

La route du futur

Par Nicolas HAUTIERE

Université Paris-Est, Ifsttar, Département COSYS

La route au cœur des enjeux de société

Alors que les émissions de gaz à effet de serre (GES) ont baissé en France entre 1990 et 2014, elles augmentent depuis 2015. Selon le ministère des Transports, elles ont atteint 463,1 millions de tonnes équivalent CO₂ en 2016. C'est le secteur du transport qui est en tête, avec 136,3 tonnes, soit 30 % de l'ensemble des GES. Au sein du secteur, le trafic routier est majoritaire, puisqu'il représente 95 % des émissions. Les véhicules particuliers en représentent 50 %, les poids-lourds 21 % et les utilitaires 20 %. De fait, la route, qui supporte plus de 85 % des déplacements, se trouve au cœur des enjeux de transitions écologique et énergétique.

Dans ce contexte, le numérique fait controverse. Il est à la fois une solution, car il facilite l'accès à des mobilités partagées, sûres, inclusives et propres. Il peut aussi être un problème, car susceptible d'engendrer davantage de déplacements, sources de congestion et d'étalement urbain supplémentaires. Ce triple défi des transitions écologique, énergétique et numérique a des conséquences sur les routes qu'il faut adapter, mais également pour les constructeurs de ces routes qui ne veulent pas être uberisés. Pour ce faire, les acteurs français de la route - leaders mondiaux du secteur - s'allient avec le monde du transport et des télécoms pour forger une offre intégrée (De Prémare, 2019) et expérimentent sur le territoire la route du futur.

Cette route, dite de 5^e génération (R5G), développée par le projet européen *Forever Open Road* (Lamb, 2012), repose sur trois éléments que sont l'automatisation, l'adaptabilité et la résilience au changement climatique (Jacquot-Guimbal, 2012 ; Hautière, 2015).

Les trois éléments de la route 5^e génération

Une route automatisée

L'enjeu de la route automatisée est de tirer le meilleur parti des technologies pour gérer le trafic routier et supporter le développement de nouvelles formes de mobilité.

Il s'agit tout d'abord de mettre en place de nouvelles stratégies de gestion de trafic. Celles-ci reposent sur la connectivité et l'automatisation croissantes des véhicules, afin d'améliorer la performance du système route, d'accroître sa rentabilité, de sécuriser et de fiabiliser les déplacements. Elles permettent d'optimiser l'usage des infrastructures en mettant à profit les ITS coopératifs, les convois de véhicules, les variations tarifaires ou encore l'information trafic personnalisée. Parmi les défis actuels, on peut citer la construction d'*optima* collectifs combinant mesures collectives de gestion de trafic et services individuels nomades, la construction de chaînes de données fiables ou la coexistence des véhicules automatisés et conventionnels.

Il s'agit ensuite de déployer des systèmes de bord de voies fusionnant les données des capteurs intégrés dans les infrastructures et embarqués dans les véhicules. L'objectif est de pouvoir exploiter les systèmes de capteurs existants tout en intégrant de nouvelles générations afin de bâtir une acquisition de données de trafic plus précise et moins coûteuse. Cela nécessite des interfaces ouvertes et normalisées, afin de mettre en concurrence les fournisseurs et de coopérer entre acteurs, indépendamment du fournisseur. L'enjeu est d'éviter une obsolescence rapide des investissements.

Derrière ces objectifs se cachent des verrous juridiques qu'il s'agit de lever en construisant un cadre réglementaire adapté au déploiement des ITS coopératifs et à l'automatisation du trafic. Enfin, il s'agit d'accompagner les acteurs dans leurs transformations à travers un cadre harmonisé de déploiement, d'impliquer les gestionnaires et de former les acteurs à de nouvelles compétences.

Une route adaptable

Comme les nouvelles offres de mobilité ne sont pas toutes susceptibles de se déployer, l'enjeu de la route adaptable est de proposer un système routier flexible et rentable, capable de s'adapter aux demandes futures de déplacement. Les solutions-clés pour permettre à la route d'être plus évolutive sont de différentes natures.

Il s'agit tout d'abord de développer de nouvelles méthodes de construction des routes. Celles-ci seront préfabriquées en usine avec des solutions modulaires. Ces techniques offrent en effet des solutions de remplacement rapides en cas de sections endommagées, tout en intégrant nativement des procédés de contrôle de qualité. Ces procédés s'appuieront sur des matériaux bas-carbone, recyclés, nécessitant peu d'énergie pour leur mise en œuvre et auto-réparants pour permettre une longévité accrue du patrimoine.

Il s'agit ensuite de mettre au point des couches de roulement offrant un bon compromis entre bruit de roulement, soulèvement d'eau, résistance au roulement et adhérence, ce que les technologies d'impression 3D permettront. Les méthodes robotisées ou automatisées autoriseront des exigences accrues en termes de maintenance et d'entretien, y compris sous trafic. Parmi les solutions, on peut citer l'inclusion dans les structures de chaussées de tapis de capteurs pour surveiller l'état de la route.

Enfin, la route doit être en capacité d'intégrer si nécessaire des systèmes d'alimentation et de capture d'énergie renouvelable pour recharger les véhicules électriques et alimenter les équipements, comme les unités de bord de route, la signalisation ou l'éclairage public.

Une route résiliente au changement climatique

La route doit également être plus résiliente face aux effets du changement climatique. Parmi les actions à entreprendre, on peut mettre en exergue les actions suivantes :

- l'identification des besoins des gestionnaires en matière climatique ;
- l'harmonisation des données climatiques au plan européen ;
- l'évaluation des impacts économiques et sociaux en cas de disruption ;
- l'identification d'éventuelles vulnérabilités des réseaux ;
- l'établissement des futurs niveaux de service du réseau transeuropéen ;
- l'identification de technologies-clés concourant aux objectifs d'atténuation ;
- l'investigation de processus d'adaptation rentables.

Dans cet agenda chargé, on peut d'ores et déjà lister un certain nombre de solutions sur étagère, comme des systèmes de drainage capables de s'adapter à un accroissement de la fréquence et de la sévérité des précipitations, des chaussées thermo-régulées pour réduire le gel en surface et les effets de chaleurs extrêmes, y compris en ville, des matériaux dépolluants ou stockeurs de CO₂.

Les technologies du numérique en renfort

Une route toujours plus au service d'une mobilité sans couture

Via la généralisation des smartphones, les usagers des transports - professionnels ou non - optimisent leurs déplacements. Nonobstant les effets rebonds potentiels que les solutions décrites précédemment absorberont, le développement de ces nouvelles offres transforme peu à peu la

route en infrastructure de « reliance » entre modes de transports massifiés, mouvement facilité par l'intégration de stations de covoiturage ou de *hubs* intermodaux, possiblement automatisés (Amar, 2016).

Ainsi, la route cherche à se mettre au service des autres modes, permettant par exemple au secteur aérien de remplir ses objectifs stratégiques à 2050. Si cela est déjà le cas sur le plan de l'intégration de la chaîne de déplacement, cela vaut aussi pour la conception des infrastructures de transport et des technologies-clés. À la clé, on peut encore attendre une optimisation des chaînes logistiques, une réduction des coûts, ou encore, une optimisation des temps de trajet (Zofka, 2016).

Une optimisation des coûts et de nouvelles connaissances à la clé

Les technologies du numérique peuvent également aider à mieux concevoir et exploiter la route du futur (Hautière, 2017a). Le concept de jumeau numérique alimenté en temps réel par les véhicules et les capteurs de l'infrastructure couplé à de l'intelligence artificielle va contribuer à améliorer la sécurité, à optimiser les dépenses d'entretien des réseaux, à mieux gérer le trafic ou l'énergie. Il va potentiellement permettre d'aborder des problèmes encore non résolus et par exemple, donner la possibilité aux véhicules autonomes d'être déployés en sécurité (Ehrlich, 2016).

Un modèle économique soutenable pour de nouveaux services

C'est dans le domaine économique que le numérique peut rendre le plus de services à la route. En effet, les données des réseaux de capteurs permettent d'envisager des contrats globaux de performance. L'absence d'intermédiaire et la traçabilité des transactions qu'autorise la chaîne de blocs permettent de développer de nouveaux services. Par exemple, si les véhicules automatisés s'appuient sur la détection par caméra ou LIDAR de la signalisation routière (marquages routiers, panneaux de police, etc.) pour se localiser précisément sur les voies de circulation, alors leurs propriétaires pourraient être facturés de cette utilisation, contrairement aux conducteurs de véhicules conventionnels (Hautière, 2019a). On peut alors envisager d'établir des performances minimales sur l'infrastructure avec un modèle économique soutenable, ce qui n'est guère faisable aujourd'hui.

Une déclinaison nationale de la *Forever Open Road* à travers le projet *Route 5^e Génération* qui doit en accélérer le déploiement

Objectifs poursuivis à l'horizon 2020

L'objectif du projet R5G était de constituer une dynamique nationale autour de la *Forever Open Road*, afin de faire participer la communauté routière aux transitions en cours. En d'autres termes, il s'agissait de faire de la R5G un objet-frontière, *i.e.* un objet auquel les acteurs pouvaient s'identifier. On visait la construction d'un écosystème d'innovation national performant en attendant une complète libération des énergies aux plans réglementaires, fiscaux et financiers. La constitution de ce laboratoire d'innovation passait par quatre actions (Hautière, 2018).

Aligner l'agenda national de RDI sur celui de la *Forever Open Road*

La première action visait à aligner l'agenda national de RDI sur celui de FOR. Il s'agissait d'alimenter les programmes stratégiques nationaux, à l'image de la SNTEDD, voire de cofinancer des appels à projets à l'image de l'Eranet+ Infravation. Réciproquement, il s'agissait d'alimenter FOR avec les éléments proposés dans les initiatives nationales comme *Mobilité 3.0*. Pour ce faire, la stratégie employée a été celle du grand défi collectif, comme celui de la route à énergie positive, capable de produire, stocker, délivrer de l'énergie renouvelable, proposé à l'occasion de la COP21, ou encore de la route hybride à même de supporter les véhicules autonomes, proposé dans le cadre du Projet France Véhicule Autonome (PFVA).

Éclairer les politiques publiques nationales liées à l'innovation routière

La deuxième action visait à éclairer les politiques publiques liées à l'innovation routière. Le point d'entrée de cette action est par construction l'Idrrim, notamment son comité « Formation Recherche et Innovation », qui concentre les acteurs publics et privés en la matière. Outre le recensement des dispositifs d'innovation existants, ce comité a permis d'appuyer de nouvelles initiatives. On peut citer la convention d'engagement pour les réseaux routiers innovants pour la transition énergétique signée en avril 2015 qui a conduit à la publication de l'appel à projets « Route du Futur » par l'ADEME en 2015. Il peut également s'agir d'appuyer des démarches prospectives, à l'image de l'Étude MIRE initiée en 2017 dans le cadre des assises de la mobilité par Atec, Idrim, TDIE et Routes de France, sur l'impact de la révolution des usages de mobilité sur les infrastructures routières (ATEC, 2019).

Catalyser des solutions routières innovantes

La troisième action avait trait à la conduite d'actions de RDI. Cette action protéiforme comportait les tâches suivantes :

- monter ou inciter au montage de projets de RDI *via* les appels à projets de l'ADEME, comme le projet I-Street (Geisler, 2018) ;
- construire des équipements d'essai adaptés aux nouveaux enjeux, comme la Plateforme Mutualisée d'Innovation Transpolis dans l'Ain, ou l'Equipex Sense-City à Marne-la-Vallée ;
- intégrer la route dans les programmes de recherche des acteurs de l'innovation comme les ITE Vedecom et Efficacity, les IRT SystemX et Railenium, ou encore les pôles de compétitivité traitant des questions de ville et transport, comme Mov'eo, Cara, ID4Car, iTrans ou Cap Digital ;
- travailler avec les fédérations professionnelles pour aider les entreprises à appréhender les transformations de leurs métiers ;
- favoriser la création de jeunes pousses en lien avec les SATT, les incubateurs comme la Green Tech Verte ;
- initier le montage de formations initiales prenant en compte de façon explicite le rôle des infrastructures, comme le mastère spécialisé « Smart Mobility » de l'École des Ponts et Télécom ParisTech.

Accélérer les projets d'aménagement des territoires

La quatrième action visait à accompagner les territoires dans leurs projets de transformation et de régénération routières. Il s'agissait généralement des métropoles qui subissent les impacts négatifs de la route actuelle, en particulier les autoroutes urbaines, qui ont intégré dans leurs agendas des actions relatives à l'expérimentation de la R5G, offrant la possibilité aux acteurs de soumettre leurs solutions à expérimenter. Parmi les métropoles impliquées, on peut citer Paris, Lille, Nantes, Bordeaux ou Montpellier. Il pouvait également s'agir de corridors comme l'A4 dans le cadre du projet européen SCOOP@F (Hautière, 2017b), ou encore de l'A13 dans le cadre du CPIER Vallée de la Seine (Pizzaferrì, 2019).

Conclusion et perspectives

Pour faire face aux enjeux sociétaux à l'horizon 2030, la route doit être automatisée, adaptable et résiliente au changement climatique. Les concepteurs et constructeurs de routes l'ont bien compris. En 2019, grâce aux efforts de recherche et d'innovation entrepris depuis dix ans, ils ont pu s'inscrire d'une part dans le CSF automobile pour progresser sur les enjeux de l'automatisation et de la transition énergétique des mobilités, et d'autre part dans le CSF « Industries de la construction » pour développer des routes plus évolutives.

Désormais, il s'agit de déployer les solutions issues des démonstrateurs R5G, d'établir la doctrine de ce que sera la route du XXI^e siècle et d'intégrer les enjeux de résilience au changement climatique, ce qui, pour l'heure, n'a été fait que timidement. Dans ce contexte, nous pensons qu'il faut aller au-delà de l'intégration de solutions d'atténuation et de l'adaptation au changement climatique, et transformer l'infrastructure routière et ses dépendances en une boîte à outils pour la géo-ingénierie du climat. Après tout, si 2 % de la surface du territoire - la surface des routes en France - sont capables de provoquer (directement ou indirectement) plusieurs dizaines de milliers de morts par an, ces mêmes 2 % peuvent peut-être nous sauver en produisant de l'énergie, en dépolluant l'air et en capturant et stockant massivement du CO₂ (Hautière, 2019).

Bibliographie

AMAR G. (2016), *Homo mobilis*, Fyp.

ATEC, Idrrim, Ifsttar, TDIE & Routes de France (2019), « Étude MIRE : Impact de la révolution des usages de la Mobilité sur les Infrastructures routières et leurs équipements ».

DE PRÉMARE J.-B. (2019), « Routes de France & PFA : quelle vision commune ? », *TEC*, n°240, janvier, pp. 22-23.

EHRlich J., GRUYER D., ORFILA O. & HAUTIERE N. (2016), "Autonomous vehicle: The concept of high quality of service highway", *FISITA World Automotive Congress*, Busan, Korea.

GEISLER F., OLARD F., DUMONT H., HAUTIERE N., MOGLIA O., LÉTARD J.-F. (2018), « Projet Route du futur I-Street : ambitions et perspectives », *Revue générale des Routes et de l'Aménagement*, n°957, septembre, pp. 22-26.

LAMB M., COLLIS R., DEIX S., KRIEGER B. & HAUTIERE N. (2012). "The Forever Open Road: Defining the next generation road", *Routes-Roads*, n°352/353, pp. 120-129.

HAUTIERE N., DE LA ROCHE C. & PIAU J.-M. (2015), « Les routes de 5^e génération », *Pour la Science*, n°450, avril, pp. 26-35.

HAUTIERE N. & BOURQUIN F. (2017a), « La Route 5^e Génération, trait d'union entre ville et route intelligente », *La Jaune et la Rouge*, n°723, mars, pp. 26-27.

HAUTIERE N., ANISS H., DUMOULIN J., CHAILLEUX E., HORNYCH P. & LAPORTE S. (2017b), « Des techniques routières innovantes à la route innovante ». *Routes-Roads*, n°374, septembre, pp. 19-24.

HAUTIERE N. (2018), « La roadmap évolutions de la route : route de 5^e génération - route communicante », *Revue générale des Routes et de l'Aménagement*, n°955, juin, pp. 12-17.

HAUTIERE N., MUZET V. & FRANCHINEAU J.-L. (2019a), « Signalisation horizontale : Quels enjeux de recherche ? », *TEC*, n°240, janvier, pp. 38-39.

HAUTIERE N. (2019b), « De la route électrique à la route énergétiquement intégrée », *Revue générale des Routes et de l'Aménagement*, n°962, avril, pp. 38-42.

JACQUOT-GUIMBAL H. & HAUTIERE N. (2012), « Recherche et perspective : Les routes de cinquième génération », *Administration*, n°234, pp. 84-89.

PIZZAFERRI W. (2019), « Une autoroute électrique entre Le Havre et Paris ? », *TEC*, n°240, janvier, pp. 30-31.

ZOFKA E., ZOFKA A. & GOGER T. (2016), "New Approach to Integrated Cross Modal Transport - FOX and USE-iT Projects Experience", 23rd ITS World Congress, Melbourne, Australia, 10-14 october.