». Attention à ne pas avoir à faire, comme dans le ferroviaire, un plan route dans quelques années.

La rue est un endroit complexe et son sous-sol avec ses réseaux irrigue la vie des habitants. Les chantiers sont des points sensibles pour les habitants, qui sont aussi des usagers, d'où l'importance d'une information la plus juste possible, en temps réel comme en temps différé.

L'USIRF souligne que les entreprises sont à la fois utilisateurs et constructeurs des infrastructures de par les besoins logistiques des chantiers. La valeur ajoutée apportée par la route mérite que l'on mette tout en œuvre pour préserver ce patrimoine avec la recherche de méthodologies adaptées pour répondre aux besoins et rester dans les limites acceptables en matière budgétaire.

Pour conclure, Jean-Louis Marchand, *past-président* de l'IDRRIM, et président de l'USIRF, constate que la « demande de mobilité change mais qu'elle ne diminue pas ». Les usages de la route sont de plus en plus diversifiés et complexes, y compris tout ce qui transite en sous-sol des infrastructures. Comment va-t-on pouvoir entretenir les supports physiques de toutes les mobilités y compris ceux de la mobilité numérique ? Les interventions ont mis l'accent sur la dissymétrie entre la dimension rurale et celle de l'urbain : « *quid de l'égalité des territoires ?* » Il n'y a pas de solution unique semble-t-il pour satisfaire les demandes, d'où la nécessité d'innover, d'expérimenter et de réfléchir aux enjeux de gouvernance et aux moyens de se doter d'indicateurs de données pour mieux projeter l'avenir. ■



# Dossier

## Plates-formes logistiques



## AUTEURS

Jean-Maurice Balay  
Directeur de recherche  
Institut français des sciences  
et technologies de transport,  
de l'aménagement  
et des réseaux (IFSTTAR)

Fabrice Breton  
Ingénieur  
Direction technique  
Eurovia Management

Sandrine Buytet  
Chef de section  
dimensionnement des chaussées  
Direction technique,  
recherche et développement  
Colas SA

Hervé Dumont  
Directeur technique  
Pôle route  
Eiffage Travaux Publics

Michel Dunand  
Directeur technique  
Groupe NGE



Vue d'ensemble d'une plate-forme logistique  
Overall view of a logistic platform

## Dimensionnement des plates-formes logistiques selon la démarche rationnelle routière



Cet article traite du dimensionnement des plates-formes logistiques pour la réception et le réacheminement des conteneurs de marchandises. En raison de leurs charges extrêmes, les engins de manutention circulant sur ces plates-formes portuaires ou multimodales appliquent aux chaussées des sollicitations très élevées, sans commune mesure avec celles des trafics routiers les plus lourds. Les aires de stockage des conteneurs empilés sur plusieurs hauteurs supportent, quant à elles, des contraintes verticales considérables, pouvant dépasser la centaine de bar. L'article comporte deux parties :

- La première expose brièvement les modes de chargement spécifiques de ces plates-formes, les types de chaussées les plus fréquents et les démarches de dimensionnement les plus utilisées.
- La seconde propose diverses adaptations à apporter à la démarche rationnelle française du dimensionnement routier, afin de l'appliquer au cas de ces chaussées spéciales. Elle se termine par un exemple de dimensionnement d'une chaussée portuaire reposant sur les modalités de calcul proposées.

## Partie 1 : principales caractéristiques des plates-formes logistiques et démarches actuelles de dimensionnement

### Introduction

Le besoin en plates-formes logistiques de grandes capacités va de pair avec la mondialisation des échanges internationaux. Il est renforcé par la demande grandissante du monde ferroviaire envers les plates-formes multimodales, comme alternative écologique au transport routier intégral. Concernant le dimensionnement de ces chaussées particulières, deux faits sont à noter :

- A ce jour, le référentiel technique français ne propose aucune méthode

officielle de dimensionnement ni de recommandations techniques, qui viendraient encadrer le dimensionnement de ces chaussées pour charges très lourdes.

- L'application stricte de la méthode de dimensionnement routière aux cas des plates-formes logistiques conduit le plus souvent à des surdimensionnements manifestes. Cet avis est partagé par la majorité des acteurs concernés par la conception et le dimensionnement de ces plates-formes.

Cette situation est peu favorable à l'optimisation technico-économique des projets, à la mise au point de solutions innovantes et enfin à la valorisation de la technique routière française à l'international.

Cet article en deux parties synthétise les aboutissements d'une action menée par l'Ifsttar et les entreprises françaises Colas, Eiffage Travaux Publics, Eurovia et le groupe NGE, qui ont entrepris un travail de mutualisation de leurs expériences en matière de dimensionnement des plates-formes à conteneurs.

## Les charges supportées par les chaussées

### Les conteneurs

Le conteneur pour le transport maritime, ferroviaire et routier des marchandises se présente en trois versions de longueur 20, 30 et 40 pieds (soit 6,096 m, 9,144 m et 12,192 m). La réglementation ISO (Organisation internationale de normalisation) limite la masse brute maximale du conteneur de 40 pieds à 30,480 tonnes et celle du conteneur de 20 pieds à 24 tonnes, pour une tare d'environ 3,7 tonnes et 2,3 tonnes respectivement [1].

Il existe des configurations plus rares (conteneurs citernes, frigorifiques, conteneurs plate-forme, ...), dont certaines incompatibles avec le transport routier peuvent atteindre un poids maximum de 45 tonnes.

L'optimisation logistique de ces plates-formes conduit leurs exploitants à empiler les conteneurs sur plusieurs étages (photo 1). On observe couramment jusqu'à 5 rangées superposées. Cette pratique induit des descentes de charge et des efforts de poinçonnement considérables tant dans les couches de revêtement que dans les couches d'assise, en raison des faibles dimensions des pièces de coin normalisées des conteneurs (17,8 cm x 16,2 cm).

Les charges réglementaires maximales sont très rarement atteintes. Statistiquement, plus de 95 % des conteneurs possèdent une charge totale inférieure à 23 tonnes. La figure 1 reproduit les distributions types de charges brutes des conteneurs établies par BPA (*British Ports Association*) [2].



Photo 1  
Empilement de conteneurs sur une plate-forme portuaire  
Stacking of containers on a port platform

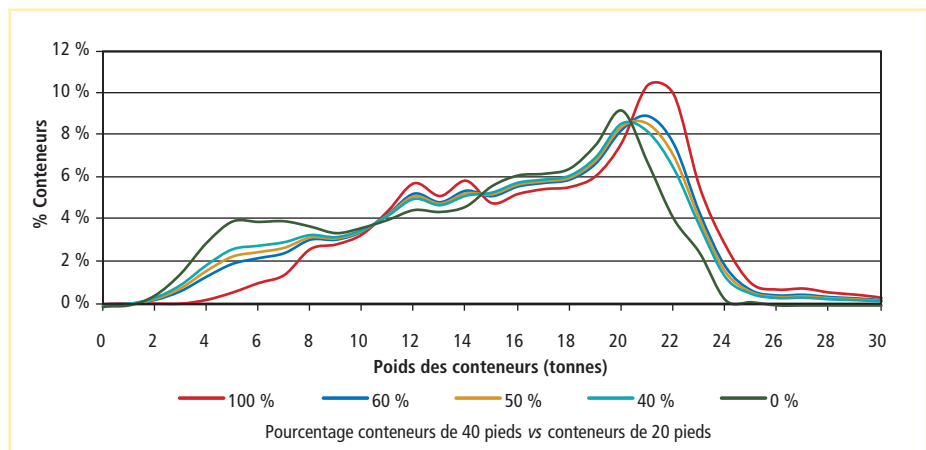


Figure 1  
Distribution type des charges brutes des conteneurs, selon BPA  
Typical distribution of container raw loads, according to BPA

D.R.

Notons également que sur les aires de stockage, des limitations de poids sont généralement fixées par les exploitants pour les empilements de plus de trois étages environ.

### Les engins de manutention des conteneurs

Sont succinctement décrits quatre types d'engins lourds très fréquemment utilisés sur les plates-formes à conteneurs [3]. Leurs caractéristiques nécessaires au dimensionnement (en particulier géométrie des trains d'essieux, charges sur les essieux en fonction des conditions de chargement, pression de gonflage, ...) sont généralement disponibles auprès de leur constructeur. Chaque étude de dimensionnement nécessitera une identification très précise des engins utilisés, qui ne se limitent pas, *a priori*, à ceux décrits ici, certains pouvant s'avérer également très agressifs pour les chaussées.

### Le chariot élévateur à chargement frontal ou reachstacker (photo 2)

Pesant environ 70 tonnes à vide, cet engin est équipé d'un palonnier à prise par le haut. L'essieu arrière est l'essieu directeur, ce qui augmente les capacités de manœuvre dans des espaces réduits. Ses deux roues simples génèrent alors des efforts de cisaillement très importants dans les couches de roulement. Sa flèche articulée permet la manutention des conteneurs et leur gerbage sur plusieurs hauteurs et plusieurs rangées en profondeur. Ces situations de porte-à-faux entraînent le report d'une large part du poids de l'engin en charge sur l'essieu avant. Le poids repris par les quatre roues de cet essieu peut alors atteindre la centaine de tonnes sur certains chariots élévateurs en pleine charge, induisant de très forts niveaux de sollicitations dans les couches de chaussées.

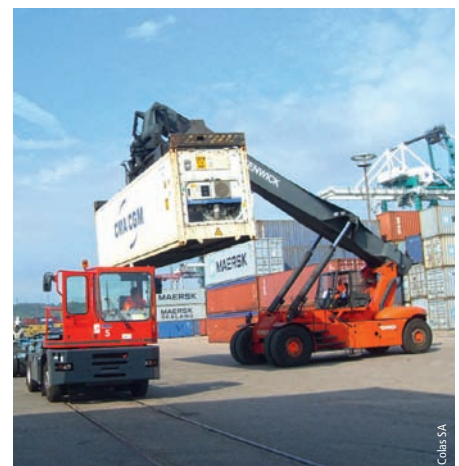


Photo 2  
Vue d'un chariot élévateur de type reachstacker  
View of Reachstacker vehicle

# Dossier Plates-formes logistiques

## Le chariot cavalier ou straddle carrier

Le chariot cavalier (photo 3) positionne le conteneur entre ses deux files de roues et le soulève à la hauteur d'empilement souhaitée, généralement deux à trois hauteurs de conteneurs. Il est équipé de 3 à 4 essieux à roues simples. Cet engin est généralement moins agressif vis-à-vis de la chaussée que le *reachstacker*, en raison des meilleures conditions de centrage de la charge.



Photo 3  
Vue d'un chariot cavalier  
View of straddle carrier

## La grue sur pneus (photo 4)

Elle se déplace et se positionne à vide sur le lieu de transbordement ; elle repose en charge sur des patins de manutention, d'où sa faible agressivité pour la chaussée.



Photo 4  
Vue d'une grue sur pneus en phase de manutention  
View of tyre-mounted crane in handling phase

## La grue ou portique sur rails (photo 5)

Les structures recevant ce type d'engins comportent généralement des dalles, longrines ou chevêtres en béton armé. Leur dimensionnement relevant des règles de calcul des ouvrages en béton armé n'entre pas dans le cadre du présent article.



Photo 5  
Vue d'un portique sur rails  
View of gantry crane on rails

## Principaux types de chaussées

Les niveaux très élevés des charges supportées par ces chaussées imposent le recours à des structures lourdes de type béton, semi-rigide, ou bitumineuse épaisse. Leur période de calcul, aussi désignée durée de service pour le dimensionnement, est généralement comprise entre 15 et 30 années.

### Les structures en béton

Ces structures sont généralement constituées de dalles en béton, goudonnées ou non, reposant sur une fondation en béton maigre ou en matériaux traités aux liants hydrauliques (MTLH). Leurs avantages majeurs sont leur grande durabilité et l'absence de déformation permanente, de type orniérage ou poinçonnement sous charges lourdes. Elles ne nécessitent qu'un entretien réduit sur toute leur durée de service. Leur principal inconvénient peut être le délai relativement long (pouvant atteindre plusieurs semaines) de mise en circulation à la construction ou lors des phases de réfection, ce qui constitue dans certains cas un frein à leur utilisation.

### Les structures semi-rigides

Dans le contexte français, la structure la plus courante comporte une ou plusieurs couches d'assises en MTLH de classe minimale T3 [4, 5]. Elle est généralement revêtue d'une couche de surface en BBME (béton bitumineux à module élevé) ou en enrobé bitumineux percolé au coulis de ciment.

Comparé aux différents types de bétons bitumineux, l'enrobé percolé présente l'avantage d'une très bonne résistance à l'orniérage et au poinçonnement. A l'international, cette couche de surface est souvent remplacée par un revêtement en pavés, posés sur lit de sable. Cette technique offre l'avantage d'une réparation aisée et peu coûteuse en cas de désordres ponctuels.

Les principaux inconvénients de ce type de structure sont, d'une part le délai de remise en circulation en cas d'entretien et, d'autre part, la remontée de fissuration de retrait inhérente à l'utilisation de liants hydrauliques. Les épaisseurs sont généralement importantes (supérieures à la trentaine de cm) et nécessitent des moyens de mise en œuvre puissants. L'utilisation de BCR (béton compacté routier) offre l'avantage de s'affranchir de la couche bitumineuse de surface, avec cependant des risques d'arrachement superficiels localisés.

## Les structures bitumineuses épaisses

Leur assise est généralement constituée de grave-bitume de classe 3 (GB3) minimale ou d'enrobé à module élevé de classe 2 (EME2), surmontée d'une couche de surface en BBME (béton bitumineux à module élevé) ou en enrobé percolé au coulis de ciment. Leurs intérêts principaux sont leur continuité mécanique (absence de fissuration de retrait et de joints de construction, allégeant ainsi les opérations d'entretien), leurs épaisseurs moindres comparées aux structures rigides et semi-rigides (en raison, notamment, des possibilités de collage durable des couches bitumineuses entre elles), enfin leur délai de remise en service plus rapide (de l'ordre de la journée) en cas d'entretien lourd. Par leur souplesse, ces structures s'accommodent mieux des éventuels phénomènes de tassement différentiel du massif support auxquels sont fréquemment exposées les réalisations en site maritime. L'inconvénient principal est lié au comportement visco-plastique de ces enrobés bitumineux, pouvant entraîner, outre l'orniérage ou le poinçonnement de la couche de surface, des déformations par fluage des couches d'assises.

Le tableau 1 résume les combinaisons de matériaux les plus couramment utilisées en couches de surface, de base et de fondation pour ces 3 types de structures dans le contexte des plates-formes à conteneurs. Les niveaux de charge appliquée et la compressibilité fréquente des sols en place poussent à recommander une portance de niveau minimal PF2qs (80 MPa), les plates-formes de classe PF1 (portance inférieure à 50 MPa) étant fortement déconseillées.

L'emploi du béton BC6 est prévu par la norme Chaussées en béton de ciment NF P98-170. Ses performances mécaniques ne sont pas précisées par la norme Dimensionnement NF P98-086 (octobre 2011), mais elles devraient l'être dans la prochaine édition de cette même norme en cours de révision.

## Les démarches de dimensionnement les plus répandues à l'international

Une rapide revue bibliographique des pratiques internationales montre que les dimensionnements des chaussées à conteneurs s'opèrent, dans un grand nombre de cas, selon l'une ou l'autre des deux démarches ci-dessous. Notons que la comparaison entre eux des différents modèles de dimensionnement n'est pas aisée : chacun s'inscrit dans un cadre normatif donné et propose des critères de rupture qui lui sont propres, ne pouvant pas être dissociés de la méthode considérée.

### La démarche CBR (California Bearing Ratio)

Elle se fonde sur la méthode CBR routière, de nature essentiellement empirique, incluant la notion d'épaisseur équivalente et extrapolée aux charges lourdes. C'est le cas de la méthode anglo-saxonne désignée *Heavy Duty Pavements : the structural design of heavy duty pavements for ports and other industries* [2]. Son usage est très répandu dans le monde, et les structures en matériaux hydrauliques qu'elle préconise s'appuient sur de très nombreux retours d'expérience. Elle permet le dimensionnement des structures vis-à-vis des charges roulantes, et également des charges statiques dans les zones de stockage des conteneurs. Son caractère empirique présente toutefois un certain nombre de limitations, liées notamment à :

- des coefficients d'équivalence qui ne prennent pas en compte tous les types de matériaux, en particulier certains matériaux performants comme les EME ;
- l'absence de règles d'agencement des couches, avec le risque de proposer des structures au comportement non éprouvé par l'expérience ;
- des hypothèses non précisées quant au fonctionnement des interfaces entre couches, pouvant éventuellement différer de leur fonctionnement réel,

selon leur mode de réalisation sur le chantier ;

- la définition du trafic de dimensionnement obligatoirement composé d'un engin unique, incompatible avec la prise en compte d'un trafic mixte éventuel ;
- un ensemble de facteurs pour la prise en compte des effets dynamiques, dont la combinaison peut atteindre une majoration de plus de 80 % des charges statiques, mais dont les critères de choix ne sont pas précisés.

### La démarche performantielle

Elle se fonde sur des modèles d'analyse mécanique des chaussées, couplés à des critères de rupture des matériaux. Ils sont établis en fonction de leurs performances mécaniques évaluées par des essais en laboratoire ou *in situ*. La plupart de ces outils sont directement dérivés du domaine routier sans prise en compte des spécificités des chaussées logistiques, ce qui en constitue leur principale limite. Toutefois, certains d'entre eux sont issus des modèles de dimensionnement des chaussées aéronautiques, comme le modèle américain *PcCase* [6] ou le modèle australien *Hipave* [7].

Ce dernier se fonde sur la méthode rationnelle de dimensionnement aéronautique *APSDS (Airport Pavement Structural Design System)* [8]. Bien que les charges aéronautiques se rapprochent des charges lourdes rencontrées dans le domaine des plates-formes à conteneurs, il subsiste des incertitudes quant à la bonne prise en compte par ce modèle de facteurs tels que les effets dynamiques générés par les *reach-stackers* en configuration de porte-à-faux, ou encore la vitesse de circulation des charges roulantes.

	Structures en béton	Structures semi-rigides	Structures bitumineuses
Couche de surface	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EB-BBME 6 à 8 cm ou</li> <li>• Enrobés percolés sur 4 à 5 cm ou</li> <li>• Pavés sur lit de sable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EB-BBME 6 à 8 cm ou</li> <li>• Enrobés percolés sur 4 à 5 cm</li> </ul>
Couche de base	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BC6 ou BC5, goujonné ou non</li> <li>• BC2 ou</li> <li>• BC3 ou</li> <li>• MTLH ou</li> <li>• BCR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GC-T3 ou</li> <li>• GC-T4 ou</li> <li>• BCR (*)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EB-GB3 ou</li> <li>• EB-GB4 ou</li> <li>• EB-EME2</li> </ul>
Plate-forme support de chaussée	Portance minimale recommandée : PF2qs (80 MPa), nécessitant le cas échéant une couche de forme en matériaux granulaires ou traitée au liant hydraulique		
(*) Couche de surface non obligatoire sur une assise en BCR ; les notations sont celles de la norme NF P98-086 [5]			

Tableau 1  
Structures pour plates-formes logistiques – combinaisons de matériaux les plus fréquentes  
Structures for logistic platforms – most frequent combinations of materials

# Partie 2 : adaptation de la méthode rationnelle française au dimensionnement des plates-formes logistiques

### Démarche adoptée

La démarche rationnelle du dimensionnement routier [4, 5] est adoptée, pour ses capacités à prendre en compte de façon suffisamment réaliste, à la fois les conditions de chargements des plates-formes, les performances mécaniques des matériaux et enfin le comportement réel des structures qui ressort des retours d'expérience sur sites.

Des adaptations du modèle routier sont cependant nécessaires. La méthode rationnelle appliquée aux chaussées logistiques conduit le plus souvent à des surdimensionnements manifestes, si l'on adopte strictement les modalités de calcul et le paramétrage élaborés pour les dimensionnements routiers standards. On trouve les mêmes besoins d'adaptation du modèle routier dans la nouvelle méthode de dimensionnement rationnel des chaussées bitumineuses aéronautiques publiée en 2013 [9]. Pour ces structures exposées à des niveaux de charge à la roue comparables à ceux des plates-formes logistiques (fréquemment supérieurs à 200 kN), l'application stricte du modèle rationnel conduit à ce même constat de surdimensionnement, comme l'ont montré les essais sur chaussées réalisées dans le cadre des *PEP (Pavement Experimental Program)* Airbus [10 à 12]. La vérification des structures sous charges statiques, non prévue par la méthode routière, nécessite également des compléments. Signalons que le poinçonnement et l'orniérage par fluage des enrobés quand ils affectent les couches de surface ne relèvent pas du dimensionnement structurel objet du présent article.

### Les bases du modèle rationnel de dimensionnement

Les bases du modèle rationnel routier faisant l'objet du logiciel Alizé-Lcpc [13], sont rappelées ci-après.

- La structure de chaussée est assimilée à un massif multicouche semi-infini à comportement élastique-linéaire et isotrope (désigné modèle MEL dans la suite de cet article). Les interfaces entre couches peuvent être considérées glissantes, collées ou semi-collées selon les matériaux en présence et leur mode de mise en œuvre.
- Les charges appliquées à la surface de la chaussée sont assimilées à des charges statiques représentées par des disques circulaires supportant une pression verticale et uniforme.

- Les sollicitations créées par ces charges dans la structure de chaussée s'expriment en termes de contraintes (bétons et MTLH) et de déformations (matériaux bitumineux) horizontales en flexion à la base des couches liées, et de déformations verticales au sommet des couches non liées et de la plate-forme support. Ces grandeurs peuvent être calculées par le modèle semi-analytique de Burmister (logiciel Alizé-Lcpc), ou tout modèle aux éléments finis respectant les mêmes hypothèses.

Les critères d'endommagement considérés sont la fatigue en traction (bétons et MTLH) ou en extension (matériaux hydrocarbonés) par flexion pour les matériaux liés en assises, et la déformation verticale irréversible par plastification pour les plates-formes support. Les lois d'endommagement s'expriment selon le formalisme de Wöhler. Les valeurs de leurs paramètres descriptifs découlent d'essais de fatigue en laboratoire pour les matériaux liés, et des retours d'expérience associés à des calages inverses pour les plates-formes.

- Le modèle comporte une composante probabiliste à travers le choix du risque de dégradation structurelle acceptée à l'issue de la durée de service, qui constitue l'un des paramètres nécessaires au calcul. Il comporte également une composante empirique à travers ses coefficients de calage assurant l'ajustement entre les comportements théoriques prévus par le modèle, et les retours d'expérience reflétant les comportements réels observés sur les chaussées en service.
- Le modèle peut également comporter une phase de vérification au gel-dégel des structures résultant du dimensionnement mécanique qui précède, selon la localisation du projet à réaliser.

Appliquées au dimensionnement des voies de circulation des plates-formes à conteneurs, ces bases du modèle rationnel restent inchangées. En revanche, ses modalités de mise en œuvre nécessitent des adaptations dont la plupart sont également adoptées par la nouvelle méthode de dimensionnement rationnel des chaussées bitumineuses aéronautiques. Ces adaptations concernent exclusivement le dimensionnement mécanique, les modalités de vérification vis-à-vis du gel-dégel demeurant identiques à celles des structures routières.

### Modélisation explicite des charges et expression des critères de dimensionnement

Le trafic composé majoritairement d'engins lourds se différencie nettement du trafic poids lourd routier. Dans le dimensionnement routier, le recours au paramètre CAM (coefficient d'agressivité moyenne du trafic) offre l'avantage de reproduire les multiples silhouettes des poids lourds au moyen d'une charge de référence unique, le jumelage standard de 65 kN. Cet usage est mal adapté au cas des structures logistiques. Ici, les types d'engins à considérer sont en effet peu nombreux, leur géométrie et leurs charges sont normalement connues. S'affranchissant du calcul préalable du coefficient CAM, les différentes configurations d'engins (géométrie et poids en charge, à vide, ...) amenés à circuler sur la chaussée peuvent donc être explicitement considérées dans les calculs, comme le montrera l'exemple de dimensionnement traité en fin d'article.

Cette démarche conduit à ré-exprimer, pour chaque couche de matériau, le critère de dimensionnement sous la forme de la limitation du cumul des dommages  $D_{\text{cumul}}$  provoqués par les différents engins ( $D_{\text{cumul}} \leq 1$ ), et non sous la forme du non-dépassement de la valeur admissible (voir l'encadré Modèle d'endommagement multi-essieux avec prise en compte du balayage transversal de la charge et figure 2).

Pour un engin donné, le cumul des dommages associés à ses différents essieux s'opère au moyen d'une intégration continue du postulat de Miner. Plutôt que les seuls pics d'extension (ou de traction) maximale au droit de chaque essieu, cette formulation continue considère l'historique complet de sollicitations créé par la charge, en particulier l'effet favorable d'un déchargement modéré entre deux pics de sollicitations.

## Balayage transversal du trafic

La circulation des engins sur les plateformes se différencie aussi de celle des poids lourds routiers par la répartition transversale de leurs trajectoires sur la chaussée, désignée « balayage transversal ». La nature des opérations effectuées sur ces aires, les dimensions transversales des voies de circulation, les géométries des engins et de leur chargement, la présence ou non de marquage au sol, le téléguidage éventuel sont autant de facteurs influençant ce balayage transversal. Cette variabilité amène à le considérer comme une donnée explicite du dimensionnement. Il est assimilé à une distribution normale centrée d'écart type supposé connu. Un large balayage transversal est favorable au dimensionnement et conduit à des épaisseurs de structure moindres, comparé à un balayage plus canalisé. La prise en compte du balayage dans le calcul de l'endommagement est également détaillée dans l'encadré précité.

En l'absence d'une connaissance particulière des conditions de circulation des engins sur les voies à dimensionner le tableau 2 propose des valeurs qui semblent refléter les conditions courantes de circulation sur les aires à conteneurs.

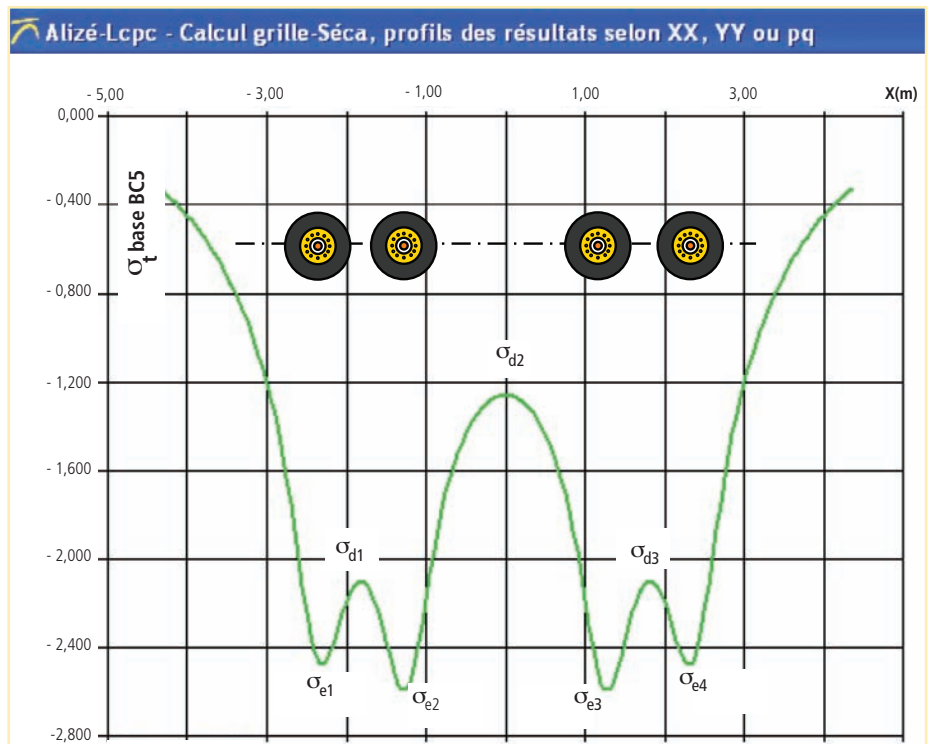


Figure 2  
Exemple signal  $\sigma_t = f(x)$  créé par un chariot cavalier à 4 essieux (vue Alizé-Lcpc)  
Example signal  $\sigma_t = f(x)$  created by 4-axle straddle carrier (Alizé-Lcpc view)

D.R.

## Modèle d'endommagement multi-essieux avec prise en compte du balayage transversal de la charge

### Dommage créé par une sollicitation multi-essieux : calcul par intégration continue du postulat d'additivité de Miner

Loi de fatigue reliant la sollicitation  $s$  au nombre de chargements  $N$ , selon [4, 5] :

$$s = KN^b \rightarrow \text{dommage élémentaire : } D_e = \frac{1}{N} = K^{-\beta} s^\beta \text{ avec } \beta = -1/b$$

Vitesse d'accroissement des dommages, obtenue par dérivation de  $D_e$  :

$$\frac{dD}{dt} = K^{-\beta} \left\langle \frac{ds^\beta}{dt} \right\rangle \text{ avec : } \langle x \rangle = x \text{ si } x > 0 \text{ sinon } 0 \text{ (accroissement dD nul en situation de déchargement).}$$

D'où :

$$\frac{dD}{dt} = \beta K^{-\beta} \left\langle s^{\beta-1} \frac{ds}{dt} \right\rangle \text{ ce qui conduit à l'expression intégrale suivante du dommage D créé par la charge complète :}$$

$$D = \beta K^{-\beta} \int_{-\infty}^{+\infty} \left\langle s^{\beta-1} \frac{ds}{dx} \right\rangle dx \quad (\text{éq. 1})$$

Exemple :

La formulation intégrale du dommage se ramène dans le cas de l'exemple de la figure 2 à l'expression :

$$D = \beta K^{-\beta} \sum_{k=1}^4 \sigma_{ek}^\beta - \sum_{k=1}^3 \sigma_{dk}^\beta$$

### Prise en compte du balayage transversal de la charge, venant minorer le dommage créé par une circulation totalement canalisée

nt  
Discrétisation de la largeur de la voie par  $nt$  trajectoires d'ordonnés  $(y_k)$   
k=1

avec  $y = 0$  axe longitudinal de la voie, distance entre trajectoires  $\approx 5$  cm.  
On note :

- $P(y_k)$  = pourcentage de trafic circulant sur la trajectoire  $y_k$  calculé en adoptant l'hypothèse d'une distribution normale centrée du balayage, d'écart type connu.

- $Dc(y_p)$  = dommage créé par le trafic totalement canalisé en un point d'abscisse transversale  $y_p$ , calculé selon l'équation 1 ci-dessus.

- $Db(y_p)$  = dommage créé par le trafic balayant au point d'abscisse  $y_p$ .

L'application du postulat d'additivité des dommages de Miner conduit à l'équation :

$$Db(y_p) = \sum_{k=1}^{nt} P(y_k) Dc(y_k - y_p) \quad (\text{éq. 2})$$

# Dossier Plates-formes logistiques

Type de voie	Ecart type	Balayage
<b>Grue portique (RTG – Rubber Tyred Gantry)</b>		
Tout type de voie	0	0
<b>Chariot cavalier</b>		
Tout type de voie	0,25 m	0,50 m
<b>Tout engin sauf RTG et chariot cavalier</b>		
Bords de quai	0,50 m	1,0 m
Allées secondaires entre blocs de conteneurs		
Voies principales de circulation	0,75 m	1,5 m
Aires d'entreposage et de chargement des PL routiers		

Tableau 2  
Valeurs type du paramètre balayage, en l'absence de conditions particulières de circulation des engins  
Typical values of passage parameter, in the absence of special equipment traffic conditions

## Paramètres de comportement des enrobés bitumineux : effet vitesse des engins

La température et la fréquence de sollicitation des enrobés bitumineux, matériaux viscoélastiques, influent sur leur module de rigidité et leur résistance à la fatigue. La norme dimensionnement des chaussées neuves NF P98-086 impose pour ces paramètres des valeurs uniques, 15 °C et 10 Hz. D'une part la température équivalente,  $\theta_{eq}$  de 15 °C établie pour les dimensionnements en France métropolitaine, ne s'appliquera pas à la majorité des projets de plate-forme en Outre-mer et à l'étranger (par exemple  $\theta_{eq} \approx 25$  °C à la Guadeloupe et 28 °C en Afrique de l'Ouest). D'autre part, la fréquence  $F = 10$  Hz est représentative de la réponse des matériaux bitumineux au passage de poids lourds routiers circulant à une vitesse d'environ 80 km/h. L'analyse en viscoélasticité [14] des sollicitations créées par les charges roulantes dans les structures bitumineuses de forte épaisseur conduit à adopter la relation approchée  $F = 0,10 V$  (V vitesse de déplacement de la charge en km/h).

Les figures 3 présente les courbes types de sensibilité à la température et à la fréquence du module de rigidité (norme du module complexe) des matériaux bitumineux standards, selon la base de données du Laboratoire matériaux routiers de l'Ifsttar. Elles sont implémentées dans le logiciel Alizé-Lcpc. On en déduira les valeurs de modules pour le dimensionnement des structures logistiques (vitesses des engins généralement comprises entre 10 et 40 km/h). L'effet de la fréquence F sur le comportement à la fatigue des enrobés n'est pas envisagé par la norme NF P98-086. Il est pris en compte dans l'expression suivante du paramètre  $\epsilon_6$  de la loi de fatigue, également retenue par la nouvelle méthode aéronautique :

$$\epsilon_6(\theta_{eq}, F) = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{ Hz}) \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{ Hz})}{E(\theta_{eq}, F)}}$$

## Autres paramètres du dimensionnement à la fatigue

Les différentes valeurs de paramètres figurant ci-après résultent d'ajustements entre le modèle de dimensionnement proposé, et les différents retours d'expérience sur le comportement des plates-formes pour conteneurs. Ces propositions reflètent les points de vue actuels des auteurs (novembre 2013), et sont donc susceptibles de compléments et/ou d'amendements dans le futur. Dans le cadre d'un projet finalisé, elles devront naturellement être l'objet de discussions avec le maître d'ouvrage.

### Conditions d'interface

La seule modification apportée à la norme NF 98-086 est d'adopter une hypothèse semi-collée entre couches de MTLH, quelle que soit la nature du matériau utilisé.

### Valeurs admissibles $\epsilon_{zadm}$ des plates-formes

La valeur  $A = 16\ 000 \mu\text{def}$  (microdéformations) est adoptée pour le calcul des valeurs admissibles  $\epsilon_{zadm}$  des plates-formes, indépendamment de la valeur de trafic cumulé.

### Risque de calcul

En fonction des exigences de niveau de service assignées à la plate-forme par le maître d'ouvrage, sa valeur est comprise en 5 % et 15 %.

### Coefficients de calage

L'encadré ci-après « Détermination des valeurs du coefficient de calage Kc » présente la démarche de détermination des coefficients de calage Kc, en fonction du type de chaussée et de l'intensité des charges appliquées par les engins.

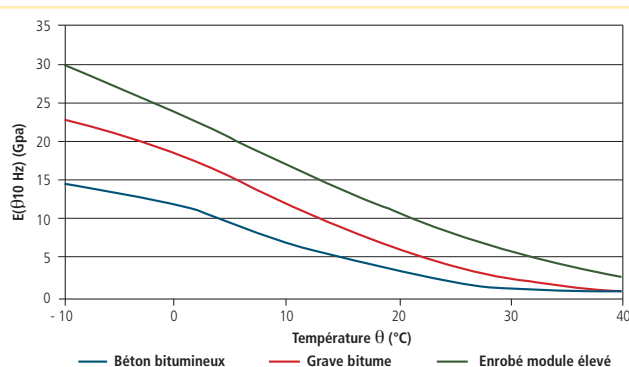


Figure 3a  
Susceptibilité type des matériaux bitumineux à la température  
Typical temperature susceptibility of bituminous materials

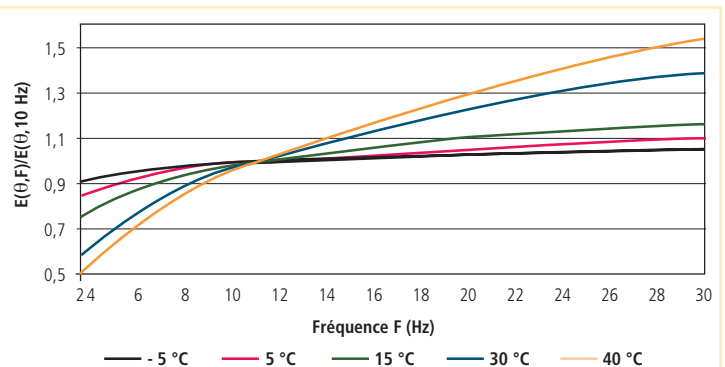


Figure 3b  
Susceptibilité type des matériaux bitumineux à la fréquence de sollicitation  
Typical susceptibility of bituminous materials to loading frequency

Figures 3  
Effets de la température et de la fréquence de sollicitation sur les modules de rigidité des matériaux bitumineux – courbes types de sensibilité selon la base de données du Laboratoire matériaux routiers de l'Ifsttar, implémentées dans le logiciel Alizé-Lcpc  
Temperature and loading frequency effects on stiffness modulus of bituminous materials – typical sensitivity curves according to data base of the IFSTTAR road materials laboratory, implemented in Alizé-Lcpc software



## Détermination des valeurs du coefficient de calage Kc

### Calcul du poids équivalent à l'essieu Peq

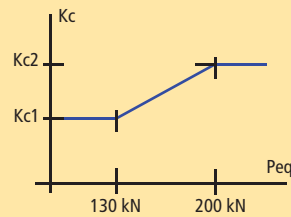
- $n_j$  nombre d'essieux simples de poids  $P_j$
- $C_m$  coefficient de monte :
  - $C_m = 1,0$  roues simples
  - $C_m = 0,9$  roues jumelées
- Matériaux bitumineux :  $\alpha = 5$
- Bétons et MTLH :  $\alpha = 12$

$$Peq = \left( \frac{\sum n_j (C_m P_j)^\alpha}{\sum n_j} \right)^{1/\alpha}$$

### Exemple : Voie "Tracteurs de parc", poids total maxi 650 kN

- Tracteur : essieu avant 60 kN, essieu moteur 170 kN monte jumelée
- Remorque : essieu tandem 210 kN + 210 kN, monte jumelée
  - Chaussée bitumineuse GB3 et GB4 :
  - Chaussée bitumineuse EME2 :
  - Chaussée MTLH :
  - Chaussée béton :

### Coefficients de calage Kc



	GB3-GB4	EME2	GC3/GC4	BC-BCR
Kc1	1,3	1,0	1,4	1,5
Kc2	1,7	1,3	2,2	2,4



Peq = 170 kN	→ Kc = 1,53
Peq = 170 kN	→ Kc = 1,17
Peq = 179 kN	→ Kc = 1,96
Peq = 179 kN	→ Kc = 2,13

Cette dernière est représentée par le paramètre  $Peq$ , poids à l'essieu équivalent en termes de dommage à l'ensemble des essieux composant le trafic de dimensionnement. Pour les valeurs élevées de  $Peq$  ( $\geq 200$  kN), les valeurs de  $Kc$  sont sensiblement supérieures à celles du dimensionnement routier. En revanche, pour les valeurs de  $Peq$  plus faibles ( $\leq 130$  kN), les valeurs de  $Kc$  sont celles du dimensionnement routier, afin d'assurer la continuité avec les structures routières.

Notons que ces valeurs de  $Kc$  :

- S'appliquent à un trafic totalement canalisé, contrairement aux valeurs  $Kc$  du dimensionnement routier relatives, elles, au trafic poids lourds en rase campagne de balayage transversal voisin de 0,45 m.
- Intègrent implicitement la prise en compte dans le dimensionnement des effets dynamiques. En conséquence, le chargement à considérer dans les calculs reste le chargement statique, non affecté de ces effets de majoration dynamique des charges.

### Épaisseurs minimales des matériaux d'assise

Dans le cas de poids équivalent  $Peq$  supérieur ou égal à 200 kN, les épaisseurs minimales ci-dessous sont préconisées :

- Pour les chaussées bitumineuses, l'épaisseur minimale d'assise (couche de base + couche de fondation) est de 18, 17, 16 et 15 cm respectivement pour les classes de plate-forme PF2, PF2qs, PF3 et PF4.
- Pour les chaussées semi-rigides, cette épaisseur minimale est de 30 cm.

- L'épaisseur minimale des dalles en béton sur fondation en béton maigre BC2 ou BC3 est de 15 cm.

Dans le cas de poids équivalent  $Peq$  inférieur à 130 kN, les épaisseurs minimales fixées par la norme NF P98-086 sont retenues.

### Dimensionnement des structures vis-à-vis des charges statiques

Les pieds des conteneurs empilés sur plusieurs niveaux appliquent à la surface des aires de stockage des pressions considérables. A titre d'exemple, l'empilement de 5 conteneurs de poids moyen 20 tonnes induit une pression verticale moyenne de 111 bar (11,1 MPa) sous chaque pièce de coin (surface utile d'environ 220 cm<sup>2</sup>, prenant en compte l'évidement central). La résistance à l'écrasement des bétons courants et des pavés manufacturés leur permettent normalement de supporter de tels niveaux de charge. Ce n'est pas le cas des revêtements bitumineux, même les plus performants, dont le poinçonnement est quasi inévitable sous de tels niveaux de contraintes. Lorsque celui-ci dépasse la profondeur de 12 mm environ (hauteur de saillie de la pièce de coin), le conteneur repose sur ces longérons inférieurs, neutralisant ainsi le mécanisme de poinçonnement.

Le mécanisme de poinçonnement des couches de surface est donc exclu des vérifications vis-à-vis des charges statiques préconisées ci-après. Il est entendu que le

recours à un revêtement rigide, voire un enrobé percolé au coulis de ciment moyennant une étude spécifique, s'impose quand ces défauts de poinçonnement localisé sont considérés comme inacceptables par le maître d'ouvrage. Vis-à-vis du dimensionnement statique, les recommandations d'épaisseur minimales d'assises sont identiques à celles énoncées précédemment pour le dimensionnement en fatigue.

### Chaussées bitumineuses

Seul le sommet de la plate-forme support de chaussée est l'objet d'une vérification vis-à-vis du poinçonnement, portant sur la limitation de la contrainte verticale maximale  $\sigma_z$  (et non sur la déformation  $\epsilon_z$ ). L'évaluation de cette contrainte s'effectue par le modèle MEL, sans individualisation de la couche de forme éventuelle (support de chaussée considéré homogène).

La surface rectangulaire de contact du pied de conteneur avec le revêtement est décrite par un assemblage de disques circulaires de petit rayon (évidement central négligé en raison de la diffusion de la charge sur l'épaisseur des couches d'assise). Ils définissent un rectangle de mêmes dimensions 0,178 m x 0,162 m, supportant la même charge verticale (voir l'exemple en fin d'article – figure 5). Toutes les interfaces entre couches sont considérées collées.

Dans ces conditions de chargement, les modules de rigidité des matériaux bitumineux pour les calculs de contraintes sont les modules statiques, dont les valeurs sont résumées dans le tableau 3 pour les matériaux standards. Les valeurs de contraintes verticales admissibles au sommet de la plate-forme support sont données sur le tableau 4. Elles s'inspirent des valeurs recommandées par le DTU P13-12 Règles pour le calcul des fondations superficielles [15].

Matériaux	Enrobé percolé au coulis de ciment	BBSG, BBME, GB et EME
Module E	1 500 MPa	1 000 MPa

Tableau 3

Valeurs des modules statiques des matériaux bitumineux pour les vérifications sous chargement statique  
Values of static moduli of bituminous materials for verifications under static load

	PF1	PF2	PF2qs	PF3	PF4
Sol naturel ou couche de forme granulaire	0,2	0,4	0,75	1,0	1,4
Couche de forme traitée aux liants hydrauliques	/		1,0	1,5	2,0

Tableau 4

Dimensionnement vis-à-vis des charges statiques – valeurs admissibles des contraintes au sommet de la plate-forme support de chaussée (en MPa)  
Structural design with respect to static loads – values of permissible stress at top of pavement support platform (in MPa)

# Dossier Plates-formes logistiques

## Chaussées en béton et semi-rigides

Le seul critère de dimensionnement porte sur la contrainte maximale de traction par flexion  $\sigma_t$  à la base des couches d'assises. Le modèle de calcul reste le modèle MEL précédent, avec prise en compte des mêmes modules statiques pour les revêtements bitumineux et la même représentation des pièces de coin.

Les conditions d'interfaces sont les suivantes :

- Chaussées en béton : l'interface entre les dalles et la couche de fondation en béton maigre est considérée glissante.
- Chaussées semi-rigides : toutes les interfaces sont considérées collées.

$R_{fk28}$  désignant la résistance caractéristique à la traction par flexion statique à 28 jours, et  $\sigma_t$  la contrainte de traction maximale calculée par le modèle MEL, le critère de dimensionnement s'exprime par la relation :

$$K_{static} \times \sigma_t \leq R_{fk28} \text{ avec } K_{static} = \frac{1}{3}$$

La minoration de  $\sigma_t$  dans un rapport  $K_{static}$  de valeur 1/3 résulte du calage entre les résultats du modèle de calcul proposé et les constats sur site. Ces constats montrent très clairement que, dépourvu de ce coefficient correcteur  $K_{static}$ , le critère de non dépassement de la résistance  $R_{fk28}$  conduit à des surdimensionnements inacceptables. Cette surévaluation des sollicitations réelles par le modèle MEL découle en partie du fait que sous fort niveau de sollicitation, il ne permet pas de reproduire le comportement viscoélastique des matériaux, ni les mécanismes tels que la relaxation en traction ou la fissuration, ici non préjudiciable à la stabilité des structures.

Les valeurs des résistances  $R_{fk28}$  des bétons et MTLH normalisés, déduites de [4, 5] sont données dans le tableau 5.

## Exemple de dimensionnement

Les données retenues pour cette application de dimensionnement sont propres à l'exemple traité. Elles ne sont pas directement applicables *a priori* à une autre étude de dimensionnement, chaque projet devant prendre en considération les données (chargement, trafic, vitesse, température, ...) qui lui sont propres.

Matériaux	GC3	GC4	BCR	BC2	BC3	BC4	BC5	BC6	D.R.
$R_{fk28}$ (MPa)	1,0	1,6	2,4	2,6	3,0	3,6	4,1	5,0	

Tableau 5

Dimensionnement vis-à-vis des charges statiques – valeurs des résistances caractéristiques  $R_{fk28}$  pour les bétons et MTLH normalisés

Structural design with respect to static loads – values of characteristic resistance  $R_{fk28}$  for standard concrete and MTLH materials

## Données structures

Quatre structures sont envisagées sur une plate-forme support de classe PF2qs :

- chaussée en béton : béton de ciment BC5 goujonné sur fondation BC3 (18 cm) ;
- chaussée semi-rigide : EB-BBME3 (6 cm) sur grave-ciment de classe T4 ;
- chaussée bitumineuse : EB-BBME3 (6 cm) sur enrobé à module élevé EB-EME2.
- chaussée bitumineuse : EB-BBME3 (6 cm) sur grave-bitume EB-GB3.

## Données chargement : voies de circulation des reachstackers

Le trafic de dimensionnement est constitué d'engins à vide et d'engins chargés par un conteneur de poids brut 260 kN. La géométrie des *reachstackers* est donnée par la figure 4 et les charges sur essieu par le tableau 6. La pression de contact pneu-chaussée est égale à 1 MPa. Le trafic cumulé est évalué à 219 000 passages d'engins à vide et en charge (30 passages/jour sur une période de calcul de 20 ans). Le balayage transversal des engins a pour écart type 0,75 m, et leur vitesse est de 20 km/h.

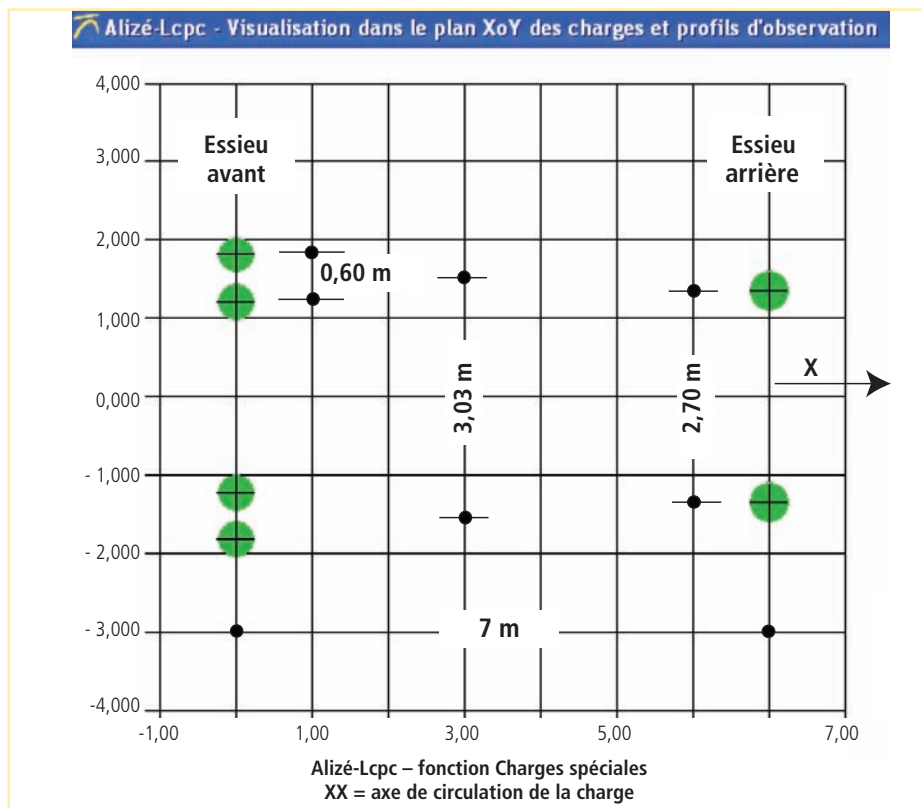


Figure 4

Exemple de calcul – géométrie des *reachstackers* (vue Alizé-Lcpc)

Example of structural design – container corner pieces (Alizé-Lcpc view)

	Poids total	Essieu avant (4 roues)		Essieu arrière (2 roues)	
		Poids sur essieu	Poids sur roue	Poids sur essieu	Poids sur roue
Engin à vide	750 kN	366 kN	91,5 kN	384 kN	192 kN
Engin en charge	1 010 kN	628 kN	157 kN	382 kN	191 kN

Tableau 6

Exemple de dimensionnement – charges sur essieux des *reachstackers*

Example of structural design – loads on Reachstacker axles

## Données chargement : aire de stockage des conteneurs

Il est prévu un empilement des conteneurs sur 5 hauteurs et 2 rangées (stockage en blocs). Dans cette configuration, les limitations de charge fixées par l'exploitant du terminal conduisent à un poids moyen de conteneur de 156 kN (60 % du poids brut moyen de manutention). Chaque pièce de coin du conteneur inférieur supporte ainsi 195 kN. La figure 5 représente la modélisation de ce chargement statique, composé de 4 pièces de coin distantes de 5 cm bord à bord. Chacune d'elles, de dimensions 17,8 cm x 16,2 cm, est représentée par un ensemble de cercles de petit rayon, inscrits dans le même rectangle et supportant au total la même charge de 195 kN.

## Autres données

La valeur du risque de calcul est fixée à 10 % sauf pour les BC3 (risque = 50 %), et la température équivalente à 15 °C. Exception faite des adaptations et compléments proposés, les hypothèses et les valeurs des paramètres de calcul sont celles fixées par la norme NF P98-086. Les épaisseurs des couches sont arrondies au cm supérieur. Les calculs sont réalisés à l'aide du logiciel Alizé-Lcpc, version 1.4, développé par l'Ifsttar.

## Calculs intermédiaires : valeurs de $P_{eq}$ , $K_c$ et valeurs admissibles

Les valeurs des charges équivalentes sur essieu  $P_{eq}$ , des coefficients de calage associés  $K_c$  et des grandeurs admissibles sont présentées dans le tableau 7.

## Résultats du dimensionnement

Le tableau 8 présente les dimensionnements obtenus pour les voies de circulation des *reachstackers*. La figure 6 décrit les profils transversaux de dommages créés par les engins en charge, à vide et leur cumul, dans le cas de la structure bitumineuse en EB-EME2.

Les dimensionnements des structures des aires de stockage des conteneurs (tableau 9) sont réalisés en adoptant l'hypothèse de collage pour toutes les interfaces, à l'exception de l'hypothèse de glissement des dalles en béton sur leur fondation pour la structure rigide.

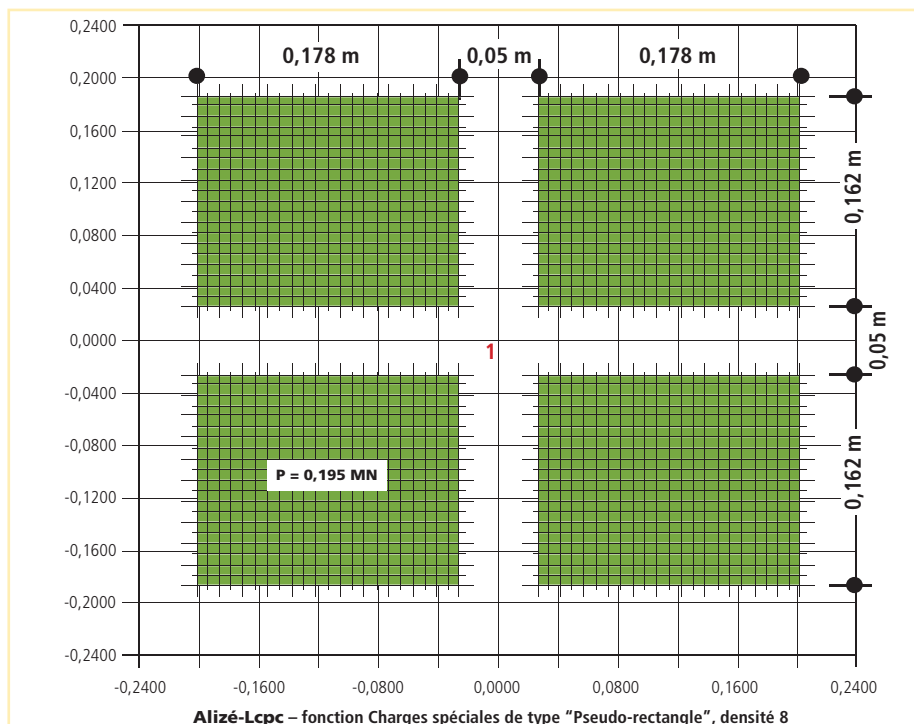


Figure 5  
Exemple de dimensionnement – pièces de coins des conteneurs (vue Alizé-Lcpc)  
Example of structural design – container corner pieces (Alizé-Lcpc view)

Structure	Essieu $P_{eq}$	Coefficient $K_c$	Matériaux d'assise Valeurs admissibles		Plate-forme $\epsilon_2$ admissible
			Base	Fondation	
BC5g	504,4 kN	2,4	3,180 MPa	4,065 MPa	1 044 $\mu$ def
GC-T4		2,2	1,793 MPa	2,104 MPa	
EB-EME2	455,0 kN	1,3	/	219,2 $\mu$ def	
EB-GB3		1,7	/	202,7 $\mu$ def	

Tableau 7  
Exemple de dimensionnement – calculs intermédiaires, valeurs de  $P_{eq}$ ,  $K_c$  et des valeurs admissibles  
Example of structural design – intermediate calculations, values of  $P_{eq}$ ,  $K_c$  and permissible values

Structure	Épaisseurs des couches	Module (MPa)	Interfaces collées sauf	Dommages cumulés
Béton	30 cm BC5g	35 000	BC5/BC3 glissante	1,00
	18 cm BC3	24 000		< 0,01
	PF2qs	80		< 0,01
Semi-rigide	6 cm EB-BBME3	8 441	GC-T4/GC-T4 semi-collée	/
	22 cm GC-T4	25 000		0,06
	21 cm GC-T4			0,58
	PF2qs	80		< 0,01
Bitumineuse EME2	6 cm EB-BBME3	8 441	/	/
	11 cm BB-EME2	10 744		/
	11 cm BB-EME2			0,84
	PF2qs	80		0,23
Bitumineuse GB3	6 cm EB-BBME3	8 441	/	/
	15 cm BB-GB3	6 907		/
	15 cm BB-GB3			0,98
	PF2qs	80		0,11

Tableau 8  
Exemple de dimensionnement – structure des voies de circulation *reachstackers*  
Example of structural design – structure of *Reachstacker* traffic lanes

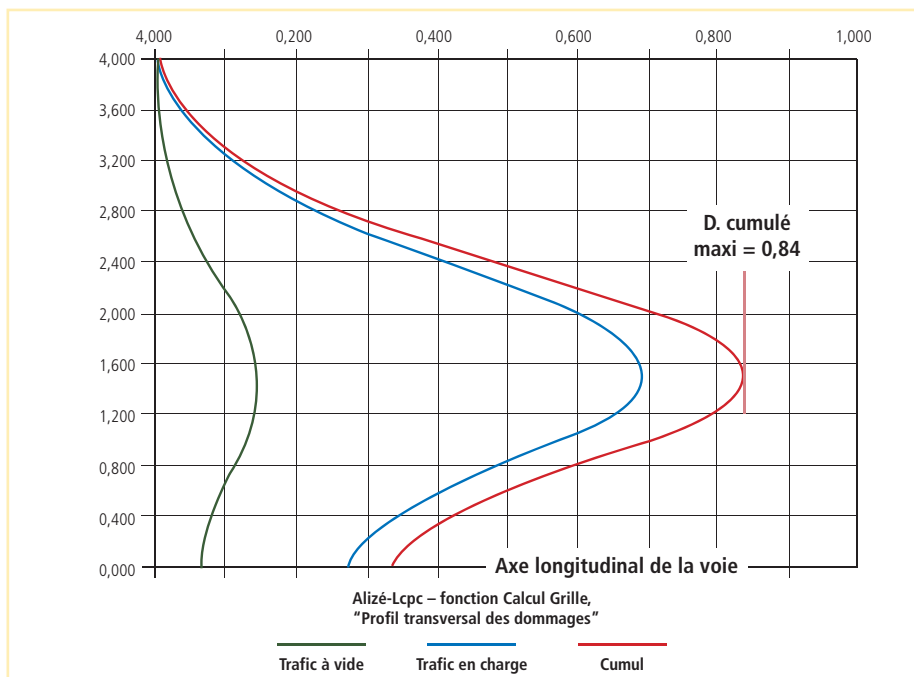


Figure 6  
Exemple de dimensionnement - structure bitumineuse en EB-EME2, voie de circulation – profils transversaux de dommages de l'enrobé EB-EME2 (vue Alizé-Lcpc)  
Example of design of bituminous structure in EB-EME2 asphalt (traffic lane – cross sections of damages to EB-EME2 asphalt (Alizé-Lcpc view))

D.R.

Structures béton et semi-rigide	Epaisseurs (cm)	Kstatic x $\sigma_t$	$R_{fk28}$
Béton	26 BC5	4,00 MPa	4,1 MPa
	18 BC3	1,86 MPa	3,0 MPa
Semi-rigide	6 EB-BBME3	1,58 MPa	1,6 MPa
	24+24 GC-T4		
Structures bitumineuses	Epaisseurs (cm)	$\sigma_z$	$\sigma_z$ admissible
GB3 ou EME2 sur sol ou couche de forme granulaire	6 EB-BBME3	0,72 MPa	0,75 MPa
	14+14-EB-EME2 ou EB-GB3		
GB3 ou EME2 sur couche de forme traitée	6 EB-BBME3	0,95 MPa	1,0 MPa
	11+11 EB-EME2 ou EB-GB3		

D.R.

Tableau 9  
Exemple de dimensionnement – structures des aires de stockage des conteneurs  
Example of structural design – structures of container stocking areas

La valeur de module des matériaux bitumineux est prise égale à 1 000 MPa. La décision de ne réaliser qu'une structure unique de chaussée commune aux voies de circulation et aux aires de stockage, ou de les différencier, ne sera pas traitée dans le présent exemple.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] ISO 668, Conteneurs de la série 1 – Classification et masses brutes maximales, AFNOR, août 2013
- [2] Heavy duty pavements – The structural design of heavy duty pavements for ports and other industries, Edition 4, Interpave, [www.paving.org.uk](http://www.paving.org.uk)
- [3] La productivité des terminaux à conteneurs, CETMEF, juillet 2011
- [4] Guide technique conception et dimensionnement des chaussées, LCPC - SETRA, décembre 1994
- [5] NF P98-086, Dimensionnement structurel des chaussées routières - Application aux chaussées neuves. Norme française, octobre 2011

[6] PCASE – Pavement Transportation Computer Assisted Structural Engineering Program, <http://pcase.software.informer.com>, mars 2013

[7] L. Wardle, I. Rickards, J. Lancaster, HIPAVE - A Tool To Assist In The Mechanistic Empirical Design Of Heavy Duty Industrial Flexible Pavements. 10th International Conference on Asphalt Pavements (ISAP), Quebec, Canada, août 2006

[8] L. Wardle, B. Rodway, Advanced Design of Flexible Aircraft Pavements, 24th ARRB Conference, Melbourne, Australia, octobre 2012

[9] Méthode rationnelle de dimensionnement des chaussées aéronautiques souples, Guide technique, Direction générale de l'aviation civile, STAC, décembre 2013

[10] A380 Pavement Experimental Programme, Flexible phase, Lcpc – Airbus - Stac, [www.stac.aviation-civile.gouv.fr/publications/documents/rapportPEP.pdf](http://www.stac.aviation-civile.gouv.fr/publications/documents/rapportPEP.pdf), octobre 2001

[11] C. Fabre, J.-M. Balay, A. Mazars, D. Guédon, Chaussées pour avions gros porteurs - Les programmes expérimentaux sur pistes Airbus A380, Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 840, juin 2005

## Conclusions

L'absence actuelle de référentiel technique en matière de dimensionnement des plates-formes à conteneurs motive le présent article de la RGRA. Une démarche de calcul est proposée, sur la base du modèle rationnel du dimensionnement routier auquel divers compléments et adaptations sont apportés.

Cette démarche prend en compte, à travers ses divers coefficients d'ajustement et de calage, les retours d'expérience des auteurs, en provenance de réalisations sur sites réels. Ainsi, les modalités de calcul proposées s'appliquent aux types de structures éprouvées par l'expérience, utilisant des matériaux normalisés. Mais le calage actuel présenté par cet article ne s'applique pas, *a priori*, à des structures innovantes ou des matériaux sortant du cadre prévu par la normalisation. Ces structures nécessiteront des études et justifications complémentaires.

La mise en œuvre pratique du modèle est facilitée par le logiciel Alizé-Lcpc, dans lequel les fonctionnalités nécessaires aux calculs ont été implémentées.

Moyennant les compléments et adaptations proposés, la démarche générale de dimensionnement rationnel répond bien aux spécificités de ces plates-formes logistiques. Elle ne semble donc pas devoir être remise en cause. Cependant, le modèle préconisé reste susceptible de modifications dans le futur, pour ce qui concerne les valeurs numériques de ses différents paramètres. Sur ce point, soulignons tout l'intérêt que présentent le suivi des ouvrages en service, les mesures et les expérimentations en vraie grandeur, indispensables à la consolidation de ce modèle de dimensionnement. Enfin, nous pensons que celui-ci pourra servir de base constructive à de futures et attendues recommandations pour le dimensionnement des plates-formes logistiques, qui seraient partagées par l'ensemble des acteurs publics et privés de ce domaine. ■

[12] A380 Pavement Experimental Programme, Rigid phase, Lcpc – Airbus - Stac, [http://www.airbus.com/fileadmin/media\\_gallery/files/tech\\_data/Pavement/A380\\_PEP\\_Rigid\\_Brochure\\_Jan2005.pdf](http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/Pavement/A380_PEP_Rigid_Brochure_Jan2005.pdf), janvier 2005

[13] Alizé-LCPC, Logiciel d'aide au dimensionnement des chaussées selon la méthode française de dimensionnement, [www.lcpc.fr/francais/produits/lcpc-produits-alize-lcpc-routes/](http://www.lcpc.fr/francais/produits/lcpc-produits-alize-lcpc-routes/)

[14] A. Chabot, O. Chopin, L. Deloffre, D. Duhamel, Viscoroute 2.0 - A tool for the simulation of moving load effects on asphalt pavement, Road Material and Pavement Design, Special Issue on Recent Advances in Numerical Simulation of Pavements, DOI:10.3166/RMPD.11.227-250 © 2010 Lavoisier, Paris

[15] DTU 13-12 - Règles pour le calcul des fondations superficielles, référence DTU P11-711, mars 1988

## AUTEURS

Régis Le Lion  
Directeur  
Service VRD-Transports  
Direction régionale Ouest  
Artelia Ville et Transport

David Tribondeau  
Ingénieur d'études  
Direction régionale Méditerranée  
Artelia Ville et Transport



Photo 1  
Terminal de la Pointe des Grives  
Pointe des Grives terminal

## De nouvelles perspectives pour le dimensionnement des chaussées industrielles et portuaires

### Exemple du terminal conteneurs de la Pointe des Grives (Ile de la Martinique)



Dans le cadre du projet de l'extension du terminal à conteneurs de la Pointe des Grives à la Martinique, Artelia a engagé un travail d'optimisation du dimensionnement de ses terre-pleins, dans un but d'amélioration de ces ouvrages sous les aspects fiabilité technique et économie. Il a été accompagné dans cette action, fruit d'études et de recherches de plusieurs années et de nombreux retours d'expérience, par la DREAL (direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) de la Martinique et par l'IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux).

Le modèle de calcul retenu pour ce travail est le modèle français de dimensionnement rationnel des chaussées routières.

#### Contexte

Titulaire de nombreux marchés d'études de terminal à conteneurs dans le monde, le groupe ARTELIA, issu de la récente fusion de SOGREAH et de COTEBA, est l'un des leaders mondiaux sur ce marché très spécifique. Fort de son expérience d'études maritimes, son objectif est de répondre de façon plus large sur toutes les études afférentes à ce type de projet, dans l'objectif de proposer des solutions « clés en main » à ses clients.

Cela nécessite d'autres compétences, en particulier pour la conception des

terre-pleins : la direction régionale Ouest d'Artelia, via son Service voirie et transport, assure ces missions. Parmi les différentes problématiques que posent ce type d'ouvrages, il en est une dont la dimension économique et technique rend sa maîtrise primordiale : le dimensionnement structurel des chaussées lourdes portuaires et tout particulièrement le cas des terminaux à conteneurs.

Parmi les récentes études d'Artelia en matière de dimensionnement des plates-formes, citons les projets de Cotonou (Bénin), Lomé (Togo), Conakry (Guinée), Degrad des Cannes (Guyane), ....

Deux méthodes de calcul sont couramment utilisées par Artelia pour procéder à ces dimensionnements :

- La méthode anglo-saxonne *Heavy Duty Pavements* publiée par *Interpave* [1]. Elle offre l'avantage d'une très large diffusion dans le monde et donc de nombreux retours d'expérience.

Elle présente cependant des limites liées, entre autres, à sa nature essentiellement empirique, qui restreint son application à quelques structures types et à un nombre réduit de matériaux, excluant par exemple les enrobés à module élevé (EME).

- La méthode française de dimensionnement rationnel des chaussées [2, 3].

# Dossier Plates-formes logistiques

Initialement développée pour les chaussées routières, elle offre de larges possibilités d'adaptation à des contextes différents, à travers sa nature performantielle et son paramétrage explicite. Cependant, les modalités d'application de la démarche rationnelle au cas des plates-formes à conteneurs n'ont pas été définies à ce jour.

Cette situation a amené Artelia à constituer un groupe de réflexion sur le sujet, auquel ont été associés le CETMEF (Centre d'études techniques maritimes et fluviales) et l'IFSTTAR. Des consultations d'exploitants portuaires, des visites de terminaux en exploitation ainsi qu'une étude bibliographique ont conduit à identifier des besoins d'adaptation du modèle de dimensionnement rationnel pour traiter le cas des chaussées portuaires, à savoir principalement :

- prise en compte du balayage des véhicules,
- coefficients de calage mieux adaptés,
- prise en compte des risques de calculs,
- détermination des trafics et des histogrammes de chargements.

De nouvelles lignes directrices ont pu émerger pour prendre en compte ces problématiques technico-économiques,

conformément aux attentes des clients, tout en maîtrisant les risques vis-à-vis de la durabilité des infrastructures.

## Le terminal conteneurs de la Pointe des Grives

L'ouverture du nouveau jeu d'écluses sur le canal de Panama en 2015 va bouleverser le trafic maritime dans le secteur Caraïbes, avec :

- une **croissance potentielle** des flux et la recherche de plate-forme de transbordement dans la zone ;
- l'augmentation prévisible de la taille des navires, du fait de la réaffectation des navires dans l'actuel canal.

Le Grand Port Maritime de la Martinique a donc décidé d'étendre son terminal à conteneurs afin de capter du trafic de transbordement et d'adapter son infrastructure à la future taille des navires pouvant faire escale en Martinique. Artelia a été nommé mandataire du groupement de maîtrise d'œuvre en charge de ce projet.

Dans une volonté d'optimisation, il a été décidé de mener une étude approfondie sur le dimensionnement des chaussées. Les principales décisions et principes de calculs retenus sont exposés ci-après. Ce terminal est géré selon le plan masse suivant (figure 1).

Sont tour à tour présentés dans les paragraphes de dimensionnement, la démarche d'adaptation mise au point avec le concours de la maîtrise d'ouvrage. Ce dimensionnement se base sur une structure bitumineuse de type enrobés à module élevé (EME).

### Le terminal de la Pointe des Grives en chiffres

Ouvert en 2003  
160 000 conteneurs annuellement  
16 ha  
460 m de quai  
Extension prévue de 12 ha

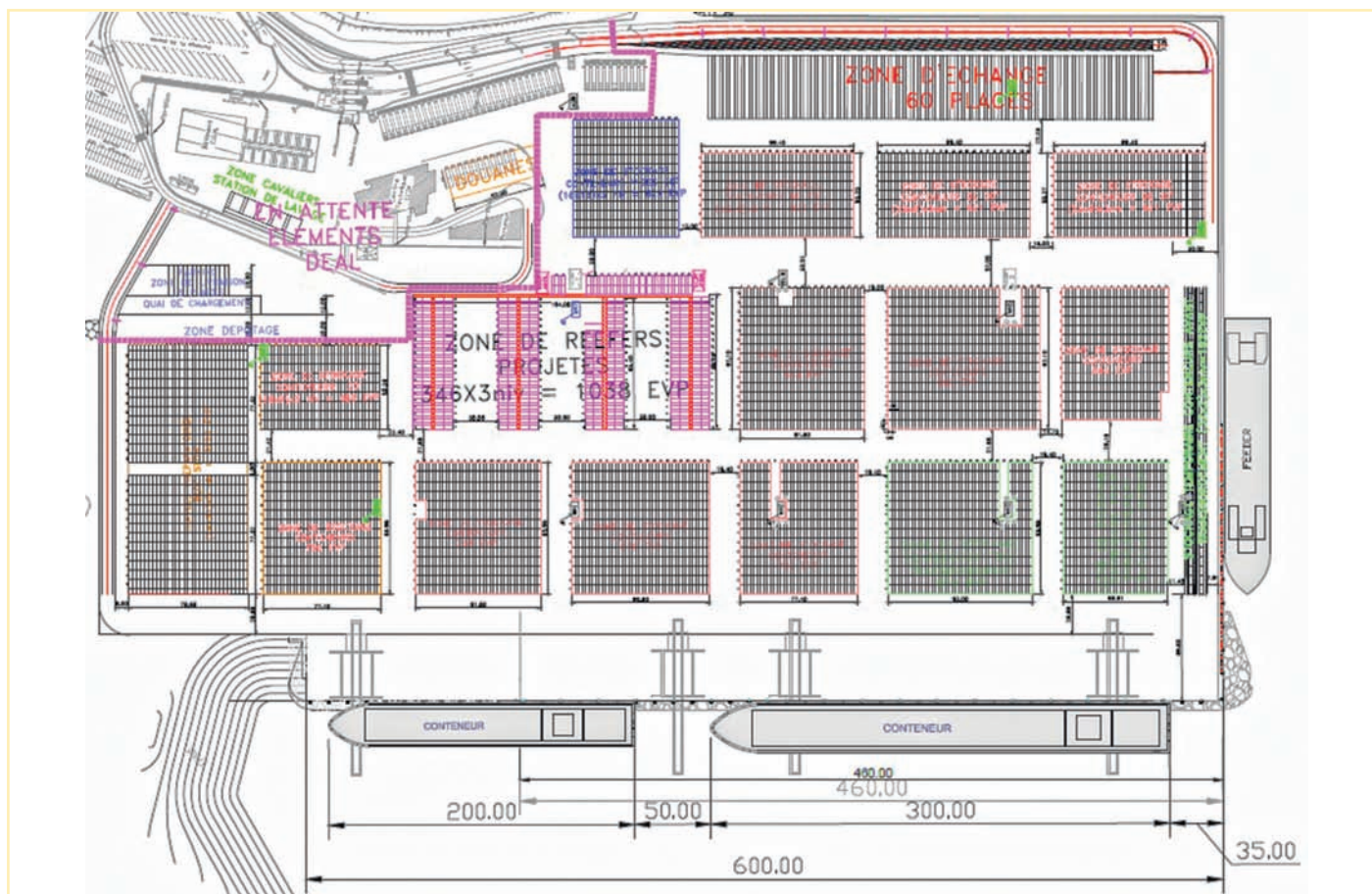


Figure 1  
Plan masse du projet  
Project layout

## Définition d'un niveau de service adéquat

La norme française de dimensionnement de chaussée est calibrée pour dimensionner des structures routières classiques, et vise un niveau de déformation et d'usure à long terme permettant l'utilisation de la chaussée en toute sécurité. Le niveau de service exigé pour une plate-forme logistique peut être différent.

Dans le cas spécifique des plates-formes industrielles et portuaires et particulièrement sur le présent projet, nous allons estimer ce facteur de risque (intervenant dans le coefficient noté  $K_c$ ) à 30 %, permettant de décrire le niveau de service attendu pour les véhicules de manutention. Certains engins, les portiques en particulier, sont cependant assujettis à des contraintes de roulement plus strictes : on conservera alors un coefficient de risque de 5 %.

Or, ce recalage de paramètre entraîne une augmentation d'environ 20 % de la déformation admissible, diminuant de fait la structure de chaussée nécessaire.

## Détermination des trafics

L'un des principaux éléments dimensionnant dans le cadre d'une étude de chaussée est le trafic. Dans le cadre d'un terminal à conteneurs, le trafic dépend de deux facteurs : l'organisation spatiale du terminal et sa capacité logistique. Pour estimer ce dernier facteur, il a été retenu de se baser sur le document « Productivité des terminaux à conteneurs » [4]. Celui-ci propose, en fonction de différentes caractéristiques du terminal, de déterminer la capacité annuelle de manipulation de conteneur, sur la base d'une étude statistique.

### Evaluation de la capacité en conteneurs

Densité du parc : 1 000 EVP/ha, sur 25 ha

Productivité : 25 000 EVP maximum en simultané

Capacité dynamique du parc

Productivité : 1,29 M EVP/an

Productivité Bord à Quai

70 000 EVP/portique/an, 4 grues

Productivité : 280 000 EVP/an

Productivité Quai 600 EVP/ml

quai/an pour 600 m

Productivité : 360 000 EVP/an

Productivité Parc

12 000 EVP/ha/an sur 25 ha

Productivité : 300 000 EVP/an

On retient la valeur de 300 000 EVP/an

Appliquée au terminal de la Pointe des Grives, cette analyse a mené à considérer un total de 300 000 équivalent vingt pied (EVP) (mesure de capacité en conteneur). En prenant en compte une répartition de conteneurs de quarante pieds de 60 %, cela conduit à un total de 210 000 conteneurs par an (un conteneur de 40 pieds équivaut à 2 EVP). Il suffit ensuite de répartir ce trafic de conteneurs par voies de circulation, sur la durée de service de 20 ans considérée ici.

## Choix d'un histogramme de chargement

Il est essentiel dans le dimensionnement d'une chaussée de connaître les différents cas de chargements des engins amenés à y circuler. Ce paramètre a en effet une influence non négligeable sur les épaisseurs des couches d'assise de la future chaussée. Dans le cas des plates-formes portuaires et industrielles, le poids des chargements est difficile à estimer. En l'absence de valeurs précises, il est possible de se référer aux histogrammes de chargements statistiques, tels que ceux établis par *British Port Association (BPA)*, figurant dans [1]. Dans le cas d'un ratio nombre de conteneurs de 40 pieds sur celui de 20 pieds égal à 60 %, la distribution des poids de conteneurs proposée par *BPA* est représentée sur la figure 2.

On peut, à partir de ce type d'histogramme, définir un chargement de référence et calculer un coefficient moyen d'agressivité qui en découle pour toutes les classes de chargements. Dans ce cas présent, un chargement de 22 t est considéré : c'est la valeur de chargement du dernier décile de l'histogramme. Cette méthode ne peut être effective qu'au cas où un seul type d'engins circule sur la structure.

Dans le cas contraire, si différentes géométries d'essieux entrent en jeu, il faudrait passer par un calcul de dommages cumulés du trafic.

Il est évident que ces histogrammes dépendent étroitement du type de marchandises et du type de trafic engendrés par le terminal (transit, distribution locale, etc.). Ils sont à valider en concertation avec l'exploitant.

## Pour aller plus loin : le balayage latéral du trafic

Contrairement aux véhicules empruntant les grands axes routiers et autoroutiers, les engins de manutention sont susceptibles d'emprunter des traces très dispersées sur un même axe de circulation. Cela aura pour effet de diminuer le nombre de cycles sur un même point de la chaussée. Cette notion est communément appelée balayage.

Il est donc important de pouvoir estimer la largeur de ce balayage, qui va dépendre du type de véhicule et de la largeur des voies. L'observation sur site, via chronophotométrie ou tracking GPS, sera nécessaire pour évaluer au mieux les valeurs de ce balayage, en fonction des engins et de la géométrie du site. Cependant, en l'absence actuelle de données précises sur ce facteur, le choix a été fait de négliger le balayage dans cette étude.

## Pour un retour du pavé béton ?

Les couches de roulement des plates-formes industrielles posent d'importants problèmes de durabilité. En effet, des contraintes de cisaillement et de poinçonnement très élevées s'appliquent à ces revêtements qui n'ont pas toujours la capacité d'y résister.

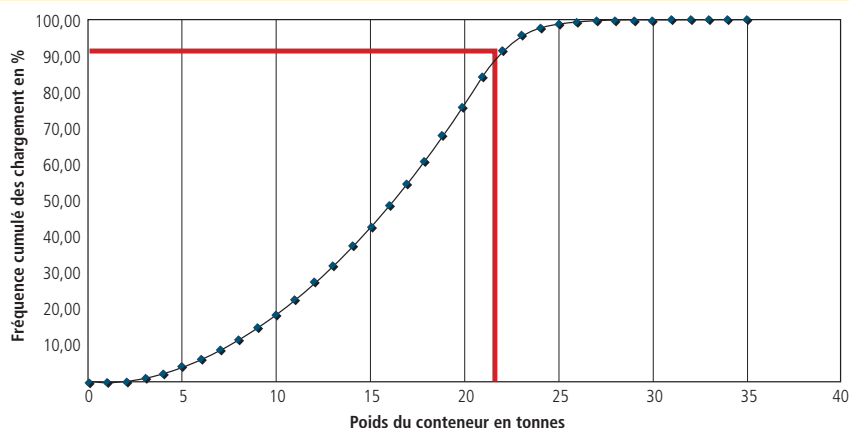


Figure 2  
Distribution des poids des conteneurs selon BPA, pour un ratio 40 pieds/20 pieds égal à 60 %  
Distribution of container weight according to BPA, for a ratio of 40 feet/20 feet equal to 60%

BPA

# Dossier Plates-formes logistiques

Couramment, en France, on retrouve des couches de roulements en BBME (béton bitumineux à module élevé) ou en enrobé percolé, et plus rarement en béton.

Le revêtement de la chaussée par des pavés en béton posés sur lit de sable d'environ 4 cm à 5 cm constitue une alternative intéressante. Cette technique est fréquemment utilisée avec succès dans les ports du Nord de l'Europe et dans de nombreux autres pays dans le monde.

Afin de permettre une modélisation réaliste de ces revêtements pavés dans les calculs de dimensionnement à l'aide du logiciel Alizé, des modélisations aux éléments finis 3D à l'aide du logiciel CÉSAR-Lcpc [5] ont été réalisées. Elles conduisent à différencier la rigidité équivalente du pavage plus lit de sable, assimilé à une couche homogène et continue d'épaisseur 11 cm, selon la rigidité des couches d'assises : module de Young équivalent d'environ 2 500 MPa pour les chaussées bitumineuses, et d'environ 4 000 MPa pour les chaussées semi-rigides et rigides.

Dans le cas du terminal de la Pointe des Grives, il a été retenu de garder les zones de roulement en BBME, en mettant en œuvre des pavés sur la zone potentiellement la plus sujette à l'arrachement et dont le positionnement est figé par la présence de superstructure : la zone de stockage des *reefers*.

Utilisé très fréquemment dans le monde, une solution en pavés béton paraît tout à fait adaptée. En effet, elle propose un nombre certain d'avantages :

- une bonne résistance au poinçonnement,
- une longue durée de vie,
- une facilité pour l'entretien,
- une durée de vie très importante.

## Conclusion et perspectives

Ces diverses dispositions permettent de trouver des solutions techniques fiables et économiques, en utilisant des outils déjà connus, dans le but d'optimiser ces structures pour les projets à venir.

Cela peut être illustré à partir d'une structure particulière sur ce projet : la zone de stockage de conteneurs vides, empruntée par des *reach-stackers* (charge à l'essieu 370 kN, 1,6 million de passages, en ne considérant pas les empilements de conteneurs pour les besoins de l'exemple, qui sont néanmoins dans ce cas dimensionnant). En justifiant un niveau de service adéquat (coefficient de risque pris à 30 %), la solution proposée par Artelia apparaît plus économique que celle donnée par la méthode britannique *BPA* (figure 3). Elle favorise une économie d'EME de l'ordre de 28 %.

Toutes ces dispositions de calcul présentées ne pourront être appliquées qu'avec un dialogue approfondi entre les exploitants portuaires et leur maîtrise d'ouvrage, portant sur les données d'entrée et l'exploitation prévue du terminal.

Dans un futur proche, ces propositions d'adaptation du modèle rationnel de dimensionnement devraient encore évoluer pour donner naissance à une nouvelle méthode codifiée de dimensionnement de chaussées dédiée aux charges spéciales. Il reste cependant quelques points à approfondir :

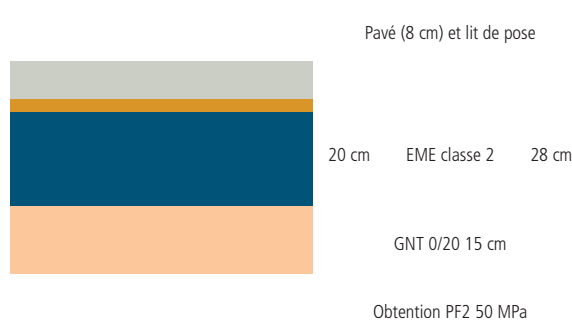
- Déterminer plus exactement le balayage des engins (par suivi GPS, par exemple).
- Déterminer la gestion réelle d'un terminal par des modèles de logistiques.
- Dimensionner au mieux les structures supportant des charges statiques, ...



### New outlook for structural design of industrial and port pavements Example of container terminal at Pointe des Grives (Martinique Island)

In connection with the container terminal extension project at Pointe des Grives in Martinique, Artelia took steps to optimise the structural design of the median strips, in order to improve these structures from the viewpoint of technical reliability and economy. It was backed for this action, which is the outgrowth of studies and research over several years and significant project feedback, by the DREAL (regional directorate for the Environment, Spatial Planning and Housing) of Martinique and by the IFSTTAR (French Institute for transport science and technology, spatial planning and networks). The design model adopted for this work is the French rational road pavement structural design model.

### Méthode ARTELIA



### Méthode BPA



Figure 3  
Comparaison des solutions Artelia et britannique  
Comparison of Artelia and British solutions

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Heavy duty pavements – The structural design of heavy duty pavements for ports and other industries, Edition 4, Interpave, [www.paving.org.uk](http://www.paving.org.uk)
- [2] NF P98-086, Dimensionnement structurel des chaussées routières – Application aux chaussées neuves. Norme française, octobre 2011
- [3] Alizé-LCPC, Logiciel d'aide au dimensionnement des chaussées selon la méthode française de dimensionnement, [www.lcpc.fr/francais/produits/lcpc-produits-alize-lcpc-routes/](http://www.lcpc.fr/francais/produits/lcpc-produits-alize-lcpc-routes/)
- [4] La productivité des terminaux à conteneurs, CETMEF, juillet 2011
- [5] CÉSAR-LCPC, Logiciel de modélisation par éléments finis des problèmes du génie civil et de l'environnement, <http://www.lcpc.fr/francais/produits/lcpc-produits-cesar/>



## AUTEURS

Caroline Mapoula-Chardonnet  
Directrice technique  
Colas Antilles-Guyane

Georges Lacides  
Responsable du laboratoire  
Sogetra

Frédéric Boisson  
Ingénieur études et travaux  
Grand Port Maritime de la Guadeloupe

Olivier Harnais  
Responsable du laboratoire  
Colas Martinique

Xavier Guyot  
Directeur technique routes  
Colas Océan Indien Afrique Australe

Patrick Polverelli  
Chef du service technique et laboratoire  
Colas Madagascar



Vue du port de Tamatave (Madagascar)  
View of Tamatave Port in Madagascar

## Chaussées pour plates-formes portuaires Réalizations dans les Antilles et l'Océan Indien



Dans le contexte des îles antillaises ou de l'Océan Indien, les ports sont des infrastructures vitales pour leur vie économique. Véritables portes d'entrée de la majorité des marchandises importées, ces plates-formes de manutention voient défilier des milliers de conteneurs par an et sont sollicitées par des engins et des charges très agressifs. Compte tenu du climat tropical chaud et humide, les chaussées avec des enrobés bitumineux traditionnels ont une durée de vie limitée, obligeant à des solutions avec des produits spéciaux, comme le montrent les différents chantiers réalisés en Guadeloupe, Martinique et à Madagascar.

### Modernisation des terre-pleins portuaires de Jarry (Guadeloupe)

Récemment rebaptisé Guadeloupe Port Caraïbes, le Grand Port Maritime de la Guadeloupe est généraliste : il gère les installations et les accès maritimes des 5 ports situés dans sa circonscription : Jarry Baie-Mahault (le fret), Pointe-à-Pitre (passagers et maintenance des grands yachts), Basse-Terre (fret et croisière),

Folle Anse Marie-Galante (trafic domestique et cabotage) et la Marina de Bas du Fort (nautisme).

Brassant 90 % du trafic de marchandises de la Guadeloupe, le port de Jarry à Baie-Mahault constitue la principale plate-forme logistique sur laquelle s'appuie l'économie locale. En ce sens, il joue un rôle moteur dans le développement économique du territoire (photo 1).

À l'origine, ce terminal a été construit sur la mer en plusieurs phases qui se sont échelonnées sur une période de 40 ans, à partir des années 60.

Une particularité avantageuse de ce site réside dans son accessibilité sans aucune restriction de marée.

Le trafic annuel de marchandises de Guadeloupe Port Caraïbes atteint les 3,8 millions de tonnes. Doté de 5 portiques, dont 3 de dernière génération, le terminal de Jarry traite un trafic de conteneurs de près de 211 871 EVP (équivalents vingt pieds) et devient, en 2012, le 2<sup>e</sup> port français pour le transbordement (79 898 EVP).

Afin de répondre à cette croissance, un vaste programme de modernisation des terre-pleins de Jarry a vu le jour selon le phasage décrit au tableau 1, pour les chaussées.

Ces travaux ont été attribués à 2 entreprises locales du groupe Colas : Colas Guadeloupe et Sogetra.

La nouvelle structure des plates-formes de stockage et des voies de circulation de type bitumineuse épaisse a été définie aux cahiers des charges (tableau 2).



Photo 1  
Vue générale du port de Jarry (Guadeloupe)  
General view of Jarry port

# Dossier Plates-formes logistiques

Dates	Phase n°	Surface m <sup>2</sup>	Travaux	
2008-2009	1	18 000	Reconstruction sur 12 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Démolition de chaussée</li> <li>• Assainissement</li> <li>• Chaussée neuve</li> <li>• Réseaux divers</li> </ul>
2010	2	31 500		
2010	3	29 500		
2010/2011	4	31 600		
2011	5	4 000		
2012/2013	-	25 000	Extension sur 2,5 ha	

Tableau 1  
Programme de travaux entre 2008 et 2013  
Work schedule between 2008 and 2013

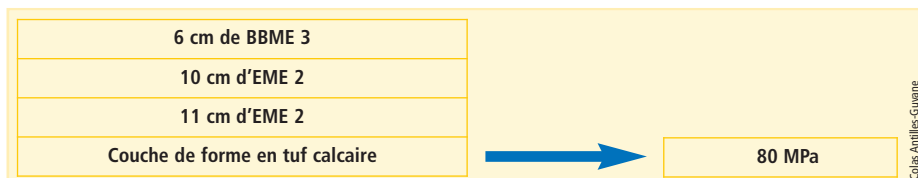


Tableau 2  
Structure de chaussée  
Pavement structure



Photo 2  
Application des enrobés  
Application of asphalt

L'un des premiers challenges à relever par les équipes techniques de Colas fut la formulation des produits EME et BBME.

## Formulation des enrobés

### Matières premières

Compte tenu des volumes et de la qualité exigée pour les granulats (catégorie BIII a), trois carrières ont dû être sollicitées en Guadeloupe, Martinique et Saint-Martin, toutes exploitant une roche de type andésitique, assez typique dans l'arc antillais.

L'approvisionnement de bitumes durs n'est pas chose aisée dans la zone, aussi les entreprises ont-elles fait le choix de durcir le liant couramment utilisé (de grade 35/50) avec un additif de nature organique (asphaltite) afin d'obtenir un liant de classe 10/20.

Cette technique de liant spécial est largement éprouvée au sein du groupe Colas. Et dans ce contexte particulier de charges statiques et dynamiques combiné aux spécificités climatiques, son utilisation est techniquement justifiée.

### Performances mécaniques

Le cahier des charges exigeait des performances exceptionnelles, pour la tenue à l'orniérage notamment (catégorie P<sub>3</sub> comme indiqué au tableau 3).

### Réutilisation des fraisats : une décision responsable

Lors des travaux de l'extension, la couche de fondation en EME a intégré à hauteur de 25 % dans sa composition, des agrégats d'enrobés (AE) issus du site.

EME2 0/20 – EB20 assise					
Caractéristiques	Essai PCG	Sensibilité à l'eau	Résistance aux déformations permanentes		Module de rigidité
Exigence	V <sub>max 6</sub> (120 girations)	ITSR ≥ 75 %	A 30 000 cycles compactage fort	A 30 000 cycles compactage faible	S <sub>min</sub> 14000
			P <sub>3</sub> (< 3 %)		Vi = 3 % Vs = 6 %
Exemple de résultat obtenu sur formulation	5,8 %	92 %	1,5%	1,9 %	14 400 MPa 4,6 % de vides
BBME 3 0/10 – EB 10 roulement					
Caractéristiques	Essai PCG	Sensibilité à l'eau	Résistance aux déformations permanentes		Module de rigidité
Exigence	V <sub>min 5</sub> à V <sub>max 10</sub> (60 girations)	ITSR ≥ 80 %	A 100 000 cycles compactage fort	A 100 000 cycles compactage faible	S <sub>min</sub> 12 000
			P <sub>3</sub> (< 3 %)		Vi = 5 % Vs = 8 %
Exemple de résultat obtenu/Formulation	9,7 %	87 %	1,9 %	2,3 %	15 206 MPa 5,1% de vides

Tableau 3  
Performances mécaniques des enrobés utilisés  
Mechanical performance of asphalt used

L'étude de formulation comparative en laboratoire a démontré des performances au moins équivalentes à l'étude d'origine.

La photo 3 montre la mise en œuvre des enrobés réalisée avec l'atelier de Sogetra.



Photo 3  
Application des enrobés  
Application of asphalt

## Les charges engendrées

Pour la manutention des conteneurs, des *reachstackers* sont utilisés (à terme, des cavaliers sont prévus).

Cet engin induit une pression au sol de 1 MPa. L'essieu avant chargé pèse 107,3 t sur 2 jumelages (4 roues).

Les chaussées sont calculées pour une durée de service de 20 ans. En zone de stockage, les empilements de conteneurs de 40 tonnes se font sur 3 niveaux conteneurs pleins et sur 4 niveaux conteneurs vides.

Lors de la réalisation, les équipes ont dû faire face aux difficultés inhérentes aux grands chantiers :

- gestion et contrôle stricts des approvisionnements,
- planches d'essais et de référence systématiques,
- contrôle qualité intérieur (les entreprises) et extérieur (le Port de Guadeloupe) rigoureux.

Cette technique de structure bitumineuse semble bien adaptée au contexte après 4-5 ans de recul.

En effet, les équipes du port s'attachant à bien respecter les plans de circulation et de stockage, on note un comportement satisfaisant sur les surfaces appliquées.

Ce chantier donne ainsi une référence de ce type de structure pour plate-forme portuaire, à suivre sur sa durée de service afin d'en tirer les perspectives pour de futurs développements.

## Une innovation tropicale sur le terminal focalais (Martinique)

Né de la fusion au 1<sup>er</sup> janvier 2013, des services portuaires de la Chambre de commerce et d'industrie de la Martinique (CCIM) et de la direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL), le Grand Port Maritime de la Martinique gère les installations portuaires de Fort-de-France, dont le terminal de la Pointe des Grives. Mise en service en 2003, cette infrastructure est aujourd'hui l'unique zone de débarquement/embarquement massif du trafic maritime conteneurisé. Son bon fonctionnement représente en conséquence un enjeu stratégique pour l'économie de l'île (photo 4).

BBME : 7 cm
EME : 12 cm
EME : 12 cm

Tableau 4  
Structure en place avant travaux  
Structure in place before works

Préconisée pour les revêtements subissant des charges statiques importantes, la technique de l'enrobé percolé a été retenue pour sa résistance aux poinçonnements et sa rapidité d'exécution.

Ce procédé allie la souplesse d'un enrobé bitumineux à la résistance d'un coulis dont la composition est à base de ciment. Le revêtement RODAL® (enrobé percolé breveté par Colas) a été mis en œuvre dans le cadre de cette opération.



Photo 4  
Vue aérienne des pavés de stockage et de la zone d'échange (Martinique)  
Aerial view of paver storage and exchange zone

Les fortes sollicitations liées à la circulation de charges lourdes (chariot cavalier), ont entraîné l'apparition d'ornières et de fissures sur la couche de roulement. Le port a donc lancé, auprès du Laboratoire régional des Ponts et chaussées (LRPC) de Rouen, des études de diagnostic des terre-pleins à partir de 2007 pour quantifier les dégradations et trouver des solutions de renforcement. Ces études ont débouché sur le choix d'une solution en enrobés percolés mise en œuvre avec succès, sous le suivi du LRPC de Rouen, sur deux zones du terminal, entre 2009 et 2011, par Colas Martinique.

## Evaluation de la chaussée existante (tableau 4)

Les travaux consistaient à réaliser une couche de roulement en enrobé percolé après fraisage du BBME existant.

## Formulation du RODAL®

### L'enrobé support BBDr 0/10

L'objectif premier de la formulation de l'enrobé drainant (BBDr) fut d'obtenir un pourcentage de vides communicants élevé, à savoir > 20 %.

Cet objectif est atteint avec une formulation à base de bitume 50/70 et une courbe granulométrique discontinue (25 % de vides à 70 girations).

### Le coulis

Le choix s'est porté sur un coulis prêt à l'emploi, le Roadmix HP 85 MPa (tableaux (5 et 6).

# Dossier Plates-formes logistiques

	Exigence CCTP	Roadmix HP 85 MPa - Fiche technique
Résistance en compression 4*4*16 dans l'eau à 20 °C	> 65 MPa	85 MPa à E/C = 0,34 Cône de Marsh < 25

Tableau 5  
Caractéristiques du coulis  
Characteristics of slurries

	Exigence CCTP	Etude
Orniérage	% ornières < 1 mm (ep = 7 cm, 60 °C et à 100 000 cycles)	0,5 mm
Poinçonnement	Déf < 2 mm Eprouvettes de 7 cm (à 28 jrs, 25 °C, 24 h charge > 10 MPa)	1,4 mm

Tableau 6  
Performances mécaniques de l'enrobé percolé  
Mechanical performance of leached asphalt

## Une épaisseur de mise en œuvre de 7 cm

Alors que les épaisseurs traditionnelles sont limitées à 5 cm, Colas Martinique devient un précurseur en la matière en réalisant, de surcroît sous climat tropical, un enrobé percolé RODAL 0/10 sur une épaisseur de 7 cm.

## Le chantier

Le rabotage du support existant n'a pas posé de problème particulier sauf à mettre en exergue le besoin qu'il soit très soigné, d'où l'utilisation d'une raboteuse asservie à un plan laser pour améliorer l'uni de la surface support du BBDr.

Sur le support raboté, une couche d'accrochage bien dosée s'avérait nécessaire (dosage bitume résiduel entre 450 et 500 g/m<sup>2</sup>).

La spécificité de celle-ci fut l'exigence d'une émulsion modifiée, une émulsion de type Polycol L chargée à 15 kg/t d'élastomère.

Le point clé fut véritablement la fabrication en place et la mise en œuvre du coulis, à l'aide d'une toupie à béton pour optimiser les rendements avec une garantie de qualité.

Pour la réception des matières premières, un ajustement fut nécessaire entre les mesures effectuées en laboratoire et celles obtenues en sortie de machine, l'efficacité de malaxage étant différente.

## Des travaux de nuit pour favoriser la percolation

Compte tenu des fortes chaleurs de La Martinique, il a fallu trouver un compromis entre la température ambiante, la température du sol et la température du coulis.

Les travaux (photo 5) se sont donc déroulés de nuit afin de favoriser la percolation et le maintien de la viscosité du coulis (température de l'eau maintenue à 20° C et conservation de la poudre en conteneurs réfrigérés à 25 °C).

Une couche de cure fut appliquée par pulvérisation immédiatement après percolation.



Photo 5  
Chantier percolation  
Percolation (leaching) worksite

Toutes ces conditions ont été validées sur des planches d'essai pour l'optimisation de la percolation.

Les carottages effectués *a posteriori* ont démontré leur efficacité :

- percolation sur toute l'épaisseur de mise en œuvre,
- conformité des résultats de poinçonnement (tableau 7).

Poinçonnement	
Exigence CCTP	Résultats carottages
Déf < 2 mm (à 28 jrs, 25 °C et charge > 10 MPa)	1,6 à 1,8 mm

Tableau 7  
Résultats poinçonnement  
Puncture results

Pour les caractéristiques de surface, afin d'obtenir une adhérence de bonne qualité, un passage de grenailleuse a été réalisé.

Les mesures réalisées au pendule selon la norme NF EN 13036-4 [1] ont confirmé des résultats moyens de l'ordre de VEP = 83 pour une spécification minimale de 75.

Ce chantier expérimental ouvre une porte pour l'évolution de la technique de l'enrobé percolé, testée dans des conditions extrêmes.

## Enrobés spéciaux et structures béton cohabitant (Madagascar)

Le port de Toamasina, sur la côte est, est le plus grand port de Madagascar ; il constitue l'un des outils majeurs pour le développement économique du pays et de la zone Océan Indien.

- Son activité en quelques chiffres (2011) :
- 1 600 navires,
  - 146 000 conteneurs,
  - 800 000 t de marchandises,
  - 700 000 t d'hydrocarbure.

En 2005, l'Etat malgache a confié la concession du terminal conteneur du principal port du pays à une entreprise philippine. Afin d'améliorer le traitement des marchandises, ce nouveau gestionnaire a décidé de rénover et de moderniser l'ensemble du terminal sur plus de 70 000 m<sup>2</sup>.

## Réhabilitation du terminal conteneur (2006 – 2007)

Une partie des travaux comprenait le renforcement des structures de chaussées. La solution de base, issue du manuel de dimensionnement pour chaussées lourdes édité par «British Ports Association (BPA)» [2], se composait d'une structure semi-rigide en grave-ciment et revêtement en enrobé. Cette solution avait pour inconvénient de devoir décaisser et raboter la structure existante.

Colas Madagascar a proposé une solution variante en enrobé. Le service technique de l'entreprise a réalisé une auscultation complète des différentes zones de travaux : campagne de déflexion et sondages qui ont montré une structure existante en enrobé, dont l'épaisseur variait de 10 à 16 cm, et présentant une surface très polluée par des hydrocarbures (photo 6, tableau 8).

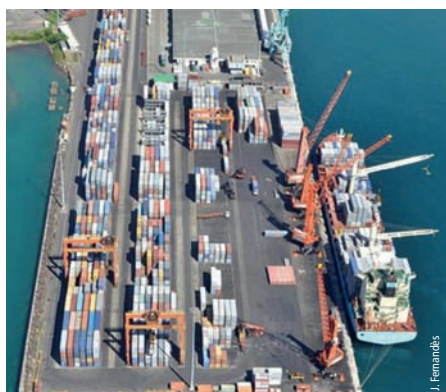


Photo 6  
Vue aérienne du terminal conteneur (Madagascar)  
Aerial view of container terminal

La structure variante a été dimensionnée par le Centre d'expertise et de documentation (CED) du groupe Colas et a consisté à :

- Raboter la couche de surface existante sur 4 à 5 cm afin d'avoir un support sain, avec évacuation en décharge des fraissats trop pollués par les hydrocarbures.
- Réaliser un renforcement en enrobés spéciaux :
  - couche de base en enrobé à module élevé de classe 2 (EME2) sur une épaisseur variable de 12 à 16 cm,
  - couche de roulement en béton bitumineux à module élevé de classe 3 (BBME3) sur 6 cm.

Solution base BPA	Solution variante COLAS
10 cm BBBSG	6 cm BBME3
39 cm GC3	12 à 16 cm EME2
Plate forme CBR > 10 %	Chaussée existante

Tableau 8  
Comparaison des structures  
Comparison of structures

Le trafic des voiries et des plates-formes du port est constitué de :

- véhicules poids lourds transportant des conteneurs ;
- engins de manutention de type Stacker avec un essieu avant de 100 tonnes en pleine charge.

Les calculs de dimensionnement ont été menés à l'aide du logiciel Alizé et conformément à la méthode de dimensionnement française [3] qui permet de prendre en compte le poids de l'essieu ainsi que le nombre de mouvement de l'engin.

Les EME ont été fabriqués à partir d'une centrale mobile de type TSM 15 Ermont avec des granulats d'origine basaltique issus d'une carrière locale et un bitume dur 20/30 en provenance d'Afrique du Sud.

Cette solution variante présente de nombreux avantages : rapidité et souplesse d'exécution, le terminal restant en fonctionnement pendant les travaux, et surtout économie puisque les structures existantes ont pu être conservées en partie.

Cependant, cette structure est dimensionnée pour le trafic de stackers et de véhicules poids lourds mais présente l'inconvénient que les enrobés de surface vont se déformer sous le poids des conteneurs (empilement jusqu'à 4 niveaux de conteneurs pleins). Le poinçonnement induit par les patines des conteneurs ne dépassera pas, dans la pire des hypothèses, la profondeur des pieds et se stabilisera lorsque le conteneur repose sur la totalité de son cadre. Dans un tel cas, la pression au sol chute rapidement par augmentation de la surface portante. Au moment de la réalisation du chantier, le gestionnaire du terminal considérait que ces dégradations ne nuiraient pas à l'activité du port ni à la manutention des conteneurs.

### Réhabilitation de la plate-forme pour élévateur à bateau (2007)

Dans la continuité des travaux réalisés sur le Port de Toamasina, Colas Madagascar a également réalisé les travaux de réhabilitation de la plate-forme de chaussée lourde destinée à recevoir un élévateur à bateaux, pour la mise à sec et la mise à l'eau des navires (photo 7).



Photo 7  
Élévateur à bateau et plate-forme en EME  
Ship elevator and EME (high-modulus asphalt) platform

Matériau	Module (MPa) 25 °C/3 Hz	Résistance à la fatigue $\epsilon_6$ (1/def)	Coefficient de Poisson
BBME Anti K	5 500	/	0,4
EME classe 2	6 000	130.10 <sup>6</sup>	0,4

Tableau 9  
Caractéristiques des matériaux dans le contexte du chantier  
Characteristics of materials in context of worksite

Une étude menée par la société du Port autonome de Toamasina conduit à proposer une structure de type rigide constituée de matériaux d'assise type grave-ciment de classe 3 (GC3) sur 100 cm et d'un revêtement en béton de ciment de classe 5 (BC5) de 20 cm d'épaisseur. Les autres types de chaussée lourde, notamment bitumineuse, ont été écartés car leur mise en œuvre peut nécessiter le recours à des matériaux ou des techniques qui ne sont pas toujours bien adaptées au contexte local.

Ayant réalisé la réhabilitation des plates-formes conteneurs du Port de Tamatave et ayant un certain recul et une bonne expérience sur l'utilisation des enrobés spéciaux, Colas Madagascar a proposé une solution variante pour cette chaussée lourde en utilisant des EME pour les couches de base et un enrobé anti-kérosène pour la couche de surface (tableau 9).

Le dimensionnement de la chaussée a été réalisé selon la méthode française [3] avec les hypothèses énoncées ci-après.

Afin de tenir compte du déplacement de l'élévateur à bateau à vitesse lente et du climat tropical de la ville de Tamatave, les modules des enrobés sont ceux obtenus à 25 °C et 3 Hz.

L'engin de référence est un élévateur à bateau avec les caractéristiques suivantes :

- poids à vide : 120 t sur 4 poteaux,
- poids maxi à lever : 300 t sur 4 appuis avec une répartition avant/arrière de 40 %/60 %, soit 90 tonnes maximum pour un poteau arrière. Chaque poteau repose sur 2 roues jumelées (figure 1).

Le trafic est très faible, de l'ordre d'un passage par semaine pour une durée de vie de 20 ans.

La structure variante vérifiée suivant les règles de calcul et ces hypothèses est décrite dans le tableau 10.

Cette solution alternative a permis de diminuer l'épaisseur de la structure de la chaussée lourde passant de 120 cm de matériaux traités pour la solution de base à 63 cm, soit une économie de l'ordre de 50 %.

# Dossier Plates-formes logistiques

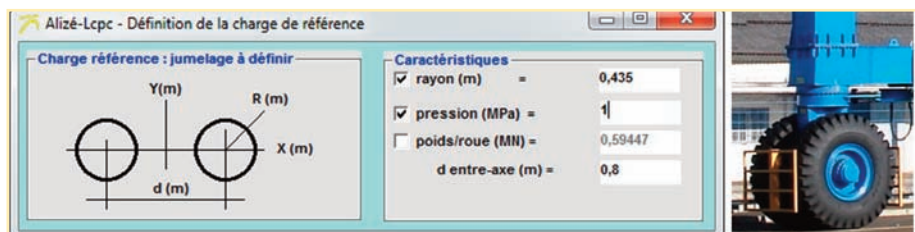


Figure 1  
Modélisation sous Alizé de la charge non conventionnelle de l'engin de levage  
Alizé Modelling of unconventional loading fo lifting equipment

Colis

7 cm BBME Anti-kérosène

26 cm EME classe 2

30 cm GNT

Plate-forme PF2

Colis

Tableau 10  
Structure variante en enrobés spéciaux  
Variant structure in special asphalt

L'utilisation des EME favorise le délai d'exécution car la remise en service de la plate-forme est quasiment immédiate, contrairement aux matériaux traités au liant hydraulique qui nécessitent un temps de séchage et de prise de plusieurs jours, voire semaines.

## Renforcement des voies RTG (2008)

Afin d'optimiser la manutention des conteneurs sur le port, le gestionnaire a décidé de mettre en place des engins de type RTG (*Rubber Tyred Gantry crane*) (photo 8), dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

- poids de l'engin à vide : 147,7 t ;
- 8 jumelages soit 16 roues (soit 9,23 t par roue avec une pression de gonflage de 0,9 m) ;
- déplacement à vide et manutention des conteneurs en statique.



Photo 8  
Détail essieux RTG  
Detail of RTG (gas turbine train) axles

Colis

Les contraintes exercées par cet engin sur les chaussées sont exceptionnelles du fait :

- du trafic canalisé sur des voies parallèles au stockage des conteneurs,
- du stationnement concentré sur une zone.

Dans la première phase de travaux de réhabilitation réalisée en 2007, le gestionnaire du port ne connaissant pas encore exactement l'emplacement des zones de stockage de conteneur et de circulation des RTG, aucune structure particulière n'avait été envisagée pour ces voies et les grues ont circulé sur les EME de la plate-forme.

Des dégradations sont rapidement apparues après quelques mois de mise en service des grues (orniérage, fissures de fatigue) sur les enrobés des voies de circulation, causant des perturbations à leur utilisation et nuisant par conséquent aux cadences de manutention des conteneurs (vibration des portiques, gêne au conducteur).

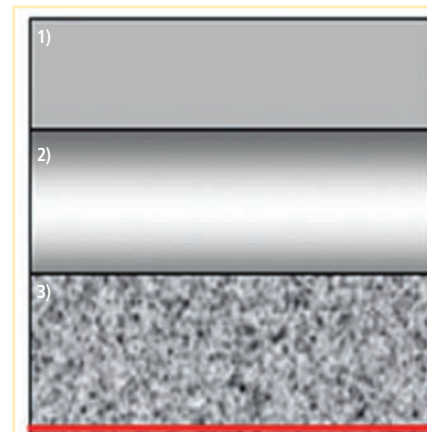
Une solution de renforcement a été proposée au gestionnaire afin de garantir une tenue à long terme de voies de circulation.

Compte tenu du trafic intense et canalisé, du climat tropical et humide de la région de Tamatave, les solutions en enrobés, même à haute performance, ont été exclues et une structure rigide a été proposée au client ; elle présente l'avantage d'être pérenne mais sa mise en œuvre risque de perturber l'exploitation du terminal conteneur, contrairement aux enrobés avec lesquels la remise en circulation est plus rapide.

Plusieurs solutions ont été étudiées, notamment issues du manuel du BPA [3] avec une couche de roulement en pavé ou une autre en enrobé percolé.

Au final, le meilleur compromis technico-économique et réalisable avec les moyens présents à Tamatave a été de proposer la structure suivante (figure 2) après décaissement de la chaussée existante sur 90 cm.

Cette structure a été dimensionnée à l'aide du logiciel Alize du Laboratoire central des Ponts et chaussées (LCPC) en modélisant l'essieu de l'engin.



- 1) BC 5 0/25 mm pervibré sur 0,25 m, décollé
- 2) BCR 0/63 mm sur 0,35 m, collé
- 3) GNT 0/31,5 mm sur 0,30 m, reposant sur un géotextile de renforcement

Figure 2  
Coupe type structure voie RTG  
Typical section of RTG (gas turbine train) track structure

Colis



Photo 9  
Voie RTG en béton  
RTG (gas turbine train) concrete track

Colis

Les études de formulation des bétons de type BCR et BC5 ont été mises au point au laboratoire central de Colas Madagascar (figure 3 et 4).

Les performances obtenues au niveau de la résistance au fendage pour le BCR, sur des échantillons carottés sont présentées dans le tableau 11.

La technique du BCR présente l'intérêt d'être plus économique et plus rapide à mettre en œuvre que le béton pervibré. Le temps de prise du béton était le point critique pour la remise en circulation des voies, dans un port dont l'activité est en pleine expansion.

La formule a été élaborée de manière à ce que la cure n'excède pas 12 jours avant d'atteindre une résistance minimale de 2,4 MPa en compression diamétrale, permettant de remettre les voies sous circulation.

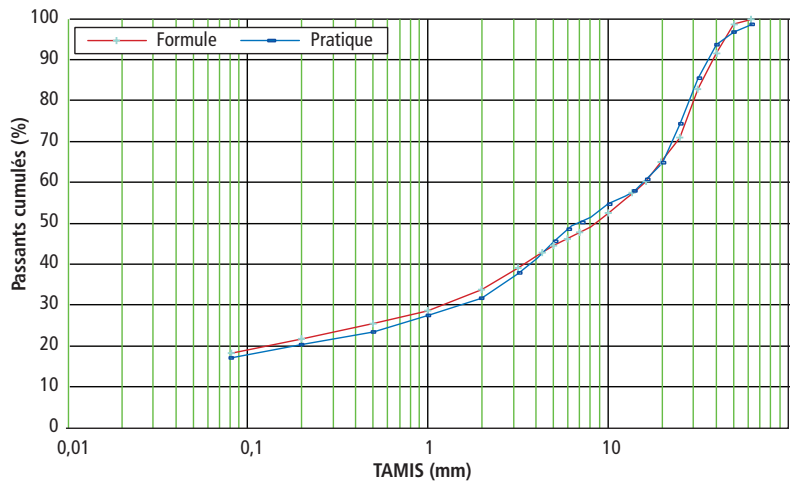


Figure 3  
Etude de formulation du BCR  
Mix design of BCR

Colas

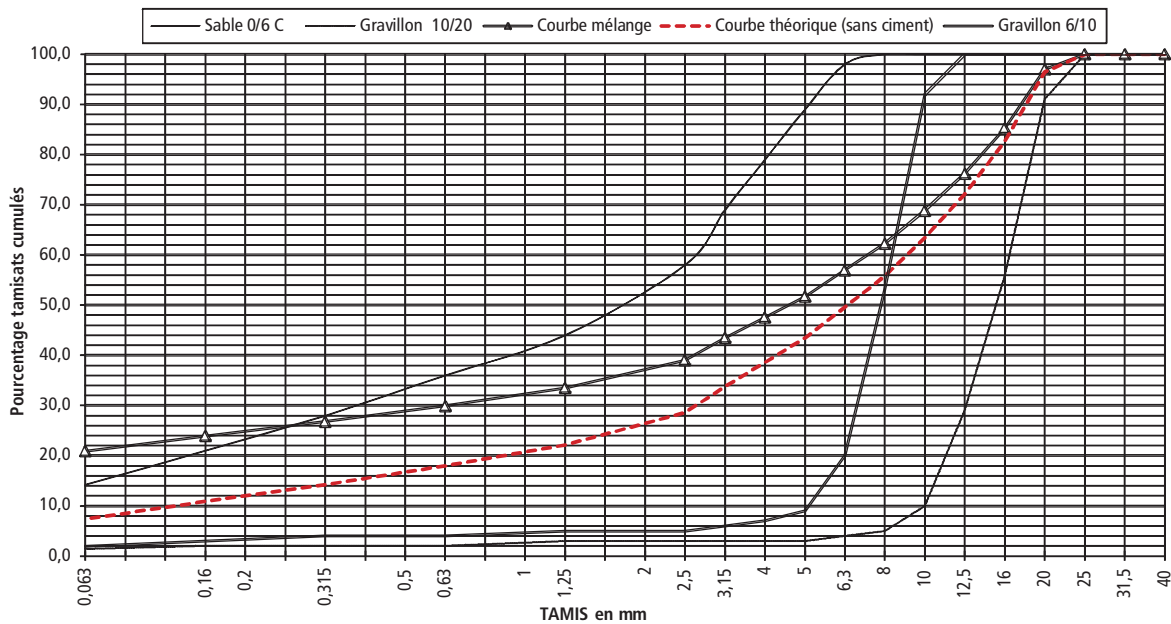


Figure 4  
Etude de formulation du BC5  
Mix design of BC5

Colas

N° EPROUVETTE	Résistance Fendage Rt - NF EN 12390-6											
	Age essai : 3 jours			Age essai : 7 jours			Age essai : 10 jours			Age essai : 28 jours		
	Rt			Rt			Rt			Rt		
	SP98/1	SP98/2	SP98/3	SP98/4	SP98/5	SP98/6	SP98/7	SP98/8	SP98/9	SP98/10	SP98/11	SP98/12
<b>Masse en kg</b>												
avant conservation	16,04	15,96	15,85	15,94	16,14	15,98	16,13	15,93	16,27	16,01	16,18	16,18
après conservation	16,10	16,00	15,99	16,00	16,19	15,99	16,20	16,01	16,31	16,09	16,27	16,30
<b>Densité en t/m<sup>3</sup></b>												
avant conservation	2,493	2,481	2,463	2,477	2,509	2,484	2,507	2,476	2,529	2,488	2,515	2,515
après conservation	2,502	2,487	2,485	2,487	2,516	2,485	2,518	2,488	2,535	2,501	2,529	2,535
<b>Résistance Rt en MPa</b>	1,7	1,6	1,7	2,1	2,2	2,2	2,3	2,2	2,4	2,5	2,8	2,9
<b>Moyenne</b>	1,7 MPa			2,2 MPa			2,3 MPa			2,7 MPa		
Observation	Spécification : Rt 28 j ≥ 2,4 MPa											

Colas

Tableau 11  
Exemple de résultats d'écrasement pour le BCR  
Example of crushing results for roller compacted concrete

# Dossier Plates-formes logistiques

Les performances obtenues en résistance à la compression sur les éprouvettes cylindriques sont présentées dans le tableau 12.

Tous les résultats obtenus ont donc été jugés conformes aux spécifications requises par le calcul de dimensionnement.

## /// Réalisation des joints transversaux sur chantier

Les joints de construction (figures 5,6, photo 10) sont réalisés après chaque arrêt de bétonnage supérieur à une heure. La dalle est retaillée à 90° pour obtenir un bord franc et solidarisée avec la coulée de béton suivante, à l'aide de goujons d'un diamètre de 20 à 30 mm, placés à mi-hauteur dans le sens longitudinal et espacés de 0,75 m.

4 ans après la première mise en œuvre, aucun défaut n'est apparu sur la nouvelle structure, à la grande satisfaction du client qui a reconduit ce procédé pour les travaux d'extension envisagés.



Photo 10  
Détail des joints de construction  
Detail of construction joints

N° EPROUVETTE	Résistance à la compression Rc - NF EN 12390-3								
	Age essai : 3 jours			Age essai : 7 jours			Age essai : 28 jours		
	SP88/1	SP88/2	SP88/3	SP88/4	SP88/5	SP88/6	SP88/7	SP88/8	SP88/9
Masse en kg									
avant conservation	16,41	16,65	16,55	16,60	16,57	16,48	16,60	16,56	16,63
après conservation	16,42	16,66	16,65	16,67	16,62	16,61	16,71	16,64	16,70
Densité en t/m <sup>3</sup>									
avant conservation	2,551	2,588	2,572	2,580	2,575	2,561	2,580	2,574	2,585
après conservation	2,552	2,589	2,588	2,591	2,583	2,582	2,597	2,586	2,596
Résistance Rc en MPa	32,9	33,9	33,4	37,0	36,8	37,2	46,1	46,6	46,4
Moyenne	33,4 MPa			37,0 MPa			46,4 MPa		
Observation	Spécification : Rc 28 j ≥ 35 MPa								

Tableau 12  
Exemple de résultats d'écrasement pour le béton BC5  
Example of crushing results for concrete BC5

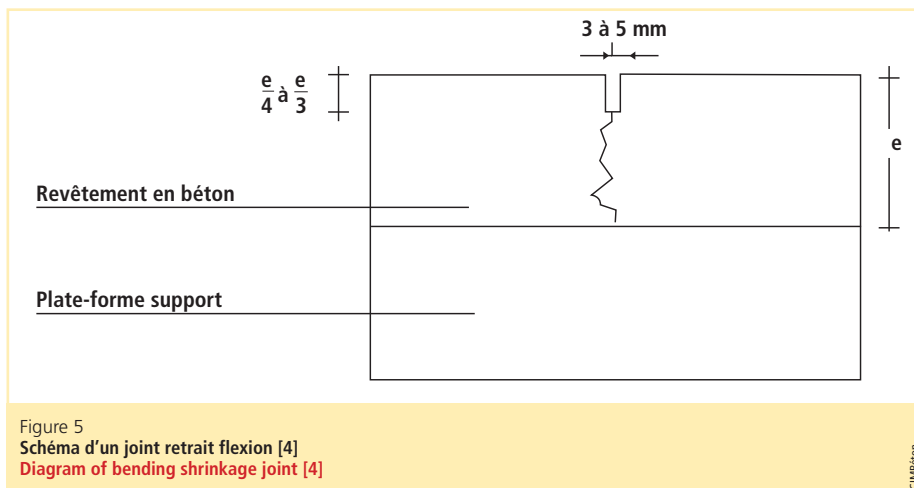


Figure 5  
Schéma d'un joint retrait flexion [4]  
Diagram of bending shrinkage joint [4]

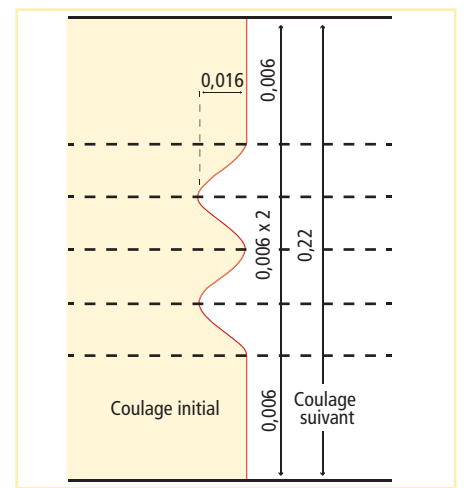


Figure 6  
Profil vertical du joint longitudinal [5]  
Vertical section of longitudinal joint [5]



## Travaux d'extension des plates-formes de stockage (2012-2013)



Photo 11  
Dégâts causés par pied conteneur  
Damage caused by container base

Pour remédier aux dégradations issues du poinçonnement des conteneurs sur la plate-forme de stockage, le client a fait part de sa solution qui consiste à réaliser des longrines en béton armé sous les appuis des conteneurs (photos 11 et 12).



Photo 12  
Exemple de plate-forme réalisée avec longrine en béton  
Example of platform made with concrete sills

Des sondages pressiométriques ont permis de dimensionner ces structures en béton armé (figure 7).  
Le béton utilisé sera de type C35/45 S3.

Critères de portance :  
EV2 > 50 MPa sur GNT 0/100  
EV2 > 75 MPa sur GNT 0/31,5  
3 cm de béton bitumineux seront appliqués entre les longrines afin d'imperméabiliser l'ensemble de la plate-forme.

## Conclusion

Ces réalisations témoignent d'un dynamisme tant du côté des entreprises que du côté des donneurs d'ordre afin de faire évoluer les techniques pour mieux répondre aux sollicitations spécifiques induites par ces charges particulièrement agressives. L'expérience acquise sur ces différents chantiers, certes éloignés mais au contexte similaire, profite à toutes les sociétés du groupe Colas afin de proposer au gestionnaire des infrastructures portuaires des solutions innovantes et adaptées à leur contexte. ■

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] NF EN 13036-4 - Méthode d'essai - Méthode de mesurage de l'adhérence d'une surface - essais au pendule - 2012
- [2] *The structural Design of Heavy Duty Pavements for Ports and other Industries* - Knapton and Meletiou - British Ports Association / Interpave - 1996
- [3] Guide Technique Setra/LCPC - Conception et dimensionnement des structures de chaussées - 1994
- [4] Guide technique CIMBéton - Voiries et Aménagements en béton - T50 Tome 1 - Conception et Dimensionnement - 1998
- [5] Guide technique Setra/LCPC - Chaussées en béton - 2000



## Pavements for port infrastructures Examples of projects completed in the Antilles and the Indian Ocean

*Within the context of the Antilles Islands or the Indian Ocean, ports are vital infrastructures for their economic life. As real ports of entry for most imported goods, these handling facilities witness the flow of thousands of containers annually and must withstand very aggressive equipment movements and loads.. Given the hot and humid tropical climate, pavements with conventional bituminous mixes have a limited service life calling for solutions with special products, as illustrated by the different projects completed in Guadeloupe, Martinique and Madagascar.*

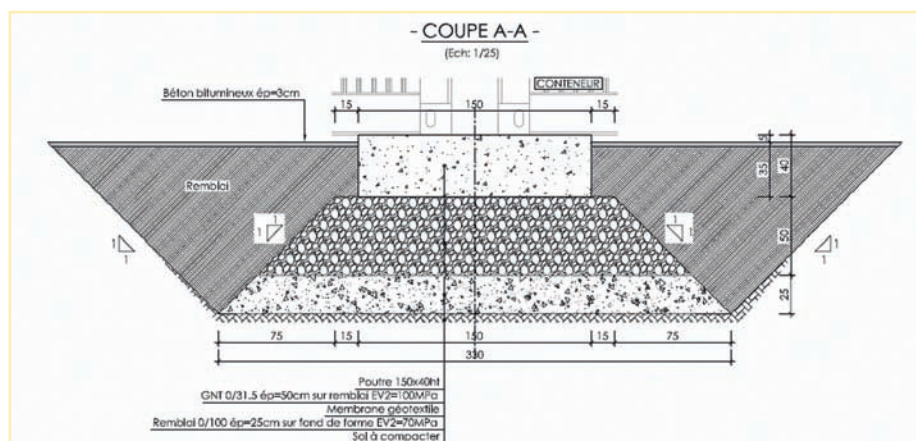


Figure 7  
Coupe type longrine béton  
Typical cross section of concrete sill

Colas

## AUTEURS

Hervé Dumont  
Direction technique  
Eiffage Travaux Publics

Simon Pouget  
Direction de la recherche & de l'innovation  
Eiffage Travaux Publics

François Olard  
Direction de la recherche & de l'innovation  
Eiffage Travaux Publics



Plate-forme des terminaux portuaires de Honfleur  
Infrastructure of Honfleur port terminals

Eiffage Travaux Publics

## Enrobés de 5<sup>e</sup> génération GB5® & BB5®

### Une solution de renforcement structurel des plates-formes des terminaux portuaires de Honfleur



La GB5® est une innovation brevetée de grave-bitume pour couches d'assise ou de liaison durables. Son innovation repose sur une approche nouvelle de la formulation d'enrobé à très hautes performances 0/14 ou 0/20 mm, qui s'explique en trois points principaux :

- Le transfert aux enrobés hydrocarbonés des méthodes d'empilements granulaires utilisées dans les bétons hautes performances (BHP). Les contacts gros-sur-gros (gravillons-sur-gravillons) sont maximisés pour obtenir une stabilité et une rigidité élevées sans avoir à utiliser des bitumes durs, connus pour une plus grande fragilité notamment à basses températures (optimisation de la matière et pérennité de la chaussée).
- L'introduction de discontinuités granulaires et une nouvelle méthode de formulation en laboratoire améliorent au maximum les contacts gros-sur-gros pour obtenir un squelette très dense, sans recours à une teneur en bitume élevée (optimisation de la matière à forte valeur ajoutée que constitue le liant bitumineux).
- A un tel squelette granulaire, discontinu et dense, présentant une grande aptitude au compactage, une stabilité et une rigidité élevées, est associé un bitume spécial ou modifié en polymère, ce qui garantit une excellente performance en fatigue, et contribue ainsi à la durabilité élevée de la chaussée. La teneur en liant est typique d'une GB, de 4,5 à 5 généralement, rendant économiquement avantageuse son emploi en couches d'assise ou de liaison.

L'enrobé BB5® est la déclinaison de la GB5 pour les couches de roulement. Il en conserve tous les avantages, notamment une grande aptitude au compactage, et présente également une très grande résistance à l'orniérage, au poinçonnement et au cisaillement, sollicitations poussées à des niveaux très élevés dans le cas des charges portuaires, des giratoires, bretelles d'échangeur, ...

Situés à l'entrée de l'estuaire de la Seine, les terminaux portuaires de Honfleur (14), terminaux aval du port de Rouen (76), sont spécialisés dans l'accueil de produits en vrac divers (bois, granulats, engrais, marchandises diverses).

La filière bois s'est particulièrement développée depuis une dizaine d'années, le port accueillant des grumes et des produits sciés en provenance du monde entier (Afrique, Europe du nord, Amérique du sud notamment).

Hissé aujourd'hui au troisième rang national dans le domaine du bois, le port de Honfleur poursuit son développement et a procédé récemment à des travaux de rénovation et d'extension de plusieurs terre-pleins.

# Dossier Plates-formes logistiques

Les travaux ont commencé à l'automne 2011 et ont concerné une surface approximative de 40 000 m<sup>2</sup>.

## Renforcement structurel des plates-formes

L'objectif technique principal est le renforcement structurel des plates-formes existantes et la création de nouvelles surfaces en vue d'augmenter les possibilités d'accueil du port, avec une diversification souhaitée dans le domaine des terminaux à conteneurs et de la logistique lourde qui leur est associée.

Ces terminaux sont soumis au stockage de charges statiques importantes (grumes, produits en vrac ou conteneurs superposés) et à la circulation d'engins de manutention lourds de type *reach-stackers*, particulièrement agressifs pour les structures et les revêtements de surface. La reprise des efforts générés par la circulation et les manœuvres de ces engins, dont le poids en charge excède couramment 100 tonnes, nécessitent la réalisation d'une structure de chaussée de forte épaisseur et l'utilisation de matériaux à très hautes performances. Le recours à des techniques de type béton, graves ciment ou enrobés à module élevé (EME) en forte épaisseur (25 à 30 cm) est la solution technique habituelle pour ce type d'ouvrage.

Le Port de Rouen, gestionnaire du port de Honfleur, a retenu pour ces travaux une solution technique originale et novatrice, basée sur la réalisation d'une couche de forme traitée au liant hydraulique et d'une structure de chaussée réalisée en GB5, enrobé conçu et développé par l'entreprise Eiffage Travaux Publics (photo 1).



Photo 1  
La zone de stockage du port de Honfleur  
Honfleur port stocking zone

## Les différentes étapes des travaux

Le traitement en place des sols est la première étape des travaux.

Il consiste à incorporer de manière homogène un liant hydraulique dans le sable du site, en vue d'améliorer durablement les qualités portantes du terrain. Au vu des charges à reprendre, l'objectif assigné à ce traitement a été la validation d'une classe de plate-forme PF4 (portance du sol > 200 MPa), réceptionnée selon un critère de déflexion sous essieu de 13 tonnes inférieure à 20 centièmes de mm.

La chaussée est ensuite réalisée au moyen d'un enrobé innovant, la GB5 : basé sur le principe de la recherche optimisée du contact « gravillon sur gravillon » (concept d'« empilement granulaire optimisé », et sur l'utilisation de bitume multigrade ou modifié par polymères [1-2], GB5 rend possible l'obtention de performances égales à celles des EME2 sans recourir à des bitumes durs et à des teneurs en bitumes élevées, deux caractéristiques propres à ces derniers.

Depuis 2011, plus de 400 000 tonnes d'enrobés GB5 ont ainsi été réalisés par les établissements travaux d'Eiffage Travaux Publics, avec des retours très positifs sur routes et autoroutes à fort trafic [3-4].

Ce principe de formulation procure des enrobés denses, très résistants à l'orniérage et au poinçonnement, sollicitations poussées à des niveaux très élevés dans le cas des charges portuaires.

Deux sections particulières ont été réalisées en vue de tester les potentialités de ces enrobés optimisés très résistants au poinçonnement : sur une partie de l'ouvrage, GB5 a été fabriquée et mise en œuvre à 130 °C, selon la technique d'enrobé tiède EBT® et, sur une plate-forme d'environ 10 000 m<sup>2</sup>,

le concept de l'empilement granulaire optimisé a été poussé jusqu'à la couche de roulement, avec la mise en œuvre d'un BB5 0/14, déclinaison de la GB5 adaptée aux couches de roulement.

La réalisation de ce chantier a vérifié, outre les paramètres techniques, la possibilité d'effectuer une économie significative, tant sur l'épaisseur des matériaux que sur la quantité globale de bitume nécessaire à l'opération (environ - 20 %). Et lorsque l'on rapproche cette économie financière des principaux facteurs bilan carbone d'un chantier que sont la quantité de matériaux, le transport et l'énergie nécessaire au chauffage des enrobés, cette opération s'est également soldée par un bilan environnemental très avantageux.

## Focus Résistance poinçonnement BB5®

La vérification de la performance au poinçonnement de cette nouvelle génération d'enrobé a été conduite selon les prescriptions de la recommandation de la Fédération nationale des Travaux publics (FNTP) pour un essai de poinçonnement statique sur des revêtements de sols industriels [5] (figure 1). La sollicitation statique appliquée lors de cet essai étant similaire à celle rencontrée *in situ*, on peut logiquement penser, comme c'est le cas pour l'orniérage des enrobés bitumineux, que le classement des produits sur le terrain est identique à celui obtenu en laboratoire.

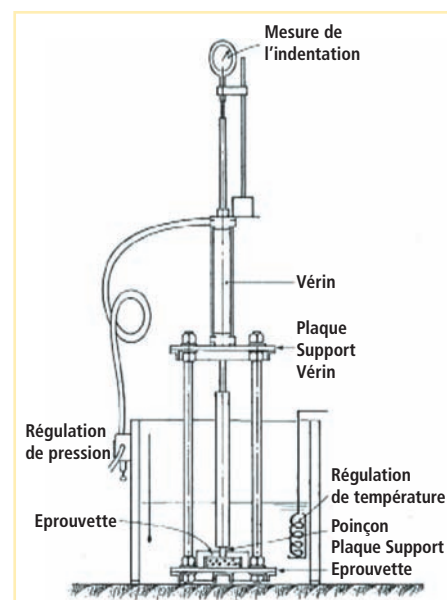


Figure 1  
Schéma du banc de poinçonnement [5]  
Diagram of indentation hardness bench [5]

Pour cette étude les principaux paramètres d'essais retenus sont :

- dimensions des éprouvettes : 380 x 180 x 50 mm<sup>3</sup>,
- surface circulaire poinçonnante : 8 cm<sup>2</sup>,
- pression de contact : 4 MPa,
- température d'essai : 40 °C,
- réalisation des essais après 24 h de conservation à 20 °C puis 24 h à 40 °C.

Pour le chantier du port de Honfleur, des essais de poinçonnement statique ont été menés sur deux formules d'enrobés :

- La solution de référence classiquement utilisée : béton bitumineux à module élevé (BBME) 3 0/10 au bitume 35/50 avec 20 % d'agrégats d'enrobés recyclés (teneur en liant totale de 5,6 %). Le choix d'utiliser un bitume d'apport 35/50 est imposé par les 20 % de matériaux recyclés contenant un bitume dur (pénétrabilité à l'aiguille à 25 °C = 11 x 0,1 mm).
- La solution proposée : BB5 0/14 au bitume 20/30 avec 15 % d'agrégats d'enrobés recyclés (teneur en liant totale de 4,6 %).

Les résultats obtenus sont largement en faveur de la solution BB5 proposée pour la couche de roulement, à savoir un poinçonnement à 24 h de 1,96 mm (soit 3,9 % sur une plaque d'épaisseur 50 mm) pour une teneur en vides de 4,1 % contre 5,14 mm (soit 10,3 % sur une plaque d'épaisseur 50 mm) à une teneur en vides de 6,7 % pour la solution de base en BBME.

La plus faible teneur en liant de la formule BB5 (4,6 %), qui présente un intérêt économique certain, n'affecte pas pour autant la tenue à l'eau de l'enrobé grâce notamment à une compacité élevée, observée sur ces produits à squelette granulaire optimisé. A l'essai Duriez, un rapport i/C de 91 % est obtenu sur la formule BB5 contre 92 % pour la solution BBME. Cette teneur en bitume plus faible pourra même s'avérer avantageuse, au regard de certains phénomènes de post-compaction et de fluage observés sous charges statiques lourdes sur des formules riches en mortier bitumineux telles que les enrobés à module élevé (EME et BBME).

Cette propriété de résistance au chargement statique s'explique principalement par le réseau formé par les « gros » gravillons, qui entraîne un transfert de charge par la structure granulaire et évite ainsi les effets de fluage induits par le bitume (figure 2), même à température élevée.

Ce réseau granulaire tridimensionnel dense confère aux enrobés de 5<sup>e</sup> génération GB5 et BB5, un bon comportement sous efforts tangentiels que l'on retrouve notamment sous les essieux des *reachstakers*, mais également dans les ronds-points et bretelles autoroutières. « Les mécanismes de transfert de charge au sein des matériaux de 5<sup>e</sup> génération GB5® et BB5® font actuellement l'objet de projets de recherche partenariaux ». ■



### Fifth generation asphalt mixes GB5® & BB5® A structural strengthening solution for Honfleur port terminal platforms

The GB5® is patented roadbase asphalt (Grave-Bitume) innovation for sustainable road bases and binder courses.

Its innovation is based on a new approach to mix designs for very high performance 0/14 or 0/20 mm asphalt, characterised by three main points:

- Transfer to hydrocarbon asphalt mixes of granular stacking methods used in high performance concrete. Coarse-on-coarse (aggregate-on-aggregate) contacts are maximised to obtain high stability and rigidity without having to use hard bitumen, known for its greater fragility particularly at low temperatures (optimising of material and pavement life).
- The introduction of gap grading and a new mix design method in the laboratory, which maximises coarse-on-coarse contacts to obtain a very dense skeleton without recourse to high bitumen content (optimisation of high value-added bituminous binder material).
- With such a gap-graded and dense-graded skeleton, exhibiting a high compactability, as well as high stability and rigidity, is associated a special or polymer-modified bitumen which guarantees excellent fatigue performance and contributes to high pavement durability. The binder content is typical of a 4.5 to 5 Grave-Bitume, generally making its use economically advantageous in base or binder courses. The BB5® mix is a version of the GB5 for wearing courses. It retains all its advantages and in particular its high compactability while offering a very high resistance to rutting, indentation and shearing loads pushed to very high levels in the case of port, roundabout and junction ramp traffic.

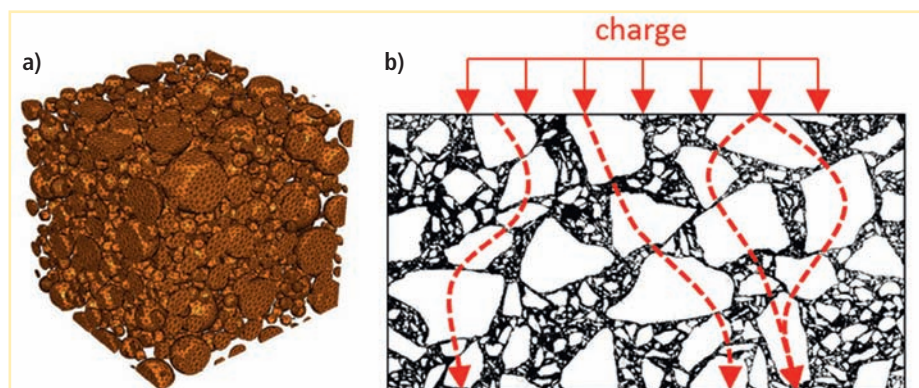


Figure 2  
a) Simulation numérique d'empilement granulaire optimisée pour prédiction du transfert de charge [6] ;  
b) Coupe d'un enrobé GB5® et analyse d'image pour détermination des contacts granulats/granulats  
a) Numerical simulation of granular stacking optimised for load transfer prediction [6] ;  
b) Section of GB5® asphalt and image analysis to determine aggregate/aggregate contacts

Eiffage Travaux Publics

### BIBLIOGRAPHIE

- [1] F. Olard, P. Huon, S. Dupriet, C. Billet, Graves-Bitume GB5 : une nouvelle gamme d'enrobés à hautes performances pour couches d'assise et de liaison, Revue générale des routes et des aérodrômes (RGRA) n° 888, octobre 2010, pp 54-58
- [2] F. Olard, P. Huon, S. Dupriet, GB5 : Eco-Friendly Alternative to EME2 for Long-Life & Cost-Effective Base Courses, Europeanroads review (EER), N° 18, 2011
- [3] F. Olard, S. Dupriet, P. Huon, S. Pouget, S. Lecomte, GB5 : une formulation optimisée d'enrobés bitumineux à hautes performances, Revue générale des routes et des aérodrômes (RGRA) n° 899, janvier-février 2012, pp. 76-80, 2012
- [4] F. Olard, J. Dherbecourt, H. Dumont, GB5 : eco-friendly alternative to EME2 for long-life & cost-effective base courses, Europeanroads review (ERR), n° 20, 2012.
- [5] « Revêtements de sols industriels - Recommandations pour un essai de poinçonnement statique », Annales de l'Institut technique du Bâtiment et des Travaux publics (ITBTP), n° 465, juin 1988
- [6] F.F. Tehrani, Modélisation numérique hétérogène des composites bitumineux : évaluation des caractéristiques par une approche multi-échelle, Thèse du Doctorat, Université de Limoges, 2013

## AUTEURS

Christophe Chaix  
Directeur technique délégué  
Eurovia

Jérôme Bonnet  
Ingénieur Assistance technique  
Eurovia

Philippe Baillet  
Chef Agence Aix-en-Provence  
Eurovia

Jean-Louis Duchez  
Président  
Epsilon

Hervé Michiels  
Chef Agence Marseille  
Ingérop Conseil & Ingénierie

Benoît Friol  
Chef de projet  
Ingérop Conseil & Ingénierie



Vue d'ensemble de la plate-forme conteneurs Fos 2XL  
General view of Fos 2XL container terminal

## Le BÉTONPACT® 4X pour l'aménagement de la plate-forme conteneurs FOS 2 XL



La société Seayard est un manutentionnaire implanté sur le terminal conteneurs de Fos-sur-Mer depuis 1997. Elle dispose désormais d'un parc de stockage de 52 ha où peuvent être entreposés jusqu'à 22 000 conteneurs. Pré-aménagée par le Grand Port Maritime de Marseille (GPMM), cette plate-forme a été construite et financée par Seayard pour accompagner son développement au départ de Port Saint-Louis du Rhône (13). Récit d'une opération d'aménagement hors du commun.

A l'issue d'une consultation menée sur le mode du dialogue compétitif, la société Eurovia a été adjudicataire des travaux d'aménagement de 400 000 m<sup>2</sup> de cette plate-forme. L'ouvrage a été réalisé au moyen de solutions techniques connues et maîtrisées par le groupe, mais revues pour tenir compte des avancées technologiques et d'un nouvel outil de formulation conçu par Eurovia : le progiciel 4X. En partenariat avec la maîtrise d'œuvre Ingérop et son conseil, la société Epsilon, les acteurs du projet ont retenu la solution du BÉTONPACT® 4X pour reprendre les sollicitations particulières du trafic d'exploitation. Au final, 370 000 tonnes de BÉTONPACT 4X ont été appliquées sur une période continue de 100 jours, selon des procédures d'exécution adaptées aux contraintes météorologiques du site décrites dans cet article.

### Présentation du contexte de l'ouvrage

A l'issue d'une consultation sur le mode du dialogue compétitif menée par Ingérop Méditerranée, maître d'œuvre de l'opération, le groupe Eurovia a été nommé adjudicataire du lot VRD/Infrastructures du programme de construction du terminal conteneurs Fos 2XL.

Les prestations concernaient l'exécution des travaux d'aménagement des espaces extérieurs (chaussées, signalisation, équipements) du terminal à conteneurs, ainsi que les travaux de réseaux (assainissement des eaux pluviales, des eaux usées, eau potable et infrastructures des réseaux secs).

Il fallait aménager une surface totale de 400 000 m<sup>2</sup> de plate-forme, segmentée en zones (tableau 1), pour tenir compte des sollicitations mécaniques résultant de la circulation des différents engins d'exploitation.

Bien que la réalisation de ce type de plate-forme soit courante (le groupe Eurovia venant d'achever une plate-forme similaire pour le Grand Port Maritime de Dunkerque), la conception et la réalisation de ces différentes zones doivent obéir à des critères de qualité de service qui demeurent encore difficiles à atteindre, compte tenu de l'agressivité élevée des engins nécessaires à l'exploitation de la plate-forme.

Ainsi, les principales pathologies rencontrées portent sur des problèmes d'ornièrage dans les flux de circulation canalisés des chariots élévateurs et des camions de transport, notamment au droit des zones d'échanges camions ou encore dans les zones de stationnement des chariots élévateurs. De même, les conteneurs sollicitent au poinçonnement les revêtements de surface. L'analyse comparative des avantages et inconvénients des différentes techniques disponibles (bitumineuses ou hydrauliques), les retours d'expérience au niveau national et international du groupe Eurovia ont conduit les acteurs du projet à finalement privilégier la solution à base de matériaux traités aux liants hydrauliques (MTLH).

Zone	Terre-pleins	Atelier et Empotage	Zone échange trains
Surface	312 000 m <sup>2</sup>	3 530 m <sup>2</sup>	24 100 m <sup>2</sup>
Trafic cumulé	2 000 000 Cavaliers	2 000 000 Cavaliers	17 000 TEREX TFC 45
			

Zone	Zone poids lourds	Zone de servitude	Zone béton pour poids lourds
Surface	42 750 m <sup>2</sup>	5 350 m <sup>2</sup>	6 600 m <sup>2</sup>
Trafic cumulé	9 750 000 PL	14 600 PL	14 600 PL
			

Tableau 1  
Types d'engins circulant sur chaque zone aménagée  
Types of machines working on each improved zone

## Réception du support à aménager

Préalablement aux travaux d'aménagement de la plate-forme, le sol a fait l'objet d'un traitement par consolidation dynamique afin de limiter les risques de tassements liés à la présence des limons vasards couramment rencontrés dans ce type de projet. Par ailleurs, l'ensemble des surfaces a été traité sur une épaisseur moyenne de 30 cm par apport de liant hydraulique routier,

en vue d'obtenir une plate-forme support de chaussée de classe de portance PF2<sup>+</sup>. L'une des spécificités du projet portait donc sur la conception d'une infrastructure de chaussée qui tienne compte des risques inhérents à la réception d'un ouvrage partiellement constitué, à savoir la plate-forme, dont les travaux précédemment décrits, avaient été réalisés un an auparavant dans le cadre d'un marché spécifique.

La réception fut opérée en deux temps.

## Sur le plan altimétrique

L'ensemble de la plate-forme a été réceptionné afin de vérifier que sa cote altimétrique soit compatible avec les exigences d'épaisseur fixées. Une brigade de géomètres, équipée de système millimètre GPS Topcon a procédé à des relevés de terrain pendant une quinzaine de jours, permettant ainsi de différencier précisément les zones devant faire l'objet d'un traitement altimétrique (figure 1).



Figure 1  
Repérage des différentes zones traitées  
Marking of different zones treated

# Dossier Plates-formes logistiques

A l'issue de ces relevés, les équipes d'Eurovia Toulouse ont raboté 50 000 m<sup>2</sup> de plate-forme, dont le matériaux ont été réemployés sur le site, à l'aide de raboteuses Wirtgen WR 2000 guidées au moyen du système Top Con (photo 1) afin de garantir le respect des épaisseurs, tout en préservant celles de la couche de forme traitée, pour un maintien durable des portances. A l'issue de ces opérations, l'ensemble des plates-formes de chaussée a été réceptionnée à +/- 1 cm, engagement pris et respecté par l'entreprise.

## Sur le plan performantiel

Une campagne de sondage par carottages et de relevés de déflexions a été conduite pour vérifier les caractéristiques mécaniques de la plate-forme préalablement traitée. La réception a été prononcée en tenant compte des recommandations techniques [1]. A cet effet, Eurovia a mandaté la société Vectra pour procéder à la réception en portance au moyen du déflectomètre Lacroix afin d'identifier les zones de portance homogène (photo 2).

L'analyse statistique des valeurs recueillies portant sur plus de 100 000 mesures, couplée aux contrôles d'épaisseur et mesures performantielles sur carottes ont permis d'identifier des zones homogènes cohérentes avec les objectifs initiaux attendus et de valider ainsi les structures projetées à la réalité des performances relevées (figure 2).

## Dimensionnement des structures des différentes zones à aménager

Les calculs ont été menés conformément aux dispositions du guide interne Eurovia pour le dimensionnement des charges spéciales. Celui-ci reprend l'ensemble des dispositions normalisées ou référencées dans les guides techniques de dimensionnement, mais il est également complété des données spécifiques collectées par le groupe au travers de son expertise développée pour l'aménagement de ce type d'ouvrage.

Les dimensionnements effectués ont donc tenu compte de la spécificité de l'exploitation de ce type d'ouvrage (facteur de canalisation de charges, analyse de la répartition des charges des conteneurs, caractérisation de l'agressivité des engins d'exploitation vis-à-vis des structures projetées, ...), et ont permis d'aboutir à un cahier des charges précis retenu par le maître d'œuvre Ingérop et son conseil, la société Epsilon.



Photo 1  
Raboteuse WR 2000 guidée  
Wirtgen WR 2000 guided planing machine



Photo 2  
Relevés de déflexion au déflectomètre Lacroix  
Reflection surveying with Lacroix deflectometer

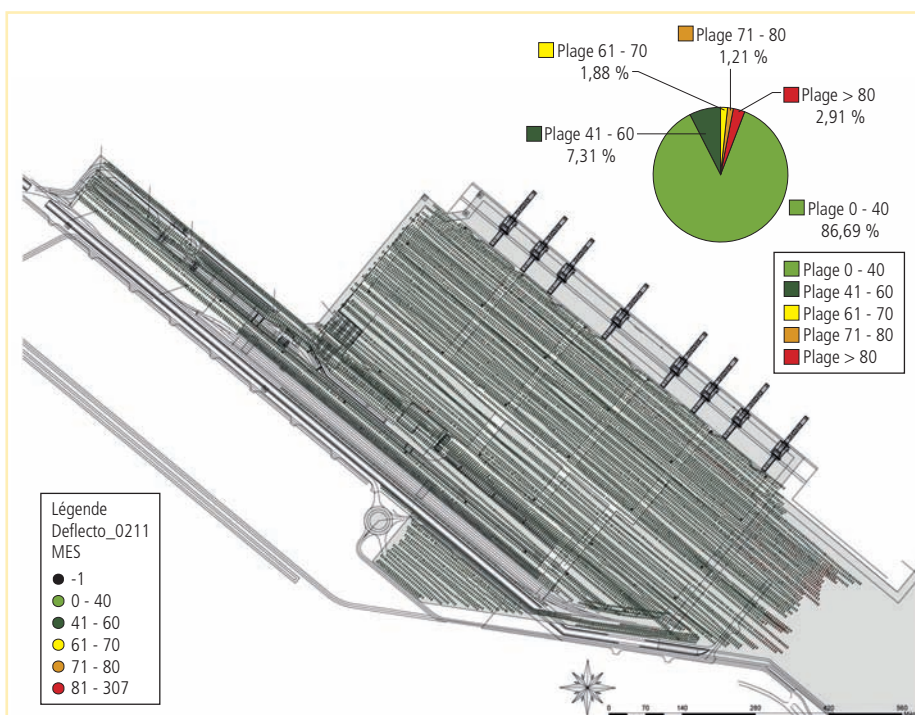


Figure 2  
Délimitation des zones homogènes en portance  
Delimitation of uniform load bearing zones

Entre autres spécificités, il fallait tenir compte des caractéristiques du chariot frontal Terex TFC 45, dont la masse de l'essieu avant peut atteindre plus de 100 tonnes. Les dimensionnements ont été menés à l'aide du logiciel Win Alizé (figure 3).

Initialement conçue en structures bitumineuses, le choix du groupe s'est rapidement porté sur une solution hydraulique performante, le BÉTONPACT. Développé dans les années 1970 en France, ce type de produit est couramment utilisé pour l'aménagement de plates-formes fortement sollicitées en Amérique du Nord. La société Eurovia Méditerranée dispose d'une expertise reconnue dans les domaines de fabrication et d'application de ce type de produit pour la réalisation d'infrastructures de tramways (Montpellier, Marseille, ...) ou de plates-formes industrielles, commerciales ou aéroportuaires (Nice Côte d'Azur). Elle a donc proposé des structures à base de BÉTONPACT 4X, dont l'épaisseur structurale pouvait varier de 20 à 39 cm selon les zones à aménager.

Lors du dialogue compétitif, les discussions ont notamment porté sur les engagements que prenait l'entreprise pour atteindre et garantir les performances du produit dans le cadre du dimensionnement proposé.

## Formulation du BÉTONPACT optimisé : la méthode 4X à l'épreuve

Pour satisfaire aux engagements pris dans le cadre du marché, la délégation technique Méditerranée a exploité une méthode de formulation développée par son Centre de recherche de Mérignac et mise en application à travers le progiciel 4X. Initialement conçu pour optimiser la formulation des mélanges bitumineux, cet outil analyse l'arrangement granulaire d'un mélange, facteur primordial pour l'acquisition des performances mécaniques des produits hydrauliques.

Un plan d'expérience a ainsi été engagé dès le début de la consultation et a porté sur l'étude de l'influence de multiples facteurs (nature et qualité des granulats, type et dosage des liants hydrauliques, type de retardateurs de prise) sur les performances mécaniques du BÉTONPACT 4X. Grâce au lancement de ces études en amont, les résultats des études à 28 et 60 jours ont pu être connus, sécurisant ainsi le client sur l'atteinte effective des performances attendues.

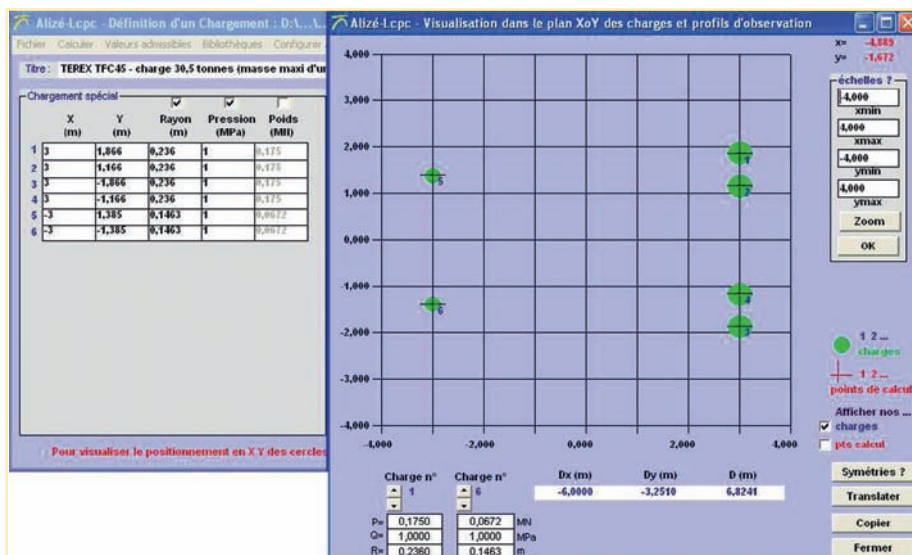


Figure 3  
Modélisation Alizé de la distribution des charges du Terex TFC 45  
Alizé modelling of Terex TFC 45 load distribution

## La méthode 4X : une optimisation de la formulation

Grâce à son expérience de laboratoire et de chantier, le Centre de recherche du groupe Eurovia a développé dès 2008 une nouvelle approche de formulation des matériaux routiers, fondée sur une analyse prédictive de l'arrangement granulaire des mélanges et du couple fines/liant. L'objectif était d'optimiser les performances mécaniques des enrobés comme des mélanges hydrauliques.

La mise en place de cette méthode a conduit à la conception du logiciel « 4X », dont le cœur est un modèle mathématique simulant le mélange des granulats, pour en déduire la teneur en vides des mélanges. Les performances mécaniques des produits bitumineux ou hydrauliques formulés sont ensuite mesurées selon les standards techniques usuels.

Le groupe Eurovia a déployé le logiciel 4X depuis 2009 en France et à l'étranger, permettant une optimisation des structures, grâce à une meilleure prise en compte des performances des produits ainsi formulés, dans le respect des exigences normatives et recommandations techniques en vigueur dans chaque pays.

Dans le cadre du projet 2XL, cette méthodologie a notamment été appliquée pour les formulations des bétons compactés BÉTONPACT et des bétons bitumineux à module élevé (BBME) REXOVIA®.

Au-delà des résultats, l'étude a permis de fixer un cahier des charges extrêmement rigoureux pour les spécifications à respecter des différents constituants du BÉTONPACT 4X. Formalisées lors des commandes, chaque acteur a pu s'engager sur les caractéristiques demandées. Un véritable partenariat a ainsi été conclu avec les fournisseurs, les sociétés Jean Lefebvre Méditerranée et CAPVRAC (dépôt de Fos-sur-Mer) pour assurer la production et la livraison, dans des délais serrés, de matériaux de qualité spécifique. Les producteurs de granulats ont ainsi dû spécialiser des ateliers de production et mettre en place une orga-

nisation stricte pour assurer la production, sous assurance qualité rigoureuse, de près de 300 000 tonnes de granulats en moins de 5 mois. De même, le fournisseur de liant hydraulique a mis en place une logistique de production, de stockage et même d'astreinte à partir de l'usine Vicat du Peille, près de Nice, pour assurer en continu l'approvisionnement du ciment à raison de 16 porteurs par jour, en moyenne. Ces engagements bien formalisés et bien compris des partenaires ont permis de ne déplorer aucune non-conformité de production ni de livraison durant les 6 mois nécessaires à l'exécution de cette phase ; performance à souligner.



# Dossier Plates-formes logistiques

Les données recueillies à l'issue de l'épreuve de formulation menée avec le progiciel 4X ont conduit à retenir une formulation spécifique, très éloignée des courbes de référence fournies dans la norme [2]. L'apport de la teneur en liant hydraulique, un ciment CEM II 42,5 R, a été optimisé afin d'obtenir rapidement des performances mécaniques élevées, sans pour autant conduire à un excès de rigidité à long terme préjudiciable à la fissuration.

Comme pour toute technique hydraulique, la validation définitive du BÉTONPACT 4X a été prononcée à l'issue d'une épreuve de convenance qui, originalité liée à ce type de béton hydraulique, portait tout autant sur la fabrication du produit que sur sa mise en œuvre.

## Fabrication et mise en œuvre des assises en BÉTONPACT 4X : des choix techniques judicieux

Les performances finales du BÉTONPACT 4X dépendent tout autant de la qualité de la fabrication (et de ses constituants) que de celle de la mise en œuvre.

Lors de la préparation de chantier, les choix fondés sur l'expérience du groupe Eurovia, se sont avérés payants pour allier rendement et qualité.

### La centrale de fabrication

La production du BÉTONPACT 4X a été assurée par une centrale continue SAE SAM 600 afin de tenir des rendements de production élevés compatibles avec une mise en œuvre à haute cadence. Cette centrale a ainsi été spécifiquement équipée d'un second silo de liant hydraulique. La production journalière a pu ainsi atteindre jusqu'à 6 000 tonnes, pour une production journalière moyenne de 4 000 t pendant près de 100 jours. Au total, 370 000 tonnes de BÉTONPACT 4X ont été fabriquées et appliquées pour édifier l'ouvrage.

### L'atelier de mise en œuvre

Il était constitué d'un bulldozer et d'une niveleuse asservie par guidage Millimeter GPS Topcon qui assuraient le réglage des matériaux approvisionnés à l'avancement à 0/+3 cm. Le compactage était réalisé par deux mono-cylindres Bomag Variomatic, mis à disposition par la délégation Eurovia Ile-de-France et choisis pour assurer une bonne densification en fond de couche du BÉTONPACT 4X.

Enfin, la recoupe et l'élimination des matériaux excédentaires lors du réglage fin étaient assurées par deux niveleuses, également asservies par guidage Millimeter GPS Topcon, afin de garantir le respect des épaisseurs de mise en œuvre, fixées à 0/+1 cm.

Le compactage final, ainsi que l'ensemble des opérations de mise en œuvre décrites ci-dessus, étaient réalisés dans le délai de maniabilité ajusté en fonction des conditions météorologiques rencontrées et qui, dans tous les cas, ne pouvaient excéder 2 h 30 (photo 3).



Photo 3  
Atelier de mise en œuvre  
Application equipment

### Prise en compte du vent et du soleil

La mise en œuvre du BÉTONPACT 4X suppose d'analyser les conditions météorologiques particulières du site. En effet, la région de Port Saint-Louis du Rhône conjugue dans la période d'avril à septembre les deux ennemis des produits hydrauliques, à savoir le soleil et le mistral. Il n'est pas rare d'observer des vents continus et réguliers de 30 à 40 km/h sur plusieurs jours ou semaines consécutives. Il a donc fallu tenir compte de ces spécificités climatiques pour formuler et fabriquer le BÉTONPACT 4X.

Une étude importante portant sur l'utilisation de différents plastifiants et superplastifiants a été menée à la délégation technique Méditerranée d'Eurovia pour identifier le type et le dosage en retardateur de prise à utiliser en fonction des conditions météorologiques. Une grille d'aide à la décision a été définie pour permettre à l'équipe d'application d'ajuster, en temps réel, la composition et donc la rhéologie du BÉTONPACT 4X.

Enfin, la protection superficielle par enduit de cure du BÉTONPACT 4X a été réalisée mécaniquement grâce à l'adaptation d'une citerne à émulsion promise à la réforme (photo 4) et qui a permis d'assurer la pulvérisation de l'émulsion de latex en continu à l'issue de chaque phase d'application, et dans un délai de 2h 30 maximum.

L'opération de cure ainsi organisée et effectivement réalisée, peu de fissurations liées à la dessiccation du BÉTONPACT 4X ont été observées, sécurisant ainsi l'obtention des performances mécaniques.



Photo 4  
Répandage du produit de cure  
Spraying of curing product

## Les contrôles

L'ensemble des contrôles a été réalisé en étroite collaboration entre le laboratoire externe d'Eurovia et le bureau de contrôle extérieur, la société Epsilon mandatée par le maître d'ouvrage pour assurer également son conseil (tableau 2).

Produit par la centrale Ermont RF 400, de l'agence d'Aix-en-Provence, le REXOVIÀ 4X a été appliqué au moyen d'un atelier traditionnel constitué de deux finisseurs Vögele S1600-1 et de deux compacteurs lisses Hamm HD 110 (photo 5).

## Conclusion : un pari réussi

24 mois après la mise en exploitation de la plate-forme de Fos 2XL, le comportement de l'ouvrage est conforme à celui attendu et offre un haut niveau de service à son propriétaire.

Contrôles sur BÉTONPACT® 4X					
Essais réalisés		Objectif	Nombre d'essais	Moyenne	Ecart type
Bétonpact® 4X frais	Gammadensimètre à transmission directe (NF P 241-1) mesures réalisées à 25 cm de profondeur	Densification q2 ( $\rho_{\text{moy}} \geq 97 \% \rho_{\text{OPM}}$ )	1 549	100,8 % $\rho_{\text{OPM}}$	1,70
Bétonpact® 4X durci*	Résistance à la traction indirecte (NF EN 13286 42)	Rit <sub>28j</sub> $\geq 2,4$ MPa	537	3,05 MPa	0,46

\* mesures réalisées sur éprouvettes carottées non corrigées d'un facteur qui tiendrait compte des dimensions des éprouvettes et de l'éclatement

Tableau 2

### Synthèse des contrôles sur le BÉTONPACT 4X

### Summary of tests conducted on BETONPACT 4X concrete

A la demande de la maîtrise d'œuvre, Eurovia et Epsilon ont échangé régulièrement au cours du chantier, dans la seule perspective de réaliser un chantier de qualité irréprochable. Cette approche est à souligner à l'heure où certaines sociétés en charge d'assurer ce type de prestation tendent à ne plus prendre part à la réalisation des opérations, se bornant à des constats tardifs et bien peu constructifs.

## Les revêtements de surface

Les discussions menées lors du dialogue compétitif ont conduit au choix de revêtir l'ensemble de la plate-forme avec des couches de roulement dont les spécificités et les performances ont été adaptées aux contraintes d'exploitation. En outre, pour limiter la remontée de fissures de retrait hydraulique, l'application d'une grille de verre a été préconisée sur l'ensemble de la plate-forme.

### Du REXOVIÀ 4X pour les plates-formes conteneurs

La formulation du BBME retenue pour assurer la circulation des cavaliers et le stockage des conteneurs a également été conduite à l'aide de la méthode 4X. Le produit a été choisi pour satisfaire aux critères spécifiques du marché vis-à-vis de la résistance au poinçonnement statique. Les essais ont été menés par la délégation technique Ile-de-France/Haute-Normandie (Idf/HN) d'Eurovia pour valider le choix du grade de bitume à utiliser. Au final, c'est un BBME au bitume de grade 10/20 qui a été retenu et appliqué sur l'ensemble de la surface, soit au total près de 60 000 tonnes de REXOVIÀ 4X.



Photo 5  
Atelier de mise en œuvre  
Application equipment

### Du SALVIACIM® pour les zones fortement sollicitées

Les zones de stationnement des cavaliers, ainsi que les zones d'échanges camion et le quai fer de chargement/déchargement des conteneurs ont été intégralement traitées par application sur 5 cm d'un revêtement percolé SALVIACIM. Pour l'occasion et compte tenu des importantes surfaces à revêtir, Eurovia s'est associé à la société Contec pour la fabrication et la percolation du coulis hydraulique CONFALT®.

La fabrication et l'application hautement mécanisée du coulis a permis de revêtir l'intégralité des 23 000 m<sup>2</sup> en un temps record de 7 jours. En accord avec Contec, la formulation de l'enrobé a été ajustée pour assurer une bonne percolation du coulis sur la totalité de l'épaisseur.

La réalisation de ce projet a mobilisé de nombreuses ressources internes de l'entreprise, au niveau régional, mais également national et ce, aux différentes phases du projet (de la conception à la réalisation). C'est également grâce à de véritables partenariats entre les fournisseurs, l'entreprise, la maîtrise d'œuvre et le contrôle extérieur, chacun demeurant dans son rôle mais n'oubliant pas l'objectif final, que le maître d'ouvrage, la société Seayard a pu disposer dans le délai imparti d'un ouvrage de haute technicité. ■

### BIBLIOGRAPHIE

[1] Note d'information SETRA n° 118, janvier 2009 - Éléments clés de l'assurance qualité des couches de forme traitées

[2] Norme NF P 98-128, novembre 1991 - Assises de chaussées - Bétons compactés routiers et graves traitées aux liants hydrauliques et pouzzolaniques à hautes performances. Définition - composition - classification

[3] Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics (ITBTP) - n° 465, juin 1988 - Série : Essais et mesures - Recommandations FNTP. Revêtements de sols industriels - Recommandations pour un essai de poinçonnement statique.

# Les Européens face aux villes intelligentes

## 3M dévoile les résultats de son étude sur leurs aspirations

### AUTEUR

Françoise Marmier  
RGRA

Premier enseignement : une « ville intelligente » (*smartcity*) est d'abord respectueuse de l'environnement, disposant d'une infrastructure de transports publics performante.

Dans le cadre de la Semaine européenne de l'énergie durable à Bruxelles en juin dernier, 3M, groupe de technologies diversifiées, a révélé les résultats d'une enquête mandatée auprès de TNS sur les aspirations des Européens en matière de villes intelligentes.

Dans cinq pays européens, dont la France, 2500 personnes ont été interrogées sur les thématiques clés du concept, dont notamment la qualité de vie, la santé, l'énergie, la pollution, la mobilité urbaine. Les attentes les plus fortes se portent sur les progrès environnementaux et sur l'efficacité des transports publics. Sur la question de l'énergie, les citoyens se déclarent principalement concernés par l'augmentation des coûts et les problèmes potentiels d'approvisionnement énergétique.

L'étude a été rendue publique à l'occasion d'un forum organisé par 3M, rassemblant acteurs de l'industrie, représentants des gouvernements et des collectivités locales, universitaires et organisations non-gouvernementales (ONG) pour débattre du rôle de l'innovation et de la technologie dans le développement futur des villes intelligentes.



La ville intelligente doit offrir des infrastructures performantes de Transports publics

### Comment les Européens perçoivent-ils la ville intelligente?

Une ville est décrite comme « intelligente » lorsqu'elle est tournée vers l'écologie et qu'elle est en mesure de proposer un système de transport efficace. Sont ensuite plébiscitées l'infrastructure technologique et la capacité à répondre aux besoins de ses habitants (tableau 1).

### A propos de l'étude

Etude conduite par TNS pour le compte de 3M auprès d'un échantillon représentatif de 2 500 personnes dans 5 pays européens (France, Allemagne, Italie, Royaume-Uni et Suède) et réalisée entre le 13 et le 18 mai 2013.

L'intégralité de l'étude est consultable sur : [www.sustainablecities-solutions.com](http://www.sustainablecities-solutions.com)

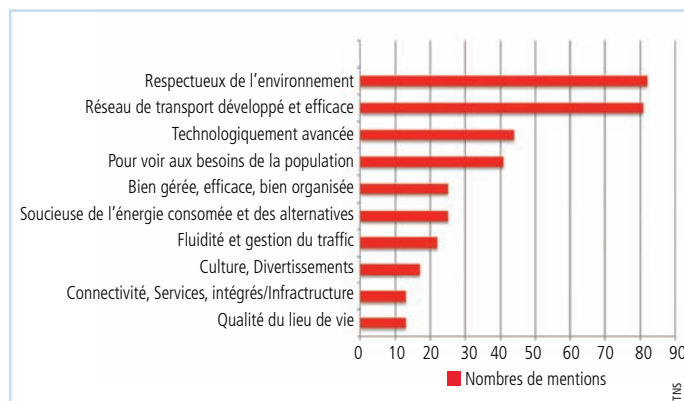


Tableau 1  
Les descriptions les plus populaires d'une ville intelligente

## Focus Villes du futur



### Qualité de vie en général

Les Anglais, les Italiens et les Allemands classent, en tête des critères principaux, une vie saine et en toute sécurité. Les Français et les Suédois placent également la sécurité comme prioritaire mais y ajoute un coût de la vie abordable.

### Qualité de vie urbaine

Pour les Anglais et les Italiens, sont prioritaires la qualité et la fiabilité des soins (respectivement 42 % et 47 %) et la rapidité de guérison des patients hospitalisés (respectivement 27 % et 33 %).

Alors qu'en France et en Allemagne, accéder aux transports (près de 40 %) et vivre dans un environnement non pollué (près de 30 %) arrivent en tête des préoccupations.

### L'énergie en ville

L'ensemble des Européens considère cruciale la maîtrise du coût de l'énergie, à l'exception des Suédois, qui accordent beaucoup plus d'importance à la disponibilité permanente de l'énergie.

### La mobilité urbaine

L'efficacité du système de transports est citée en priorité dans l'ensemble des pays à l'exception de l'Italie où un environnement non pollué revêt davantage d'importance (39 %). Près de 50 % des Anglais, des Allemands et des Suédois classent l'efficacité du système de transports en premier point mais les Français semblent plus partagés entre l'efficacité des transports (38 % la cite en premier) et l'environnement non pollué (cité à 36 % en tête). En revanche, dans l'ensemble des pays, les voitures émettant peu de gaz à effet de serre (GES) et les systèmes de covoiturage n'apparaissent pas en tête des critères les plus importants.



### La santé

Sur la question de la santé les préoccupations prioritaires sont beaucoup plus contrastées entre les cinq pays. Au Royaume-Uni, le confort est majoritairement cité (35 %) alors que pour l'Italie, c'est l'assurance d'avoir accès aux produits les plus sûrs et les plus efficaces (38 %). En France, le risque d'infections contractées en milieu hospitalier est une préoccupation majeure (34 %), tandis qu'en Allemagne et en Suède, la rapidité de la guérison dans le cadre d'une hospitalisation qui prime.

### La perception des Français

C'est en premier lieu une ville qui propose un système de transport performant, respecte l'environnement et dispose des toutes dernières technologies.

- **La qualité de vie en général** : la sécurité est clairement le premier sujet de préoccupation (71 %). Viennent ensuite une vie saine (58 %) et un coût de la vie abordable (50 %). En revanche, vivre selon les principes du développement durable fait partie des critères secondaires pour la majorité des Français, seuls 22 % des citoyens interrogés le citent comme important ou relativement important.
- **La qualité de vie urbaine** : la priorité est donnée à l'accessibilité aux transports publics (65 %), puis ex æquo à 52 % à la vie dans un environnement non-pollué et à la qualité des produits de soin dans le système de santé. En revanche, sont citées comme secondaires le fait d'avoir une infrastructure dédiée aux voitures électriques (32 %) ou de disposer d'énergies fiables (31 %).
- **L'énergie en ville** : pour les Français, le plus important est d'avoir un domicile le plus économique possible en matière de chauffage et d'électricité (63 %). Ils souhaiteraient également pouvoir produire leur propre énergie (51 %). En revanche, sont cités comme secondaires la possibilité de mesurer sa consommation d'énergie à la maison ou d'avoir le choix des énergies utilisées.
- **La mobilité urbaine** : L'efficacité des transports publics (68 %) et un environnement sans pollution (61 %) sont plébiscités comme prioritaires. Vient ensuite la facilité des déplacements à pied ou en voiture dans la ville (57 %). En revanche, seuls 23 % des Français classent la conduite d'un véhicule produisant le moins d'émission possible de CO<sub>2</sub> comme un critère déterminant.
- **La santé** : la plus forte aspiration des Français qui vivent dans les villes concerne la « santé en toute sécurité » (*safe health*). 57 % des citoyens interrogés classent, en effet, aux premiers rangs la nécessité d'avoir des hôpitaux où le risque d'infections contractées lors d'un séjour est le plus bas possible. Ils sont également 56 % à demander l'accès à des produits de soins fiables et de qualité dans le système de santé.



### Les solutions durables développées par 3M pour les villes intelligentes

3M conçoit de nombreux produits qui contribuent au développement de villes plus intelligentes, en particulier dans les domaines des *smart grids* (réseaux intelligents) et de la mobilité et du transport.

- Dans le secteur des *smart grids* : de l'énergie connectée, efficace et durable pour les villes :
  - Accessoires à capteur pour câbles moyenne tension
  - 3M Novec™ 1230, fluide de protection anti-incendie
- Dans le secteur de la mobilité et du transport : gains sur le coût, les ressources et l'efficacité énergétique
  - Lecteur de radio-identification.

## AUTEUR

Eric Baronnet  
Responsable d'affaires  
GTIE Transport



Tunnel de la Croix-Rousse – Têtes Rhône et Saône  
Croix-Rousse tunnel – Rhône and Saône heads

## Tunnels lyonnais

### Un système d'information veille à la sécurité

Depuis le 2 septembre 2013, date de réouverture du tunnel routier de la Croix-Rousse, un service unique de nouvelle génération gère en réseau la sécurité de tous les tunnels urbains lyonnais : le système d'information des tunnels du Grand Lyon (SITG).

Plus de souplesse, plus de réactivité, plus de sécurité pour les usagers, cet article fait un tour d'horizon des avantages du SITG.

### Contexte

Le poste de commandement (PC) Commission des opérations de maintenance et exploitation des tunnels (Comet) (photo 1) se situe Montée de Choulans, dans le 5<sup>e</sup> arrondissement de Lyon. Il domine le tunnel de Fourvière qui traverse de part en part la colline de Fourvière et fait déboucher le flot des 55 000 véhicules quotidiens de l'A7 sur les rives de la Saône, (soit 110 000 véhicules qui s'écoulent par jour sous le PC Comet, dont 8 % de poids lourds). Le système d'information des tunnels du Grand Lyon (SITG), est entré ici en service en novembre 2012.

Le PC Comet, rénové pour l'occasion, constitue la partie visible de l'iceberg, la pointe émergée du système d'hypervision des tunnels lyonnais. Ici aboutissent toutes les informations récoltées dans le tunnel qu'il domine mais aussi celles remontant des huit ouvrages souterrains de l'agglomération, jusque-là exploités indépendamment les uns des autres (figure 1).



Photo 1  
Le PC Comet au tunnel sous Fourvière  
Comet control centre for tunnel under Fourvière

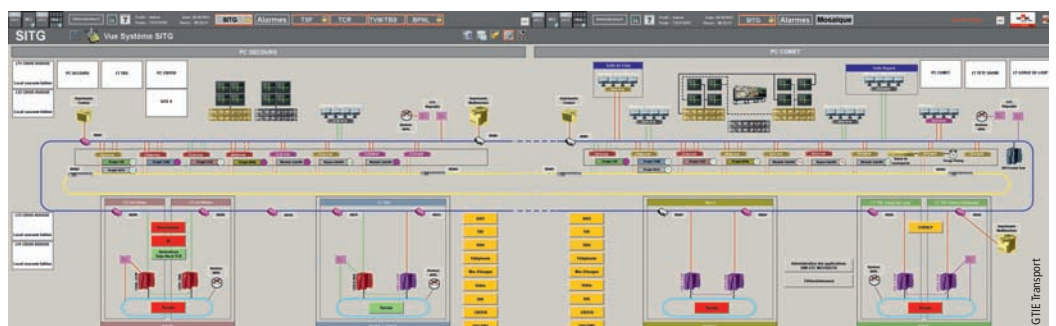


Figure 1  
L'architecture du système  
System architecture

# Infrastructures de transport Sécurité des usagers

Quatre écrans latéraux (quadra vision) et un mur d'images central répercutent en mosaïque le ballet des images captées par les caméras de surveillance fixes et mobiles : le SITG veille, grâce à ses 200 000 points d'informations (défauts techniques, détection d'arrêt de véhicules ou de piétons ou encore de présomption d'incendie, ...).

Afin de garantir une disponibilité maximale de ce système, et ainsi plus de sécurité pour les usagers, une seconde salle de contrôle, baptisée PC secours (photo 2) a été aménagée afin de suppléer très rapidement à tout dysfonctionnement majeur du PC Comet (incendie, perte prolongée du réseau électrique, etc.). Ces 2 salles de contrôle sont implantées au plus près des ouvrages majeurs : le tunnel sous Fourvière pour le PC Comet et le tunnel de la Croix-Rousse pour le PC secours.

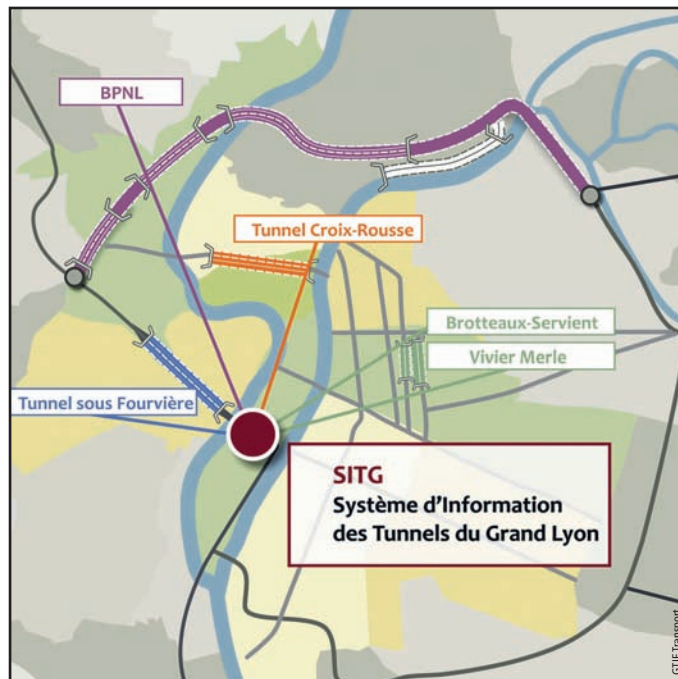


Figure 2  
Plan de masse des tunnels lyonnais  
Layout diagram of Greater Lyon tunnels



Photo 2  
PC secours en tête Saône du tunnel de la Croix Rouse  
Emergency control centres at Saône head of Croix-Rousse tunnel

## Conception et phasage du SITG

Ce nouveau système est né d'un marché de rénovation lourde, voulue par l'exploitant, pour remplacer par un système d'exploitation unique tous les dispositifs de surveillance et de sécurité des 18 km de tunnels urbains lyonnais (figure 2).

Le calendrier a prévu de phaser les mises en service successives :

- Novembre 2012 pour le tunnel sous Fourvière, puis les tunnels de Vivier-Merle, Brotteaux-Servient et du boulevard périphérique nord de Lyon en avril 2013.

- Le tunnel de la Croix-Rousse a clos ce cycle avec la mise en service du SITG sur le tube routier le 2 septembre 2013 et sur le tube « modes doux » le 30 novembre 2013 (piétons, vélos et bus), à temps pour la Fête des Lumières du 8 décembre.

## 2009 – 2013

Le marché est attribué en mai 2009 en conception-construction à VINCI.

Le projet a nécessité quatre ans de travail pour GTIE Transport, dont 60 % du chiffre d'affaires est lié à l'ingénierie de systèmes d'information et d'exploitation en tunnels.

*Il nous fallait par conséquent passer par un prototype et tester une à une les différentes solutions techniques retenues pour que la suite du projet se déroule parfaitement. Cela a notamment contribué à valider les solutions d'horodatage à la source, de paramétrage des bases d'alarmes, des modules de communication entre la supervision et les automates ainsi que les principes de navigation des synoptiques, selon les règles d'ergonomie retenues avec l'exploitant.*

## Septembre 2010 - mars 2012

L'étape de réalisation succède (photo 3), couronnée par la validation de la plate-forme d'exploitation avec le Grand Lyon avant la première mise en service dans le tunnel sous Fourvière, le 30 septembre 2012.

Norbert Renaud, responsable validation sur le projet, explique : « Nous sommes intervenus en validation très tôt dans le projet, sur plan de tests et validation (PTV). Nous avons en effet élaboré un dossier de rétroconception sur les équipements existants ; cette phase était primordiale pour bien prendre en compte les développements fonctionnels de l'existant. Il s'agissait de bien appréhender les équipements conservés sur lesquels nous devions venir « greffer » les fonctions propres au SITG. Cette phase a également instauré un climat de confiance avec le maître d'ouvrage et l'exploitant en intégrant parfaitement leurs procédures d'intervention sur un ouvrage en exploitation ».

GTIE Transport, filiale du groupe VINCI, intervient dans le lot 2 - Equipement - en partenariat à 50/50 avec Cegelec.

La première phase de conception s'est échelonnée sur 11 mois, de mai 2009 à avril 2010. Eric Baronnet, responsable d'affaires GTIE Transport, a piloté le projet. « Cette phase de prototype était très importante pour le bon déroulement du projet » explique-t-il. « Le programme de l'opération rédigé par le Grand Lyon contenait de nombreuses contraintes fonctionnelles (ergonomie, évolutivité, paramétrabilité, performances) et des niveaux de performances assez élevées pour ce type de système.



Photo 3  
Plate-forme de développement à Rillieux-La-Pape  
Development platform at Rillieux-La-Pape

GTIE Transport a utilisé dans ce projet une méthodologie et des stratégies de tests déjà éprouvées sur des chantiers précédents de rénovation de systèmes d'information.

« Là, la dimension du projet était inédite », précise Norbert Renaud. Il y avait beaucoup d'axes d'approche différents et une importante masse d'informations à valider.

Dans le lot 2, Cegelec traite la partie « courants forts » (alimentations haute et basse tensions), GTIE Transport celle des « courants faibles ». Il s'agit des équipements liés à la vidéosurveillance, la détection automatique d'incidents, la signalisation, la radiodiffusion, la sonorisation des galeries et des intertubes, au comptage routier. Ces courants faibles alimentent aussi les équipements multimédia qui donnent l'ambiance audiovisuelle du tube « mode doux » du tunnel de la Croix-Rousse, par exemple.

## Du sur mesure

Qu'advienne un événement dans les tunnels (panne technique, véhicule abandonné, animal errant, incendie, ...), le système d'exploitation propose automatiquement à l'opérateur un plan d'actions (PAC) sur mesure. Il dispose immédiatement d'une vision synoptique de l'événement à travers une « fiche événement » (figure 3) qui en reprend toutes les données : où, quand, comment ? A l'opérateur d'en confirmer la véracité et la suite à donner, soit en lançant le plan d'action automatiquement (pilotage des équipements et information des partenaires : service départemental d'incendie et de secours (SDIS), PC Coraly<sup>(1)</sup>, Criter<sup>(2)</sup>, préfet, ...), soit en le validant action par action en fonction de leur pertinence.

<sup>(1)</sup> PC Coraly : coordination et régulation du trafic sur les voies rapides de l'agglomération lyonnaise. Organisation qui, à l'aide de technologies informatiques et électroniques avancées, vise à améliorer la circulation sur les voies rapides de l'agglomération lyonnaise.

<sup>(2)</sup> PC Criter : poste central de gestion du trafic et des feux de circulation du Grand Lyon. Il gère en temps réel le trafic routier sur les 2 400 km de voiries de l'agglomération et la mise en place de la priorité aux transports en commun.

Parmi ces actions, sont inclus par exemple les alertes téléphoniques, mail, SMS, fax, ainsi que l'insertion de messages radio sur la bande FM. Selon l'urgence de l'événement, les actions peuvent être envoyées simultanément.

Le plan d'intervention et de secours (PIS), « bible » des opérateurs, reste affiché durant toute la durée de l'intervention.

En cas d'incendie - seul cas où le scénario d'action est totalement automatique - un tunnel comme celui sous Fourvière est entièrement mis en sécurité en deux minutes : cette réactivité optimale est une garantie de sécurité,

une leçon tirée du tragique accident du tunnel du Mont-Blanc en 1999.

Quand l'événement a été traité, la fiche événement retrace l'historique de toutes les actions menées et des décisions prises et en constitue le rapport, envoyé au Centre d'études des tunnels (CETU), pour nourrir ses études statistiques.

Sont donc regroupés sur le poste de conduite tous les métiers de la supervision et de la mise en sécurité du tunnel : vidéo, réseau d'appel d'urgence, téléphonie, interfaces automatisées avec les partenaires du Grand Lyon

(PC Coraly et PC Criter), dispositif de protection des travailleurs isolés, etc.

Le nouveau système regroupe sur 4 écrans la gestion de tous les événements de tous les tunnels lyonnais. Auparavant, il en fallait presque 3 fois plus.

« La principale nouveauté de ce SITG est qu'une grande partie des fonctions sont paramétrables » (figure 4), expose Eric Baronnet. « C'était l'un des critères du cahier des charges.

Ce qui rend le système très évolutif, puisque l'on peut aussi créer de nouvelles règles ou des combinaisons d'alarmes et que

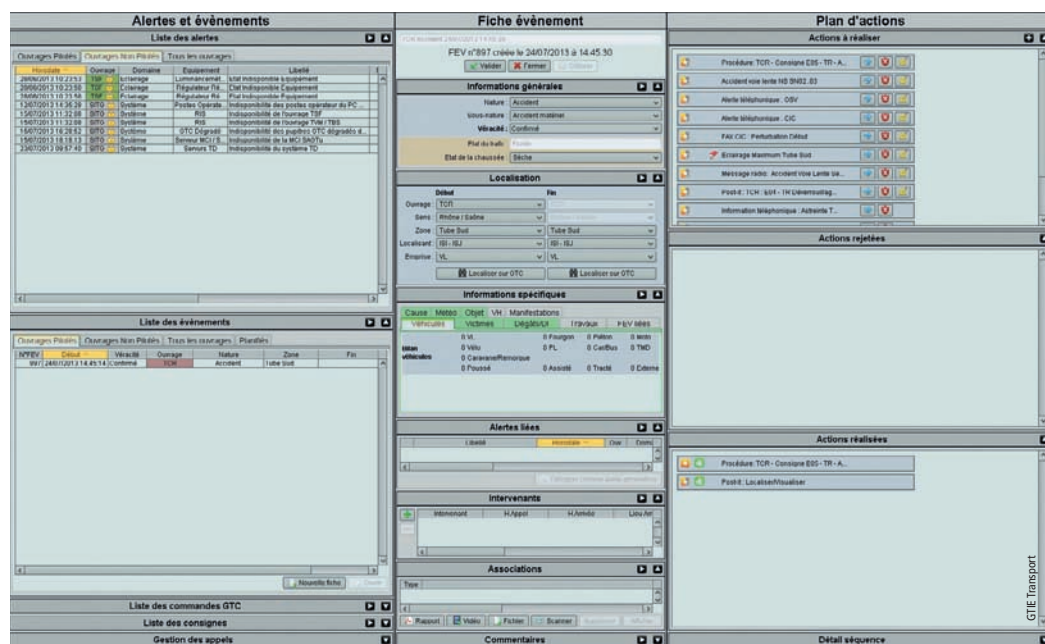


Figure 3  
Fiche événement via la main courante informatisée  
Event data sheet via computerised handrail

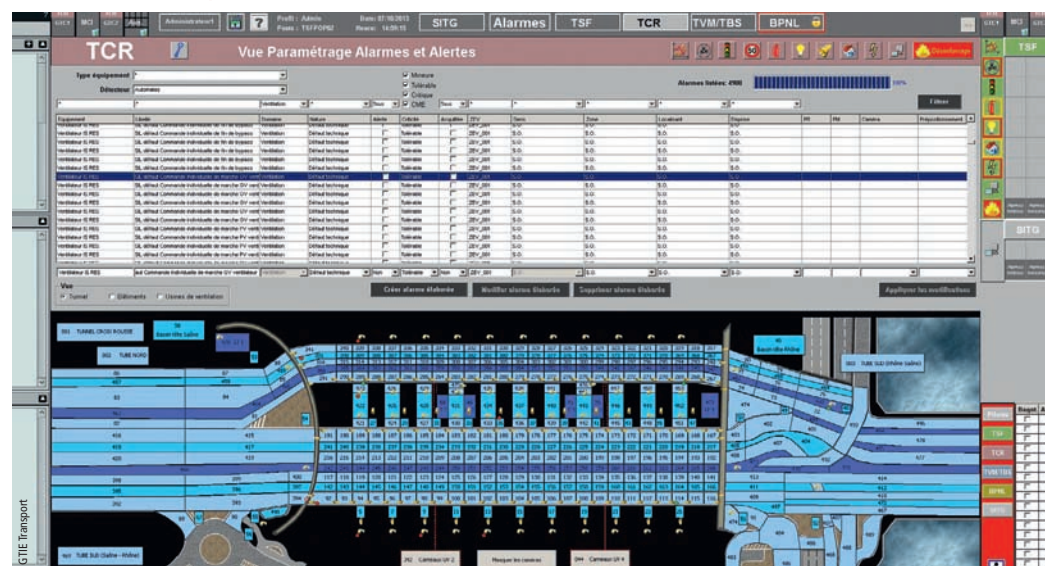


Figure 4  
Vue de paramétrage  
View of parameter data

*l'exploitant de l'ouvrage, sans connaissance informatique particulière, intègre les évolutions du PIS ou des optimisations de procédures d'exploitation du tunnel».*

Dès la phase prototype, la conception du système a été orientée pour rendre la majeure partie des fonctions directement paramétrables par l'exploitant. Cela concerne en particulier tous les champs de définitions des alarmes-alertes, les zones événements, le contenu des scénarios d'exploitation, la gestion des équipements vidéo et du mur d'images ainsi que l'ensemble des règles d'exploitation du système.

L'exploitant peut ainsi créer ses propres alarmes (figure 5) : par exemple, une alarme « pré-somption d'incendie » si un arrêt de véhicule devant une niche de sécurité se combine avec un décroché d'extincteur. L'application a été livrée par GTIE Transport avec le paramétrage initial construit sur les procédures d'exploitation en vigueur. Le retour d'expérience des utilisateurs le fera ensuite évoluer et « grandir » par un simple complément de paramétrage.

Le responsable d'exploitation peut paramétrer des séquences sur mesure pour les besoins de l'exploitation, par exemple, pour piloter des ouvertures successives de barrières lors d'une réouverture de tunnel. Des modèles de messages peuvent aussi être créés pour les panneaux à messages variables (PMV) ou des actions de communication (SMS, mail, fax).

Thierry Carpentier, ingénieur principal et adjoint au chef du service des tunnels du Grand Lyon, le maître d'ouvrage, a suivi tout le déroulement du projet. Son service, composé de cinquante personnes, a pour mission d'exploiter et de maintenir les quatre tunnels du centre-ville lyonnais, de piloter le suivi du délégataire pour les quatre autres ouvrages de l'agglomération et d'assurer la rénovation de l'ensemble.

Pour lui, l'avantage est rapidement apparu, dans le tunnel sous Fourvière, le premier à utiliser le SITG. « *Le nouveau système nous avertit immédiatement lorsque nous nous trouvons en conditions minimales d'exploitation (CME) et que l'ouvrage, par conséquent, doit être fermé, notamment lorsque la fonction de ventilation incendie n'est pas assurée. La synthèse est immédiate alors qu'auparavant nous devions recouper toutes les informations nous-mêmes. Sous Fourvière, cela s'est déjà produit à deux reprises par le passé. Le temps gagné est précieux : l'ouvrage est fermé au plus tôt pour traiter l'incident* ».

## Le projet SITG en quelques données

**Maître d'ouvrage :** Grand Lyon - Service voirie des tunnels  
**Assistant maîtrise ouvrage technique :** Egis  
**Maîtrise d'œuvre intégrée :** Setec ITS

**Nombre de tubes supervisés :** 10  
**Nombre de tubes exploités :** 6  
**Nombre d'informations terrain :** 200 000

**Durée de réalisation :** 54 mois répartis entre 11 mois de phase de conception et 43 mois de réalisation

**Démarrage du projet :** mai 2009  
**Mise en service phase 1 (Tunnel sous Fourvière) :** novembre 2012  
**Mise en service phase 2 (BPNL - Trémies Brotteaux-Servient et Vivier-Merle) :** mars 2013  
**Mise en service phase 3 (Tunnel Croix-Rousse Tube routier) :** septembre 2013  
**Mise en service phase 4 (Tunnel Croix-Rousse Tube mode doux) :** décembre 2013

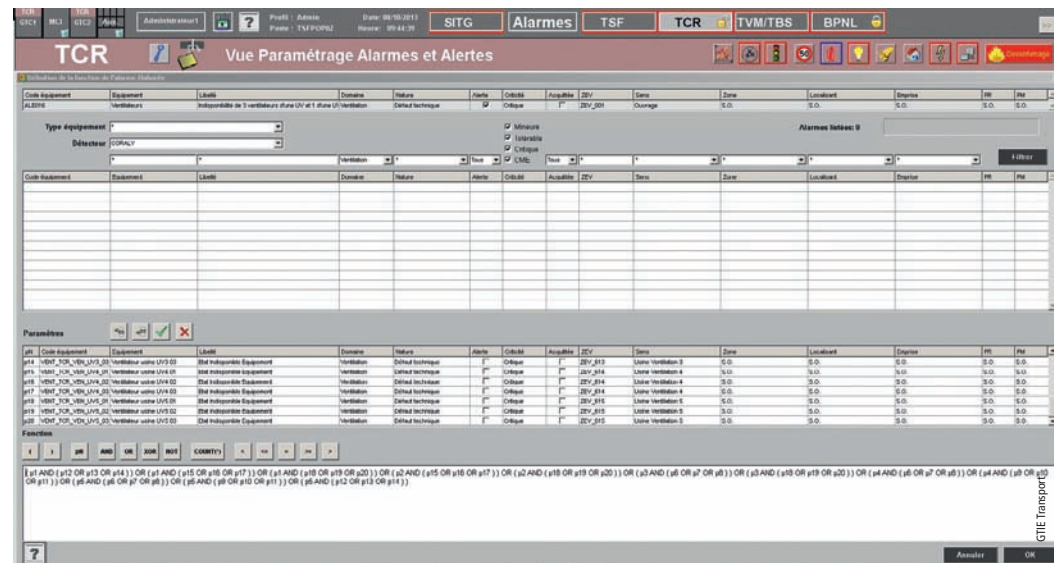


Figure 5  
**Vue de création – modification d'alarmes élaborées**  
**View of creation – modification of generated alarms**

## A l'épreuve des faits

La prise en main du SITG se base sur une interface intuitive, très imagée, qui reprend de nombreux repères visuels des précédents systèmes d'exploitation (figure 6).

Menée au démarrage du projet en concertation avec l'exploitant ainsi que les nombreuses présentations de maquettes à l'exploitant, l'étude d'ergonomie a cerné au mieux les besoins et contraintes de ce dernier.

Le SITG comprend aussi un outil de simulation, pour développer la formation permanente et des formulaires (questionnaires à choix multiples (QCM)) d'entraînement pour les opérateurs.

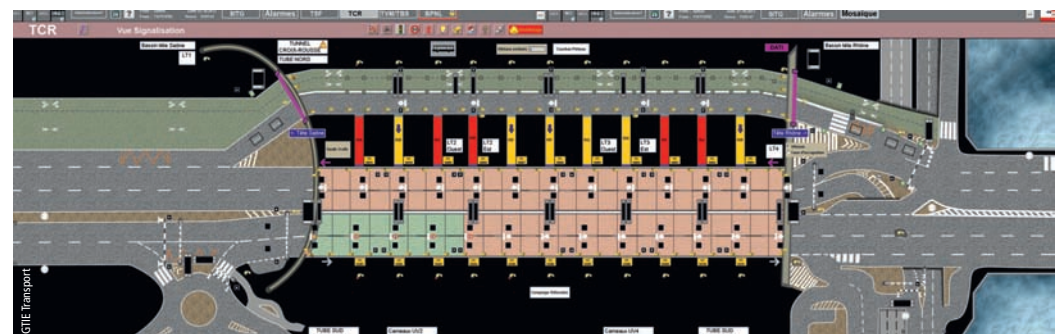


Figure 6  
**Synoptique de signalisation ouvrage Croix-Rousse**  
**Croix-Rousse facility signal block diagram**



Une fonction «magnétoscope» du SITG quant à elle revient très précisément sur les conditions de traitement de certains événements importants et le comportement des opérateurs face à ces situations de crise. Ce retour en arrière analyse, avec le recul nécessaire, la justesse des règles paramétrées dans le système pour, au besoin, les améliorer.

Sébastien Morin, chef de projet chez GTIE Transport, responsable de l'installation et de la mise en service du projet SITG, a supervisé la rédaction des manuels et la formation des 24 opérateurs du Grand Lyon. GTIE Transport les accompagne également grâce à une assistance 24 h/24 h pendant dix jours lors de la prise en main «surtout pour le tunnel de la Croix-Rousse où la rénovation a triplé les équipements (photo 5).

Et Thierry Carpentier de conclure : « Nous savons d'expérience qu'il faut plusieurs mois de prise en main complète sur un système de ce type, pour en maîtriser les fonctions les plus complexes. Mais dès à présent, nous sommes très satisfaits de la souplesse d'utilisation de ce nouveau SITG. Nous avons également été très agréablement surpris de la facilité avec laquelle ce système a été migré sur nos ouvrages en exploitation, dès la 1<sup>re</sup> phase avec tunnel sous Fourvière qui s'est faite sans problème ». ■



#### Tunnels of Lyon Tunnel safety Information system

Since 2 September 2013, when the Croix-Rousse road tunnel was reopened, a new-generation service has been managing the safety network of all Lyon urban tunnels: the Greater Lyon tunnel information system (SITG). Greater flexibility, greater reactivity, and increased safety for users are among the advantages of the SITG dealt with in this article.



Photo 5  
Exemple d'équipements en tunnel  
Example of tunnel equipment

Beaucoup de fonctions d'assistance sont proposées automatiquement aux opérateurs, ce dont ils n'avaient pas l'habitude auparavant. Le côté paramétrable rend la prise en main plus délicate que sur un système d'exploitation classique», reconnaît-il.

## AUTEURS

Eric Vollemaere  
Directeur  
Recherche et développement  
Groupe Lhotellier Ikos

Philippe Pirquin  
Vice-président  
Commercial marketing  
communication  
Groupe Lhotellier Ikos



Pas encore revêtue, la grave-émulsion à base d'agrégats d'enrobés rime avec une autre technique en faveur du développement durable (voie communale d'Ardouval sur la Communauté de communes du Bosc d'Eawy, 76)

Not yet paved, this emulsion treated roadbase using asphalt aggregates is in keeping with a technique in favour of sustainable development (communal roadway of Ardouval in Bosc d'Eawy Community of communes of Seine-Maritime region)

## L'entretien par une technique bitumineuse à froid associée à du recyclage

### Une réponse à la transition énergétique et à l'empreinte carbone

De nombreuses voies communales, à l'origine voies de desserte pour les activités agricoles, sont en plus devenues des axes intercommunaux importants pour les particuliers se déplaçant quotidiennement d'une commune à l'autre. Ces derniers souhaitent le faire en toute sécurité et avec un maximum de confort.

Or, les voies communales à caractère rural sont plutôt relativement étroites ; elles présentent couramment un profil en travers très bombé et elles sont souvent bordées d'accotements plus ou moins en surélévation. Par temps humide, on observe souvent des stagnations d'eau en rives qui affaiblissent les caractéristiques mécaniques de la structure de chaussée et conduisent rapidement à des désordres qu'il faut inlassablement réparer dans l'urgence.

Cet article propose une solution souple de remise en état et de renforcement de ces chaussées. C'est aussi un encouragement à privilégier une technique qui le mérite, particulièrement en cette époque où transition énergétique et empreinte carbone sont d'actualité.

#### Une structure de chaussée inadaptée au trafic actuel

Lors des auscultations de ces voies communales, on y observe généralement une structure très pauvre, de type souple à base de granulats locaux dans lesquels sont incrustés des matériaux de réparation de fortune de plus ou moins bonne qualité. Il n'est pas rare que l'épaisseur de matériaux granulaires ne dépasse pas 20 à 30 cm et qu'elle soit plus faible encore en rives. L'hétérogénéité de la surface de ces chaussées,

marquées par les nombreuses réparations ponctuelles et par des fissurations, nécessite périodiquement la mise en place d'un nouvel enduit superficiel qui ne corrige pas le profil en travers. La reconstruction complète de la chaussée est généralement impossible du point de vue économique. Mais il faut toutefois la reprofiler pour limiter sa dangerosité, ce qui contribuera aussi à améliorer les écoulements d'eaux vers des exutoires et finalement à assainir la chaussée. Compte tenu de la pauvreté des structures de telles voies

communales, leur rechargement est aussi préconisé. Il peut s'agir d'un rechargement dit « à zéro à l'axe » où l'épaisseur de matériaux d'apport commence à 0 au voisinage de l'axe, et s'accroît progressivement en s'en écartant pour dépasser parfois 10 cm en rives pour les chaussées les plus bombées. Dans ce cas, la chaussée ne sera aucunement renforcée en axe et on parlera alors de travaux ou d'usage de matériaux « de reprofilage ». Assez souvent la structure de la voie n'est plus en concordance avec l'importance du trafic, par

exemple suite à l'alourdissement des convois agricoles, à la densification de l'habitat ou à l'implantation de nouvelles installations industrielles qui conduisent progressivement à un trafic T5 (10 à 25 PL/j) voire T4 (25 à 50 PL/j) alors que l'on n'observait que quelques passages de tracteurs et de véhicules légers une dizaine d'années plus tôt. Il convient alors de renforcer la chaussée, ce qui peut être fait en majorant l'épaisseur de la structure par l'apport d'une couche de matériaux, dits « structurants ».

# Entretien Réseau secondaire

## Le retour d'un matériau économique et écologique

Il existe un matériau pour lequel les deux précédents usages ont été distingués dans la norme XP P 98-121 [1] : la grave-émulsion (GE). Il s'agit d'un matériau qui a fait ses preuves il y a de nombreuses années, la première directive du ministère de l'Équipement avait ainsi pu être publiée en décembre 1974 [2] pour en encadrer l'usage en assises de chaussées. Malheureusement, la normalisation de 1993 sur ce produit [3] était peu explicite en classant les GE sous forme de types numérotés difficilement assimilables pour certains utilisateurs potentiels. Puis, la GE est presque tombée dans l'oubli dans certaines régions riches en postes d'enrobage, cela au profit des enrobés à chaud qui, d'une part semblent plus sécuritaires pour ceux qui ont acquis la maîtrise de la mise en œuvre au finisseur et qui, d'autre part, présentent une allure plus sophistiquée pour le client. Aujourd'hui, le contexte a changé sur de nombreux points. Les préoccupations environnementales sont en faveur des techniques économes en énergie et peu émettrices de gaz à effet de serre (GES), donc des techniques dites à froid.

Les études relatives à l'hygiène et à la santé se précisent : le communiqué du 11 septembre 2013 de l'ANSES [4] fait des recommandations pour réduire les expositions des travailleurs aux émissions de liants bitumineux, dont la nécessité de réduire les émissions de gaz et de vapeur. Ce communiqué fait suite à un rapport d'expertise collective [5] où l'on peut lire au chapitre 11 Recommandations : « *Sélectionner les produits (bitumes, additifs, etc.) et procédés d'application les moins exposants (au regard des connaissances disponibles) : ... Privilégier les émulsions de bitume permettant la réduction des fumées émises en travaillant « à froid » en dessous de 60 °C... ».*

Enfin, la technique GE a fait des progrès significatifs grâce à ceux qui ont continué à lui faire confiance. La RGRA s'est largement fait l'écho des fruits d'un

programme de recherche coopératif sur le comportement et l'étude des GE par une série de 12 articles publiés entre septembre 2011 et juin 2012 et repris dans un numéro spécial [6]. L'une des suites est la publication prochaine de la nouvelle norme NF P 98-121 [7] qui remplacera la XP P 98-121 [1].

Pour que la GE reprenne toute la place qu'elle mérite, il ne manquera plus que les nouveaux guides techniques relatifs au dimensionnement des chaussées à faible trafic et au renforcement des chaussées sur lesquels l'IDRRIM travaille.

## Développer l'utilisation des matériaux bitumineux à froid avec incorporation d'agrégats d'enrobés

Le groupe LHOTELLIER IKOS participe activement à la promotion des GE car il est conscient de tous leurs avantages, précédemment cités. Il s'intéresse aux chantiers où la technique GE était prévue en solution de base et il propose la GE en solution variante, chaque fois que le contexte y est adapté. Il répond aussi aux collectivités qui assurent elles-mêmes des travaux d'entretien en leur fournissant la GE dont elles ont besoin.

A cet effet, le groupe LHOTELLIER IKOS s'est doté d'une usine de liants en 2008, exploitée sous le nom NEW ROAD, pour alimenter ses centrales de recombinaison exploitées sous l'entité SAMOG, lesquelles ont été tout spécialement ré-équipées pour produire des GE et des bétons bitumineux à l'émulsion (BBE) (photo 1).

Depuis plusieurs années, le groupe a également fait un autre choix : privilégier le recyclage des agrégats d'enrobés (AE) dans les techniques bitumineuses à froid. Cela était principalement motivé par trois avantages :

- En ne réchauffant pas les agrégats, celui d'éviter d'émettre des vapeurs de substances plus ou moins nocives initialement présentes ou emmagasinées dans les vieux enrobés. D'ailleurs, dans la série des guides du SÉTRA sur l'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière, celui (en instance de publication) relatif aux déchets du BTP fera une première différence entre des agrégats acceptables en techniques à chaud et d'autres qui ne peuvent plus l'être qu'en techniques à froid.
- En région rurale, celui de ne pas s'obliger à transporter systématiquement des fraisats d'enrobés sur de longues distances jusqu'aux postes d'enrobage à chaud.

• Celui de permettre du recyclage d'AE à taux élevé, voire jusqu'à 100 % de la partie granulaire, sans devoir faire des investissements importants peu justifiés en secteur rural. Toutefois, le groupe limite volontairement à 50 % le taux d'AE dans les GE, d'une part pour en faire bénéficier la quasi-totalité des formulations de GE qu'elle produit et d'autre part pour que la GE présente encore suffisamment de souplesse pour son usage en reprofilage. Cela ne lui interdit pas de réaliser du recyclage en place à l'émulsion où 100 % d'une couche bitumineuse peut être revalorisé sans le moindre transport pour produire l'équivalent d'une nouvelle couche de GE.

## Plusieurs communautés de communes, deux façons de faire, un même besoin

Dans le département de l'Eure, la Communauté de communes des Andelys et de ses environs (CCAE) présente la particularité d'avoir un important retour d'expérience sur la mise en œuvre de GE en entretien de son réseau par ses propres moyens. Elle réalise des campagnes de plusieurs jours de reprofilage de chaussées en GE entre les mois d'avril et de juin de chaque année, ce qui lui permet de la revêtir par un enduit superficiel pendant l'été.

Dans le département de la Seine-Maritime, les Communautés de communes contiguës du Bosc d'Eawy (CCBE) et du Moulin d'Ecalles (CCME) ont fait confiance à l'agence EBTP du groupe LHOTELLIER pour appliquer de la GE en reprofilage sur plusieurs de leurs voies communales. Cela donnait suite à un premier chantier expérimental de l'année précédente et devait valider la technique pour les années suivantes. Cet objectif a été atteint (voir ci-après le témoignage de Joël Leroy). Le marché correspondant comprenait aussi la réalisation d'un enduit superficiel après le mûrissement de la GE.

Le point commun entre ces travaux consiste à reprofiler des voies relativement étroites où il est difficile d'approvisionner par semi-remorques.



Photo 1  
Centrale avec ligne spécifique d'enrobage à froid à l'émulsion de bitume, SAMOG à Argœuves (80)  
Mixing plant with specific cold-mix bitumen emulsion line, SAMOG in Argœuves (Somme region)

L'on peut mettre ici en évidence un autre avantage de la GE : sa stockabilité temporaire. La GE peut ainsi être livrée par semi-remorque sur une plate-forme proche des chantiers (photo 2).



Photo 2  
**Mise en dépôt très provisoire de la GE avant rechargement sur des petits camions adaptés à l'accessibilité des chantiers (pour travaux de reprofilage sur la Communauté de communes du Bosc d'Eawy)**

**Very short-term stocking of emulsion-treated roadbase material before reloading onto small lorries able to access worksites (for resurfacing projects in Bosc d'Eawy Community of communes)**

Elle est généralement rechargée le jour même dans des camions-benne rigides les mieux adaptés à 2, 3 ou 4 essieux capables de faire de longues et rapides marches arrière dans des chemins étroits. La mise en œuvre peut aussi démarrer tôt le matin à partir de ce qui a été approvisionné dans l'après-midi la veille et, en cas d'intempéries subites, la GE livrée peut être protégée en attendant la reprise du lendemain si nécessaire. Quand on sait qu'une GE transportée par semi-remorque sur une longue distance a toujours tendance à se tasser puis, lors du déchargement, à glisser des bennes par paquets relativement compacts, on devine aussi l'avantage que procure la reprise sur stock de faible hauteur et le chargement qui re-foisonne la GE et facilite ensuite sa mise en œuvre.

## Entretien du réseau de la CCAE (27)

La CCAE a lancé son marché de fourniture de GE en juillet 2011.

La société SAMOG a été retenue et a ainsi fourni près de 1 350 t en 2012 et 1 300 t en 2013. Il s'agissait de GE 0/6. Pour la mise en œuvre, les services techniques ont mis au point, fabriqué et utilisé leur propre matériel. Conçu sur des bases peu coûteuses, il permet de régaler la GE à cadence respectable de près de 120 t/j, soit une vitesse d'avancement de 400 à 500 m de voie par jour. Sur chaque côté de la voie à reprofiler, une première bande de près d'un mètre de large est généralement mise en œuvre à 0 du côté de l'axe puis une seconde est calée sur la première pour combler les creux et l'excès de dévers du côté de la rive (photos 3 et 4). Le matériel permet une mise en œuvre régulière en ne travaillant qu'une fois le matériau et en évitant ainsi de créer de la ségrégation. Le calibrage du reprofilage est parfaitement maîtrisé en largeur par le dispositif de régulation. Le compactage est assuré avec un compacteur tandem vibrant précédé par des allers et retours d'un camion en charge conduit avec une dextérité impressionnante.



Photo 3  
**Dispositif de mise en œuvre de la CCAE, avec, sur l'avant du tracteur, le système d'alimentation dans lequel les camions déversent leur chargement de GE CCAE community laydown system with tractor-mounted feed into which lorries deliver emulsion-treated roadbase (GE)**



Photo 4  
**Réglage de la GE par l'appareillage de nivellement porté sur l'arrière du tracteur, avec accompagnement par l'équipe des services techniques communautaires de la CCAE Adjustment of emulsion-treated roadbase by levelling system carried on rear of tractor, accompanied by crew of CCAE community technical services**

## Témoignage

Dans le passé nous retirions le bombé des routes pour les remettre en forme mais cela les fragilisait plus qu'autre chose. Dans le cadre des reprofilages de chaussées, nous avons donc décidé de les recharger là où le trafic les avait affaissées pour les renforcer à ces endroits les plus sollicités.

Le meilleur produit que nous avons trouvé pour cela est la grave-émulsion. C'est un matériau souple qui s'auto-répare au fur et à mesure des petites déformations difficiles à empêcher pour nos petites voies communales, car leurs structures restent relativement peu épaisses et le sol qui les supporte est souvent de mauvaise qualité.

La grave-émulsion est aussi un matériau particulièrement maniable que nous pouvons stocker jusqu'à trois jours. Sa souplesse d'emploi permet à notre équipe technique intercommunale de la mettre en place avec un matériel spécifique conçu et fabriqué par elle-même sur la base d'équipements simples qu'elle connaissait. Elle peut ainsi dresser une nouvelle surface uniforme avec une efficacité dont elle peut être fière. Ensuite il n'y a plus qu'à appliquer 3 semaines plus tard l'enduit de finition qui donne l'adhérence indispensable.

Arianne Roger  
 Chef des services techniques de la CCAE

# Entretien Réseau secondaire

## Près de 10 kilomètres de chemins remis en état avec la GE sur les CCBE et CCME (76)

Il a été décidé de réaliser un reprofilage en pleine largeur avec près de 2 à 3 cm de GE en axe, ou un peu plus si nécessaire pour adoucir des défauts ponctuels de profil en long. Le nouveau profil en travers en toit a été obtenu par une mise en œuvre au finisseur permettant de sortir en un seul passage une nouvelle chaussée parfaitement calibrée sans ségrégation de la GE (photos 5 et 6).

Il s'agit d'une GE 0/14 formulée avec 50 % d'AE qui présente une bonne qualité structurante tout en étant particulièrement bien adaptée au reprofilage. Compte tenu de la faible épaisseur de GE à l'axe de la voie, l'entreprise EBTP a préconisé la mise en place d'une couche d'accrochage à l'émulsion de bitume avant l'application de la GE qui a débuté le 29 juillet 2013. Une moindre consommation de GE sur les premières sections et l'entière satisfaction du client lui a permis de demander à l'entreprise de faire de même en prolongement de certaines voies déjà traitées.

Ce sont finalement près de 10 kilomètres de voies déformées qui ont été reprofilées en GE.

Par sa formulation, la GE employée ne nécessite aucune protection par couche de scellement et peut attendre ainsi la mise en place de la couche de roulement. Les voies auraient pu être rouvertes à la circulation des véhicules légers dès le lendemain de l'application mais il a été décidé de les barrer entièrement pour éviter les passages agressifs d'engins agricoles pendant les 15 premiers jours de maturation.

S'il n'a pas été possible d'éviter quelques passages prématurés de ces engins au début des récoltes, on a toutefois pu constater que les tracteurs n'avaient laissé que quelques traces de salissures sans que les pneumatiques les déforment (photo 7).

Un enduit superficiel de type monocouche prégravillonné a ensuite été mis en œuvre à la fin du mois d'août pour constituer la couche de roulement définitive (photos 8 et 9).



Photo 5  
Mise en œuvre de la GE au finisseur (sur voie communale de La Crique dans la CCBE)  
Application of emulsion-treated roadbase (GE) by paver finisher (on La Crique communal roadway of Bosc d'Eawy CCBE)



Photo 6  
Aspect de la chaussée après la mise en œuvre de la GE au finisseur (sur voie communale de Grigneuseville dans la CCBE)  
Appearance of pavement after application of GE roadbase by paver finisher (on communal roadway of Grigneuseville in CCBE)



Photo 7  
Aucune déformation au passage au très jeune âge sur la GE encore non revêtue  
No early-age traffic deformation on as-yet-unpaved GE roadbase



Photo 8  
GE une fois revêtue par un enduit superficiel prégravillonné sur une voie communale de Grigneuseville dans la CCBE (76)  
GE roadbase once paved with pre-chipped surface dressing on communal roadway of Grigneuseville in Bosc d'Eawy CCBE (Seine-Maritime region)



Photo 9  
Gros plan sur l'enduit superficiel de type monocouche prégravillonné  
Close-up of pre-chipped single-layer surface dressing

## Témoignage

En tant que Responsable service voirie, j'ai en charge la gestion d'un patrimoine routier communal représentant un linéaire de 420 km répartis sur 56 communes.

La majorité de ces voies est constituée d'une structure souple de faible épaisseur (entre 20 et 25 cm) et supporte un trafic qui évolue en permanence, notamment en milieu rural avec des engins agricoles de plus en plus lourds.

Cela entraîne des dégradations superficielles et structurales de nos voies qui se traduisent par un fort faïencage des revêtements et un orniérage plus ou moins important des bandes de roulement.

Pour répondre à cette problématique d'entretien des routes et dans un contexte financier qui se fragilise depuis ces dernières années, nous avons décidé de rechercher des techniques plus économiques et adaptées à nos besoins afin d'atteindre un niveau de service satisfaisant de notre réseau routier qui reste un atout économique local très fort.

A cet effet, nous avons réalisé l'an passé à titre expérimental un chantier de reprofilage de chaussée en GE, recouvert d'un enduit bicouche gravillonné (scellement + monocouche 6/10).

Les premiers résultats étant satisfaisants, nous avons décidé en 2013 de renouveler cette technique à plus grande échelle, notamment sur la Communauté de communes du Bosc d'Eawy où l'entreprise EBTP de Blangy-sur-Bresle, adjudicataire du marché, a mis en œuvre 2 200 tonnes de GE sur 10 chantiers différents.

En effet, ce matériau très adapté pour le reprofilage des chaussées permet de passer des épaisseurs très faibles en axe de chaussée tout en rechargeant les bandes de roulement. Cette technique à froid offre également un meilleur confort d'utilisation (stockage et reprise possible en cas d'intempéries, agressivité réduite pour les ouvriers chargés de la mise en œuvre, plus écologique, ...) et présente une certaine souplesse aux contraintes physiques du trafic en adéquation avec les structures en place (retardement de la fissuration et du faïencage).

Enfin, la réalisation d'un enduit superficiel constitué d'un prégravillonnage 10/14 suivie d'un monocouche 6/10 proposé par l'entreprise EBTP a permis d'obtenir une bonne étanchéité et une adhérence du support.

*La présidente de la CCBE, Chantal Biville, a également fait part de sa satisfaction et de celle des élus concernés, non seulement quant à la méthode employée, mais aussi quant à l'aspect économique certain pour la collectivité. Sans aucun doute, cette technique a fait l'unanimité, si l'on considère aussi le retour positif perçu auprès des riverains.*

Cette technique qui répond d'une manière très satisfaisante à notre problématique sera reconduite pour 2014 et certainement les années à venir sur une bonne partie de notre réseau.

Joël Leroy  
Technicien principal territorial,  
Responsable voirie  
sur 3 Communautés de communes  
(dont la CCBE et la CCME)

## Conclusion

Cet article démontre que la grave-émulsion présente aujourd'hui de nombreux atouts pour reprofiler, voire restructurer, les voies communales malmenées par le temps et par un trafic toujours plus lourd et plus important. La mise en œuvre avec des matériels permettant une application précise améliorera aussi la sensation que chacun peut avoir de ce matériau qui est ici parfaitement adapté. La GE n'a rien à envier aux enrobés à chaud traditionnels, ni aux enrobés plus ou moins tièdes, dont l'emploi n'aurait pas été approprié dans les cas ici traités. ■



### **Maintenance using a cold-mix asphalt technique associated with recycling Response to energy transition and carbon footprint issues**

*Many communal roadways, originally service roads for agricultural activities, have also become major intercommunal routes for individuals travelling daily from one commune to another and wishing to do so in full safety and maximum comfort. However, such communal roadways in rural areas are relatively narrow; they currently exhibit a highly domed cross section and often have more or less raised shoulders. In wet weather, one often observes water stagnations on roadsides which weaken the mechanical properties of the pavement structure and lead rapidly to disorders constantly calling for emergency repairs. This article proposes a flexible solution for the repair and overlaying of such pavements. It also serves as an encouragement in favour of trustworthy techniques, particularly at a time when energy transition and carbon footprint are important issues.*

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Norme XP P 98-121, Assises de chaussées, Graves-émulsion – Définition – Classification – Caractéristiques – Fabrication – Mise en œuvre, février 2005
- [2] Directive pour la réalisation des assises de chaussée en graves-émulsion, SETRA/LCPC, décembre 1974
- [3] Norme NF P 98-121 Assises de chaussées, Graves-émulsion – Définition – Classification – Caractéristiques – Fabrication – Mise en œuvre, novembre 1993
- [4] Communiqué de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). <http://www.anses.fr/fr/content/bitumes-1%E2%80%99anses-formule-des-recommandations-pour-r%C3%A9duire-les-expositions-des-travailleurs>
- [5] Evaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation professionnelle des produits bitumineux et de leurs additifs, Rapport d'expertise collective, saisine « n° 2008-SA-0410 Bitumes », ANSES août 2013 (disponible sur le même site électronique que [3])
- [6] Revue générale des routes et de l'aménagement (RGRA), numéros 896 (septembre 2011) à 902 (juin 2012) et hors-série European roads review (ERR) « Spécial Issue 2 » de juin 2012 : Enrobés à l'émulsion, comportement et études des graves-émulsion – Coopération public-privé, vers une méthode complète de formulation
- [7] Projet de norme, Pr NF P 98-121 du 04/11/2012 : Assises de chaussées - Grave-émulsion - Définition - Classification - Caractéristiques - Fabrication - Mise en œuvre

## AUTEURS

Philippe Poilane  
Ingénieur assistance technique  
Délégation Centre-ouest  
Eurovia

Luc Moussu  
Directeur technique  
Délégation Centre-ouest  
Eurovia

Bruno Taillis  
Cadre technique  
Délégation Sud-ouest  
Eurovia

Denis Bertaud  
Directeur technique  
Délégation Sud-ouest  
Eurovia

Frédéric Delfosse  
Chargé d'affaires  
Centre de recherche  
Eurovia

Emmanuel Chevalier  
Cadre technique  
Centre de recherche  
Eurovia

Bernard Eckmann  
Ingénieur  
Direction technique  
Eurovia



## Viaself® Fv et Ecolvia®

### Des solutions pour l'entretien des voiries

L'article présente deux produits répondant aux exigences techniques spécifiques à l'entretien routier tout en ayant également une forte valeur ajoutée vis-à-vis des impératifs de développement durable.

La gamme des produits Viaself® Fv, destinée aux chaussées à faible trafic, est constituée par des enrobés incorporant un liant fluxé avec une huile d'origine végétale. Sans émissions dans l'environnement, ils sont d'une grande flexibilité d'emploi (couches de roulement, de reprofilage, réparations localisées, application différée dans le temps), et se caractérisent par de faibles températures de fabrication et de mise en œuvre.

La seconde technique est celle des bétons bitumineux à froid à l'émulsion (BBFE) Ecolvia® pour couches de roulement. Des progrès constants dans la formulation des émulsions, ainsi que dans la maîtrise de l'enrobage (sans étape de chauffage) et de la maniabilité ont fait émerger une nouvelle génération de produits capables de s'adapter à des natures de granulats bien plus variées que par le passé tout en maintenant l'intégralité des avantages environnementaux de l'Ecolvia. Des résultats obtenus après 2 ans lors du suivi de chantiers expérimentaux sur voiries à faible trafic sont présentés et discutés. Ils laissent envisager avec optimisme le développement futur de cette technique.

### Introduction

« Qui peut le plus peut le moins ». Comme chacun, l'ingénieur routier souscrit à cet adage et tend à privilégier les enrobés à chaud « haut de gamme » dès lors qu'il s'agit de renouveler une couche de roulement. Et pourtant, l'entretien du réseau routier secondaire représente un volume de travaux considérable pouvant tout à fait se satisfaire de produits alternatifs souvent bien mieux adaptés aux besoins spécifiques des chaussées à faible trafic. Basés sur des techniques tièdes ou à l'émulsion, ces produits ont également une forte valeur ajoutée en termes de réduction des coûts énergétiques et des impacts environnementaux.

Dans ce domaine, l'article illustre tout d'abord les possibilités offertes par des enrobés tièdes à base de fluxants végétaux. Il s'agit là d'un rappel et d'un complément à la communication sur les enrobés à emploi différé publiée en 2011 [1]. La majeure partie de l'article est consacrée aux développements récents ainsi qu'à quelques réflexions concernant les bétons bitumineux à l'émulsion (technologie à froid).

### Enrobés à emploi différé pour chaussées souples à faible trafic

En 2005, l'entreprise avait été sollicitée par le conseil général

du Morbihan (CG 56), maître d'ouvrage, pour offrir des solutions d'entretien en enrobés pour les îles bretonnes. L'enrobé devant être fabriqué sur le continent et amené à destination par bateau, il fallait trouver un produit permettant un emploi différé dans le temps. Le délai de maniabilité nécessaire (environ 12 heures) a été obtenu grâce à l'utilisation d'une huile végétale plastifiante. Fabriqué à une température d'environ 120 °C dans un poste d'enrobage à chaud, le produit a pu être appliqué jusqu'à une température minimale de 60 °C. Cet enrobé particulier a constitué le point de départ d'une réflexion globale et engendré toute la gamme des produits présentés ici.

### Exigences spécifiques de l'entretien des voiries à faible trafic – Développement des Viaself Fv

L'entretien des chaussées souples à faible trafic se caractérise par des besoins multiples qui vont de la réparation localisée (nids-de-poule) à la réfection complète de la couche de roulement, en passant par le simple reprofilage d'une chaussée déformée. Les quantités de matériaux ainsi mises en jeu sont très variables, ce qui explique l'intérêt des gestionnaires de ces réseaux pour des matériaux pouvant être stockés, et ce, d'autant plus longtemps que les quantités à mettre en œuvre par opération sont faibles.

Destinés à des chaussées souvent déformées et dégradées, les matériaux recherchés doivent également faire preuve de «souplesse». L'utilisation d'un fluxant apparaît alors comme une voie naturelle pour satisfaire à cette double exigence. En fonction de la nature de l'entretien à réaliser et du trafic attendu, la teneur en fluxant (et donc la stockabilité du matériau) ne peut cependant dépasser une certaine limite. Les considérations relatives à l'hygiène et la sécurité des travailleurs ainsi qu'à l'impact sur l'environnement ont également orienté vers des fluxants d'origine exclusivement végétale. L'optimisation de la nature et de la teneur en fluxant, conjuguée à une adaptation des compositions granulaires, a débouché sur la mise au point d'une gamme complète d'enrobés d'entretien répondant aux différents besoins :

- réfection d'une couche de roulement : Viasef® C Fv,
- travaux de reprofilage : Viasef® R Fv,
- enrobé stockable pour réparations ponctuelles : Viasef® S Fv.

L'huile végétale a été sélectionnée en fonction de son pouvoir fluxant et de sa capacité à s'oxyder après mise en œuvre. La cinétique de montée en cohésion est en effet conditionnée par cette oxydation qui contribue à la rigidification du liant fluxé (alors que dans le cas de l'utilisation d'un fluxant volatil, elle s'obtient par l'évaporation de celui-ci). Elle peut être accélérée par l'ajout d'un catalyseur (siccatif).

## Couches de roulement - Viasef C Fv

Les enrobés d'entretien pour couches de roulement sont formulés comme des enrobés classiques pour couches de roulement de granularité 0/10. Avec un module de richesse de 3,7 à 3,9, leur teneur en liant se situe aux alentours de 5,5 %. Le liant utilisé est généralement un bitume pur de grade 70/100 avec une teneur en huile végétale autorisant des délais de mise en œuvre allant jusqu'à 12 h. L'incorporation d'un «siccatif» est nécessaire pour assurer une montée en cohésion au jeune âge suffisante. Ces enrobés peu-

vent être fabriqués dans des postes à chaud classiques à une température allant de 90 °C à 110 °C. L'application s'effectue au finisseur à des températures allant de 40 °C à 100 °C. Les épaisseurs de mise en œuvre sont de 4 à 5 cm (80 à 100 kg/m<sup>2</sup>) avec application préalable d'une couche d'accrochage. Le compactage se fait avec des moyens identiques à ceux employés pour les enrobés à chaud. Ce produit a été présenté plus complètement dans un précédent article [1]. En ce qui concerne ses propriétés, il faut surtout rappeler que c'est un produit souple et que cette souplesse semble bien être conservée dans le temps, comme le montrent des valeurs de module mesurées sur un produit appliqué en 2005 (tableau 1). Ce résultat corrobore le bon comportement observé dans la pratique, à savoir l'absence de toute fissuration même sur des chaussées insuffisamment structurées et déformables (photos 1 et 2).

Après 6 ans d'expérience et plus de 25 000 tonnes appliquées, la technique a constamment illustré :

- sa facilité de mise en œuvre, que ce soit avec des moyens mécaniques ou manuels,
- son large champ d'application : voiries secondaires, urbaines, parkings, ...,
- son aptitude à restaurer, de façon durable, le revêtement de chaussées souples déformées et dégradées.

Il est néanmoins utile de rappeler qu'il s'agit d'un enrobé destiné à l'entretien de chaussées souples sous trafic faible (classes T5/T4 – maximum de 50 poids lourds en moyenne journalière annuelle) et pour lequel l'expérience acquise concerne des climats ne présentant pas de chaleurs excessives. Toute utilisation allant au-delà de ce périmètre devra donc se faire avec prudence !

## Travaux de reprofilage - Viasef R Fv

L'utilisation d'un bitume fluxé à l'huile végétale s'applique également avec succès pour des opérations de reprofilage.

	Valeurs à 8 mois	Valeurs à 5 ans
% vides moyen (gammadensimètre)	6,4	7,8
Module à 15 °C-10 Hz (compression diam.) MPa	3 929	4 102

Tableau 1  
Viasef C Fv - Propriétés mesurées sur carottes  
Viasef C Fv - Properties measured on core samples



Photos 1 et 2  
Voirie communale à Gilley avant et après réfection en Viasef C Fv  
Viasef C Fv - Before and after repair of communal roadway in Gilley (Doubs region)

Il s'agit alors le plus souvent d'un béton bitumineux 0/6 (module de richesse de 3,9 à 4,1) à base de bitume 70/100 ou 160/220. La quantité d'huile est plus importante que dans le cas du Viasef C Fv et le recours à un siccatif accélère la montée en cohésion. Ces enrobés, fabriqués à une température de 90 °C à 110 °C, peuvent être stockés et appliqués dans un délai allant jusqu'à 72 h. L'application se fait à des températures allant de 40 °C à 80 °C avec un mini-finisher ou finisseur d'intervention rapide (FIR) (photo 3) avec compactage au cylindre. Les dosages vont de 0 à 150 kg/m<sup>2</sup> (0 à 6 cm), sans couche d'accrochage. Là encore, les trafics admissibles sont bien entendu faibles (moins de 50 poids lourds en moyenne journalière annuelle).



Photo 3  
Reprofilage au finisseur d'intervention rapide (FIR)  
Resurfacing



## Réparations localisées - Viasef S Fv

Traditionnellement, les petites réparations localisées (rebouchage de nids-de-poule) sont effectuées à l'aide d'enrobés dits stockables, le plus souvent réalisés à partir de bitumes fortement fluxés (photo 4).



Photo 4  
Réparations localisées  
Local repairs

Stockés en tas, ils peuvent être utilisés sur des périodes allant de plusieurs semaines à quelques mois. Les fluxants végétaux, dont le point d'éclair est supérieur à 160 °C, présentent dans ce cas un intérêt majeur, compte tenu des problèmes de sécurité posés par le stockage à chaud de liants incorporant un fort pourcentage de fluxants volatils, dont le point d'éclair est souvent largement inférieur à 100 °C. Pouvoir stocker le matériau foisonné sur une longue durée interdit cependant le recours à un catalyseur de durcissement. Pour assurer un minimum de cohésion après mise en œuvre, il faut alors adapter la granulométrie du matériau. C'est ainsi qu'ont été mises au point des formules de type béton bitumineux 0/4 et 0/6 ouvert (passant à 2 mm compris entre 18 et 22 %, module de richesse de 3,9 à 4,1) sur base de bitume 70/100 à des teneurs en fluxant autorisant un stockage allant jusqu'à 2 mois sous abri. Ces enrobés sont fabriqués à faible température

(40 °C à 100 °C). Après mise en œuvre manuelle, ils sont damés à la main ou à la plaque vibrante.

Depuis 2005, l'entreprise produit de 15 000 à 20 000 tonnes par an d'enrobés stockables de ce type, principalement dans l'ouest et le sud-est de la France.

Il est également important de mentionner deux applications particulièrement prisées :

- une formule 0/14 utilisée pour le remblaiement des tranchées, très facile de mise en œuvre et permettant une remise en circulation immédiate,
- le conditionnement en sac de l'enrobé de finition (0/4), qui rend possible une conservation jusqu'à 1 an et utilisé notamment pour le petit entretien, les raccords, rebouchages de trous de carottage, ...

## BBFE : la progression obstinée de l'Ecolvia®

L'émulsion de bitume a toujours constitué un élément clé dans les techniques d'entretien des voiries où elle permet, notamment, la mise en œuvre de solutions à faible coût, les plus répandues étant les enduits superficiels (ESU) et les matériaux bitumineux coulés à froid (MBCF). L'émulsion trouve cependant également sa place dans les techniques d'enrobage, grâce à la flexibilité

opérationnelle qu'elle procure (centrales de malaxage facilement déplaçables, pas de contraintes liées à la température), notamment dans des zones rurales et/ou montagneuses nécessitant de longs temps de transports et dépourvues de centrales à chaud.

En France, la technique la plus ancienne et la plus éprouvée est celle de la grave-émulsion (GE). Il s'agit d'un enrobé 0/10 ou 0/14 (parfois 0/6) de granulométrie continue formulée à partir d'émulsions cationiques à rupture lente. La teneur en bitume résiduel varie d'un minimum de 3,8 % (GE de type S pour des couches de base) à environ 4,2 % (GE de type R pour le reprofilage qui sont les plus largement utilisées). Lors de l'enrobage (malaxeur à double arbre horizontal), l'émulsion rompt préférentiellement sur les fines et le sable, formant ainsi un mastic servant de ciment aux gravillons qui, eux, ne sont que partiellement enrobés. Cette structure spécifique confère d'ailleurs des propriétés bien particulières aux GE qui, malgré des teneurs en vides élevées, ont constamment démontré une remarquable durabilité (absence de fissuration sans doute due au comportement « souple » conféré par le mastic). Du fait de leur relativement faible teneur en bitume, les GE doivent cependant, en règle générale, être revêtues par une couche de roulement appropriée. L'extension de la technique d'enrobage à l'émulsion aux bétons bitumineux pour couches de roulement se heurte cependant à des problèmes bien spécifiques.

## La problématique des enrobés à l'émulsion pour couches de roulement

Afin d'en assurer la durabilité, la teneur en liant résiduel d'un enrobé destiné aux couches de roulement doit être nettement plus importante (supérieure à 5 %) que dans le cas des GE. En outre, la qualité d'enrobage devient une exigence majeure pour pallier les risques d'arrachement. Se pose alors un problème technique majeur car il est souvent extrêmement difficile, sur la

seule base de la formulation de l'émulsion, d'obtenir un enrobage parfait (notamment des gravillons), tout en maintenant une maniabilité suffisante pour le transport et la mise en œuvre. Une émulsion qui rompt trop rapidement lors de l'enrobage conduit à la formation de « boulettes » et à un enrobage imparfait des gravillons. L'enrobage reste également imparfait lorsque la rupture est trop lente avec de plus une possible perte d'émulsion lors du transport. Le processus de coalescence qui succède à la rupture ne doit pas non plus être trop avancé lors de la fabrication car il conduit à une montée en cohésion trop rapide, empêchant une mise en œuvre et un compactage corrects.

## Le développement des bétons bitumineux à froid Ecolvia

Très tôt, l'entreprise s'est impliquée dans la recherche visant à mettre au point des méthodes de formulation et d'évaluation adaptées aux spécificités des enrobés à l'émulsion. Comme évoqué précédemment, il faut en effet pouvoir apprécier l'aptitude à l'enrobage, la maniabilité ainsi que la montée en cohésion du matériau. La participation au projet européen OPTTEL [2], puis aux actions de recherche et de suivi dans le cadre de l'Union des syndicats de l'industrie routière française (USIRF) [3] et du partenariat USIRF/IFSTTAR [4] a ainsi permis d'acquiescer et de valider un certain nombre d'outils qui se sont révélés être des auxiliaires précieux pour la mise au point de ces produits.

Pour importants qu'ils soient, les outils de laboratoire ne permettent cependant pas d'appréhender l'ensemble des critères qui conditionnent la performance *in situ* d'un BBFE. Dans la pratique, en effet, ce qui importe en premier lieu est l'aspect et la tenue au jeune âge. Un aspect « gris » et des rejets de gravillons, même s'ils n'affectent pas la pérennité de l'enrobé, sont perçus très négativement par le maître d'ouvrage. La solution « de facilité » consiste alors à favoriser la maniabilité et

l'aptitude au compactage en ayant recours à un bitume fluxé. Le taux de fluxage souvent important (au-delà de 10 %) permet alors de belles réalisations, bien adaptées, grâce à leur souplesse, à la réhabilitation de chaussées dégradées. Ces solutions, qui offrent également un certain délai de mise en œuvre, restent cependant limitées aux trafics très faibles à faibles. Un taux élevé de fluxant impose quasiment *de facto* l'utilisation d'un fluxant volatil car, avec des fluxants végétaux, la stabilité de l'enrobé au jeune âge risquerait d'être compromise à cause d'une montée en cohésion trop lente. L'intérêt « environnemental » de la technique à l'émulsion est alors quelque peu compromis !

S'interdire l'utilisation de fluxants et garder ainsi tout l'avantage environnemental des techniques à l'émulsion (tout en visant une stabilité au jeune âge suffisante pour des trafics nettement plus élevés) a de ce fait été l'ambition originelle de l'entreprise. Malgré quelques succès, cette technique a cependant rapidement montré ses limites. Comme évoqué plus haut, le bon compromis entre qualité d'enrobage et maniabilité est en effet très difficile à trouver et ne s'est avéré possible qu'avec un nombre limité de granulats. Pour se donner les bases d'un véritable développement de la technique, Eurovia est parvenu à la conclusion qu'il fallait repenser l'approche, ce qui a été fait selon deux lignes directrices :

- Optimiser la qualité de l'enrobage en travaillant sur les paramètres opératoires à la centrale d'enrobage. Même en optimisant la formulation de l'émulsion, une opération d'enrobage « simple » ne donne en effet que rarement un résultat acceptable. Les centrales d'enrobage actuelles offrent de multiples possibilités, telles que la dissociation des fractions granulaires (deux bandes d'alimentation distinctes pour le sable et les gravillons, photo 5) ainsi que la possibilité d'introduire l'émulsion (voire 2 émulsions différentes) en différents points tout au long de l'arbre de malaxage. Il devient alors possible de véritablement « piloter » le processus d'enrobage et d'obtenir de bons résultats avec une palette beaucoup plus large de granu-



Photo 5  
Poste d'enrobage à l'émulsion : des installations devenues performantes  
Emulsion based mixing plant: increasingly efficient installations

lats, même « difficiles ». Cela implique pour chaque type de granulat, de compléter les études de formulation au laboratoire par une étape de mise au point du processus d'enrobage à la centrale de fabrication.

- S'autoriser le recours à un fluxant, mais en quantité limitée ( $\leq 5\%$  par rapport au bitume résiduel) et seulement en tant qu'**agent de maniabilité**. Il s'agit simplement de donner le « coup de pouce » pour qu'un mélange bien enrobé soit mis en œuvre et compacté aisément en évitant un ramollissement excessif du liant. Une faible quantité de fluxant laisse en outre envisager une montée en cohésion suffisamment rapide, même avec un fluxant d'origine végétale. Ainsi formulé avec un fluxant d'origine renouvelable et non volatil, cet enrobé de dernière génération retrouve alors l'intégralité des atouts environnementaux des techniques à l'émulsion.

### Ecolvia de dernière génération : chantiers expérimentaux

Depuis deux ans, une série de chantiers expérimentaux ont été réalisés dans le Sud-ouest et l'Ouest de la France afin de vérifier la validité de l'approche et de mieux cerner le potentiel de l'Ecolvia de dernière génération. Sont détaillés les résultats obtenus à ce jour lors du suivi de trois chantiers particuliers ayant notamment contribué à tester l'incidence de la nature et de la teneur en fluxant.

### RD 35 Meyrals (24)

Le chantier a été réalisé en septembre 2011 pour vérifier les caractéristiques d'enrobage et de mise en œuvre lors de l'utilisation d'un fluxant volatil à différentes teneurs. Un enrobage très satisfaisant a été obtenu avec un matériau se déversant et se mettant en place facilement dans le finisseur, et ce dès 4 % de fluxant (photos 6 et 7). Ce chantier a été suivi dans le temps moyennant des carottages à 15 mois et 23 mois avec mesure du module de rigidité à 10 °C - 124 ms (NF EN 12697-26 annexe C) et caractérisation du liant extrait (photo 8).



Photos 6 et 7  
RD35 à Meyrals, aperçu après la mise en œuvre  
Appearance after application



Photo 8  
RD 35 à Meyrals, carottage à 23 mois  
Core sample after 23 months

# Entretien Réseau secondaire

Les résultats sont rassemblés tableau 2. Sur la base des données disponibles, on peut essentiellement noter :

- Une certaine variabilité des teneurs en vides dont les extrêmes vont de 10 % à 19 % mais dont les valeurs moyennes se situent aux alentours de 15 %. La dispersion ainsi que le nombre limité de données ne mettent pas en évidence une incidence significative de la teneur en fluxant ou de la durée de mûrissement.
- Les valeurs de module sont elles aussi relativement dispersées avec, comme cela a souvent été observé, une relation très « lâche » avec les teneurs en vides. Là encore, qu'il s'agisse des vides ou des valeurs de module, une partie de la dispersion est sans doute une conséquence de l'hétérogénéité des caractéristiques de portance du support.
- L'incidence de la teneur en fluxant sur les valeurs du module est peu marquée.

On peut toutefois conclure que la formule à 4 % atteint plus facilement une valeur de 2000MPa après 2 étés que celle à 6 %. Ces résultats sont corroborés par les caractéristiques des liants extraits.

Si les modules obtenus peuvent paraître relativement faibles, il faut souligner qu'ils sont au moins 2 fois plus élevés que ce qui est obtenu avec des formulations « ancienne génération » à plus de 10 % de fluxant. Sur chantier, cet enrobé a parfaitement répondu aux attentes : absence de fissuration, pas d'arrachements.

## VC 12 Juillac (33)

L'objectif premier étant de rapidement substituer les fluxants « traditionnels » par un fluxant végétal, le chantier, réalisé sur une voie communale à Juillac en juillet 2012 a comparé un fluxant végétal au même fluxant volatil.

Pour tout ce qui concerne la maniabilité et la facilité de mise en œuvre, ce produit a donné des résultats en tous points comparables à ceux obtenus avec le fluxant volatil (photos 9 et 10).

Ce chantier s'est lui aussi comporté de façon très satisfaisante, sans rejets ni dégradations à ce jour (photo 11).



Photos 9 et 10  
VC 12 à Juillac, aperçu après la mise en œuvre  
Appearance after application



Photo 11  
Carottage à 11 mois  
Core sample after 11 months

### RD 35 Meyrals (24) : Utilisation d'un fluxant volatil ; Variation de la teneur en fluxant

Date de réalisation : 06-08/09/2011 ; Classe de trafic : T4 ; ~ 1 000 tonnes sur 4 à 5 cm d'épaisseur

#### Formulation

0/2 Dussac	35 %	Diorite
2/6 Dussac	25 %	Diorite
6/10 Dussac	40 %	Diorite
Bitume résiduel (70/100)	5,2	ppc
Fluxant	4 % et 6 %	( / bitume )

Caractéristiques mesurées (valeurs moyennes)	Résultats à 15 mois (1 été)		Résultats à 23 mois (2 étés)	
	4 % fluxant	6 % fluxant	4 % fluxant	6 % fluxant
Teneur en vides (%)	14	15,1	16,2	15
Module de rigidité à 10 °C - 124 ms (MPa)	1 047	961	2 064	1 627
Pénétrabilité à 25 °C (mm/10)	78	105	54	71
Temp. de ramollissement Bille & Anneau (°C)	48	45	50,8	49,2

#### Teneurs en vides et modules de rigidité (résultats complets)

Résultats à 15 mois (1 été)				Résultats à 23 mois (2 étés)			
4 % fluxant		6 % fluxant		4 % fluxant		6 % fluxant	
Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)	Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)	Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)	Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)
10,5	797	13,3	1 038	13,1		13,4	1 958
11,3	979	13,8	(1 704)	14,6	1 390	13,5	1 712
15	(2 173)	13,9	1 170	16,8	2 203	14,3	1 434
18,7	1 364	15,3	1 059	20,1	2 599	14,7	1 278
		16	902			15,2	
		16,7	757			15,5	
		16,9	842			15,8	1 753
						16	
						16,4	
14	1 047	15,1	961	16,2	2 064	15,0	1 627

Tableau 2  
Propriétés mesurées sur carottes, RD 35 à Meyrals  
Properties measured on core samples

Sur la base des résultats de suivi à 4 et 13 mois (tableau 3), il faut relever que :

- Après quatre mois (soit après quasiment un été), les valeurs de module sont presque identiques, quel que soit le fluxant utilisé.
- La montée en cohésion se poursuit pour atteindre des valeurs de module allant jusqu'à 2 500 MPa après 13 mois. Les valeurs les plus élevées semblent être obtenues avec le fluxant végétal. Cela peut cependant être mis en doute compte tenu du faible nombre de résultats.
- Bien que les teneurs en vides soient comparables et tout aussi dispersées, les valeurs de module sont plutôt plus élevées que celles obtenues sur le chantier de Meyrals. Ce qui peut être le résultat d'une légère diminution de la teneur en bitume résiduel ou encore un effet bénéfique d'une mise en œuvre en première partie d'été plutôt que fin septembre.

### RD 107 Saint-Sylvestre-sur-Lot (47)

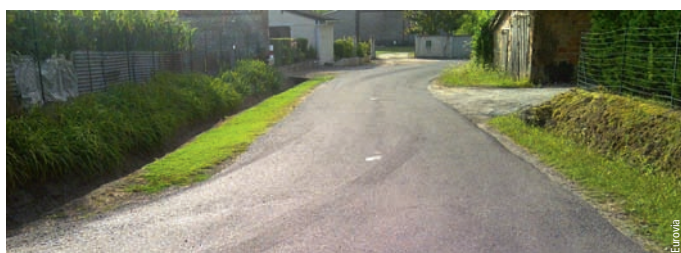
Au vu des résultats probants obtenus à Juillac, un chantier avec fluxant végétal a été réalisé en septembre 2012 sur une voirie communale à Saint-Sylvestre-sur-Lot, l'objectif étant d'étudier l'incidence de la teneur en fluxant.

Les granulats utilisés, des silico-calcaires alluvionnaires, étaient cependant plus « difficiles », ce qui s'est traduit par des défauts d'enrobage sur la fraction 6/10. Cela n'a pas eu, à ce jour, d'incidence sur le comportement du produit (pas de rejets ni d'arrachements).

La mise en œuvre s'est effectuée sans problème pour les deux teneurs en fluxant retenues (photos 12).



Photos 12a  
Aperçu après la mise en œuvre à Saint-Sylvestre-sur Lot  
Appearance after application



Photos 12b  
Aperçu après 11 mois à Saint-Sylvestre-sur Lot  
Appearance after 11 months



<b>VC 12 Juillac : Fluxant volatil / fluxant végétal</b> Date de réalisation : 18-19/07/2012 ; Classe de trafic : T5 ; ~ 500 tonnes sur 4 à 5 cm d'épaisseur		<b>Formulation</b>	0/2 Dussac 33 % Diorite
			2/6 Dussac 24 % Diorite
			6/10 Dussac 43 % Diorite
			Bitume résiduel (70/100) 5 ppc
			Fluxant 6 % (/ bitume)

Caractéristiques mesurées (valeurs moyennes)	Résultats à 4 mois		Résultats à 13 mois (1 été)	
	Fluxant volatil	Fluxant végétal	Fluxant volatil	Fluxant végétal
Teneur en vides (%)	14	17,8	16,2	17,6
Module de rigidité à 10 °C - 124 ms (MPa)	1 600	1 544	1 983	2 519
Pénétrabilité à 25 °C (mm/10)	84	94	52	52
Temp. de ramollissement Bille & Anneau (°C)	47,2	45,4	52,8	52

Teneurs en vides et modules de rigidité (résultats complets)							
Résultats à 4 mois				Résultats à 13 mois (1 été)			
Fluxant volatil		Fluxant végétal		Fluxant volatil		Fluxant végétal	
Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)	Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)	Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)	Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)
10,7	1 939	15,8	1 742	13	2 513	15,6	2 135
10,9	1 787	16,6	2 081	13,1	1 809	19,6	2 903
15,8	1 463	17	1 438	14,3	2 439		
17,3	1 209	19,1	1 064	15,4	2 487		
		20,5	1 395	17,9	1 616		
				18,4	1 402		
				21,4	1 616		
14	1 600	17,8	1 544	16,2	1 983	17,6	2 519

Tableau 3  
Propriétés mesurées sur carottes, VC à Juillac  
Properties measured on core samples

# Entretien Réseau secondaire

Les résultats des carottages effectués à 3 et 11 mois (tableau 4) appellent les commentaires suivants :

- Après trois mois, les valeurs de modules restent à un niveau de 1 000 MPa, soit similaire à celui obtenu lors du chantier de Meyrals, et sans doute pour les mêmes raisons (exécution relativement tardive).
- Les valeurs sont significativement plus élevées après 11 mois, aux alentours de 2 500 MPa pour la section à 6 % de fluxant et atteignant même 3 000 MPa pour la section à 4 % de fluxant. Ce sont là des valeurs qui se comparent favorablement à celles obtenues pour un Ecolvia sans fluxant appliqué sur la RD60 (Le Rieu, Cantal) et suivi dans le cadre du groupe de travail USIRF sur les enrobés à l'émulsion [5]. Dans le cas de la RD 60, les valeurs de module après 2 mois d'été se situaient à un niveau de 1 500 MPa et ont atteint un niveau de 3 700 MPa après 2 étés.

• Les teneurs en vides sont cette fois-ci relativement peu dispersées avec une valeur moyenne de l'ordre de 15 %. On ne note pas d'évolution significative entre 3 et 11 mois.

## Ecolvia de dernière génération : enseignements

Les résultats présentés dans les tableaux 2 à 4 peuvent bien entendu prêter à discussion du fait de leur nombre limité et de leur dispersion. Cela est d'une part inhérent à la nature même de ces produits ainsi qu'aux difficultés d'obtention d'échantillons suffisamment représentatifs à partir de matériaux mis en œuvre en relativement faible épaisseur. S'ils restent essentiellement de nature indicative, ces résultats ont néanmoins donné une première évaluation quantitative de l'incidence de la nature et d'une teneur limitée en fluxant sur les caractéristiques de module.

L'enseignement majeur en est que, pour les concentrations étudiées, la substitution d'un fluxant volatil par un fluxant végétal donne des résultats tout à fait comparables, notamment en termes d'évolution du module avec le temps.

Le deuxième enseignement de ces planches expérimentales est qu'elles ont parfaitement répondu aux attentes en termes de maniabilité et de facilité de mise en place au finisseur. Dès 4 % de fluxant (notamment dans le cas du fluxant végétal), les enrobés ont supporté sans problème des durées de transport allant jusqu'à 1h 30 et ont pu être appliqués sans aucun problème.

Le compactage et l'uni sont par contre plus difficiles à maîtriser. Les causes en sont sans doute multiples et liées à la fois au comportement particulier des matériaux à froid (plus « frottants » que les enrobés à chaud) ainsi qu'à l'hétérogénéité et aux variations de portance du support.

Ces facteurs ont une incidence directe sur les compacités susceptibles d'être obtenues ainsi que sur leur dispersion. Pour les 3 chantiers, il n'a cependant pas pu être mis en évidence une incidence claire de la nature et de la teneur en fluxant sur les teneurs en vide et l'uni final.

Le verdict ultime étant toujours celui du terrain, l'entreprise a surtout été confortée dans son approche par le comportement très satisfaisant à ce jour de ces divers chantiers (pas de rejets au jeune âge et maintien des caractéristiques de surface dans le temps). Lors des carottages de 2013, des valeurs moyennes de PMT de 0,7 sur le chantier de Juillac (après 13 mois) et de 0,8 sur le chantier de Saint-Sylvestre (après 11 mois) ont été relevées.

<b>RD 107 St-Sylvestre sur Lot ; Utilisation d'un fluxant volatil ; Variation de la teneur en fluxant</b> Date de réalisation : 9/7/2012 ; Classe de trafic : T5 ; ~ 300 tonnes sur 4 à 5 cm d'épaisseur	<b>Formulation</b>	0/2 DSL St-Laurent 37 % Silico-calcaire a uv.
		2/6 SGC Buzet 25 % Silico-calcaire alluv.
		6/10 SGC Buzet 38 % Silico-calcaire alluv
		Bitume résiduel (70/100) 5 ppc
		Fluxant 4 % et 6 % ( / bitume)

Caractéristiques mesurées (valeurs moyennes)	Résultats à 3 mois (novembre)		Résultats à 11 mois	
	4 % fluxant	6 % fluxant	4 % fluxant	6 % fluxant
Teneur en vides (%)	15	14,4	16	14,2
Module de rigidité à 10 °C - 124 ms (MPa)	1 501	924	2 914	2 308
Pénétrabilité à 25 °C (mm/10)	144	131	65	78
Temp. de ramollissement Bille & Anneau (°C)	-	43,1	48,4	47,8

Teneurs en vides et modules de rigidité (résultats complets)							
Résultats à 3 mois (novembre)				Résultats à 11 mois			
4 % fluxant		6 % fluxant		4 % fluxant		6 % fluxant	
Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)	Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)	Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)	Vides (%)	Modules à 10 °C - 124 ms (MPa)
14,3		12,2	905	14,6	2 856	11,3	
14,7	1 501	13	986	15,6		12,6	2 605
15,3		14,5		16,2		12,7	2 619
		14,9	880	17,4	2 972	13,4	2 677
		15,6				14,2	2 117
		15,9				14,9	1 520
						15,9	
						16,3	
						16,4	
15	1 501	14,4	924	16,0	2 914	14,2	2 308

Tableau 4  
Propriétés mesurées sur carottes  
Properties measured on core samples

On peut en penser que, pour des voiries à faible trafic sur supports déformables, le maintien d'une certaine souplesse (comme en témoignent les caractéristiques des liants extraits) est plus important que l'obtention d'une valeur élevée de module. L'incorporation d'une certaine quantité de fluxant n'est alors pas réductrice et plutôt bénéfique.

L'extension de la technique à des trafics plus élevés, qui demandera sans doute des compacités et des valeurs de module plus élevées, paraît également tout à fait envisageable. En effet, les voiries auront une capacité portante qui permettra un compactage beaucoup plus efficace. Dans le cas d'une teneur limitée en fluxant (qui agira de plus comme une aide au compactage), l'impact positif sur le module d'une amélioration de la compacité devrait alors largement compenser l'effet du fluxant tout en maintenant la stabilité de l'enrobé vis-à-vis de l'orniérage. C'est bien sûr ce que devront montrer les chantiers à venir !

## Conclusion

L'entretien des voiries à faible trafic pose des exigences spécifiques relatives non seulement à la performance des produits mais aussi à leur facilité d'emploi et leur adaptabilité. Les enrobés à chaud habituels ne sont alors pas nécessairement les mieux adaptés. Cet article a livré deux exemples où une approche innovante aide à réaliser des produits offrant un bien meilleur compromis.

Dans le cas de la gamme des enrobés à emploi différé Viaself Fv, le recours à un fluxant végétal contribue à décliner toute une gamme de produits « souples », tant du point de vue de leur comportement que de leur facilité d'emploi (mise en œuvre, stockabilité).

Ces enrobés, bien sûr réservés aux faibles trafics (< 50 PL/j), ont été spécifiquement conçus pour les applications suivantes :

- en couche de roulement, dont l'emploi peut être différé jusqu'à 12 heures,

- pour travaux de reprofilage, dont l'emploi peut être différé jusqu'à 72 heures,
- pour réparations ponctuelles, dont l'emploi peut être différé jusqu'à 2 mois (stockage en tas) ou jusqu'à 1 an (conditionnement en sacs).

Cette extrême flexibilité va de pair avec des avantages énergétiques (production et mise en œuvre à basse température) et environnementaux (pas d'émissions de COV, pas d'odeurs) indéniables.

La généralisation des bétons bitumineux à froid à l'émulsion sera tributaire de la capacité des entreprises à trouver des solutions adaptables à tout type de granulats. Les efforts de développement de l'Ecolvia ont porté sur trois éléments :

- la formulation de l'émulsion, pour laquelle il est possible maintenant d'exploiter les connaissances théoriques et pratiques acquises suite à un effort de recherche soutenu ;
- le procédé d'enrobage qui doit s'adapter aux granulats, ce qui est maintenant faisable grâce à un matériel de plus en plus performant ;
- le « coup de pouce » que peut apporter l'addition d'une quantité limitée de fluxant destinée à améliorer plus spécifiquement la maniabilité et la mise en œuvre du produit.

Les expérimentations sur voiries à faible trafic effectuées sur les 2 dernières années ont conforté cette approche. Des techniques d'enrobage adaptées ainsi que le recours à une quantité limitée de fluxant (moins de 5 % par rapport au bitume résiduel) laissent maintenant envisager l'utilisation d'une large palette de granulats pour la production d'enrobés parfaitement maniables et ne présentant pas de rejets au jeune âge. Souples, ces enrobés sont parfaitement adaptés à la réhabilitation de voiries dégradées sur supports déformables et devraient faire preuve d'une grande durabilité. La teneur en fluxant restant limitée, Eurovia est également convaincue que cette

approche laisse la porte grande ouverte à une extension de la technique à des trafics bien plus élevés que ceux auxquels ont été soumises les sections expérimentales présentées ici.

Enfin, il reste à souligner que l'Ecolvia de nouvelle génération garde l'intégralité des atouts de développement durable que peuvent revendiquer les techniques à l'émulsion. L'absence de toute séquence de chauffage maintient un bilan énergétique optimal alors que l'origine végétale du fluxant utilisé (pas d'émissions, pas d'odeurs) préserve tout l'intérêt environnemental du produit. ■

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] L. Moussu, Ph. Poilane, M. Mazé, F. Delfosse, L. Jonot « Les enrobés à emploi différé pour l'entretien des chaussées souples », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 893, avril-mai 2011
- [2] J.-J. Potti, D. Lesueur, B. Eckmann « Vers une méthode rationnelle de formulation des enrobés à froid : les apports du projet OPTTEL », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 805, avril 2002
- [3] « Enrobés à l'émulsion : vers une méthode complète de formulation - *Emulsified asphalt mixes : towards a complete design method* », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 887-889-890, 2010-2011 (N° spécial - Special Issue).
- [4] « Enrobés à l'émulsion : comportement et étude des graves-émulsion/coopération public-privé/Vers une méthode complète de formulation - *Emulsified asphalt mixes : behaviour and design of grave-emulsion/public private cooperation/towards a complete design method* », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 896-897-898, 899, 900, 901, 902 septembre 2011 à juin 2012 (N° spécial juin 2012 - Special Issue June 2012).
- [5] J.-P. Serfass, X. Carbonneau, F. Delfosse, J.-P. Triquigneaux « Comportement et évaluation de bétons bitumineux à l'émulsion (BBE) », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 890, décembre 2010 - janvier 2011.



### Viaself® Fv and Ecolvia® Solutions suited to roadway maintenance

The article reviews two techniques meeting specific technical requirements relative to roadway maintenance while still offering a high value added with regard to sustainable development goals. The first relates to the range of Viaself® Fv products, intended for light traffic pavements, consisting of asphalts incorporating a vegetal oil fluxed binder. Without emissions to the environment, they provide high utilisation flexibility (wearing courses, resurfacing, local repairs, staggered application), and are characterised by their low manufacturing and laydown temperatures. The second technique is Ecolvia®, corresponding to emulsion-based asphalt concrete for wearing courses. Constant progress in emulsion-based mix design, as well as the mastery of the mixing process (without a heating phase) and product workability have led to a new generation of products capable of adapting to aggregate types far more varied than in the past while preserving all the environmental advantages of Ecolvia. Results obtained after 2 years of experimental worksite monitoring on light traffic roadways are presented and discussed. They point optimistically to the future development of this technique.

# Innovation Entretien du patrimoine routier

## AUTEURS

Frédéric Loup  
Chef de projets  
Direction recherche  
et innovation  
Eiffage Travaux Publics

Simon Pouget  
Chef de projets  
Direction recherche  
et innovation  
Eiffage Travaux Publics

Jean-Marc L'Huillier  
Responsable technique régional  
Méditerranée  
Eiffage Travaux Publics

Jacques Ber  
Adjoint technique régional  
Méditerranée  
Eiffage Travaux Publics

Patrick Huon  
Responsable section  
« Matériaux de chaussées »  
Centre d'études et de recherche (CER)  
Eiffage Travaux Publics



Mise en œuvre de l'enrobé Biocold sur la commune d'Auriol (13)  
Application of Biocold asphalt for the town of Auriol (Bouches du Rhône region)

## Biocold®

### Enrobé semi-tiède pour l'entretien des couches de roulement et du patrimoine routier

Biocold® est un enrobé semi-tiède destiné à l'entretien des couches de roulement. Cette technique à haute valeur environnementale, très maniable et souple d'utilisation, est à la fois très peu émissive en gaz à effet de serre (GES) et soucieuse d'un meilleur confort des équipes de mise en œuvre comme des riverains. Elle est également préservatrice de la ressource non renouvelable en granulats grâce à l'utilisation ciblée d'agrégats d'enrobés (AE) recyclés.

L'enrobé semi-tiède Biocold apporte une solution flexible aux maîtres d'ouvrage, en termes de variabilité d'épaisseur, d'adaptabilité à des supports plus ou moins déformables, de maniabilité et de performances thermomécaniques. Ces propriétés mécaniques intermédiaires, entre les enrobés à chaud (référence) et les enrobés à froid (réservés aux faibles trafics), en font une technique d'entretien particulièrement adaptée aux chaussées souples pour des trafics allant jusqu'à la classe T3+. Il s'agit d'un « enrobé de proximité ».

#### Innovation routière

Biocold vient d'être désigné lauréat 2013 de l'appel à projets du Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (Sétra) dans le cadre de son soutien à l'innovation routière.

Biocold a été primé au titre du 2<sup>e</sup> thème relatif aux « Matériaux, techniques et équipements adaptés, durables, sobres et économiques ».

#### Positionnement du Biocold

Les enrobés Biocold ont été étudiés à partir de 2007. Les produits présentés dans cet article constituent un développement complémentaire à une première génération d'enrobés (fabrication à chaud, bitume additivé, 100 % d'agrégats d'enrobés recyclés) destinée aux très faibles trafics (<T5) [1].

Ces nouvelles formules Biocold ont été mises au point par les équipes de la Direction recherche & innovation Eiffage Travaux Publics afin de répondre à trois problématiques.

- La première, d'ordre technique, réside dans la volonté de proposer aux maîtres d'ouvrage un produit permettant de couvrir une large gamme d'applications. En effet, la spécificité du Biocold réside dans la possibilité d'adapter la formulation en fonction des contraintes rencontrées *in situ* : climat, trafic, épaisseur variable, besoin de stockabilité, maniabilité, maîtrise de la montée en cohésion, taux d'agrégats d'enrobés (AE).

- La deuxième consiste à optimiser l'offre environnementale, en limitant les émissions de composés organiques volatils (COV) par l'additivation du bitume à l'aide

d'un ester végétal [2], en réduisant de manière drastique les émissions de GES par la fabrication et la mise en œuvre à des températures inférieures à 100°C suivant le procédé semi-tiède EBT® [3,4] et en préservant les ressources en matériaux non renouvelables grâce à l'utilisation d'AE. Cette nouvelle génération de matériaux bitumineux s'inscrit donc directement dans les critères de la convention d'engagement volontaire (CEV) (2009), qui constitue l'une des lignes directrices de la politique de développement durable d'Eiffage Travaux Publics.

• Enfin, la troisième, revêt un caractère sociétal. La maniabilité optimisée des enrobés Biocold facilite la mise en œuvre manuelle des enrobés semi-tièdes par les équipes d'application contribuant à un meilleur confort tout en limitant le risque d'apparition de troubles musculo-squelettiques.

## Biocold nouvelle génération d'enrobé semi-tiède 85-100 °C

L'enrobé Biocold est fabriqué à une température comprise entre 85 °C et 100 °C suivant le procédé EBT et mis en œuvre à des températures allant jusqu'à 60 °C. A ce titre, il fait partie des enrobés semi-tièdes (figure 1) au sens du projet de norme traitant de la terminologie des enrobés [5].

• Le taux d'additif végétal (Oléoflux® = ester d'huile végétale) qui modifie la rhéologie du bitume, et agit sur la régénération/remobilisation du liant des AE, ainsi que sur la maniabilité/stockabilité de l'enrobé.

• La siccation de l'additif Oléoflux, qui contribue à la maîtrise de la montée en cohésion de l'enrobé en fonction des conditions de service (délai de remise en circulation, météo, agressivité du trafic, taux d'AE dans l'enrobé).

• Le taux d'AE qui apporte son concours aux performances finales et contribue également, en association avec le taux d'additif végétal, à l'ajustement de la stockabilité du produit.

• La granulométrie continue, ou discontinue de type BB5® [6,7], permettant de renforcer, le cas échéant, la résistance de la structure granulaire sous plus fortes sollicitations mécaniques.

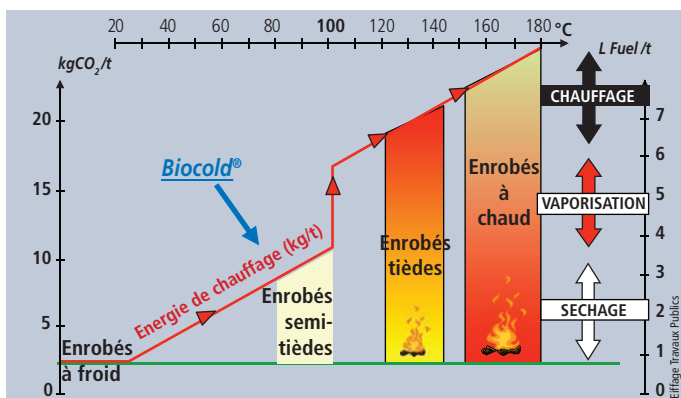


Figure 1  
Positionnement énergétique  
Energy positioning

## Paramètres de formulation

Le large domaine d'utilisation du Biocold résulte de l'adaptation des formulations aux cahiers des charges des maîtres d'ouvrage. Cela est rendu possible, grâce au choix de constituants spécifiques mélangés dans des proportions choisies, mais également par l'identification, lors du programme de recherche et développement des matériaux, des principaux facteurs d'influence sur les performances. Parmi l'ensemble des paramètres de formulation identifiés, seuls les plus significatifs ont été retenus, à savoir :

• Le grade de bitume qui influe sur les principales caractéristiques thermomécaniques du mélange final.

## Etudes performantielles en laboratoire

En aval du programme de recherche et développement du Biocold, plusieurs études performantielles ont été effectuées en laboratoire en vue de la réalisation de deux chantiers dans les Bouches-du-Rhône (13). Les caractérisations des formules retenues ont été réalisées au centre d'études et de recherche (CER) Eiffage Travaux Publics de Corbas (69) en partenariat avec le service technique régional en charge du suivi technique des chantiers.

## Formulation des enrobés Biocold

Deux formules Biocold ont été évaluées. Elles possèdent la

même nature de granulats et présentent un taux identique d'AE recyclés. Les paramètres de formulation auscultés au cours des études sont, d'une part, le grade du bitume (70/100 ou 50/70), et d'autre part, la courbe granulométrique (continue ou à empilement granulaire optimisé type BB5). Les bitumes ont été additivés à l'aide d'Oléoflux.

## Fabrication des mélanges

L'ensemble des produits a été fabriqué dans un malaxeur de laboratoire suivant le procédé breveté EBT. Les méthodes de fabrication sont transposables et reproductibles dans une centrale d'enrobage équipée pour la production de ce type de mélanges.

## Evaluation des mélanges

Les principales performances testées à partir des deux formules (tableau 1) ont été évaluées suivant 3 critères :

- maniabilité au maniabilimètre Nynas (mode opératoire Eiffage Travaux Publics),
- compactage à l'essai PCG [8],
- résistance à l'orniérage [9].

Compte tenu des performances spécifiques des deux formules, leurs domaines d'application diffèrent.

En effet, la formule A est plutôt destinée à des mises en œuvre mixtes (mécanisée et manuelle) pour des niveaux de trafics faibles correspondants aux classes T5/T4. La formule B est, quant à elle, réservée aux mises en œuvre majoritairement mécanisées et à des trafics pouvant atteindre la classe T3+.

## Fabrication et mise en œuvre sur chantiers

Les deux enrobés Biocold présentés dans le tableau 1 ont fait l'objet de fabrications (tableau 2) suivant le procédé EBT à la centrale d'enrobage discontinue Eiffage Travaux Publics Arbois Enrobés de Vitrolles (13). Ils ont été mis en œuvre dans le cadre du programme d'entretien des voiries des communes d'Auriol (13) et de Rognac (13) avec pour objectif de réaliser, en une seule couche, le reprofilage du support et l'application du revêtement de surface.

Performances	Formule A BIOCOLD®	Formule B BIOCOLD®
Bitume	70/100	50/70
Granulométrie discontinue optimisée 0/10		
Taux agrégats recyclés	15 %	15 %
t (°C) en sortie de malaxeur	83 °C	87 °C
Maniabilité à 6 h (N) à t = 50 °C	66	124
Maniabilité à 24h (N) à t = 50 °C	63	137
Teneur en vides PCG à 60 girations (%) à t = 50 °C	8,6	-
Résistance à l'orniérage (60 °C / 10 000 cycles)	-	11,5 %

Tableau 1  
Principaux résultats des épreuves de formulation Biocold  
Main results of Biocold mix design tests

Suivi de fabrication	Formule A BIOCOLD®	Formule B BIOCOLD®
Date	12 et 13 mars 2013	04 juin 2013
Destination	Commune d'Auriol (13)	Commune de Rognac (13)
Consigne de températures (°C)	84	80
Quantités fabriquées (t)	90	447
Maniabilité (N) au maniabilimètre Nynas (Mesures à la fabrication)	48 (t = 80 °C)	-
t (°C) en sortie de fabrication	90 env.	90 à 95
Stockabilité (délai de reprise du stock)	< 6 heures	< 3 heures

Tableau 2  
Paramètres de fabrication et contrôles à partir des formules Biocold  
Manufacturing parameters and tests on Biocold mix designs



# Innovation Entretien du patrimoine routier

## Fabrication

Les principaux éléments relatifs à la production et aux contrôles des deux enrobés Biocold figurent dans le tableau 2.

Les enrobés présentent, à l'issue de la fabrication, un aspect homogène et une qualité d'enrobage très satisfaisante (photo 1). Les températures des mélanges sont toutes inférieures à 95 °C, permettant l'obtention d'une teneur en eau résiduelle de l'ordre de 1 % dans le matériau fabriqué. Cette humidité résiduelle participe à la bonne maniabilité du produit.



Photo 1  
Aspect de l'enrobé Biocold à l'issue de sa fabrication, durant un essai de maniabilité (Maniabilimètre Nynas)  
Appearance of Biocold asphalt after manufacture during a workability test (Nynas workability meter)

## Mise en œuvre

Les principales données relatives à la mise en œuvre des deux formules sont présentées dans le tableau 3.

Les contrôles réalisés *in situ* montrent que les enrobés Biocold mis en œuvre sont conformes au cahier des clauses techniques particulières (CCTP). Ils présentent également un aspect général satisfaisant (photos 2 et 3) en adéquation avec les attentes des maîtres d'ouvrage.

Les résultats de maniabilité *in situ* corroborent, aux incertitudes près, les valeurs mesurées en laboratoire. Elles confirment la facilité de mise en œuvre des différentes formules par les équipes d'application.



Photo 2  
Aspect du BIOCOLD® (formule A) – Voie communale à Auriol (13)  
Appearance of BIOCOLD® (mix design A) – Communal road in Auriol (Bouches du Rhône region)



Photo 3  
BIOCOLD® (formule B) – Voie communale à Rognac (13)  
BIOCOLD® (mix design B) – Communal road in Rognac (Bouches du Rhône region)

Paramètres de mise en œuvre	Formule A BIOCOLD®	Formule B BIOCOLD®
Destination	Commune d'Auriol (13)	Commune de Rognac (13)
Surfaces appliquées	700 m <sup>2</sup>	3 500 m <sup>2</sup>
Météo	Ensoleillée : 5 °C à 13 °C - Mistral 60 km/h	Nuit, temps dégagé : 15 °C
Délai entre la fabrication des enrobés et leur mise en œuvre	3 à 6 heures	2 heures
Type et état du support	Très dégradé. Alternance d'ancien enrobé et de terre naturelle. Déformation non quantifiée.	Enrobé et Grave non traitée en rives
Couche d'accrochage	Emulsion de bitume pur à 65 % dosée à 250 g/m <sup>2</sup> résiduels	Imprégnation gravillonnée
Epaisseurs de mise en œuvre de la couche reprofilage/roulement	de 2 cm à 7 cm géométrie du support variable et variée	2 cm à 7 cm
Maniabilité (N) au maniabilimètre Nynas	61 (t = 78 °C)	-
Profondeur de la macrotecture (PMT en mm)	1,05 à 1,15	0,57 à 0,82
Teneurs en vides (%)	En cours de détermination à partir de carottes prélevées <i>in situ</i>	8,0 % à 9,6 %

Tableau 3  
Paramètres de fabrication et contrôles des mélanges.  
Manufacturing parameters and tests on mixtures

Pour les deux chantiers, la mise en œuvre a été réalisée de manière mécanisée et manuelle (photo 4). Concernant la formule A, les équipes ont confirmé la facilité d'application manuelle des enrobés. Les reprises manuelles d'enrobé n'ont entraîné aucun défaut d'aspect après compactage (photo 5).

Aussi, des carottages seront réalisés à plusieurs échéances. Ils auront pour objet de déterminer l'évolution des teneurs en vides et du module de rigidité [10] dans le but de quantifier l'évolution des propriétés thermomécaniques des différents revêtements.

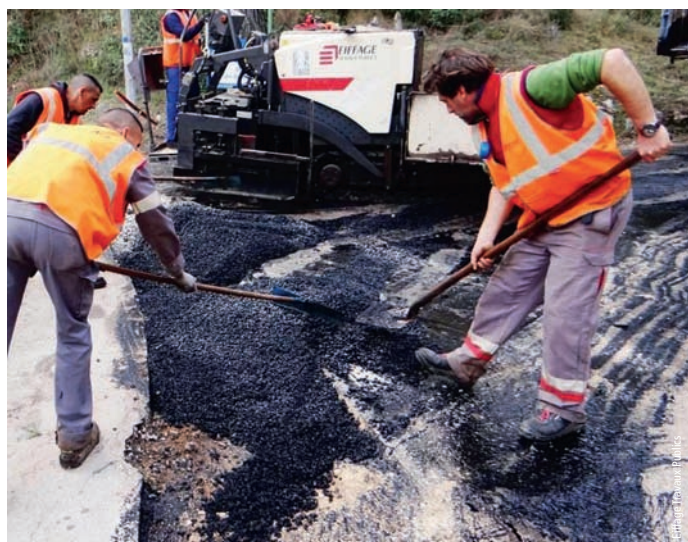


Photo 4  
Mise en œuvre manuelle du Biocold à Auriol (13)  
Manual application of Biocold asphalt in Auriol (Bouches du Rhône region)



Photo 5  
Compactage de l'enrobé Biocold  
Compacting of Biocold asphalt

## Suivi des enrobés Biocold

Les enrobés mis en œuvre font l'objet d'un suivi technique spécifique par le service technique de la région Méditerranée. Outre les relevés visuels habituels, des mesures sont régulièrement effectuées afin de déterminer l'évolution de la macrotexture et de la profondeur d'ornièr.

## Bilan et perspectives

Biocold constitue une nouvelle génération d'enrobés semi-tièdes spécifiquement développée pour l'entretien des couches de roulement. Les diverses réalisations montrent que l'adaptabilité des paramètres de formulation répond aux besoins des maîtres d'ouvrage dans le cadre de chantiers aux configurations variables et pour une large gamme de trafics (T5 à T3+).

La fabrication de ces enrobés à des températures inférieures à 100 °C, conjuguée à l'emploi d'un additif agro-sourcé et à l'utilisation ciblée d'AE, réduit considérablement l'empreinte environnementale des produits proposés en regard des techniques similaires fabriquées et mises en œuvre « à chaud ».

D'un point de vue sociétal, la maniabilité optimisée des formules proposées facilite également le travail manuel des équipes d'application et contribue ainsi à un meilleur confort de travail tout en limitant le risque d'apparition de troubles musculo-squelettiques (TMS).

Par ailleurs, des recherches complémentaires sont en cours afin d'optimiser la stockabilité des produits mais également pour réduire les températures de fabrication en dessous de 85°C (catégorie des enrobés bitumineux semi-froids au sens du projet de norme NF P 98-149 [5]). Des expérimentations seront conduites en collaboration avec les services techniques régionaux Eiffage Travaux Publics (régions Ouest, Méditerranée, Rhône-Alpes/Auvergne, ...) afin de valider ces optimisations. ■



### Biocold® Semi-warm asphalt for wearing course and roadway heritage maintenance

*Biocold® is a semi-warm asphalt designed for the maintenance of wearing courses. This highly eco-friendly technique, offering good workability and flexibility, not only releases very little greenhouse gas but also offers extensive application crew comfort and little local resident disturbance. It also allows the saving of non-renewable aggregate resources thanks to the targeted use of recycled asphalt millings. Biocold semi-warm asphalt offers highway administrators a flexible solution in terms of thickness variability, adaptability to more or less deformable subgrades, workability and thermomechanical performance. These intermediate mechanical properties, between hot-mix asphalt (reference) and cold-mix asphalt (reserved for light traffic), provide a maintenance technique particularly well suited to flexible pavements handling traffic levels as high as Class T3+. It represents a "proximity asphalt."*

[4] Olard F., Le Noan C., Romier A., "Low energy asphalt technique for minimizing impacts from asphalt plants to road works", AIPCR (World Road Association) Congress, Paris. Prix mondial de la route AIPCR, Catégorie Développement durable, 2007

[5] Pr NF P 98-149, Terminologie – Enrobés hydrocarbonés – Composants et composition des mélanges Produits – Technique et procédés, Afnor, 2011

[6] Brevet FR 2958302, Enrobé hydrocarboné à hautes performances pour chaussée et chaussée de roulement, Eiffage Travaux Publics, 2010

[7] BB5, F.Olard, Lauréat de l'innovation routière Sétra, Eiffage Travaux Publics, 2012

[8] NF EN 12697-31, Mélanges bitumineux, Méthodes d'essais pour mélanges hydrocarbonés à chaud – Partie 31, Confection d'éprouvettes à la presse à cisaillement giratoire, Afnor, 2007

[9] NF EN 12697-22 + A1, Mélanges bitumineux, Méthodes d'essais pour mélanges hydrocarbonés à chaud – Partie 22, Essais d'ornièrage, Afnor, 2007

[10] NF EN 12697-26, Mélanges bitumineux, Méthodes d'essais pour mélanges hydrocarbonés à chaud – Partie 26, Module de rigidité, Afnor, 2012

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] « Biocold, L'enrobé à haute valeur environnementale. », L. Boulangé, Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), N°898, novembre-décembre 2011, p 96-98,
- [2] Brevet FR2768150, Liants bitumineux, composition et utilisation, Appia, 2007
- [3] Brevet FR 2884264, Procédé pour fabriquer un enrobé bitumineux, Eiffage Travaux Publics, 2005

## AUTEURS

Christine Deneuillers  
Directrice technique  
en charge des laboratoires  
CST Colas SA

Alexandra Vajsman  
Ingénieur R&D  
Service techniques à froid  
CST Colas SA

Abdeltif Belkahia  
Chef  
Service techniques à froid  
CST Colas SA

Patrick Andraud  
Directeur technique  
Colas Rhône-Alpes Auvergne

Magali Durdilly  
Adjointe technique  
Colas Rhône-Alpes Auvergne

Franck Izorche  
Adjoint technique  
Colas Rhône-Alpes Auvergne

Arnaud Nirelli  
Technicien  
Colas Rhône-Alpes Auvergne

Patrick Marchat  
Technicien  
Colas Rhône-Alpes Auvergne



Photo 1  
Chantier ESU à l'émulsion HP à Orcet (63) en juin 2012  
HP emulsion job site at Orcet (63) - june 2012

## Nouvelles émulsions « hautes performances » (HP) pour enduits superficiels destinés aux trafics lourds et à fortes contraintes

Les enduits superficiels (ESU) sont très utilisés en France. On estime à plus de 260 millions de m<sup>2</sup> les surfaces appliquées, dont plus de 200 millions de m<sup>2</sup> d'ESU à l'émulsion. La technique est essentiellement mise en œuvre sur les réseaux dits secondaires (départementaux et communaux), qui constituent la part prépondérante du réseau routier français. On évalue ainsi à 70 % leur proportion parmi l'ensemble des techniques d'entretien des couches de roulement.

L'article décrit les deux phases, d'abord de mise au point au laboratoire, puis de développement au travers de chantiers expérimentaux d'une nouvelle gamme d'ESU à base d'émulsions « hautes performances ». En effet, les contraintes budgétaires imposent de proposer des techniques d'entretien préventif et curatif (voire des revêtements neufs) pour restaurer l'état de surface des chaussées en termes d'adhérence et d'étanchéité, à moindre investissement. Ces nouveaux produits sont conçus dans un souci de respecter la sécurité et la santé des personnes ainsi que l'environnement. En parallèle, les compétences en matière de R&D évoluent. Ainsi, de nouvelles formulations, assurant une tenue des enduits sous forts trafics, peuvent désormais être proposées sans risques pour les maîtres d'ouvrage et les usagers.

## Préface

# Innovation pour la conservation du patrimoine

Le conseil général du Cantal entretient 4 000 km de routes départementales dont 445 km sur le réseau principal. Malgré de fortes contraintes d'altitude (altitude moyenne de 800 m et des routes allant de moins de 200 m dans la vallée du Lot jusqu'à 1 589 m au Pas de Peyrol) et des conditions hivernales rigoureuses (département classé en zone de rigueur hivernale H3 et H4) nécessitant raclage et salage, la technique d'enduits superficiels d'usure (ESU) aux émulsions de bitume pur est employée depuis de nombreuses années sur le réseau secondaire.

Cette technique procure à la chaussée une rugosité garantissant l'adhérence des pneumatiques des véhicules et l'étanchéité de la route pour assurer sa pérennité.

Pour des raisons économiques et de développement durable, cette technique a été étendue depuis 2010 au réseau de première catégorie avec l'utilisation d'émulsions modifiées. Chaque année plus de 1 000 000 m<sup>2</sup> d'ESU sont ainsi réalisés en régie par le parc routier départemental du Cantal sur l'ensemble du réseau routier.

En 2012, le conseil général a accepté, par convention avec la société Colas, de participer au développement de cette technique (tenue et durée de vie) en acceptant l'expérimentation d'un ESU avec une émulsion de bitume haute performance sur la route départementale 926 à la sortie de Murat dans la côte du Pignou. Ce tronçon de route subit de fortes contraintes en raison d'un trafic de 5 680 véhicules/jour, de son exposition plein nord, de son altitude supérieure à 900 mètres, de sa forte déclivité et de son niveau de service en conditions hivernales.

Cette section réalisée en régie par le parc routier départemental en étroite collaboration avec les services de la société Colas, les services routiers du conseil général du Cantal et du laboratoire Perennise Chaussée Massif Central fait l'objet depuis d'un suivi particulier. Elle n'appelle à ce jour aucune observation.

Pauline Brousse  
Chef de projet "Chaussée"  
Vincent Galibern  
Chef de la Mission coordination entretien  
**Conseil général du Cantal**

## Préface

### « *Ni trop, ni trop peu* »

Pays de volcans, célèbre par son sommet volcanique, son site exceptionnel de La Chaîne des Puys et la faille de Limagne, sélectionné par la France en vue de son inscription au patrimoine mondial de l'Unesco en 2014, le département du Puy-de-Dôme gère l'un des plus importants réseaux routiers départementaux de France de 7 260 km, 40 millions de m<sup>2</sup> de revêtements évalués à environ 20 milliards d'euros.

Un réseau complexe à gérer, en raison de la géographie et du climat : soumis à des températures hivernales basses, des alternances importantes de gel et de dégel, des températures très chaudes l'été ; partagé entre la plaine de la Limagne, la vallée de l'Allier, et plusieurs chaînes de montagnes à l'est et à l'ouest, comprenant plus de 2 000 km de routes à une altitude supérieure à 800 m.

La gestion actuelle des routes repose sur une hiérarchie du réseau réparti en trois grandes catégories : le réseau principal structurant qui assure la desserte des pôles économiques, des zones urbaines, et des liaisons interrégionales (1 200 km) ; le réseau secondaire qui relie les chefs-lieux de canton (1 000 km) et le réseau d'intérêt local (5 000 km) pour l'irrigation du territoire et des chefs-lieux de communes.

En 2013 malgré le contexte économique difficile et la baisse des recettes, conscient des enjeux économiques de conservation du patrimoine, le département a consacré 19 millions d'euros à l'entretien de son réseau.

La commande passée à la Direction générale des routes et de la mobilité est claire :

- Adapter la stratégie d'entretien aux moyens disponibles, en optimisant la stratégie d'entretien préventif et en établissant le compromis le plus juste entre l'état au fil du temps et la fréquence des travaux d'entretien.
- Maintenir le réseau dans son état actuel considéré "en bon état" et le niveau de service fixé pour chaque catégorie de routes au meilleur coût.
- Assurer la réalisation de prestations de qualité durable.
- Mettre en œuvre les objectifs du développement durable de la collectivité définis dans l'Agenda 21 issu du Grenelle 2 de l'environnement, en favorisant les techniques réduisant la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre (GES).

Il ne s'agit pas de "faire plus avec moins", mais de "mettre en œuvre une gestion économe et durable du réseau routier", ce qui nécessite d'identifier au plus juste les besoins de travaux : "ni trop, ni trop peu".

Pour assurer cette planification, des campagnes systématiques d'auscultation du réseau structurant sont faites tous les trois ans pour identifier les besoins et les sections nécessitant des travaux : "juste à temps".

Les deux grandes familles de techniques les plus utilisées sont, pour les routes secondaires les enduits superficiels, et pour les routes principales où le trafic est plus dense avec un pourcentage de poids lourds important, des enrobés à chaud.

Cette stratégie a évolué en 2009 dans le contexte de fortes contraintes budgétaires, pour maintenir un maximum de surface pour un coût minimum avec le retour des enduits superficiels aux liants modifiés sur le réseau structurant à fort trafic, dans l'attente de travaux d'entretien plus lourds qui seront nécessaires sur les sous-couches à plus long terme.

A partir de 2012 des expérimentations de nouvelles émulsions "hautes performances" pour enduits superficiels à forts trafics ou à fortes contraintes ont été engagées en partenariat avec l'entreprise Colas Rhône-Alpes Auvergne pour répondre aux objectifs du Plan climat.

Dans ce cadre, deux chantiers expérimentaux ont ainsi été réalisés sur les RD 213 et 996 à fort trafic permettant de s'assurer des performances équivalentes à celles des enduits superficiels aux liants anhydres modifiés.

Ces deux chantiers suivis annuellement dans le cadre d'une convention conclue sur trois années donnent des résultats équivalents en termes de caractéristiques de performances en référence à la norme NF EN 12271.

Marc Cordero  
Directeur pilotage et coordination  
Direction générale des routes et de la mobilité  
Conseil général du Puy-de-Dôme

Bruno Espinasse  
Technicien chaussée  
Conseil général du Puy-de-Dôme

## Contexte

En France, le réseau routier représente 1 048 237 km dont environ 1 % d'auto-roues, 1 % de routes nationales, 36 % de routes départementales et 62 % de routes communales et rues [1]. La qualité de son infrastructure routière place la France au 1<sup>er</sup> rang mondial, selon le classement global de compétitivité 2012 établi par le Forum économique mondial. La route est un atout majeur et un patrimoine de valeur inestimable pour l'économie et le fonctionnement du pays, nécessitant son entretien de manière responsable. Si les routes nationales et autoroutes ne représentent que 2 % du linéaire, elles supportent 34 % du trafic. La valeur estimée de ces 20 000 km est de 250 milliards d'euros. Les routes font partie du patrimoine national.

Le principe de l'entretien concerne les 2 éléments que constituent les chaussées :

- la structure,
- la surface.

La structure représente la plus importante part de la chaussée ; son rôle est de transmettre les efforts de la charge du trafic sur la fondation. Le dimensionnement des chaussées repose d'ailleurs sur ce concept : l'épaisseur de chaque couche va dépendre du trafic et de la capacité de portance de la couche de fondation. Sans entretien, les dégradations de surface vont se propager dans la structure et sans un dimensionnement adapté, le transfert de charge dans le matériau de chaussée va conduire à des dégradations par fatigue. La durabilité des chaussées va donc être optimisée par l'épaisseur et les performances mécaniques des différentes couches, ainsi que par la qualité de la couche de surface. La structure des chaussées est habituellement dimensionnée pour 20-25 ans.

L'état de la surface est primordial pour préserver les caractéristiques mécaniques de la chaussée. Les 2 principaux objectifs de la couche de roulement sont :

- D'assurer une interface avec les véhicules, de manière à offrir aux usagers des routes, à la fois sécurité (adhérence, planéité, visibilité, ...) et confort (réduction du bruit, esthétique, ...)
- De garantir une imperméabilisation de la surface et ainsi éviter toute dégradation par infiltration d'eau (gel, érosion, décohésion, ...) La durée de vie des couches de roulement est habituellement de 5 à 15 ans.

L'enduit superficiel demeure, dans de nombreux pays le type de revêtement le plus utilisé, y compris dans les pays industrialisés. La raison essentielle de cette prééminence est économique. Les contraintes budgétaires [1] ayant plutôt tendance à se renforcer, il y a une demande soutenue pour des enduits innovants et performants, alors qu'ils étaient

jusqu'à aujourd'hui réservés à des chaussées à trafic modéré. Ces nouveaux enduits répondront à la demande des donneurs d'ordre, à savoir : proposer un meilleur service à moindre coût tout en respectant des exigences techniques souvent croissantes.

Par ailleurs, l'entretien responsable du patrimoine routier consiste à privilégier l'entretien préventif, principalement assuré par les techniques de revêtements de surface telles que les enduits superficiels et les matériaux bitumineux coulés à froid. Les graphiques comparatifs entre l'état de la chaussée en fonction de son âge et les efforts financiers nécessaires en fonction de l'état de la chaussée tendent à prouver que les dépenses progressent très fortement lorsque les entretiens sont réalisés tardivement (en particulier si l'on attend une dégradation de la structure de la chaussée).

La mise au point de nouvelles gammes d'enduits superficiels est apparue une nécessité pour les filiales Colas et le Campus scientifique et technique (CST). Les principes de formulation de ces enduits reposent sur :

- L'obtention de performances mécaniques adaptées (adhérence, vitesse de montée en cohésion, tenue aux sollicitations de trafic élevé jusqu'à T0).
- Le respect de la sécurité des opérateurs conduisant les travaux, des usagers et des riverains (emploi de matières premières ne présentant aucun danger, réduction des COV par l'utilisation d'émulsions et de fluxants non volatils, utilisation de matériaux à basse température sur le site d'application, ...).
- Le respect de l'environnement (utilisation d'émulsions de bitume à basse température permettant une réduction de l'énergie consommée et de l'émission de GES, utilisation de fluxants bio-sourcés possible, ...) [2]

La mise au point de ces enduits « hautes performances » impose de bien analyser leur comportement et de disposer de méthodes de caractérisation adaptées et fiables au laboratoire.

Dans la première partie de cet article, la méthodologie de caractérisation employée et les principaux résultats obtenus sont décrits, permettant de passer à la phase expérimentale qui est présentée dans la 2<sup>de</sup> partie.

Ces chantiers ont fait l'objet, en juin 2012, d'un protocole d'accord avec le conseil général du Puy-de-Dôme (CG 63) et le conseil général du Cantal (CG 15) [3].

En complément, un projet d'innovation routière 2013 a été soumis au SÉTRA « ESU - HP : enduits hautes performances, à l'émulsion, adaptés aux forts trafics ».

## Mise au point des enduits - Phase laboratoire

Avant tout, rappelons que la réussite des enduits est conditionnée par :

- le choix des constituants, de la structure et des dosages,
- la programmation correcte des travaux,
- le matériel de mise en œuvre,
- la qualité d'exécution.

Le guide technique SÉTRA-LCPC « enduits superficiels d'usure » [4] décrit bien tous ces aspects et donne les informations primordiales à la qualité de ces revêtements.

## Mise au point de l'émulsion « hautes performances » (HP); modification du liant

Pour améliorer les performances d'un enduit, le premier levier est la modification du liant, servant à fabriquer l'émulsion, par ajout de polymères dans l'objectif de :

- Augmenter la cohésion du liant.
  - Accroître sa consistance aux températures élevées de service.
  - Diminuer sa fragilité aux basses températures.
  - Elargir le domaine de déformation réversible (important pour la tenue sur fissures).
- Les avantages de l'utilisation des émulsions sont multiples : moindre sensibilité que les liants chauds aux conditions climatiques, réduction du taux de fluxant (moins de risque de ramollissement du support, de ressuage ou d'indentation), gain d'énergie et réduction des émissions de COV.

L'emploi d'émulsions élastomères, par rapport à des émulsions de bitume pur, permet de réaliser des ESU sur des trafics plus importants ou présentant de fortes sollicitations tangentielles ou d'environnement local (altitude, zone ombragée, conditions météorologiques locales, ...).

Ces émulsions doivent être formulées de manière à résoudre les problèmes liés à la présence d'élastomères : faible viscosité pouvant entraîner des coulures sur chantier et montée en cohésion plus lente de l'enduit. L'émulsion pour ESU - HP a été spécialement formulée pour respecter ces contraintes et conduit à de hautes performances du liant.

De nombreux polymères ont été testés à différents dosages, utilisés seul ou en couplage. Il s'agissait essentiellement de polymères élastomères ou thermoplastiques sous forme de latex ou anhydre. Plusieurs émulsions ont été formulées afin d'optimiser la formule et la rendre plus performante qu'une émulsion de bitume modifiée classique. Une formule a été sélectionnée parmi toutes celles testées, il s'agit d'une émulsion fortement modifiée par association de polymères élastomères (tableau 1).

# Entretien Emulsions innovantes

Composants	%
Bitume 70/100 ou 160/220	63,5 à 67,5
Fluxant	0 à 4
Polymère 1	≥ 1,5
Polymère 2	≥ 3
Tensio-actif cationique à rupture rapide	0,1 à 0,4
Acide	0,1 à 0,4
Agents rhéologiques spécifiques	0,01 à 0,1
Eau	Qsp 100 %

Tableau 1  
Formule de l'émulsion HP  
HP emulsion design

Le tableau 2 donne les principaux résultats de caractérisation de l'émulsion et du liant stabilisé de la formule retenue.

Les résultats obtenus sur la formule fabriquée à l'usine Colas du Rouget (15) sont semblables à ceux atteints sur la formule laboratoire. La fabrication industrielle a donc été validée.

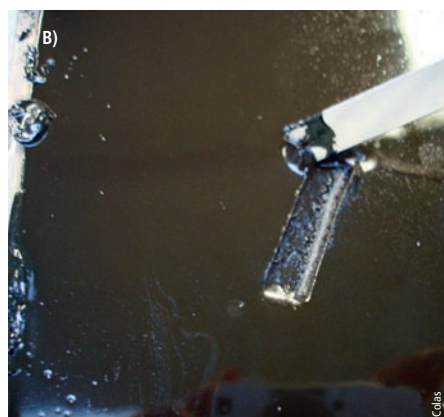
L'émulsion HP formulée présente les caractéristiques suivantes :

- un comportement rhéofluidifiant, caractère mis en évidence par la mesure de la viscosité dynamique à différents taux de cisaillement :
  - bonne fluidité aux forts taux de cisaillement pour garantir une application sans peignage,
  - forte viscosité dès le contact avec le sol grâce à l'utilisation d'épaississants spécifiques et au procédé d'application, évitant ainsi les coulures.

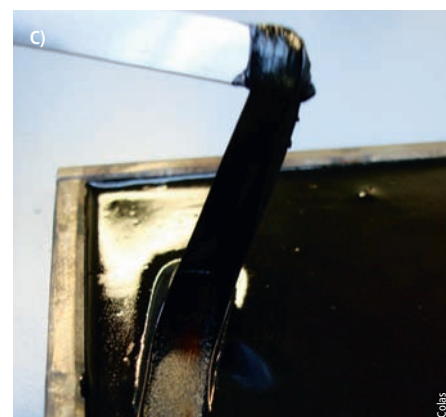
- une montée en cohésion comparable à une émulsion de bitume pur visible grâce à un essai mis au point au Campus scientifique et technique : l'essai TREEC (temps de rupture par évaporation d'une émulsion cationique). Cet essai permet d'évaluer la montée en cohésion d'un film d'émulsion au jeune âge. Il vise à observer dans le temps le comportement à la rupture de l'émulsion provoquée uniquement par évaporation. Un film d'émulsion est appliqué sur une plaque métallique selon un dosage précis. Cette plaque est alors conditionnée en enceinte climatique à 30 °C et 50 % d'humidité. L'avancement de la rupture est suivi toutes les 30 minutes en raclant le film d'émulsion à l'aide d'une spatule et en attribuant une note de A à C (photos 1 à 3).



A : l'émulsion est libre sous une peau de surface



B : rupture dans la masse avec des traces de liquide



C : présence d'un film de liant résiduel homogène ; le film de liant adhère à la plaque.

Photos 1 à 3  
Essai TREEC

Breaking Time per Evaporation Test

Résultats émulsions			Emulsion HP validée		Valeurs attendues
			Fabrication laboratoire	Fabrication usine	
Teneur en liant	NF EN 1428	%	69	69	
Résidu sur tamis : 0,5 mm	NF EN 1429	%	0,18	0,05	≤ 0,1
Résidu sur tamis : 0,16 mm	NF EN 1429	%	0,24	0,09	≤ 0,25
Granulométrie laser ; Diamètre médian		µm	4,9	5,1	
Granulométrie laser ; Ecart-Type		log10	0,64	0,5	
pH	NF EN 12850		3	3	2-4
Indice de rupture SIKAISOL	NF EN 13075-1		74	90	50-100
Temps d'écoulement ; 4 mm/40 °C	NF EN 12846-1		10	10	
Viscosité dynamique Brookfield 40 °C – 2s-1 - mobile LV2-C	NF EN 13302	mPa.s	1 490	1 300	700 - 1 500
<b>Résultats liants stabilisés selon NF EN 13074-2</b>					
Pénétrabilité	NF EN 1426	1/10 mm	77	84	≤ 120
Point de ramollissement	NF EN 1427	°C	59	58	≥ 48
Cohésion Mouton-Pendule	NF EN 13588	J/cm²	1,29	1,28	≥ 1,2
Retour élastique à 10 °C	NF EN 13398	%	66	59	≥ 55

Tableau 2  
Principales caractéristiques de l'émulsion HP  
Main characteristics of HP emulsion

La rupture est jugée satisfaisante si la note minimale de B est obtenue après 1h. Sur l'ensemble des émulsions hautes performances fabriquées au laboratoire ou en usine, la note de B (B- ou B+) à 1h a toujours été obtenue. Le temps de rupture de cette émulsion est comparable à celui d'une émulsion de bitume pur. Il est plus rapide que celui d'une émulsion de bitume modifié classique ou d'autres formules fortement modifiées testées dans le cadre de ce projet mais non retenues (tableau 3).

Les performances obtenues sur le liant stabilisé de cette émulsion HP sont meilleures que celles d'une émulsion modifiée classique. La différence se fait notamment en termes de cohésion et d'élasticité (figure 1).

La cohésion mouton pendule (NF EN 13588) [5] est l'une des mesures de performance d'un liant bitumineux. Elle représente l'énergie requise par unité de surface pour détacher complètement un cube de son support, soit l'énergie nécessaire à l'arrachement d'un gravillon sur la chaussée par le passage d'un véhicule (photos 4 et 5).

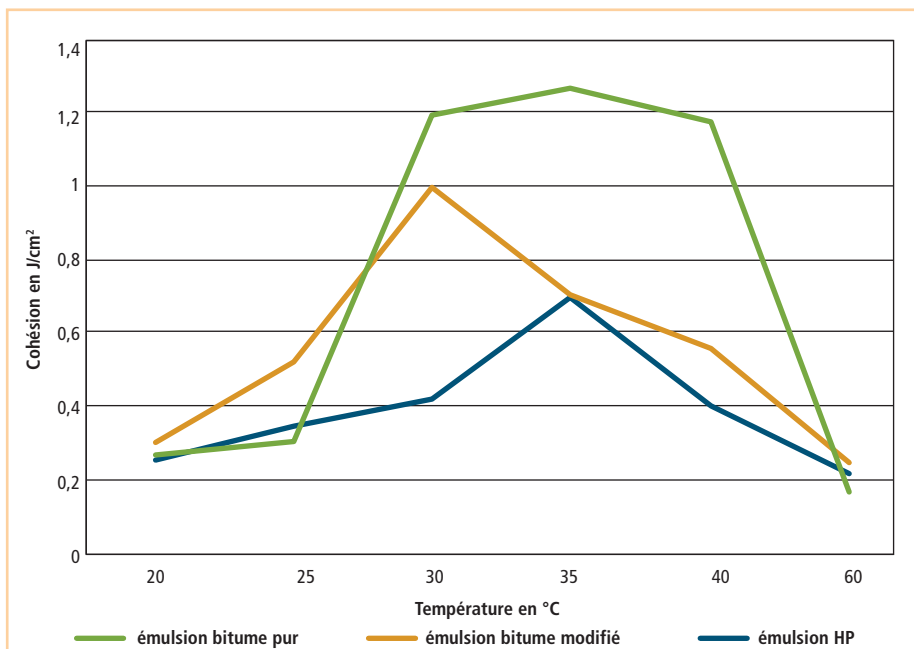
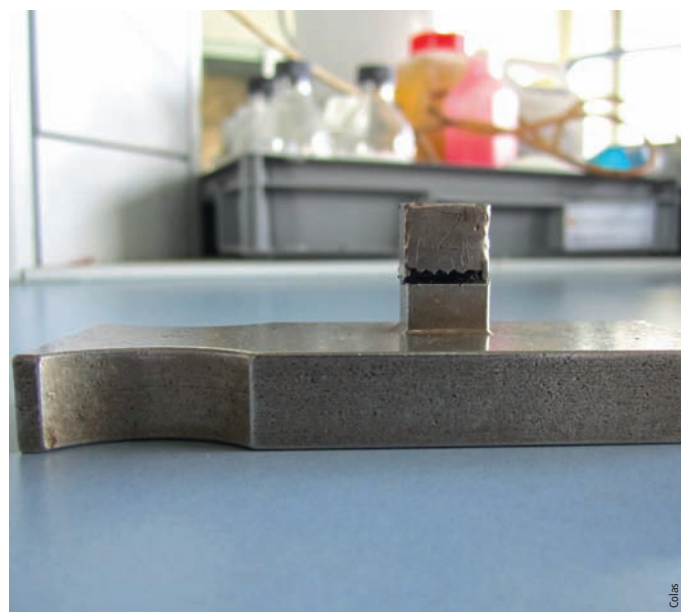


Figure 1  
Cohésion mouton pendule des émulsions pour ESU  
Pendulum cohesion of emulsions for chipseal

		Emulsion bitume pur	Emulsion bitume modifié classique	Emulsion bitume fortement modifié testée (avant optimisation)	Emulsion HP validée
Echéances	30 min	B-	A+	A-	B+
	1h	B+	B-	A+	B+
	1h30	C	B+	B+	C
	2h		C	B+	
	2h30			C	

Tableau 3  
Résultats essai TREEC des émulsions pour ESU  
Breaking Time per Evaporation Test results of emulsions for chipseal



Photos 4 et 5  
Appareillage pour cohésion mouton pendule  
Pendulum cohesion device



# Entretien Emulsions innovantes

La valeur de cohésion mouton pendule de cette émulsion est assurée à un minimum de 1,2 J/cm<sup>2</sup> permettant alors de classer l'ESU en classe de performance A selon la norme NF EN 12271 : 2007 [6] (tableau 4).

Les valeurs obtenues avec cette émulsion HP et les matériaux basaltiques Monneron qui seront utilisés lors des premières planches d'essai sont très satisfaisantes et dépassent les seuils qui assurent une bonne tenue des ESU sur le terrain.

L'utilisation de rupteur avec le procédé Emulcol® renforce les performances (tableau 5 et figure 2).

## Mise au point de l'enduit « hautes performances » EMULCOL Y

Une fois l'émulsion la plus performante sélectionnée sur la base de ses caractéristiques en matière de vitesse de séchage, de cohésion du film résiduel et de stabilité au stockage, sa compatibilité avec différents granulats a été évaluée et quantifiée.

L'essai ACTE simule un enduit superficiel et permet d'évaluer le couple liant/granulat. A l'issue du temps de cure désiré, une éprouvette d'enduit superficiel est soumise pendant 1 min à l'abrasion d'un patin monté sur un malaxeur planétaire (de type Hobart). Le résultat correspond au pourcentage de granulats retenus (photos 6 et 7).



Photos 6 et 7  
Appareillage pour essai ACTE  
ACTE Device

Caractéristiques identifiées dans article 5.2 - Tableau 2 NF EN 12271	Méthodes d'essai	Classes de performances usuelles		
		ESU classe A	ESU classe B	ESU classe C
Evaluation visuelle des défauts (EVD)	NF EN 12272-2	EVD I	EVD I ou II	EVD I ou II ou III
		(classes définies selon codification du Tableau 2 ci-après)		
Macrotexture	NF EN 13036-1	≥ 1,0 ou ≥ 1,5 ou ≥ 2,0	≥ 0,7 ou ≥ 1,0 ou ≥ 1,5	PND ou ≥ 0,5 ou ≥ 0,7
Bruit (macrotexture)	NF EN 13036-1	valeur maximum déclarée		
Caractéristiques des gravillons (classes définies dans NF EN 13043)				
résistance à l'usure	NF EN 1097-1	MDE <sub>15</sub>		MDE <sub>20</sub>
résistance au polissage	NF EN 1097-8	PSV <sub>50</sub> ou PSV <sub>56</sub>	PSV <sub>50</sub>	
Cohésion du liant au mouton pendule (classes définies dans EN 13808 et EN 15322)	NF EN 13588	≥ 1,0 ou ≥ 1,2 ou ≥ 1,4	PND ou ≥ 0,7 ou ≥ 1,0	PND ou ≥ 0,7
Caractéristiques d'épandage du liant	NF EN 12272-1			
précision dosage en liant		≤ ± 5 %		PND ou ≤ ± 10 %
répartition transversale du liant		≤ 10 %		PND ou ≤ 15 %
Caractéristiques d'épandage des gravillons	NF EN 12272-1			
précision dosage en gravillons		≤ 10 %	≤ ± 10 %	PND ou ≤ ± 15 %
répartition transversale en gravillons			≤ 15 %	PND ou ≤ 15 %
Adhésivité liant / granulat - plaque Vialit <sup>a)</sup>	NF EN 12272-3		PND <sup>(1)</sup> ou ≥ 90	PND ou ≥ 90
adhésivité globale				
adhésivité active				

<sup>(1)</sup> PND pour "Performance non déterminée"

a) RAPPEL (cf. NOTE article 4.1 cf. norme d'essai NF EN 12272-3) : « Pour les bitumes polymères nécessitant des conditions spéciales par exemple des températures de chaussée >10 °C ou des gravillons chauffés, l'essai doit à aussi reproduire ces contraintes et le rapport d'essai doit être modifié en conséquence par exemple : augmenter la température des gravillons jusqu'à 10 °C ». Dans sa version de 2003, l'essai à la plaque Vialit est jugé peu pertinent pour tester l'adhésivité émulsion/granulat. A défaut de pouvoir évaluer l'adhésivité active ou globale, il conviendra le cas échéant d'utiliser l'essai d'adhésivité passive (NF EN 13614) pour déterminer les propriétés d'adhésion d'une émulsion cationique de bitume vis-à-vis de granulats en immersion dans l'eau.

Tableau 4

Classes de performances usuelles pour les caractéristiques des enduits et de leurs constituants identifiées dans l'article 5.2 de la norme NF EN 12271 [6]

Usual performance classes for coating characteristics and their components identified in article 5.2 of the standard NF EN 12271 [6]

Essai ACTE MOPCST TE-011	4/6 Monneron (basalte)			
	30 min		1h	
	Sans rupteur	Avec rupteur	Sans rupteur	Avec rupteur
% Granulats retenus à 18 °C/50 %H				
Emulsion bitume modifié classique	31	/	55	/
Emulsion bitume fortement modifié testée (avant optimisation)	10	22	43	55
Emulsion HP validée	55	75	70	80

Tableau 5

Résultats essai ACTE émulsions pour ESU

ACTE Test results of emulsions for chipseal

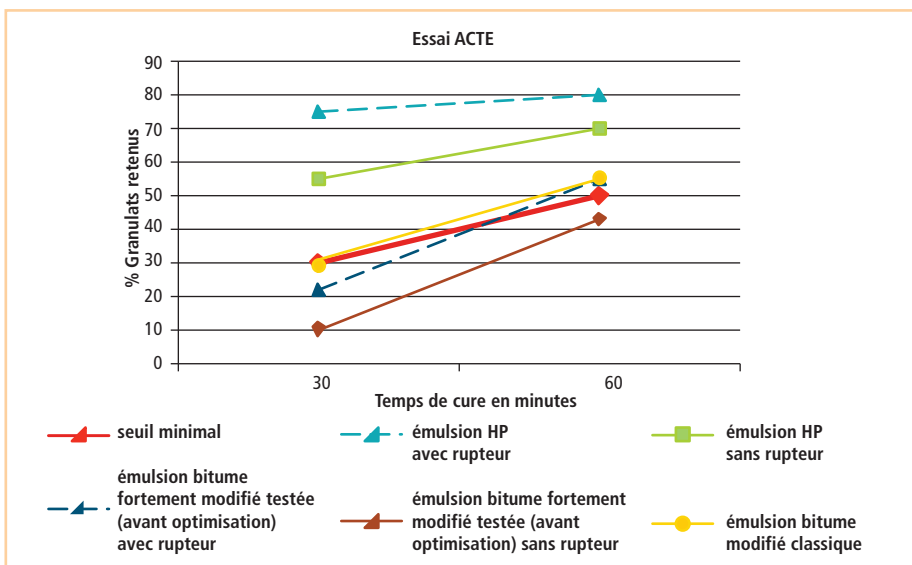


Figure 2  
Montée en cohésion de l'enduit en fonction du temps  
Cohesion build up of the chipseal versus time

L'adhésivité passive de l'émulsion HP avec des matériaux de nature minéralogique différente a également été vérifiée. Tous les résultats obtenus sont conformes au guide technique SÉTRA-LCPC [4] (à savoir > 90) (tableau 6). Cette émulsion assure un bon mouillage des gravillons et une bonne tenue du film de liant en présence d'eau.

L'émulsion HP très fortement modifiée et couplée au procédé de rupture contrôlée et rapide Emulcol®, permet d'obtenir plus rapidement un niveau élevé de performances et ainsi réduire le délai de fragilité de l'ESU au jeune âge et d'accroître le niveau de durabilité.



Photo 8  
Application de l'enduit avec rupteur  
Chipseal laying with breaking agent

Adhésivité NF EN 13614 [7]		6/10 Monneron (basalte)	6/10 Moissey (porphyre)	6/10 Favorney (alluvionnaire)
Adhésivité immédiate	%	100	100	100
Effet de l'eau sur l'adhésion du liant	%	90	90	100

Tableau 6  
Résultats d'adhésivité de l'émulsion HP par l'essai d'immersion dans l'eau  
Adhesivity of HP emulsion by water immersion test results

## Agent de rupture accélérée

L'agent de rupture du procédé Emulcol® est une solution aqueuse sans solvant, pulvérisée au moment du répandage sur les faisceaux de l'émulsion afin d'initier le processus de rupture de l'émulsion et d'accélérer le phénomène de prise de l'enduit. L'utilisation de cet agent de rupture en phase aqueuse est un procédé sûr, éprouvé et environnemental.

L'application se fait avec une répandeuse classique équipée d'une rampe supplémentaire pour permettre la pulvérisation de l'agent de rupture (photo 8).

## Mise en œuvre des enduits – Phase chantiers

Sans la volonté des directions des conseils généraux du Cantal et du Puy-de-Dôme, les planches tests n'auraient pas pu être réalisées en 2012. Il a été établi conjointement deux protocoles de suivi technique de ces chantiers.

		date	lieu	trafic	structure	surface
Chantiers 2012	CRAA/CG15 Application CG15	27/06/2012	RD926 à Murat (15)	T2	MDG 6/10-4/6	≈ 7 000 m <sup>2</sup>
	CRAA/CG63 Application CRAA	28/06/2012	RD213 à ORCET (63)	T2	MDG 6/10-4/6	≈ 5 000 m <sup>2</sup>

Tableau 7  
Liste des chantiers réalisés en 2012  
Site job list

Ces documents permettent de comparer une planche témoin à la planche test en enduit HP. Un engagement sur des suivis à un mois, un an et trois ans a été pris conjointement sur les deux chantiers (relevé visuel, mesures de profondeur moyenne de texture (PMT) (photos 9 et 10), évaluation visuelle des défauts).

Deux chantiers (tableau 7) ont été réalisés, à savoir :

- la RD 926 à Murat dans le Cantal (photos 11 à 13),
- la RD 213 à Orcet dans le Puy de Dôme (photos 14 à 16).



Photo 9  
PMT RD 926 Murat



Photo 10  
PMT RD 213

# Entretien Emulsions innovantes



Photos 11 à 13  
RD 926 Murat



Photos 14 à 16  
RD 213 Orcet



Les caractéristiques de ces deux chantiers sont reprises dans le tableau 7.

Sur chaque chantier, une visite préalable a permis de faire l'état des lieux du support et de fixer la formulation des enduits à réaliser. La caractérisation des gravillons, l'identification du stock chantier et la fabrication en usine (caractérisation du liant) ont fait l'objet d'un suivi rigoureux avant réalisation. Les répanduses (visite annuelle) et les gravillonneurs (coefficient de répartition transversal) ont été vérifiés.

Le procédé EMULCOL® a été mis en œuvre pour ces deux chantiers d'enduits (photos 17 et 18). Il permet de maîtriser la rupture de l'émulsion HP sans difficulté (photos 19 et 20).



Photo 17  
Procédé EMULCOL® (rampe côté rupteur)



Photo 18  
Procédé EMULCOL® (rampe côté répanduse)



Photos 19 et 20  
Rupture de l'émulsion



La mise en œuvre ainsi que la mise en place de la mosaïque n'a pas posé de problème particulier. L'aspect visuel, lors de la réalisation, était tout à fait conforme aux attentes et classique.

Un rapport détaillé à un mois a été établi permettant de fixer le point zéro des tests (tableau 8).

La visite à un an a eu lieu (tableau 9). Dans l'attente des visites à trois ans (photos 21 et 22).

CHANTIERS	Relevé visuel		PMT		Taux d'épandage liants et gravillons	
	Planche témoin	Planche test	Planche témoin	Planche test	Planche témoin	Planche test
<b>RD 926 Murat (15)</b>	Amorce de ressuage sur demi-chaussée Aspect général très satisfaisant Mosaïque fermée	Aspect général très satisfaisant Mosaïque fermée	100 % des valeurs > 1 70 % des valeurs > 1,5	100 % des valeurs > 1 80 % des valeurs > 1,5	Correction après démarrage Conforme	Conforme
<b>RD 213 Orcet (63)</b>	Un léger ressuage à l'extérieur d'une courbe Aspect général très satisfaisant	Mosaïque bien homogène et grenue Aspect général très satisfaisant	100 % des valeurs > 1 70 % des valeurs > 1,5	100 % des valeurs > 1 100 % des valeurs > 1,5	Conforme	Conforme

Tableau 8  
Bilan à 1 mois

RD926-MURAT (15) Evaluation visuelle des défauts - EVD	Objectif visé EVD II			Résultats EVD à un an				
		Spécifications	Catégories	Planche témoin	Catégories	Planche test	Catégories	
P1 : ressuage	EN 12272-2	%	≤ 1	2	≤ 0,5	3	≤ 0,5	3
P2 : pelade		%	≤ 0,5	2	≤ 0,2	3	≤ 0,2	3
P3 : plumage		%	≤ 6	2	≤ 3	3	≤ 3	3
P4 : peignage		%	≤ 30	2	≤ 2 m	4	≤ 2 m	4
Macrotecture	EN 13036-1	mm	≥ 0,7 ou ≥ 1,0 ou ≥ 1,5	2 ou 3 ou 4	≥ 1,0	3	≥ 1,0	3
					96 % des valeurs ≥ 1,0 46 % des valeurs ≥ 1,5		100 % des valeurs ≥ 1,0 50 % des valeurs ≥ 1,5	
Bruit (macrotecture)	EN 13036-1	mm	Valeur maxi déclarée		2,63		2,41	

RD213-ORCET (63) Evaluation visuelle des défauts - EVD	Objectif visé EVD II			Résultats EVD à un an				
		Spécifications	Catégories	Planche témoin	Catégories	Planche test	Catégories	
P1 : ressuage	EN 12272-2	%	≤ 1	2	≤ 0,5	3	≤ 0,5	3
P2 : pelade		%	≤ 0,5	2	≤ 0,2	3	≤ 0,2	3
P3 : plumage		%	≤ 6	2	≤ 3	3	≤ 3	3
P4 : peignage		%	≤ 30	2	≤ 2	4	≤ 2	4
Macrotecture	EN 13036-1	mm	≥ 0,7 ou ≥ 1,0 ou ≥ 1,5	2 ou 3 ou 4	≥ 0,7	2	≥ 1,0	3
					44 % des valeurs ≥ 1,0 25 % des valeurs ≥ 1,5		100 % des valeurs ≥ 1,0 44 % des valeurs ≥ 1,5	
Bruit (macrotecture)	EN 13036-1	mm	Valeur maxi déclarée		1,62		1,96	

Tableau 9  
Bilan à 1 an



Photo 21  
RD 926 Murat sous circulation



Photo 22  
RD 213 Orcet sous circulation

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] « La Route... essentielle », L'état de la route 2013, USIRF [www.usirf.com](http://www.usirf.com)
- [2] « Des ressources renouvelables dans les chantiers routiers » ORGAGEC'08 Paris, août 2008, Ch. Deneuillers
- [3] Protocoles d'accord « Planche test enduits superficiels - émulsions de bitume polymère pour enduits sur route de fort trafic (T1/T2) » - Conseil général du Cantal et Conseil général du Puy-de-Dôme, COLAS (documents internes Colas)
- [4] Guide technique SÉTRA-LCPC « enduits superficiels d'usure » mai 1995, en phase de mise à jour (publication IDDRIM 2013)
- [5] NF EN 13588-2008 « Bitumes et liants bitumineux - Détermination de la cohésion des liants bitumineux par la méthode de mouton pendule ».
- [6] NF EN 12271- 2007 « Enduits superficiels - spécifications »
- [7] NF EN 13614-2011 « Bitumes et liants bitumineux - Détermination de l'adhésivité des émulsions de bitume par l'essai d'immersion dans l'eau »

Ce guide renseigne sur les productions des fournisseurs de matériels, équipement ou service.

Si vous désirez être répertoriés dans ces rubriques adressez-vous à :

## REVUE GÉNÉRALE DES ROUTES

9 rue de Berri - 75008 Paris  
Emmanuelle Hammaoui - RGRA Publicité  
Tél. : 01 40 73 80 07 / Fax : 01 44 13 32 98  
ehammaoui@editions-rgra.com  
www.editions-rgra.com

# GUIDE DE L'ACHETEUR

## Matériel de terrassement et de traitement de sol

### Chargeuses

**Bobcat**  
N° indigo : 0825 08 43 81

### Pelles sur pneus

### Pelles compactes

**Bobcat**  
N° indigo : 0825 08 43 81



**BOMAG**  
FAYAT GROUP  
2 Avenue du Général de Gaulle  
91170 VIRY CHATILLON  
Tél. : 01 69 57 86 00 - Fax : 01 69 96 26 60  
e-mail : france@bomag.com

### Machines traitement de sols



**Rabaud**  
La saveur de l'innovation  
RABAUD - Bellevue - 85110 Sainte Cecile  
Tél. : 02 51 48 51 51 - Fax : 02 51 40 22 96  
Mail : info@rabaud.com  
Site : www.rabaud.com

### Wirtgen France SAS


7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville  
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49  
E-mail : contact@wirtgen.fr  
Site internet : www.wirtgen.fr

### Epandeurs

### Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville  
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49  
E-mail : contact@wirtgen.fr  
Site internet : www.wirtgen.fr

## Matériel de construction et d'entretien des routes en produits hydrocarbonés



**FAYAT**

**BREINING**  
FAYAT GROUP  
Machines pour les procédés de construction rénovation routières (coulis, ECF, techniques des joints, petites épandeuses)  
www.breining.fayat.com

**SECMAIR**  
FAYAT GROUP  
Matériel d'entretien des routes : gravillonneurs, répandeurs multi-fonctions, répandeurs gravillonneurs synchrones  
www.secmair.fayat.com

FAYAT - 137, rue du Palais-Gallien  
BP 90028 - 33029 Bordeaux cedex - France  
Tél. : 05 56 00 21 00 - Fax : 05 56 52 16 69  
www.fayat.com - e-mail : info@fayat.com



**FAYAT**

**ERMONT**  
FAYAT GROUP  
Centrales d'enrobage à chaud continues et discontinues, cuves de stockage, usines d'émulsion et liants modifiés  
www.ermont.fayat.com

**SAE**  
FAYAT GROUP  
Centrales d'enrobage à froid et grave émulsion. Centrales de grave ciment  
www.sae.fayat.com

FAYAT - 137, rue du Palais-Gallien  
BP 90028 - 33029 Bordeaux cedex - France  
Tél. : 05 56 00 21 00 - Fax : 05 56 52 16 69  
www.fayat.com - e-mail : info@fayat.com

### Ermont

Rue Jean-Pierre Timbaud, BP 1 - 42420 Lorette  
Tél. 04 77 73 52 65 - Fax 04 77 73 48 85  
E-mail : info@ermont.fayat.com  
Web : www.ermont.fayat.com

### Centrales d'enrobage à froid

### SAE

Z.I. Saint-Benoît-la-Forêt, 37500 Chinon  
Tél. 02 47 58 00 31 - Fax 02 47 58 01 46

### Citernes de stockage et de chauffage

### SECMAIR

Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien  
Tél. 02 43 98 27 76. Fax 02 43 98 86 49  
Site web : www.secmair.com  
Email : info@secmair.com

### Ermont

Rue Jean-Pierre Timbaud, BP 1 - 42420 Lorette  
Tél. 04 77 73 52 65 - Fax 04 77 73 48 85  
E-mail : info@ermont.fayat.com  
Web : www.ermont.fayat.com

### Épandeurs

### ACMAR

Tél. 02 43 06 14 28  
Fax 02 43 06 00 00  
acmar.craon@wanadoo.fr

### SECMAIR

Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien  
Tél. 02 43 98 27 76. Fax 02 43 98 86 49  
Site web : www.secmair.com  
Email : info@secmair.com

### Finisseurs



**COGEPREC**  
**CORINSA**  
Compacteur à pneus  
**VERMEER**  
Matériel pour pose de réseaux  
**POWER CURBER**  
Machine à coffrages glissants  
**COGEPREC**  
16 rue Angiboust  
91460 Marcoussis  
Tél. : 01 69 93 28 28 - Fax : 01 60 11 11 21  
info@cogeprec.com - www.cogeprec.com

### SECMAIR

Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien  
Tél. 02 43 98 27 76 Fax 02 43 98 86 49  
Site web : www.secmair.com  
Email : info@secmair.com

### Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633  
95696 Goussainville  
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49  
E-mail : contact@wirtgen.fr  
Site internet : www.wirtgen.fr

### Fraiseuses

### Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville  
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49  
E-mail : contact@wirtgen.fr  
Site internet : www.wirtgen.fr

### Birépondeurs liant/gravillon

### ACMAR

Tél. 02 43 06 14 28 - Fax 02 43 06 00 00  
acmar.craon@wanadoo.fr

### SECMAIR

Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien. Tél. 02 43 98 27 76  
Fax 02 43 98 86 49. Site web : www.secmair.com  
Email : info@secmair.com

### Niveleuses

### Gravillonneurs

### Machines traitement de sols

### Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville  
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49  
E-mail : contact@wirtgen.fr  
Site internet : www.wirtgen.fr

### Matériel de préparation et de mise en œuvre d'enrobés coulés à froid

### SECMAIR

Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien. Tél. 02 43 98 27 76  
Fax 02 43 98 86 49. Site web : www.secmair.com  
Email : info@secmair.com

### Point-à-temps

### ACMAR

Z.I., 53400 Craon. Tél. 02 43 06 14 28  
Fax 02 43 06 00 00. Acmar.craon@wanadoo.fr

### SECMAIR

Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien. Tél. 02 43 98 27 76  
Fax 02 43 98 86 49. Site web : www.secmair.com  
Email : info@secmair.com

### Rouleaux et compacteur



**BOMAG**  
FAYAT GROUP  
2 Avenue du Général de Gaulle  
91170 VIRY CHATILLON  
Tél. : 01 69 57 86 00 - Fax : 01 69 96 26 60  
e-mail : france@bomag.com

### Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville  
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49  
E-mail : contact@wirtgen.fr  
Site internet : www.wirtgen.fr

### Matériel de recyclage

### SAE

Z.I. Saint-Benoît-la-Forêt, 37500 Chinon  
Tél. 02 47 58 00 31 - Fax 02 47 58 01 46

### Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville  
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49  
E-mail : contact@wirtgen.fr  
Site internet : www.wirtgen.fr



**BOMAG**  
FAYAT GROUP  
2 Avenue du Général de Gaulle  
91170 VIRY CHATILLON  
Tél. : 01 69 57 86 00 - Fax : 01 69 96 26 60  
e-mail : france@bomag.com

### Usines de fabrication d'émulsion et de liants chauds

### Emulbitume

4, rue Copernic, 22950 Tregueux  
Tél. 02 96 61 04 04 - Fax 02 96 33 16 26  
E-mail : www.emulbitume.com

### Ermont

Rue Jean-Pierre Timbaud, BP 1 - 42420 Lorette  
Tél. 04 77 73 52 65 - Fax 04 77 73 48 85  
E-mail : info@ermont.fayat.com  
Web : www.ermont.fayat.com

## Matériel de construction des routes en béton de ciment et aux liants hydrauliques

### SAE

Z.I. Saint-Benoît-la-Forêt, 37500 Chinon  
Tél. 02 47 58 00 31 - Fax 02 47 58 01 46

### Bétonnières et centrales à béton

### Coffrages

### Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville  
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49  
E-mail : contact@wirtgen.fr  
Site internet : www.wirtgen.fr

## Pelles hydrauliques

### Volvo Construction Equipement Europe

37, avenue Georges Politzer, 78192 Trappes  
Tél. 01 30 69 28 28 - Fax 01 34 82 96 92

## Appareils de mesure et de contrôle

### Systèmes de guidage

### de machines et systèmes

### d'auscultation automatique

### Matériel pour géomètres

(matériels de topographie, guidage, niveaux, lasers)

### Contrôle géotechnique de surface

## EQUIPESSAIS

54, rue Danjou - 92100 Boulogne  
Tél. 01 46 20 37 45 - Fax 01 46 20 49 59

## Matériaux

### Briques concassées

### Caoutchouc recyclé pour la route

### Produits pour joints

### et fissures étanchéité

### Icopal-Siplast

12, rue de la renaissance, 92184 Antony cedex  
Tél. 01 40 96 35 00 - Fax 01 46 86 24 85  
E-mail : <http://www.siplast.fr>

### Polymères pour bitumes routiers et enrobés bitumineux



Spécialiste des ajouts pour enrobés hydrocarbonés :

- PR PLAST CR : additif anti - orniérant pour couche de roulement
- PR PLAST S : additif anti - orniérant pour couche de liaison
- PR PLAST MODULE : additif haut module
- PR FLEX 20 : bitume modifié en granulés
- PR PHONE : additif anti-bruit
- PR PLAST AK : additif anti-kérosène
- PR COL : Coulis pour sols industriels
- BITUCOLOR : bitume de synthèse solide en pains
- CREACOLOR : enduit bitumeux coloré
- Résines + revêtements de sols
- Dosage : doseurs sur roues

Zone Industrielle de la Planchette -  
21230 ARNAY LE DUC (France)  
Tél. : 00.33.3.80.84.84.00 - Fax : 00.33.3.80.84.84.07  
[www.pr-industrie.com](http://www.pr-industrie.com) - Em@il : [info@pr-industrie.com](mailto:info@pr-industrie.com)

### EXXON MOBIL Chemical France

Tour Manhattan  
5/6 Place de l'Iris  
92095 Paris La Défense Cedex  
Tel 01 57 00 70 00  
Site internet : [www.exxonmobilchemical.com](http://www.exxonmobilchemical.com)

### Dopes et émulsifiants pour bitumes

### CECA

89 Boulevard National  
92257 La Garenne-Colombes  
Tel : 33 (0)1 49 00 38 00  
Fax : 33 (0) 1 49 00 38 01  
E-mail : [info.ceca@ceca.fr](mailto:info.ceca@ceca.fr)

### Émulsions de bitume

### BP France

Immeuble Le Cervier  
12, avenue des Béguines  
95866 Cergy Pontoise Cedex  
Tél. 01 34 22 40 70  
Fax 01 34 22 42 66  
[www.bpbitumen.com/fr](http://www.bpbitumen.com/fr)



**Emulsions routières** (encollage, ECF, enduit) - bitumes polymères - bitumes fluxés - ...

Rue de l'Île Monsin, 80 - B-4020 LIEGE  
Tel +32 4 240.70.10 - Fax +32 4 248.05.32  
[www.gravaubel.com](http://www.gravaubel.com)



PRODUCTEUR DE LIANTS DE SYNTHÈSE

Le Couzin - F - 31470 Empeaux  
Tél. : + 33 (0) 5 61 91 41 60  
[vente@aspho.eu](mailto:vente@aspho.eu)  
[www.aspho.eu](http://www.aspho.eu)



**BP France**  
Service Bitumes

Immeuble Le Cervier  
12, avenue des Béguines  
95866 Cergy Pontoise Cedex

Tél. : 01 34 22 40 00 - Fax : 01 34 22 42 66  
[www.bpbitumen.com/fr](http://www.bpbitumen.com/fr)

### Nynas Bitumen

87 Exelsiorlaan, B-1930 Zaventem  
Tél. 00 32 2 725 22 38  
Fax 00 32 27 25 10 91  
[www.nynas.com/bitumen](http://www.nynas.com/bitumen)



307, rue d'Estienne d'Orves  
92708 Colombes Cedex  
Tél : 01 57 60 61 00  
[www.bitumes.shell.fr](http://www.bitumes.shell.fr)

### Bitumes routiers et industriels

### Esso S.A.F.

Tour Manhattan  
5/6 Place de l'Iris  
92095 Paris La Défense Cedex  
Tel 01 57 00 70 00  
<http://www.esso.fr>



Direction Bitumes

562 avenue du parc de l'Île  
92029 Nanterre Cedex  
France  
Tel. : 01 41 35 40 00  
Fax : 01 41 35 21 42

Retrouvez nos produits sur  
[www.bitumes.total.fr](http://www.bitumes.total.fr)  
Styrelf, 25 ans d'expérience dans les chaussées difficiles et à fort trafic

### Gabions

### Aquaterra Solutions

26270 Cloussat- france  
tel: +33(0)475 638 465  
fax: +33(0)475 638 468  
[www.aquaterra-solutions.fr](http://www.aquaterra-solutions.fr)

### Géocomposite de drainage (bassins/centre d'enfouissement)

### Graviers ciments et chaux Recyclage des matériaux de démolition



7, rue Condorcet  
94437 Chennevières/Marne cedex  
Tél. : 01 49 62 01 23  
Fax : 01 45 93 25 74

### Revêtements d'étanchéité

### Icopal-Siplast

12, rue de la renaissance, 92184 Antony cedex  
Tél. 01 40 96 35 00 - Fax 01 46 86 24 85  
E-mail : <http://www.siplast.fr>


### Géosynthétiques, géotextiles tissés et non tissés, drainage

### RENOLIT France

Roissypole Le Dome, 5, rue de la Haye, BP 10943  
Tremblay-en-France, 95733 Roissy CDG Cedex  
Tél. 01 41 84 30 10 - Fax 01 49 47 04 62  
Web : [www.renolit.com](http://www.renolit.com)

### Fibertex France

218, chaussée Jules César, 95250 Beauchamp  
Tél. 01 39 95 95 20 - Fax 01 39 95 95 21  
E-mail : [CI@fibertex.com](mailto:CI@fibertex.com)



ALTHEMA  
JUSQU'AU BOUT DES SOLUTIONS

66, RUE LERUSTE - B.P. 56 - 93092 WATTELOS CEDEX  
TEL. : 03 20 81 73 00 - FAX : 03 20 81 73 01

1 Gamme Géosynthétique très complète :

- Géotextile anti-contaminant TYPAR®
- Géotextile de renforcement TYPAR HR®
- Géogrille de renforcement TENSAR®
- Géogrille pour l'anti érosion TENSAR MAT®
- Système alvéolaire pour maintien des terres
- Géomembrane pour l'étanchéité des bassins

\* marques déposées

### Tencate Geosynthetics France SAS

BP 40080 95873 Bezons cedex France  
Tel: 01 34 23 53 63- Fax 01 34 23 53 48

- Géotextiles TenCate BIDIM® et TenCate POLYFELT®

- Géosynthétiques de renforcement et d'antifissuration des chaussées

### Icopal-Siplast

12, rue de la renaissance, 92184 Antony cedex  
Tél. 01 40 96 35 00 - Fax 01 46 86 24 85  
E-mail : <http://www.siplast.fr>

### Géotextiles pour la lutte contre l'érosion

### Aquaterra Solutions

26270 Cloussat- france  
tel: +33(0)475 638 465  
fax: +33(0)475 638 468  
[www.aquaterra-solutions.fr](http://www.aquaterra-solutions.fr)

### Géosynthétiques pour le renforcement des sols

### Géosynthétiques à usage routier

### Colbond Geosynthetics

268, avenue du Président-Wilson  
93218 Saint-Denis-La-Plaine Cedex  
Tél. 01 49 46 24 30 - Fax 01 49 46 24 35

### Icopal-Siplast

12, rue de la renaissance, 92184 Antony cedex  
Tél. 01 40 96 35 00 - Fax 01 46 86 24 85  
E-mail : <http://www.siplast.fr>

### Géosynthétiques pour bassins hydrauliques et drainage

### RENOLIT France

Roissypole Le Dome, 5, rue de la Haye  
BP 10943, Tremblay-en-France  
95733 Roissy CDG Cedex  
Tél. 01 41 84 30 10 - Fax 01 49 47 04 62  
Web : [www.renolit.com](http://www.renolit.com)

### Icopal-Siplast

12, rue de la renaissance, 92184 Antony cedex  
Tél. 01 40 96 35 00 - Fax 01 46 86 24 85  
E-mail : <http://www.siplast.fr>

### Géosynthétiques pour le stockage des déchets

### RENOLIT France

Roissypole Le Dome, 5, rue de la Haye  
BP 10943, Tremblay-en-France  
95733 Roissy CDG Cedex  
Tél. 01 41 84 30 10 - Fax 01 49 47 04 62  
Web : [www.renolit.com](http://www.renolit.com)



Route Service Industrie

Produits prêts à l'emploi :

- coulis enrobés percolés
- micro béton de scellement
- mortier - joints de pavage
- etc...

Bureaux et Laboratoires  
ZA Ecoparc  
Allée des merisiers  
27400 HEUDEBOUVILLE  
Tél. : 02 32 50 30 10  
Fax : 02 32 59 40 01  
E-mail : [contact@rsi-tp.com](mailto:contact@rsi-tp.com)  
<http://www.rsi-tp.com>

## Entreprises

### Aménagements paysagers, espaces verts, pieux, fondations, sondages Grenailage

### Equip'Sols (siège)

Impasse Peyrière - 31240 Saint Jean  
Tél. 05 62 89 23 00 - Fax 05 61 09 67 14  
Web : [www.equipisols.com](http://www.equipisols.com)  
E-mail : [info@equipisols.com](mailto:info@equipisols.com)

### Travaux hydrocarbonés

### Travaux en béton et liants hydrauliques

### Travaux publics



Siège Social  
7, place René-Clair  
92653 Boulogne-Billancourt Cedex  
Tél : 01 47 61 75 00  
Fax : 01 47 61 76 00

Contact : [colas@colas.fr](mailto:colas@colas.fr)  
[www.colas.com](http://www.colas.com)

## Travaux spéciaux

**POSSEHL TRAVAUX SPÉCIAUX**  
2, rue de la gare - 67210 GOXWILLER  
Téléphone : 03.88.04.79.61 - Télécopie : 03.88.04.79.62  
Courriel : accueil@possehl.fr - Site web : www.possehl.fr

- Rénovation des sols : Tous types de revêtements en résines industriels ou décoratifs.
- Travaux aéroportuaires : Sciages de béton toutes épaisseurs, sciage de béton frais, réfection de joints, réparations de béton, rainurage de pistes et ballastage lumineux.
- Travaux routiers : Pontage de fissures, sciage de toutes longueurs et toutes profondeurs et rabotage fin.

Une société du groupe L. Possehl

## Gestion exploitation

### Signalisation routière

#### • Horizontale

### Potters Europe

ZI du Pont Panay

03500 Saint-Pourçain-sur-Sioule

Tél. 04 70 45 70 45 - Fax 04 70 45 57 80

Email : pberge@pottersgroup.com

Internet : www.pottersgroup.com

1<sup>er</sup> fabricant mondial de microbilles de verre

**DELTABLOC®**  
FRANCE

Nous reinventons  
la sécurité. 600

**DELTA BLOC France SAS**  
Séparateur modulaire de voie  
5, rue de Castiglione, 75001 Paris  
Tél. 01 53 45 27 09 - Fax 01 53 45 27 01  
Info@deltabloc.fr  
www.deltabloc.fr

**ROUTES & CONCEPTS**

- BANDES PODOTACTILES
- BANDES DE GUIDAGE
- SYSTÈMES D'ANCRAGE POUR PANNEAUX DE POLICE
- ATTÉNUATEURS DE CHOCS

9 bis rue des Sablons 91540 ECHARCON  
Tél. Fax 01 69 90 22 12 - E-mail : geniroad@hotmail.com

Équipements Routiers  
Aménagements Urbains

**SIGNATURE**

- Signalisation verticale et équipements de sécurité routière
- Ballastage de chantier
- Signalisation horizontale
- Dispositif de retenue

SIGNATURE S.A.S  
41, rue des Trois Fontanot  
92024 NANTERRE CEDEX  
T/ +33 1 41 20 31 00  
F/ +33 1 41 20 21 46

## Sovitec-Microbeads

Microbilles de verre certifiées à hautes performances  
BP 98, 57192 Florange cedex  
Fax 03 82 52 91 22 - Tél. 03 82 59 17 89

### • Verticale

**SES**

35-39 Avenue du Danemark  
B.P. 57267  
37 072 TOURS CEDEX 2  
Tél : 02 47 62 66 26  
info@ses-signalisation.com

www.ses-signalisation.com

### • Lumineuse

### ARP Signal

166, allée Saint-Brisson - 51120 Sezanne  
Tél. : 03 26 80 45 85 - Fax : 03 26 80 28 27  
E-mail : pcurteix@arpsignal.com

### Péage

### Équipements de sécurité

**RHON'SEC®**  
ABSORBANT XTRA

Absorbant à cœur, résistant à l'attrition, le RHON'SEC-XTRA autorise le nettoyage rapide des routes de tous les produits dangereux renversés, hydrocarbures et dérivés et maintient la sécurité en rétablissant l'adhérence.

RHON'SEC-XTRA est un produit TOLSA, leader européen des argiles à faible densité.

**TOLSA**  
FRANCE S.A.

Zone portuaire - Quai de Saint-Wandrille  
76490 Saint-Wandrille Rançon  
Tél. : 02 32 70 46 46 - Fax : 02 32 70 46 47

### Écrans antibruit

### Régulation du trafic, systèmes de circulation routière

### Thales Systemes

B.P. 57, 91229 Breigny-sur-Orge  
Tél. 01 69 88 52 00  
Fax 01 60 84 82 30  
www.thales.transportservices.com

### Atténuateurs de chocs

### SEC Envel

18, rue Pasteur, 77250 Veneux-les-Sablons  
Tél. 01 60 70 93 93  
Fax 01 60 70 99 99

### Prestations de services

### Météo France

Service D2C  
1 Quai Branly, 75340 Paris Cedex 07  
Tél. 01 45 56 71 64 - Fax 01 45 56 71 70

## Services

### Matériels et prestations

**LABORATOIRE CBTP**  
CARRIÈRES • BÉTON • TRAVAUX PUBLICS

Analyses, études et assistance technique :

- Bétons
- Géotechnique
- Chaussées
- Granulats
- Chimie
- Environnement

3 rue Lépine - Z.A La Richardière - BP 33216 - 35532 Noyal sur Vilaine  
Tél. 02 99 41 65 94 • Fax. 02 99 41 65 76  
www.lcbtp.com

**Rincent BTP SERVICES**

**AUSCULTATION**  
Auscultation non destructive des chaussées

- AERONAUTIQUE IS - Uni - Adhérence - Radar - Portance (Déflexions HWD) - PCN - Solutions de travaux
- ROUTIERE Relevés visuels - Uni - Adhérence - Radar - Déflexions FWD - Solutions de travaux

TEL +33 (0)2 35 23 65 62 / 85 12  
FAX 33 (0)2 35 23 85 11  
E-MAIL rincentbtp.auscultation@rincentbtp.fr  
www.rincentbtp.fr

## Ingénierie

INGENIERIE EUROPE  
GINGER CEBTP

**Centre d'expertise et d'ingénierie de la route**

Autoroutes, Routes, Voiries urbaines, Pistes aéronautiques

- Contrôles extérieurs
- Auscultation non destructive
- Diagnostic des chaussées
- Dimensionnement neuf et renforcement
- Gestion de patrimoine
- Assistance à Maîtrise d'Ouvrage
- Maîtrise d'œuvre
- Formation
- Laboratoire pour la formulation d'enrobés, Niv. 4
- 8 laboratoires agréés Laboroute

Aix 04 42 99 27 00 - Béthune 03 21 56 43 43  
Bordeaux 05 56 12 98 10 - IDF 01 30 85 24 00  
Lyon 04 72 79 59 59 - Rouen 02 32 19 63 00  
Nantes 02 40 92 18 71 - Strasbourg 03 88 81 20 50  
Toulouse 05 62 71 80 00

Nos 35 agences sur www.ginger-cebtp.com

Société du Groupe Grontmij

**Qualys TPI**  
Ingénierie et contrôles

**BUREAU D'ETUDES ET DE CONTROLES CHAUSSEES - TERRASSEMENTS - OUVRAGES D'ART**

TALANT (21) : 03 80 56 31 73  
qualys.centre.est@gmail.com  
GANNAT (03) : 04 70 90 86 38  
qualys.centreauvergne@gmail.com  
REIMS (51) : 03 26 86 66 51  
qualys.nord.est@gmail.com  
BELIGNEUX (01) : 04 72 88 30 59  
qualys.rhone.alpes@gmail.com  
MONTFRIN (30) : 09 64 17 11 07  
qualys.mediterranee@gmail.com

**VECTRA**  
Ingénierie Routière  
Environnement  
Méthode de mesure

VECTRA, bureau d'étude indépendant spécialisé en Ingénierie Routière, sur tous réseaux routiers, Autoroutiers, voiries urbaines et pistes aéronautiques:

- auscultation des chaussées (surface et structure)
- évaluation de l'état des chaussées (priorité d'entretien, diagnostic, sécurité)
- études des solutions de travaux d'entretien
- établissement de programmation de travaux pluriannuelle.

VECTRA commercialise en exclusivité les matériels mlpe® du LCPC relatifs à l'auscultation des chaussées et aux études de formulation en laboratoire.

Tel : 33 (0)1 30 66 01 77 / Fax : 33 (0)1 30 62 90 06  
Courriel : vectra@vectra.fr / Site : www.vectra.fr

### Ingénierie bureaux d'études et de contrôles, architectes, laboratoires

**TECHNOLOGIES NOUVELLES**  
Bureau d'Ingénierie Routière

Auscultation  
Diagnostic des Chaussées  
Programmation des travaux

contact@technologiesnouvelles.fr  
Tél. : 33 (0)2 32 82 46 00 - Fax : 33 (0) 2 35 76 94 72  
www.technologiesnouvelles.fr

## Viabilité hivernale

### Sels et saumures de déneigement

### Rock

91, avenue de la 1<sup>re</sup> Division Blindée, BP 1258  
68055 Mulhouse Cedex  
Tél. 03 89 31 45 00 - Fax 03 89 31 45 01  
www.rock.fr

### Stations météorologiques

### Vaisala SAS

2, rue Stéphenson (escalier 2 bis)  
78181 Saint-Quentin-en-Yvelines cedex  
Tél. 01 30 57 27 28 - Fax 01 30 96 08 58

**VAISALA**  
Météorologie Routière  
SAD / VH  
Capteurs et Stations Fixes et Mobiles  
Prévisions des Températures de Surface  
Cartographie Thermique  
Services Web  
01.30.57.27.28 www.vaisala.com  
trafficweather.fr@vaisala.com

**HYDROGÉOTECHNIQUE**

Département INGENIERIE DES CHAUSSEES

- auscultation de chaussées par mesures au Défectographe LACROIX,
- carottages et radar,
- diagnostic de chaussées,
- propositions de renforcement de chaussées,
- conception de chaussées neuves.

RN6 - 71150 Fontaines  
Tél. : 03.85.45.88.44 - Fax : 03.85.45.88.43  
E-mail : l.venard@hydrogeotechnique.com

## Plataformas logísticas

### Dimensionamiento de las plataformas logísticas según el procedimiento racional vial p. 26

Este artículo trata sobre el dimensionamiento de las plataformas logísticas para la recepción y la reexpedición de los contenedores de mercancías. Debido a sus cargas extremas, las máquinas de manutención que circulan sobre estas plataformas portuarias o multimodales someten a las calzadas a esfuerzos muy elevados, sin comparación con los de los tráficados de carretera más pesados. Las áreas de almacenamiento de los contenedores apilados en varias alturas soportan presiones verticales considerables que pueden superar cien bares. El artículo consta de dos partes:

- La primera describe brevemente los modos específicos de carga de estas plataformas, los tipos de calzadas más frecuentes y los procedimientos de dimensionamiento más utilizados.
- La segunda propone diversas adaptaciones que se deben realizar al procedimiento racional francés del dimensionamiento vial para que pueda aplicarse al caso de estas calzadas especiales. Esta parte termina con un ejemplo de dimensionamiento de una calzada portuaria basado en las modalidades de cálculo propuestas.

### Nuevas perspectivas para el dimensionamiento de las calzadas industriales y portuarias

#### Ejemplo de la terminal de contenedores de la Pointe des Grives (Isla de la Martinica) p. 37

En el marco del proyecto de la ampliación de la terminal de contenedores de la Pointe des Grives en la Martinica, Artelia ha emprendido una obra de optimización del dimensionamiento de sus terraplenes, con objeto de mejorar estas estructuras desde los puntos de vista de la fiabilidad técnica y de la economía. El modelo de cálculo adoptado para esta obra es el modelo francés de dimensionamiento racional de las calzadas viales.

### Calzadas para plataformas portuarias Ejemplos de realizaciones en las Antillas y el Océano Índico p. 41

En el contexto de las islas antillanas o del Océano Índico, los puertos son infraestructuras vitales para su vida económica. Auténticas puertas de entrada de la mayoría de las

mercancías importadas, por estas plataformas de manutención desfilan miles de contenedores al año y son solicitadas por máquinas y cargas muy agresivas. Teniendo en cuenta el clima tropical, cálido y húmedo, las calzadas con mezclas bituminosas tradicionales tienen una duración de vida limitada, lo que obliga a buscar soluciones con productos especiales, como muestran las diferentes obras realizadas en Guadalupe, Martinica y Madagascar.

### Mezclas bituminosas de 5ª generación GB5® y BB5® Una solución de refuerzo estructural de las plataformas de las terminales portuarias de Honfleur p. 51

La GB5® es una innovación patentada de grava-betún para capas de base o intermedias duraderas. Su innovación se basa en un nuevo enfoque de la formulación de mezclas bituminosas de muy altas prestaciones 0/14 ó 0/20 mm, que se explica en tres puntos principales. La mezcla bituminosa BB5® es la variante de la GB5 para las capas de rodadura. Conserva todas las ventajas, en particular una gran aptitud para la compactación y también presenta una elevada resistencia a la formación de roderas, al punzonamiento y al cizallamiento, exigencias aumentadas hasta niveles muy altos en el caso de las cargas portuarias, rotondas, ramales de enlace, etc.

### El BETONPACT® 4X para el acondicionamiento de la plataforma de contenedores FOS 2 XL p. 54

Preacondicionada por el Grand Port Maritime de Marseille (GPMM), esta plataforma ha sido construida y financiada por Seayard para acompañar su desarrollo desde el Port Saint-Louis du Rhône (13). Relato de una operación de acondicionamiento fuera de lo común. Al término de una consulta realizada por diálogo competitivo, se adjudicaron a empresa Eurovia las obras de acondicionamiento de 400.000 m<sup>2</sup> de plataforma para contenedores en Port Saint-Louis du Rhône. La obra se ha realizado con soluciones técnicas que el Grupo conoce y domina, pero reinterpretadas para tener en cuenta los avances tecnológicos y una nueva herramienta de formulación diseñada por Eurovia: el paquete de

programas 4X. En colaboración con la dirección de obra Ingérop y su asesor, la empresa Epsilon, los participantes en el proyecto adoptaron la solución del BETONPACT® 4X para tener en cuenta las exigencias particulares del tráfico de explotación.

### Túneles lioneses un sistema de información vela por la seguridad p. 63

Desde el 2 de septiembre de 2013, fecha de reapertura del túnel de carretera de la Croix-Rousse, un servicio único de nueva generación gestiona en red la seguridad de todos los túneles urbanos de Lyon: el sistema de información de los túneles del Grand Lyon (SITG). Mayor flexibilidad, reactividad y seguridad para los usuarios, este artículo presenta una visión general de las ventajas del SITG.

### El mantenimiento con una técnica bituminosa en frío combinada con el reciclaje Una respuesta a la transición energética y la huella de carbono p. 69

Muchas vías municipales, que originariamente eran vías de servicio para las actividades agrícolas, se han convertido en importantes ejes intermunicipales para los particulares que se desplazan diariamente de un municipio a otro y desean hacerlo con total seguridad y un máximo de comodidad. Ahora bien, las vías municipales de carácter rural son relativamente estrechas, a menudo presentan un perfil transversal muy abombado y, frecuentemente, están bordeadas de arcenes más o menos sobreelevados. Este artículo propone una solución flexible de reparación y refuerzo de estas calzadas. También es un estímulo para fomentar una técnica que lo merece, especialmente en esta época en la que la transición energética y la huella de carbono están de actualidad.

### Viaself® Fv y Ecolvia® Soluciones adaptadas para el mantenimiento de las vías de circulación p. 74

El artículo presenta dos técnicas que responden a las exigencias técnicas específicas al mantenimiento de carreteras, con un gran valor añadido respecto a los imperativos de desarrollo sostenible.

La gama de productos Viaself® Fv, destinada a las calzadas con tráfico reducido, está constituida por mezclas bituminosas que incorporan un ligante fluxado con un aceite de origen vegetal. La segunda técnica es la de los hormigones bituminosos en emulsión Ecolvia® para capas de rodadura. Los constantes progresos en la formulación de las emulsiones, así como en el control del revestimiento (sin etapa de calentamiento) y la manejabilidad, han permitido el surgimiento de una nueva generación de productos capaces de adaptarse a la naturaleza de los áridos, mucho más variada que en el pasado, manteniendo todas las ventajas medioambientales de la Ecolvia.

### Biocold® Mezcla bituminosa semi-tibia para el mantenimiento de las capas de rodadura y del patrimonio vial p. 82

Biocold® es una mezcla bituminosa semi-tibia destinada al mantenimiento de las capas de rodadura. Esta técnica de alto valor ambiental, muy manejable y versátil de utilizar, emite una reducida cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) y tiene en cuenta la comodidad tanto de los equipos que se encargan de su aplicación como de los vecinos. También preserva los recursos no renovables de áridos gracias a la utilización específica de áridos de aglomerados (AA) reciclados.

### Nuevas emulsiones "altas prestaciones" (HP) para tratamientos superficiales destinados a los tráficados pesados y a las tensiones elevadas p. 86

Los tratamientos superficiales de desgaste (TSD) se utilizan mucho en Francia. Se estima que existen más de 260 millones de m<sup>2</sup> de superficies a las que se ha aplicado este tratamiento, de los cuales, más de 200 millones de TSD en la emulsión. La técnica se utiliza esencialmente en las redes denominadas secundarias (departamentales y municipales), que constituyen la mayor parte de la red de carreteras francesa. Así pues, se estima en un 70% la proporción de esta técnica entre el conjunto de las técnicas de mantenimiento de las superficies de rodadura. El artículo describe las dos fases.