



La Route 5e Génération support du véhicule autonome

Nicolas Hautière, Directeur de projet, Département Composants et Système, Ifsttar

Séminaire ASPROM, Paris, 11 février 2016

Introduction (1/2)

- La vision d'une route sûre, efficace et à contribution environnementale positive constitue un défi lancé à l'ensemble des acteurs du transport routier.
- Cette « Route 5^e Génération » (R5G) doit mettre en synergie trois éléments : l'adaptabilité, l'automatisation et la résilience.
- Une alliance Européenne s'est constituée autour du programme « Forever Open Road » (FOR) piloté par le FEHRL pour développer le concept.
- FOR vise une nouvelle génération de route, innovante et de coût mesuré, adaptée pour renouveler le réseau existant et construire de nouvelles routes, là où cela s'avère nécessaire

Introduction (2/2)

- En conciliant contraintes environnementales, énergétiques et économiques, le but est de faciliter la mobilité dans le futur.
- Trois éléments clés ont été définis pour concrétiser cette cinquième génération de route :
 - La route adaptable : focalisée sur les techniques qui permettent aux gestionnaires routiers de répondre de façon flexible aux changements de demande et de contrainte ;
 - La route automatisée (ou coopérative) : focalisée sur l'intégration complète de l'intelligence de bord de voies pour opérer des services à l'utilisateur, de gestion du trafic et d'exploitation de la route ;
 - La route résiliente au changement climatique : focalisée sur l'adéquation des niveaux de service de la route en présence de conditions climatiques extrêmes.

Objectifs alignés sur les ambitions des administrations nationales et de l'UE

Challenge sociétal	Indicateur	Objectif
Décarbonation	Efficacité énergétique (pkm/kWh resp. tkm/kWh)	+10-20%*
	Energie consommée par l'exploitation	Zéro
	Energie grise dans les matériaux	-25%*
Fiabilité	Fréquence et durée des défaillances	-35%*
	Temps perdu pour entretien et maintenance	-50%*
Sécurité & sûreté	Mortalité et blessés graves	-35%*
	Marchandise perdues par vol ou dommage	-40%*
Qualité de vie	Qualité de l'air, bruit, habitat naturel	Conformité
Coût	Coût total	-30%*
*= vs. meilleures pratiques 2010		



Scénario « tendanciel » vers la route automatisée



The Automated Road



Satellite and radio communications for road infrastructure, drivers and network control.

Integrated asset management communications and tolling system.

Between vehicle sensors and communication systems (public/private transport).

In-pavement demand responsive LED speed and guidance systems for vehicle to highway cooperation and network management.

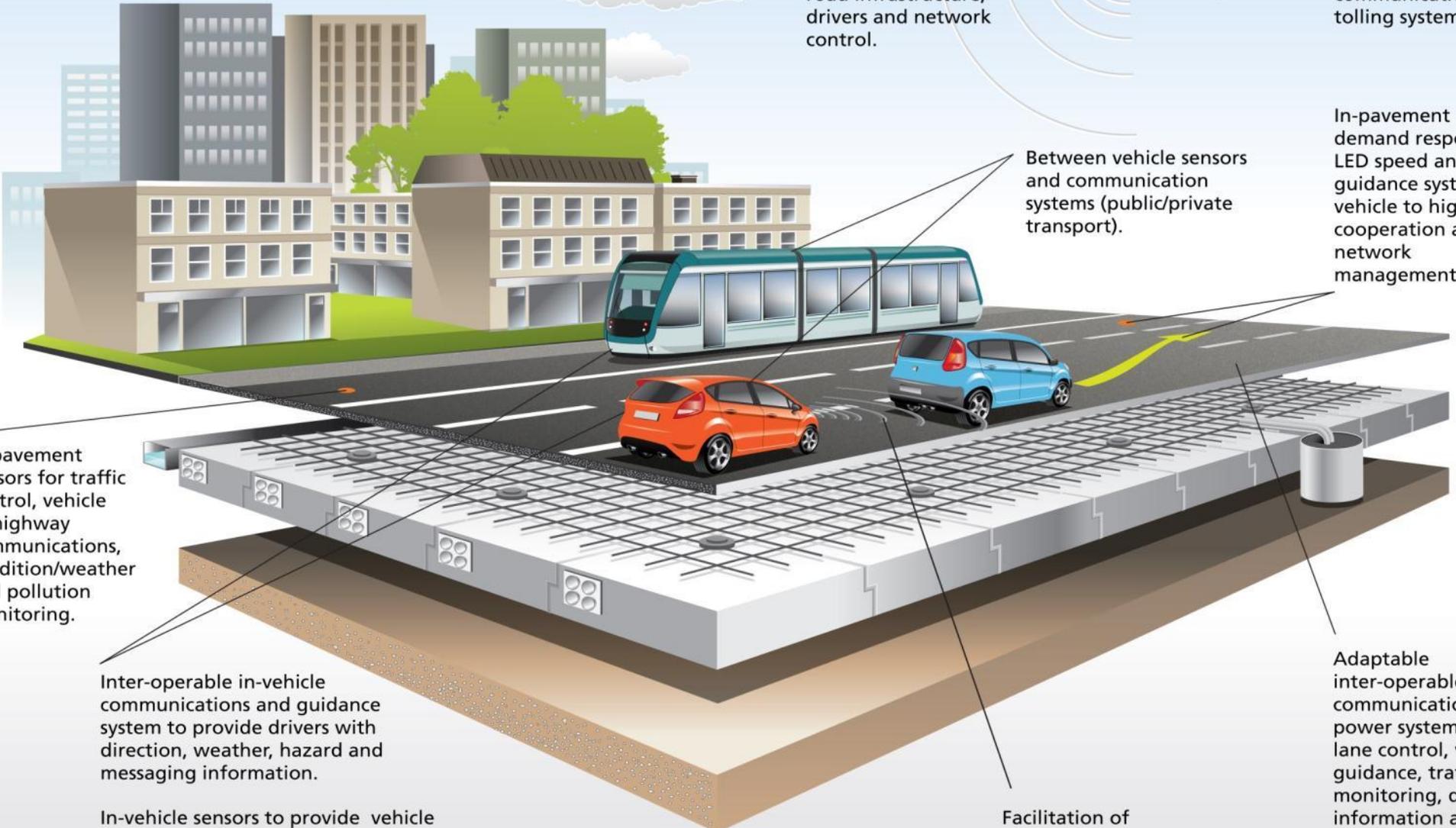
In-pavement sensors for traffic control, vehicle to highway communications, condition/weather and pollution monitoring.

Inter-operable in-vehicle communications and guidance system to provide drivers with direction, weather, hazard and messaging information.

In-vehicle sensors to provide vehicle location, performance information and incident management.

Facilitation of platooning of vehicles.

Adaptable inter-operable communication and power system for lane control, vehicle guidance, traffic monitoring, driver information and condition monitoring.

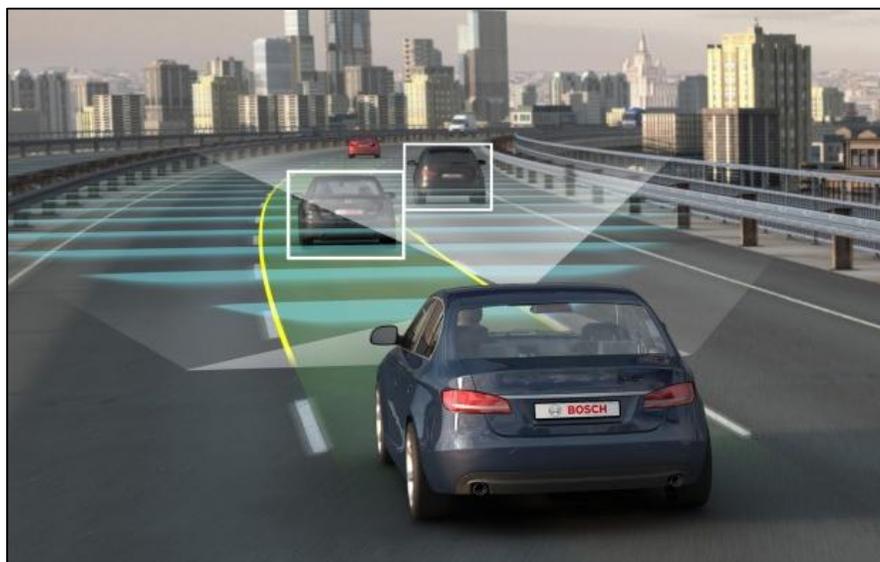
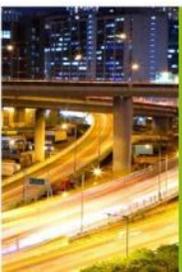


Méthode

- Un groupe piloté par l'IFSTTAR et le RWS et constitué par des membres du FEHRL s'est formé en 2011
- Il a publié en février 2013 une feuille de route sur la « Route Automatisée ».
- La route automatisée est en lien avec deux thématiques d'innovation :
 - Les stratégies intelligentes de gestion de trafic : cette thématique est relative à la gestion multi-échelle des réseaux.
 - Les systèmes avancés de bords de voies : cette thématique concerne les technologies permettant l'opérationnalisation des stratégies intelligentes de gestion de trafic.
 - Au niveau local, les deux thématiques sont complémentaires.

Problématique

- La route automatisée rendra possible :
 - Le déploiement de systèmes de télécommunication interopérables reliant le conducteur, la route et le gestionnaire.
 - Le guidage avancé des usagers et des véhicules, en termes de vitesse et de direction, en incluant le guidage dans la voie pour mieux gérer le trafic.
 - Le contrôle et la surveillance du trafic et de l'état de la route pour en améliorer la fiabilité et l'efficacité.
 - La détection automatique d'incidents pour diminuer les délais d'intervention.
 - La gestion et la collecte efficaces des péages.



Contribution aux enjeux sociétaux de la route automatisée

Une efficacité énergétique accrue

- La route automatisée doit améliorer la gestion du trafic grâce à une meilleure utilisation des réseaux existants, et en particulier de leur capacité.
- Une diminution substantielle des heures perdues dans la circulation est attendue.
- De même, on attend une efficacité accrue du transport de personnes et de marchandises et notamment une consommation énergétique réduite.

Une fiabilité accrue du système de transport

- Les stratégies de gestion du trafic intelligentes et les systèmes avancés de bords de voies amélioreront la fiabilité du réseau routier.
- L'information en temps réel et les systèmes de communication permettront aux usagers d'anticiper l'état du trafic et de planifier des itinéraires alternatifs le cas échéant.
- Ces systèmes permettront aux gestionnaires de réagir promptement et de prendre les mesures pour garantir la fiabilité du système de transport.

Sécurité et traficabilité

- Des systèmes seront développés pour « rendre le trafic intelligent ».
- Des réseaux de capteurs seront disponibles pour observer et anticiper l'état de la route.
- Cela permettra aux opérateurs routiers de prévenir les incidents et les conditions climatiques dégradées.
- Ces systèmes permettront d'observer l'effet du trafic sur la qualité de vie, notamment pollution et bruit.
- Ces informations disponibles en continu permettront au gestionnaire d'intervenir si cela s'avère nécessaire



Réduction des coûts

- La mise en œuvre d'une architecture ouverte pour l'intégration permettra une meilleure mise en concurrence.
- L'introduction de systèmes à faible consommation énergétique diminuera les coûts énergétiques.
- A travers l'automatisation des systèmes, une réduction des heures d'exploitation est possible.
- L'optimisation de la gestion des réseaux réduira les coûts directs et indirects de la congestion.
- Gain marginal au déploiement : le déploiement d'une unité de bord de voie supplémentaire aura un coût marginal décroissant.



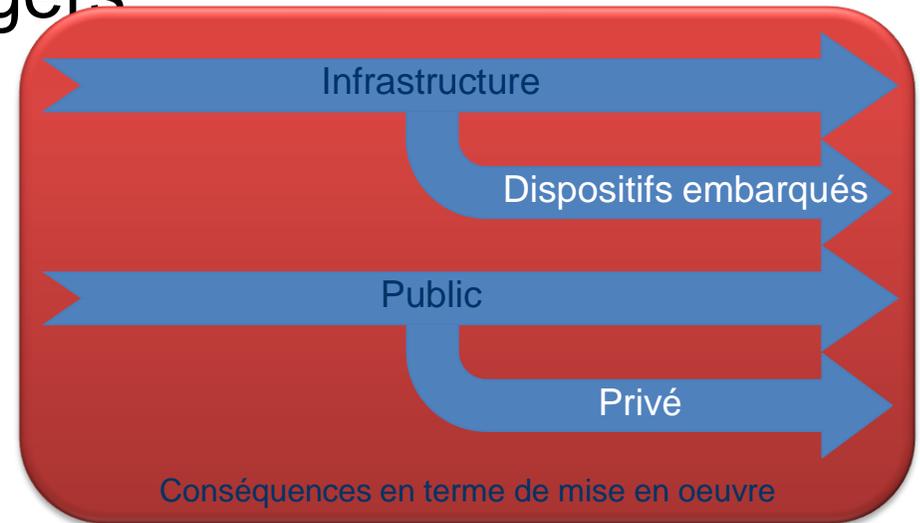
Approche : du modèle VIC au modèle VI2E

Les entités de la gestion du trafic

- La réalisation de la route automatisée s'appuie sur les différentes entités impliquées dans la gestion de la mobilité.
- Celles-ci forment le cadre des systèmes de gestion de la mobilité aux niveaux stratégique, tactique et opérationnel.



- Des transitions se dessinent vers le développement de la route automatisée.
- L'approche retenue par le programme FOR est d'amplifier ces différentes transitions et de les guider dans la bonne direction pour les besoins des gestionnaires et des usagers



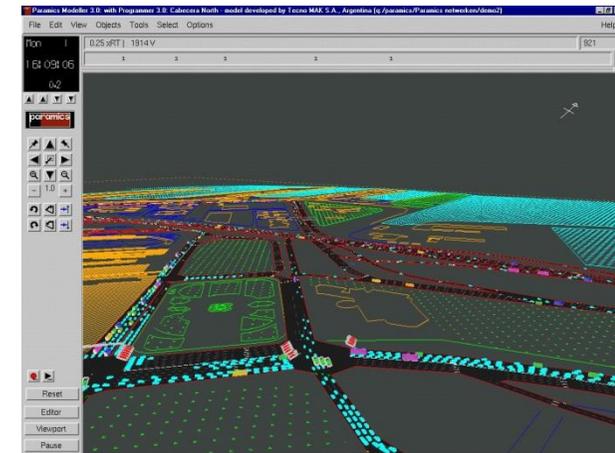
- Les mesures de gestion du trafic et les informations seront davantage personnalisées.
- L'utilisateur a en sa possession des informations personnelles utiles pour la gestion du trafic.
- En utilisant ces informations, il sera possible de fournir un service qui lui soit spécifiquement adapté
- L'utilisateur doit en retour accepter de partager des informations personnelles.
- On voit apparaître un échange permanent d'information entre l'utilisateur, les prestataires et les opérateurs.





- Les mesures se déplaceront du collectif à l'individuel.
- Les mesures à l'échelle du réseau permettront d'anticiper les états du trafic, prévenant la formation de congestion.
- Elles seront de manière croissante le résultat d'une coopération public-privé ce qui peut avoir des effets sur leur efficacité.
- D'un côté, elles peuvent devenir plus efficaces car adaptées à la situation de l'utilisateur.
- Il est aussi possible que les fournisseurs confondent information trafic avec leurs intérêts commerciaux.

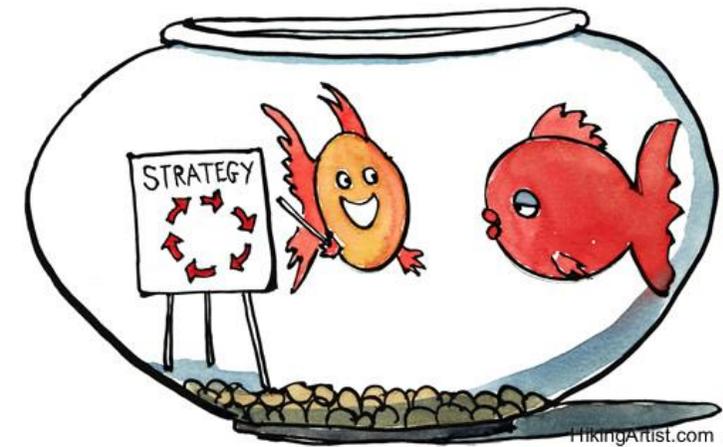
- Les centres de trafic vont être amenés à évoluer.
- Au fur et à mesure que les mesures de gestion à l'échelle des réseaux se développeront, les centres de trafic se concentreront sur les effets globaux des mesures.
- La gestion au niveau local sera réalisée en se fondant sur des objectifs formulés au niveau global.
- Cela va créer le besoin d'outils d'aide à la décision qui permettront de prédire les états futurs du trafic.
- Les mesures locales les plus simples seront gérées automatiquement.



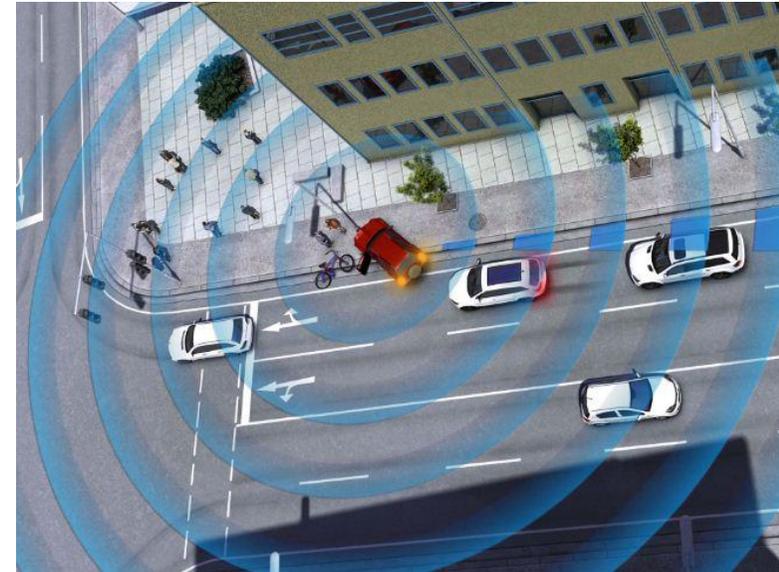


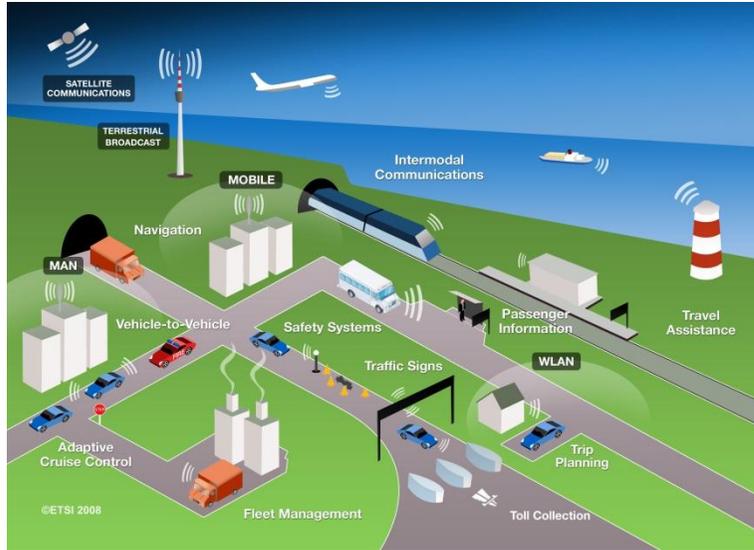
- Les futures stratégies seront le résultat d'un compromis entre objectifs de fluidité et des objectifs sociétaux formulés par l'Etat.
- La Route Automatisée sera une coopération public-privée et les stratégies qui en découleront reflèteront les objectifs des deux parties.
- Ainsi, c'est la combinaison d'objectifs collectifs et d'objectifs individuels qui influencera les stratégies de gestion.
- L'Etat devra fixer un cadre pour garantir les intérêts des usagers et pour fixer des règles de bonne coopération entre parties.

- Une nouvelle organisation fondée sur la coopération entre infrastructure, services et industrie automobile verra le jour.
- Les mesures au niveau local seront automatisées. Les autres mesures se focaliseront sur l'optimisation du réseau.
- Les organisations en charge de la gestion du trafic se déplaceront à un niveau plus stratégique.
- Le travail opérationnel sera automatisé et se traduira en accord sur les niveaux de service avec les fournisseurs.
- La gestion de ces contrats sera la clé de cette organisation.
- Les compétences des acteurs de la gestion du trafic devra évoluer de l'opérationnel vers le tactique et le stratégique.



- Le rôle des véhicules va s'accroître à mesure que les interactions entre équipements de bord de voie et véhicules se développeront.
- Les véhicules deviennent de plus en plus des capteurs mobiles pour la gestion du trafic.
- Les véhicules seront bientôt capables de répondre aux consignes du centre de trafic diffusées par les équipements de bord de voie.
- Par exemple, ils ajusteront automatiquement leur allure à une limite de vitesse ou conserveront leur file de circulation.



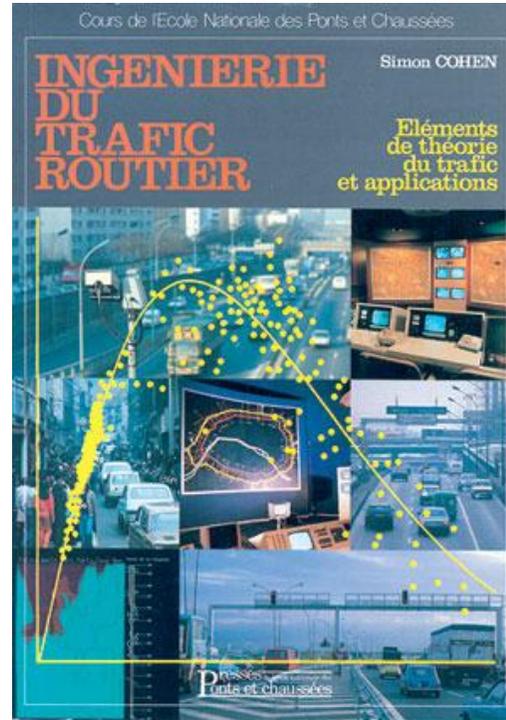


- Il faudra développer l'infrastructure de télécommunication.
- Celle-ci est indispensable pour la communication des mesures personnalisées et le transfert de données entre les véhicules, les téléphones et autres dispositifs nomades, les systèmes de bord de voies et les centres de trafic.
- Puisque la coopération public-privé en matière de collecte de données et de distribution des informations s'accroîtra, il est possible que le propriétaire de l'infrastructure de télécommunication change.
- Les fournisseurs de service commerciaux pourraient notamment y prendre part.

- Une quantité plus importante de données sera collectée à partir de différents véhicules et de fournisseurs de service.
- Les données seront enrichies par rapport à celles d'aujourd'hui.
- Cela permettra de concevoir des mesures individualisées et personnalisées.
- Cela nécessite le développement de nouvelles approches et modélisations.
- Derrière cette profusion de données, il y a également des problèmes de confidentialité

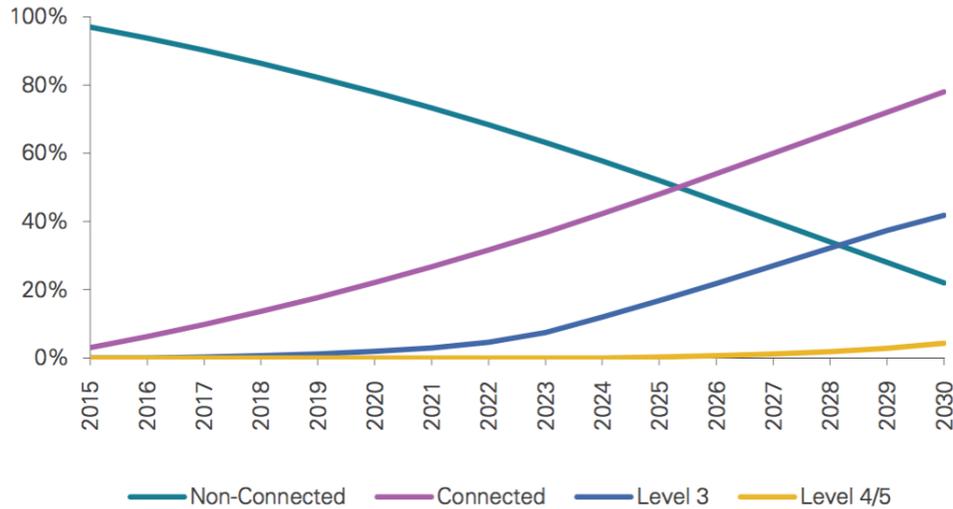






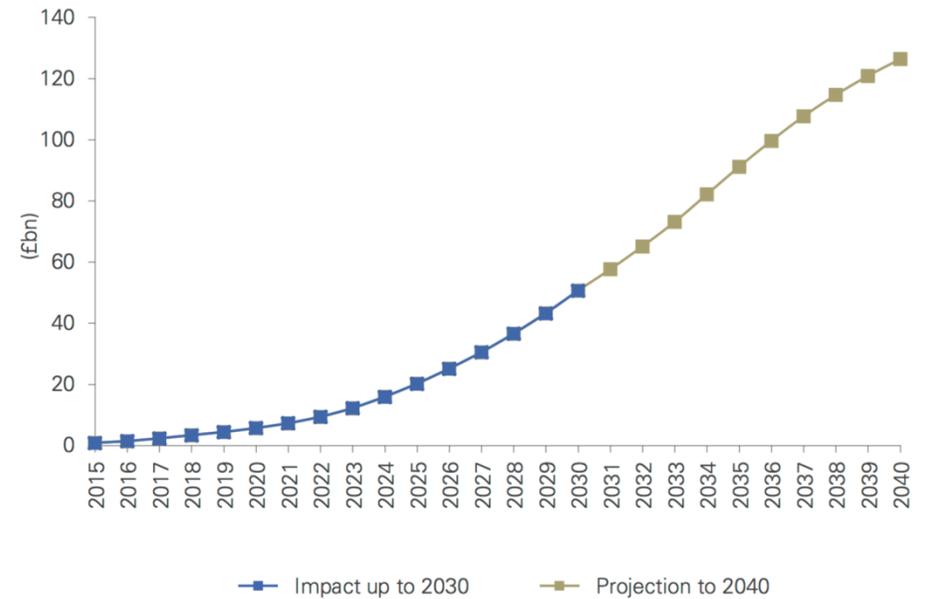
Proposition : vers des niveaux
d'hybridation
des réseaux routiers

Technology take-up as a percentage of total UK vehicle fleet, based on KPMG analysis of IHS (2015) estimates

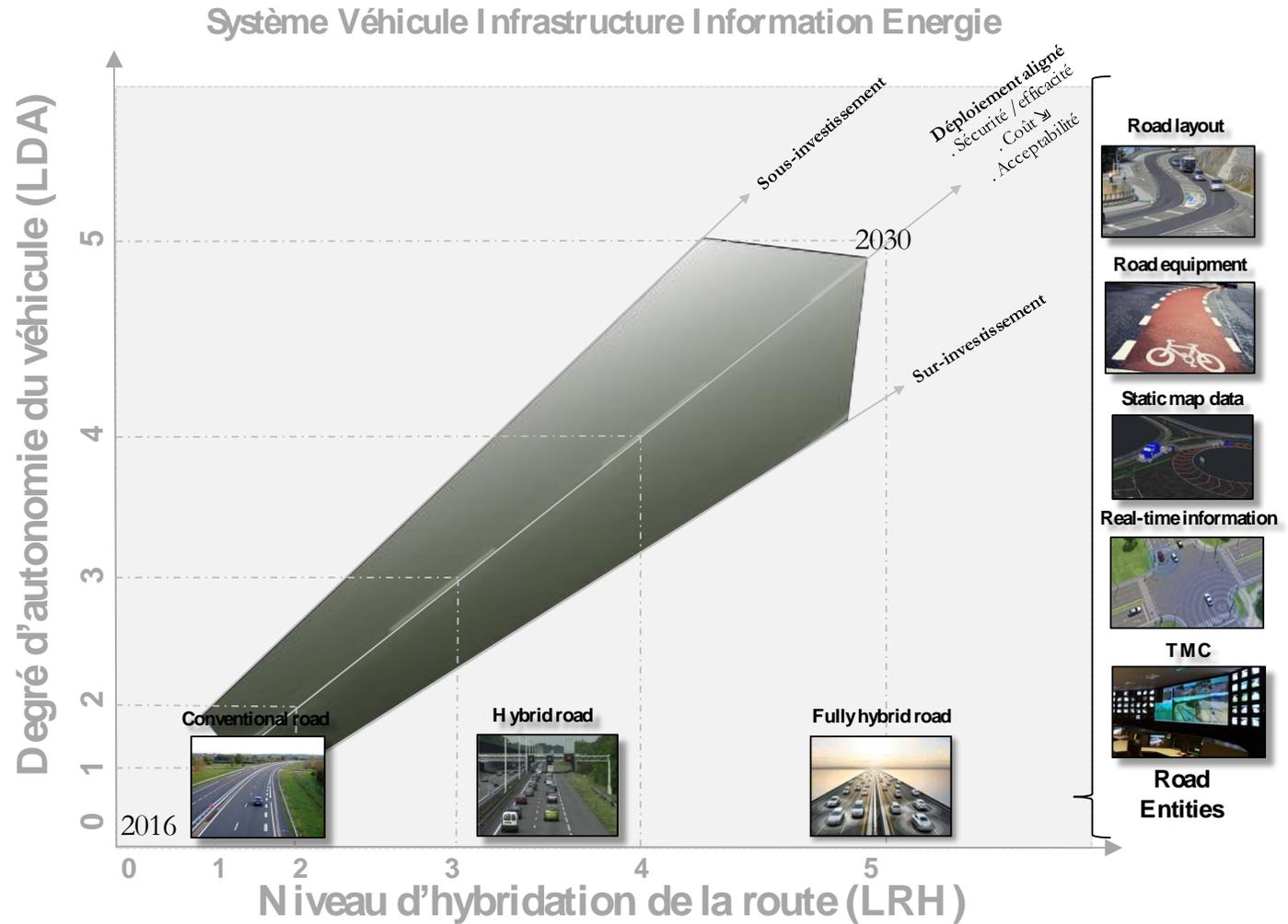


Source: KPMG analysis based on IHS (2015) estimates and publicly available information from GSMA (2014), Ofgem, MobileSquared and RAC Foundation (2008).

Annualised Combined Impact of Connected and Autonomous Vehicles, 2014-2040



- A l'instar des niveaux d'automatisation de la conduite de 1 à 5, nous proposons de définir des niveaux d'hybridation de la route.
- En échange d'évolutions de la route permettant d'accueillir des véhicules autonomes gradués de 1 à 5, le gestionnaire peut s'attendre en retour à des bénéfices, voire des économies.
- L'enjeu est d'estimer l'équation technico-économique sous-jacente de manière à aligner le déploiement des véhicules autonomes avec les équipements de l'infrastructure.



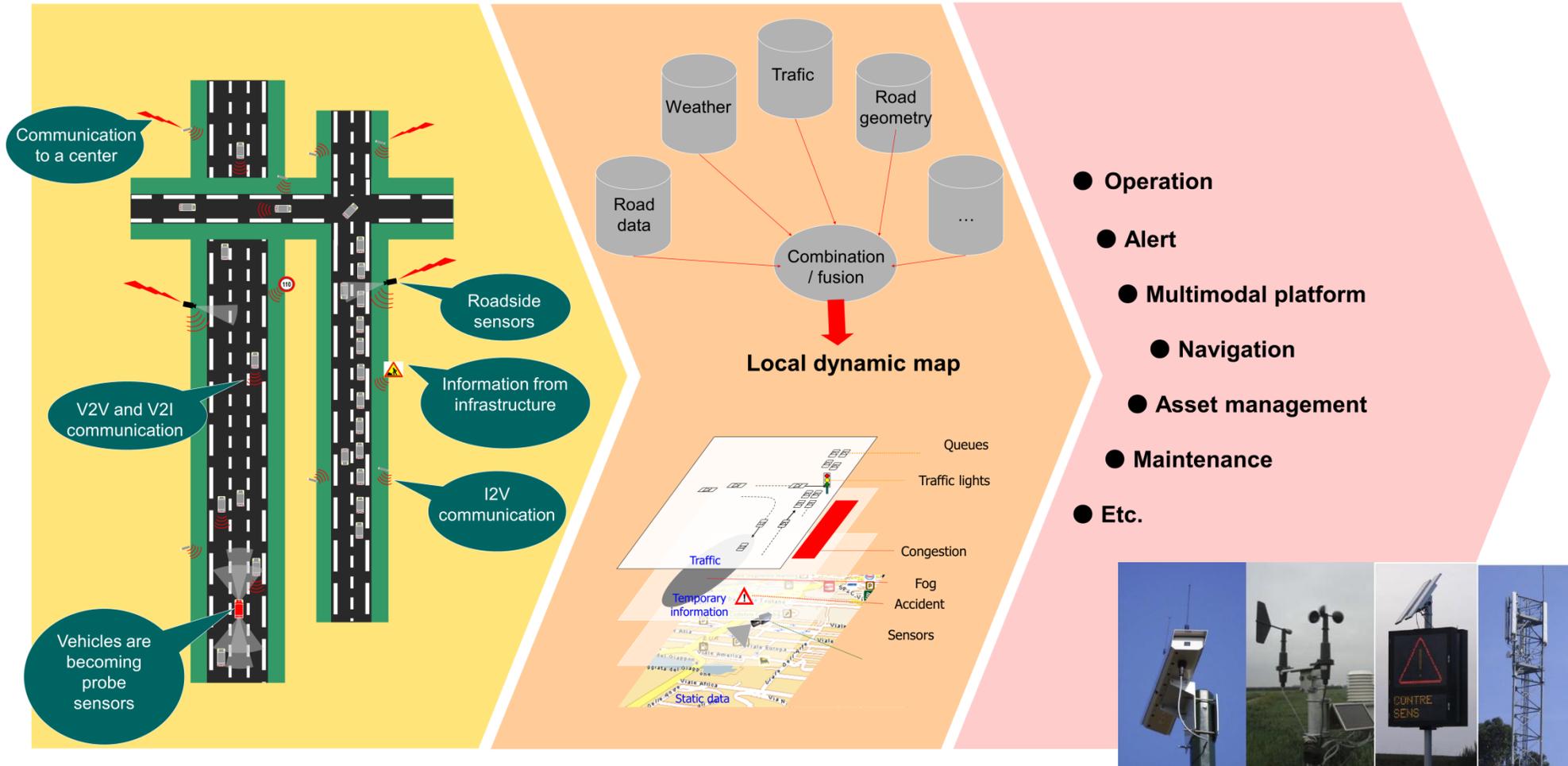


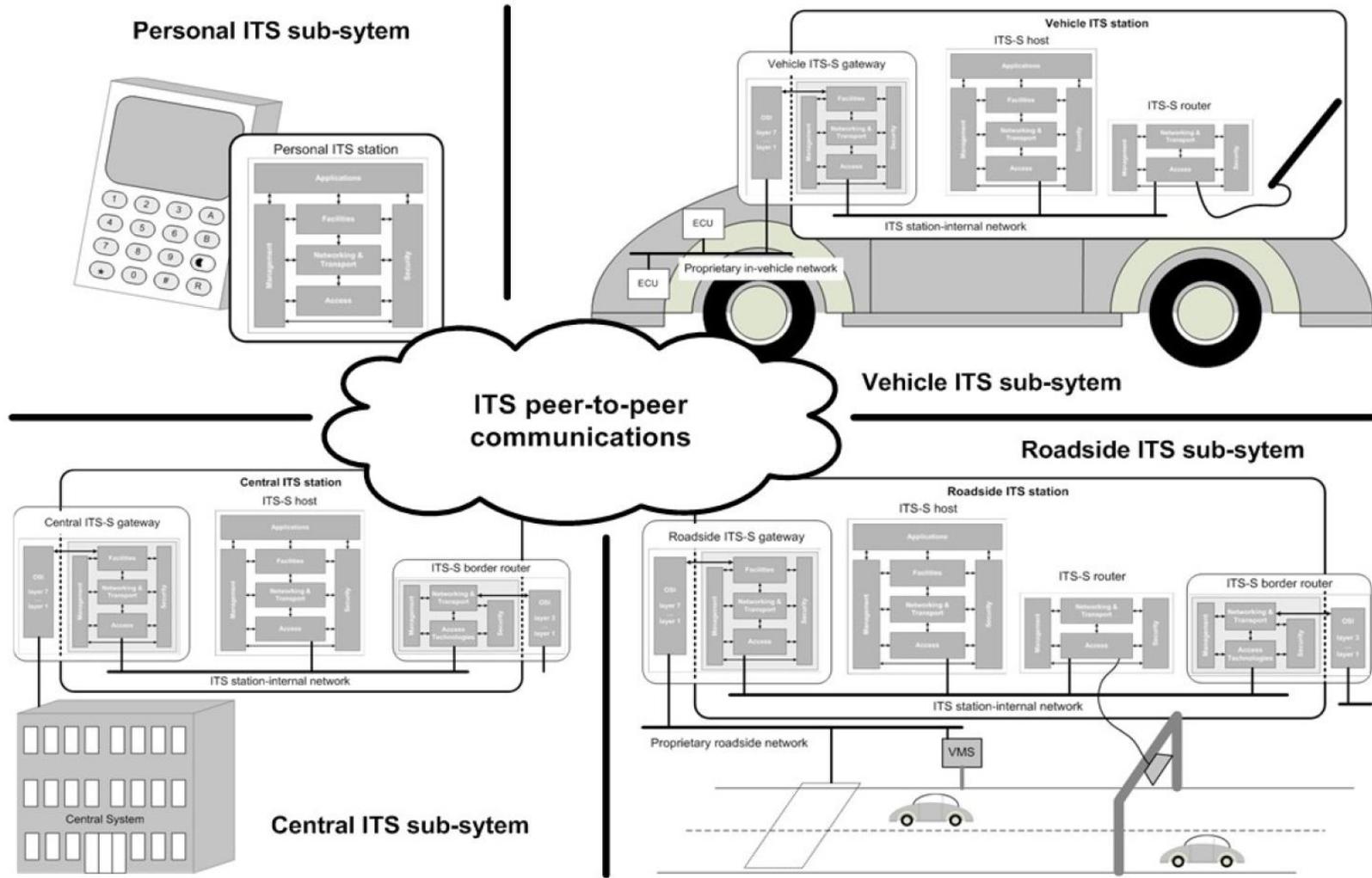
Exemples de technologies capacitantes

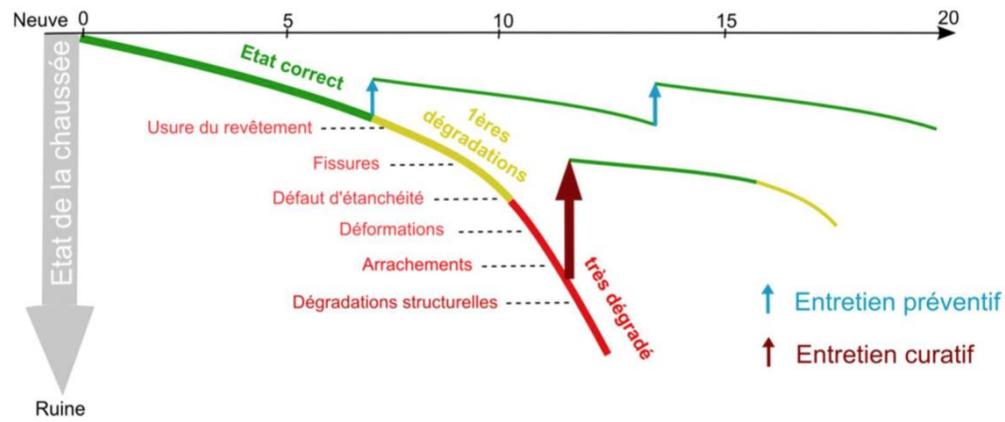
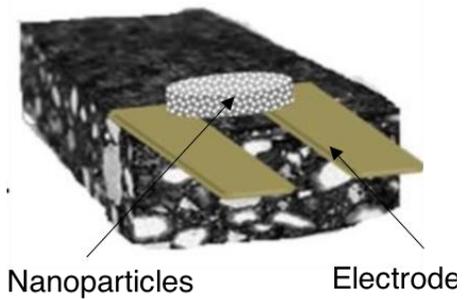
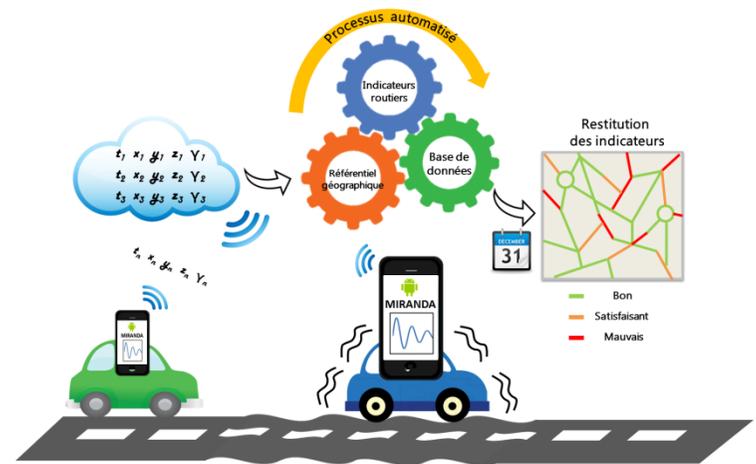
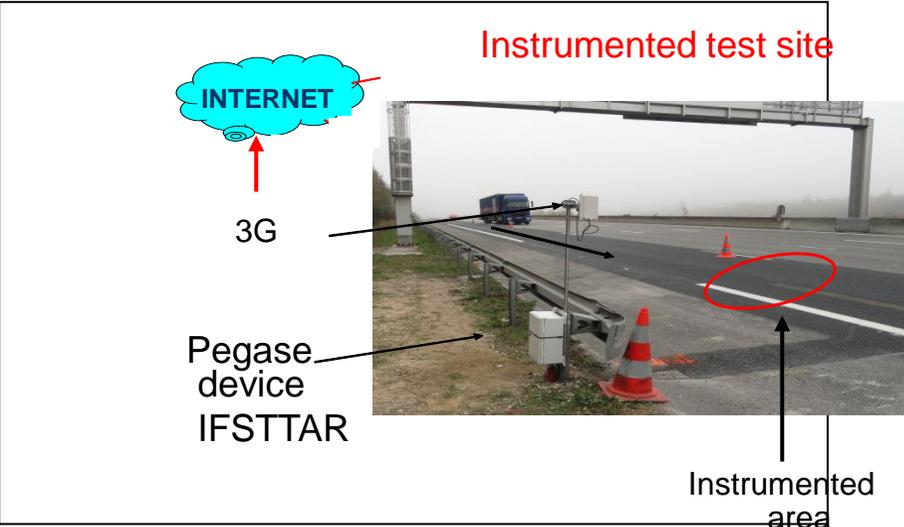
Cooperative environment

Dynamic representation of this environment

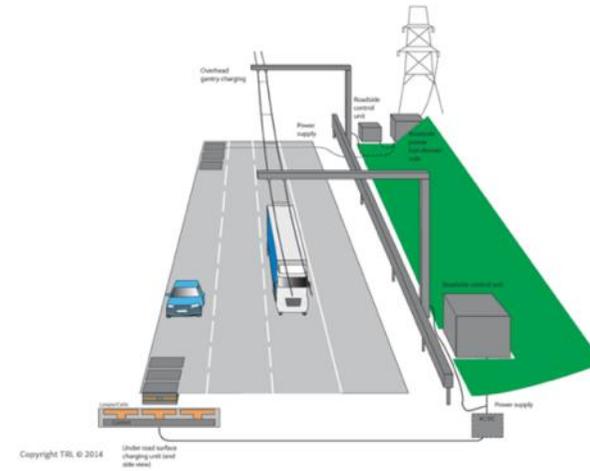
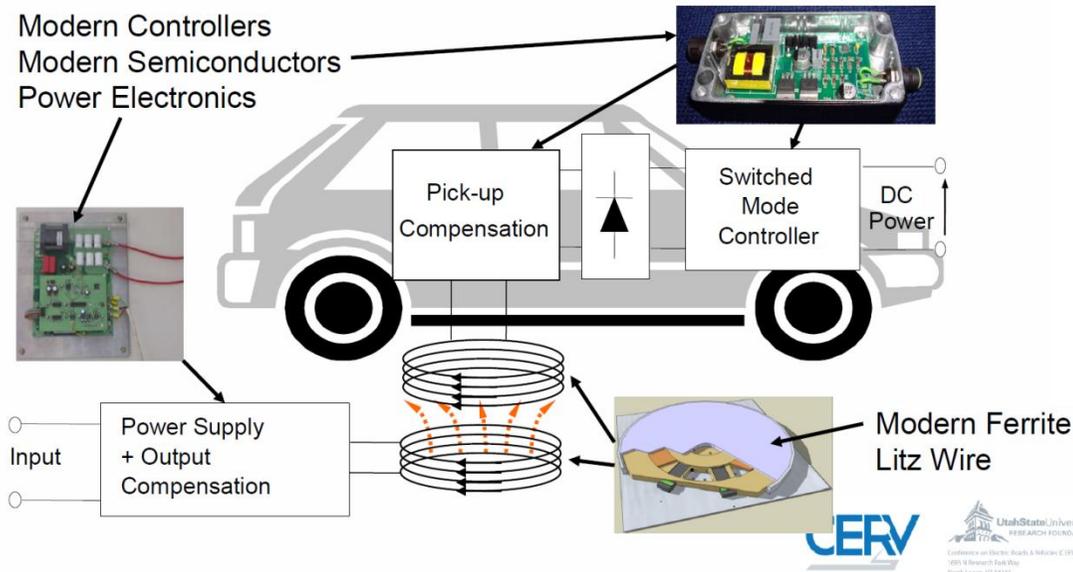
Different applications query information in this abstracted representation







➤ Only possible recently due to advances in material science, microprocessors and power electronics

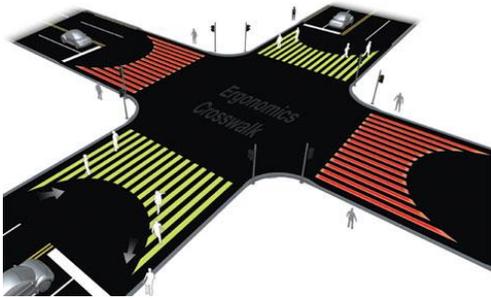


EU Project FABRIC Vedecom (+Ifsttar) © TRL

10



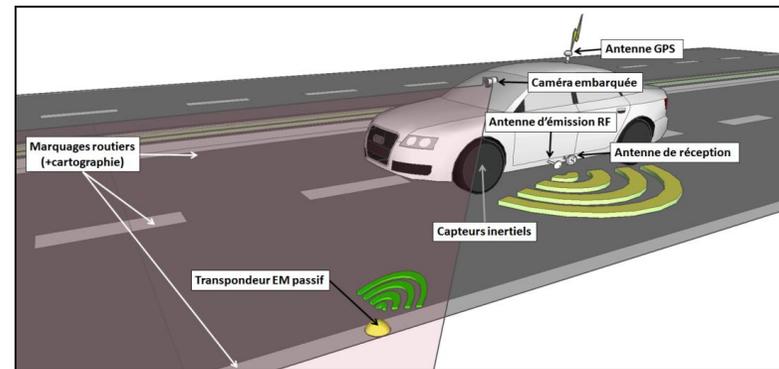
- Replacing painting by LEDs to create adaptive signage



- Smart lighting - Projet INROADS (FP7)



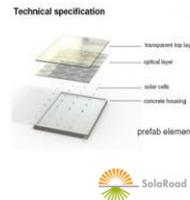
- Develop new signage



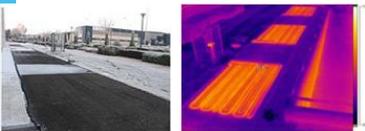
Intégration de sources énergétiques alternatives – Route solaire

Route solaire thermique

- Du tablier de pont dégivrant

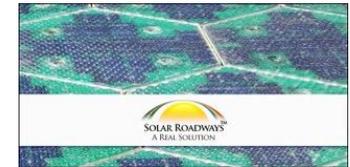


- À la route chauffante

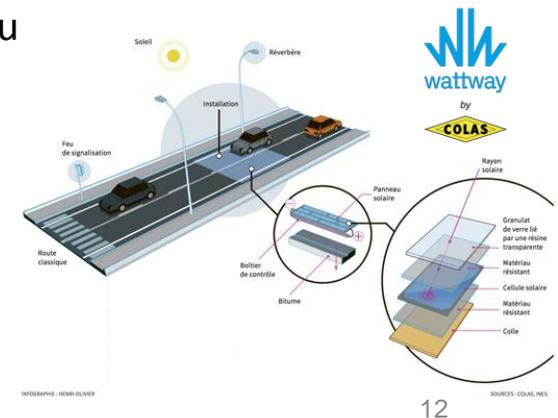


Route solaire photovoltaïque

- De la solution préfabriquée



- À la seconde peau



13/02/2016

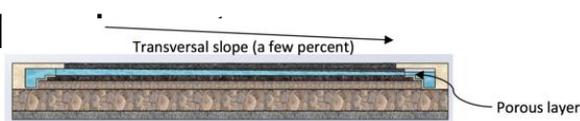


Mise au point d'une couche de liaison poreuse pour la route solaire thermique

- L'innovation consiste à substituer le serpentin pour une couche d'enrobé poreux



- La pente de la chaussée permet la circulation du fluide d



- Cette solution permet d'améliorer le cycle de vie des chaussées chauffantes, notamment en phase de déconstruction, donc de diminuer leur coût.

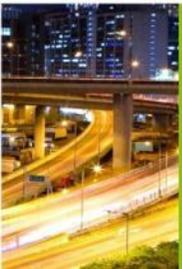
- Démonstrateur réalisé à l'automne



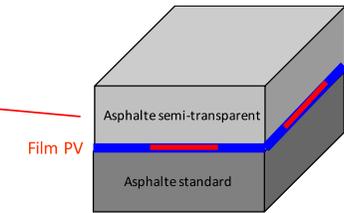
Démonstrateur Egletons – EATP-CEREMA-IFSTTAR

Travaux effectués en étroite collaboration avec le CEREMA (thèse de doctorat Sarah Asfour - Liban)

Mise au point d'un revêtement routier semi-transparent pour la route solaire photovoltaïque



Andrea Themeli (Albanie), Post-doctorant – Ifsttar
Martin Pires-Sablayrolles (Brésil),
Stagiaire M1 Génie Civil, Université Saint-Nazaire



- Procédé constructif analogue à une chaussée classique
- Matériau adhérent
- Rendement de l'ensemble BBTM+PV actuellement mesuré à 70 %

Travaux effectués en collaboration avec le Laboratoire PICM (UMR Ecole Polytechnique et CNRS)

Démonstrateur réalisé pour la COP

21

- Ce démonstrateur est composé d'un empilement de matériaux et différents composants remplissant chacun une fonction précise :
 - La **couche de roulement**, composée d'un enrobé semi-transparent à base de granulats de verre, permet de recueillir le rayonnement solaire et possède une adhérence compatible avec la circulation des véhicules.
 - Des **capteurs solaires**, placés sous la couche de roulement, permettent ensuite de produire l'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner la **pompe d'équilibrage** entre les deux



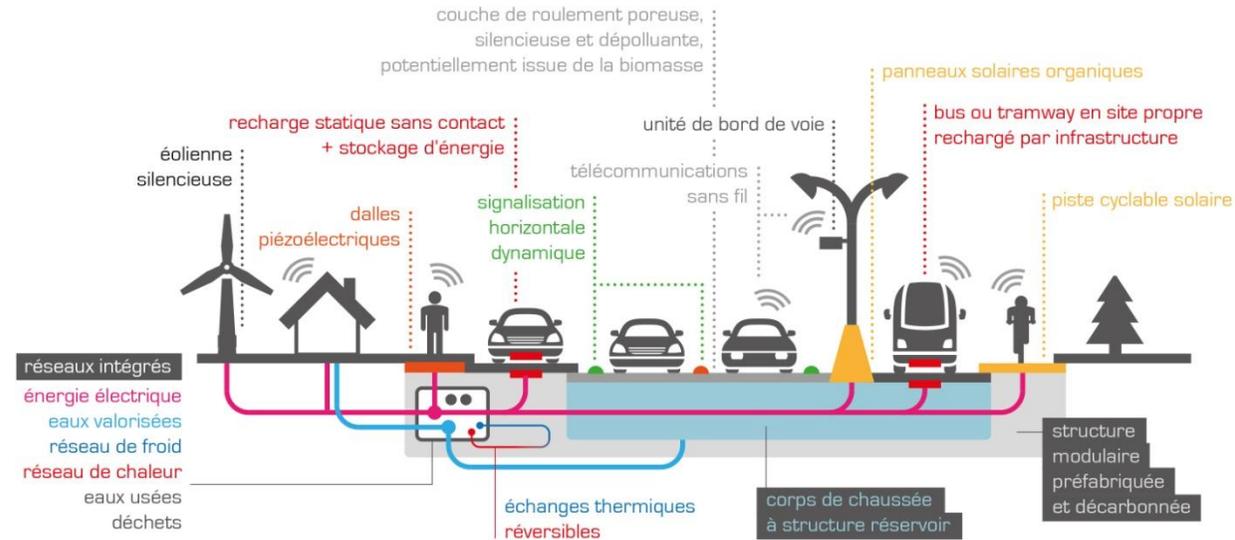
©MEDDE

16

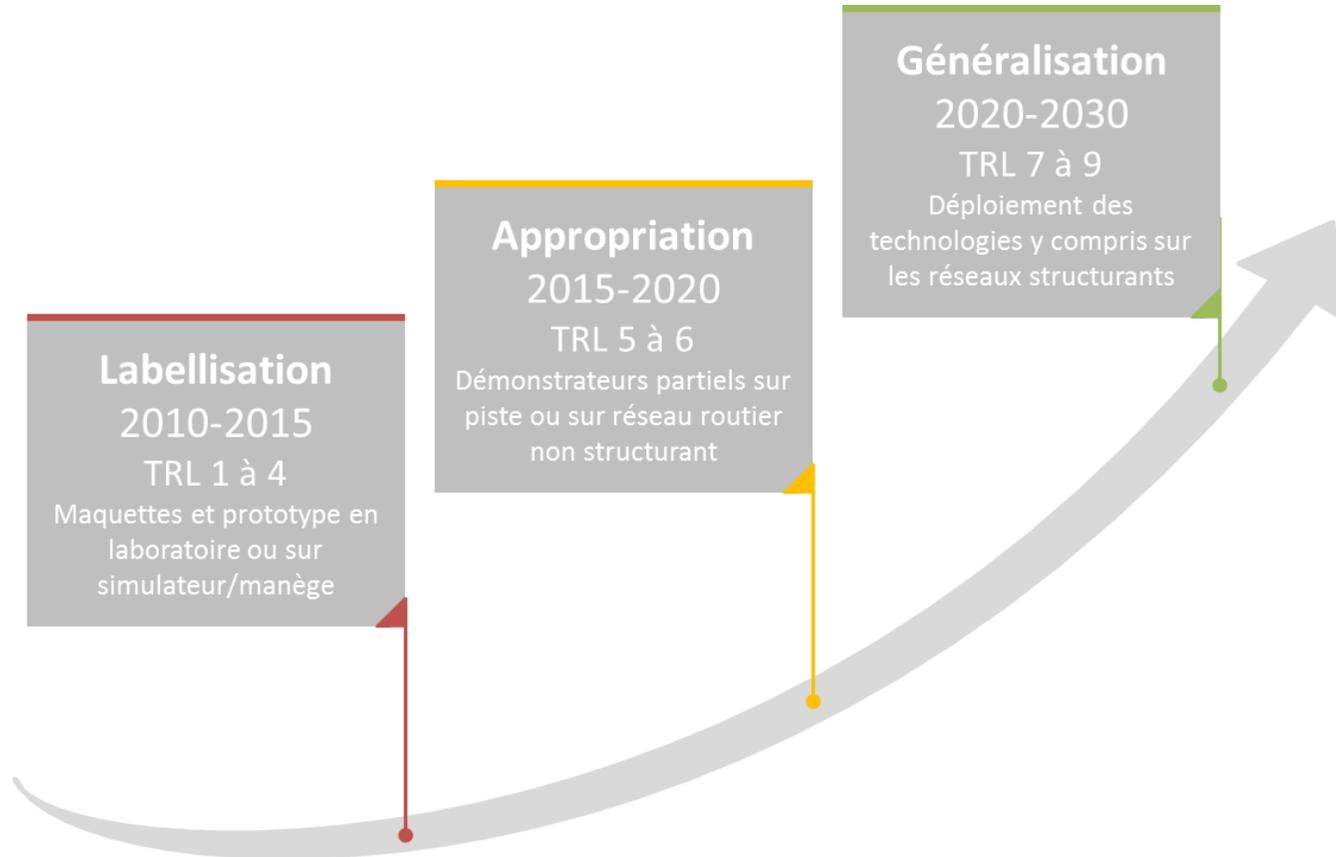


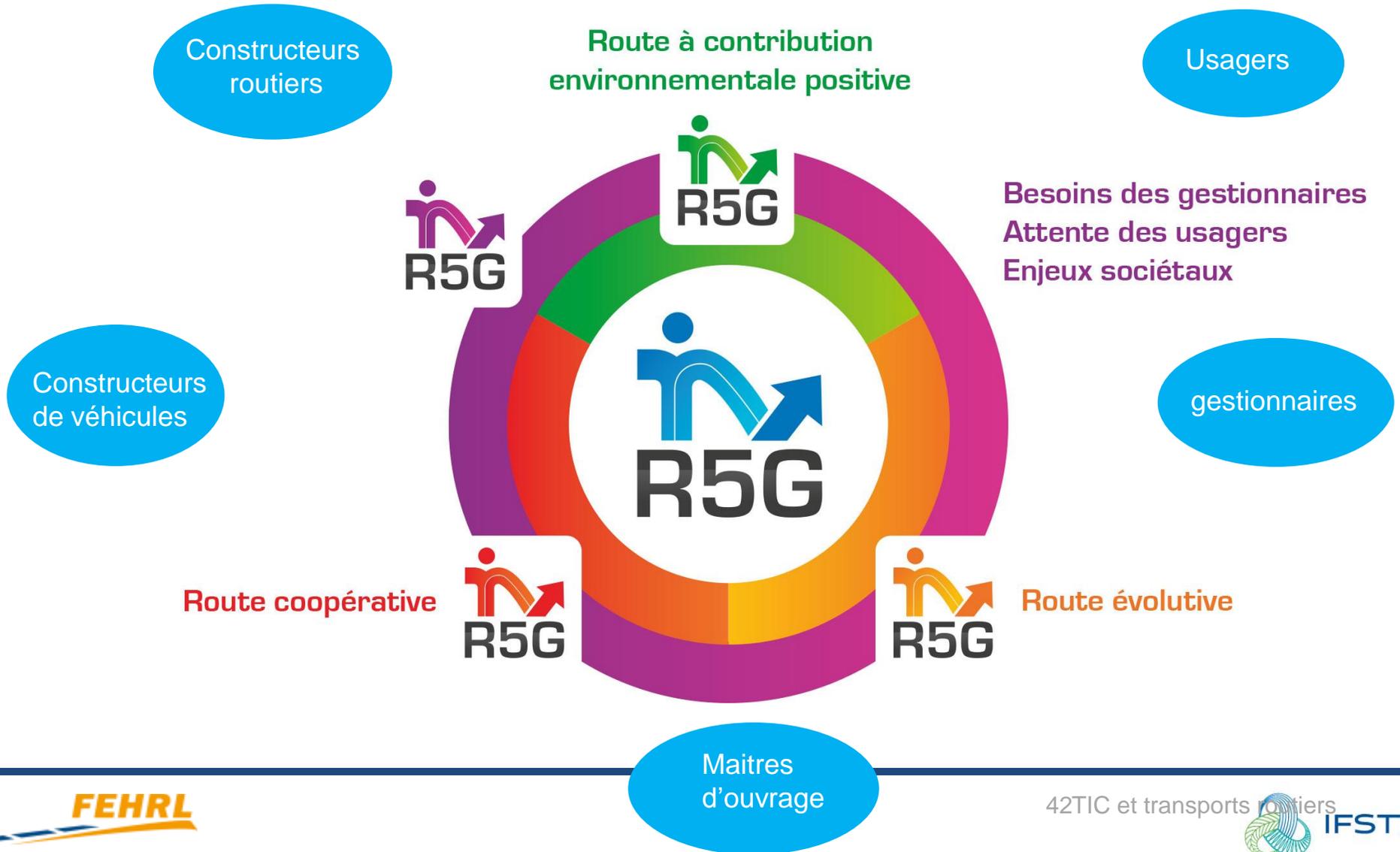
Le programme Français - Route 5^{ème} Génération

- Projet fédérateur de l'Ifsttar démarré en 2010
- Objectif : rendre visible la recherche et l'innovation dans le domaine routier
- Méthode : prôner la réalisation de démonstrateurs technologiques
- Le projet bénéficie du soutien politique de l'IDRRIM, créé pour rapprocher l'ensemble des acteurs publics et privés du secteur routier



LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE
UN NOUVEAU MODÈLE
ÉNERGÉTIQUE FRANÇAIS
ÉNERGIES D'AVENIR | CROISSANCE VERTE | EMPLOIS DURABLES





- Stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable 2015-2020
- Mesures 31c et 31d de la Feuille de route 2015 issue des trois tables rondes de la conférence environnementale
- Projet de loi de transition énergétique pour une croissance verte
- Convention d'engagement sur les réseaux routiers innovants pour la transition énergétique du 20 avril 2015 signée entre le ministère de l'écologie, la FNTF, l'Usirf et l'Idrriim.
- Plan national de déploiement de la route à énergie positive annoncé en décembre 2015.



Investissements d'avenir

Véhicules et transports du futur

Appel à projets

Route du futur
Edition 2015

L'appel à projets est ouvert le 15 juillet 2015 et se clôture le 1^{er} octobre 2016.

Les projets peuvent être soumis pendant toute la période d'ouverture de l'appel à projets (ci-après « AAP »).

Le présent document décrit les modalités de l'AAP pour les interventions en aides d'Etat. Pour une intervention en fonds propres ou quasi fonds propres, les modalités en vigueur sont décrites sur le site www.ademe.fr à l'adresse www.ademe.fr/IA_fonds_propres.

Vision duale de la R5G



- ▶ R5G linéaire = infrastructure support du Vedecom
 - ▶ 2010-2015 : Labellisation et test des composants
 - ▶ 2015-2020 : Mise à l'épreuve de sous-système
 - ▶ 2020-2030 : Expérimentation et diffusion des innovations
 - ▶ En // transfert des meilleurs composants technologiques aux différents modes
- ▶ R5G disruptive 2030-2050 = Infrastructure du 5^e mode de transport
 - ▶ Déploiement du Vedecom combiné aux TC massifiés et au développement du covoiturage permet de dégager des emprises routières
 - ▶ La route peut accueillir de nouveaux moyens de transport éventuellement disruptifs et accompagner la croissance de mobilité sans nouvelles infrastructures dédiées



Exemples de candidats actuels (et anciens)

- ▶ TAC par la SNCF (lien [video](#) à 31'41'')
- ▶ [Hyperloop](#) by Elon Musk (lien)
- ▶ [Fultrace](#) by TACV Engineering
- ▶ Navette autonome sur pneus par Alsace
- ▶ Swiss Metro ou [Clip-Air](#) par l'EPFL
- ▶ PRT
- ▶ [Horizon System](#) de l'université de Glasgow

▶ ...



Conclusion

- La route doit évoluer pour prendre en compte les enjeux de la société actuels : pollution, congestion, financement, énergie, épuisement des ressources naturelles...
- Le développement de la Route de 5ème Génération a démarré.
- Celle-ci sera évolutive, coopérative et à contribution environnementale positive et sera à même de supporter les véhicules autonomes.
- L'information ubiquitaire, les matériaux intelligents et l'efficacité énergétique sont au coeur des enjeux.
- Ce programme sera principalement développé au niveau européen au sein du programme Forever Open Road.
- En parallèle, l'IFSTTAR et ses partenaires sont en train de concevoir un dispositif d'innovation qui permettra de déployer les résultats de FOR sur un ensemble de démonstrateurs.
- Potentiellement, le déploiement de la R5G peut dégager des emprises que de nouveaux moyens de transport pourraient exploiter.