

Dossier thématique n° 4

À quoi ressembleront  
les **routes**  
de **5<sup>e</sup> génération**  
dites **R5G ©** ?





Dossier thématique n° 4

# À quoi ressembleront les **routes** de **5<sup>e</sup> génération** dites **R5G** © ?



# Infrastructures

- 1 Introduction
- 2 Routes sobres
- 3 Routes à énergie positive
- 4 Routes résilientes
- 5 Structures qui s'auto-diagnostiquent
- 6 Routes bientôt automatisées
- 7 Routes sûres et efficaces
- 8 Routes connectées et coopératives

L'Ifsttar est devenu l'Université Gustave Eiffel  
au 1<sup>er</sup> janvier 2020



# > À QUOI RESSEMBLERONT LES ROUTES DE 5<sup>e</sup> GÉNÉRATION ?

Par *Nicolas Hautière*,  
Directeur de projet R5G © à l'Ifsttar

Les gestionnaires des réseaux routiers doivent répondre à la demande des usagers de pouvoir circuler sans restriction sur un réseau routier sûr, incluant un nombre croissant de services. Pour cela, les infrastructures doivent être entretenues sans gêne de la circulation et supporter avec résilience les événements climatiques violents.



Elles nécessitent également de répondre à la demande sociétale d'une réduction des nuisances et des impacts environnementaux négatifs. Ces derniers étant directement liés au transport routier ainsi qu'à l'augmentation de l'offre de transport. Cependant, dans un contexte de fortes contraintes budgétaires, les mêmes gestionnaires ont de plus en plus de difficultés à assurer les travaux de maintenance indispensables et à obtenir les équipes nécessaires pour une bonne exploitation de leurs réseaux.

## Pour relever ces défis majeurs

L'Ifsttar a lancé la démarche Route 5<sup>e</sup> génération (R5G ©)<sup>1</sup>, en lien étroit avec le programme européen Forever Open Road initié et piloté par le FEHRL<sup>2</sup>.

Le projet a pour objectif de proposer des solutions à même d'être déployées à grande échelle : communication et échange d'énergie entre l'infrastructure, le véhicule et le gestionnaire du réseau ; matériaux recyclables capables de s'auto-diagnostiquer et de s'auto-réparer ; état de surface optimal en permanence malgré les variations climatiques, etc.

La démarche est d'assembler des éléments de solutions innovants au sein de démonstrateurs en vraie grandeur afin d'évaluer leurs synergies et de proposer des solutions complètes à même d'être déployées à plus grande échelle.

## Un programme décliné en trois actions

Pour favoriser l'introduction de ruptures technologiques dans les infrastructures de mobilité, la démarche R5G © propose d'agir à trois niveaux.

> La mise à l'épreuve des composants consiste à identifier, tester et labelliser le plus possible de solutions innovantes en situation contrôlée.

> La mise à l'épreuve de l'acceptabilité consiste à intégrer un sous-ensemble de ces innovations dans des démonstrateurs appelés « R5G © » implantés directement sur le territoire. L'objectif est d'évaluer la synergie entre les solutions techniques et d'identifier les éventuels problèmes de mises en œuvre de leurs combinaisons. Ces démonstrateurs thématiques permettront également d'étudier leur acceptabilité et leur impact sur les comportements des usagers.



➤ La route porteuse d'innovation consiste à concevoir les outils de politiques publiques qui permettent de déployer les différentes combinaisons innovantes de la R5G © à l'ensemble du territoire.

1. La Route de 5<sup>e</sup> génération propose de développer cette nouvelle génération d'infrastructure conçue, construite et préservée dans une approche « système » qui réunit les technologies actuelles en synergie, adaptées à différents contextes.
2. Forum of European National Highway Research Laboratories.



**Vidéo**  
Découvrez le concept R5G ©  
Entretien avec Nicolas Hautière



**À consulter**  
Dépliant R5G ©



Contenus textes réutilisables

Illustrations : Ifsttar

LES COLLECTIONS  
DE L'IFSTTAR  
Novembre 2014

# 1 RENDRE LES INFRASTRUCTURES PLUS DURABLES, PEU ÉMISSIVES ET ÉCONOMES EN RESSOURCES NATURELLES

La démarche « Route de 5<sup>e</sup> génération » vise essentiellement à préserver les ressources naturelles, limiter les nuisances, notamment sonores liées au trafic routier, et diminuer les dépenses de construction et d'entretien des réseaux. La route sobre est une route à longue durée de vie, silencieuse, dont la construction consomme un minimum de ressources naturelles non renouvelables. Plusieurs actions de recherche sont engagées à l'Ifsttar, dont certaines ont abouti à la réalisation de démonstrateurs.

## Des revêtements à longue durée de vie

Aujourd'hui, les structures de chaussées sont dimensionnées pour 30 ans, alors que les revêtements ont des durées de vie beaucoup plus courtes, de l'ordre de 7 ans sous de forts trafics. Les travaux de réfection sont une gêne majeure pour les usagers et riverains et une source d'insécurité. Pour y remédier, des actions ont été entreprises par le groupe de travail « Long-Life Pavement » de l'OCDE, auquel l'Ifsttar participe. De nouveaux enrobés en bitume-époxy ont été formulés et l'Ifsttar a proposé un nouveau matériau pour couche de roulement ultra-résistant, à base d'encastré hydraulique fibré gravillonné (EHFG).

**Contact : Ferhat Hammoum  
(projet ITF/OCDE/LLPS3)**



▲ Essai de démontage-remontage sur le démonstrateur de CUD de Nantes métropole

## Tout en limitant les nuisances

En ville, l'une des sources majeures de gêne est l'ouverture de tranchées pour accéder aux réseaux enterrés (eau, gaz, etc.). L'Ifsttar a développé, en partenariat avec des industriels et deux villes (Nantes Métropole et Saint-Aubin-lès-Elbeuf), un concept de chaussée urbaine démontable (CUD) utilisant des dalles de béton hexagonales préfabriquées. Ces dalles amovibles permettent un accès rapide aux réseaux, améliorent la durabilité des propriétés de surface des chaussées et peuvent être recyclées. Leur préfabrication devrait permettre de proposer d'autres fonctions intégrées (textures variées, surfaces poreuses, silencieuses ou dépolluantes, insertion de capteurs, etc.).

Simultanément, les recherches ont progressé pour réduire le bruit de roulement des véhicules en ville. Ces travaux visent à mieux comprendre le rôle de la texture de la chaussée et de l'effet de pompage d'air dans la zone de contact pneumatique-chaussée. Ils ont permis de développer de nouvelles technologies de chaussées<sup>1</sup>.

**Contacts : Thierry Sedran (route modulaire)  
et Michel Bérengier (projet ODSurf)**



## En préservant les ressources naturelles

Maîtriser l'impact environnemental de la route, en tenant compte des phases de construction et d'usage, constitue par ailleurs une préoccupation majeure pour les décideurs. Le projet européen LCE4ROADS, auquel participe l'Ifsttar, vise à disposer en Europe d'une méthodologie de labellisation des routes vis-à-vis de leur cycle de vie, en combinant leurs performances techniques, environnementales et socio-économiques.

Les recherches menées à l'Ifsttar concernent également les possibilités d'usage de matériaux renouvelables et le recyclage des produits pour un même usage en fin de vie.

**Pour réduire la consommation de pétrole, il faut trouver un matériau de substitution au bitume gardant les mêmes performances.**

C'est un enjeu important notamment en France où 70 000 km de routes sont rénovées chaque année.

L'Ifsttar s'intéresse aux micro-algues, identifiées comme une biomasse d'avenir pour produire un liant bio-sourcé. En effet, leur production n'entre pas en compétition avec un usage alimentaire et ne mobilise pas de terres arables. Les recherches sont réalisées au sein du projet scientifique Algoroute, cofinancé par la région Pays de la Loire. En fin de vie, les méthodes de recyclage des enrobés sont maintenant bien développées, mais des questions demeurent sur les performances après plusieurs recyclages successifs. Le projet national MURE<sup>2</sup> (Multi-Recyclage des Enrobés) auquel participe l'Ifsttar vise à y répondre, dans un contexte de développement de nouvelles méthodes de fabrication d'enrobés tièdes (mousse et additifs).

**Contacts : Agnès Jullien (projet LCE4ROADS), Emmanuel Chailleux (projet Algoroute) et Paul Marsac (projet MURE)**

1. Plus d'infos sur les revêtements de chaussée moins bruyants dans le dossier thématique « Quelles solutions face au bruit en milieu urbain ? »
2. Lire l'article sur le projet MURE sur le site web Enviscope.com

### Pour aller plus loin

OCDE/CEMT (2008) « Long-Life Surfaces for Busy Roads - Economic evaluation of long-life pavements. Phase II », OECD 77 2007 031 P1 / ISBN: 978-92-821-0158-2.  
GITF/OECD (2014) « Long-Life Pavement Surfacing Field Trials – Phase III » Working Group on Long Life Pavements Surfacing, Final Report to be published.



Contenus textes réutilisables

Photo : Ifsttar



### Projet Algoroute



Des micro-algues pour remplacer le bitume de pétrole dans nos chaussées

[Voir la fiche descriptive](#)

# 2 PRIVILÉGIER LES ROUTES À ÉNERGIE POSITIVE

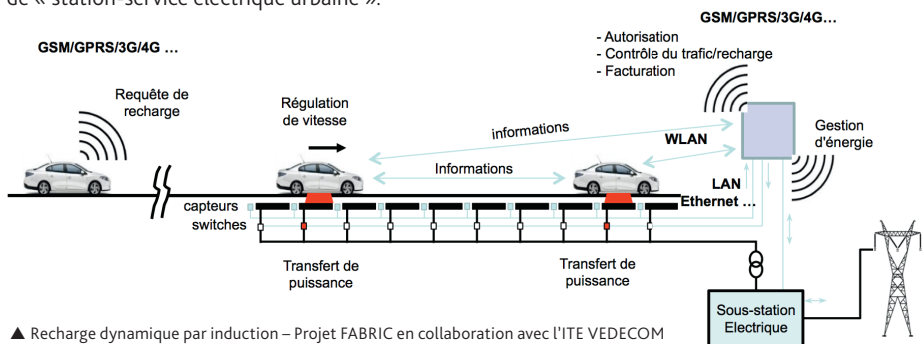
Par Philippe Tamagny,  
Directeur adjoint du Département MAST<sup>1</sup>

L'enjeu énergétique du transport routier de marchandise et de voyageurs est primordial en France. Le système routier assure le transport de 90 % des marchandises (en tonne.kilomètre) et de 80 % des voyageurs (en voyageur.kilomètre). La transition énergétique de la route elle-même, partie prenante d'un système de mobilité omniprésent dans la vie quotidienne des Français, est de fait incontournable. La R5G © affiche clairement des objectifs de contribution à moyen terme à cet enjeu. Elle favorise l'émergence de solutions techniques innovantes, visant à diminuer de manière importante les apports extérieurs d'énergie dans le système de transport. Elle agit sur l'efficacité de l'apport énergétique destiné aux véhicules et positionne la route comme source d'énergie, à l'image des systèmes développés depuis longtemps dans le bâtiment : panneaux photovoltaïques, chauffe-eau solaires, etc.

## Pour alimenter efficacement les véhicules

Améliorer l'efficacité de l'apport énergétique aux véhicules passe par le développement des véhicules électriques. La pratique la plus classique de recharge des batteries est bien entendu la connexion à une prise dédiée ; la R5G © devra donc être équipée de stations performantes permettant des recharges rapides et fiables. C'est l'objet du projet MOV'EO TREVE, mené en collaboration avec l'ADEME<sup>2</sup>. Son objectif est en effet de concevoir un démonstrateur dédié à l'évaluation et à la recherche appliquée des infrastructures de recharge des véhicules électriques. Il constitue aussi un support au concept de « station-service électrique urbaine ».

Mais la solution la plus efficace est certainement de développer à grande échelle des installations de recharge dynamique, sans contact, et utilisables par tout type de véhicules : individuels, transports en commun et transports de fret. Le projet européen FABRIC<sup>3</sup> va permettre de réaliser un démonstrateur de recharge sans contact et en circulation (jusqu'à 80 km/h), des véhicules électriques individuels, sur le site d'essai de Versailles-Satory. Pour ce qui concerne les transports en commun urbains, de type bus ou tramway, plusieurs expériences d'insertion dans des structures de chaussées réelles ont déjà eu lieu sur le site Ifsttar de Nantes.





## Une infrastructure productrice d'eau chaude ?

Les surfaces des chaussées sont le plus souvent de couleur noire, donc absorbant l'énergie du rayonnement solaire. Leur température de surface peut facilement dépasser de plusieurs dizaines de degrés la température ambiante. L'idée de les transformer en « chauffe-eau solaire » n'est pas nouvelle et a déjà donné lieu à plusieurs expérimentations. L'énergie thermique ainsi récupérée peut être utilisée directement pour chauffer des bâtiments ou produire de l'énergie. Elle peut également être stockée en été dans des réservoirs d'eau souterrains, naturels ou artificiels. Cette eau est ensuite réutilisée en hiver pour assurer le déneigement ou le déverglaçage de la surface, mais aussi pour contribuer au chauffage d'installations proches. Les techniques déployées jusqu'à présent nécessitent d'insérer des canalisations dans les chaussées, mais des solutions plus simples s'appuyant sur des matériaux spécifiquement développés sont à l'étude.

## En faveur d'une route solaire

Les raisons qui font de la route un chauffe-eau potentiel en font également une surface parfaitement adaptée à la production directe d'électricité par des panneaux photovoltaïques. L'énergie ainsi produite pourrait être utilisée en « circuit court » par la route elle-même, pour les équipements de signalisation lumineuse dynamique, pour l'alimentation des systèmes de communications statiques situés en bord de voie et pour l'éclairage de points sensibles. Le principal verrou technologique est la mise au point d'un revêtement routier semi-translucide recouvrant un ensemble de cellules photovoltaïques. La faisabilité technique a été démontrée. La mise en œuvre d'un démonstrateur à échelle réelle reste cependant nécessaire pour tester l'efficacité et la robustesse du procédé.

1. MAST : Département Matériaux et Structures
2. ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
3. FeAsiBility analysis and development of on-Road charging solutions for future electric vehiCles (en collaboration avec l'Institut pour la Transition Énergétique VEDECOM)

### Pour aller plus loin

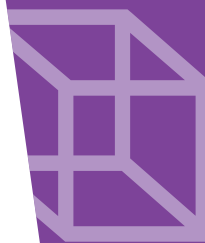
Beeldens A. (2013), "Inductive Charging: projet de charge par induction de véhicules électriques", *Revue Générale des Routes et des Aménagements*, n° 910, March.

De Larrard F., Sedran T., Balay J.M. (2012), "Removable Urban Pavements: An innovative, sustainable technology", *International Journal of Pavement Engineering*, Vol. 14, Iss. 1.



Contenus textes réutilisables

Illustrations : Ifsttar



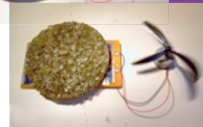
▼ Principe de la route solaire



Cellule solaire et moteur



Cellule recouverte d'enrobé classique : le moteur s'arrête



Cellule recouverte d'enrobé translucide : le moteur tourne

## À consulter

### Projet route solaire hybride

Quand la route produit de l'électricité et des calories...

Voir la fiche descriptive

# 3 RENFORCER LA RÉSILIENCE DES ROUTES FACE AUX ÉVÉNEMENTS CLIMATIQUES ET ALÉAS NATURELS

Par *Yasmina Boussafir*,  
Chargée de mission - Département GERS<sup>1</sup>

Dans une acceptation technique du terme, la résilience permet d'évoquer l'adaptation de l'infrastructure routière à un événement extérieur. L'infrastructure est considérée comme résiliente lorsque, à la suite d'un événement destructeur, sa réparation permet facilement et rapidement de revenir à un niveau d'usage proche voire identique à celui précédant l'événement.

## Des constats en faveur d'une route résiliente

Les dégâts, provoqués par un événement climatique et/ou un aléa naturel, sont nombreux et variés. Ils vont de la destruction complète du tronçon, à l'obstruction, jusqu'à une dégradation de la qualité d'usage par fissuration, déformation ou orniérage. Les éléments naturels en cause le plus souvent sont :

- > les séismes,
- > les glissements de terrain,
- > les phénomènes d'érosion,
- > les tempêtes,
- > les cavités souterraines, etc.



▲ Effondrement d'une route suite à des phénomènes de dissolution de gypse dans le sous-sol

Un exemple fréquemment cité, pour expliquer le besoin de résilience des infrastructures, est celui des catastrophes liées aux séismes. En effet, un séisme engendre en quelques secondes ou minutes des dégâts potentiellement importants et des victimes autour de son épicerie. Les dégâts matériels évoluent peu après l'événement, tandis que le nombre de victimes peut doubler voire tripler si les accès aux zones impactées, ne sont pas rapidement ré-ouverts aux secours.

Souvent liés à l'infrastructure de transport, les réseaux d'eau, de télécommunications et d'énergie (électricité, gaz) font aussi cruellement défaut après un séisme et les ruptures d'alimentation aggravent la situation. Une catastrophe sanitaire se superpose alors à la catastrophe naturelle. Dans le cas du gaz ou de l'électricité, il peut y avoir en outre des risques d'explosion et d'incendie.

## Des recommandations pour sa mise en œuvre

La route de 5<sup>e</sup> génération devra être résiliente dès sa conception. Pour cela :

- > Les projeteurs routiers disposeront, en amont, de la liste des aléas susceptibles d'affecter les tronçons d'infrastructures ainsi que d'une hiérarchisation de ces aléas par tronçons d'enjeux identiques<sup>2</sup>.



> Le maître d'ouvrage devra, quant à lui, définir le niveau d'usage minimum à maintenir en cas de survenu d'un aléa, et le délai maximum tolérable durant lequel l'infrastructure ne pourra pas être utilisable, donc sa durée de réparation.

> Le dossier de conception permettra d'évaluer les risques économiques et sociaux lors de l'occurrence de l'aléa.

Le maître d'ouvrage pourra alors choisir la solution de dimensionnement de l'infrastructure ou les solutions compensatoires qui permettront soit qu'elle résiste à l'événement redouté, soit de pouvoir la réparer dans des conditions attendues.

**“ La route de 5<sup>e</sup> génération  
devra être résiliente  
dès sa conception. ”**

1. GERS : Département Géotechnique, Environnement, Risques naturels et Sciences de la terre
2. À titre d'exemple, la RN2 sur l'île de la Réunion, axe prioritaire, ne présente pas le même enjeu qu'une route communale.



Plus de vidéos sur internet



Phénomène d'érosion :  
Sous l'action de l'eau

◀ Destruction complète  
d'une portion de route  
suite à une tempête.



Contenus textes  
réutilisables

Photos : gauche, J-L Durville ;  
droite, Manier

LES COLLECTIONS  
DE L'IFSTTAR  
Novembre 2014

# 4 ENCOURAGER L'AUTO-DIAGNOSTIC DES STRUCTURES

Par Frédéric Bourquin,  
Directeur du Département COSYS<sup>1</sup>

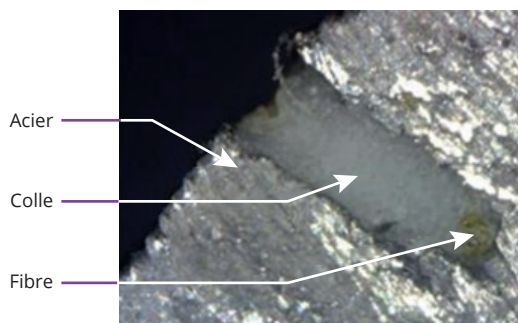
**Connaître à chaque instant la capacité d'une structure à porter les charges pour lesquelles on l'a conçue, comme le poids des camions sur un pont ; à détecter l'apparition d'un endommagement, en suivre l'évolution et évaluer son impact sur la résistance de la structure ; à connaître les charges réelles auxquelles les ouvrages sont soumis ; telles sont les perspectives offertes par le contrôle de santé des ouvrages (SHM<sup>2</sup>).**

Les structures de génie civil qui s'auto-diagnostiquent proposent un changement de paradigme en matière de maintenance, aujourd'hui largement régie par l'inspection périodique et la mise sous surveillance progressive en cas de pathologie. L'autodiagnostic permettrait donc de déclencher des inspections détaillées à la demande tout en aidant à caractériser l'évolution de la structure ou de ses chargements, afin de diminuer les coûts au cours de leur cycle de vie. Ces technologies jouent également un rôle clef pour améliorer la viabilité hivernale en aidant à mieux optimiser l'emploi des produits de déverglaçage ou les cycles de chauffage des infrastructures critiques. L'autodiagnostic recèle un potentiel encore largement inexploité pour accroître la productivité et la sécurité des travaux publics, comme le percement

des tunnels. Il permet également de mettre en œuvre des systèmes d'amortissement des vibrations pour les structures flexibles comme les ponts à haubans soumis au vent.

## De nouvelles approches pour de nouveaux défis

Reposant sur l'alliance étroite des technologies de mesure, des modèles de comportement et des méthodes de traitement de l'information, l'autodiagnostic relève de l'observation des systèmes et constitue en soi un défi scientifique et technologique : l'autodiagnostic ne se décrète pas et engendre un coût potentiellement important. Il nécessite des capteurs en grand nombre et adaptés à tous les phénomènes physiques mis en jeu, des modèles numériques suffisamment fins, des algorithmes rapides pour traiter un très



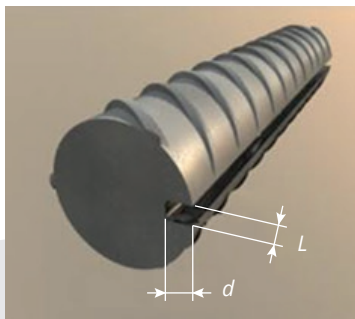
▲ Capteur à fibres optiques intégré aux armatures de structures en béton armé

grand nombre d'informations, des méthodes pour éliminer les effets environnementaux, comme la température ou l'humidité, souvent plus importants et plus visibles que les effets des endommagements auxquels on s'intéresse. Il faut donc mobiliser la science des données pour les structures. Dans le domaine des infrastructures de transport, on privilégiera donc les approches dont le coût n'augmente que modérément avec le linéaire ou la surface des structures à contrôler.

### Des opportunités innovantes

À coût raisonnable à partir d'un certain volume d'information traitée, les capteurs innovants en réseaux issus des nanotechnologies, de la photonique (fibres optiques, thermographie infrarouge) ou de la propagation des ondes électriques équiperont massivement les infrastructures, notamment en milieu urbain. Associés aux technologies satellitaires, fixes ou embarqués sur véhicules, ces capteurs induiront, à l'échelle des réseaux, des méthodologies inédites de contrôle de santé à grand rendement des routes, des voies ferrées et des champs d'éoliennes, avec un fort enjeu opérationnel en termes de disponibilité et de maintenance. Les opérateurs du transport pourront plus facilement peser les véhicules en marche, estimer les charges réelles sur les routes et les ponts, et prédire leur durée de vie. Ces capteurs innovants formeront l'infrastructure cyber-physique des systèmes d'information intégrés à la ville, aux infrastructures de tout type, notamment des structures préfabriquées ultra-légères à très hautes performances comme les ponts en matériaux composites. D'innombrables déclinaisons de ces principes contribueront à l'efficacité énergétique de la ville et des systèmes de transports, à l'évaluation en temps réel du fonctionnement urbain en termes de mobilité, d'énergie, de qualité de l'air, des eaux et des sols, de pollution électromagnétique.

“ Il faut donc mobiliser la science des données pour les structures. ”



1. COSYS : Département Composants et Systèmes
2. Structural Health Monitoring



Contenus textes réutilisables

Illustrations : Ifsttar

LES COLLECTIONS  
DE L'IFSTTAR  
Novembre 2014

# 5 FAVORISER UNE GESTION COOPÉRATIVE ET INNOVANTE DU TRAFIC

Par **Christophe Desnouailles**,

Directeur d'études et Responsable du groupe exploitation  
à la Direction territoriale Ouest du Cerema<sup>1</sup>

La route de nouvelle génération s'automatise afin de garantir l'optimisation de la capacité d'écoulement du trafic en parfaite synergie avec des véhicules communicants.

## Pour une gestion innovante du trafic

Les mesures actuelles de « régulation dynamique » autorisent une certaine flexibilité à la route en termes de circulation, de sécurité et de « report modal ». Elles permettent une affectation variable des voies dans le temps, dans l'espace et en fonction des différentes catégories d'usagers.

La route s'adapte ainsi automatiquement, pour garantir le meilleur écoulement possible du trafic à tout instant. La circulation sur la bande d'arrêt d'urgence, l'utilisation de voies réversibles, la définition des voies réservées, l'interdiction dynamique de dépasser pour les poids lourds et la régulation d'accès sont autant d'exemples des mesures déjà mises en œuvre.

Toutefois, la gestion de trafic s'intègre dans une démarche plus globale. Afin de maximiser l'efficacité de la route, sa sobriété énergétique et la sécurité de la circulation, des solutions innovantes

prennent davantage en compte les piétons et les transports publics pour favoriser l'intermodalité. Le partage de la voirie, la coordination des priorités données aux transports publics, l'information trafic diffusée au bon endroit et au bon moment par l'infrastructure se développent. De plus, la gestion du stationnement, en temps réel et selon l'occupation des parkings s'avère un enjeu important, notamment pour les poids lourds sur autoroute et route principales.

“ **Les solutions innovantes pour lutter contre la congestion passent par des stratégies de micro-régulation mises en oeuvre localement.** ”

Ces nouvelles formes d'exploitation engendrent de nouveaux besoins en capteurs et en équipements de signalisation. Elles s'inscrivent dans une approche multi-critères en termes de niveau de service aux usagers, d'acceptabilité et de développement durable.

## Vers une gestion coopérative du trafic

Outre la signalisation, les informations routières à destination des conducteurs peuvent être diffusées par des systèmes coopératifs. Ces derniers sont déjà utilisés et proposent aux véhicules de se connecter à la « route cybernétique ». Les données générées, provenant des centres de gestion de la mobilité, des véhicules



▲ La route communique dynamiquement avec l'usager via la signalisation : voie centrale en sens alterné sur le pont de St Nazaire-St Brévin



et des unités en bord de route (UBR), permettent alors de développer de nouveaux services.

Ces véhicules communicants sont les nouveaux supports d'applications pour des communautés d'utilisateurs de l'infrastructure. Les utilisateurs attendent que la route leur offre une information personnalisée, multimodale et contextualisée. Ces réseaux d'information omniprésents sont notamment utiles aux gestionnaires pour améliorer les différents niveaux de service offerts par la route.

Le concept de route automatisée prend tout son sens lorsque l'intelligence embarquée, dans les véhicules et celle en bord de route (UBR), autorise une action à la place du conducteur.

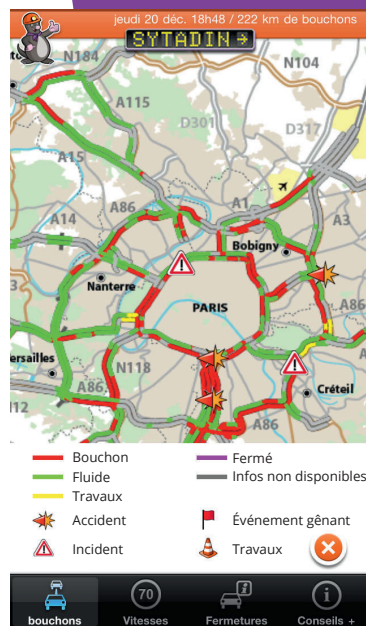
Ainsi, l'automatisation du trafic facilite le partage de la conduite en régulant notamment les interdistances. Les véhicules pourraient alors être guidés par un centre de régulation autorisant ou non la circulation en mode automatique et en collaboration avec l'infrastructure. D'après les calculs, l'automatisation du trafic pourrait contribuer au doublement de la capacité des voies sans altérer la sécurité.

### Vers une gestion intelligente du trafic en cohérence avec son environnement

La gestion intelligente du trafic peut inciter chaque conducteur à réduire sa consommation, à prévoir ses émissions puis la répartition et les niveaux d'exposition des populations aux polluants. Pour valoriser l'éco-conduite, la consommation instantanée pourrait être directement transmise, grâce aux systèmes coopératifs, par les véhicules aux gestionnaires d'infrastructures, de manière à évaluer ses effets sur la qualité de l'air.

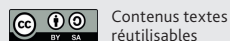
Il est également envisageable d'intégrer dans l'infrastructure les capteurs et les stations météorologiques pour renseigner le gestionnaire routier des dangers ou des incidents potentiels comme les rampes enneigées délicates pour les véhicules lourds.

Les véhicules communicants avec l'infrastructure peuvent compléter ces informations météorologiques (température, visibilité, adhérence, vent, etc.) grâce à divers capteurs embarqués. L'infrastructure communicante est alors capable de capter ces données et de les traiter pour que la route offre un service optimal à l'utilisateur.



▲ Le réseau routier communique son état d'occupation aux utilisateurs en temps réel (plateforme SYTADIN)

1. Cerema : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement



Photos : gauche, Cerema ; droite : DiRIF

# 6 PENSER DES INFRASTRUCTURES PLUS SÛRES ET EFFICACES

Par Joël Yerpez,

Directeur du Laboratoire LMA<sup>1</sup>, Département TS2<sup>2</sup>

Les spécialistes de la route s'accordent sur le fait que les systèmes d'échange d'informations numériques en temps réel, entre les infrastructures et les véhicules, représentent un développement primordial pour l'avenir. La route dite intelligente ou du futur, voire de 5<sup>e</sup> génération, devra nous informer sur notre déplacement, les conditions climatiques, le niveau de trafic, notre localisation et les ressources alentour, etc. Cette route-là offrira également des conditions de sûreté et de sécurité accrues.

## Un recueil stratégique d'informations

Deux types d'informations sont pris en compte pour élaborer la stratégie et la tactique de conduite. Les premières pour planifier un itinéraire, s'adapter aux conditions météorologiques et de trafic, etc. Elles permettent de mieux organiser le déplacement et donc en corolaire, d'améliorer les conditions de sécurité, dans le respect des contraintes spatio-temporelles.

Les secondes, destinées à aider les conducteurs dans leur tâche de conduite, influent sur leur comportement instantané et leurs capacités cognitives. L'acceptabilité sociale du système et sa fiabilité absolue, notamment la pertinence de l'information fournie dans l'immédiateté, complexifient les choses.

Ces deux types d'information agissent différemment et il ne s'agit pas de les isoler ou de les opposer. La sécurité routière est intégrée par nature aux différentes approches.

## Des travaux de recherche complémentaires

Plusieurs recherches, menées par l'Ifsttar, se sont évertuées à anticiper les difficultés de conduite dues à l'infrastructure, à la météorologie, au trafic, etc. (Projets DIVAS et PALM). D'autres autorisent le déploiement de systèmes d'informations dédiés aux conditions météorologiques dégradées et à certaines caractéristiques de l'infrastructure (SARI) ou liées au trafic (METRAMOTO).

Outre l'économie d'énergie, l'éco-conduite étudiée, dans le projet SERRES, permet une optimisation multicritère (consommation d'énergie, sécurité, confort, temps de parcours, etc.) des tâches de conduite (navigation, guidage, stabilisation, etc.). Des travaux portent également sur la connaissance et l'optimisation des vitesses, en utilisant notamment des véhicules connectés et des smartphones (Andrieu, 2013).

Il est nécessaire de tenir compte de la coexistence de différents niveaux d'équipement dans le réseau routier. Ainsi les grands axes très équipés cohabitent avec un réseau secondaire dense, dépendant de gestionnaires locaux, qui soutient un trafic certes plus faible, mais où le risque d'être tué est deux fois supérieur (ONIRS, 2013).



▲ Boîtiers enregistreurs de données routières EMMA2 et EMMA3

## En faveur d'un équipement adapté

Pour des raisons économiques, le réseau routier secondaire ne peut être entièrement équipé. L'instrumentation des véhicules constitue alors une solution alternative.

Plus précisément, les recherches concernées portent sur le développement et le déploiement d'enregistreurs embarqués dans les véhicules permettant d'identifier automatiquement des situations d'accident et d'incident. Les données récupérées peuvent alors être traitées à distance (projet SVRAI - Serre *et al.*, 2013, 2014). Chaque information pourrait être directement restituée aux usagers, à l'aide de smartphones (alertes dynamiques et personnalisées dans des zones de risques par exemple).

1. LMA : Laboratoire Mécanismes d'Accidents
2. TS2 : Département Transport, Santé, Sécurité

### Pour aller plus loin

Andrieu C. (2013), *Modélisation fonctionnelle de profils de vitesse en lien avec l'infrastructure et méthodologie de construction.*

ONIRS (2013), *La sécurité routière en France, bilan de l'accidentalité de l'année 2012, La documentation Française, 107 p.*

Serre T., Naude C., Chauvet S., Fournier JY., Lechner D., Ledoux V. (2013), *Towards a classification of road incidents acquired from public fleets of vehicles, Second International Symposium on Future Active Safety Technology toward zero traffic accident, September 22-26, Nagoya, Japan.*

Serre T., Naude C., Fournier JY., Dubois Lounis M., Chauvet S., Lechner D., Ledoux V., (2014), *Causes of road incidents, Transport Research Arena, Paris.*



Contenus textes  
réutilisables

Photos : gauche, LMA ;  
droite, Ifsttar

# 7 RÉPONDRE AUX ENJEUX PRÉCÉDENTS PAR DES INFRASTRUCTURES CONNECTÉES ET COOPÉRATIVES

Par *Nicolas Hautière*,  
Directeur de projet R5G ©

Tout porte à croire que les infrastructures « de 5<sup>e</sup> génération » seront connectées et coopératives. En effet, les recherches actuelles s'appuient sur le partage d'informations entre usagers, véhicules, infrastructures et centres de trafic en vue d'offrir des services de mobilité plus efficaces, plus fiables et plus sûrs. Les infrastructures en bénéficieront avec une disponibilité plus grande et des coûts d'entretien revus à la baisse. Le déploiement de ces systèmes « coopératifs » marque une étape supplémentaire vers l'automatisation de la conduite.

## Un déploiement progressif d'équipements en bord de route

Du point de vue de l'infrastructure, l'élément central des STI<sup>1</sup> coopératifs est implanté en bord de route (UBR). Cet équipement a pour fonction de coordonner l'ensemble des objets connectés sur sa zone de couverture, qu'ils soient statiques ou mobiles.

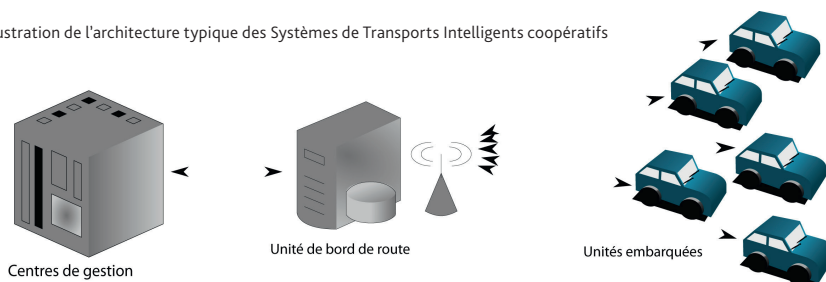
L'interopérabilité, les protocoles de télécommunications, la sécurité des échanges, les formats de données et les antennes constituent autant de sujets actifs de recherche et développement. Ajoutons également que la normalisation joue également un rôle déterminant dans les premiers déploiements de ces technologies.

En outre, la stratégie d'équipement de l'infrastructure doit tenir compte du renouvellement progressif des systèmes actuels.

## Pour de nouveaux services destinés aux usagers et gestionnaires

En dehors de la remontée d'informations liée au trafic, les premiers services testés concerneront l'information destinée aux usagers. Nous citerons par exemple l'alerte à l'abords des chantiers et en cas de danger (présence d'obstacle, de brouillard, etc.), l'aide au respect des vitesses légales ou la recommandation de vitesses adaptées, l'information sur le temps de parcours, les places de parking ou les transports collectifs.

► Illustration de l'architecture typique des Systèmes de Transports Intelligents coopératifs





Dans un deuxième temps, les gestionnaires de flottes (transports en commun, marchandises, auto-partage) et d'infrastructures routières pourront également tirer profit de ces sources de données enrichies. Une application concrète concernera la maintenance préventive de la route.

### Vers une nouvelle génération d'équipements de la route

Disposant d'informations enrichies sur le trafic et l'environnement, une nouvelle génération d'équipements de la route est susceptible de voir le jour. En effet, la signalisation routière, l'éclairage public ou les barrières de sécurité peuvent devenir plus efficaces. Par exemple, la puissance de l'éclairage public pourra être directement adaptée aux conditions météorologiques et au niveau de trafic.

Les capteurs ne serviront plus uniquement à recueillir de l'information. Les données récoltées pourront être fusionnées avec celles des véhicules, des centres de trafic et des réseaux sociaux. Ceci contribuera à l'obtention d'une information plus fiable. Ainsi, les caméras de surveillance du trafic pourront être combinées à des réseaux de capteurs pour recueillir des données météorologiques qui contribueront à optimiser la viabilité hivernale des infrastructures. À plus long terme, la qualité des informations ainsi construites rendra possible la génération de consignes individuelles aux véhicules en termes de vitesse et d'inter-distance voire d'itinéraire, de façon à réguler automatiquement la circulation.

▼ Essai de mise en œuvre sur la piste de référence de l'Ifsttar à Nantes dans le cadre du projet ANR DIVAS



#### 1. Systèmes de transport intelligents

#### Pour aller plus loin

Hautière N., De-La-Roche C. et Op-De-Beek F. Comment adapter les infrastructures routières aux enjeux de la mobilité de 2030. In *TEC : Transport Environnement Circulation*, 217: 25-32, 2013.

Lepert, P., Hautière, N., 2010. *Projet DIVAS : Dialogue Infrastructure Véhicules pour Améliorer la Sécurité routière*. Hermès.



Contenus textes réutilisables

Illustrations : Ifsttar

Retrouvez tous nos contenus  
multimédias sur



<https://reflexscience.univ-gustave-eiffel.fr>

L'Ifsttar est devenu l'Université Gustave Eiffel  
au 1<sup>er</sup> janvier 2020



**Contact :**

Service diffusion des savoirs et ouverture à la société (DSOS)  
Campus de Lyon  
25, avenue François Mitterrand  
Case24  
F-69675 Bron Cedex • FRANCE

email : [reflexscience@univ-eiffel.fr](mailto:reflexscience@univ-eiffel.fr)

Conception maquette : STDI (Charlène Pineau) • Mise en page : STDI  
Crédits photos, illustrations : Ifsttar, J-L Durville, Manier, Cerema, CiRIF, LMA  
Impression : Université Gustave Eiffel

Date de publication : Novembre 2014