

## Congrès de l'IDRRIM

### « Préserver l'existant et préparer le futur »

AUTEUR

Jean-Louis Perrot  
Comité de pilotage  
RGRA

Après Montpellier, Rennes et Metz, Lyon a accueilli la 5<sup>e</sup> édition d'Interoute & Ville 2012, du 2 au 4 octobre dernier. Conjointement au salon, qui a réuni quelque 200 exposants, l'Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité (Idrrim) a tenu son 1<sup>er</sup> congrès, consacré à la préservation des patrimoines d'infrastructures, au diagnostic, à la programmation, aux études techniques et à l'innovation. Il a rassemblé plus de 700 participants et 105 intervenants ont animé 43 conférences pour circonscrire la mobilité de demain.

Ce double événement confirme combien il est important que les décideurs, les ingénieurs et les entreprises collaborent pour prendre en compte les contraintes et les évolutions qui découlent de la crise économique et financière européenne et trouver les réponses aux défis posés.

#### La cérémonie d'ouverture

Partant du contexte actuel, le 1<sup>er</sup> congrès de l'Idrrim avait pour thème global « Les infrastructures de transports terrestres : préserver l'existant et préparer l'avenir ». Jean-Louis Marchand, *past-président*, et Marc Tassone, directeur général de l'Idrrim, ont rappelé le chemin parcouru depuis plusieurs années « et pourtant tout reste à faire en matière d'interfaces des mobilités et du

développement durable et pour l'entretien du patrimoine » [1].

Jean-Luc da Passano, vice-président chargé de la voirie au conseil général du Rhône, a souligné la volonté du département d'adopter une approche globale et transversale des problèmes de déplacements, soulignant qu'il fut le premier à lancer, il y a 20 ans, une charte avec les entreprises pour moderniser le réseau routier et lutter contre l'insécurité routière.

Yves Krattinger, sénateur et président de l'Idrrim, a mis l'accent sur le besoin de compétences dans notre pays. Avec la décentralisation qui a marqué un certain retrait de l'Etat dans les infrastructures : « La période a changé ; on n'est plus dans le même monde. Ayant à assurer plus de 87 % des déplacements et du fret, les besoins d'entretien des réseaux requièrent des compétences que l'on est en train de perdre et dont il faut assurer le transfert... Si notre pays oublie ce

transfert, il le paiera très cher... En effet, il faut 5 ans pour atteindre un bon niveau de connaissance et 15 ans pour devenir un expert ». Dans ce contexte, l'Idrrim a toute sa place dans les milieux professionnels pour renforcer la qualification des métiers et faire de la prospective. Devant la baisse des moyens de tous ordres consacrés à la route, la communauté routière a de bonnes raisons de ne pas laisser le patrimoine se détériorer doucement d'où le thème du congrès.

## Les 7 priorités du département du Rhône

Le département compte 1,7 million d'habitants sur une petite superficie, au confluent de routes nationales et internationales ; un tiers du réseau est situé à plus de 700 m d'altitude.

Jean-Luc da Passano a rappelé les priorités fixées pour les 3 200 km de routes relevant de la gestion du département :

1. Modernisation du réseau et sécurité routière ;
2. Prise en compte des deux-roues (pistes cyclables et voies vertes) ;
3. Environnement de la route, en coopération avec les architectes-paysagistes : utilisation des matériaux recyclés, abords des dépendances vertes, lutte contre l'ambrosie, etc. ;
4. Entretien et surveillance des routes et ouvrages d'art et renforcement de l'information aux usagers ;
5. Desserte des nouveaux pôles ;
6. Partage de la route et multimodalité : « *Nous refusons de faire des catégories* » ;
7. Surveillance quotidienne de 3 200 km, de 60 lignes de transports en commun et de 25 000 enfants scolarisés, grâce au PC Rhône-déplacements, installé au SDIS.



Le mont Saint-Rigaud est le point culminant du département du Rhône

Daniel Bursaux, représentant le ministre délégué en charge des transports (MEDDE), a rappelé que l'origine de l'drmm remonte à la mise en œuvre des lois de décentralisation et a insisté pour que l'institut apporte les vraies réponses aux questions : « *Comment maîtriser les coûts d'entretien ? Quelles solutions techniques adopter ? Comment mettre en œuvre la route intelligente ?* ». L'Etat attend des propositions sur tous ces sujets, des orientations claires sur le redéploiement des activités traditionnelles vers l'avenir afin d'être un acteur de la transition écologique.

Abordant le point de vue économique, Daniel Auverlot, du Centre d'analyse stratégique (CAS), a souligné la richesse apportée aux activités humaines par les déplacements et le fait que plus les hommes sont reliés entre eux, plus la valeur ajoutée à leurs travaux est importante. Ainsi, la crise économique met en perspective les aspects techniques et financiers de la gestion du patrimoine d'infrastructures avec les notions d'économie globale et de cycle de vie.

Pour mieux éclairer tous ces sujets stratégiques pour l'avenir de la route, nous avons suivi quelques conférences sur les thématiques de l'entretien et sur les axes de recherche en faveur d'une meilleure gestion de patrimoine.

## « Evaluation et programmation de l'entretien d'un patrimoine de chaussées/voies »

Placée sous la présidence de Patrick Dieny, ancien président de l'Association des directeurs de services techniques départementaux (ADSTD), directeur général adjoint au conseil général du Rhône, cette conférence a abordé les grandes étapes de la mise en place d'une politique d'entretien, un sujet certes « *vieux comme le monde si l'on imagine un l'drmm des voies romaines* », mais à actualiser avec un regard de 2012.



La formalisation des objectifs dans un manuel qualité, l'élaboration d'un processus à partir de règles de gestion, des procédures qui précisent la chaîne de

décision et enfin des règles d'efficacité de cette gestion sont les éléments indispensables d'une démarche rigoureuse et globale semblable à une démarche qualité ISO 9001.

Avec image de la qualité des routes nationales (IQRN) [2], puis image de la qualité des ouvrages d'art (IQA), l'Etat a été le promoteur d'une réflexion et d'une recherche d'indicateurs pour définir les dotations accordées aux exploitants du réseau national non concédé. 28 % du réseau national sont plus dégradés que la moyenne nationale (IQRN < 13) ; 80 % des crédits d'entretien préventif sont affectés au réseau le plus sollicité, soit

les deux tiers des 11 603 km de routes nationales (RN), dont la valeur patrimoniale est estimée à 129 milliards d'euros. Ainsi l'Etat met l'accent sur le préven-

tif avec la volonté de différencier les politiques d'entretien selon les directions interdépartementales des Routes (DIR).

Dans le domaine autoroutier, la conservation des chaussées représente 56 à 60 % d'un budget de maintenance. Toute la politique d'entretien repose sur la prise en compte de l'état réel des chaussées, avec le souci de respecter les fondamentaux du développement durable. L'outil du gestionnaire [3, 4] comporte trois volets :

- le repérage des structures, c'est la carte d'identité ;
- la surveillance, c'est la carte de santé ;
- enfin la qualification d'état et l'évaluation, c'est l'indication des niveaux de service.

Pour Jean-Luc Dabert, membre de l'Association française des sociétés d'autoroutes (ASFA) et chef du département Infrastructure environnement d'APRR, les éléments de la stratégie des sociétés concessionnaires de réseaux autoroutiers reposent sur des réparations maîtrisées, sur le recours à des structures de chaussées économes et durables, sur des renouvellements de couches de revêtement par substitution avec valorisation des matériaux en place, sur la capitalisation des performances résiduelles des chaussées et sur un renouvellement des chaussées par voie lorsque le besoin est avéré. C'est aussi l'utilisation de constituants performants visant de longs cycles de vie, des couches de revêtements à haute performance, des clauses de performance sur les couches de surface, des chantiers à faible impact sur l'environnement et l'emploi de techniques d'exécution réduisant les délais des chantiers.

Dans un département comme le Puy-de-Dôme, fortement pénalisé par 2 000 km de routes départementales (RD) à plus de 800 m d'altitude, la priorité est donnée à l'entretien préventif, avec l'objectif d'avoir un pourcentage proche de zéro de routes secondaires en très mauvais état et de maintenir un bon niveau d'adhérence, de confort et d'imperméabilisation des structures.

Avec la crise économique, les départements sont frappés de la

double peine : d'une part, les dotations budgétaires diminuent et d'autre part, les coûts d'entretien augmentent. « *Les techniques nobles vont devenir du luxe* ». L'Idrriim apporte une réponse à ces difficultés en favorisant les retours d'expériences, en mutualisant les outils et en faisant émerger les éléments d'aide à la décision pour éviter de raisonner en relatif.

L'eau, dans ses différents états, est le pire ennemi et ce ne sont pas les structures les plus anciennes qui sont les plus touchées. Il importe avant tout de respecter les règles de drainage et d'éviter l'accumulation d'eau dans les couches bitumineuses. Les nappes perchées dans les enrobés sont réactives au passage d'un front de gel entraînant ainsi des déformations significatives.



Entretien en milieu urbain

Dans le milieu urbain comme celui de Nantes-Métropole, les interventions prioritaires se situent sur les voies portant de forts enjeux d'usage, avec un raisonnement par tronçon du fait du maillage du réseau et non par itinéraire et avec la préoccupation de programmer les chantiers à des dates qui perturbent le moins l'économie locale et la mobilité.

En conclusion, on constate que les gestionnaires disposent d'outils, de techniques et de données pour programmer les interventions d'entretien en adéquation avec l'état des réseaux et les contraintes budgétaires. Dans tous les cas, les décideurs restent motivés à bien gérer un patrimoine tout en prenant en compte ses spécificités.

### « Facteurs d'endommagement des chaussées »

Sous la présidence de Jean Berthier, ingénieur général des Ponts et chaussées, ancien directeur des Routes, cette conférence s'est intéressée aux facteurs et aux mécanismes d'endommagement des chaussées.

La multiplication des interfaces est une source de complexité mécanique mais aussi hydrique ; il convient également d'être attentifs aux interfaces trop étanches sous les enrobés. Ces éléments de constat sont confirmés par une étude d'Eurovia Management, présentée par Eric Layerle [5]. On en retiendra que sur la base des essais réalisés :

- Un béton bitumineux très mince (BBTM) ayant une tenue à l'eau résiduelle supérieure à 60 % ne conduit pas à des dégradations sur la chaussée.
- Une couche de liaison en béton bitumineux semi-grenu (BBSG) ayant une tenue à l'eau résiduelle supérieure à 50 % ne conduit pas à des dégradations sur la chaussée.
- Une couche de liaison en BBSG ayant une tenue à l'eau résiduelle de l'ordre de 20 % conduit à une chaussée localement altérée.

« *La conception des chaussées était auparavant une histoire de météo et de support ; c'est maintenant une histoire d'eau et d'analyse hydrique* », a conclu Jean Berthier.

### « Techniques d'entretien et de réparation d'un patrimoine d'ouvrages d'art »

Le patrimoine routier est également constitué de plus de 250 000 ouvrages d'art (OA) de plus de 2 m d'ouverture, très hétéroclites par les matériaux, les formes et les structures qui le composent [6]. Ces ouvrages présentent de multiples pathologies car ils sont de plus en plus sollicités par des charges routières, dont l'agressivité augmente encore avec le passage à 44 tonnes, par une moyenne de ces charges qui progressent également et par un cumul des cycles de fatigue qui croît avec l'augmentation du nombre de poids lourds (PL).



Le pont de Brotonne

Une conférence présidée par Christian Tridon, président du Syndicat national des entrepreneurs de travaux de réparation et de renforcement des structures (STRRES), a amorcé une réflexion sur les techniques d'entretien et de réparation et leurs derniers développements.

Les OA ont été l'objet d'une grande diversité d'approche dans le temps. On compte 9 règlements de charge depuis 1852 sur un patrimoine, dont les deux tiers sont postérieurs à 1975. De l'avis de tous les conférenciers, il manque dans la panoplie de l'ingénieur un règlement de calcul propre aux ouvrages existants, pour évaluer leur état réel et leur aptitude à résister aux sollicitations présentes, bien qu'étant au-delà de la durée de vie théorique de 100 ans.

La doctrine a pris corps dans les années 80 avec l'élaboration des

guides verts du STRRES. Ont suivi en 1989-1990 les normes sur les produits de réparation puis, dans les années 90, la transformation des guides verts en normes. Les guides techniques du Laboratoire central des Ponts et chaussées (LCPC) sont parus de 1990 à 2010 avec, en 2000-2001, la série des normes NF EN 1504 ; enfin dans les années 2000, les guides verts ont été révisés et mis à jour.

Il n'y a pas de recette universelle applicable à tous les endommagements. Chaque cas est particulier mais deux certitudes demeurent : l'eau est un accélérateur de corrosion des armatures dans les bétons aériens et une réparation mal étudiée peut engendrer d'autres problèmes.

Les recherches avancent sur le plan de la formalisation des réparations ; peut-être y a-t-il encore des insuffisances et de nombreux progrès à faire en matière de formation ? L'élaboration de logiciels experts pour aider les décideurs et pour répondre aux demandes des praticiens paraît souhaitable.

### « Les techniques d'entretien des chaussées routières »

Thierry Genestar, membre de l'Union des syndicats de l'industrie routière française (USIRF), directeur général de Colas France, a présidé une conférence sur les techniques d'entretien des chaussées.

Du bilan de la CEV à 3 ans [7], on retiendra un changement en profondeur des pratiques : préservation des ressources non



Un train de recyclage

renouvelables, réemploi d'agrégats d'enrobés, protection des zones sensibles, recours à l'éco-comparateur. La CEV représente pour de nombreux maîtres d'ouvrage un enjeu important et concrétise, pour une collectivité, l'engagement politique en faveur du développement durable. Même si certaines techniques, comme celles concernant les enrobés tièdes, méritent d'être mieux connues en termes de fiabilité, les améliorations apportées dans le tri et l'identification des indésirables, dans le recours à des pré-doseurs multiples pour accroître la régularité des agrégats, et la modernisation de l'outil de production font que maintenant on peut recycler 7 à 8 millions de tonnes par an, soit la totalité de l'offre. Plus de 300 centrales sur 500 sur le territoire national sont équipées de dispositifs de recyclage [8].

Sur le réseau Autoroutes du Sud de la France (ASF), le rabotage et le recyclage sont devenus pratique courante dans la politique de maintenance de la société. Ces techniques sont intégrées dès la phase amont du projet. Certes, la démarche doit s'accompagner d'études et de prescriptions techniques (norme EN 13108-8) et d'un matériel également adapté au taux de recyclage retenu. Par expérience, l'évolution dans le temps de ces enrobés est quasi similaire à celle d'un enrobé classique. Les enrobés tièdes sont maintenant des produits parvenus à maturité et connaissent un succès certain au regard de la

route durable. Réduire la température d'usage tout en conservant l'adhésivité du produit, élargir la période de mise en œuvre des chantiers, diminuer les émissions de fumées, améliorer la vitesse d'exécution des chantiers sont autant d'avantages pour inciter les gestionnaires à recourir systématiquement à ces produits innovants.

Les retours d'expérience, les recherches sur de nouveaux additifs liquides renforçant l'adhésivité et la maniabilité, les évolutions apportées aux bitumes par les raffineurs répondent à l'esprit d'innovation promu par la CEV. Les freins sont levés du point de vue normatif ; le statut de déchet n'empêche plus d'être un produit stable, à condition de s'appuyer sur certaines prescriptions, et sur lequel on dispose à ce jour d'un recul qui autorise la refondation de politiques routières environnementales.

## «Nouvelles responsabilités pour la gestion de l'espace urbain et des réseaux»

La gestion de l'espace public ne se limite pas à la chaussée et à ses dépendances. C'est aussi identifier, organiser, maîtriser, et connaître l'architecture exacte de la position des 4 millions de km de réseaux qui occupent les sous-sols des voiries [9]. Une réflexion a été engagée depuis plusieurs années afin d'améliorer la prévention de l'endommagement

des réseaux. Le décret DICT N° 2011 1241 du 5 octobre 2011, le guide technique DT-DICT publié par arrêté du 30 juin 2012 et la création d'un guichet unique avec, depuis juillet 2012, l'entrée en vigueur de ce décret dit « anti-endo » et la consultation obligatoire du téléservice génèrent de nouvelles responsabilités pour la gestion de l'espace urbain et des réseaux.



Ces textes fondent en la matière une voie d'harmonisation et de normalisation des pratiques.

Ce sujet d'actualité a été évoqué lors d'une conférence présidée par Gérard Liot, rapporteur du groupe e-administration de l'Association des maires de France (AMF), maire d'Aussac-Vadalle (16). Rappelons que l'on recense quotidiennement 400 dommages causés aux réseaux souterrains, dont 40 % d'entre eux sont

classés sensibles. Le besoin de sécurité est validé par tous mais il implique :

- un accroissement des responsabilités des maîtres d'ouvrage concernant la phase étude et la phase travaux,
- l'obligation de procéder à un repérage de ces réseaux à leur charge,
- la cartographie,
- puis l'obligation d'informer le guichet unique.

La prévention constitue l'élément de fond de ces nouvelles dispositions qui imposent aux acteurs de travailler tous ensemble pour plus de sécurité, et à mieux coordonner les interventions. Certes, les outils se mettent en place pour une démarche plus vertueuse, mais leurs effets ne se feront sentir qu'à moyen terme. Pour l'AMF qui a été très impliquée dans ce projet, l'obligation de rigueur, de guichet unique électronique, l'élaboration espérée d'un cadastre des réseaux imposent des contraintes mais les enjeux sont considérables et la réforme ne doit surtout pas être contournée.

## «Les infrastructures routières du futur»

Après ces différents points d'actualité sur des sujets avant tout techniques, l'avenir a été évoqué lors d'une conférence présidée par Christian Gonson, président de l'ADSTD, directeur général adjoint du conseil général de l'Essonne. A son avis, la route dite de 5<sup>e</sup> génération devra faire face à l'accroissement du trafic, s'adapter à la demande de

mobilité de demain, intégrer les différentes technologies qui la rendront intelligente, changer son image et montrer qu'elle peut répondre aux changements climatiques, voire contribuer de manière positive à la protection de l'environnement.

Le couple route/électricité semble être à l'origine d'avancées prometteuses en utilisant la route et ses abords pour produire de l'énergie électrique. Une route solaire thermique, l'emploi de matériaux à changement de phase, de dalles piézo-électriques, l'utilisation du revêtement lui-même comme capteur photovoltaïque ou le recours à des capteurs solaires en couverture d'emprises routières, sont quelques pistes de recherche pour un nouvel usage de la route. Demain, elle pourra être à énergie positive en alimentant en marche et par induction sans contact des véhicules électriques. Cette technologie est déjà exploitée dans les transports ou en usine pour le fonctionnement des chariots qui circulent sur des chaînes de montage.

Si l'on cumule cette perspective avec la conduite automatisée, on imagine les progrès possibles et ainsi, la route souvent considérée comme un problème pourrait être une solution au moins énergétique.

Des revêtements à longue durée de vie sont à l'étude et font l'objet de chantiers expérimentaux. Il s'agit soit d'enrobés au bitume époxy, plus résistant à l'orniérage et à l'arrachement, moins sensibles à l'eau ou au vieillissement chimique, soit, dans le volet hydraulique, d'enduits hydrauliques fibrés qui s'apparentent aux bétons fibrés ultra-performants. Pour l'heure, l'objectif des chercheurs est de s'en tenir à des produits dont les coûts soient inférieurs à trois fois ceux des techniques traditionnelles.

C'est maintenant à l'industrie routière de prendre le relais pour passer dans le domaine de l'application et répondre ainsi aux attentes des maîtres d'ouvrage soucieux d'une gestion plus économe de leur patrimoine.

La route qui s'auto-diagnostique constitue également une thématique de recherche, en particulier concernant le domaine autoroutier. C'est favoriser un suivi continu dans le temps des structures et opérer un traitement en temps réel des informations transmises par GSM vers une base de données qui ne conserve que les éléments pertinents. L'évolution de l'instrumentation ouvre des champs multiples d'investigation et de suivi : capteurs d'ouverture de fissures, sondes de température, mesures de trafic et de charges, déflexions sous différentes silhouettes de véhicules, ... [10]

La route qui dépollue fait déjà l'objet de 6 ans de recherche et de développement. Avec le recul, ces innovations donnent des résultats assez constants sur plusieurs années et s'avèrent être de réelles solutions alternatives pour l'élimination des polluants [11]. La route s'auto-diagnostique et bientôt s'auto-réparera. C'est un ensemble de briques qui forment un tout.

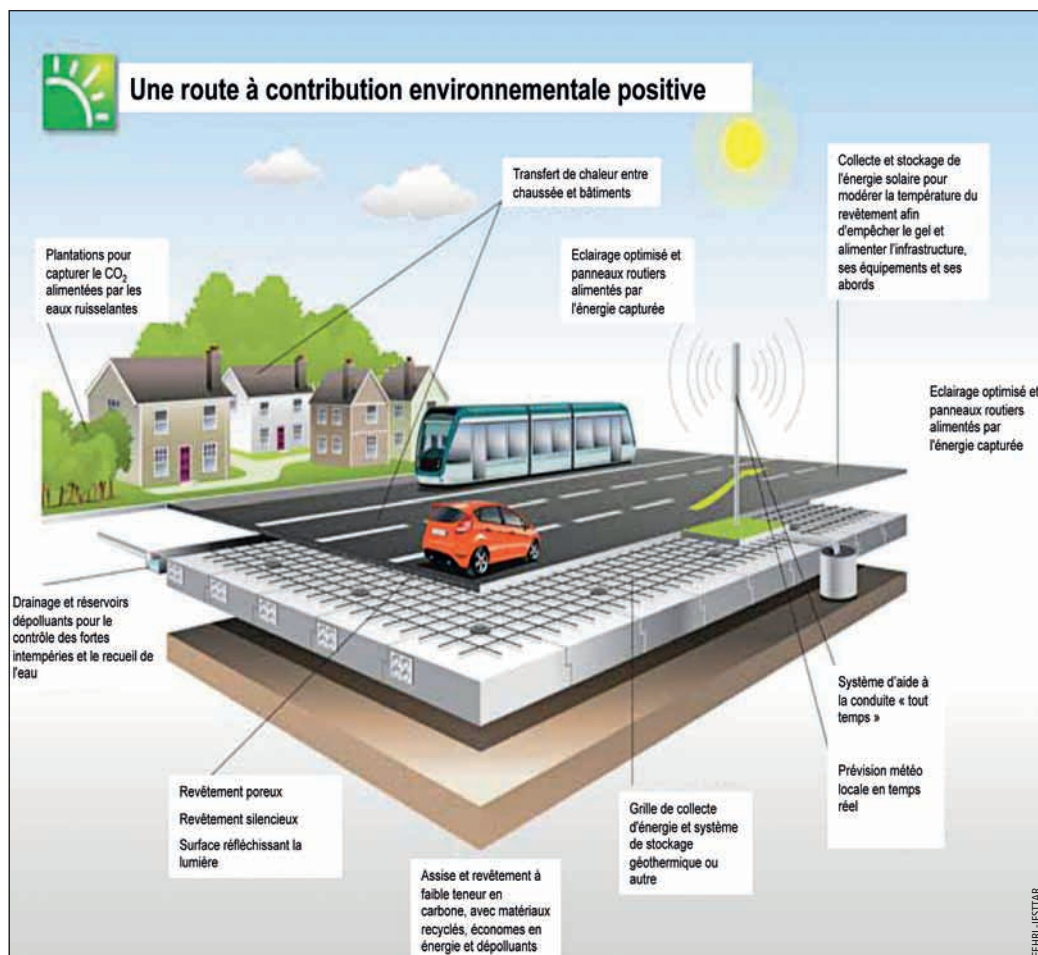
## « Les transports urbains au cœur des démarches de progrès »

Concevoir des plates-formes de transports collectifs en site propre (TCSP) de demain, fiables, de qualité et durables constitue un enjeu fort pour le tramway à la française, qui a redonné une image positive de la ville. Une conférence présidée par Rémi Cunin, Syntec Ingénierie, directeur général délégué d'Egis, a abordé les thèmes de l'adaptation des infrastructures en site propre aux différents contextes urbains et financiers ainsi que des innovations technologiques pour une conception et une gestion intelligentes des plates-formes.

L'exemple de Nantes Métropole montre que des concepts novateurs peuvent rendre les investissements plus efficaces en faveur de la mobilité : couloirs bus ouverts aux cyclistes et aux taxis, stations apaisées avec des espaces sécurisés pour les piétons et un mobilier urbain adapté, création en hyper-centre de zones à trafic voitures limité lorsque l'infrastructure atteint ses limites de capacité, ... [12].

La réussite d'un projet tient avant tout à un travail d'équipe composé d'un maître d'ouvrage, d'un exploitant, d'un architecte et d'une ingénierie, qui sont en phase sur les enjeux (fiabilité, confort des usagers, ...), sur les contraintes à respecter (emprise du projet, zones à protéger, caractéristiques du sol, ...), sur les choix à faire (accessibilité des personnes à mobilité réduite (PMR), délais, insertion paysagère et architecturale, ...), sur les paramètres d'une conception fiable (occupation du sous-sol, données topographiques et climatiques, ...), et sur les niveaux d'exigences techniques (matériel roulant, voie, appareils de voie, position des stations, isolation électrique, ...).

À côté de ces conditions nécessaires à la réussite, il importe de disposer d'entreprises qui maîtrisent les nouvelles technologies et qui peuvent industrialiser des process. Citons l'évolution des coupes types des plates-formes TCSP avec l'emploi de traverses moins épaisses (120 mm) ; la



La route 5G



pose de voies sur dalles flottantes avec tapis anti-vibratile ; l'emploi de bétons fibrés à haute performances (BFHP) ; la voie sur rails bas, de 85 mm au lieu de 153 mm, qui apporte une réelle avancée en particulier pour le passage des ouvrages ; la préfabrication d'éléments en béton, qui réduit les nuisances et les délais d'exécution dans des points singuliers, ou la voie verte avec végétalisation des emprises des voies, qui apporte un plus à l'intégration urbaine du projet [13].

Malgré leur coût qui est un frein à leur emploi, les résines synthétiques offrent des avantages certains en matière de réparations et dans ce domaine, les recherches sont prometteuses de solutions innovantes, sachant que comme dans tout concept

qui se veut durable, la réflexion doit intégrer l'aptitude d'un ouvrage à être entretenu.

## Conclusion

A l'évidence, ce 1<sup>er</sup> congrès de l'Idrirm a été le fédérateur des mutations, des efforts et des progrès accomplis par toute la communauté routière pour trouver des réponses aux défis posés et, selon son président Yves Krattinger, « pour garder ce temps d'avance qui caractérise le savoir-faire français ».

« Préserver l'existant et préparer le futur », ce challenge est en bonne voie pour répondre aux changements sociétaux irréversibles qui vont découler du contexte économique actuel. ■

[7] F. Marmier, « Etude ADF/USIRF, avancement de la convention d'engagement volontaire (CEV) », Revue générale des routes et de l'aménagement (RGRA) n° 904, août-septembre 2012, pp. 45-47

[8] « Enrobés tièdes et recyclage des enrobés à fort taux », Revue générale des routes et de l'aménagement (RGRA), dossier n° 902 – juin 2012

[9] Dossier « FURET, furtivité des chantiers en ville », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 897 – octobre 2011

[10] H. Jacquot-Guimbal, J. Tavernier, « Pour une nouvelle fertilisation croisée public-privé », Revue générale des routes et de l'aménagement (RGRA) n° 900, mars-avril 2012, p 55

[11] L. Gignoux, J.-P. Christory, J.-F. Petit, « Voiries en béton et qualité de l'air – Éléments de doctrine issue du chantier de l'aménagement de la rue Jean Bleuzen à Vanves », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 880, novembre 2009, pp. 43-47

[12] M. François, G. Le Denmat, D. Rabiller, « Chaussées et dépendances de Nantes Métropole – Conception d'un outil de connaissance du patrimoine et d'aide à la décision », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 878, septembre 2009, pp. 53-57

[13] J. Malod-Panisset, J. Abdo « Voie ballastée ou voie sans ballast – Un sujet pertinent pour les acteurs du ferroviaire », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 898 - novembre-décembre 2011, pp. 61-67

## BIBLIOGRAPHIE

[1] « L'Idrirm sur tous les fronts », Revue générale des routes et de l'aménagement (RGRA), dossier n° 904 - août-septembre 2012

[2] « L'entretien de la route », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) Hors-série 1 - 1995

[3] « Entretien des chaussées (partie 1) : stratégies et outils de diagnostic », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA), dossier n° 878 – septembre 2009

[4] « Entretien des routes et voiries (partie 2) : solutions techniques et innovations », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA), dossier n° 888 – octobre 2010

[5] « Gestion et entretien des ouvrages d'art », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) hors série 1 - 1997

[6] E. Layerle, « Développement d'un essai de « tenue à l'eau résiduelle » des enrobés », Revue générale des routes et de l'aménagement (RGRA) n° 905, octobre 2012, pp. 70-73