

**EXAMEN PROFESSIONNEL D'AVANCEMENT DE GRADE DE  
TECHNICIEN PRINCIPAL TERRITORIAL DE 1<sup>er</sup> CLASSE**

**SESSION 2019**

**ÉPREUVE DE RAPPORT AVEC PROPOSITIONS OPÉRATIONNELLES**

Rédaction d'un rapport technique portant sur la spécialité au titre de laquelle le candidat concourt. Ce rapport est assorti de propositions opérationnelles

Durée : 3 heures  
Coefficient : 1

**SPÉCIALITÉ : RÉSEAUX, VOIRIE ET INFRASTRUCTURES**

**À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :**

- ♦ Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni initiales, ni votre numéro de convocation, ni le nom de votre collectivité employeur, de la commune où vous résidez ou du lieu de la salle d'examen où vous composez, ni nom de collectivité fictif non indiqué dans le sujet, ni signature ou paraphe.
- ♦ Sauf consignes particulières figurant dans le sujet, vous devez impérativement utiliser une seule et même couleur non effaçable pour écrire et/ou souligner. Seule l'encre noire ou l'encre bleue est autorisée. L'utilisation de plus d'une couleur, d'une couleur non autorisée, d'un surligneur pourra être considérée comme un signe distinctif.
- ♦ Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- ♦ Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

**Ce sujet comprend 26 pages.**

**Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend  
le nombre de pages indiqué.**

*S'il est incomplet, en avertir le surveillant.*

Vous êtes technicien principal territorial de 1<sup>e</sup> classe à la direction des infrastructures routières du département de Technidép.

Dans un premier temps, votre directeur vous demande de rédiger à son attention, exclusivement à l'aide des documents joints, un rapport technique sur l'innovation dans le domaine routier.

**10 points**

Dans un deuxième temps, il vous demande d'établir un ensemble de propositions opérationnelles pour intégrer l'innovation aux travaux de voirie.

*Pour traiter cette seconde partie, vous mobiliserez également vos connaissances.*

**10 points**

**Liste des documents :**

- Document 1 :** « L'innovation, une nécessité pour la route de demain » - *Techni.Cités* n°294 - juin-juillet 2016 - 6 pages
- Document 2 :** « Équipements de la route de 5<sup>ème</sup> génération » - *Revue générale des routes et de l'aménagement* - mars 2013 - 3 pages
- Document 3 :** « Des techniques routières innovantes à la route innovante » - *Routes* n°374 - 2017 - 5 pages
- Document 4 :** « Investissements d'avenir. Véhicules et transports du futur » (extrait) - *Appel à Projet route du futur 2015* - 5 pages
- Document 5 :** « Vademecum pour la gestion des chantiers innovants » (extraits) - *Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité* - septembre 2018 - 2 pages
- Document 6 :** « Programme public national. Appel à projets d'innovation « routes et rues » pour l'année 2018 » (extraits) - 2018 - 3 pages

**Documents reproduits avec l'autorisation du C.F.C.**

*Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.*

TRANSPORT

# L'innovation, une nécessité pour la route de demain

Par Marc Tassone

L'innovation constitue un enjeu majeur pour tous les pays. Dans le domaine des routes, contrairement à d'autres secteurs d'activité, elle doit parvenir à mobiliser tous les acteurs pour réussir, car l'expérimentation en vraie grandeur, qui n'est pas du seul ressort des entreprises, est une phase cruciale dans le processus. Quels sont les enjeux à intégrer et les risques à prendre par chacun des partenaires, pour parvenir à l'émergence de la route du futur, intégrant de nouveaux matériaux, productrice d'énergie ou encore intelligente ?



**Innovation,  
un enjeu majeur**



**Prise de risque  
nécessaire**



**Route ecofriendly  
et même productrice  
d'énergie**



**Route communicante  
et intelligente**

Pour développer la route de demain, plusieurs travaux portent sur l'invention de matériaux alternatifs au bitume, issus du pétrole, mais aussi sur le recyclage des anciennes chaussées.

## L'innovation, une nécessité pour la route de demain

Le 21 mars dernier, la ministre de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, Ségolène Royal, participait à la pose d'une première dalle de la route solaire à Marseille, événement précurseur des 1 000 km à réaliser en cinq ans. Cinq mois plus tôt, l'appel à projets « Route du futur » du plan d'investissements d'avenir, avait été lancé pour mobiliser les acteurs privés dans le domaine de la route

à énergie positive et soutenir financièrement les meilleurs projets. Mais la route du futur ne se veut pas seulement productrice d'énergie, elle sera également plus respectueuse de l'environnement et plus intelligente. Pour y parvenir, l'innovation doit être au rendez-vous. Les nouveaux dispositifs développés devront également trouver des sites d'expérimentation pour être testés, évalués et optimisés.

## 1 Innovation, un enjeu majeur

Innover est une condition indispensable aux professionnels des infrastructures de transport pour maintenir leur niveau de compétitivité. État et collectivités doivent contribuer à cette dynamique, en tant qu'acheteurs publics, car si l'innovation est un enjeu majeur pour la France d'aujourd'hui, c'est également un devoir pour la France de demain. Et son rôle est encore plus important dans une économie qui doit faire face à des difficultés conjoncturelles. Ce constat a conduit l'IDRRIM, à lancer, dès 2012, une grande réflexion sur le soutien à l'innovation en France dans le domaine des infrastructures de transport. Ce travail s'est conclu par la remise d'un rapport aux ministres, fin 2013, lors de la conférence « Pourquoi et comment soutenir l'innovation dans le domaine des infrastructures de transport ? ».

**Tout comme les voitures, les infrastructures routières seront équipées de moyens de communication et de capteurs.**

Proposant un état des lieux des dispositifs existants, un bilan et les attentes des différents acteurs, ce rapport formule vingt et une propositions d'actions. Elles sont destinées à renforcer concrètement le développement des innovations en France et leur nécessaire expérimentation en grandeur réelle, en encourageant les initiatives des collectivités, des entreprises et des gestionnaires de réseaux. Une partie de ces propositions a rapidement trouvé écho auprès des

membres de l'IDRRIM. Par exemple, l'appel à projets du CIRRR, dispositif piloté par le ministère avec son réseau scientifique, a pris en compte certaines des propositions du rapport, comme le raccourcissement des délais entre l'appel à projets et les résultats, la meilleure connaissance par la communauté routière des expérimentations réalisées, le recueil des besoins des maîtres d'ouvrage en amont de l'appel à projets, etc.

Une autre série d'actions a été mise en œuvre dans le domaine de la formation. Plusieurs sessions d'acculturation à l'innovation ont été montées dans les écoles d'ingénieurs et par le CNFPT. Au sein de l'école spéciale des travaux publics (ESTP), les futurs ingénieurs ont découvert, grâce au discours du sénateur Michel Berson, membre de la commission des finances et rapporteur spécial du budget de la recherche, et aux ateliers qui leur ont été proposés, à quel point l'innovation devait être considérée comme une respiration naturelle dans le métier d'ingénieur. Concernant le CNFPT, deux formations ont été organisées dans le même esprit, drainant plusieurs dizaines de territoriaux désireux de participer à l'effort de soutien à l'innovation dans le pays. Ces formations avaient pour objectif de sensibiliser les participants aux dispositifs encourageant l'innovation, d'intégrer les opportunités d'innovation et les risques pour les acteurs, et de comparer les démarches et outils existants.

Les premiers retours de ces actions démontrent l'intérêt des participants à ces questions, leur satisfaction encourageant à poursuivre dans cette voie de formation. Cela a également mis en lumière que l'innovation n'était pas une partie d'une formation ou d'un travail mais qu'elle est un état d'esprit à adopter.

## 2 Prise de risque nécessaire

L'innovation dans le domaine des transports est essentielle pour faire émerger la route de demain, mais encore faut-il lui donner sa chance. Malgré le réel intérêt affiché, de nombreux maîtres d'ouvrage hésitent en effet à se lancer dans des opérations innovantes, alors qu'ils en ont l'envie et qu'ils souhaitent participer à ce progrès, parce que les risques financiers, juridiques mais également politiques pour l'élu ou le décideur sont réels.

Il est donc absolument nécessaire de les identifier correctement avant de pouvoir s'engager.

Si l'aspect financier est important, et certains maîtres d'ouvrage décident déjà de l'assumer, l'aspect juridique est

essentiel et il faut sécuriser un maître d'ouvrage qui tient à expérimenter un procédé nouveau et innovant, qui plus est, primé lors d'un concours. L'exemple du CIRRR, pour lequel aujourd'hui quatre lauréats de l'appel à projets de 2015 sur neuf n'ont pas trouvé de terrain d'expérimentation, doit être analysé avec attention. Sécuriser juridiquement les maîtres d'ouvrage candidats, les aider à trouver un écho auprès des médias et de l'opinion, permettra d'éviter qu'ils se retrouvent en situation périlleuse si l'expérimentation qu'ils ont pris le risque de réaliser ne donne pas satisfaction et qu'une reprise des travaux venait à être nécessaire. Dans ce type d'opérations, il sera indispensable

Dans le cadre du programme « La route de 5<sup>e</sup> génération », l'emploi de micro-algues a été étudié pour produire un liant bio-sourcé, remplaçant ainsi le bitume traditionnel à base d'hydrocarbures fossiles. Ce projet appelé Algoroute est cofinancé par la région Pays de la Loire.

de mieux communiquer, notamment auprès des médias et de l'opinion. La collectivité doit ainsi voir ces chantiers d'expérimentation, non pas comme un risque, mais comme un engagement pris pour faire avancer le pays, action d'autant plus valorisable auprès des citoyens dans le contexte économique actuel. Pour pousser à l'innovation et son expérimentation, l'IDRRIM a travaillé sur le délicat sujet de la responsabilité des acteurs dans un chantier innovant, du partage des risques dans ce type d'opération et de la possibilité de l'assurer. Il publiera prochainement une note d'information. Cette dernière devrait permettre de mieux utiliser les articles du nouveau code des marchés publics issus du décret d'application du 25 mars 2016, valant aussi pour les services juridiques des entités adjudicatrices.

## 3 Route ecofriendly et même productrice d'énergie

Malgré ces risques, des maîtres d'ouvrage franchissent le pas et se lancent dans des opérations qui mettent en œuvre des innovations, portant aussi bien sur la conception, sur les matériaux ou les procédés de construction, les équipements et la sécurité, que sur la réalisation de routes intelligentes qui communiquent avec les véhicules et les gestionnaires.

Concernant les procédés de construction, les matériels de chantier ont fait des progrès vertigineux avec l'intégration quasi totale de l'informatique dans tous les systèmes de pilotage. Un atelier de réglage peut comprendre aujourd'hui des chargeurs, des niveleuses et des engins de compactage, capables avec leur équipement informatisé, géolocalisé, associé à des gyroscopes, d'obtenir rapidement un résultat de nivellement presque parfait. Si les gains de productivité sont ainsi largement augmentés, ces innovations ont avant tout permis d'améliorer la sécurité sur chantier, en réduisant le personnel présent et en optimisant l'ergonomie de ces matériels, comme cela sera montré au congrès de l'IDRRIM.

Côté matériaux, Eiffage Route, dans le cadre d'une politique d'innovation ambitieuse, a développé un enrobé bitumineux à forte valeur ajoutée environnementale, baptisé Biocold®. « Cet enrobé de nouvelle génération répond à des objectifs de transition écologique, en revalorisant notamment des agrégats d'enrobés (AE) recyclés qui participent à l'économie de la ressource en matériaux granulaires mais aussi en liant bitumineux. Sa technique semi-tiède (fabrication à une température inférieure à 100 °C) favorise une économie d'énergie et une diminution des émissions de gaz à effet de serre. Enfin, l'utilisation d'un fluxant végétal régénère le bitume des agrégats sans engendrer d'émissions », détaille Simon Pouget, chef de projets à la direction recherche & innovation d'Eiffage Route.

En 2013, Biocold® a été désigné lauréat par le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM) pour être évalué sur des chantiers dans le cadre de l'appel à projets innovants du CIRR. « Un partenariat tripartite associant le Cerema, le département des Alpes-Maritimes (CD06) et Eiffage Route s'est alors créé afin d'expérimenter ce procédé sur le territoire des Alpes-Maritimes », rappelle Laure Hugues du service de l'entretien et de la

### 3<sup>e</sup> CONGRES DE L'IDRRIM

Le troisième Congrès de l'IDRRIM se déroulera les 14 et 15 juin 2016 à Paris-Expo, Porte de Versailles, sur le thème : « Des infrastructures indispensables, innovantes et engagées pour la transition énergétique ».

Au-delà des exposés attendus sur l'entretien et la gestion des patrimoines d'infrastructures, les méthodes d'auscultation non destructives ou à bas coût, trois thématiques particulières feront la spécificité du congrès. Premièrement, dans la lignée de la conférence de Paris sur le climat, la transition énergétique, l'économie circulaire et la lutte contre les effets du changement climatique seront abordés dans deux sessions. Deuxièmement, l'innovation et l'expérimentation seront traitées dans une session spéciale mais aussi à travers les matériels, les équipements de 5<sup>e</sup> génération ou les matériaux nouveaux à faible impact environnemental.

Enfin, le numérique, l'informatique, les technologies de communication, la masse extraordinaire de données digitales, constituent les éléments d'un changement de paradigme total. Comment anticiper et s'approprier ces changements ?

Inscriptions et programme du congrès sur [www.idrrim.com](http://www.idrrim.com) et [www.interoute-ville.com](http://www.interoute-ville.com)

#### LEXIQUE

**Ademe** : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

**CIRR** : Comité innovation routes et rues.

**CNFPT** : Centre national de la fonction publique territoriale.

**IDRRIM** : Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité.

Piste de référence de l'IFSTAR située à Nantes pour étudier le contact pneumatique-chaussée et les mécanismes d'adhérence.

## L'innovation, une nécessité pour la route de demain

© Conseil départemental 06

Mis en place sur une route départementale des Alpes-Maritimes, Biocold® répond à plusieurs objectifs de transition écologique.

- sécurité routière à la direction des routes et infrastructures de transport (Drit) du CD06. Mis en œuvre sur la RD 21 à Lucéram, en septembre 2014, ce procédé a été utilisé pour renouveler la couche de roulement de cette section de route de montagne qui permet d'accéder à Peira Cava et au Col de Turini. La réalisation du chantier ainsi que le suivi des planches expérimentales jusqu'à aujourd'hui montrent un comportement très satisfaisant du Biocold® en comparaison de techniques classiques.

Plus écologique, la route du futur pourra même être productrice d'énergie. Étudiée et testée un peu partout dans le monde depuis quelques années, la route solaire n'est désormais plus seulement un concept en France. Cinq années de recherche ont permis au groupe Colas, en partenariat avec l'Insee, de parvenir à un revêtement composé

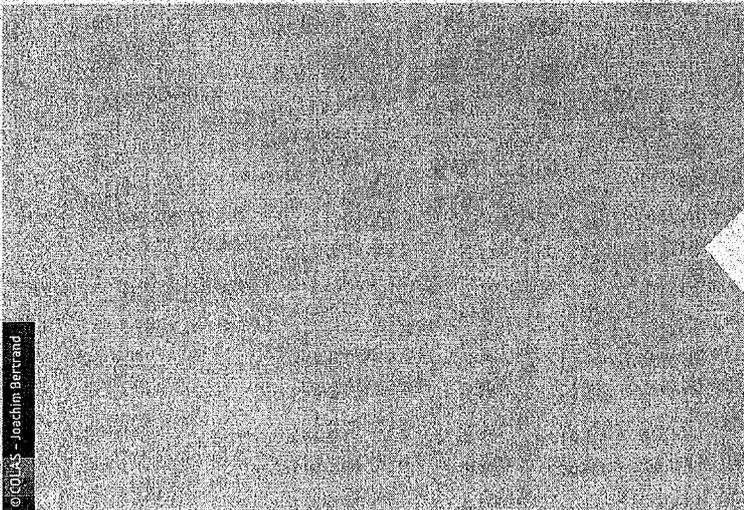
### UN ENROBE ENVIRONNEMENTAL ET MANIABLE

Destiné à l'entretien des couches de roulement, l'enrobe semi-trié Biocold® apporte une solution flexible aux maîtres d'ouvrage, en termes de variabilité d'épaisseur grâce à une adaptabilité à des supports plus ou moins déformés, de sécurité grâce à sa macrotexture ontimisée et surtout de maniabilité grâce au fluxant végétal. Ces propriétés mécaniques intermédiaires, entre les enrobes à chaud (référence) et les enrobes à froid (réservés aux faibles traçs), en font une technique d'entretien particulièrement adaptée aux chaussées souples. Il s'agit d'un « enrobe de proximité ».

de dalles photovoltaïques. Ces dernières, d'une épaisseur de 7 mm, ont été spécialement étudiées pour résister aux agressions climatiques, mais surtout au passage des poids lourds. Aucun travail de génie civil n'est nécessaire, les

■ Selon le constructeur Colas, un kilomètre de route équipée de la technologie Wattway permettrait d'alimenter en éclairage public une ville de 5 000 habitants.

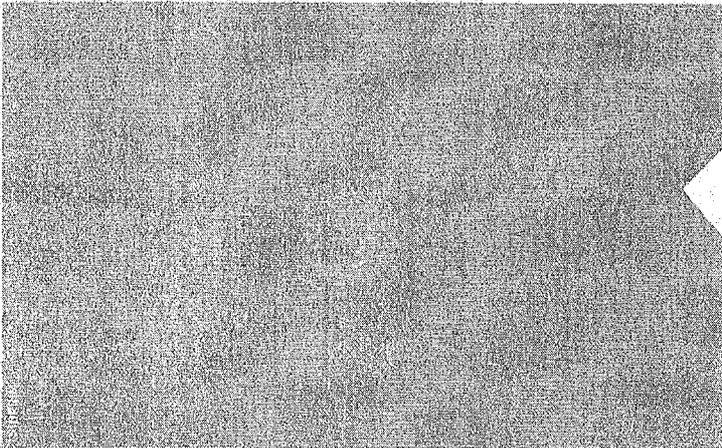
dalles PV appelées Wattway étant directement posées et collées sur la route. Dans le cadre de l'appel à projets « Route du futur » du programme d'investissement d'avenir piloté par l'Ademe, cette technologie séduisante est en cours de déploiement sur le premier chantier de route solaire en France à Marseille. Quelques dizaines de mètres carrés de dalles Wattway ont pour l'instant été installées. Cet appel à projets vise, outre l'expérimentation de différents dispositifs, de recouvrir 1 000 km de photovoltaïque d'ici 2021.



© COLAS - Joachim Bertrand

## 4 Route communicante et intelligente

Comme pour les réseaux d'eau ou d'énergie, la route du futur se verra également intelligente. « Les véhicules automobiles seront connectés, voire automatisés, échangeant de l'information avec une infrastructure routière devenant elle-même communicante ou entre véhicules. Cette évolution va réinterroger les modalités de conduite, le rapport de l'usager à son véhicule et au déplacement, la gestion du trafic, l'exploitation du réseau... et ce dans un avenir très proche », estime Bernard Pérezio, vice-président du conseil départemental de l'Isère. Ce dernier, se voulant terre d'innovation, et très attaché à faciliter et à sécuriser la mobilité des personnes, investit dans le domaine des STI-C (sciences et technologies de l'information et de la communication) sur des programmes de recherche, d'expérimentation, d'innovation et de prédéploiement d'équi-



pements. Avec le soutien de la Commission européenne, il participe à deux projets complémentaires : Syncro en tant que pilote et Scoop en tant que partenaire.

Dans le cadre de Syncro, le département de l'Isère et le gestionnaire routier italien la Città Metropolitana di Torino acquièrent un système innovant, flexible et modulaire, capable de collecter de multiples données routières. Des unités bord de route déployées sur site gèrent différentes catégories de capteurs sur ou au bord de l'infrastructure, traitent et transmettent les données au PC routier de l'exploitant. Un système unique collecte des données de plus en plus complètes, calcule les temps de parcours sur les itinéraires les plus fréquentés et fournit des données de météorologie facilitant l'organisation des opérations de viabilité hivernale. Le système est également équipé de technologies V2X qui assureront l'échange de données ou informations avec les futurs véhicules en circulation équipés de technologies similaires.

Le système Syncro traite deux horizons de temps distincts :  
- À court terme, la collecte des données routières en utilisant des capteurs installés sur l'infrastructure. Un système pilote est en service sur les routes RD531 et RD215B, entre Sassenage (sortie de l'agglomération grenobloise) et la station de sport d'hiver Villard-de-Lans Côte 2000 (plateau du Vercors). La technologie est en cours d'évaluation par le Cerema. Selon les résultats, le déploiement du système est envisagé dès mi-2016.

- À long terme, la collecte de données routières directement à partir des messages remontés par les véhicules communicants. Réciproquement, les unités Syncro V2X diffuseront en local et en temps réel des informations routières aux véhicules. Les services et technologies avancés V2X développés dans le projet Scoop seront par ailleurs expérimentés en condition réelle dès l'été 2016, en vue d'une éventuelle mise en œuvre à plus grande échelle sur le réseau routier départemental.

Porté par le ministère des Transports, le projet Scoop est en effet un pilote de déploiement d'un STI-C fondé sur les communications, le partage d'informations entre les véhicules (V2V) et entre les véhicules et les infrastructures routières (I2V & V2I). Il réunit des partenaires publics et privés et offre un test à grande échelle à partir de cinq sites pilotes gérés par la DirLF, la DirO, la DirA, la Sanef et le département de l'Isère, avec comme objectif de garantir la sécurité des agents intervenant sur les routes et de fournir aux usagers des services innovants de sécurité et de confort. Le projet analyse également les aspects juridiques liés aux échanges de données (protection de la vie privée, propriété des données...) et la sécurité des systèmes

**Pour le projet Scoop, près de 3 000 voitures seront équipées parmi des flottes de véhicules de collectivités et d'entreprises, mais aussi de particuliers qui peuvent faire partis des testeurs.**

d'information. Le projet Scoop contribue aux travaux de la Commission européenne pour la mise en place d'une stratégie européenne de déploiement des premiers STI-C ...

### SYNCRO. UN ACHAT EN QUATRE PHASES

**Bernard Pérezio, conseil départemental de l'Isère**

Le projet Syncro a été conduit dans le cadre d'un appel à projets européen « achat public innovant » ouvert à l'ensemble des opérateurs économiques, et en particulier les PME (avec le support des CCI de Grenoble et de Turin). Le groupement d'entreprises retenu est constitué essentiellement de PME innovantes. Avec l'appui d'un expert juridique, le cadre juridique novateur a permis de réaliser un achat en quatre phases assurant un partage équilibré des risques entre l'acheteur public et les industriels : une phase d'études à travers un dialogue compétitif, une phase d'expérimentation d'un système pilote, une phase de prédéploiement puis de déploiement à grande échelle. Ces nouvelles pratiques d'achat public (proches de la nouvelle procédure « partenariat d'innovation ») et plus largement les initiatives d'innovations (telles que Scoop) peuvent permettre aux acheteurs publics de contribuer au développement de nouveaux marchés, en s'adressant à tous les acteurs de l'innovation, PME comprises.

## L'innovation, une nécessité pour la route de demain

... et des infrastructures de communication (unité bord de route, hybridation UBR-cellulaire...).

« L'Isère participe activement à Scoop au travers entre autres de l'installation d'unité bord de route sur son réseau routier, de la réalisation des tests sur les services : collecte de données, remontée alertes, signalisation embarquée : indications pour la conduite, information chantier et événements inopinés et dangereux, informations sur le trafic routier, intermodalité... en intégrant les spécificités de territoires de montagne », précise Bernard Pérazio.

Ces expérimentations en cours ne sont qu'une première étape, l'émergence annoncée des véhicules connectés puis autonomes amenant à réfléchir sur les échanges que devra avoir l'infrastructure avec ces nouveaux véhicules. Enfin, pour réaliser ces travaux, l'innovation peut aussi se porter sur la dévolution des marchés en utilisant les formes nouvelles de contrats offertes par les dispositions du décret du 25 mars 2016 comme les marchés sur performance. Ces derniers sont susceptibles de permettre aux entreprises de proposer des solutions ou procédés innovants visant à atteindre des objectifs ou des niveaux de service, fixés au

départ, mesurables facilement pour en assurer l'évaluation dans le temps.

Ce balayage très rapide de la situation de l'innovation en France, de ses enjeux, et des pistes d'actions à mener par les différents acteurs, montre à quel point le sujet est complexe et pourtant fondamental. Quelle sera la prochaine révolution ? Si l'on en juge par les craintes mais aussi les espoirs suscités par le véhicule autonome, ce sera peut-être lui, à moins que ce ne soit la route solaire ? Ou un outsider aujourd'hui encore au stade des briques technologiques de la route de 5<sup>e</sup> génération. En tout état de cause, les routes peuvent commencer à anticiper leur adaptation. ●

### POUR EN SAVOIR +

[www.isere.fr/Deplacements/la-route-innovante/la-route-de-demain](http://www.isere.fr/Deplacements/la-route-innovante/la-route-de-demain)  
[www.idrriim.com/actualites/presse/2016-04-15-4184.htm](http://www.idrriim.com/actualites/presse/2016-04-15-4184.htm)  
[www.idrriim.com](http://www.idrriim.com)

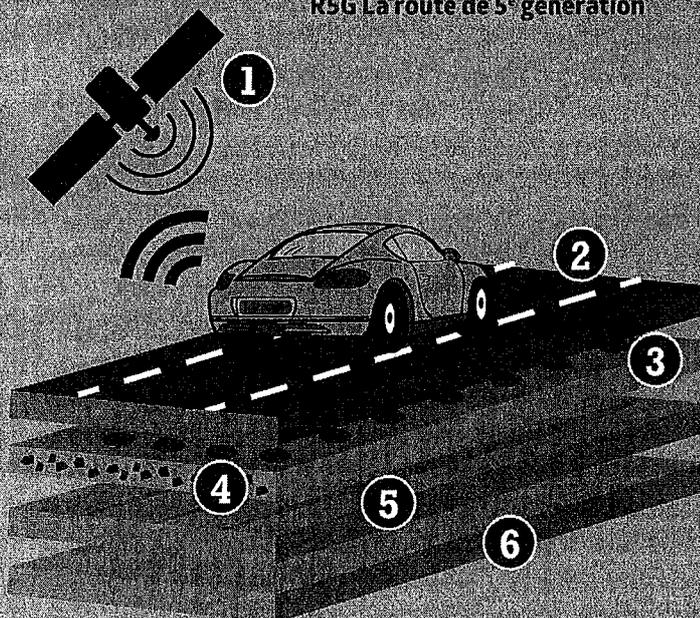
## QUELS EQUIPEMENTS DE LA ROUTE POUR LA R5G ?

**Julien Vick, délégué général du SER**

Évolutive, environnementale et coopérative, la route 5<sup>e</sup> génération dessine de nouvelles formes de mobilité pour demain. Les équipements de la route accompagnent cette transition progressive et continueront de jouer un rôle majeur dans la sécurité des véhicules du futur. Ils contribueront activement aux évolutions liées aux systèmes coopératifs et au guidage des véhicules, ainsi, les unités de bord de route (stations météo, stations de comptage...) utilisées comme infrastructures communicantes, permettront aux véhicules connectés de recevoir et d'émettre des données. De même, un marquage au sol performant et une signalisation visible par tout temps seront des repères indispensables pour guider et sécuriser le véhicule du futur.

[www.equipements-routiers-et-urbains.com](http://www.equipements-routiers-et-urbains.com)

### R5G La route de 5<sup>e</sup> génération



- 1 Échange d'informations sur l'état des routes, le trafic, avec un système central ou des autos connectées
- 2 Chaussée transilluminée tapissée de panneaux solaires dédiés aux véhicules électriques qui se rechargent par le sol, et à l'éclairage public
- 3 Capteurs et fibre optique pour prévoir la formation de nids-de-poule
- 4 Système de pompe à chaleur stockant l'énergie le jour et la relâchant la nuit
- 5 Entree poreuse permettant la circulation d'eau chaude pour dégivrer la route
- 6 Réservoir d'eau de pluie pour écarter les crues



# ÉQUIPEMENTS DE LA ROUTE DE 5<sup>E</sup> GÉNÉRATION

La route de 5<sup>e</sup> génération (R5G) qui se dessine invite à repenser la place des équipements de la route dans la mobilité de demain. Quel rôle joueront-ils dans la route du futur ? Comment imaginer l'évolution de la signalisation dans le contexte de la R5G ? Comment continuer à garantir la sécurité des usagers de la route et de la rue ?

## AUTEUR

**Julien Vick**  
Délégué général  
Syndicat des équipements de la route



Syndicat des Équipements de la Route

9, rue de Berri 75008 Paris  
Tél : 01 44 33 34 64  
E-mail : ser@ser.eu.com

Les équipements de la route auront un rôle essentiel à jouer dans la mobilité de demain



Les travaux de recherche et les différents projets menés actuellement autour de la route de 5<sup>e</sup> génération (R5G) ouvrent de nouvelles perspectives pour la route de demain.

À la fois évolutive, environnementale et coopérative, elle intègre les enjeux majeurs de notre société et les grandes évolutions auxquelles doit faire face l'ensemble des professionnels de la mobilité : la transition écologique, la transition énergétique et la transition numérique. En traçant une voie nouvelle pour la mobilité de demain, en prenant en compte les attentes et les

## VÉHICULE AUTONOME ET ÉQUIPEMENTS DE LA ROUTE

besoins des usagers, la R5G permettra aussi d'agréger des solutions innovantes, issues de différents secteurs. Parce qu'elle implique à la fois l'infrastructure routière et le véhicule, la mise en œuvre de la R5G doit aussi susciter de nouvelles formes de collaboration entre tous les acteurs de la mobilité : pouvoirs publics, gestionnaires de routes, entreprises de travaux publics, constructeurs et équipementiers automobiles, et professionnels des équipements de la route.

En effet, les évolutions de la route de demain passeront inévitablement par des phases d'itération, de « *stop and go* », de recherches et d'expérimentations. La synergie entre tous les acteurs impliqués dans la mobilité sera donc essentielle pour coordonner les expertises et rendre les retours d'expériences efficaces.

Les évolutions de la mobilité questionnent naturellement la place des équipements de la route dans le contexte futur de la R5G et leur rôle en matière de sécurité routière, qui est leur fonction première.

Panneaux de signalisation, marquage au sol, dispositifs de retenue, systèmes de régulation du trafic : depuis toujours, la mission des équipements de la route consiste à orienter, informer et signaler les dangers de la route. En organisant et en sécurisant les flux de circulation, ils permettent à tous les usagers de la route de circuler facilement et en toute sécurité.

Or, l'un des objectifs de la R5G vise, à terme, à mettre en circulation des véhicules totalement autonomes, libérant le conducteur de toute implication – voire de toute responsabilité – dans la

conduite du véhicule.

La R5G coopérative a en effet pour ambition ultime d'automatiser la route et son trafic, de manière efficace et fiable, grâce au déploiement de technologies de l'information et de la communication. Dans les années à venir, on peut aisément imaginer un véhicule capable de réagir automatiquement aux signaux qui mobilisent actuellement la vigilance et l'intelligence du conducteur : ralentir face à un panneau de limitation de vitesse, s'arrêter à un « Stop » ou à un passage à niveau, ou encore adopter un comportement adéquat face à un virage dangereux. Le véhicule de demain sera sûrement capable de s'auto-gérer, grâce à un Code de la route géolocalisé au millimètre près et totalement intégré dans l'intelligence automobile.

Il s'agit d'un véritable défi, passionnant et stimulant pour l'ensemble des professionnels de la route, en particulier lorsqu'il s'agit de répondre aux exigences de sécurité des usagers de la route. Si le futur permet de tout imaginer, il faut cependant le confronter avec les réalités d'aujourd'hui, car, comme tous les projets porteurs de progrès,

## 3 questions à Julien Vick, délégué général du SER

**Le Syndicat des équipements de la route (SER) réunit 60 entreprises spécialisées dans la conception et la réalisation d'équipements de sécurité routière. Julien Vick, délégué général du SER, répond aux questions de la RGRA sur le thème d'une session qu'il anime dans le cadre du congrès de l'Iddrim : « Des équipements de la route de 5<sup>e</sup> génération pour la R5G ».**



**Comment les professionnels des équipements de la route voient-ils l'arrivée de la R5G ?**

La R5G est plus qu'un projet, c'est une nécessité. Les évolutions technologiques et économiques, ainsi que les préoccupations environnementales nous portent naturellement à envisager de nouveaux modes de mobilité pour demain. Les équipements de la route intègrent ces nouveaux enjeux et doivent rester les premiers allés de la mobilité : celle d'aujourd'hui, mais aussi celle de demain. C'est justement le thème que nous abordons à l'occasion du congrès de l'Iddrim, en animant cette session.

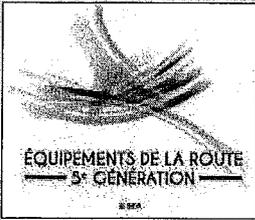
**Qu'entendez-vous par « Équipements de la route de 5<sup>e</sup> génération » ?**

La route change, évolue et se modernise. Les équipements de la route doivent s'inscrire dans cette dynamique et continuer de prouver qu'ils sont essentiels à la sécurité et à la mobilité de demain. L'innovation fait partie des axes de travail du SER et nous suivons attentivement les évolutions de la R5G, en participant à plusieurs groupes de travail autour de ce sujet.

Le SER s'est notamment rapproché de VEDECOM, l'Institut du véhicule décarboné et communicant et de sa mobilité. C'est aussi le sens que nous donnons à ces équipements de la R5G : qui doivent prendre en compte les enjeux écologiques et technologiques, mieux comprendre les attentes des pouvoirs publics et des usagers de la route, et faire évoluer les métiers.

**Selon vous, quels sont les enjeux de la route de demain ?**

Il reste encore de nombreuses questions en suspens. Je pense notamment à la façon dont nous arriverons à construire une R5G « pour tous et partout ». Autrement dit, comment rendre accessible ces nouvelles technologies à l'ensemble des usagers de la route et sur l'ensemble du territoire ? Le risque serait de créer une route à deux vitesses : d'un côté, des voies bien équipées où circuleront des véhicules totalement autonomes ; de l'autre, les autres réseaux, qui ne bénéficieront pas de ces équipements innovants. La question du financement des infrastructures et l'implication des pouvoirs publics sont aussi des points majeurs. La synergie entre tous les acteurs de la route est donc essentielle pour ouvrir le débat sur ces sujets. ■



Pour marquer son implication dans la route de 5<sup>e</sup> génération, le SER a créé un logo spécifique « Équipements de la route de 5<sup>e</sup> génération ». Ce logo, destiné à valoriser les équipements de la route dans la mobilité de demain, sera décliné sur tous les supports de communication du SER liés à cette thématique.

la R5G verra le jour progressivement, avant que l'intelligence humaine soit translatée vers celle de la machine.

Les professionnels du secteur automobile s'accordent à dire que les évolutions technologiques ont permis d'atteindre actuellement une « automatisation partielle » du véhicule (niveau 2). Le niveau ultime (niveau 5), qui vise à une « automatisation complète », c'est-à-dire sans aucune intervention du conducteur, ne sera réalisable qu'à plus long terme, et dans la mesure où l'infrastructure sera capable d'accueillir ces véhicules nouvelle génération.

### RÔLE DES ÉQUIPEMENTS DANS LA R5G

Si la perspective du véhicule totalement autonome est encore lointaine, les professionnels des équipements de la route suivent de près le virage de la R5G et s'inscrivent dès à présent dans cette nouvelle dynamique. L'objectif : intégrer les enjeux de la mobilité de demain, participer aux débats sur la route intelligente et valoriser la valeur ajoutée offerte par les infrastructures routières.

Les équipements de la R5G ont d'ores et déjà toute leur place dans la route dite coopérative, notamment pour rendre la communication possible entre l'infrastructure et le véhicule. En effet, les véhicules connectés ont besoin d'établir une communication fiable et fluide avec les infrastructures routières, afin de recevoir et d'émettre des données : conditions de circulation, risques météo, état du trafic... Dotés de systèmes de transmission, certains équipements, comme les unités de bord de route (UBR) (station de comptage, station météo...), font dialoguer les infrastructures et les systèmes embarqués dans les véhicules. Ces technologies de gestion coopérative du trafic (ITS coopératifs) sont notamment expé-

mentées dans le cadre du projet SCOOP<sup>1</sup>.

Les équipements de la route seront par ailleurs indispensables pour guider les véhicules de demain qui devront détecter de manière fiable et précise l'ensemble des informations présentes sur la route : limitations de vitesse, repérage de la voie de circulation, signalisation des dangers... La performance et la visibilité de la signalisation et du marquage au sol – quelles que soient les conditions météo – seront des facteurs essentiels pour garantir la sécurité de tous les usagers.

Enfin, les équipements de la R5G contribueront aussi à améliorer l'exploitation. L'intégration d'équipements « sensibles », fondés sur des systèmes intelligents et communicants, favorisera l'exploitation dynamique de la route, par exemple la recharge de véhicules ou la détection des incidents par caméra, offrant ainsi une communication optimisée avec les exploitants des routes.

En intégrant les grandes transitions écologiques et numériques, les équipements de la route accompagnent donc naturellement l'arrivée de la R5G.

### PROBLÉMATIQUE DE L'ENTRETIEN DES ÉQUIPEMENTS DE LA ROUTE

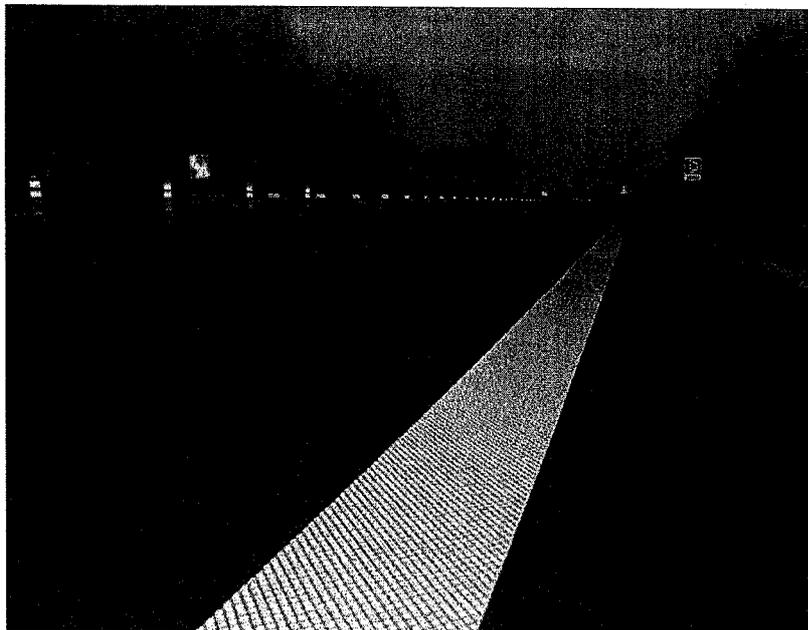
La présence et la performance des équipements de la route seront nécessaires pour garantir la mobilité et la sécurité des véhicules de demain. Pour autant, l'entretien des panneaux, de la signalisation et, plus largement, des infrastructures routières, sont une condition indispensable pour envisager l'avenir de la route. Comment imaginer un véhicule autonome circulant sur une voie d'autoroute s'il ne peut pas identifier et lire la signalisation routière ? Comment pourra-t-il garantir la sécurité des passagers sans la présence de repères et de signaux lisibles et visibles par les capteurs embarqués ? Comment pourra-t-il « lire la route » si les panneaux sont vétustes et mal entretenus ? Les équipements de la route doivent être entretenus pour être vus et lus. Leur maintenance doit donc faire partie de la réflexion sur la R5G.

### CONCLUSION

Qu'elle se nomme R5G, route intelligente ou route du futur, la mobilité de demain est en marche. Et les équipements de la route sont prêts, eux aussi, à faire leur (r)évolution. S'ils sont installés, depuis toujours, sur la route ou en bord de route, c'est bien parce qu'ils ont pour vocation d'accompagner la mobilité et la sécurité des usagers.

D'hier à demain, la mission des équipements de la route restera identique : permettre à tous les usagers de la route de circuler en toute sécurité. Dans ce « darwinisme » de la route intelligente, les équipements ont donc un rôle essentiel à jouer dans la mobilité de demain. ■

La performance et l'entretien des équipements de la route sont des facteurs déterminants pour la mise en œuvre de la R5G.



## Des techniques routières innovantes à la route innovante

Nicolas Hautière, Hasnaa Aniss, Jean Dumoulin, IFSTTAR, Département COSYS,  
Emmanuel Chailleux, Pierre Hornych, IFSTTAR, Département MAST,  
Stéphane Laporte, VEDECOM (France)

Illustrations © Auteurs



Nicolas Hautière



Hasnaa Aniss



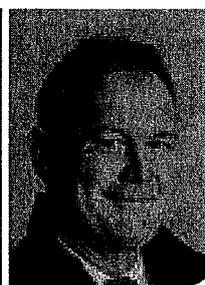
Jean Dumoulin



Emmanuel Chailleux



Pierre Hornych



Stéphane Laporte

La route telle que nous la connaissons aujourd'hui en France a été conçue et formalisée au cours du vingtième siècle pour accompagner la croissance de nos sociétés. Cette croissance, très fortement corrélée à la voiture thermique individuelle, n'apparaît plus aujourd'hui soutenable, en particulier en milieu urbain. En effet, l'autoroute engendre nuisance et pollution et a pu favoriser l'étalement urbain. En réalité, ce sont plutôt les véhicules qui génèrent ces externalités négatives. Pour les atténuer, les véhicules s'améliorent donc progressivement sur les plans écologique et énergétique sous l'impulsion de réglementations toujours plus contraignantes. La route, qui n'était jusqu'à maintenant responsable que de 5 à 10 % des externalités environnementales négatives, va donc voir cette proportion augmenter au fur et à mesure du renouvellement du parc automobile. Par ailleurs, les technologies numériques s'appêtent à révolutionner les mobilités individuelles. Les véhicules de demain seront ainsi électriques, autonomes et partagés. La route va donc également devoir s'adapter aux besoins de ces nouvelles mobilités, dans un contexte de crise des finances publiques, de nature à freiner l'adaptation des routes. Il faut donc en parallèle inventer un cadre plus propice à l'innovation, afin que les techniques innovantes issues des centres de recherche puissent être testées plus rapidement et se conjuguer les unes aux autres, et construire ainsi une innovation.

Cet article présente quelques innovations développées par l'IFSTTAR et ses partenaires pour répondre aux enjeux des transitions écologique, énergétique et numérique de la route. Nous présentons ensuite les principaux moteurs du déploiement de la route de 5<sup>e</sup> génération (R5G) sur les territoires, notamment urbains.

### LES TRANSITIONS SOCIÉTALES À L'ŒUVRE, DES GISEMENTS D'INNOVATION POUR LA ROUTE DE DEMAIN

#### Des routes sobres

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<sup>1</sup> auquel participait l'IFSTTAR, visait 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

<sup>1</sup> <http://www.lce4roads.eu>



Illustration 1 - Chantier du démonstrateur de chaussée entièrement recyclée à l'aide de liants bio-sourcés (projet Européen BIOREPAVATION) © IFSTTAR

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 notamment réalisées au sein du projet ANR Algoroute<sup>2</sup> et du projet Européen Biorepavation<sup>3</sup>. Par ailleurs, 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 (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).

Par ailleurs, 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 bientôt permettre de proposer d'autres fonctions intégrées (textures variées, surfaces poreuses, silencieuses ou dépolluantes, insertion de capteurs, etc.).

### Des routes à énergie positive

#### 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 route de 5<sup>e</sup> génération (R5G) devra donc être équipée de stations performantes permettant des recharges rapides et fiables. 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>4</sup> auquel VEDECOM participe avec le soutien de l'IFSTTAR a permis de réaliser un démonstrateur de recharge sans contact et en circulation (jusqu'à 100 km/h), des véhicules électriques individuels, sur le site d'essai de Versailles-Satory (illustration 2).

#### 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 (illustration 3). La mise en œuvre d'un démonstrateur à échelle réelle reste cependant nécessaire pour tester l'efficacité et la robustesse du procédé.

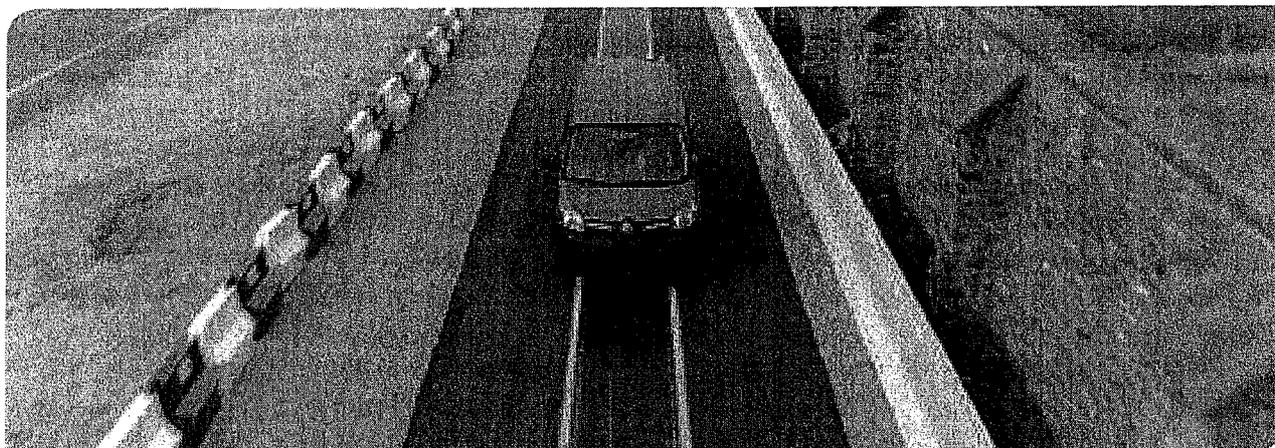


Illustration 2 - Démonstrateur de route à induction réalisé à Versailles dans le cadre du projet européen FABRIC © VEDECOM



Illustration 3 - Démonstrateur de route solaire hybride dévoilé lors de la COP 21 © MEDDE

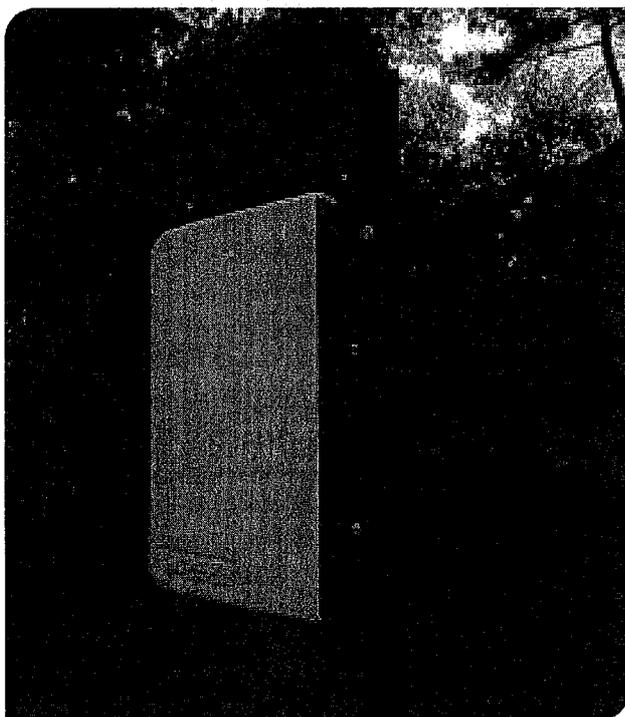


Illustration 4 - SCOOP © GEOLOC Systems

## Des routes intelligentes

Tout porte à croire que les routes de demain seront connectées et coopératives. En effet, les développements actuels 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 intelligents marque une étape supplémentaire vers l'automatisation de la conduite et de sa gestion.

## Des routes connectées

Du point de vue de l'infrastructure, l'élément central des systèmes de transport intelligents coopératifs est implanté en bord de route (UBR). Cet équipement a pour fonction de diffuser à l'ensemble des objets connectés sur sa zone de couverture, qu'ils soient statiques ou mobiles, des informations produites par les gestionnaires de la route ou des prestataires de service ou à l'inverse récolter des informations provenant des véhicules sur les événements routiers. 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<sup>2</sup>. Ajoutons également que la normalisation joue également un rôle déterminant dans le déploiement de ces technologies. En outre, la stratégie d'équipement de l'infrastructure doit tenir compte du renouvellement progressif des systèmes actuels.

<sup>2</sup> <http://www.agence-nationale-recherche.fr/?Projet=ANR-16-CE08-0017>

<sup>3</sup> <http://biorepavation.ifsttar.fr>

<sup>4</sup> <http://www.fabric-project.eu>

<sup>5</sup> <http://www.scoop.developpement-durable.gouv.fr>

**Des routes instrumentées**

Si les échanges entre véhicules et infrastructures ont été développés pour mieux gérer le trafic, l'entretien du patrimoine routier peut également bénéficier de ces technologies. Les suspensions des véhicules ou de simples smartphones permettent ainsi de mesurer des indicateurs sur l'uni des chaussées, notamment sur les réseaux peu circulés. Une fois communiqués aux gestionnaires, ceux-ci peuvent construire une image de la qualité de leur réseau à peu de frais. Sur les réseaux fortement circulés, des réseaux de nanocapteurs connectés aux unités de bord de route (UBR) et enfouis dans les structures de chaussées permettront bientôt de détecter l'apparition de défauts structurels. Une telle instrumentation est en cours de mise au point à l'IFSTTAR. Elle pourrait permettre d'envisager à moyen terme des stratégies d'entretien préventif.

**Des routes automatisées**

La route est conçue d'une part pour supporter les nombreuses charges roulantes et d'autre part pour permettre aux conducteurs de s'adapter aux conditions de circulation. Le véhicule autonome devra connaître toutes les caractéristiques de l'infrastructure, qu'il emprunte, pour circuler en toute sécurité. Ce sont les capteurs, à bord de chaque véhicule autonome, qui seront en charge d'analyser la route. S'ils ne peuvent pas la décoder, un système embarqué de cartographie numérique prendra le relais pour apporter les informations manquantes. Ainsi, l'infrastructure physique deviendra peu à peu numérique. L'enjeu est alors de concevoir cette infrastructure numérique et de la maintenir à jour, ce qui pose des problèmes de standard et de format pour l'échange de données. Cela soulève également des problématiques scientifiques. En effet, si la géométrie des routes évolue peu dans le temps (en dehors des zones de travaux), que penser de l'adhérence de la chaussée ou de la visibilité des marquages hautement sensibles à la météo ? Pour des raisons d'alimentation et de mise à jour, l'infrastructure numérique

# tracez la route

d'un coup de volant

## MOBILE LASER SCANNING

ACQUISITION DYNAMIQUE  
DE DONNÉES TOPOGRAPHIQUES

- Acquisition précise de la géométrie de voirie
- Localisation et géoréférencement des objets routiers
- Audit des dispositifs de sécurité
- Relevé des ouvrages et gabarits
- Cartographie des routes
- Diagnostic de voiries
- Inspection de surface de sol
- Inspection de tunnels
- Relevé pour modification-élargissement

**PRÉCISION  
DE MESURE**

→ +/- 2 cm

**VITESSE  
D'ACQUISITION**

→ 2 M pts/s

devra être connectée avec les véhicules mais aussi les centres de gestion liés à la maintenance, au trafic et à la météo. Dans ce contexte, l'IFSTTAR appuie les porteurs de politiques publics en charge du déploiement du véhicule autonome, mais est également force de proposition pour proposer des modèles d'interaction véhicules-infrastructures-conducteur renouvelés prenant en compte les véhicules autonomes et connectés.

## POUR UNE DÉMARCHE D'INNOVATION INTÉGRÉE

### La Route de 5<sup>e</sup> Génération, un aboutissement de ces transitions

En réponse à l'aboutissement des trois transitions susmentionnées, la route de 5<sup>e</sup> génération sera évolutive, automatisée et à contribution environnementale positive, à l'instar des véhicules qui seront électriques, autonomes et partagés. C'est en tout cas comme cela que cette route est pensée dans les centres de recherche. S'agissant d'une innovation de rupture, l'enjeu est de savoir comment elle peut parvenir à se déployer sur les territoires. Il est évident que le modèle d'innovation linéaire, solidement ancré dans la culture routière, n'est plus adapté. Cependant, les choses ont commencé à bouger pour inventer le nouveau modèle. Différentes transformations dans le système français de recherche et d'innovation sont en cours dans le domaine routier. Si on n'en connaît pas encore le résultat, on peut d'ores et déjà identifier les principaux moteurs résumés dans le paragraphe suivant.

### Les principaux moteurs du déploiement de la R5G

#### Des approches normatives aux approches performancielles

On assiste depuis plusieurs années à un retrait progressif de l'Etat dans les territoires, laissant les collectivités locales parfois sans repère. En parallèle, sous la pression de la crise économique, les entreprises routières cherchent à se différencier et l'innovation fait partie des solutions pour y parvenir. Toutefois, ce mouvement est vain si les maîtres d'ouvrage ne prennent aucun risque. Par ailleurs, le marché global de performances est autorisé depuis 2015. Cet outil réglementaire devrait ouvrir la voie à une nouvelle approche en matière d'innovation pour les entreprises.

#### De la planche d'essai au laboratoire vivant

Si les équipements de test accéléré demeurent une valeur sûre, une nouvelle génération d'équipements d'essai pour la ville de demain est en cours de conception à travers le monde. L'IFSTTAR dispose en particulier de deux équipements de classe mondiale. L'Equipex SenseCity<sup>6</sup>, en région parisienne, vise à tester en conditions contrôlées

les infrastructures pour la ville de demain dont les routes font partie. La plate-forme Transpolis<sup>7</sup>, en région lyonnaise, teste pour sa part les systèmes de transports pour la ville de demain. Au-delà des sites d'essai, il s'agit d'évaluer en situation de vie réelle ces innovations, en considérant désormais l'infrastructure. A ces moyens physiques de test, il faut ajouter le numérique et le virtuel qui prennent encore de plus de valeur dans ce schéma, car alimentés par les données recueillies sur les laboratoires vivants.

#### De l'autoroute urbaine à l'infrastructure urbaine

Ce que on appelait auparavant autoroute urbaine s'appelle désormais voie structurante d'agglomération. À travers le développement des parcs-relais ou encore des transports en commun sur voie auxiliaire, de voies dédiées au covoiturage, la route va devenir, plus qu'auparavant, l'un des maillons d'une chaîne de transport multimodale rendue possible par la connectivité croissante des voyageurs et l'autonomie croissante des véhicules. A condition de bien penser le déploiement de ces systèmes, il ne sera bientôt plus nécessaire d'accroître physiquement les infrastructures pour en accroître la capacité. Les friches autoroutières pourront alors être captées pour densifier la ville et réduire si besoin l'étalement urbain. On passera alors d'un urbanisme fonctionnel à un urbanisme intégré.

#### L'exemple de l'éclairage public

Nous pouvons illustrer la démarche par la problématique de l'éclairage public. Les fabricants de solutions d'éclairage public proposent aujourd'hui de remplacer les éclairages à base de lampes à sodium par des solutions LEDs. Cette substitution peut se faire à travers à un contrat de performance énergétique garantissant la réduction régulière de la facture énergétique sur la durée du contrat. Les pistes pour y parvenir sont nombreuses. Si l'éclairage à base de LEDs est peu gourmand en énergie, il le sera encore plus si la chaussée est composée de matériaux dont l'albedo est élevée. Il le sera encore moins si l'éclairage est activé à la demande par des capteurs de trafic installés sur les lampadaires ou si la route est à même de produire l'énergie nécessaire au fonctionnement des différents systèmes. Ce faisant, on déploie les composants de la R5G à même de transformer l'ancienne route en smart city et de déployer les services à l'utilisateur qui vont avec.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, nous avons présenté les enjeux auxquels la route doit faire face en ce début de 21<sup>e</sup> siècle. Différentes solutions innovantes sont développées par les chercheurs de l'IFSTTAR pour concrétiser le concept de route 5<sup>e</sup> génération. Pour se déployer sur les territoires, les obstacles sont encore nombreux. Cependant, différents signaux tendent à démontrer qu'un écosystème « R5G friendly » est en train de se mettre en place, que ce soit en terme d'achat public, d'équipements de recherche et de territoires d'expérimentation.#

<sup>6</sup> <http://sense-city.ifsttar.fr>

<sup>7</sup> <http://www.transpolis.fr/n/prestations/Ville-Laboratoire/r81.html>

## Investissements d'avenir

### Véhicules et transports du futur

#### OBJET DE L'Appel à Projets (AAP)

##### **B1. Périmètre**

L'AAP a pour objectif de sélectionner des projets d'innovation développant des technologies, des procédés, des services et des solutions industrielles ambitieuses, innovantes et durables en matière d'infrastructures routières qui répondent à un marché. Il finance des projets de développement d'innovations qui répondent aux préoccupations majeures des maîtres d'ouvrage routiers français ou internationaux et conduisent à un développement industriel et économique ambitieux des entreprises qui les développent.

Sont exclus du périmètre de l'AAP :

- Les projets de déploiement ou de pré-déploiement de systèmes coopératifs et d'infrastructures routières ne s'inscrivant pas dans une logique de recherche et de développement (type projet SCOP@F) ;
- Les projets portant sur les véhicules routiers ;
- Les projets portant sur les infrastructures non routières ;
- Les projets de déploiement des infrastructures de recharge pour véhicules électriques et hybrides rechargeables ;
- Les projets portant sur d'autres thèmes que ceux précisés dans cet AAP.

Compte tenu de la volonté d'aboutir à une mise sur le marché rapide et significative des solutions proposées, les innovations visées dans les projets doivent systématiquement être évaluées et/ou expérimentées en conditions réelles de fonctionnement et donner lieu à des retombées économiques. Les retombées économiques sur le territoire national sont évaluées avec une attention particulière.

##### **B2. Orientations du présent AAP**

Les projets attendus dans cet AAP peuvent porter sur un ou plusieurs des 4 axes précisés ci-dessous.

Dans tous les cas, les projets doivent en particulier :

- Viser des retombées économiques et technologiques directes et démontrables sous forme de nouveaux produits ou services, technologies et emplois ainsi que les perspectives à l'export ;
- Répondre à des enjeux sociaux et environnementaux quantifiés ;
- Viser des retombées indirectes en termes de structuration ou de renforcement des filières ou écosystèmes liées aux infrastructures routières, notamment pour développer leur capacité d'innovation collective et leur capacité d'exportation.

##### **Axe 1 : Construction et entretien écologiques**

Les sujets permettant la réduction de l'empreinte écologique liée à la construction et à l'entretien des infrastructures considérées sont éligibles, et en particulier les procédés et techniques relatifs à :

- La réduction de la consommation de ressources non renouvelables ;
- La réduction de la consommation d'espace ;
- La réduction de la production de gaz à effet de serre ;
- La réduction de la consommation d'eau ;
- La réduction des effets sur les milieux ;
- L'innovation verte et au recyclage dans le domaine des matériaux ;
- L'amélioration de la santé publique telle que la durabilité des propriétés phoniques des revêtements.

### **Axe 2 : Insertion dans les chaînes de production / stockage / distribution d'énergies**

Les projets peuvent également porter sur le développement de nouvelles solutions techniques intégrant des innovations sur les infrastructures permettant la production, le stockage et l'approvisionnement en énergie, comme notamment :

- La route solaire ;
- La route auto-dégivrante ;
- La recharge électrique des véhicules par la chaussée et/ou en mouvement (par exemple, la route à induction).

### **Axe 3 : Optimisation intégrée construction / entretien / exploitation**

Les sujets permettant l'amélioration des méthodes de conception et de construction des infrastructures et des méthodes d'optimisation des infrastructures existantes en vue de réduire leurs coûts futurs d'exploitation et d'entretien pour une même qualité de service sont éligibles.

De même, sont éligibles les projets visant à :

- Offrir une meilleure qualité de service ;
- Assurer une meilleure disponibilité de la route ;
- Permettre l'évolution de la route pour prendre en compte d'autres usages.

### **Axe 4 : Technologies de l'information et de la communication**

Les projets peuvent porter sur l'utilisation des NTIC dans le domaine de l'infrastructure :

- L'amélioration de la fluidité de circulation ;
- Les dispositifs de connaissance du trafic ;
- La contribution de l'infrastructure à l'automatisation de la conduite des véhicules ;
- La contribution des véhicules à la connaissance de l'infrastructure (exemple : état de l'adhérence des chaussées, conditions météorologiques, etc.) ;
- L'instrumentation des infrastructures pour leur gestion et leur exploitation et pour les échanges avec les véhicules et les usagers.

## **ORGANISATION ET FINANCEMENT DES PROJETS**

### ***C1. Bénéficiaires éligibles***

Les projets peuvent être soumis :

- De manière individuelle, par une entreprise (que ce soit une grande, moyenne ou petite entreprise), conformément au respect des coûts totaux minimaux précisés paragraphe C2 ;

- Dans le cadre d'un accord de consortium, par des entreprises et/ou des entités publiques ou privées conduisant des activités de recherche et de développement. Le consortium est représenté par un coordonnateur, interlocuteur privilégié de l'ADEME dans toutes les phases du projet. Le coordonnateur est nécessairement une entreprise, qui coordonne notamment le suivi de l'exécution opérationnelle et financière des travaux. Toute demande d'aide par des acteurs académiques pour plus de 30% de l'ensemble des aides du projet devra être dûment justifiée.

Est appelé partenaire du projet toute entité signataire de l'accord de consortium. Un projet d'accord de consortium portant sur les principes liés à la réalisation du projet, et notamment sur les règles applicables en matière de propriété intellectuelle et d'exploitation des résultats, est fourni lors du dépôt du projet. L'accord de consortium signé conditionne les premiers versements des aides. **Le consortium n'excède pas cinq partenaires financés.**

Les travaux de R&D représentant moins de 5% de l'assiette de dépenses du projet ou ayant une contribution faible à son caractère collaboratif ont vocation à être pris en charge soit directement par les entreprises, soit en sous-traitance.

Les bénéficiaires d'une aide du PIA doivent présenter une situation financière saine. En particulier, ils doivent présenter des capitaux propres et un plan de financement, en cohérence avec l'importance des travaux qu'ils se proposent de mener. **Pour chaque entreprise, le montant cumulé de l'aide versée ne peut excéder le montant des capitaux propres à la date du versement.**

Les porteurs de projet doivent présenter un plan de financement équilibré sur la durée du projet et expliciter la nature et l'origine publique ou privée des financements prévus. Chaque bénéficiaire d'une aide sera signataire d'une convention bilatérale avec l'ADEME.

## **C2. Coûts éligibles et retenus**

Les critères d'éligibilité des coûts des projets sont précisés dans la réglementation communautaire relative aux aides d'Etat ainsi que dans la FAQ disponible sur le site ADEME de l'AAP.

Plus précisément, le présent AAP **n'a pas vocation à financer la conception ou la réalisation de nouvelles infrastructures routières ni l'entretien ou la régénération d'infrastructures existantes.** De ce fait, seules les dépenses réelles additionnelles et spécifiques à la mise en œuvre des projets sont éligibles. Les prestations d'ingénierie routière et les travaux ne sont éligibles que si elles présentent des innovations réelles en lien avec le projet.

Les dépenses ne peuvent être prises en compte qu'à compter de la date de dépôt du dossier auprès de l'ADEME, étant entendu que les dépenses engagées avant la notification des conventions d'aide par l'ADEME le sont au risque des bénéficiaires.

**Sont instruits les projets dont les coûts totaux pour chacun des partenaires financés sont supérieurs :**

- à 3 M€ pour les Grandes entreprises<sup>1</sup> ;
- à 1,5 M€ pour les Moyennes entreprises<sup>1</sup> ;
- à 500 k€ pour les Petites entreprises<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Selon la recommandation de la Commission n° 2003/361/CE du 6 mai 2003, « la catégorie des micro, petites et moyennes entreprises (PME) est constituée des entreprises qui occupent moins de 250 personnes et dont le chiffre d'affaires annuel n'excède pas 50 millions d'euros ou dont le total du bilan annuel n'excède pas 43 millions d'euros ». Dans la catégorie des PME, une petite entreprise est définie comme une entreprise qui occupe moins de 50 personnes et dont le chiffre d'affaires annuel ou le total du bilan annuel n'excède pas 10 millions d'euros.

Les projets de taille inférieure à ces montants sont orientés vers d'autres dispositifs de soutien public. Toute demande de dérogation devra être justifiée et soumise au Commissariat Général à l'Investissement (CGI).

L'ensemble des coûts relatifs au projet doit être détaillé dans le dossier de demande d'aide. Dans le cadre de l'instruction du projet, l'ADEME détermine les coûts éligibles et retenus pour le financement par le PIA et établit une classification des dépenses selon leur nature Recherche industrielle (RI) ou Développement expérimental (DE).

### **C3. Taux d'aide pour les bénéficiaires soumis au secteur concurrentiel**

Dans la majorité des cas, le régime d'aides retenu est le régime d'aides de l'ADEME exempté de notification n° SA.40266 relatif aux aides à la Recherche, au Développement et à l'Innovation (RDI) dans le cadre du PIA.

La somme des financements publics doit respecter le taux d'aide maximal fixé par le régime d'aides de l'ADEME relatif aux aides à la RDI.

Au-delà de 15 M€ d'aide pour un bénéficiaire dans le cadre du projet présenté, l'aide peut faire l'objet d'une notification individuelle obligatoire auprès de la Commission européenne<sup>2</sup>.

Sur la base de la classification des dépenses éligibles et retenues selon leur nature Recherche industrielle (RI) ou Développement expérimental (DE), l'ADEME détermine une aide dans la limite des taux d'intervention maximaux autorisés par la Commission européenne et présentés ci-dessous :

Catégorie d'entreprise au sens communautaire	Activités de recherche	
	RI (en subvention)	DE <sup>3</sup> (en avance remboursable)
<b>Grandes entreprises</b>	50%	35%
<b>Moyennes entreprises</b>	60%	45%
<b>Petites entreprises</b>	70%	55%

Dans le cas général, les activités du projet réalisées au titre de la RI sont aidées sous forme de subvention, celles réalisées au titre du DE sont aidées sous forme d'avances remboursables.

Pour autant que l'intensité de l'aide ne dépasse pas 70% des coûts éligibles et retenus, une prime de 10 points de pourcentage peut être ajoutée aux pourcentages indiqués dans le tableau ci-dessus si l'une des conditions suivantes est remplie :

- Le projet repose sur une collaboration effective (pas de sous-traitance) entre des entreprises parmi lesquelles figure au moins une PME et aucune entreprise ne supporte seule plus de 70% des coûts admissibles du projet ;
- Le projet repose sur une collaboration effective entre une entreprise et un ou plusieurs organismes de recherche et ces derniers supportent au moins 10% des coûts admissibles du projet et ont le droit de publier les résultats de leurs propres recherches.

Les modalités de remboursement des avances remboursables sont les suivantes :

- Remboursement de 100% de la valeur actualisée nette des avances remboursables versées dès l'atteinte d'un élément déclencheur (premier euro de chiffre d'affaires)

<sup>2</sup> Les seuils de notification individuelle sont visés à l'article 4 du Règlement Général d'Exemption par Catégorie (RGEC) n°651/2014 du 17 juin 2014.

<sup>3</sup> Inclut une majoration de 10 points de pourcentage des intensités d'aide permise par l'article 7 du RGEC.

réalisé ou première unité d'œuvre produite<sup>4</sup>). Dans le cas général, ce remboursement débute 2 ans après l'atteinte de l'élément déclencheur et s'effectue en 4 échéances annuelles, fixes et identiques, au taux d'actualisation<sup>5</sup> fixé par la Commission européenne et applicable à la date d'avis favorable du Comité de pilotage. Si l'élément déclencheur précisé ci-dessus n'est pas atteint dans un délai de 5 ans postérieurement à la fin des travaux de développement, l'avance remboursable devient acquise au porteur de projet, à l'exception d'un montant<sup>6</sup>, qui couvre l'acquis technique du projet ;

**et,**

- En cas de succès commercial du projet, remboursement supplémentaire de 30% de la valeur actualisée nette des avances remboursables versées dès le franchissement d'un seuil de chiffre d'affaires réalisé ou de production cumulée d'unités d'œuvre dans un délai inférieur à 6 ans après l'atteinte de l'élément déclencheur du premier point. Ce remboursement s'effectue typiquement en 2 échéances annuelles, fixes et identiques, au taux d'actualisation fixé par la Commission européenne et applicable à la date d'avis favorable du Comité de pilotage.

Des critères permettant de définir l'atteinte des seuils de remboursement de l'aide sont définis au cas par cas et précisés dans les conventions de financement. D'une manière générale, les modalités de remboursement sont précisées dans les Conditions Générales et Particulières d'investissements d'avenir prévues entre l'ADEME et les bénéficiaires des aides, dont un modèle standard est joint en annexe.

Enfin, les partenaires souhaitant bénéficier des Conditions supplémentaires pour les aides individuelles<sup>7</sup> prévues par l'Encadrement communautaire des aides d'Etat à la RDI font l'objet d'une procédure dérogatoire à cet appel à projets.

#### **C4. Taux d'aide pour les autres bénéficiaires**

Pour les collectivités locales et assimilées, les établissements publics et assimilés et les organismes de recherche et assimilés, l'aide est principalement accordée sous forme de subventions.

Si le régime d'aides RDI permet de financer ces bénéficiaires jusqu'à 100% des coûts de l'opération, l'ADEME peut réduire ce taux, en particulier pour les EPIC financés généralement à 40% des coûts.

En ce qui concerne ces bénéficiaires, ceux-ci verseront chaque année un intéressement à l'Etat au titre des revenus supplémentaire apportés par le projet à hauteur de 40% du montant annuel issu de la valorisation des travaux du projet, cet intéressement cumulé ne pouvant excéder 30% de la subvention perçue pour ces travaux.

<sup>4</sup> Dans les cas exceptionnels où l'instruction du projet ne permet pas de déterminer un succès commercial sur la base de critères objectifs, transparents et auditables, le remboursement est intégralement fonction de l'avancement du projet. Le remboursement, en valeur actualisée nette de l'avance remboursable versée, s'effectue au taux de référence fixé par la Commission européenne et applicable à la date d'avis favorable du Comité de pilotage et, dans le cas général, en 3 échéances annuelles, fixes et identiques.

<sup>5</sup> Taux d'actualisation = taux de base IBOR à 1 an majoré de 100 points de base (communication 2008/C 14/02 de la Commission européenne).

<sup>6</sup> Déterminé selon les modalités précisées dans les Conditions Générales et Particulières d'investissements d'avenir.

<sup>7</sup> Chapitre 4.5.2 de l'Encadrement communautaire des aides d'Etat à la RDI n° 2014/C 198/01 du 27 juin 2014.

(...)

DOCUMENT 5

# Vademecum pour la gestion des chantiers innovants

septembre 2018

(...)

## 2. Les procédures adaptées pour réaliser des chantiers / expérimentations avec les lauréats du CIRR

Parmi les procédures prescrites dans le décret des marchés publics, deux sont particulièrement adaptées :

### 2.1. Marchés publics réalisés dans le cadre de programmes expérimentaux

La procédure prévue par l'article 97 du décret n°2016-360 relatif aux marchés publics est adaptée pour réaliser des chantiers/expérimentations avec un lauréat de l'appel à projets innovants «Routes et Rues ». L'Appel à Projet d'innovation « Routes et Rues » est un programme national de recherche créé par l'arrêté du 7 mars 2007 relatif à la création d'un programme public national de recherche, essai et expérimentation dans le domaine de la voirie et des réseaux divers. Cet Appel à Projets est piloté au sein de la DIT par le Comité Innovation Routes et Rues (CIRR). Les marchés passés pour le test des innovations lauréates du CIRR peuvent donc suivre la procédure de l'article 97 du décret des marchés publics.

Pour appliquer l'article 97, le pouvoir adjudicateur doit élaborer une consultation pour mise en concurrence limitée aux lauréats du CIRR. Pour élaborer la consultation, il sera nécessaire de définir des spécifications à faire figurer dans le cahier des charges, spécifications particulières répondant aux fonctionnalités des ou de l'innovation lauréate.

Dans l'hypothèse où seul un opérateur serait sélectionné par le jury, l'article 97 du décret n'impose pas d'ouvrir la consultation à d'autres entreprises, cette ouverture étant une faculté relevant de la performance de l'achat propre à la politique de chaque maître d'ouvrage.

Ainsi, le maître d'ouvrage peut recourir à une procédure de marché négocié, auquel cas l'entreprise lauréate devra justifier les coûts du chantier expérimental.

Dans tous les cas (après mise en concurrence ou marché négocié), avant la signature du marché, un protocole d'expérimentation, prévu dans les procédures du CIRR, fixe les engagements entre le maître d'ouvrage et la DIT. Un programme d'expérimentation est alors établi par l'expert en charge du suivi de l'innovation et en coordination avec l'entreprise lauréate et les équipes locales du Cerema.

La gestion du marché est assurée ensuite normalement, avec les seules contraintes complémentaires liées à l'application du programme d'expérimentation.

## 2.2. Marchés négociés sans publicité préalable et sans mise en concurrence

Pour les pouvoirs adjudicateurs, seuls deux cas existent pour l'utilisation de cet article :

- Soit que l'innovation retenue par le CIRR soit protégée par un droit d'exclusivité, notamment de propriété intellectuelle, et qu'il n'existe aucune solution alternative ou de remplacement raisonnable et que l'absence de concurrence ne résulte pas d'une restriction artificielle des caractéristiques du marché public. (Article 30-I-3.c).
- Soit que l'innovation retenue par le CIRR concerne des marchés publics de fourniture ayant pour objet l'achat de produits fabriqués, sans objectif de rentabilité ou d'amortissement des coûts de recherche et de développement. (Article 30-III-2).

## 3. Les procédures adaptées pour réaliser des chantiers / expérimentations avec les projets retenus par le Programme d'Investissement d'Avenir (PIA)

Le PIA sélectionne des projets dont les caractéristiques répondent aux critères d'éligibilité fixés dans l'appel à projet.

Pour les projets sélectionnés, le PIA subventionne, selon la taille de l'entreprise :

- La partie recherche<sup>2</sup> entre 50 et 70 %
- La partie développement<sup>3</sup> entre 35 et 55 %, sous forme d'avance remboursable.

La réalisation de chantiers expérimentaux se situe clairement dans la phase de développement. Le PIA ne subventionnera que le coût marginal généré par l'innovation. Dans la mesure du possible, ce coût marginal sera établi en référence aux techniques existantes, même si l'innovation apporte des fonctions, services, avantages supérieurs aux techniques classiques. Si aucune référence n'existe, le coût marginal est égal au coût du chantier.

Plusieurs modalités d'achat sont applicables aux projets retenus par le PIA « Route du futur », elles sont identiques à celles applicables à des projets retenus par le CIRR :

- L'article 97 puisque le PIA est assimilé à un programme public national de recherche, d'essai et d'expérimentation et que les procédures de sélection des projets répondent aux exigences de l'article 97 ;
- L'article 30-I-3°-c.
- L'article 30-III-2

---

<sup>2</sup> **Recherche Industrielle (RI)** : « Correspond à la recherche planifiée, ou des enquêtes critiques, visant à acquérir de nouvelles connaissances et aptitudes en vue de mettre au point de nouveaux produits, procédés ou services, ou d'entraîner une amélioration notable des produits, procédés ou services existants. Elle comprend la création de composants de systèmes complexes, nécessaire à la recherche industrielle, notamment pour la validation de technologies génériques, à l'exclusion des prototypes visés dans le développement expérimental. » (OCDE, 2002)

<sup>3</sup> **Développement Expérimental (DE)** : « L'acquisition, l'association, la mise en forme et l'utilisation de connaissances et de techniques scientifiques, technologiques, commerciales et autres existantes en vue de produire des projets, des dispositifs ou des dessins pour la conception de produits, de procédés ou de services nouveaux, modifiés ou améliorés. Il peut s'agir notamment d'autres activités visant la définition théorique et la planification de produits, de procédés ou de services nouveaux, ainsi que la consignation des informations qui s'y rapportent. Ces activités peuvent porter sur la production d'ébauches, de dessins, de plans et d'autres documents, à condition qu'ils ne soient pas destinés à un usage commercial. » (OCDE, 2002)

**Programme public national  
Appel à projets d'innovation « Routes et Rues »  
pour l'année 2018**

(...)

**2. Les thèmes du programme public national «Routes et Rues» pour 2018**

Pour 2018, l'appel à projets retient les cinq thèmes suivants :

- Construction et entretien du patrimoine routes et rues,
- Préservation et modernisation des ouvrages d'art existants,
- Usage et gestion optimisés des infrastructures de transport en milieux urbains et inter-urbains, outils et équipements pour des systèmes de transports intelligents,
- Préservation de la biodiversité et de la qualité des eaux,
- Autres thématiques.

**2-1 Construction et entretien du patrimoine routes et rues**

**Contexte et finalités**

La construction et l'entretien des infrastructures routières mobilisent de manière très importante des ressources budgétaires, humaines, énergétiques et naturelles, au point qu'aujourd'hui, faute de ressources suffisantes, il est difficile d'assurer le niveau de service attendu sur les différentes parties du réseau.

Cette tendance est amplifiée par l'incidence des aspects sanitaires et environnementaux dont la prise en compte complexifie et renchérit les travaux.

A cela s'ajoute le besoin de limiter les perturbations de la viabilité découlant des interventions pour la construction ou l'entretien.

Il est donc attendu des solutions techniques (matériaux, matériels, méthodes) de construction et d'entretien de moindre coût, plus économes en matériaux primaires et en énergie, optimisant la durée des travaux, sans réduction des exigences sur la santé et les impacts environnementaux. Plus largement, seront privilégiées les techniques de construction et d'entretien en synergie avec les enjeux de transition énergétique et écologique.

***A -Construction et entretien des infrastructures***

***Transition écologique***

- Économie circulaire : valorisation de sous-produits de l'économie locale;
- Techniques de chaussées intégrant des matériaux biosourcés ;
- Route à énergie positive (piézoélectriques, géothermie, etc.), route qui s'auto-dégelent, etc ;
- Amélioration de l'efficacité énergétique des centrales et matériels de chantier.

### ***Réduction des nuisances, gestion des risques sanitaires et professionnels***

- Procédés et techniques pour la captation par l'infrastructure de polluants routiers (poussière, NOX, résidus de pots catalytiques, etc.) sans incidence sanitaire ou environnementale;
- Enrobés phoniques présentant de longue durée de vie sous fort trafic ;
- Procédés permettant les petits travaux sur voiries sans risques sanitaires ou environnementaux (poussière, pollution, etc.);
- Techniques pour la gestion des matériaux pollués y compris pour le réemploi dans la route;
- Procédés et techniques pour le retraitement des fraisats contenant plus de 500 mg de HAP;
- Procédés permettant de tracer les matériaux de la centrale à l'ouvrage, au recyclage compte tenu des enjeux liés à la présence d'amiante et de HAP;
- Matériels pour l'optimisation de la gestion des dépendances, en lien avec l'amélioration des conditions de travail et en intégrant les choix techniques de conception/construction, matériels autonomes : nettoyage des routes, décapage d'ouvrage, balayage, service hivernal, signalisation horizontale ...

### ***Durabilité des infrastructures, et réduction des coûts d'entretien***

- Amélioration des performances à court terme des matériaux traités aux liants hydrauliques sans compromettre le délai de maniabilité;
- Couches de surface économiques pour voies à faible trafic avec faible risque d'échec; exemple : ESU sans ressuage, technique économique sur une superposition d'ESU et de PATA;
- Techniques pour le maintien et la régénération des performances d'adhérence de la couche de roulement sur route et chaussées aéroportuaires;
- Techniques de prolongation de durée de vie pour les chaussées rigides ou semi-rigides fissurées et pour les voies de tramway;
- Procédés pour la réalisation de poutres de rive.

### ***B - Aspects urbains spécifiques***

#### ***Lisibilité et usage de l'espace public***

- Matériaux et solutions techniques permettant de distinguer/séparer les espaces piétons et cycles quand ils sont juxtaposés;
- Solution technique innovante pour la réservation de la continuité des cheminements piétons et le guidage des PAM (Personnes Aveugles et Mal voyantes) au droit des passages à niveau;
- Matériaux et solutions techniques permettant d'assurer une bonne qualité d'usage de la voirie urbaine pour les piétons et les personnes à mobilité réduite.

#### ***Durabilité des infrastructures***

- Solutions techniques pour chaussée de lignes de bus à haut niveau de service (BHNS), matériaux résistants aux sollicitations en chaussée courante et en station adaptées à l'entretien de lignes en service ;
- Solution technique pour le comblement des gorges de rail de tram permettant la circulation des cycles en site banal (et pas seulement en traversées).

### **Limiter les temps d'intervention sur chaussée**

- Matériaux et structures de chaussée facilitant l'intervention des concessionnaires de réseau et minimisant le coût d'entretien pour le gestionnaire;
- Techniques furtives d'entretien courant des voiries (dont voies tramways).

(...)

## **2-4 Préservation de la biodiversité et de la qualité des eaux**

### **Contexte et finalités**

Les orientations du CIRR en matière de biodiversité s'inscrivent dans la stratégie nationale de la Biodiversité (SNB 2011-2020), dont l'outil d'aménagement pour le territoire est la Trame verte et bleue (TVB). Ses enjeux sont : améliorer la perméabilité des infrastructures et contribuer à préserver le bon état écologique des milieux afin de garantir la libre circulation des espèces de faune et flore sauvages.

L'enjeu de préservation de la ressource en eau rend nécessaire le développement de techniques innovantes permettant une gestion à la fois qualitative (chimique et écologique) et quantitative de l'eau, sachant que la réglementation a évolué en ciblant de nouveaux polluants, notamment les métaux lourds.

### **Domaines d'application**

- Techniques permettant d'assurer une meilleure continuité écologique, notamment par le respect et l'amélioration de la Trame verte et bleue;
- Dispositifs d'alerte et gestion des pollutions accidentelles;
- Dispositifs pour une gestion dynamique et maîtrisée des rejets routiers;
- Devenir des effluents routiers et sédiments associé ; dispositif de suivi de la qualité des eaux ; techniques permettant la réutilisation de l'eau et le meilleur emploi des sédiments après traitement;
- Matériels et méthodes de caractérisation rapide (composition) des boues de curage de fossés et bassins;
- Dépendances vertes :
  - méthodes, produits de traitement de la maladie du chancre coloré sur les platanes;
  - détecteur naturel de stress hydrique des arbres d'alignement;
  - pour l'application du zéro phytosanitaire : plantes couvre-sols sous glissières et panneaux de signalisation liées à l'application du zéro phytosanitaire, dispositif de lutte contre le chiendent en lien avec le zéro phytosanitaire.

## **2-5 Autres thématiques**

- Équipements routiers : murs antibruit à moindre coût et, esthétiquement acceptable;
- Signalisation horizontale: peintures permettant la valorisation de sous-produits de l'économie locale;
- Stations de comptage de trafic : solution non intrusive, permettant la discrimination des usages (silhouettes type PL, piétons, cycles, 2RM);
- Système de pesage dynamique en temps réel.

(...)