Comment adapter les infrastructures routières aux enjeux de la mobilité en 2030

Nicolas HAUTIÈRE, Chantal DE LA ROCHE

Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, France

Frans OP DE BEEK

RWS, Ministère des Transports, de la Gestion de l'Eau et des Travaux Publics, Pays-Bas

Introduction

Indispensable au fonctionnement de l'économie et de la société, 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, identifiée sous le vocable « *Route de 5e Génération* » (R5G)[1] en France, doit mettre en synergie trois éléments : l'adaptabilité, l'automatisation et la résilience.

Cette idée fait aujourd'hui l'objet d'une ambition commune forte à l'échelon Européen et a fait l'objet d'une réflexion portée par plusieurs laboratoires européens, dont le TRL (Royaume-Uni), la BAST (Allemagne), le DVS (Pays-Bas), le DRI (Danemark) et l'IFSTTAR en France. Une alliance Européenne s'est ainsi constituée autour du programme « *Forever Open Road* » (FOR) piloté par le FEHRL (association européenne des instituts de recherche en génie civil), qui a placé le projet au cœur de sa stratégie pluriannuelle (FEHRL, 2011).

Ainsi le programme FOR (Lamb, 2012) vise une nouvelle génération de route, à la fois innovante et de coût mesuré, qui puisse être adoptée à la fois pour entretenir le réseau existant et construire de nouvelles routes, là où cela s'avère nécessaire. Celle-ci doit permettre aux gestionnaires routiers d'adopter des innovations encore émergentes, tout en s'affranchissant des contraintes liées à l'évaluation de leur potentiel, leur fiabilité et leur industrialisation. En permettant de concilier contraintes environnementales, énergétiques et économiques, le but final est donc de faciliter la mobilité dans le futur.

La route de nouvelle génération sera caractérisée par de hauts niveaux d'adaptation, d'automatisation et de résilience au changement climatique.

Ainsi, 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 : focalisée sur l'intégration complète de l'intelligence de bord de voies pour opérer des services à l'usager, 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.

Enjeux sociétaux

Le programme FOR contribue de manière substantielle à la façon dont le transport routier cherche à répondre aux enjeux sociétaux actuels. Sur la base du cadre proposé dans l'agenda de recherche d'ERTRAC (2010), le tableau 1 présente la manière dont le programme FOR remplit les objectifs de réduction d'émissions de CO_2, de fiabilité, de sécurité et sûreté, de qualité de vie et de coût. (*Tableau 1*)

Tableau 1 **Objectifs poursuivis par le programme « Forever Open Road »** *(SERRP V, 2011)*.

Challenge sociétal	Indicateur	Objectif	Adaptable	Automatisée	Résiliente
Diminution des émissions de CO_2	Efficacité énergétique	+10-20 %	●	●	•
	Energie consommée par l'exploitation	Zéro	●	●	●
	Energie incluse dans les matériaux	-25 %	●		●
Fiabilité	Fréquence et durée des défaillances	-35 %	●	●	●
	Temps perdu pour l'entretien et incidents	- 50 %	●	•	●
Sécurité & sûreté	Mortalité et blessés graves	-35 %	●	●	•
	Marchandises perdues par vol ou dommage	-40 %	•	●	●
Qualité de vie	Qualité de l'air, bruit, habitat naturel	Conforme	●	●	•
Coût	Coût total	-30 %	●	●	●

● = ??????????????????????????. • = *contribution modérée.* **vs meilleures pratiques de 2010 (ERTRAC, 2010).*

Thématiques d'innovation

Le programme FOR est décliné en neuf thématiques d'innovation rassemblées dans le tableau 2 qui contribuent à un ou plusieurs éléments clés. Celui-ci met en avant le caractère hautement intégré du programme et par là même le challenge que celui-ci représente. (*Tableau 2*)

1. Note : 1e génération – le chemin de terre, 2e génération – la route pavée romaine, 3e génération – la route revêtue, 4e génération l'autoroute.

Prospective sur la « route automatisée »

Un groupe de prospective piloté par l'IFSTTAR et le RWS et constitué par des membres du FEHRL s'est formé en 2011 et a produit fin 2012 une feuille de route sur la « *Route Automatisée* » du programme FOR dont nous reprenons certains éléments ci-après. 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 des réseaux. L'objectif est de guider l'usager de la route à travers le réseau de la façon la plus sûre, dans un temps optimisé, tout en minimisant l'impact environnemental. Différentes échelles de résolution du problème sont aisément identifiables et au niveau local, les deux thématiques sont complémentaires.
- Les systèmes avancés de bords de voies : cette thématique concerne les technologies permettant l'opérationnalisation des stratégies intelligentes de gestion de trafic.

▶ Problématique

La route automatisée est focalisée sur l'intégration de technologies de bord de voies permettant le déploiement de nouveaux services fondés sur les TIC pour les usagers, la gestion du trafic et l'exploitation de la route. 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 optimiser le choix des voies et 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

Une efficacité énergétique accrue qui participe à la réduction des émissions de CO_2 du transport routier

La route automatisée doit améliorer la gestion du trafic grâce à une meilleure utilisation des réseaux existant, et en particulier de leur capacité. Une diminution substantielle des heures perdues dans la circulation est visée. De même, sont attendues une efficacité accrue du transport de personnes et de marchandises et 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. En outre, ces systèmes permettront aux gestionnaires de réagir promptement et de prendre les mesures nécessaires 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 l'état courant de la route et anticiper ses états futurs. Cela permettra aux opérateurs routiers de mieux prévenir les incidents, les accidents et les conditions climatiques dégradées. En outre, ces systèmes permettront d'observer l'effet du trafic sur la qualité de vie en termes de pollution atmosphérique et sonore. Ces informations disponibles en continu permettront au gestionnaire d'intervenir si cela s'avère nécessaire.

Réduction des coûts

Il y a cinq raisons qui permettent d'espérer des réductions de coût :

- La mise en œuvre d'une architecture ouverte pour l'intégration des systèmes et des interfaces fournira l'opportunité de mettre en concurrence les différentes parties dans la fourniture de systèmes de bord de voie et de gestion de trafic. Cette compétition ouverte pourrait avoir un effet de réduction des prix de marché.
- Avec l'introduction de systèmes à faible consommation énergétique, les coûts structurels liés à l'énergie seront plus faibles en relatif. De manière absolue, les coûts pourront augmenter à cause de la hausse du prix de l'énergie, ce qui en retour favorisera l'introduction de ces systèmes.
- À travers l'automatisation des systèmes, une réduction des heures de travail est potentiellement possible.
- L'optimisation de la gestion des réseaux et des incidents réduira les coûts directs et indirects liés à la congestion.
- Gain marginal au déploiement : le déploiement d'une unité de bord de voie supplémentaire a un coût marginal décroissant.

Tableau 2. **Thématiques d'innovation identifiées dans le programme « Forever Open Road »** *(SERRP V, 2011)*.

Thématique	Adaptable	Automatisée	Résiliente
Conception et construction	×		
Chaussées, tunnels et structures durables et intégrées	×		×
Systèmes avancés de bord de voies	×	×	
Chaussées, tunnels et ponts hors gel			×
Stratégies de maintenance bas coûts et rapides	×		
Stratégies de gestion de trafic intelligentes		×	×
Gestion de patrimoine et modèles économiques	×		
Données, modèles et méthodes harmonisées	×	×	×
Cadre réglementaire uniformisé	×		

▶ Approche : amplifier les transitions nécessaires vers la « route automatisée »

Les activités de recherche et d'innovation nécessaires pour réaliser la route automatisée s'appuient sur les différentes entités impliquées dans la gestion de la mobilité et schématisées sur la figure 1. 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. Ces tendances lourdes sont

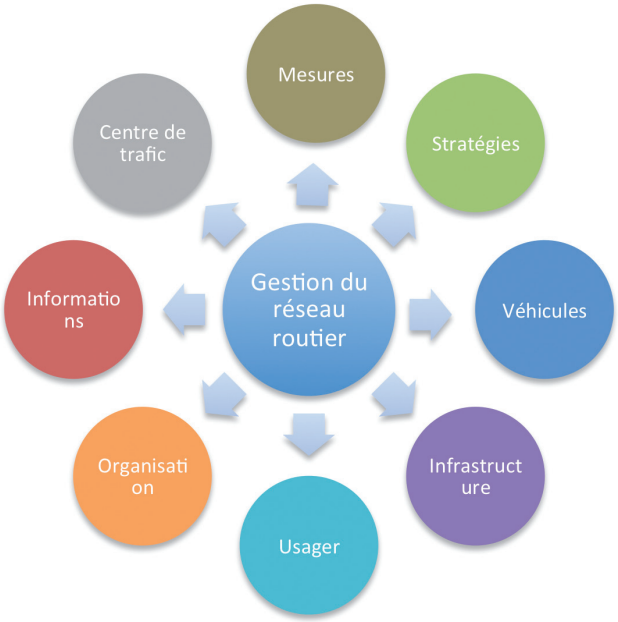

Figure 1. **Les huit piliers de la gestion de la mobilité**

schématisées sur la figure 2. L'approche retenue par le programme FOR est d'amplifier ces différentes transitions et de les guider dans la bonne direction de façon à satisfaire à la fois les besoins des gestionnaires et des usagers autant que possible. Celles-ci sont détaillées dans la suite et synthétisées sur la figure 3 pour chaque entité du système de mobilité.

L'usager de la route : du consommateur au participant

L'usager de la route est au cœur du système. Tous les services et mesures de gestion du trafic doivent conduire à un transport plus sûr, plus efficace et plus confortable pour lui. Les mesures de gestion du trafic et les informations seront davantage personnalisées. Ainsi, il sera possible de fournir des indications spécifiques à des groupes voire des individus. L'usager a en sa possession des informations personnelles qui peuvent être utiles pour la gestion du trafic, comme celles relatives à son origine, sa destination, la nature de son trajet et l'itinéraire qu'il compte emprunter. En utilisant ces informations, il sera possible de lui fournir un service qui lui soit spécifiquement adapté. L'efficacité de telles mesures et services sera par conséquent accrue, car les mesures individuelles ou personnalisées ont une acceptabilité plus grande et sont plus appréciées. L'usager doit en retour accepter de partager des informations personnelles avec les fournisseurs de service et les gestionnaires de réseaux. On voit ainsi apparaître un échange permanent d'information et de services entre l'usager, les prestataires et les opérateurs. Le rôle de l'usager de la route pourra davantage s'apparenter à un rôle d'acteur plutôt qu'à un rôle de consommateur.

Les mesures : du local au global et du collectif à l'individuel

Les mesures sont prises pour influencer le comportement de l'usager de la route. Informer les usagers de la route sur l'état du trafic reste la façon la plus simple de l'influencer. Les mesures se déplacent du collectif à l'individuel. Dans des situations spécifiques comme les incidents ou les accidents, les mesures collectives resteront importantes pour la gestion du trafic. Les mesures de gestion du trafic sont à l'origine orientées localement pour résoudre des problèmes locaux. Depuis une dizaine d'années, des mesures à l'échelle du réseau apparaissent pour optimiser le flux de trafic au niveau d'une région. Eventuellement les mesures locales peuvent coexister avec des mesures à l'échelle du réseau. Les mesures à l'échelle du réseau permettront d'anticiper les états futurs du trafic, prévenant la formation de congestion et améliorant ainsi le flux de trafic et sa sécurité. Les mesures 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 plus adaptées à la situation spécifique de l'usager de la route. Mais d'un autre côté, il est aussi possible que les fournisseurs de services confondent informations de gestion de trafic avec leurs propres intérêts commerciaux.

Centre d'information et de gestion du trafic : vers une gestion multi-échelle des réseaux

Le CIGT est le lieu où les données sont traitées et traduites en mesure de gestion du trafic sur la base de stratégies de gestion établies au préalable. Un tel centre possède une vue d'ensemble du trafic actuel et à venir sur une certaine zone et se focalise de façon prioritaire sur la gestion locale du trafic. Ces centres 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 gestion 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 de nouveaux outils d'aide à la décision qui permettront de prédire les états futurs du trafic. En outre, les mesures locales les plus simples seront gérées automatiquement. C'est seulement en cas d'incident qu'il faudra intervenir au sein du centre de gestion du trafic.

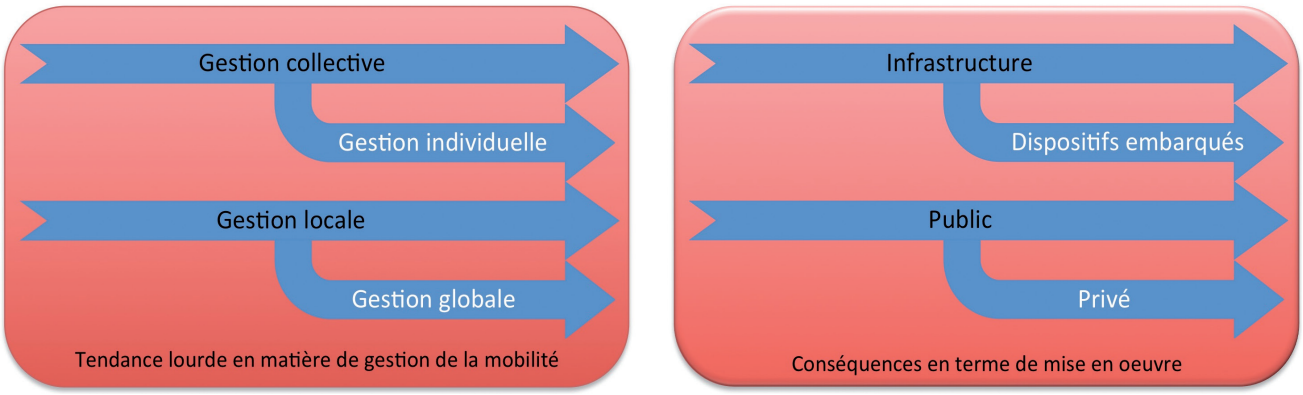

Figure 2. **Les tendances lourdes en matière de gestion de la mobilité**

Stratégies : s'adapter à de nouveaux challenges et à la coopération public-privé

Les stratégies de gestion font le lien entre les objectifs réglementaires et les mesures concrètes de gestion du trafic. Il est concevable que les futures stratégies soient de plus en plus le résultat d'un compromis entre des objectifs de fluidité du trafic d'un côté et des objectifs sociétaux de l'autre. Ceux-ci sont aujourd'hui principalement formulés par l'Etat. La Route Automatisée sera davantage une coopération entre des partenaires publics et des partenaires privés et les stratégies de gestion qui en découleront reflèteront sans doute les objectifs des deux parties. Ainsi, c'est la combinaison d'objectifs collectifs et d'objectifs individuels qui influencera les stratégies de gestion. Il est cependant vraisemblable que l'Etat imposera des règles minimales à respecter. Ce devra être avant tout un cadre pour garantir les intérêts des usagers et pour fixer des règles de bonne coopération entre parties.

Organisation : mouvement vers une gestion plus stratégique

Comme les mesures de gestion de trafic seront de plus en plus construites sur l'interaction entre les systèmes de bord de voies et les systèmes embarqués dans les véhicules, une nouvelle organisation fondée sur la coopération entre les fournisseurs d'infrastructure, les opérateurs, les fournisseurs de service et l'industrie automobile devrait progressivement voir le jour. Les mesures au niveau local seront largement automatisées. Les autres mesures se focaliseront sur l'optimisation du réseau. Cela signifie que les organisations en charge de la gestion du trafic se déplaceront certainement à un niveau d'action plus stratégique. Le travail au niveau opérationnel sera largement automatisé et devrait se traduire en accord sur les niveaux de service attendus avec les fournisseurs de service ou d'infrastructure. Sous ces conditions, le bon suivi et la bonne gestion de ces contrats seraient les clés de cette nouvelle organisation. L'organisation de la gestion du trafic serait établie sur la base d'objectifs stratégiques établis au niveau global garantissant la coopération avec les fournisseurs d'infrastructures et de services. Les compétences exigées des acteurs de la gestion du trafic devraient alors évoluer de l'opérationnel vers le tactique et le stratégique. (*Figure 3*)

Véhicules : vers le développement de composants actifs pour la « route automatisée »

Le rôle des véhicules va certainement s'accroître à mesure que les développements techniques révèleront les possibilités d'inter-

Figure 3. **Les transitions prévisibles des différentes entités**

action entre les équipements de bord de voie et les véhicules. Les véhicules sont en train de devenir des capteurs mobiles fournissant des données pour la gestion du trafic. Dans un avenir proche, les véhicules seront également capables de répondre directement à certaines consignes du CIGT diffusées à travers les équipements de bord de voie. Par exemple, ils ajusteront automatiquement leur allure à une limite de vitesse ou ils conserveront leur file de circulation dans certaines situations. En d'autres termes, les véhicules deviendront des composants intégrés au système de gestion du trafic.

Infrastructure : vers des communications généralisées et multi-sources

En dehors du réseau d'infrastructure routière qui devra être sans obstruction majeure, il faudra aussi développer l'infrastructure de télécommunication. Celle-ci est indispensable pour rendre possible 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 gestion du 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.

Données et information : meilleure qualité et contenu enrichi

Pour la gestion du trafic, des données historiques et en temps réel sont nécessaires. Les données brutes de trafic sont ensuite transformées en information sur les congestions, sur des itinéraires alternatifs ou la prévision du trafic. 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 que nous connaissons aujourd'hui. Cela permettra de concevoir des mesures individualisées et personnalisées. Il y aura également besoin d'information prédictive pour la gestion du réseau. Cela nécessite le développement de nouvelles approches et modélisations. Derrière cette profusion de données, il y a également des problèmes de confidentialité. En effet, les données étant collectées et partagées par différents partenaires publics et privés, il y a besoin de réguler les aspects liés à l'anonymisation de celles-ci.

Les enjeux de recherche en matière de systèmes de bord de voies

La section précédente a montré les transformations en cours ou à prévoir au niveau des différentes entités en jeu dans la gestion des routes du futur. En retour, cela peut aider à structurer les actions de recherches immédiates de manière à faciliter ces différentes transitions. Voici quelques exemples de recherches à poursuivre, à amplifier ou à entreprendre dans le domaine des équipements de la route et qui vont dans le sens de la route automatisée.

▶ Capteurs intégrés sans fil

Il existe de nombreux dispositifs susceptibles de générer des données, par exemple les capteurs embarqués sur les véhicules, les dispositifs nomades ou encore les systèmes de péage. Des connaissances supplémentaires sont nécessaires sur la façon dont des sources hétérogènes de données peuvent être fusionnées pour produire des informations trafic fiables, susceptibles d'aider les gestionnaires routiers à gérer le trafic. Des recherches méthodologiques sont également nécessaires pour lier un type de donnée à un objectif particulier, voire pour extraire de la masse de données générées la donnée strictement utile. De façon à utiliser les capteurs existants et futurs pour acquérir des données à la fois plus précises et moins chères, les recherches devront se concentrer sur l'évaluation de la qualité et du niveau de parcimonie des informations nécessaires pour gérer le trafic, informer les usagers, gérer les incidents et effectuer le suivi de l'état du patrimoine.

▶ Interfaces ouvertes et normalisées

Les gestionnaires routiers ont un pouvoir limité en matière de développement d'interfaces standardisées. Pourtant, ils y ont un grand intérêt. Un marché équitable pour les fournisseurs et une interopérabilité garantie sont des critères de première importance pour les gestionnaires de réseaux et le contribuable qui emprunte ces mêmes réseaux. Le développement d'interfaces ouvertes et normalisées ne fait pas partie des missions premières des autorités routières. C'est avant tout le travail des partenaires industriels. Néanmoins, le gestionnaire est un acteur important dans la délivrance des certificats de conformité. Un besoin de recherche existe bel et bien sur la façon de convaincre les industriels de développer et d'utiliser de telles interfaces. La meilleure façon de procéder est peut-être de traduire les futurs services souhaités par le gestionnaire en termes de requis sur les systèmes à développer. Ces derniers peuvent alors être repris par les industriels pour constituer les entrées des interfaces ouvertes souhaitées. (*Figure 4*)

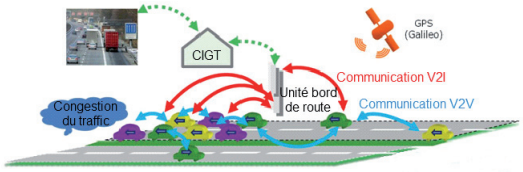

Figure 4. **Recueil coopératif de données de trafic, telle que promue par le projet Européen EasyWay** *(Simon, 2012)*

▶ Suivi et prévision de l'état du patrimoine routier

Les travaux de maintenance sur les réseaux interurbains réduisent la disponibilité de ceux-ci. Cela a pour conséquence une probabilité plus grande de congestion et par là même d'accident (collision arrière notamment). Connaître l'état actuel et futur du réseau est une nécessité pour en permettre une gestion et une maintenance pro-active, efficace et au meilleur coût. L'usage des données recueillies par les capteurs enfouis pour mesurer l'état du patrimoine (chaussée, pont, tunnel) est une solution d'avenir (*cf. Figure 5*). Pour cela, une recherche à tous les niveaux (stratégie, gestion et technologie) est nécessaire pour en permettre l'exploitation automatisée. Cette approche implique le développement et la mesure de nouveaux indicateurs d'état synthétisés à partir de capteurs intégrés et de capteurs embarqués. Elle implique également le développement de stratégies minimisant les interventions de maintenance. (*Figure 5*)

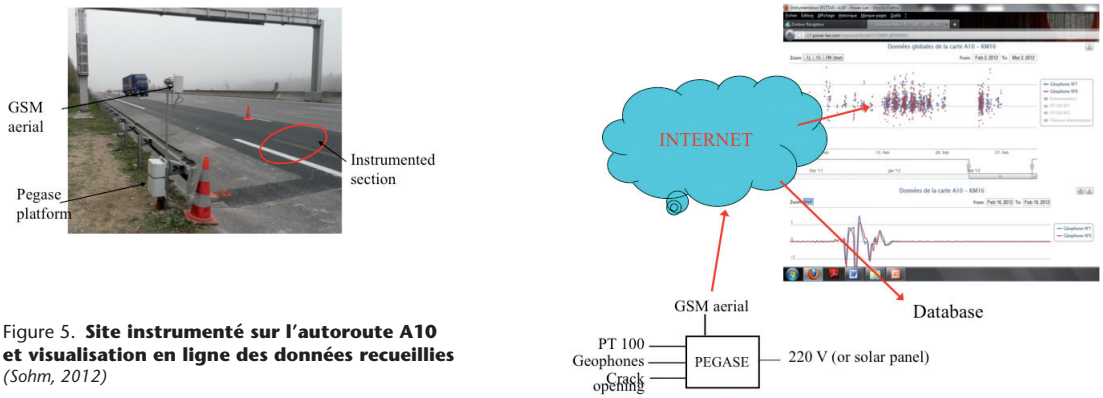

Figure 5. **Site instrumenté sur l'autoroute A10 et visualisation en ligne des données recueillies** *(Sohm, 2012)*

▶ Infrastructures de recharge des véhicules décarbonés

Le déploiement des véhicules électriques et/ou hybrides est considéré comme un facteur déterminant pour réduire l'impact environnemental du transport routier. L'accroissement des flottes de véhicules électriques nécessitera une infrastructure adaptée permettant d'en assurer l'autonomie énergétique. Le développement de systèmes de recharge rapides, efficaces et simples pour l'usager est de fait considéré comme un facteur de succès du véhicule électrique. L'absence de modèle économique permettant de financer le déploiement des infrastructures, ainsi que d'incitations de la part des Etats pour un déploiement accéléré ou encore les problèmes de compatibilités des systèmes aux frontières sont autant de problèmes pour les gestionnaires de réseaux routiers.

Le besoin de recherche sur les véhicules électriques est donc immense. Elle doit se faire à la fois sur les batteries et sur les moyens de recharger ces mêmes batteries. L'industrie automobile est très active sur les batteries. Quant aux dispositifs de recharge, la forme la plus commune de recharge reste encore de brancher un fil sur une prise de courant La recharge sans contact devrait être amenée à se développer très prochainement, que ce soit la recharge statique ou la recharge dynamique. Ces développements auront un impact considérable sur les réseaux électriques. En collaboration avec les gestionnaires de ces réseaux, il faudra rechercher la façon optimale de connecter les différents réseaux, idéalement de façon bidirectionnelle de façon à y connecter les réseaux d'énergies renouvelables (*Figure 6*).

▶ Intégration de sources énergétiques alternatives

L'automatisation des réseaux routiers s'accompagne inévitablement d'une augmentation du nombre de dispositifs électriques. Alimenter ces dispositifs uniquement par un réseau électrique conventionnel pose un certain nombre de problèmes. On pense au coût engendré, à la vulnérabilité du système, à sa capacité limitée ou encore à l'énergie perdue en transport. Différentes technologies sont en cours de développement pour produire de l'électricité à partir de la route elle-même. La combinaison, la comparaison et l'utilisation de ces différentes solutions nécessitent encore des recherches.

▶ Eclairage et signalisation dynamiques à basse consommation

La gestion dynamique du trafic est exigeante en termes de signalisation, que ce soit en bord de route ou sur la route. En effet, pour communiquer efficacement sur l'état de la route, les gestionnaires peuvent employer une signalisation dynamique, comme cela est illustré sur la Figure 7. En investissant dans des solutions économes en énergie, par exemple des systèmes actifs de délinéation, les systèmes peuvent devenir autonomes localement en les combinant avec des solutions locales de production énergétique (panneaux solaires ou capteurs piézo-électriques). Cela implique moins de raccordement aux réseaux énergétiques et un réseau de signalisation plus robuste. Pour limiter la distraction des usagers apportée par les systèmes embarqués et pour augmenter la lisibilité de la route, il est probable que l'usage des systèmes inclus dans la chaussée soit amené à se développer. Des recherches sont toujours nécessaires pour identifier les

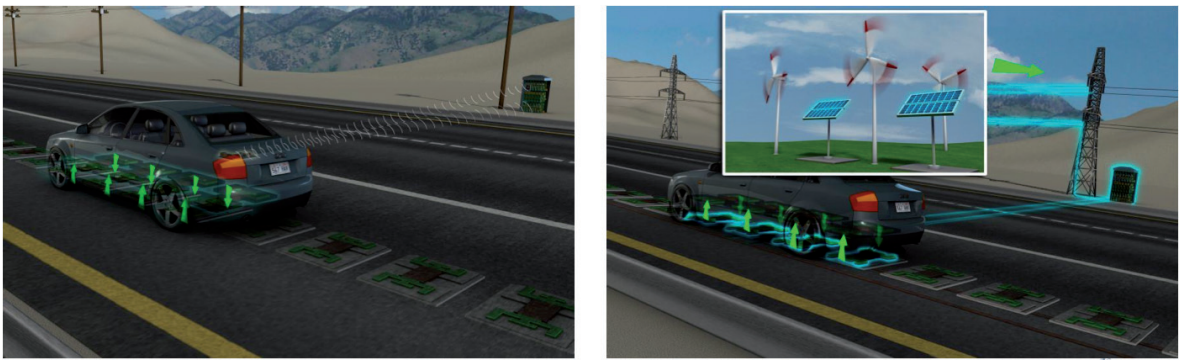

Figure 6. **Recharge en mouvement des véhicules électriques et réseaux énergétiques intelligents** *(Wu, 2012)*

Figure 7. **Guidage dynamique sur le pont de Saint-Nazaire et les équipements dynamiques associés** *(Caillabet, 2012)*

applications viables mais aussi pour optimiser leur demande en énergie et étudier leur intégration au sein des systèmes existants de gestion énergétique et de communication. (*Figure 7*)

R5G ou la mise en place d'un déploiement progressif accéléré

Pour rendre visible la recherche et l'innovation dans le domaine routier, l'IFSTTAR a lancé en 2010 le projet R5G ou « *Route 5e Génération* ». Inscrit dans le contrat d'objectifs 2010-2013 signé entre le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (qui a fusionné en 2011 avec l'INRETS pour donner naissance à l'IFSTTAR) et l'Etat, celui-ci vise la création de démonstrateurs au plan national (Jacquot-Guimbal, 2012) et international (Kunz, 2012).

▶ Une route de nouvelle génération qui sera mise en œuvre et opérée au niveau local

Selon l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), les démonstrateurs constituent une étape du processus de recherche- développement-industrialisation de technologies qui se situe juste avant la phase d'industrialisation et qui peut conduire à relancer des recherches appliquées au terme de l'expérimentation du démonstrateur (pour optimiser des technologies ou lever certains verrous économiques ou sociétaux).
Situé entre le laboratoire et l'expérimentation en vraie grandeur, le démonstrateur constitue l'outil à privilégier pour commencer à déployer les routes de cinquième génération, en coopération étroite entre les entreprises privées et les laboratoires publics. Ces sites en vraie grandeur et sur route ouverte accéléreront l'évaluation des solutions disponibles dans les laboratoires et permettront d'identifier les plus prometteuses d'entre elles. Compte tenu de la complexité de la conception de tels objets, il convient de procéder par étapes. Une première étape, qui est en cours, consiste à tester et à labelliser les solutions susceptibles d'intégrer un démonstrateur global. Une deuxième étape consiste à intégrer certaines innovations dans des démonstrateurs R5G thématiques et à identifier les problèmes de mise en œuvre. Une troisième étape consiste à coupler l'ensemble des innovations, par fertilisation croisée des démonstrateurs thématiques, de façon à évaluer la synergie entre ces innovations pour répondre aux enjeux sociétaux en matière de mobilité. En parallèle, une nouvelle approche système pour concevoir ces démonstrateurs est en cours de définition, permettant de passer d'une conception techno-centrée à une conception à la fois anthropocentrée et fonction-centrée de la route. Pour parvenir à cet objectif, il est essentiel de croiser l'apport de différents champs disciplinaires, tant en sciences humaines et sociales qu'en sciences de l'ingénieur.
Quatre démonstrateurs sont aujourd'hui en cours d'étude. Un premier concerne la thématique de l'énergie routière. Il s'agit d'évaluer les différentes solutions de collecte énergétique pour le propre usage de la route, l'alimentation de ses équipements, voire l'alimentation des véhicules électriques. Un deuxième concerne la thématique de l'éco-mobilité urbaine avec un focus sur la rénovation urbaine et la problématique du « *dernier kilomètre* ». Un troisième concerne la lisibilité et l'efficacité des réseaux locaux, et vise notamment à adapter aux réseaux moins circulés les outils de sécurité routière actuellement réservés aux seuls réseaux structurants. Enfin, un quatrième concerne la thématique de l'autoroute automatisée, avec un intérêt marqué pour l'évaluation de la conduite automatisée comme la forme la plus aboutie de gestion du trafic sur les réseaux périurbains denses.

▶ Une route qui bénéficiera aux autres infrastructures de mobilité

Les efforts de genèse des routes de cinquième génération bénéficieront directement aux autres infrastructures de mobilité. En effet, les solutions innovantes dans le domaine routier peuvent se transposer dans le domaine ferroviaire, aéroportuaire et fluvial. Ainsi, les chaussées auto-dégivrantes peuvent bénéficier tout autant aux pistes aéroportuaires qu'aux chaussées des tramways à pneus. Les chaussées modulaires permettent d'intégrer la problématique des transports guidés dès leur construction, permettant d'adapter efficacement une voie routière en voie de tramway au besoin.
Au-delà de la transposition des technologies d'un mode à l'autre, le transfert d'un mode de transport à un autre peut s'en trouver grandement amélioré. Outre l'information multimodale, la création d'interfaces souples entre les gares et les rues peut contribuer à rendre la rupture de charge entre modes la plus courte possible. Par exemple, les parkings automatisés en silos, les stations de véhicules électriques en libre partage, eux-mêmes rechargés par les installations électriques des gares en heures creuses lissant ainsi les pics de consommation électrique des heures d'affluence, sont autant de solutions permettant d'adapter les gares à la ville de demain.

Bilan et perspectives

Indispensables au fonctionnement de l'économie et de notre société, les infrastructures de mobilités ont entamé leur révolution qui, après le chemin de terre, la voie pavée des Romains, celle du macadam et des autoroutes, veut faire entrer celles-ci dans une nouvelle ère. Celles-ci seront évolutives, coopératives et à contribution environnementale positive. Dans cet article, la vision prospective sur la « *route automatisée* », produite par un groupe d'experts du FEHRL dans le cadre du programme « *Forever Open Road* » a été synthétisée. Partant de l'examen des tendances lourdes actuelles, les évolutions probables sur les prochaines années, des différentes entités impliquées dans la gestion de la mobilité ont été présentées. Elles mettent en avant la nécessité d'une approche intégrée de tels développements, impliquant en synergie l'ensemble des acteurs. La gestion du trafic sera individuelle et gérée à l'échelon régional. Les dispositifs d'interaction avec les usagers seront embarqués à bord des véhicules et le secteur privé sera vraisemblablement davantage présent. De cette vision prospective, nous identifions des pistes de recherche dans le domaine des équipements de la route, qui pourraient intégrer avant 2015 les démonstrateurs R5G, permettant ainsi d'amplifier et d'accélérer le déploiement de ces innovations sur le terrain d'ici 2020. Ainsi, on peut espérer qu'à partir de 2025 cette vision d'un trafic partiellement automatisé et d'une route autogérée puisse prendre forme. ■

Références

— Caillabet, B. (2012). Guidage dynamique sur le pont de Saint-Nazaire. Actes du congrès de l'IDRRIM, Lyon.
— ERTRAC (2010), Strategic Research Agenda, www.ertrac.org.
— FEHRL (2011), Strategic European Road Research Program - SERRP V, www.fehrl.org.
— FEHRL (2012), Automated Road - Forever Open Road, www.foreveropenroad.eu.
— Lamb, M., Collis, R., Deix, S., Krieger, B., Hautière, N. (2012). Le Programme « Forever Open Road » : définition de la route de nouvelle génération. Routes-Roads – N° 352/353, pp. 120-129.
— Jacquot-Guimbal, H., Hautière, N. (2012). Recherche et perspective : Les « routes » de cinquième génération. PCM – N° 847-848, pp. 97-101.
— Kunz, J., Saintillan, C. (2012). La route de nouvelle génération en France et en Allemagne. Routes-Roads – N° 355, pp. 26-35.
— Simon, L. (2012). Nouvelles technologies de recueil de données de trafic. Actes du congrès de l'IDRRIM, Lyon.
— Sohm, J., Hornych, P., Kerzreho, J.-P., Cottineau, L.-M., Le Cam, V., Hautière, N., De La Roche, C., Van Damme, H. (2012). Remote monitoring of an experimental motorway section – An enabling technology of the 5th generation road. International Journal of Pavement Research Technology. Vol.5, N° 5, pp. 289-294.
— Wu, H., (2012). Tutorial on Wireless Power Transfer, Proceedings of the 1st Conference on Electric Roads and Vehicles, Park City, USA.