



Étude MIRE

IMPACT DE LA RÉVOLUTION DES USAGES DE LA
MOBILITÉ SUR LES INFRASTRUCTURES
ROUTIÈRES ET LEURS ÉQUIPEMENTS

ATEC
ITS FRANCE

 **IDRRIM**
INSTITUT DES ROUTES, DES RUES ET DES INFRASTRUCTURES POUR LA MOBILITÉ

 **IFSTAR**

 **ROUTES
DE FRANCE**

 **Die**
THINK TANK

ÉTUDE MIRE

IMPACT DE LA RÉVOLUTION DES USAGES DE LA MOBILITÉ SUR LES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES ET LEURS ÉQUIPEMENTS

SOMMAIRE

Introduction	4
Nouvelles mobilités, défis et enjeux pour les infrastructures routières	7
Route et véhicule connecté, coopératif et autonome	8
Route et transition énergétique et écologique	16
Route et transition numérique	22
Quelle performance de la route au service de la mobilité pour tous ?	27
Orientations pour l'avenir	30
Annexes	33
Impact de la révolution des usages de mobilité sur les infrastructures routières et leurs équipements	34
Quels cas d'usages des infrastructures pour la mobilité du quotidien en 2020, 2030 et 2050 ?	35
Panorama des appels à projets nationaux pour les nouvelles mobilités publiés jusqu'en juillet 2018	38
Liste des expérimentations du véhicule autonome menées en France entre 2004 et septembre 2018	44

Ce rapport est le résultat d'une démarche collective de réflexion dirigée par ATEC ITS FRANCE, IDRRIM, IFSTTAR, Routes de France et TDIE, sous la rédaction principale de Nicolas Hautière.



L'association ATEC ITS France, favorise les échanges et les expériences entre les professionnels de la mobilité (entreprises, acteurs publics, recherche, et monde académique). Elle compte parmi ses membres des collectivités territoriales, des services de l'Etat, des établissements d'enseignement et de recherche, les principales entreprises et sociétés d'ingénierie du secteur de la mobilité.

Par son action, elle promeut l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans les transports. Ces solutions technologiques, baptisées ITS pour Intelligent Transport Systems and Services, contribuent à l'émergence de la « mobilité intelligente ». ATEC ITS France représente également l'ensemble des acteurs concernés dans les instances internationales consacrées au développement des solutions de la mobilité intelligente.

ATEC ITS France conduit également l'ambitieux programme national Mobilité 3.0, qui vise à structurer les acteurs de l'écosystème, afin d'asseoir le rôle de leader de la France dans le domaine des ITS et de favoriser le développement de solutions innovantes, en France et à l'international.

Contact : Guillaume Farny, délégué général de l'ATEC ITS France – contact@atec-itsfrance.net – Twitter : [@_ITSFr](https://twitter.com/_ITSFr)



L'IDRRIM (Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité) fédère l'ensemble des acteurs publics et privés de la communauté des infrastructures de transport. Plateforme d'échanges, l'IDRRIM a vocation à répondre aux problématiques de ses adhérents, à concevoir des documents de référence et promouvoir le savoir-faire français à l'international.

Lieu de convergence et d'échanges, l'Institut a pour objectif de répondre de manière homogène à des problématiques techniques ou stratégiques et de faire évoluer les patrimoines d'infrastructures et d'espaces publics vers une conception et une gestion durables ainsi qu'une plus grande optimisation de leur utilisation.

Avec ses 49 membres représentatifs des secteurs publics et privés et la mobilisation permanente de plus de 300 personnes au sein de ses 9 comités opérationnels, l'IDRRIM représente aujourd'hui un véritable label de confiance et de fiabilité pour tous ses partenaires.

Contact : David Zambon, directeur général de l'IDRRIM – idrrim@idrrim.com – Twitter : [@IDRRIM](https://twitter.com/IDRRIM)



Acteur majeur de la recherche européenne sur la ville et les territoires, les transports et le génie civil, L'Ifsttar, l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux, est né le 1er janvier 2011 de la fusion de l'INRETS et du LCPC.

L'Ifsttar est un établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle conjointe du Ministère de la Transition écologique et solidaire et du Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. L'Ifsttar conduit des travaux de recherche finalisée et d'expertise dans les domaines des transports, des infrastructures, des risques naturels et de la ville pour améliorer les conditions de vie de nos concitoyens et plus largement favoriser un développement durable de nos sociétés.

Contact : Nicolas Hautière, directeur adjoint du département composants et systèmes (COSYS) de l'IFSTTAR – www.ifsttar.fr – Twitter : [@Ifsttar](https://twitter.com/Ifsttar)



Routes de France est l'organisation professionnelle des entreprises françaises de construction et d'entretien des infrastructures de mobilité et de l'espace public. Elle a pour mission de les représenter auprès des différents acteurs économiques, politiques et institutionnels. Elle est force de proposition notamment : pour impulser des projets de R&D innovants et des actions en faveur de la transition énergétique et de l'économie circulaire ; pour faire progresser collectivement les questions de santé et sécurité au travail ou encore promouvoir et valoriser les métiers de la route.

Ce secteur représente 160 000 emplois directs et indirects. En 2018, le chiffre d'affaires des entreprises adhérentes à Routes de France s'élevait à de 13,7 milliards d'euros.

Routes de France fédère 12 syndicats régionaux, relais territoriaux capables de proposer des solutions et une vision prospective en dialoguant avec tous les acteurs publics, privés et associatifs pour mieux préparer les infrastructures routières et l'espace public aux nouveaux usages et aux besoins de mobilité de demain.

Contact : Jean-Baptiste de Premare, délégué général de Routes de France – www.routesdefrance.com –
Twitter : @USIRF1



TDIE (Transport développement intermodalité environnement) est une association pluraliste coprésidée par Philippe Duron, ancien député du Calvados, et Louis Nègre, ancien Sénateur des Alpes-Maritimes, Maire de Cagnes-sur-Mer. TDIE rassemble professionnels et acteurs institutionnels du monde des transports de voyageurs et de marchandises pour faciliter une réflexion collective sur

les questions de financement, de planification, et d'évaluation des politiques de transport, mobilité et logistique. TDIE a vocation à éclairer les débats et les questionnements concernant les infrastructures et la mobilité : pour ses adhérents, attentifs aux orientations portées par les pouvoirs publics, et pour les pouvoirs publics, de niveau national, régional ou départemental, attentifs aux préoccupations des professionnels des transports.

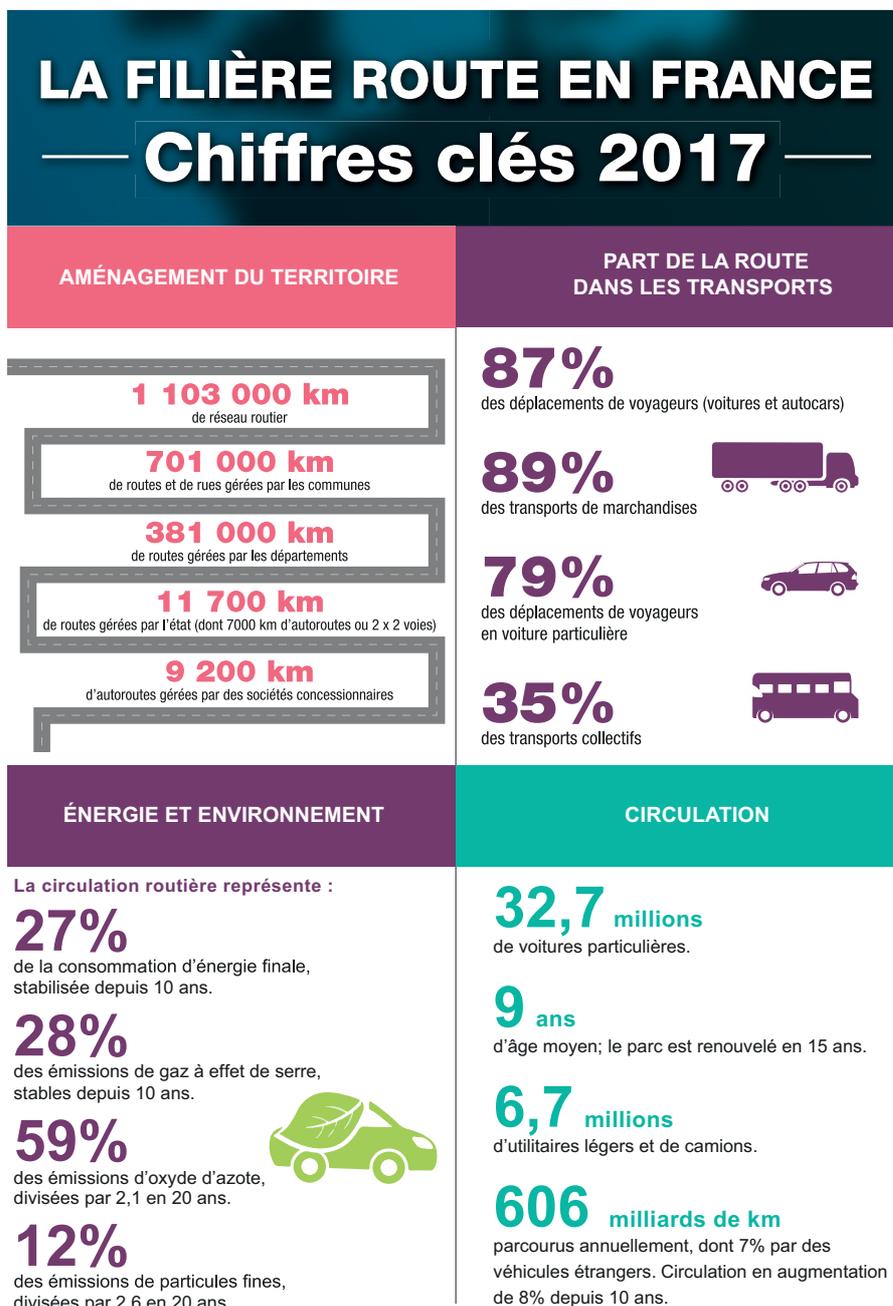
Contact : Pierre Van Cornewal, délégué général de TDIE – secretariat@tdie.eu – Twitter : @tdiethinktank

INTRODUCTION

La route multifonctionnelle, universelle

Routes et rues sont au cœur de la mobilité du quotidien. Elles assurent près de 90% des déplacements des personnes et des biens. « La route » est un terme générique qui regroupe des réalités et des caractéristiques très diverses en fonction, principalement, de ses usages et des acteurs qui en assurent la gestion. Voiries urbaines, périurbaines, interurbaines, autoroutes, sont adaptées à des besoins et des objectifs différents, qui vont de la desserte hyperlocale d'une adresse (qu'elle soit urbaine ou rurale) à la structuration de grands itinéraires.

Cependant, chacun de ces éléments contribue à la qualité principale de « la route » : le réseau routier qui en résulte offre une solution de mobilité universelle, sur un principe robuste, qui est de proposer une plate-forme de roulement praticable par n'importe quel véhicule – qu'il soit individuel ou collectif, qu'il transporte des voyageurs ou des marchandises.



Source : Faits et Chiffres 2017, URF

Support de multiples circulations, publiques et privées, individuelles et collectives, l'usage des routes et des rues évolue très rapidement et l'infrastructure routière est au cœur de mutations profondes dont les premiers signes confirment qu'elles doivent être pensées autant en termes de services et d'usages, que de réglementation et de politique publique.

Le citoyen du 21^e siècle cherche d'abord à optimiser ses déplacements, pour des raisons tant pratiques qu'économiques ou écologiques. Les pratiques de mobilités émergentes, VTC, « cars Macron », l'autopartage, le covoiturage, vélo et nouveaux modes de « glisse urbaine » réduisent les coûts et minimisent l'impact environnemental. Elles bousculent les modèles économiques existants, mais la route reste au cœur de toutes les mobilités : elle est un élément de cohésion territoriale et d'équité entre zones urbaines, périurbaines et rurales et un élément de patrimoine collectif indispensable à la mise en œuvre d'une stratégie de mobilité pour tous. Le développement de ces nouvelles mobilités appelle donc un nouveau regard des acteurs de la mobilité sur l'infrastructure «route».

Les nouvelles mobilités

Circulations dites « douces » ou « actives » (trottinettes, gyropodes, développement de l'usage du vélo, etc.), circulations décarbonées, véhicules connectés ou autonomes, gestion en économie collaborative, partage de véhicules, nouveaux modes d'exploitation de la route en transports collectifs ou publics. La notion de « nouvelle mobilité » ou « mobilité émergente » est très imprécise, et agrège des innovations de natures diverses, relatives à la motorisation, à l'autonomie, au mode de propriété, ou au type de déplacement.

Ces innovations ont aussi des conséquences sur les circulations relatives au transport de marchandises.

Un exercice collectif de réflexion prospective

Les assises de la mobilité organisées par le gouvernement à l'automne 2017 et le projet de loi LOM accompagnent un vaste mouvement de réflexion sur les mobilités ouvert depuis quelques années en raison de mutations profondes aux plans économique, géographique, technologique, environnemental et sociétal :

- La métropolisation des activités et des personnes, phénomène mondial, s'incarne en Europe et en France dans le développement des aires urbaines et l'intensification des besoins de mobilité sur des petits territoires.
- La conférence sur le climat de Paris (COP 21 – 2015) a permis à la communauté internationale de manifester dans des orientations collectives un engagement sans précédent pour la transition énergétique nécessaire à la préservation des grands équilibres climatiques actuels.
- Les technologies progressent, et si les véhicules motorisés sont encore générateurs d'émissions de GES et de particules, les progrès réalisés depuis deux décennies laissent entrevoir des marges de progression significatives pour les prochaines années.
- La révolution numérique génère de nouveaux modes de consommation, et contribue à favoriser l'émergence de la mobilité considérée comme une intégration des différents transports nécessaires à un déplacement, un trajet. Cette révolution accentue la différenciation territoriale des usages.
- Les innovations technologiques font émerger de nouvelles fonctionnalités de la route, hors du champ de la mobilité (route à énergie positive, récupération de chaleur).

Quelles sont les conséquences technologiques de ces perspectives d'évolution de la mobilité sur les infrastructures routières ?

Pour répondre à ces nouveaux besoins et contribuer activement aux dynamiques de changement, gestionnaires et constructeurs des réseaux routiers ont besoin d'évaluer l'ampleur et le rythme des mutations des usages et des technologies qui nécessiteront une contribution de l'infrastructure.

Les perspectives économiques et industrielles de mise en œuvre de ces innovations sont encore très incertaines. Elles portent trois grandes interrogations :

- Quel rôle jouera l'infrastructure routière et ses équipements dans les systèmes de mobilité de demain ? Faudra-t-il adapter, de manière homogène, tout le réseau à ces innovations, ou leur usage sera-t-il différencié selon les territoires ou les services attendus ?
- Peut-on aujourd'hui préciser des grandes étapes de court (5 ans), moyen (15 ans) et long terme (30 ans) pour envisager la mise en œuvre puis de la généralisation de ces innovations ?
- Quelle gouvernance pour assurer la faisabilité de cette adaptation des réseaux routiers en cohérence avec l'évolution des systèmes de mobilité ?

Industriels producteurs de véhicules, équipementiers, sociétés de service informatique, start-up,... de nombreux acteurs sont aujourd'hui déterminés à défendre leur vision de l'avenir des systèmes de mobilité routiers. La place de l'infrastructure y est souvent réduite au rang d'un support neutre qui ne nécessiterait aucune adaptation substantielle dans sa structure, dans ses équipements, ou dans ses modes de production.

Objectifs officiels de l'électro-mobilité

Le projet de programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) publié par le gouvernement en janvier 2019 propose l'objectif d'un parc de 2,4 millions de véhicules électriques et hybrides rechargeables en 2023.

Le contrat stratégique de la filière automobile proposé à l'Etat en novembre 2018 par le Comité Stratégique de Filière (CSF) automobile présidé par Luc Chatel vise quant à lui la multiplication par cinq d'ici fin 2022 des ventes de véhicules 100% électrique, ainsi que la volonté de déployer 100 000 bornes de recharge pour la même échéance.

La « révolution de la mobilité » appelle une réflexion sereine fondée sur la capacité des acteurs publics et privés à définir ensemble les orientations souhaitables, imaginer concrètement les solutions acceptables, et assurer leur mise en œuvre de manière soutenable. ATEC-ITS, IDRRIM, IFSTTAR, Routes de France et TDIE ont choisi d'analyser ensemble l'état des démarches prospectives portées par les différents groupes d'acteurs qui préparent la mobilité routière de demain.

Nouvelles mobilités, défis et enjeux pour les infrastructures routières



© COLAS - Michel Duperrex

Les nouvelles offres de mobilité - décarbonées, autonomes et connectées - constituent autant de systèmes autour du tryptique « véhicules, infrastructures, usages », faisant de la route de demain un système de systèmes.

Les premiers travaux permettent d'effectuer les constats suivants :

- Les nouvelles mobilités modifient en profondeur les chaînes de valeur, les acteurs du numérique bousculant potentiellement l'ordre établi ;
- Plusieurs horizons sont énoncés : électromobilité totale, véhicule totalement autonome, partage de l'usage et fin de la propriété des véhicules. La viabilité technologique et économique des solutions qui pourraient contribuer à atteindre ces horizons est encore trop incertaine pour envisager des déploiements massifs à court ou moyen terme ;
- Le modèle économique de ces solutions repose sur un double choix des décideurs publics et des consommateurs rendant leurs déploiements difficiles à prévoir dans le temps ;
- Le développement de ces technologies est au cœur d'enjeux stratégiques industriels mondialisés ;
- L'infrastructure se retrouve au centre de ces tensions.

Le questionnement récurrent pour les pouvoirs publics est le suivant :

Doivent-ils amplifier les transitions en cours en adaptant les infrastructures de façon proactive ou bien simplement encadrer les expérimentations pour permettre aux industriels d'adapter leurs solutions aux infrastructures actuelles ?

Trois notes de problématique : Routes et véhicules connectés, coopératif & autonomes ; Route et transition énergétique ; Route et transition numérique viennent éclairer ces questions.

ROUTE ET VÉHICULE CONNECTÉ, COOPÉRATIF & AUTONOME

Le véhicule autonome, longtemps considéré comme une utopie, a depuis quelques années envahi le débat public relatif au transport terrestre. Des expérimentations sont ainsi en cours sur le territoire, avec de nombreux territoires mobilisés pour les accueillir.

Répondant potentiellement aux attentes sociétales en matière de sécurité, confort et d'inclusivité en matière de déplacement ou encore de réduction des coûts du transport, le véhicule autonome n'est pourtant pas encore clairement défini et de nombreux verrous scientifiques et techniques restent à lever pour le voir impacter les transports au quotidien. En l'occurrence, la France a rendu publique le 14 mai 2018 sa stratégie nationale sur le développement du véhicule autonome en arrêtant des orientations pour l'action publique.

Ce concept côtoie d'autres concepts que sont les véhicules connectés et coopératifs, concepts plus matures et en cours d'encadrement au plan européen. Dans ce contexte, cette note vise à synthétiser ces enjeux et à éclairer le débat public sur le rapport tenu que les véhicules connectés, coopératifs & autonomes entretiennent avec l'infrastructure routière.

A. Définitions

Le véhicule autonome et le véhicule connecté sont deux concepts distincts qui pourront révolutionner l'usage actuel des véhicules routiers, qu'ils soient individuels ou collectifs, professionnels ou non.

Le véhicule autonome (ou automatisé, à délégation de conduite) est un véhicule où certaines commandes actives (accélérateur, freins ou volant) sont confiées à une intelligence embarquée. Au fur et à mesure des progrès technologiques, on imagine aujourd'hui différents niveaux de délégation de conduite (SAE 1 à 5) allant de l'assistance à la conduite jusqu'au véhicule totalement autonome et apprenant, sans volant et sans conducteur humain.

On distingue généralement trois types de véhicule autonomes : le véhicule particulier, le véhicule industriel et le véhicule de transport public. La solution NFI « Véhicule Autonome » avait identifié différents cas d'usage pour chaque catégorie et leur avait associé à un horizon temporel de commercialisation ainsi qu'une évaluation du défi à relever (NFI, 2015). La Figure 1 illustre le cas du véhicule particulier.

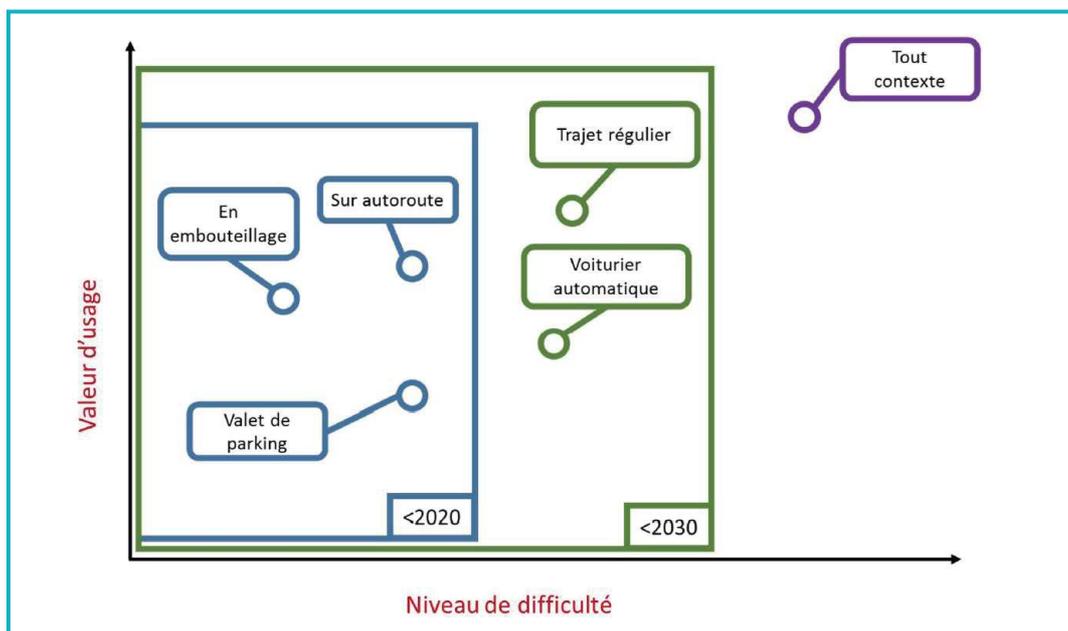


Figure 1. Cas d'usage du véhicule particulier imaginés par la solution NFI « véhicule autonome »

Le véhicule connecté ou coopératif permet, quant à lui, d'échanger des informations, d'une part avec les infrastructures et les autres véhicules (pour alerter en cas de danger ou de travaux) et, d'autre part, avec des services de mobilité (par exemple pour recevoir des informations sur les places de parking, sur les horaires de train à proximité des gares, sur les demandes de covoiturage, etc.). Les informations peuvent être fournies manuellement par un conducteur ou automatiquement par le système.

Ce qui différencie les notions de véhicule connecté et de véhicule coopératif est la notion de service associé. Le véhicule connecté permet l'émergence de nouveaux services au sens de la transition numérique (cf. fiche MIRE n°3). Quant au véhicule coopératif, il correspond à un cadre normatif européen issu de la Directive ITS de 2010, avec un certain nombre de services de mobilité prioritaires identifiés par la plateforme C-ITS, en particulier ceux relatifs à la sécurité : signalétique embarquée, événement inopinés et dangereux ou encore alertes sur chantiers.

Ainsi, véhicules connectés, coopératifs et autonomes sont des concepts distincts. Par exemple, les navettes autonomes actuelles ne sont pas connectées pour pouvoir circuler en site propre. Pour la Commission Européenne, il doit néanmoins y avoir convergence entre ces différentes technologies (cf. Figure 2), mais le marché, définis entre autres par les besoins réels des usagers, pourrait en décider autrement.

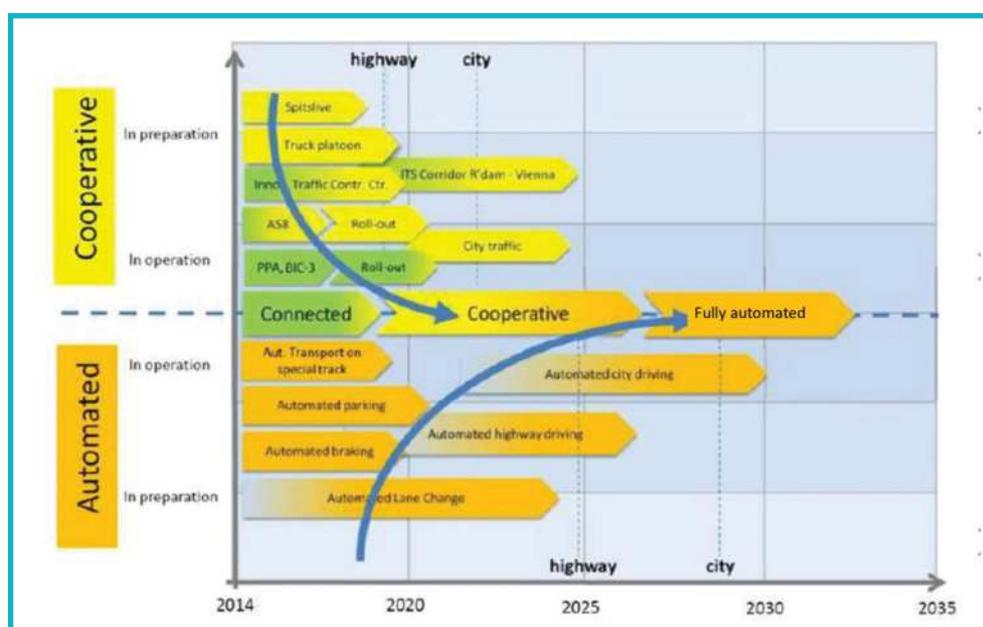


Figure 2. Convergence des 3 concepts : véhicule connecté, coopératif et autonome selon GEAR 2030

B. Enjeux sociétaux

Comme cela a été vu au paragraphe précédent, l'objectif principal affiché de ces évolutions programmées des véhicules est d'améliorer la sécurité routière en éliminant le principal facteur d'accidents : l'erreur humaine. Elles permettront également de réinscrire le véhicule dans la « chaîne de mobilité », notamment là où les transports en commun sont insuffisants ou trop chers à mettre en œuvre.

Le véhicule connecté et le véhicule autonome constituent donc – en théorie – une réponse aux enjeux sociétaux relatifs à la sécurité routière, à la mobilité et à l'« inclusivité », c'est-à-dire la nécessité d'inclure tous les individus dans la chaîne de mobilité (par exemple, permettre aux personnes âgées, dépendantes de la voiture pour se déplacer, de conduire, d'être mobiles le plus longtemps possible en sécurité).

C'est aussi une opportunité économique très importante, pour le transport routier de marchandises ou pour les transporteurs publics, qui pourraient abaisser leurs coûts en automatisant tout ou partie des tâches des conducteurs professionnels.

L'enjeu est également celui de la congestion, avec l'objectif affirmé de pouvoir mieux maîtriser la congestion routière et ainsi de contribuer à la réduction des émissions et du temps perdu dans les embouteillages. S'il est d'ores et déjà prouvé que la connectivité des véhicules permet d'atteindre ces objectifs, il n'est pas encore démontré que le véhicule autonome améliore la fluidité des réseaux, en tout cas à de faibles niveaux d'autonomie, d'autant plus si le coût du transport diminue. Au contraire, les études montrent plutôt une aggravation de la congestion routière, ce qui renforce l'idée pour certains que le véhicule autonome doit être connecté ou pour d'autres qu'il doit être admis à circuler uniquement sur des voies dédiées complémentaires ou non au moins sur autoroute.

Enfin, ces évolutions ne doivent pas se faire au détriment des enjeux de cybersécurité d'une part, et de respect des données à caractère personnel d'autre part.

C. Enjeux scientifiques et techniques

1. Intelligence embarquée et coopération homme-machine

Ces nouveaux véhicules mettent en jeu des technologies hypersophistiquées. Le véhicule autonome repose sur un ensemble de capteurs « proprioceptifs » (accéléromètres, GPS entre autres) et « extéroceptifs » (caméra, radar, lidar entre autres) qui lui permettent de se localiser et de percevoir son environnement proche, de façon à se maintenir dans sa voie de circulation et à éviter d'éventuels obstacles sur sa trajectoire.

Le véhicule connecté, quant à lui, est aujourd'hui muni de différents systèmes de communication. Dans le cas du véhicule coopératif, des systèmes dits G5 (un dérivé du Wifi) lui permettent de communiquer très rapidement à courte portée, tandis que des systèmes cellulaires (aujourd'hui la 3G ou la 4G) lui permettent de communiquer à plus longue portée mais avec des niveaux de latence plus élevés.

Dans un futur proche, toutes ces technologies sont encore amenées à évoluer fortement et à devenir plus interopérables. La maîtrise de la complexité logicielle et la capacité à démontrer la fiabilité de tous ces systèmes embarqués sont aujourd'hui au cœur des enjeux de recherche et développement au niveau mondial. C'est le débat actuel autour de l'intelligence artificielle.

L'argument principal concernant l'utilité du véhicule autonome en termes de sécurité routière est de diminuer le nombre d'accidents sur la route en retirant l'humain de la boucle et, de ce fait, en supprimant les risques liés au facteur humain. Cet argument doit être pris avec précaution car de nombreux problèmes n'ont pas encore été évalués.

En effet, l'automatisation totale (niveau SAE 5) n'est pas encore disponible pour les véhicules légers (de moins de 3,5 tonnes). Il faut donc prévoir des phases de transition entre les modes de conduite manuelle (conduite du véhicule par le conducteur) et autonomes (conduite du véhicule par ses systèmes de contrôles automatiques).

Par exemple, lorsque le conducteur délègue la tâche de conduite au système autonome (transition manuelle/autonome), il faut que le système soit dans une configuration dans laquelle il puisse prendre le contrôle. Dans le cas contraire, il est important que le conducteur – non professionnel – soit bien conscient que le véhicule n'a pas pu se mettre en conduite autonome. De même, durant les phases de reprise en main du véhicule par le conducteur (transition autonome/manuelle), il faudra s'assurer que le conducteur soit en état de reprendre le contrôle du véhicule et qu'il soit bien conscient que le véhicule n'est plus en conduite autonome.

La prise en compte de ces problèmes de connaissance de l'état du système par l'utilisateur sont classiques dans les domaines de la coopération homme machine et sont vitaux pour le véhicule autonome pour lequel les erreurs peuvent être fatales.

2. Quel rôle pour l'infrastructure routière et ses équipements ?

Du fait de son utilisation routière, le véhicule autonome continuera à interagir physiquement avec l'infrastructure et ses équipements, que ce soit sur des routes urbaines ou interurbaines. Mais, contrairement au véhicule conventionnel, il ne s'appuiera quasiment que sur ses capteurs pour décoder l'environnement dans lequel il évolue. La route traditionnelle, qui tient actuellement compte des capacités de perception du conducteur, doit encore évoluer pour s'adapter à ce nouveau type de transport.

Dans ce contexte, la performance constante et homogène de l'infrastructure sera-t-elle assurée et garantie au plus haut niveau sur la totalité du réseau ? Il est probable que le réseau routier comportera comme aujourd'hui des variations de performance, de niveau d'équipement, pour des raisons variées (choix politique et budgétaires, incidents divers). Pour garantir la fluidité des circulations, il est nécessaire d'amplifier les travaux de recherche collaborative visant à détecter, et le cas échéant quantifier, les besoins d'adaptation mutuelle entre équipements des véhicules et des infrastructures.

⇒ Des contraintes à anticiper

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 évaluer ou connaître toutes les caractéristiques de l'infrastructure, qu'il emprunte, pour circuler en toute sécurité.

Cependant, il peut lui-même remettre en cause les spécificités de l'infrastructure, par exemple en décidant une reprise en main du véhicule par le conducteur, du fait d'une difficulté liée à l'infrastructure ou encore en circulant de manière groupée et toujours au même endroit, un peloton de poids-lourds autonomes pourrait créer des dommages sur la chaussée, structurels et de surface (usures différentielles). De la même façon, en roulant de manière trop rapprochée, ils sont susceptibles d'impacter les ouvrages d'art qu'ils franchissent. Les équipements de la route, sont à cet égard notablement concernés.

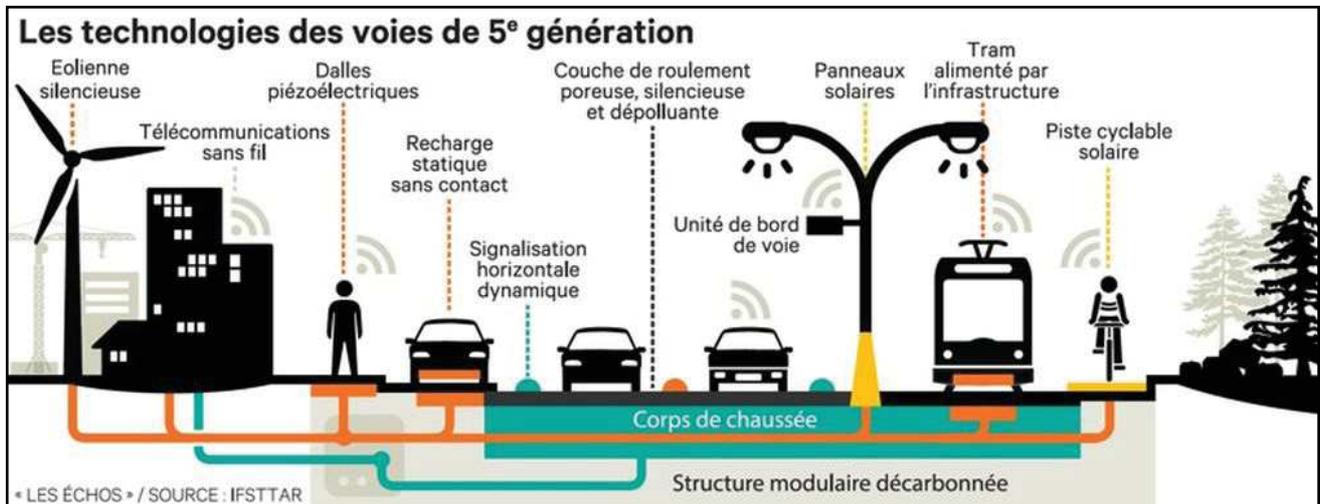
Par exemple, les marquages routiers, initialement conçus pour être visibles pour l'œil humain, seront utilisés par les véhicules autonomes, afin de se localiser précisément sur leur voie de circulation. Cela oblige à s'intéresser au lien qui peut exister entre performance des capteurs embarqués et performance dans le temps de la signalisation routière, conditions climatiques et d'éclairage. De tels enjeux soulèvent des questions sur le besoin ou non de réviser les normes relatives aux équipements de la route et les dispositifs de certification afférents.

⇒ La technologie numérique en renfort

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, mais aussi de gouvernance, notamment pour valider les changements. 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 devra être connectée avec les véhicules mais aussi les centres de gestion liés à la maintenance, au trafic et à la météo.



⇒ Une infrastructure nécessairement hybride

L'infrastructure pour le véhicule autonome sera hybride, c'est-à-dire à la fois physique et numérique. La connectivité de la route permettra à l'infrastructure numérique d'être mise à jour en permanence grâce à des unités de bords de route (technologie G5) ou à travers des réseaux cellulaires (de type 3G ou 4G). Si elle ne dispose pas de voies dédiées aux véhicules autonomes, cette infrastructure pourrait accueillir pendant une période de transition certainement très longue des véhicules avec différents niveaux d'autonomie (de 0 à 5) ainsi que des usagers vulnérables. Ces interactions devront se faire en toute sécurité tout en ne perturbant pas la fluidité du trafic.

3. Impacts

L'impact du déploiement du véhicule connecté, coopératif et autonome sur les niveaux de sécurité et la congestion urbaine ou l'occupation de l'espace public prête à généralement controverser et dépend à la fois du territoire considéré et des cas d'usage. Par exemple, il est clair que l'impact d'un déploiement massif de véhicule autonome de niveau SAE 5, capable de circuler sur autoroute au maximum de la vitesse réglementaire, impactera les formes urbaines et les modes de vie et conduira à développer d'autant les réseaux routiers.

Pourtant, ce genre de véhicules ne verra peut-être pas le jour. En effet, on est incapable de simuler finement sur le plan physique ces véhicules, car on ne connaît pas encore les capteurs susceptibles de les équiper et donc de les simuler physiquement et par conséquent d'en apprécier leurs performances. Pour autant, de tels véhicules n'impacteraient que très peu le niveau de sécurité routière globale, les réseaux autoroutiers étant déjà des réseaux sûrs.

Aujourd'hui, seuls les cas d'usage aux navettes urbaines circulant à petite vitesse et en sites propres font l'objet d'études réalistes et tendent à démontrer une complémentarité (et non une substitution) avec les transports en communs massifiés.

Plus mature, le véhicule coopératif, d'ores et déjà déployé sur un certain nombre de territoires (à l'instar du projet SCOOP@F déployé en Bretagne, sur l'A4, en Île-de-France, en Isère et sur Bordeaux), fait d'ores et déjà l'objet d'études impacts.

Les résultats de ces études seront bientôt publiés, mais le faible nombre de véhicule déployé rendra délicate la généralisation de ces résultats. De même, l'hyper sophistication des véhicules et de la route pose des questions de robustesse et de résilience en cas de défaillance des réseaux de télécommunications ou de perte de signaux GNSS.

D. Enjeux réglementaires et juridiques

De nombreuses fonctions peuvent être attribuées au véhicule connecté ou autonome : information du conducteur, aide à la réalisation d'une tâche de conduite, délégation partielle ou totale d'une tâche voire de l'intégralité de l'activité de conduite dans certaines circonstances et/ou sur certains réseaux. Mais le véhicule ne sera véritablement autonome que lorsqu'une intelligence artificielle embarquée lui permettra d'avoir une capacité d'auto-apprentissage et de prise de décision en fonction des connaissances acquises et de l'environnement de conduite, c'est-à-dire sans répondre de manière automatique à une situation préprogrammée.

L'accomplissement de ces fonctions nécessite la collecte de nombreuses données ainsi que des échanges éventuels avec des tiers pour atteindre les différents objectifs (délivrance d'information pour les systèmes coopératifs, opérations de réparation ou de maintenance à distance, éventuellement en temps réel, appel d'urgence, gestion du trafic, etc.). Mais la collecte et le traitement de ces données soulèvent un problème car ces dernières permettent le plus souvent d'identifier les conducteurs, directement ou indirectement.

Il est alors possible de tracer leurs parcours, de connaître leurs habitudes de déplacement, leur manière de conduire, parfois de caractériser des infractions aux règles de circulation routière.

Or ces données, juridiquement qualifiées de « données à caractère personnel », sont protégées par le droit interne et les droits européens, ceci alors même que les conducteurs peuvent être amenés à circuler dans le cadre de leur activité professionnelle. Le règlement communautaire pour la protection des données à caractère personnel (RGPD) qui est entré en application en mai 2018¹ impose notamment la prise en compte de cette protection dès la conception des systèmes (« Privacy by design »). À cette fin, des études d'impacts sur les risques d'atteintes aux données à caractère personnel devront être réalisées par les responsables de traitement et des mesures de remédiation mises en place. Cette protection doit être maintenue tout au long de la vie d'un système connecté permettant la collecte de données.

La délégation de tâches au système pose en outre des questions liées au maintien d'un conducteur humain au volant du véhicule en cas de délégation totale, et à la répartition des pouvoirs de contrôle et de direction du véhicule entre l'humain et le système, en cas de délégation partielle. Les principaux problèmes concernant cette répartition ont été évoqués précédemment. La réponse à ces questions aura un impact sur les responsabilités en cas d'accident.

Mais la circulation d'un véhicule en autonomie sur une voie ouverte à la circulation publique suppose en premier lieu la modification de traités internationaux sur la circulation routière (Convention de Vienne de 1968, applicable en France et Convention de Genève de 1949, applicable aux États-Unis). Des débats sont en cours à la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (ECE-ONU) afin de modifier ces textes. Le seul amendement acté à ce jour concerne la convention de Vienne et vise « les systèmes embarqués ayant une incidence sur la conduite du véhicule ». Le nouveau texte considère qu'ils sont réputés conformes aux exigences de contrôle et de maîtrise du véhicule par le conducteur imposées par cette même convention, s'ils répondent aux prescriptions techniques automobiles des textes internationaux ou s'ils sont neutralisables ou désactivables par le conducteur².

Ainsi, lorsque les aides à la conduite ne sont pas encadrées par la réglementation technique automobile, le conducteur doit pouvoir surmonter l'action du système en situation de conduite ou pouvoir le désactiver s'il ne souhaite pas l'utiliser.

Dans tous les cas, la présence d'un conducteur humain à bord du véhicule reste actuellement obligatoire. Les expérimentations sur le véhicule autonome sont en cours. En France, leur encadrement juridique a été consolidé, notamment en ce qui concerne la délivrance des autorisations afin de réaliser les expérimentations sur des voies publiques.

¹ Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données.

² Convention de Vienne, art. 8.5 bis nouveau, entré en application le 23 mars 2016.

Enfin, des failles de sécurité peuvent permettre des intrusions illégitimes, la captation de données personnelles, la modification des algorithmes et la prise de contrôle de tout ou partie du système de conduite, posant aussi la question des responsabilités. Les systèmes doivent donc présenter les meilleurs critères possibles d'intégrité et de sécurité pour respecter les droits des usagers, garantir la disponibilité et la qualité de l'information et prévenir les risques d'intrusion. C'est pourquoi des textes réglementaires et des processus de normalisation sont également en débat pour promouvoir la cyber sécurité des systèmes connectés. À cet égard, l'Agence européenne chargée de la sécurité des réseaux et de l'information (Enisa) a publié en décembre 2016 un guide de recommandations et de bonnes pratiques concernant les véhicules connectés³. Ces propositions visent à permettre la mise en circulation de véhicules offrant les meilleures garanties possibles contre les risques d'intrusion qui mettraient en danger les usagers de la route ou qui porteraient atteinte à leur liberté d'aller et venir anonymement.

E. Jeu d'acteur

On dénombre classiquement au moins cinq oppositions (intriquées) entre acteurs impliqués sur le développement du véhicule autonome.

1. Une filière automobile en recomposition

Alors que les équipementiers portent massivement le développement des technologies, qui représente 70 % de la valeur des nouveaux véhicules, ce sont pourtant les constructeurs automobiles qui doivent en assumer la responsabilité auprès des clients finaux. Cela pose des questions en termes de transfert de responsabilité et d'assurabilité de fait de ces nouvelles offres de mobilité autonome et connectée.

2. Transport public versus transport individuel

Le véhicule autonome est d'abord le fait des constructeurs automobiles qui se mobilisent fortement pour continuer à exister à terme face aux acteurs du numérique. La conséquence du développement de cette industrie du véhicule autonome conduit à une première opposition qui a trait aux cas d'usage du véhicule autonome et conduit notamment à opposer les défenseurs du transport public et les partisans du véhicule individuel.

Ce dernier doit-il être possédé ou partagé, à vocation particulière ou de transport public ? Ce débat vise principalement à limiter l'effet rebond en cas de déploiement massif en milieu urbain, c'est-à-dire empêcher le développement d'une nouvelle génération « d'autosolistes périurbains » qui serait encore plus massive que la précédente car comprenant les personnes dépendantes et les mineurs. De fait, ce débat met également en lumière les enjeux de fracture territoriale.

3. Équilibre entre le rôle de l'infrastructure et du véhicule

Un deuxième débat porte généralement sur l'équilibre entre les fonctions que doivent supporter les infrastructures et celles que doivent supporter les véhicules. Les tenants d'une approche entièrement fondée sur l'intelligence du véhicule considèrent que l'infrastructure est un frein au déploiement et donc qu'il faut pouvoir s'en passer. Les tenants d'une approche fondée sur l'intelligence de l'infrastructure pensent qu'au contraire, c'est une façon d'en maîtriser le déploiement.

Dans quelle mesure et dans quelle temporalité adapter les infrastructures pour permettre à ces nouvelles offres de mobilité de circuler ? Ce débat est à rapprocher des enjeux sur la standardisation des systèmes et l'avance certaine que possède en la matière l'industrie automobile par rapport à celle des infrastructures routières et de leurs équipements.

³ www.enisa.europa.eu/publications/cyber-security-and-resilience-of-smart-cars

4. Rapport de force entre l'Europe, les GAFAM et la Chine

Le développement du véhicule autonome est au cœur d'une guerre économique que se mènent les constructeurs européens de véhicules et les géants américains du numérique. Maitrisant les données, ces derniers veulent venir bousculer le marché automobile mondial dominé par l'Europe. De son côté, l'Europe, partisane d'une approche fondée sur un équilibre entre véhicule et infrastructure, tente de légiférer pour imposer des standards qui lui sont propres et de regagner sa souveraineté en matière de données, notamment cartographiques.

Enfin les géants chinois comme Huawei tentent d'imposer des technologies cellulaires de type C-V2X à même de phagocyter les solutions mises en place par les européens. Dans ce contexte, la France a choisi de se doter d'une stratégie spécifique au véhicule autonome complétée par un volet consacré au véhicule connecté. Cette stratégie, pilotée par une responsable de haut niveau en la personne de Anne-Marie Idrac, vise à associer l'ensemble de l'écosystème, y compris les acteurs en charge des questions liées aux infrastructures et à consolider la filière automobile française dans son ensemble.

5. Rôle de la puissance publique dans la mise en œuvre des expérimentations

Si les territoires sont désireux d'expérimenter ces nouveaux modes de transport et de développer in fine ou en parallèle de nouveaux services de mobilité, l'encadrement des expérimentations par la puissance publique maître d'ouvrage peut interroger. En effet, le développement de ces nouveaux services ou modes de transport impacte différemment différentes politiques publiques portées par différentes administrations. Selon le cas, l'administration est tantôt spectatrice, initiatrice ou régulatrice des expérimentations, ce qui peut rendre les arbitrages délicats à obtenir. Un rôle plus fort de l'administration semblerait pourtant attendu dans l'accompagnement des expérimentations, afin notamment de donner davantage de sens global à tous ces développements technologiques et ces expérimentations. Cette attente se trouve concrétisée récemment à travers la publication du rapport Idrac et le lancement de la mission idoine en 2018.

Conclusion et perspectives

Le développement de nouvelles offres de mobilité autour du véhicule connecté, coopératif et autonome vise a priori à résoudre une grande partie des enjeux sociétaux relatifs à la circulation routière, à savoir augmentation de la sécurité et réductions de la congestion et des externalités environnementales négatives. Ainsi, tout un écosystème industriel est en train de se mettre en œuvre au plan mondial et est de nature à bouleverser la chaîne de valeur actuelle. L'Europe et la France ne sont pas en reste, malgré un cadre réglementaire parfois jugé plus contraignant pour faire face aux géants américains et chinois.

Dans ce contexte, l'infrastructure routière et ses équipements se trouvent au cœur des enjeux de déploiement de ces technologies, que ce soit sur le plan technique, réglementaire, économique ou sociétale. Si à court terme c'est au véhicule de s'adapter aux infrastructures actuelles, la route et ses équipements doivent commencer à amorcer son évolution en se digitalisant progressivement, afin de ne pas devenir à moyen terme un frein à ces évolutions. Les expérimentations annoncées par le gouvernement français dans la lignée de la publication de la SNVA permettront soit d'accélérer le mouvement vers des cas d'usages pertinents et d'identifier les évolutions à accomplir en matière d'infrastructures routières et d'équipements associés, soit de ranger le véhicule autonome de niveau 5 dans le rayon des utopies où il demeurerait jusqu'à récemment.

Références :

- Objectifs de recherche, NFI Véhicule autonome, Juillet 2015
- Les véhicules communicants nécessitent-ils de nouvelles réglementations ? CGEDD, 2015
- L'automatisation des véhicules, IGA-CGEDD, Février 2017
- Véhicule autonome : accompagner la transition, IESF-VEDECOM, Septembre 2016
- Regards croisés sur le véhicule autonome, Dossier thématique IFSTTAR, Juin 2017
- Hautière, N., De-La-Roche, C. et Op-De-Beek, F. Comment adapter les infrastructures routières aux enjeux de la mobilité de 2030. In TEC : Transport Environnement Circulation, 217: 25-32, 2013.
- Lepert, P., Hautière, N., 2010. Projet DIVAS : Dialogue Infrastructure Véhicules pour Améliorer la Sécurité routière. Hermès.
- Hautière, N., Tattegrain, H., Guilbot, M. Véhicules connectés et autonomes : quels enjeux technologiques, juridiques et de sécurité routière ? Hygiène & Sécurité du Travail - No 246, pages 100-103, mars 2017.
- Hautière, N., L'infrastructure routière devra-t-elle être aussi intelligente que les véhicules ? TEC, N°231, 2016.
- Ehrlich, J., Gruyer, D., Orfila, O., Hautière, N. « Autonomous vehicle: the concept of high quality of service highway », in FISITA World Automotive Congress 2016, 26-30 September 2016, Busan, Korea.
- Stop Google, Franck Cazenave, Edition Pearson, 2014

ROUTE ET TRANSITIONS ÉNERGÉTIQUE & ÉCOLOGIQUE

Le secteur du transport et de la mobilité représente un tiers de l'énergie consommée en France et constitue à ce titre le premier secteur générateur de gaz à effet de serre. Les particules émises par certaines circulations routières contribuent également à la dégradation de la qualité de l'air. Ce secteur a consenti depuis 20 ans des efforts considérables pour réduire la consommation des véhicules et l'émission de polluants. Cette décroissance, s'agissant de la circulation routière, est due aux évolutions techniques générales et en matière de polluants, au durcissement progressif des normes « euro », notamment.

Dans un monde de plus en plus tourné vers les enjeux écologiques et dans une perspective en France de neutralité carbone à l'horizon 2050, cette tendance, en s'accroissant, pousse à de nouvelles mutations technologiques (électrification, pile à combustible...) et industrielles (emploi de matériaux nouveaux). Eu égard à la part majoritaire des transports par la route, de nouveaux progrès sont demandés aux acteurs concernés en matière de transitions énergétique et écologique, que ce soit à travers les véhicules ou à travers l'infrastructure et ses équipements.

Dans la vision actuelle, le trafic routier peut se décarboner en déployant de nouvelles motorisations et l'infrastructure peut y contribuer en intégrant les équipements nécessaires à la recharge ou à l'alimentation de ces nouveaux types de véhicule. Dans une vision encore plus proactive, l'infrastructure peut également produire et stocker tout ou partie de l'énergie nécessaire à son fonctionnement ou aux véhicules qui l'empruntent, voire contribuer à la transition énergétique d'autres secteurs, comme l'habitat.

Enfin, elle peut participer à la transition écologique en étant moins émissive, et en économisant les ressources naturelles nécessaires à sa construction, en recyclant et réemployant massivement les matériaux qui la composent ou en provenance d'autres industries.

A. Enjeux sociétaux

1. Consommation d'énergie et émissions de CO2 par la circulation routière

La consommation d'énergie finale des transports représente environ 33% de la consommation totale. Elle était pratiquement stabilisée depuis dix ans à environ 50 millions de tep ; on observe une légère décroissance en 2016 (chiffres URF Faits et Chiffres 2017). La circulation routière représente une grande partie de cette énergie consommée.

En plus de l'énergie de traction des véhicules s'ajoute l'énergie mobilisée pour produire et distribuer les biens et services associés à la route, comme les véhicules ou les équipements et serveurs pour gérer la mobilité. On parle alors « d'énergie grise », qui, dans le secteur des transports, est estimée comme plus importante que l'énergie directement consommée. Sans surprise, le secteur des transports et donc routier constitue à ce titre le premier secteur émetteur de CO2 (36 % des émissions de CO2 en 2017).

Dans le cadre de la transition énergétique, l'enjeu est de parvenir à contenir les émissions de CO2 en développant des mobilités pauvres en carbone tout en contenant la dépense énergétique globale⁴. D'autres mesures indirectes, comme le développement du covoiturage, le transfert modal ou encore la diminution de la congestion permettent également de contribuer à ces objectifs mais se retrouvent dans les autres fiches MIRE.

2. Raréfaction des ressources naturelles

Le recyclage et la réutilisation des matériaux est un sujet de préoccupation mondiale en raison de la raréfaction des ressources naturelles et du coût croissant de la mise en décharge des déchets. Les déchets de construction, de démolition et d'excavation sont générés par des activités de démolition et de construction.

De nombreuses normes de conception et d'entretien cherchent maintenant à respecter une spécification de performance, plutôt que de spécifier les matériaux à utiliser, ce qui permet l'incorporation de matériaux recyclés. L'équilibre entre offre et demande de combustibles fossiles est en train de changer.

La demande croissante des pays en développement associée à l'épuisement de certaines réserves et à des méthodes d'extraction pétrolière de plus en plus difficiles fait augmenter les prix. Cela affecte non seulement le prix des carburants pour véhicules, mais aussi le coût du bitume, ce qui influence le coût et les méthodes de construction.

3. Émissions polluantes

Trois facteurs sont responsables de la pollution de l'air dans les Métropoles : les activités économiques, le chauffage et les transports. Ces pollutions ont des impacts sur la santé très importants.

Selon une étude de Santé publique France (2016), 48 000 décès sont imputables chaque année à la pollution de l'air et aux particules fines en France soit 9 % de la mortalité du pays, ce qui représente un chiffre dix fois plus élevé que la mortalité routière. S'agissant des transports, les efforts constants pour réduire les émissions de la circulation routière notamment ne sont pas encore suffisants.

Alimentées à la fois par la périphérie et la ville dense, les pollutions de l'air et de l'eau générées par les circulations routières sont de plus en plus pointées du doigt. Il faut ajouter l'impact des pollutions sonores⁵.

4. Scénarios ADEME 2030 et 2050

L'ADEME avait élaboré en 2012 des scénarios 2030 et 2050 entremêlant nouveaux usages et nouvelles technologies et permettant d'atteindre l'objectif du facteur 4 en 2050.

En 2030, elle estime que chaque personne parcourra à peu près le même nombre de kilomètres qu'en 2010. Les services de mobilités à la demande se développeront fortement à partir de 2020 pour représenter 10 % des flux en 2030. Les véhicules électriques représenteront 4 % du parc. Le TRM continuerait à progresser mais ne sera désormais plus corrélé au PIB, grâce en partie à un meilleur report modal.

En 2050, les services de mobilité représenteront 30 % des flux de voyageurs en zone urbaine. Le flux de voyageurs en transports collectifs sera doublé par rapport à 2010. Les transports en deux roues seraient multipliés par quatre. Le parc de véhicules sera moins important et ceux-ci ne seront plus majoritairement possédés. Ils seront également mieux adaptés aux trajets considérés. Les véhicules à gaz d'origine renouvelable, notamment pour la longue distance, ou électriques à batterie, notamment pour les plus courtes distances, constitueront une majorité du parc.

Ces scénarios ne prennent pas en compte l'interdiction d'ici 5 à 10 ans des véhicules thermiques en milieu urbain, ce qui pourrait accélérer les transitions en cours. Les IESF, dans leur cahier de février 2018, proposent des éléments de stratégie allant dans le même sens.

B. Enjeux scientifiques et techniques

Pour accélérer la transition vers une mobilité décarbonée, l'enjeu est de parvenir à développer des systèmes complets de production-stockage-distribution d'énergie à même de supporter le développement de nouvelles formes de motorisations décarbonées. Dans ce contexte, la route elle-même peut constituer un maillon essentiel de tels systèmes, voire constituer un tel système intégré.

⁵Dans un rapport récent, l'Ademe (2016) estime que le coût sur la santé du bruit est d'environ 11,5 milliards d'euros, dont 89 % imputables au trafic routier.

1. Enjeux relatifs au développement des nouvelles motorisations et autres carburants alternatifs

Il est évident que l'enjeu primordial de la transition énergétique du secteur routier est celui du développement de nouvelles filières décarbonées. En effet, différentes filières autour des carburants alternatifs issus de la biomasse, de l'électricité ou de l'hydrogène sont en plein essor et la recherche fondamentale demeure très intense dans ces domaines. Ainsi, une équipe française a par exemple démontré en 2017 qu'il était possible de produire de façon industrielle (i.e solution à bas coût) du méthane à partir de CO₂ et d'énergie solaire (Rao, 2016). On parle désormais de carburant solaire.

Il est donc encore trop tôt pour effectuer des choix radicaux en termes de politiques publiques en la matière, comme imposer le véhicule électrique en milieu urbain. De fait, les comparaisons sont très complexes et doivent tenir de nombreux facteurs exogènes. Par exemple, l'impact du véhicule électrique sur les émissions de CO₂ doit tenir compte du mix énergétique qui varie selon les pays (voir Figure 1).

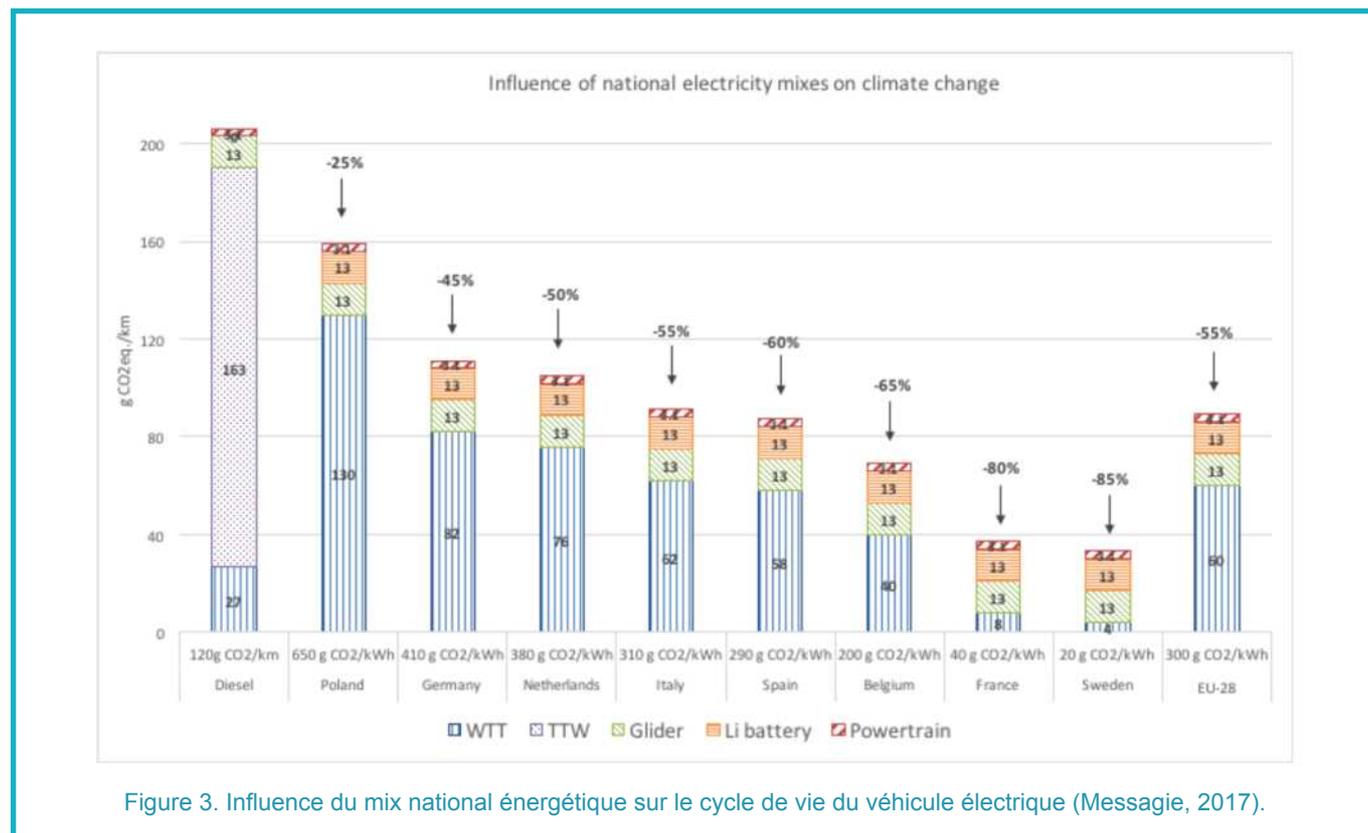


Figure 3. Influence du mix national énergétique sur le cycle de vie du véhicule électrique (Messagie, 2017).

Par ailleurs, la recherche et développement dans le domaine du véhicule thermique continue de plus belle. Les équipementiers comme Bosch consacrent la majeure partie de leurs budgets de R&D pour rendre le diesel plus propre. Il faut donc, comme pour le véhicule autonome, identifier des cas d'usage ou des niches pour les nouvelles motorisations décarbonées, afin de leur permettre de se développer progressivement et d'équiper les infrastructures en conséquence.

2. Enjeux relatifs aux infrastructures routières

⇒ Écoconception des infrastructures routières

L'enjeu majeur pour les infrastructures routières est celui de son écoconception. Il s'agit ainsi de minimiser le coût global de ces infrastructures en considérant l'ensemble de leur cycle de vie. Cela signifie par exemple d'amplifier le recyclage et le réemploi des matériaux, de favoriser le développement de procédés biosourcés n'empiétant pas sur la production alimentaire. Il s'agit également d'adapter les usines de production et de stockage de matériaux routiers pour faire face à ces mêmes enjeux.

On peut citer en guise d'exemple les enjeux liés à la logistique du bitume à froid et à sa mise en œuvre sous formes d'enrobés à basse température. Dans le domaine du recyclage des bétons dans la route, on pense aux enjeux de leur recarbonation conférant potentiellement à la route un rôle de puit de carbone.

Cette logique d'Analyse de Cycle de Vie est valable pour les différents enjeux déclinés dans ce qui suit, ce qui implique d'adapter également la commande publique pour favoriser l'émergence des solutions vertueuses.

⇒ Infrastructures pour la mobilité sans carbone

Les infrastructures de recharge sont à la fois la clé et le verrou de la mobilité sans carbone. Sur les trajets les plus courts, les progrès en matière de batterie devraient permettre de se contenter de points de recharge sur les lieux de travail et résidentiels, les freins à l'acceptabilité individuelle du véhicule électrique se levant progressivement. Pour permettre aux véhicules décarbonés de se développer sur les plus longs trajets, il faut pouvoir disposer d'infrastructures de distribution énergétique ou de recharge adaptées aux besoins. Les stations de distribution de gaz sont encore très rares sur le territoire. Quant aux infrastructures de recharge dynamique des véhicules électriques en mouvement, l'objectif est encore de pouvoir parvenir à démontrer leur faisabilité sur route ouverte, pour aller au-delà des démonstrateurs existants, ce qui passe notamment par une normalisation des différents systèmes.

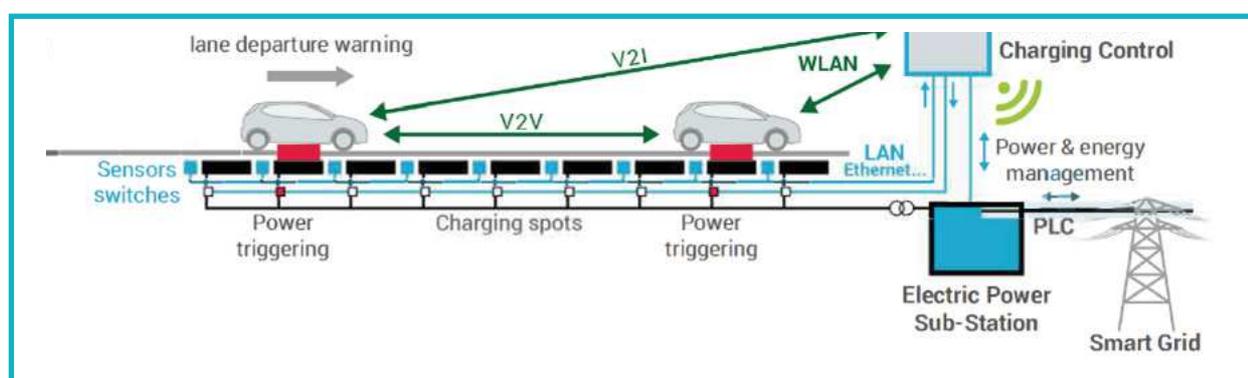


Figure 4. Infrastructures de recharge dynamique des véhicules électriques en mouvement

⇒ Production d'énergie alternative ou renouvelable

Les surfaces routières et leurs dépendances vertes occupent une surface importante du territoire. Elles peuvent d'ores et déjà être exploitées pour produire des énergies alternatives comme le biométhane ou des énergies renouvelables via des éoliennes ou des panneaux solaires. A titre d'exemple, recouvrir les 12 000 km² occupées par les réseaux routiers de panneaux solaires permettrait de produire annuellement la même quantité d'électricité qu'EDF.

⇒ Stockage d'énergie renouvelable

Pour gérer l'intermittence des sources d'énergie comme le vent ou le soleil, il faut pouvoir stocker l'énergie quand elle est abondante et la restituer quand elle vient à manquer. On imagine pouvoir exploiter les batteries des véhicules électriques à l'arrêt (la nuit par exemple) pour cela. D'autres solutions peuvent être imaginées tirant partie des infrastructures routières. On peut ainsi stocker la chaleur sous les routes à l'aide de solutions géothermiques. On peut aussi songer à transformer les ponts en Station de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP), i.e intégrer des conduites forcées sur les ouvrages d'art que l'on viendra actionner en cas de besoin énergétique.

⇒ Autres usages

Outre l'alimentation des véhicules, la route peut exploiter les énergies renouvelables pour optimiser sa consommation énergétique directe. On pense ainsi à l'éclairage public, à l'alimentation des systèmes de bord de voies (télécommunications, panneaux à message variable, etc.) ou encore à la viabilité hivernale (voire demain estivale).

Enfin, les routes sont généralement proches des habitations afin de mieux les desservir. L'énergie captée par la route peut donc également être mise à profit pour optimiser l'efficacité énergétique des bâtiments proches, voire contribuer à lutter contre les îlots de chaleur urbains en été.

De même, les surfaces routières peuvent contribuer plus activement à la réduction des émissions polluantes et sonores. Les enrobés dits « phoniques » continuent à progresser en termes d'efficacité et de durabilité, et par conséquent leurs usages se démocratisent sur les grands axes routiers.

Enfin, les matériaux photocatalytiques de nouvelle génération, capables de dégrader efficacement les particules polluantes contenues dans l'air et l'eau, pourraient être testés sur route ouverte d'ici 2020.

3. Gestion intelligente ou « smart grid »

Pour opérer ces systèmes complexes de production-stockage-distribution d'énergie en fonction de la demande et de la météo, il faut pouvoir connecter tous ces systèmes entre eux afin de mettre au point les lois de contrôle puis de les mettre en œuvre. Dans ce secteur également, les enjeux de digitalisation et de traitement des données massives sont donc à nouveau présents.

C. Enjeux fiscaux et réglementaires

Le secteur de l'énergie est au cœur d'un arsenal fiscal et réglementaire complexe que les IESF décryptaient en 2013. Les recettes de l'État en dépendent en grande partie. Quant à la réglementation, elle demeure complexe mais est de nature à orienter le système énergétique vers une production plus durable tournée vers les énergies pauvres en contenu carbone.

1. Fiscalité

Selon les IESF (2013), l'énergie supporte une fiscalité importante et différenciée selon les formes d'énergie. Les pouvoirs publics ont ainsi un levier d'action très significatif sur les prix. Cette action des pouvoirs publics sur les prix par la fiscalité ou les aides est un moyen essentiel pour orienter les acteurs vers les solutions énergétiquement souhaitées.

2. Déploiement d'infrastructures

Le déploiement des infrastructures de distribution énergétique, de recharge électrique ou de production d'énergie renouvelable sont très réglementées. L'instruction des demandes d'installation les plus importantes sont généralement longues, car soumises à étude d'impact. Il est trop tôt pour savoir si régénérer des infrastructures existantes et leur greffer de nouvelles fonctions liées à la transition énergétique permet de simplifier ou non les démarches et d'accélérer les transitions.

3. Qualité de l'air

Outre une fiscalité spécifique, les véhicules décarbonés pourraient bénéficier de mesures réglementaires visant à interdire les véhicules thermiques d'ici 5 à 10 ans. Cette mesure, non anticipée dans les scénarios présentés lors de la COP21, sont étroitement liés aux enjeux de qualité de l'air en milieu urbain et non de transition énergétique. Ils peuvent néanmoins contribuer à accélérer le déploiement des véhicules électriques.

D. Jeu d'acteur

La transition énergétique du secteur des transports au cœur d'un certain nombre de tensions entre acteurs industriels mais également géopolitiques.

1. Constructeurs et équipementiers automobiles

Le jeu d'acteur principal est celui des constructeurs de véhicules (RENAULT a choisi très tôt d'investir dans le véhicule entièrement électrique) et à la clé la constitution de filières décarbonées incarnées par les équipementiers automobiles.

Un équipementier comme Bosch continue à investir sans compter dans les technologies comme le diesel, quitte à créer des scandales retentissants, tandis qu'un équipementier comme Valeo investit fortement dans le véhicule électrique.

2. Producteurs d'énergie vs gestionnaires d'infrastructure

Compte tenu de la prééminence d'un acteur comme EDF, un scénario d'indépendance des gestionnaires d'infrastructures routières vis-à-vis des producteurs d'énergie semble peu vraisemblable, tant ils sont dépendants à court terme du tarif de rachat de l'électricité par l'opérateur national de référence. Dans un schéma de rupture, on peut imaginer que des géants du secteur énergétique, d'ores et déjà présents dans le secteur routier prennent part à cette transition et que les schémas entièrement décentralisés de production énergétique puissent permettre d'atténuer l'influence et le rôle des industriels de l'énergie aujourd'hui prééminents.

3. Concurrence entre énergies alternatives

Les filières du véhicule électrique, à hydrogène, à gaz constituent autant de silos industriels. Certains territoires en viennent déjà à se spécialiser, à l'image des Hauts de France sur l'hydrogène. Dans ce contexte industriel foisonnant et pourtant incertain, les choix faits par l'État en matière de fiscalité seront primordiaux pour assurer un développement cohérent et équitables des différentes solutions.

4. USA vs. Europe vs. Chine

Des géants du véhicule électrique se dessinent au plan mondial, notamment en Chine ou aux USA. L'Europe tente de résister en construisant sa propre industrie de la batterie. La France n'est pas en reste avec l'émergence d'une filière en la matière. Pour EDF, la solution passe aussi par un équipement en dispositifs de recharge à grande puissance le long des axes routiers principaux, permettant un meilleur compromis que le tout batterie promu par certains.

Ces solutions sont aussi une solution pour réduire la dépendance de l'Europe aux terres rares, matériaux dont la Chine possède la majorité des gisements.

Conclusion et perspectives

Dans le cadre des politiques de lutte contre le changement climatique et des engagements pris lors de la COP 21 à Paris en 2015, il est impératif que la route poursuive sa transition énergétique et parvienne à réduire ses émissions de gaz à effet de serre et sa consommation de ressources naturelles. Les perspectives sont à la fois nombreuses, tant pour le véhicule, ses usages, que pour les infrastructures de stockage, de recharge ou de roulement, pour faire de la route un système éco conçu de production-stockage-distribution d'énergie pauvre en carbone.

Ce sujet s'avère néanmoins complexe compte tenu de la complexité du régime fiscal de l'énergie et du jeu d'acteur aux plans national et international. Toutefois, à l'instar des autres enjeux en cours dans le secteur routier, l'infrastructure routière peut y contribuer utilement en faisant évoluer ses métiers. On pense en particulier aux enjeux autour de l'économie circulaire et du développement des smart grid énergétiques.

Références :

- Messagie, M. Life cycle analysis of the climate impact of electric vehicles, Transport & Environment, Octobre 2017
- «Visible-light-driven methane formation from CO2 with an iron complex» Heng Rao, Luciana C. Schmidt, Julien Bonin and Marc Robert, Nature, 48 (2017) DOI: 10.1038/nature23016.
- Rifkin, J. La troisième révolution industrielle. Edition Palgrave Macmillan, 2012
- Pitron, G. La grande bataille des métaux rares, 2017
- L'énergie à découvert, Éditions CNRS
- Benard, C. La poutre et la paille écologiques, 2015.
- ADEME, Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050, 2012
- Chancel, L., Pourouchottamin, P. L'énergie grise : la face cachée de nos consommations d'énergie, IDDRI Policy brief, N°4, Mars 2013
- IESF, Pour une mobilité sans carbone – Quelle stratégie ? Février 2018
- IESF, Transition énergétique : un regard complet sur les coûts, les performances, la flexibilité et les prix des énergies, cahier n°11, Février 2013
- Hautière, N. La route à énergie positive : gageure ou nécessité ? Rencontre de la mobilité intelligente, ATEC, 2015
- Santé publique France (2016). Impacts sanitaires de la pollution de l'air en France : nouvelles données et perspectives. Rapport d'étude
- ADEME (2016). Coût social du bruit en France. Rapport au Conseil National du Bruit.

ROUTE ET TRANSITION NUMÉRIQUE

À l'image d'autres secteurs, la route est fortement impactée par l'irruption des technologies du numérique. Mieux connectées à ses usagers et ses exploitants, les routes seront en principe mieux utilisées et entretenues. En particulier, de nouveaux usages (covoiturage, auto et vélo partagé, VTC, etc.) peuvent s'y développer. Pour parvenir à cette synergie nouvelle entre offre et demande de mobilité, les défis demeurent nombreux aux plans sociétal, technique et réglementaire. Dans ce contexte, l'objet de cette note est de parvenir à synthétiser ces différents enjeux, afin d'éclairer la décision publique en la matière et de faire en sorte que la transition numérique soit bénéfique pour ceux qui dépendent de la route.

A. Enjeux sociétaux

1. Évolution de la mobilité

Si le développement des activités économiques a longtemps eu pour conséquence l'accroissement des infrastructures de transport et la multiplication des véhicules, notamment individuels, sans une réduction des impacts, ce modèle n'est plus tenable à cause des externalités environnementales négatives engendrées. Le bruit, la pollution, les émissions de GES, la congestion, l'épuisement des ressources naturelles sont autant de facteurs obligeant à penser différemment le transport. Il faut donc désormais faire mieux avec moins, ce qui change le paradigme du transport. Depuis bientôt dix ans, on parle désormais de mobilité plutôt que de transport, voire de mobilité intelligente.

En effet, c'est le smartphone qui a permis et permet toujours cette révolution en reliant usagers et moyens de déplacement. On parle désormais de mobilité « servicielle », notion qui englobe toute une liste de services de mobilité qui ne cesse de s'allonger (covoiturage, autopartage, flottes de VTC, livraisons, etc.). Celle-ci se développe en milieu urbain, mais les territoires ruraux, à la condition limite d'être bien couverts sur le plan numérique, ne sont pas en reste. Pour Amar (2016), le smartphone devient ainsi le mode d'emploi des territoires pour se déplacer.

2. Évolution de l'action publique

La conséquence de cette révolution numérique dans les transports est l'émergence d'un nouveau mode d'action publique fondé sur la construction de communs numériques, à même de réviser de nombreuses politiques publiques relatives à l'usage de l'espace public. Sous la pression du numérique, le rôle de l'État va devoir se transformer progressivement avant que d'autres ne le supplantent (Bertholet & Letourneau, 2017). Il se doit désormais de fixer un cap en terme d'innovation fondé sur le déploiement du numérique dans les territoires, qui se doit de profiter équitablement à tous et pas seulement aux géants du numérique.

Ce nouveau rôle constitue une exigence nouvelle pour l'État qui se double d'une exigence de transparence accrue pour répondre à la défiance de l'opinion publique vis-à-vis de l'expertise publique. Certains métiers sont ainsi amenés à évoluer, voire à disparaître avec l'automatisation croissante de certaines tâches. D'autres métiers vont naître de cette transformation digitale, ce qui rend d'autant plus difficiles à appréhender la gestion des compétences, l'impact sur l'emploi et la formation professionnelle.

B. Enjeux scientifiques, techniques et d'innovation

Pour mener à bien cette révolution numérique, les enjeux sont multiples. On pense à l'émergence de nouvelles technologies clés, comme l'internet des objets. Au plan scientifique, le développement de l'intelligence artificielle pose de nombreuses questions, y compris éthiques (cf. enjeux du véhicule connecté, coopératif et autonome). Du point de vue de l'innovation, l'écosystème doit encore se développer pour faire émerger des acteurs français de taille suffisante face aux géants américains ou asiatiques.

1. Technologies clés

On distingue a minima trois technologies clés dans cette révolution numérique : internet des objets, gestion des grandes bases de données collaboratives et jumeau numérique des territoires.

⇒ Internet des objets

La première technologie concerne le développement des objets connectés et de l'internet des objets (IoT). Le plus connu des objets connectés est aujourd'hui le smartphone mais le défi actuel est de parvenir à connecter un maximum d'objets ou à développer de nouveaux capteurs pour densifier les mesures. On pense par exemple à la mesure de la qualité de l'air, du niveau de visibilité, de l'état de la surface...

Dans le domaine de la route, les véhicules et les usagers de la route sont d'ores et déjà connectés, mais bientôt la signalisation peut également devenir connectée, tout comme les matériaux grâce aux progrès des nanotechnologies. Il faut ensuite mettre en réseau ces objets à l'aide de technologies, qui évoluent également de leur côté.

Si aujourd'hui, on parle du déploiement de la 4G cellulaire et des réseaux Lora ou Sigfox, demain de nouvelles technologies de télécommunications cellulaires dites 5G promettent la démultiplication des objets connectés en rapprochant les mondes de l'IoT et du cellulaire. Néanmoins, la démocratisation de ces technologies se pose selon les types de territoires, à l'image des zones blanches pour la téléphonie cellulaire actuelle.

⇒ Plateformes numériques, big data et IA

Si les objets connectés se multiplient et leurs usages s'amplifient, la quantité de données générées et transmises à chaque instant va continuer à croître exponentiellement. C'est tout l'enjeu du « big data » que de parvenir à en modéliser tout ou partie pour rendre plus intelligibles les éléments reçus et in fine de pouvoir prendre des décisions éclairées. Sinon le risque est de vite se retrouver noyé sous ce déluge d'informations et de laisser le soin à l'IA de prendre seule la décision. C'est tout le défi des algorithmes fondés sur l'intelligence artificielle, qui ne peuvent converger correctement qu'à condition de leur injecter des milliards de données.

⇒ Jumeau numérique des territoires

La troisième technologie clé est le système d'information géographique adapté à la visualisation des informations massives. Selon le domaine applicatif, on parle d'infrastructure digitale, de jumeau numérique, de maquette numérique ou encore de BIM. L'enjeu actuel est de parvenir à développer des standards métiers qui ne soient pas propriétaires au plan informatique mais aussi de pouvoir qualifier la précision réelle des capteurs utilisés pour alimenter les bases de données, comme les LIDARs pour l'auscultation routière. Sinon, le coût de transaction associé à ces systèmes propriétaires sera pénalisant à terme pour la collectivité.

Dans le domaine routier, la notion de BIM infrastructure – qui vise à intégrer les processus de conception, construction et gestion – commence tout juste à se développer en particulier pour la conception. Elle ne doit pas pour autant être confondue avec la notion d'infrastructure digitale développée par ou pour les ITS coopératifs et le véhicule autonome ou connecté. La convergence entre ces deux concepts est un enjeu, à savoir parvenir à connecter le BIM infrastructure avec les capteurs embarqués dans les véhicules connectés.

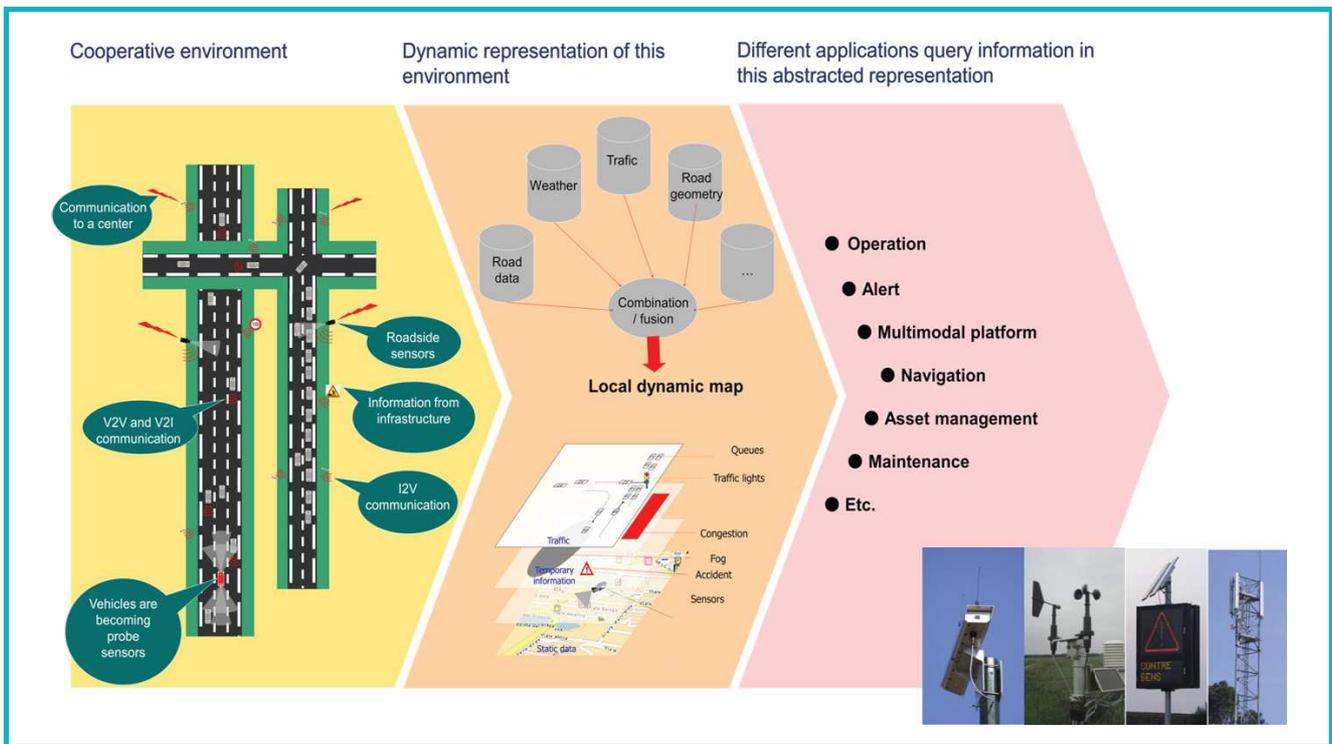


Figure 5. La route connectée, ses équipements et son jumeau numérique en back-office

2. Mise au point de nouveaux bouquets de services pour la mobilité

Les nouveaux services qui naissent de la digitalisation des transports visent à mettre en adéquation offres de mobilité et demandes de déplacement. Il y a à la clé pour les collectivités locales un ensemble de leviers pour développer de nouveaux services de mobilité et pour optimiser leurs politiques de maintenance et d'investissement. Au-delà de la notion de ville intelligente, c'est plus généralement la notion de territoire intelligent qui se dessine peu à peu. Toutefois, tous les territoires ne pourront peut-être pas s'offrir ces nouveaux services, faute d'accès au numérique.

⇒ Mobilité servicielle

Le numérique permet de passer de la possession d'un moyen de transport à son usage. Il permet aussi d'adapter le moyen de transport au besoin. Différents services de mobilité des biens comme des personnes innovants voient ainsi le jour quotidiennement. Toute la difficulté pour ces services est de mettre en correspondance offre et demande. En caricaturant le processus d'innovation actuel, chaque algorithme de mise en correspondance mis au point peut potentiellement donner naissance à une jeune pousse qui sera ensuite hébergé dans un incubateur géant, à l'image de Station F. Difficile dans ce contexte pour l'utilisateur ou l'entrepreneur qui veut expédier ses produits de s'y retrouver. Pour relever ce défi, l'idée est de pouvoir leur offrir un bouquet de services simple à utiliser, grâce notamment au smartphone. C'est la notion de MaaS (Mobility as a Service).

⇒ Réseaux serviciels

Un autre concept encore en développement est celui des infrastructures servicielles ou IaaS (Infrastructure as a Service). Ces infrastructures de nouvelle génération seraient de fait optimisées pour répondre aux usages, grâce à une bonne connectivité et une fourniture d'énergie en circuit court. Parmi ces infrastructures de nouvelle génération, on retrouve le concept de « smart grid » qui permet de gérer finement les consommations énergétiques. Leur maintenance serait également optimisée. Les matériaux pourraient également être optimisés en fonction des besoins détectés in situ. Par exemple, un lieu régulièrement touché par des pollutions aux particules fines pourrait ainsi se voir être doté de matériaux dépolluants. C'est le concept de route adaptable ou évolutive.

3. Évolution des métiers

Le numérique et l'automatisation des processus qu'il autorise est de nature à impacter l'ensemble des métiers du secteur des transports, notamment routier. Les métiers de l'exploitation et de la maintenance sont concernés en premier lieu, mais ceux de l'expertise sont également concernés.

C. Enjeux réglementaires

1. Protection des données personnelles

Le premier enjeu réglementaire lié au numérique a trait à la protection des données personnelles, qui est un enjeu commun au véhicule connecté. Le lecteur peut ainsi se référer à la note de problématique MIRE n°1.

2. Accès aux données

Le deuxième enjeu concerne l'accès aux données ou autrement dit la constitution de de communs numériques. Quelles sont les données qui peuvent être partagées par la collectivité ou par les industriels ? Qui peut les exploiter et à quelles conditions ? Pour dépasser ce débat parfois houleux se greffe le concept de fabrique, à l'image de la « fabrique des mobilités » animée par l'Ademe, qui permet de proposer un cadre pour passer à l'action et innover tout en respectant les règles.

Plus ponctuel dans le temps, le concept de hackathon de données se développe afin de résoudre un problème précis, par exemple d'un territoire en proie à des soucis de congestion et qui cherche à trouver une solution collective à ses problèmes. Concepts encore plus récents, les concepts d'intraprenariat ou de start-up d'État permettent d'innover tout en levant les obstacles liés au statut des données. En effet, l'enjeu principal que pose l'open data est celui de la souveraineté, parfois nationale. Il rejoint en cela celui de la fiscalité.

3. Fiscalité

Le souci principal du numérique et de l'économie de plateforme est celui de la fiscalité pour accompagner le bouleversement de la chaîne de valeur qu'il engendre. Pour l'instant, les grandes plateformes numériques peuvent échapper à la fiscalité nationale en étant hébergées dans des pays où la fiscalité est très peu pénalisante. Ainsi, le risque pour les territoires est de mettre à disposition des données permettant à des sociétés hébergées dans des paradis fiscaux de générer des profits sans contreparties. Certaines d'entre elles peuvent en outre contribuer à détruire tout ou partie de l'économie réelle des territoires où le service est déployé. Une approche Européenne est nécessaire et urgente sur ce sujet.

Dans le domaine routier, cela permettrait d'éviter à des sociétés basées à l'étranger de développer des services sur des territoires sans tenir compte de leurs spécificités, à l'image de l'application Waze qui détourne régulièrement du trafic VL devant les écoles ou du trafic PL sur des routes non dimensionnées pour ce type de trafic.

D. Jeu d'acteur

Les jeux d'acteurs rejoignent principalement ceux liés à la fiscalité, mais le renouveau de l'action publique peut avoir d'autres conséquences dans le domaine routier.

1. AOM vs. plateformes numériques vs. usagers

Il y a un risque non nul pour les AOM de plus pouvoir remplir leurs missions correctement. À l'image des utilisateurs de Waze, les AOM peuvent devenir tributaires des plateformes numériques. L'enjeu pour elles est donc d'en tirer le meilleur parti et par conséquent de développer un bouquet de services plus attractif (quel service prioritaire à développer et pour quel modèle économique) que celui des plateformes étrangères.

Au milieu de ce jeu d'acteurs, on trouve les usagers qui peuvent se regrouper au sein de collectifs ou sont groupés de fait (car ils travaillent au même endroit par exemple). Ces usagers par le pouvoir que leur confère la donnée ouverte peuvent ainsi influencer la décision publique pour réclamer de meilleurs services ou bien s'opposer à certaines décisions.

2. Experts versus innovateurs

Un deuxième jeu d'acteurs concerne l'action publique et peut conduire à terme à opposer expertise publique et innovateurs. Si le pilotage actuel des politiques publiques, notamment dans le domaine des infrastructures de transports, repose encore sur une expertise publique forte, qu'en sera-t-il demain dans le cadre de territoires fortement instrumentés ? La décision publique reposera-t-elle sur des algorithmes mis au point par des start-up ou bien le rôle des experts est-il condamné à disparaître, fragilisant encore certains territoires ? Va-t-on vers une expertise augmentée par les nouvelles technologies ou bien va-t-on vers une expertise appauvrie et déshumanisée ? Voilà quelques questions qui interrogent déjà les ministères en charge des politiques publiques qui traitent des questions de transport (Aubin, 2018).

Conclusion et perspectives

Le numérique constitue une opportunité certaine pour mettre en adéquation offre et demande de déplacement, déployer de nouvelles formes de mobilités plus connectées et plus autonomes, plus propres et par la même optimiser les infrastructures qui supportent ces mêmes déplacements en matière d'entretien mais aussi d'énergie et d'environnement.

On assiste par la même occasion à une évolution de l'action publique via la donnée. Les enjeux sont multiples et concernent à la fois le développement de technologies clés notamment les objets connectés, la mise au point de nouveaux services de mobilité et de logistique (notamment en milieu urbain), ainsi que la réglementation, notamment la fiscalité.

Enfin, cette révolution numérique met en tension différents acteurs publics, que ce soit les décideurs ou les experts. Les conséquences de la digitalisation de la route sont potentiellement gigantesques. Il convient à la fois de saisir les opportunités tout en écartant les menaces que font peser sur ce secteur certains acteurs hégémoniques.

Références :

- Villani, C. Donner un sens à l'intelligence artificielle (IA). Rapport MESRI, Mars 2018
- Amar, G. Homo mobilis – Une civilisation du mouvement. Editions fyp, 2016
- Flonneau, M., Levesque, S. Choc de mobilités. Descartes & Cie, 2016
- IESF, La mobilité refondée avec le numérique, novembre 2015
- Bertholet, C., Létourneau, L. Ubérisons l'Etat ! Avant d-que d'autres ne s'en chargent, Armand Colin, 2017
- Aubin, P.-C. Intelligence artificielle et Réseau Scientifique et Technique, thèse professionnelle, MS PAPDD, 2018

Quelle performance de la route au service de la mobilité pour tous ?



© COLAS - Olivier Farré

Une approche patrimoniale de la route, au service des mobilités du quotidien d'aujourd'hui et de demain

La route est un maillon indispensable de l'intermodalité. Son fonctionnement optimal repose sur la complémentarité des opérations mises en œuvre par les différents acteurs qui définissent les besoins, construisent l'infrastructure, la financent, l'entretiennent, ou en réglementent les usages. Deux grandes questions ressortent lorsque l'on examine les perspectives d'évolution des mobilités des prochaines années :

- Comment appréhender de manière collective les évolutions que la route devra intégrer, pour assurer sa performance d'usage et garantir ses grandes fonctionnalités d'intérêt général ?
- Avec quels outils les acteurs responsables du fonctionnement du réseau routier peuvent-ils en assurer la performance, et se projeter dans la perspective des évolutions préfigurées par les nouveaux usages, les nouvelles technologies, et les attentes sociétales ?

Pour répondre à ces questions, les principaux acteurs de « la route » se sont associés lors des assises de la mobilité.

Cette réflexion collective confirme une orientation majeure portée par des initiatives récentes des gestionnaires, maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre et opérateurs de travaux routiers, avec notamment la création de l'IDRRIM (2010) et la mise en œuvre de l'Observatoire national de la route (ONR) initié par une charte d'engagement collectif en janvier 2016 : le réseau routier doit être appréhendé dans une logique patrimoniale, qui permet d'intégrer les enjeux de performance, de financement, de gouvernance, et de prospective.

Les défis pour l'avenir du réseau routier

L'avenir du réseau routier porte aujourd'hui plusieurs défis :

⇒ Assurer la performance de ses différentes fonctionnalités

L'usage prépondérant de l'automobile est une conséquence de plusieurs faits qui s'additionnent : absence d'alternative performante, choix des individus (économique, confort), et faible contrainte réglementaire. La route ne cessera pas d'être un élément central du système de mobilité : elle est nécessaire pour acheminer les voyageurs vers les modes collectifs, et elle accueille de nouveaux usages, par lesquels la voiture peut devenir demain un maillon important des systèmes de transport publics. La performance de la route conditionne une part importante de la performance des différents systèmes de mobilité. Les maîtres d'ouvrage doivent maintenir leur patrimoine dans un état optimal de performance au service de la mobilité pour tous.

⇒ Unité ou diversité du réseau routier ?

Les usages distinguent différents types de réseaux routiers, qui répondent à des besoins et des contraintes très différentes. En zone urbaine hyper dense, la voirie urbaine suscite des conflits d'usage qui demandent une régulation forte. Celle-ci peut se traduire par la séparation des flux, voire la restriction de circulation pour certaines catégories de véhicules. Par exemple, lorsque le trafic de transit se mélange au trafic quotidien, des solutions doivent être trouvées pour les séparer en l'absence de contournement de l'agglomération. Dans les espaces périurbains comme dans les espaces peu denses, le réseau routier conserve sa fonction généraliste. La puissance publique, les maîtres d'ouvrage et gestionnaires des réseaux doivent assurer la pérennité de l'universalité du réseau routier (accessibilité, désenclavement, sécurité).

⇒ Financer l'entretien, la régénération et la modernisation du patrimoine routier

L'observatoire national de la route (ONR) porté par l'IDRRIM vient de présenter ses premiers résultats, très encourageants. Ils accompagnent les conclusions de la mission « Revue des dépenses de voirie des collectivités territoriales » présidée par Jacques Rapoport, qui soulignent la nécessité de développer une démarche déterminée d'observation de l'état du patrimoine routier. Le réseau routier est arrivé à maturité, appelle des travaux d'entretien réguliers, qui ne sont pas financés à la hauteur des besoins.

Ces besoins doivent être soigneusement analysés pour établir les financements nécessaires afin d'y répondre. Compte tenu de la place des circulations routières dans le système global de mobilité et de transport de fret, la question du modèle économique de l'entretien et de la modernisation du patrimoine routier est un défi collectif qui appelle des orientations claires et partagées.

⇒ Assurer la cohérence des grandes options et orientations techniques

Malgré la simplicité de son principe, le système routier est rendu complexe par la multiplicité des acteurs qui concourent à son fonctionnement. En France, le réseau routier est partagé dans sa gestion entre trois grands types de maîtres d'ouvrages et gestionnaires, le bloc communal et les départements en assurant l'essentiel en termes de linéaire, l'Etat, en gestion directe ou avec les sociétés concessionnaires en assurant une très petite part tout en supportant les trafics les plus importants.

L'éclatement de la maîtrise d'ouvrage nécessite des instances de coordination technique et d'harmonisation des standards, fondées sur une ingénierie partagée. Cette question importante pour l'entretien devient cruciale au moment où il faut envisager des investissements de modernisation et adaptation à des nouvelles technologies et nouveaux usages. Les choix technologiques nécessaires au développement des mobilités routières de demain ne doivent pas mettre en péril l'universalité du réseau routier, sous peine d'en perdre les avantages au service de la mobilité pour tous. Le concours du réseau scientifique et technique de l'Etat, et le soutien de l'ingénierie – publique comme privée – doivent être assurés aux gestionnaires territoriaux.

Au-delà, l'existence d'une expertise de haut niveau, reconnue à l'international, est un atout à développer pour accompagner les entreprises françaises à l'exportation.

⇒ *Anticiper les évolutions, mutations ou ruptures à moyen et long terme*

Le réseau routier est un système robuste adapté dans certaines zones à la spécificité des circulations (vitesse, densité, couverture territoriale). Les mutations annoncées, tant au niveau des modes de propulsion, que du développement des véhicules connectés et autonomes, préfigurent un nouveau cadre de performance pour le réseau routier.

À ce titre, il faudra garantir la bonne maîtrise des usages (régulation de l'espace, partage des coûts, rôle des données) pour encadrer le foisonnement de la nouvelle économie, tout en accompagnant, voire en suscitant, l'expérimentation en vraie grandeur, et le déploiement en conditions réelles, de solutions innovantes. Ce défi appelle des orientations claires du législateur, ne serait-ce qu'en termes de méthodologie, en bonne articulation avec les orientations portées par l'Union européenne.

Pour les différents acteurs qui concourent à la performance du réseau routier, il est en effet essentiel de disposer de repères collectifs et partagés qui intègrent une vision prospective de grandes échéances, croisées avec une approche territoriale caractérisant des besoins, des dynamiques et des enjeux d'aménagement spécifiques (urbain dense, périurbain, interurbain, territoires peu denses). C'est le sens de la démarche MIRE entamée conjointement par l'ATEC, l'IDRRIM, l'IFSTTAR, TDIE et Routes de France.

Quelques propositions pour que la route joue son rôle au service de toutes les mobilités du quotidien

Les quelques propositions qui suivent relèvent des trois grands axes de l'approche patrimoniale : la route a une valeur d'usage, une valeur patrimoniale, et peut porter des perspectives de progrès pour les Françaises et les Français si elle fait l'objet d'une stratégie de gestion fondée sur une vision prospective partagée.

⇒ *Maintenir le réseau routier dans son état optimal pour garantir la poursuite du développement des nouvelles mobilités*

- Faire reconnaître le rôle central de la route dans l'architecture des systèmes de mobilité
- Généraliser l'approche patrimoniale et harmoniser les indicateurs et outils de connaissance du patrimoine (consolider l'ONR)
- Assurer l'universalité du réseau routier par-delà les mutations technologiques

⇒ *Répondre aux besoins de régulation de l'usage de la voirie comme espace public d'usages variés*

- Assurer l'efficacité des outils législatifs et réglementaires proposés aux différents maîtres d'ouvrages et gestionnaires de réseaux (péage urbain, taxe de zone, politique du stationnement par exemple)
- Favoriser la cohérence et la complémentarité des orientations portées par différents gestionnaires sur un même territoire

⇒ *Actualiser les fondements du modèle économique de la route*

Les mobilités émergentes remettent en question le modèle économique de la route et interpellent tous les gestionnaires de réseau sollicités pour adapter le réseau routier dans son ensemble à la diversité des nouveaux usages.

- Optimiser la dépense publique consacrée aux infrastructures routières à partir d'une vision claire du service rendu et de la dépense qu'il nécessite : adaptation des techniques aux besoins, pilotage par la performance, innovation sur le plan contractuel (groupement de commandes, indicateurs de performance, marché global, etc.)
- Adapter les modes de financement aux besoins

Références :

- La route au cœur de toutes les mobilités – compte rendu des échanges du 16 novembre 2017 (document en cours d'édition)
- Observatoire national de la route – Rapport 2017 (IDRRIM-ADCF-ADF-MTES-USIRF-STRRES)
- Revues des dépenses 2017 – Voirie des collectivités territoriales (IGF, IGA, CGEDD)
- Cahier des charges du Projet d'étude sur l'impact de la révolution des usages de la mobilité sur les infrastructures routières et de leurs équipements – Etude MIRE (ATEC-IDRRIM-IFSTTAR-TDIE-USIRF)
- Un nouveau regard sur la route – Note du conseil scientifique de TDIE, parue dans la revue Transports, n°501, janvier-février 2017

Orientations pour l'avenir

Beaucoup d'interrogations demeurent quant aux horizons possibles des nouvelles mobilités, qu'elles soient autonomes, électriques, décarbonées ou partagées. En particulier, des questions se posent sur le déploiement, les territoires concernés et les types d'utilisateurs et de consommateurs concernés. Dans le même temps, les usages évoluent de manière significative « sous nos yeux » avec d'une part l'irruption des VTC, le développement des mobilités actives, et la mutation des modes de gestion de ces nouveaux services, et d'autre part des « distorsions territoriales » : les mutations ne se développent pas de la même manière selon les contextes urbains, hyper-métropolitain dense, périurbain, interurbain, rural.

Cela donne une impression d'accélération, beaucoup parlent d'une révolution de la mobilité. Un paradoxe saute cependant aux yeux : la quasi-totalité de ces nouvelles mobilités, ou pour être plus prudent de ces nouveaux usages, se développe sur l'infrastructure routière, mais on entend peu parler de l'infrastructure. Dans le bruit médiatique qui accompagne les discours des acteurs industriels et nouveaux entrants de l'automobile, rien, ou presque, de la part des gestionnaires d'infrastructures.

La numérisation de l'économie, ce vaste mouvement d'uberisation, qui a trouvé son nom dans l'économie du transport urbain, remet-il en cause la place de l'infrastructure dans l'organisation des mobilités ? Il existe de fortes incertitudes quant à l'adaptation que devra subir l'infrastructure routière. En outre, la nouvelle priorité donnée aux « transports du quotidien » et la volonté d'entretenir, régénérer et moderniser les réseaux existants pourrait être amenée à prendre en compte les nouveaux usages qui se déploient sur la route.

« Un paradoxe saute cependant aux yeux : la quasi-totalité de ces nouvelles mobilités, ou pour être plus prudent de ces nouveaux usages, se développe sur l'infrastructure routière, mais on entend peu parler de l'infrastructure. »

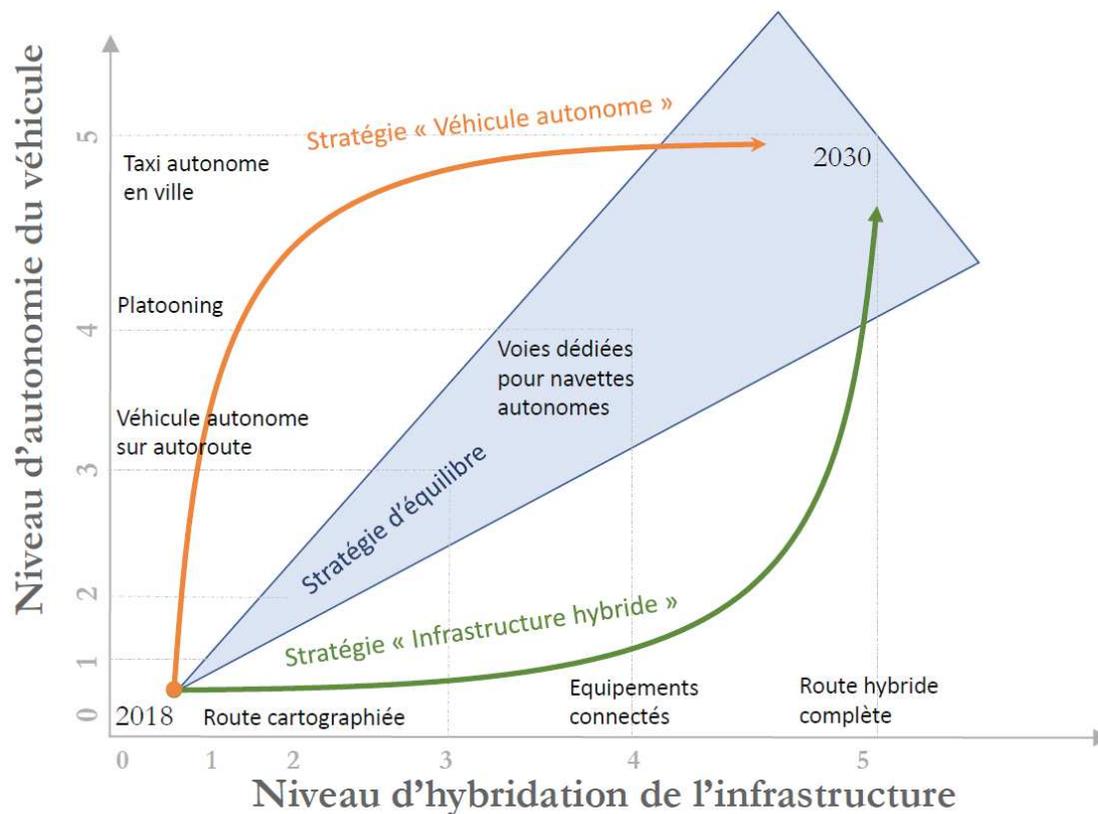
Il subsiste également un grand écart entre les discours très généreux qui annoncent une mobilité idéalisée à un horizon imprécis, et la réalité des cycles de mutation. Certes, les évolutions des usages, l'innovation portée par les nouveaux services, semblent montrer une accélération très forte. On ne peut que constater une tension très forte entre le temps long de l'infrastructure (qu'il faut concevoir, réaliser, amortir, entretenir), les positions acquises des « acteurs traditionnels », et les rythmes très courts portés par l'effervescence des nouveaux usages poussés par des startups qui financent le développement de leurs algorithmes et leur entrée sur le marché à l'aide d'appels de fonds sans forcément avoir un modèle économique à court terme. C'est l'exemple flagrant du « free floating ». Ici, le besoin de régulation est flagrant.

Face à ces incertitudes il est plus nécessaire que jamais de penser une infrastructure évolutive et modulable (allant jusqu'à sa réversibilité ?) aux usages et aux modes d'exploitation : de nouvelles réflexions doivent ainsi être menées sur la conception de référentiels intégrant à la fois les enjeux de la connectivité, du mode d'énergie du véhicule, du « multiusages » y compris hors mobilité (énergie), de l'adaptabilité pour accompagner les expériences et des conséquences en termes d'exploitation d'éventuels nouveaux partages de la voirie.

La démarche MIRE a permis de mettre en évidence la nécessité de définir des perspectives communes par un travail collectif et dans la durée.

En effet, la route est un système d'acteurs complexe qui appelle à la mise en œuvre de cadres de réflexion et de partage susceptibles de contribuer à assurer la pérennité de sa robustesse. Diversité des acteurs signifie diversité des enjeux, des agendas et échéances, des stratégies.

Il y a donc nécessité d'une stratégie de filière, d'un cadre collectif pour l'écosystème, afin d'identifier des interlocuteurs, des convictions communes et collectives et partager ces convictions et les questionnements qu'elles appellent et peut-être envisager le partage d'une prospective commune. Le contrat de coopération signé entre la Plateforme automobile (PFA) et Routes de France en septembre 2018 témoigne de la prise de conscience par les acteurs de la mobilité de faire dialoguer véhicules et infrastructures pour répondre aux défis de transformations, qu'il s'agisse d'électromobilité ou de mobilité autonome.



Géométrie de l'infrastructure, équipement, cartographie, informations temps-réel, stratégie de gestion

Figure 6. Vision schématique des stratégies possibles pour le déploiement de la mobilité autonome

Il existe plusieurs stratégies de développement de la mobilité autonome. Un premier extrême – la stratégie « véhicule autonome » – serait le développement d'un véhicule capable de s'adapter à tout type d'environnement (par exemple : une route dégradée non cartographiée).

À l'opposé, la stratégie « infrastructure hybride » consisterait en le déploiement d'une infrastructure connectée capable de guider des véhicules même peu équipés et de gérer les flux qui la parcourent.

Entre les deux existent une infinité de possibilités d'équilibre d'investissements entre le véhicule et l'infrastructure, où l'infrastructure vient soutenir les capacités d'autonomie du véhicule et inversement. Les acteurs de la mobilité – équipementiers, constructeurs d'infrastructure, collectivités – partagent ce défi de définir ensemble le meilleur équilibre pour déployer la mobilité autonome.

Dans cette optique, il y a tout intérêt à poursuivre, encourager et amplifier le mouvement d'expérimentations. Celles-ci permettent en effet de débusquer et d'écarter les faux enjeux, mais aussi d'impliquer plus fortement les collectivités et les gestionnaires d'infrastructure. Des questions se posent quant au réel partage des enseignements de ces expérimentations entre acteurs mais aussi avec les usagers et les citoyens.

Il convient donc par exemple de s'assurer que les grilles d'analyse du retour d'expérience intègrent les questions relatives à l'infrastructure. Les expérimentations doivent permettre de faire émerger les besoins et les attentes spécifiques des maîtres d'ouvrages afin de faciliter la préparation et la régulation des nouvelles mobilités. C'est aussi l'occasion d'un dialogue avec les populations et les usagers pour renforcer l'acceptabilité des solutions proposées. En outre, il reste à faire la démonstration concrète de l'utilité du véhicule autonome par-delà les différentes hypothèses énoncées (plus de sécurité, moins de congestion, plus de temps utile, à coût constant ?).

« La route » – l'infrastructure routière – s'est constamment adaptée aux évolutions des technologies et des usages. Les promesses portées par les nouvelles mobilités ne doivent pas faire oublier que l'infrastructure est la condition de la production du service : elle permet de répondre à un ensemble de besoins, en même temps qu'elle est aussi un outil de régulation des usages. Et en ce sens, veiller à la préservation de ce patrimoine est une condition nécessaire. Il semble toutefois encore trop tôt pour savoir si les évolutions attendues des usages et services de la mobilité routière porteront une véritable rupture dans la conception et la gestion de l'infrastructure, et quand elles pourraient se matérialiser.

D'ores et déjà, bon nombre de solutions sont disponibles dans les centres de recherche publics et privés pour permettre à l'infrastructure routière d'accompagner le développement de nouvelles offres de mobilité et répondre ainsi aux enjeux de transitions numérique, écologique et énergétique de la mobilité du quotidien. Le défi actuel est donc plutôt au partage d'une feuille de route pour sélectionner, expérimenter et rendre certaines de ces solutions acceptables tant sur le plan économique, sociétal que réglementaire et juridique. C'est ce défi que la démarche de réflexion collective de l'étude MIRE se propose de relever en continuant de rassembler plusieurs points de vue et des préoccupations différentes sur l'objet mobilité et infrastructure routière.



Présentation de la démarche MIRE à l'occasion du Congrès de l'IDRRIM, 11 octobre 2018.

Références :

- Table ronde conclusive du Congrès de l'IDRRIM 2018 – Intervention de Pierre Van Cornewal et Jean-Baptiste de Prémare – Congrès de l'IDRRIM - 2018
- Etude MIRE : que va devenir la route ? – Dossier Contexte & Enjeux – revue TEC n°240 – janvier 2019



© Photothèque Eurovia

- Impact de la révolution des usages de mobilité sur les infrastructures routières et leurs équipements
- Quels cas d'usages des infrastructures pour la mobilité du quotidien en 2020, 2030 et 2050 ?
- Panorama des appels à projets nationaux pour les nouvelles mobilités publiés jusqu'en juillet 2018
- Liste des expérimentations du véhicule autonome menées en France de 2004 à septembre 2018

IMPACT DE LA RÉVOLUTION DES USAGES DE MOBILITÉ SUR LES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES ET LEURS ÉQUIPEMENTS

Ce tableau propose une première projection sur le besoin en infrastructures selon les trois échelles de temps retenues dans l'étude de MIRE en fonction de l'évolution des usages de mobilité et selon les territoires (zones denses ou rurales). Il s'inspire des éléments d'informations recueillis dans la première phase d'étude notamment en matière de motorisation des véhicules ou de déploiement attendu du véhicule autonome.

Deux thématiques sont pour l'instant traitées :

- Quelles infrastructures pour le véhicule électrique et/ou hybride rechargeable ?
- Quelles infrastructures pour le véhicule autonome (et connecté) ?

D'autres thématiques sont citées à titre illustratif pouvant susciter une représentation des impacts sous forme de tableau. Une liste de questionnements complémentaires a été établie à titre indicatif.

1- Quelles infrastructures pour le véhicule électrique et/ou hybride rechargeable ?

2020/2025	2035	2050
- Entre 400 000 et 800 000 unités électriques et hybrides - Autonomie moyenne 250 km	- 5 millions d'unités électriques et hybrides, soit 12% du parc (40 millions : base 2017) y compris VUL et PL - Progrès des batteries - Autonomie 500 km	- 40% du parc automobile électrique base 2017 soit 16 millions y compris VUL et PL - Progrès considérable des batteries - Autonomie 800 km
Bornes de recharge en ville, en périurbain, sur parkings relais, dans stations-services, en habitat collectif, à domicile	Bornes de recharge dans toutes les stations-services, les habitats locatifs, à domicile, les particuliers, les parkings relais, les plates-formes multimodales Rappel objectif GVT : 7 millions de points de charge à horizon 2030	Bornes de recharge dans toutes les stations-services, les habitats locatifs, à domicile, les particuliers, les parkings relais, les plates-formes multimodales
Renforcement du réseau électrique, poursuite des expérimentations en charge dynamique	Infrastructures partagées sur route de récupération d'énergie par induction et/ou de conduction selon les modèles économiques en cours	
Stations auto/vélo AE avec recharges	Parkings relais	

2- Quelles infrastructures pour le véhicule autonome (et connecté)

2020/2025	2035	2050
Poursuite des expérimentations et développement des navettes petit gabarit	5% des Véhicules individuels niveau 4	40% des véhicules niveau 5
Navettes, robots taxis, auto-partage en finalisation de tests Véhicule individuel en test sur réseau dense, autoroutier Véhicule professionnel en test sur réseau dense péri-urbain, autoroutier	Véhicule individuel niveau 4 Transport collectif en ville Navette (Transport à la demande en rural) Robot taxi Véhicule professionnel en platooning Logistique urbaine	Véhicule individuel niveau 5 Métro autonome Train autonome Navettes autonomes de TCSP Auto-partage... Véhicule professionnel en platooning Logistique urbaine...
Marquage et signalisation verticale Standard minimum chaussée en test	Marquage et signalisation verticale Mise à deux fois deux voies Contournements urbains	Marquage et signalisation Route « standardisée autonome » dont le coût est intégré dans le service
Infrastructures de connectivité dont Unités de bord de route	Infrastructures de connectivité : wifi de la route sur les réseaux structurants 30% du linéaire routier : 300 000 kms dont unités de bord de route	Infrastructures de connectivité : wifi de la route sur l'ensemble du linéaire routier : 1 million de kms dont Unités de bord de route
Capteurs dans la chaussée	Capteurs dans la chaussée	
Partage dynamique des voies	Partage dynamique des voies	Apport pour les villes denses, le périurbain et le rural + zones logistiques et zones industrielles
Apport principalement pour les villes denses et le dernier km + zones logistiques et zones industrielles	Apport principalement pour les villes denses et le périurbain avec expérimentations en rural + zones logistiques et zones industrielles	

QUELS CAS D'USAGES DES INFRASTRUCTURES POUR LA MOBILITÉ DU QUOTIDIEN EN 2020, 2030 ET 2050 ?

On a vu précédemment que l'adaptation de l'infrastructure routière pouvait impacter le rythme du déploiement des nouvelles mobilités. Pour toucher du doigt ces enjeux, nous proposons de décrire dans cette partie des scénarios prospectifs narrant le déplacement d'un usager et des marchandises demain (2020), dans un avenir proche (2030) et dans un avenir plus éloigné (2050).

Mobilité (péri-)urbaine de voyageurs

Considérons d'abord le cas de M. Robert habitant une commune isolée en territoire péri-urbain gagnant régulièrement le cœur de l'agglomération voisine.

2020

En 2020, M. Robert venait d'avoir 50 ans et s'était équipé pour l'occasion d'un véhicule diesel Euro 6 équipé du système SCOP G5. Ce véhicule lui permettait de rejoindre par les routes communales, puis départementales l'autoroute située à une vingtaine de kilomètres de son domicile. Comme son système SCOP ne fonctionnait que sur les autoroutes, il devait rester prudent sur les petites routes car en ce début d'automne celles-ci pouvaient être glissantes et les gens avaient encore tendance à rouler vite sur ces routes secondaires peu fréquentées. Grâce à l'autoroute, il pouvait toutefois se rapprocher rapidement de la métropole. En revanche, à mesure qu'il approchait du boulevard périphérique, il voyait son temps de parcours croître fortement. Enfin parvenu en centre-ville, il arrivait péniblement à se stationner et bien souvent devait finir son trajet à pied, ce qui était contraignant par météo dégradée.

« Comme son système SCOP ne fonctionnait que sur les autoroutes, il devait rester prudent sur les petites routes »

2030

« Malheureusement, son véhicule n'était plus admis dans l'agglomération, car son moteur était désormais considéré comme trop polluant. Il devait donc désormais se stationner dans la gare intermodale en bord d'autoroute où il pouvait prendre l'autocar pour le centre-ville. »

En 2030, M. Robert était toujours satisfait de son véhicule, car il lui permettait désormais de circuler en toute sécurité, y compris sur les petites routes, grâce au déploiement de la 5G cellulaire encore compatible avec son vieux système de navigation G5. Malheureusement, son véhicule n'était plus admis dans l'agglomération, car son moteur était désormais considéré comme trop polluant. Il devait donc désormais se stationner dans la gare intermodale en bord d'autoroute où il pouvait prendre l'autocar pour le centre-ville. Au début, il devait souvent attendre plus d'une demi-heure pour qu'un autocar se présente. Mais depuis que les horaires étaient synchronisés avec son véhicule, il pouvait désormais optimiser ses horaires de départ. Arrivé dans la gare routière en proche périphérie en un temps record grâce à la voie dédiée, il lui suffisait alors de prendre un bus électrique ou un vélo en libre-service pour terminer son périple. Les bus étaient saturés depuis les restrictions de circulation imposées aux véhicules anciens. En revanche, les vélos à assistance électrique en libre-service étaient devenus un moyen prisé de déplacement grâce à la construction de réseaux de pistes cyclables adaptées. Ces dernières permettaient en effet de circuler par tout temps grâce à leurs ombrières équipées de panneaux photovoltaïques. Décriées lors de leur installation, elles avaient pourtant permis de produire suffisamment d'électricité pour recharger en station les centaines de VAE, sans pour autant mettre en péril le réseau électrique de l'agglomération qui peinait déjà à recharger la flotte de bus électriques pendant la nuit.

2050

En 2050, M. Robert regrettait d'avoir investi trop tôt dans un véhicule électrique et hautement automatisé. En effet, quand il avait dû renouveler son vieux véhicule diesel, il aurait bien aimé, comme les habitants des banlieues les plus proches, pouvoir recourir à des véhicules en libre-service, mais il n'y avait pas assez de clients dans sa commune pour qu'un tel service soit rentable. Adeptes enfin de l'économie collaborative, il était tout de même parvenu à louer son véhicule de temps en temps à des voisins, grâce aux clés virtuelles afin d'amortir son achat. En revanche, il lui arrivait de moins en moins de se rendre en centre-ville. Son véhicule lui demandait souvent de reprendre la campagne, notamment par cela plaisait aux plus jeunes les sensations d'autrefois, M. monter à bord de son véhicule. médicale de sa commune services de télémédecine il lui fallait désormais aller en vrais » services médicaux. Or, conçue pour des travailleurs aux personnes âgées. En déserte renforçant encore son gens préféraient désormais autonome, plus confortables, quitte à devoir y passer plus réchauffement climatique, les n'étaient guères confortables, la climatisation demandant trop d'apport énergétique pour être mise en route. Enfin, quand il parvenait à destination, M. Robert ne parvenait pas à se stationner près de l'hôpital, malgré toutes les fonctions sophistiquées de son véhicule.

« Les parkings avaient été supprimés les uns après les autres et seules les flottes de véhicules partagés pouvaient en bénéficier pour pouvoir s'y recharger. »

main sur les petites routes de conditions météo dégradées. Si qui étaient heureux de ressentir Robert avait désormais peur de Malheureusement, la maison avait fermé, remplacée par des trop impersonnels à son goût, et périphérie pour avoir accès à de « la gare autoroutière, qui avait été valides, n'était pas adaptée outre, elle était devenue quasi-sentiment de peur. En effet, les utiliser des services de véhicule pour aller jusqu'à leur lieu de travail, de temps. Et pour cause, avec le autocars et les autobus électriques

Tout simplement, les parkings avaient été supprimés les uns après les autres et seules les flottes de véhicules partagés pouvaient en bénéficier pour pouvoir s'y recharger. M. Robert devait donc laisser son véhicule circuler à vide en attendant que le médecin le reçoive, ce qui pouvait durer plusieurs heures. Le plus souvent, il retrouvait donc son véhicule avec la batterie quasiment vide avec en outre des amendes pour circulation sans passagers. La métropole avait dû introduire

2. Mobilité interurbaine de marchandises

Considérons désormais le corridor autoroutier entre le Havre et la région Parisienne, qui aujourd'hui fait l'objet d'études dans le cadre du CPIER signé entre l'Etat et les Régions Normandie et Île de France.

2020

En 2020, le corridor autoroutier entre le Port du Havre et la région Parisienne venait d'être électrifié. Pendant qu'ils attendaient d'être livrés, les batteries d'appoint des camions étaient désormais rechargées. Ils étaient ensuite rechargés en continu pendant leur trajet vers Paris grâce aux rails enfouis dans la chaussée sur la voie lente. Parvenus aux portes de Paris, ils pouvaient grâce à leur batterie d'appoint rejoindre les différents entrepôts logistiques qui de fait avaient quitté l'hinterland Havrais pour la périphérie Ouest de Paris. Pour rejoindre le centre de Paris, des camions aux gabarits plus petits circulant au gaz naturel ou à l'hydrogène étaient devenus monnaie courante. Malheureusement, la congestion aux portes de Paris empêchait toujours de répondre aux attentes des clients citadins toujours plus pressés de recevoir leurs achats. Quant au Port du Havre, il n'était plus pollué par les vieux camions diesel en fin de vie qui jusqu'à présent acheminaient les containers des bateaux aux entrepôts voisins. Le tourisme de croisière pouvait enfin commencer à décoller.

« Pour rejoindre le centre de Paris, des camions aux gabarits plus petits circulant au gaz naturel ou à l'hydrogène étaient devenus monnaie courante. »

2030

« Grâce à leur autonomie complète facilitée par une voirie à haute qualité de service, ils pouvaient désormais livrer les clients la nuit en dehors des horaires de circulation »

En 2030, le développement des navires et des grues autonomes conjugué à celui du platooning avait permis de réduire drastiquement le coût et le temps de transport entre le sud-est Asiatique et la Région Parisienne. Certes, il fallait encore des chauffeurs routiers pour superviser le camion de tête, mais il n'y avait plus de contraintes relatives au temps de conduite à respecter. Grâce à l'adaptation des quais de déchargement dans les entrepôts logistiques, les camions de livraison étaient désormais rapides à préparer. Grâce à leur autonomie complète facilitée par une voirie à haute qualité de service, ils pouvaient désormais livrer les clients la nuit en dehors des horaires de circulation. Pour ne pas les déranger les clients, des drones décollaient ainsi des camions de livraison pour aller déposer les colis directement sur les balcons et dans les jardins. Ainsi, le FRET aérien avait peu à peu disparu, ce qui lui avait permis d'être en phase avec les objectifs de réduction d'émissions inscrits dans la roadmap 2050 d'ACARE.

2050

En 2050, malgré tous les progrès accomplis depuis les années vingt, le Port autonome du Havre venait de fermer ses portes. Avec le réchauffement climatique, les côtes de la Manche étaient devenues très prisées des retraités français et le nombre de paquebots de croisière à destination du Havre augmentait régulièrement. De toute façon, cela faisait dix ans que le corridor électrifié du Val-de-Seine avait peu à peu été abandonné. Les entrepôts logistiques de la région parisienne avaient également fermé les uns après les autres. Ceux qui avaient été conçus de façon évolutive n'avaient pas posé de problème de reconversion en habitations collectives. En effet, depuis l'ouverture de la nouvelle route de la Soie financée par le gouvernement Chinois qui avait permis de diviser par deux le temps de transport, des trains de marchandises depuis la Chine jusqu'aux portes de l'Europe. Malgré l'interdiction de circulation des trains à grande vitesse pour son réseau autoroutier, toujours en un temps record avait été rendu possible grâce aux entrepôts volants d'Alibaba et aux flottes de drones qui s'en échappaient. La Chine était redevenue depuis longtemps la première puissance commerciale mondiale, tout en respectant les engagements pris en matière d'émissions de GES lors de la COP 21 en 2015. Les Etats-Unis incapables de effectuer leur transition énergétique avaient été peu à peu délaissés par le marché Européen. Symbole des années vingt, Amazon avait dû se retirer de ce marché suite à un scandale retentissant. La Commission européenne avait déclaré l'assistant personnel développé par le géant américain illégal. En effet, dans sa dernière version, l'assistant était capable de passer commande en se

« Les entrepôts logistiques de la région parisienne avaient également fermé les uns après les autres. »

problème de reconversion en habitations collectives. En effet, depuis l'ouverture de la nouvelle route de la Soie financée par le gouvernement Chinois qui avait permis de diviser par deux le temps de transport, des trains de marchandises depuis la Chine jusqu'aux portes de l'Europe. Malgré l'interdiction de circulation des trains à grande vitesse pour son réseau autoroutier, toujours en un temps record avait été rendu possible grâce aux entrepôts volants d'Alibaba et aux flottes de drones qui s'en échappaient.

Ce phénomène, non prévu par les programmeurs, conduisait tout simplement l'assistant à vider peu à peu le compte bancaire des clients, voire les obligeait à souscrire automatiquement des prêts bancaires à des taux d'intérêt élevés.

Dans ces exemples fictifs, nous avons décrit différents scénarios prospectifs pour le transport de passager et de marchandises. Nous pourrions qualifier le scénario 2020 de tendanciel, celui de 2030 de futur souhaitable et celui de 2050 celui d'un futur désenchanté. L'infrastructure et sa régulation sont au cœur du récit. Pour choisir son futur et donc rester maître de l'usage de l'espace public, la puissance publique doit donc se préparer à maîtriser les débats suscités par les mutations technologiques.

Dans ce contexte, les infrastructures doivent être un support d'innovation pour accompagner les mutations souhaitables définies par la puissance publique et faciliter des solutions en matière d'aménagement durable afin de supporter le décideur public dans ses choix.

PANORAMA DES APPELS À PROJETS NATIONAUX POUR LES NOUVELLES MOBILITÉS PUBLIÉS JUSQU'EN JUILLET 2018

De nombreux dispositifs existent pour soutenir l'innovation, que ce soit pour le développement de projets de recherche, des appels à projets innovants ou la labellisation de procédés techniques .

Depuis les années 2000, ceux-ci s'articulent principalement autour de deux thèmes qui sont :

- L'amélioration des performances techniques ;
- La prise en compte des enjeux environnementaux (recyclage, abaissement de température de fabrication...).

Dans le cadre de l'étude MIRE, il est apparu important de réaliser un panorama des appels à projets ayant pour objectif de favoriser le développement ou l'expérimentation de nouveaux services intégrant des éléments abordés dans les trois fiches de cette étude.

Cette recherche s'est concentrée sur les récents appels à projet nationaux intégrant, dans leur cahier des charges, des éléments favorisant l'expérimentation et/ou le développement de procédés ou produits innovants dans le champ des trois fiches de cette étude.

Les appels à projets recensés proposent généralement deux leviers de développement : soit par une contribution financière au développement du produit (par subvention ou avance remboursable) ou par la mise à disposition de terrains d'expérimentation permettant de tester les produits innovants dans un cadre juridique et technique sécurisé.

C'est notamment le cas des deux principaux programmes d'innovation pour les infrastructures sont l'appel à projet « Routes et Rues » de la DIT (Direction des Infrastructures de Transport) et ceux issus des Programmes d'Investissement d'Avenir (PIA) de l'ADEME.

Par ailleurs, des appels à projets ont pu être lancés au niveau européen notamment dans le cadre du programme LIFE, dont plusieurs projets français concernent l'infrastructure ou des outils de gestion associés.

Des éléments complémentaires pourraient également être trouvés auprès des projets de l'ANR ou des pôles de compétitivité (type Mov'eo) mais sont plus rares et disparates et n'ont pas fait l'objet d'une recherche approfondie.

1. Élément de synthèse des appels à projet

- Les appels à projets pour le développement de nouvelles techniques de construction ou d'innovations de rupture restent rares. Le PIA Route du Futur a été pour le secteur une opportunité offerte aux acteurs économiques pour proposer des solutions de rupture qui modifient considérablement les fonctions mêmes de l'infrastructure. Cependant, si les acteurs économiques ont su se structurer et répondre au cahier des charges, certaines spécificités du secteur restent mal prises en compte et n'ont pas apporté entière satisfaction aux entreprises, notamment dans le besoin d'expérimentation et l'accompagnement à trouver des terrains adéquats.

- Les acteurs économiques des infrastructures restent plus habitués à l'appel à projet de la DIT « Routes et Rues », dont l'atout important est la mise à disposition de terrains d'expérimentation et d'un suivi scientifique. Néanmoins, celui-ci reste souvent réservé à de l'amélioration de procédés et ne permet que peu le développement de technologies de rupture.

- D'une manière générale, l'infrastructure est perçue comment un objet connexe impacté par ces grands enjeux (environnement, mobilité) mais n'est que rarement abordé comme pouvant structurer une politique ou une évolution des pratiques.

2. Tableau récapitulatif des appels à projet

	TITRE	OPÉRATEUR	DATE	STATUT	THÉMATIQUE	APPORT DE L'AAP
Route et véhicule connecté, coopératif et autonome	Appel à Manifestation d'Intérêt PIA EVRA (Expérimentation du Véhicule Routier Autonome)	ADEME (PIA)	23/02/18 - 29/03/18	Clôturé	Usages/ Acceptabilité / Sécurité	Labellisation du projet pour l'AAP - Mise en relation des candidats
	Appel à projets PIA EVRA (Expérimentation du Véhicule Routier Autonome)	ADEME (PIA)	14/06/18 - 29/11/18	En cours	Usages/ Acceptabilité / Sécurité	Apport financier (Subventions ou Avance Remboursable) - Mise en commun et partage des résultats
Route et transition énergétique (et écologique)	Comité Innovation Routes et Rues	DIT	Annuel	Clôturé pour 2018	Infrastructures	Site d'expérimentation et suivi scientifique
	PIA Route du Futur	ADEME (PIA)	2016	Clôturé le 01/10/16	Infrastructures / Energie	Apport financier (Subventions ou Avance Remboursable)
	Appel à Projets régionaux Economie Circulaire	ADEME	2018	En cours	Economie circulaire	
	AAP Régional - Prévention et valorisation des déchets du BTP	ADEME	2016	Clôturé le 15/12/16	Economie circulaire	Apport financier (subvention)
	Fonctionnalités écologiques et territoriales des infrastructures linéaires de transports et de leurs emprises	ADEME/FRB/MTES/CILB	2017	En cours	Territoires, Biodiversité, Paysage, Fonctionnalités des infrastructures	
	IRVE - Déploiement des infrastructures de recharge pour véhicules électriques	ADEME (PIA)	2017	Clôturé le 31/03/17	Infrastructures / Services	Apport financier (subvention)
	LIFE - Programme Européen de soutien aux projets dans les domaines de l'environnement et le climat	Commission Européenne	2014 à 2017 & 2017 à 2020	En cours	Environnement / Action pour le climat	Subventions
Route et transition numérique						
Systémique sur mobilité et transport	Transport et Mobilité Durable - Accélération du développement des écosystèmes d'innovation performants	ADEME (PIA)	04/01/18 - 31/12/18	En cours	Technologies ou services de Transport / Logistique / Mobilité durable	Apport financier (Subventions ou Avance Remboursable)
	French Mobility - AMI Territoires d'expérimentation de nouvelles mobilités durables	ADEME	26/01/18 - 31/10/18	En cours	Mobilité pour tous/partagée/ active/plus propres Gestion de l'espace public et des flux Accessibilité	Mise en relation et valorisation des projets Evolutions du cadre réglementaire ou législatif Soutien financier aux projets
	Concours d'Innovation - Vague 1	ADEME (PIA)	2018	Clôturé le 13/03/18	Transport et mobilité durable / Qualité des écosystèmes / Energies renouvelables, stockage et systèmes énergétiques	Apport financier (Subventions ou Avance récupérables)
	Initiatives PME - Véhicules et transports (2017)	ADEME (PIA)	2017	Clôturé le 29/05/17	Technologies et services en matière de déplacements	Apport financier (Subventions)
	Véhicule routier et mobilité du futur	ADEME (PIA)	2017	Clôturé le 01/03/17	Mobilité propre	Apport financier (Subventions ou Avance Remboursable)

3. Liste détaillée des appels à projets

Appel à projets PIA EVRA (Expérimentation du Véhicule Routier Autonome) (2018)

Il vise à soutenir des projets d'expérimentation de cas d'usages de véhicules autonomes, commercialisables d'ici 2022, dans le domaine de la mobilité individuelle, partagée ou collective, du fret et de la logistique. Ces projets concourent au développement de méthodologies de validation de la sécurité et à l'amélioration des connaissances sur les usages et l'acceptabilité.

L'AAP vise les projets d'expérimentation qui peuvent contribuer à :

- Valider la sécurité de ces systèmes ;
- Etudier le comportement des utilisateurs de ces véhicules et l'acceptabilité des tiers usagers de la route ;
- Evaluer la pertinence des nouveaux services de transports collectifs par rapport aux besoins de mobilité des personnes et des biens, et leur appropriation par les usagers et les clients.

Point particulier : Les expérimentations retenues devront permettre la constitution d'un « bien commun », défini par l'ADEME, et qui doit être partagé avec le consortium/les projets retenus/les autorités publiques, selon les éléments définis dans le cahier des charges.

Appel à Manifestation d'Intérêt PIA EVRA (Expérimentation du Véhicule Routier Autonome) (2018)

Il vise à labelliser un ou plusieurs groupements d'acteurs en vue de structurer un ou plusieurs consortiums pertinents pour répondre à un appel à projets (AAP) du Programme d'investissements d'avenir (PIA) à venir ayant pour but de financer un ou plusieurs projets d'expérimentation échelle 1 du véhicule routier autonome.

Le présent AMI est ouvert :

- à tout consortium dont les partenaires peuvent être des entreprises, des établissements publics et/ou des territoires ;
- aux territoires.

En vue de la sélection des lauréats du présent AMI et de l'AAP à venir, il est attendu que les projets soient :

- Collaboratifs ;
- Représentatifs du déploiement commercial visé ;
- Contributeurs à la validation environnementale, sociétale et technique des systèmes (notamment pour les cas critiques) ;
- Concentrés sur un territoire ciblé adapté au cas d'usage.

Comité Innovation Routes et Rues

Mis en place en 2007 par la DIT, cet appel à projets constitue le principal outil de soutien à l'innovation routière. Son action doit permettre la réalisation de chantiers de démonstration pour tester les innovations en vraie grandeur et dans des conditions réelles, avec un suivi réalisé selon un protocole technique et scientifique maîtrisé afin de juger de manière objective les apports de l'innovation dans un laps de temps relativement court

Il est organisé annuellement par la DIT, avec le soutien du Cerema et de l'IDRRIM.

Les thèmes retenus ces dernières années sont les 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 interurbains, outils et équipements pour des systèmes de transports intelligents ;
- Préservation de la biodiversité et de la qualité des eaux.

En 2015 : 9 lauréats / En 2016 : 6 lauréats / En 2017 : 4 lauréats / En 2018 : 8 lauréats

Exemples de projets lauréats entrant dans le champ de l'étude MIRE :

- **Lumiroute** (CIRR 2012) : Optimisation de la luminance provenant d'un revêtement routier avec l'adaptation des équipements d'éclairage public adéquats. 3 chantiers réalisés. Expérimentations validées par le Cerema
- **Luciole** (CIRR 2017) : Optimisation du revêtement routier pour une gestion économe de l'éclairage urbain.
- **Power Road** (CIRR 2018) : « La route à énergie positive ».
- **FLR-SA** (CIRR 2018) : Flèche lumineuse de rabattement suiveuse autonome.
- **GUID'N GRIP** (CIRR 2018) : Solution de mise en sécurité des zones accidentogènes

PIA Route du Futur (2016)

Mis en place par l'Etat et piloté par le Commissariat Général à l'Investissement, un appel à projet « Route du Futur » s'est tenu en 2016 au sein du programme « Véhicules et Transport du Futur ».

Il a pour objectif de sélectionner des projets d'innovation permettant le développement de technologies, procédés, services et solutions industrielles ambitieuses, innovantes et durables en matière d'infrastructure routières et qui répondent à un marché. Les axes sont :

- Axe 1 : Construction et entretien écologiques
- Axe 2 : Insertion dans les chaînes de production/stockage/distribution d'énergie
- Axe 3 : Optimisation intégrée construction/entretien/exploitation
- Axe 4 : Technologies de l'information et de la communication

Les quatre lauréats sont :

- **REGIC** : développement et industrialisation d'un géosynthétique multimodules intelligent destiné au renforcement des sols au-dessus de cavités potentielles ;
- **NOVATHERM** : développement d'une chaussée capable de jouer le rôle de capteur d'énergie solaire thermique et d'émetteur de chaleur alimenté par une source d'énergie renouvelable ;
- **100 % RECYCLEE** : développement d'une route constituée de près de 100 % de matériaux recyclés, avec une empreinte environnementale très largement diminuée et un coût inférieur aux solutions actuelles ;
- **I-STREET** : développement de solutions innovantes dans le domaine de l'industrie et des produits et services.

LIFE - Programme Européen

Le programme LIFE est l'instrument financier de la Commission européenne de soutien aux projets dans les domaines de l'environnement et du climat. Il s'adresse à des porteurs de projets publics et privés et vise à promouvoir et à financer des projets innovants portant par exemple sur la conservation d'espèces et d'habitats, la protection des sols, l'amélioration de la qualité de l'air ou de l'eau, la gestion des déchets ou encore l'atténuation ou l'adaptation au changement climatique.

Pour la période 2014-2020 le programme LIFE est doté d'un budget de plus de 3 milliards d'euros à l'échelle européenne réparti en deux sous-programmes distincts : le sous-programme « Environnement » et le sous-programme « Actions pour le Climat ».

Appel à Projets Economie Circulaire régionaux (2018)

Les objectifs de cet appel à projets sont multiples : d'une part accélérer l'identification et le montage de projets en lien avec l'Economie Circulaire et d'autre part développer les synergies organisationnelles entre différents acteurs régionaux. Un volet concerne les déchets du BTP.

Appel à projet régional Prévention et valorisation des déchets du BTP (2016)

Le présent appel à projet a pour but :

- D'améliorer les pratiques de prévention de production des déchets à la source et de réemploi, réutilisation des matériaux
- De renforcer le tri sur chantiers, les modalités et le réseau de collecte/déchetterie, ainsi que la performance des installations de valorisation des déchets et la qualité des matières sortantes à recycler
- D'optimiser le maillage du territoire pour répondre aux enjeux locaux de pénuries d'exutoires et de demande en ressources

Appel à projets Fonctionnalités écologiques et territoriales des infrastructures linéaires de transports et de leurs emprises (2017)

- Gestion territoriale des fonctionnalités écologiques ;
- ILTe (Infrastructures linéaires de transport et de leurs emprises), territoires, paysages et biodiversité ;
- Fonctionnalités sociétales et environnementales des ILTe.

Appel à projets IRVE 2016 - Déploiement des infrastructures de recharge pour véhicules électriques (2017)

Déploiement de bornes et d'une offre de services pour la recharge de véhicules électriques ou hybrides rechargeables, en zone résidentielle, en zone d'activité, dans les pôles d'échanges multimodaux.

Appel à Projets PIA Transport et Mobilité Durable - Accélération du développement des écosystèmes d'innovation performants (2018)

Il vise à financer des projets de recherche, de développement et d'innovation portés par des entreprises implantées sur le territoire national et exploitant les travaux et les résultats issus des laboratoires de recherche publique, des structures de valorisation de la recherche ou des instituts de recherche implantés sur le territoire national. Projets sur la thématique des transports, de la logistique et de la mobilité durables. L'AAP a pour objectif de sélectionner des projets industriels développant des technologies, des services et/ou des solutions ambitieuses, innovantes et durables en matière de transport (passagers ou marchandises), de logistique et de mobilité. Ils conduisent à un développement économique ambitieux des entreprises qui les développent.

Concours d'Innovation - Vague 1 (2018)

Dispositif de soutien visant à soutenir des projets innovants portés par des start-up de PME et conduisant à favoriser l'émergence accélérée d'entreprises leaders dans leur domaine pouvant prétendre notamment à une envergure mondiale. Ce Concours a pour vocation de sélectionner, dans le cadre d'une procédure favorisant la compétition et destinée aux start-up et PME selon le droit européen, des projets d'innovation au potentiel particulièrement fort pour l'économie française. Une thématique porte sur « Transport et mobilité durable ».

French Mobility - Territoires d'expérimentation de nouvelles mobilités durables (2018)

L'appel à projets s'inscrit dans une démarche globale favorisant la mise en œuvre par les Territoires de projets de mobilités quotidiennes, durables, pour tous, innovantes sur le plan technique et/ou sociétal et/ou de la gouvernance du point de vue des projets déjà développés sur le territoire, répondant à un besoin local. Il vise à répondre à des objectifs pour :

- Assurer une mobilité pour tous dans tous les territoires, notamment peu denses, permettant à tous de se déplacer pour ses besoins quotidiens (école, travail, commerces, soins...)
- Accélérer le développement de la mobilité partagée (déploiement du covoiturage quotidien, création d'alternatives à l'autosolisme et accompagnement des usagers dans leur changement de comportement, augmentation du remplissage des véhicules individuels et collectifs) ;

- Favoriser les mobilités actives et leur déploiement pour des usages innovants ;
- Optimiser la gestion de l'espace public pour les flux de personnes et de marchandises (stationnement des véhicules, aires de livraison, gestion de la chaussée en fonction des contextes et usages au cours de la journée) ;
- Permettre une mobilité plus propre (développement des carburants alternatifs, comptabilité des émissions polluantes et de GES des mobilités) ;
- Améliorer la logistique des derniers kilomètres ;
- Optimiser les mobilités des entreprises ;
- Permettre l'accessibilité à tous les publics (déficients cognitifs, moteurs).

Cet AAP les projets comportant des modalités de mise en œuvre visant à permettre une meilleure collaboration entre les territoires (entre les collectivités) ou s'appuyant sur une gouvernance à l'échelle de bassin de vie et d'emploi, dépassant l'échelle intercommunale voire départementale.

Initiatives PME - Véhicules et transports (2017)

Il permet de co-financer des projets de recherche et développement ciblés, contribuant à accélérer le développement et le déploiement de technologies et usages de mobilité innovants, notamment ceux permettant une réduction de la consommation des énergies fossiles. Le champ thématique sont :

- Technologies et services en matière de déplacements routiers de personnes et/ou de marchandises ;
- Technologies et services en matière de déplacements ferroviaires de personnes et/ou de marchandises ;
- Technologies et services en matière de déplacements maritimes ou fluviaux de personnes et/ou de marchandises (bateaux et navires à fonction commerciale de transport, de travail, de surveillance ou de loisir).

Appel à projets - Véhicule routier et mobilité du futur (2017)

Il a pour objectif de sélectionner des projets développant des technologies, des services et des solutions industrielles ambitieuses innovantes et durables en matière de transport routier (véhicule et services associés).

Ils conduisent à un développement industriel économique ambitieux des entreprises qui les développent.

- Technologies et innovations permettant l'amélioration des performances des véhicules ;
- Technologies et innovations sur le véhicule connecté ou le véhicule autonome/automatique ;
- Expérimentation d'usages et services innovants de mobilité des personnes comme des biens.

AUTRES :

- Appel à projets de l'ANR (Agence Nationale de la recherche)
- Projets labellisés par les pôles de compétitivité (Mov'eo, Cap Digital, CARA, ID4CAR...) et financés par le Fond Unique Interministériel (FUI).

LISTE DES EXPÉRIMENTATIONS DU VÉHICULE AUTONOME MENÉES EN FRANCE DE 2004 À SEPTEMBRE 2018

Le développement des véhicules à délégation partielle ou totale de conduite (VDPTC) nécessite-t-il une adaptation de l'infrastructure et des équipements de la route ? La multiplication des expérimentations mises en œuvre par différents groupements d'acteurs fait-elle apparaître des éléments intéressants ?

Pour répondre à cette question, le tableau qui suit compile les informations accessibles par la presse ou les documents de communication des acteurs qui portent ces expérimentations en France.

Organisé suivant l'ordre chronologique des expérimentations identifiées, il propose un ensemble de critères de comparaison et d'analyse :

- Lieu de l'expérimentation
- Dates et durée de l'expérimentation
- Porteur
- Opérateur
- Constructeur du véhicule
- Partenaire(s) de l'opération
- Usage du véhicule
- Nombre de véhicules testés
- Choix énergétique
- Vitesse de circulation
- Présence d'un agent ou d'un conducteur à bord
- Nombre de passagers transportés
- Trajet et/ou le type de voie emprunté
- Technologie du véhicule
- Aménagement de l'infrastructure
- Objectif de l'expérimentation

L'ensemble des données figurant dans ce tableau proviennent d'articles de la presse généraliste. Les essais privés réalisés à huis clos ne sont donc pas référencés. Au total, 27 expérimentations ont été recensées depuis les années 2000.

Éléments d'observation tirés de ce tableau :

- On peut distinguer 4 types d'expérimentations : l'expérimentation de véhicules individuels, l'expérimentation de navette en zone urbaine, l'expérimentation de navette en zone rurale, l'expérimentation de navette sur sites fermés ou industriels.
- Une diversité de territoires a accueilli un ou plusieurs essais de véhicules autonomes. L'Île de France est à ce jour la région qui a accueilli le plus d'expérimentations (11 sur 27 répertoriées).
- Les collectivités porteuses semblent préoccupées par un besoin de mobilité particulier : la problématique du dernier kilomètre dans les zones où les transports en commun font défaut.
- La durée des expérimentations varie significativement, de quelques jours jusqu'à 3 ans.
- 4 types d'acteurs portent ces expérimentations : les constructeurs, les équipementiers, l'Etat et les collectivités territoriales. Ces dernières se mobilisent parfois dans le cadre de programmes particuliers (Programme européen Citymobil 1 et 2, Programme Cadre de Recherche Européen).
- Les constructeurs Renault et PSA fabriquent des modèles de véhicules autonomes, essentiellement des voitures individuelles. A côté de ces acteurs historiques, de nouveaux constructeurs français ont vu le jour, à l'instar de Navya, Robosoft ou EasyMile, une start-up fondée par Ligier. Ces nouveaux entrants produisent des véhicules pour un usage collectif.
- Les navettes autonomes expérimentées fonctionnent toutes à l'énergie électrique (24 expérimentations sur 27 sont concernées).
- Les navettes ont circulé à des vitesses variant de 6 à 25km/h
- Les essais de navettes ont été réalisés sans chauffeur mais sous la vigilance d'un agent à bord.

- Le nombre de passagers transportés, qui dépend des durées des expérimentations, indique un certain enthousiasme du public à expérimenter de tels véhicules.
- Les véhicules autonomes ont été testés dans un large éventail de situations : de jour ou de nuit, sur route ouverte ou fermée, sur voie dédiée ou partagée, sur voie urbaine ou sur autoroute, sur des trajets courts ou longs...
- La majorité des expérimentations n'ont pas nécessité d'adaptation particulière de l'infrastructure. Les aménagements qui ont pu être opérés sont de nature variable :

INFRASTRUCTURE DE GUIDAGE	INFRASTRUCTURE DE COMMUNICATION	PARTAGE DE LA VOIRIE AVEC D'AUTRES USAGERS	RECHARGE DU VÉHICULE
Marqueurs au sol	Unité de bord de route	Signalétique (panneaux)	Chaussée de panneaux photovoltaïques
x	Feu tricolore intelligent	Suppression du stationnement latéral	x
x	Borne 5G	Report de la circulation automobile sur une voie	x
x	x	Installation d'espaces verts (pour protéger les piétons)	x

LISTE DES EXPÉRIMENTATIONS DU VÉHICULE AUTONOME MENÉES EN FRANCE DE 2004 À SEPTEMBRE 2018

LIEU DE L'EXPÉRIMENTATION	DATES DURÉE	PORTEUR	OPÉRATEUR	CONSTRUCTEUR	PARTENAIRE(S)	USAGE	NBR DE VÉHICULES TESTÉS	ENERGIE
Antibes-Juan les pins	Du 3 au 13 juin 2004	CA de Sophia Antipolis, Commune d'Antibes - Juan les Pins	?	2getthere	INRIA + partenaires du 5e Programme Cadre de Recherche Européen	Collectif (navette)	1	Electrique
La Rochelle	Du 18 au 28 septembre 2008	Citymobil 1	?	?	Consortium Citymobil 1, ville de La rochelle	Collectif (mini-bus)	1	Electrique
La Rochelle	Du 12 mai à juillet 2011	Citymobil 1	?	Véhicule Yamaha modifié par l'INRIA	Consortium Citymobil 1 (15 partenaires européens), ville de La rochelle, Macif, l'EIGSI, INRIA	Collectif (mini-bus)	2	Electrique
Lyon	Du 13 au 17 mars 2013	Grand Lyon	?	Induct (Futur Navya)	?	Collectif (navette)	1	Electrique
Clermont-Ferrand	septembre 2013	?	?	Ligier	Ligier automobiles, Institut Pascal (équipe du CNRS et de l'Université Blaise Pascal), Michelin, Exotic Systems, le laboratoire d'Excellence IMobS3, la Ville de Clermont Ferrand, Clermont Communauté, Grand Clermont, l'Etat.	Collectif (navette)	1	Electrique
La Rochelle	Du 17/12/14 au 30/04/15	CityMobil 2	Proxiway (Transdev)	Robosoft	Consortium Citymobil 2, CA de La Rochelle, ville de La Rochelle, l'EIGSI et Proxiway	Collectif (navette)	6	Electrique
France	Depuis octobre 2015	PSA	PSA	PSA	?	Individuel	?	Thermique
France	Depuis 2016	Renault	Renault	Renault	?	Individuel	6	Thermique
Biot/Sophia Antipolis	De janvier 2016 au 31 mars 2016 (3 mois)	La CA de Sophia Antipolis dans le cadre de CityMobil 2	?	EasyMile	Consortium Citymobil 2, Ligier, INRIA	Collectif (navette)	4	Electrique
Lyon	Depuis le 4 septembre 2016 jusqu'à fin 2018 (2 ans)	Ministère de l'Ecologie du développement durable et de l'Energie	Keolis	Navya	ADEME + Sytral + Métropole du Grand Lyon	Collectif (navette)	2	Electrique

LISTE DES EXPÉRIMENTATIONS DU VÉHICULE AUTONOME MENÉES EN FRANCE DE 2004 À SEPTEMBRE 2018

VITESSE DE CIRCULATION	AGENT/ CONDUCTEUR	NOMBRE DE PASSAGERS TRANSPORTÉS	VOIE/TRAJET	TECHNOLOGIE	AMÉNAGEMENT DE L'INFRASTRUCTURE	OBJECTIF DE L'EXPÉRIMENTATION
14,4 km/h	Oui	3000	Tronçon de 320 m sur voie dédiée mais ouverte aux vélos, roller, et véhicules électriques, entre l'entrée de la ville historique et le port Vauban.	Frog Navigation Systems, caméras, ordinateur embarqué	Marqueurs au sol lus par le véhicule qui avait préenregistré leurs positions, suppression du stationnement latéral, report sur une voie de la circulation automobile, agencements d'espaces verts et signalisation spécifique pour protéger les piétons	Tester la navette autonome comme solution de mobilité à destination des automobilistes laissant leur véhicule dans les parkings périphériques.
?	?	?	Circuit fermé	?	?	Sensibiliser les spécialistes du transport, les responsables territoriaux et les habitants de La Rochelle à une vision des transports urbains de demain.
10 km/h	Oui	1000	Environnement urbain ouvert aux piétons, aux cyclistes et à un faible trafic automobile local.	Technologie IPv6 pour la communication, système de gestion VSM, deux scanners laser de 180°, capteur GPS, SLAM, centrale à inertie et odomètres	Stations équipées d'écrans tactiles, signalétique (panneaux)	Recueillir des données significatives sur les réactions des usagers, les difficultés techniques et l'efficacité énergétique du système.
20km/h	?	?	Environnement urbain ouvert aux piétons, aux cyclistes et à un faible trafic automobile local	Lasers et capteurs embarqués	?	Compléter les transports traditionnels sur les trajets du «premier ou dernier kilomètre»
?	?	?	Site privé - trajet de 250 m	Ordinateur embarqué	Aucun	Répondre à la problématique du «dernier kilomètre», notamment pour les personnes à mobilité réduite
8 à 15 km/h	Oui	14660	Route ouverte. 1,6 km entre la Gare de La Rochelle et l'Université en passant par le Vieux-Port	GPS, système de cartographie laser, système de détection laser, ultrasons	?	Mesurer l'acceptabilité sociale, adapter les véhicules à la circulation urbaine.
Grande vitesse	Oui	X	Autoroutes A86, A12 et A13 et nationales N118, N104 et N12 (Lignes droites)	Autonomie niveau 3 et 4	?	Tester le véhicule et recueillir des données
Grande vitesse	Oui	X	Autoroutes A13, A86 et nationale N118	Autonomie niveau 4	?	Tester le véhicule et recueillir des données
15km/h	Oui	1000 par jour	Trajet de 1 km desservant 5 stations.	GPS et télédétection par laser	Aucun	Définir les adaptations qui doivent être faites en ville pour garantir une sécurité maximale, identifier l'acceptabilité sociale de ce mode de transport.
20 km/h	?	22 000 en 14 mois	Quartier Confluence, boucle de 1,3 kilomètres desservant 5 arrêts.	Capteurs réalisant du mapping 3D	?	Ouvrir la voie aux navettes autonomes en solutionnant la problématique du «dernier kilomètre»

LISTE DES EXPÉRIMENTATIONS DU VÉHICULE AUTONOME MENÉES EN FRANCE DE 2004 À SEPTEMBRE 2018

LIEU DE L'EXPÉRIMENTATION	DATES DURÉE	PORTEUR	OPÉRATEUR	CONSTRUCTEUR	PARTENAIRE(S)	USAGE	NBR DE VÉHICULES TESTÉS	ENERGIE
Paris	Du 28 au 29 septembre 2016	Valéo	Valéo	Volkswagen équipé du système Cruise4U	?	Individuel	1	Thermique
Paris	Du 23/01/17 au 07/04/18 (75)	IDFM, RATP, Mairie de Paris	RATP	EasyMile	Ligier	Collectif (navette)	2	Electrique
Issy-les-Moulineaux	Du 06/03/17 au 07/04/17 (5 semaines)	Consortium So Mobility	Transdev	EasyMile	Société du Grand Paris + IDFM	Collectif (navette)	?	Electrique
Boulogne-sur-mer	Du 05/04/2017 au 08/05/17 (5 semaines)	RATP Dev (la Compagnie de transports du Boulonnais)	Compagnie de transports du Boulonnais (CTB)	EasyMile	Ville de Boulogne-sur-mer + Communauté d'agglomération du Boulonnais,	Collectif (navette)	?	Electrique
Paris-La Défense	Du 29/06/17 à décembre 2017 (6 mois)	IDFM	Keolis	Navya	Defacto	Collectif (navette)	3	Electrique
Paris	Juillet (de 22h à 02h) et octobre (heures de pointe) 2017 pour quelques jours	Valéo	Valéo	Land Rover	X	Individuel	X	Thermique
Orly-Rungis	Septembre 2017 à fin décembre 2017 (3 mois)	Caisse des Dépôts , Icade et Transdev	Transdev	EasyMile	Mairie de Rungis	Collectif (navette)	2	Electrique
Sète	du 4 au 15 septembre 2017	Communauté d'agglomération du bassin de Thau	Filiale française de Carpostal	Navya	?	Collectif (navette)	1	Electrique
Rambouillet	Depuis 7/09/17 pour 36 mois (3ans)	CA Rambouillet Territoireet Renault	Renault et Transdev	Renault et Easy-Mile	4D-virtualiz, BM-CP, Exoskills, IFSTTAR, INRIA, Neavia, Université Blaise Pascal, Université de Pau, UTC	Collectif (navette)	Au moins 2	Electrique
Vincennes	à partir du 17/11/17 pour 1 an	IDFM, RATP, Mairie de Paris	RATP	EasyMile	Ligier	Collectif (navette)	2	Electrique

LISTE DES EXPÉRIMENTATIONS DU VÉHICULE AUTONOME MENÉES EN FRANCE DE 2004 À SEPTEMBRE 2018

VITESSE DE CIRCULATION	AGENT/ CONDUCTEUR	NOMBRE DE PASSAGERS TRANSPORTÉS	VOIE/TRAJET	TECHNOLOGIE	AMÉNAGEMENT DE L'INFRASTRUCTURE	OBJECTIF DE L'EXPÉRIMENTATION
variable	Oui	X	Périphérique parisien	Autonomie de niveau 4. Calculateurs dans le coffre, ordinateur de bord (logiciel de traitement de données en temps réel), caméras, radar et laser scanner	Aucune	Tester le véhicule dans des conditions de conduite complexes
6km/h	Oui	30000	Voie dédiée sur Pont Charles de Gaulle (Ligne droite)	GPS et télédétection par laser	Aucune	Collecter des données, améliorer le confort des usagers
25km/h	Oui	2600	Parc de l'île Saint-Germain - cohabitation avec piétons, vélos et animaux	GPS et télédétection par laser	Aucune	Trouver des réponses innovantes et concrètes au sujet de la circulation et du stationnement pendant la phase des chantiers du Grand Paris express.
9 km/h	Oui	?	3 arrêts sur le quai des paquebot (ligne droite - 300m), cohabitation avec piétons et vélos	Caméras, capteurs, reconnaissance de parcours 3D	Aucune infrastructure de guidage mais installation de signalétique	Analyser le comportement des utilisateurs, vérifier la performance du véhicule, répondre à la stratégie du «dernier kilomètre»
6km/h	Oui	35 000 voyageurs sur les 4 premiers mois	Parvis piéton de la Défense	Antenne GNSS, 3 capteurs Lidar (dont un situé sur son toit), une caméra de stéréovision, odomètres	Aucune	Répondre à la problématique du premier et dernier kilomètre, habituer la population à voir et utiliser les navettes autonomes, recueillir leur avis. Prouver que les navettes peuvent s'intégrer dans des milieux complexes et denses Navya: tester le véhicule en situation et progresser sur le plan technique
	Oui	X	Place de l'Etoile, où 12 avenues se rejoignent	Calculateurs dans le coffre, ordinateur de bord (logiciel de traitement de données en temps réel), caméras, radar et laser scanner	Aucune	Tester le véhicule dans des conditions de conduite complexes
?	Oui	?	Route ouverte sur site industriel	Caméras, capteurs, reconnaissance de parcours 3D	Aucune	S'inscrit dans le cadre des «démonstrateurs territoriaux smart city» lancés par la Caisse des dépôts.
20km/h	Oui	?	Promenade piétonne du Lido (ligne droite)	Antenne GNSS, 3 capteurs Lidar (dont un situé sur son toit), deux caméras de stéréovision	Aucune	Répondre à la problématique du «dernier kilomètre»
	Oui		Route ouverte liaison Gare de Gazeran et zone Belair à Rambouillet + centre commercial Belair	Navette: caméras, capteurs, reconnaissance de parcours 3D	Installation de relais sur la route pour transmettre des informations au véhicule	Faciliter les déplacements des usagers entre les zones rurales et les zones urbaines
?	Oui	?	Entre la station de métro Château de Vincennes et le Parc Floral	GPS et télédétection par laser	Aucune	Recueillir l'opinion des voyageurs, tester un nouveau mode d'exploitation : le platooning afin de prévoir un nombre de navettes autonomes adapté à l'affluence de passagers.

LISTE DES EXPÉRIMENTATIONS DU VÉHICULE AUTONOME MENÉES EN FRANCE DE 2004 À SEPTEMBRE 2018

LIEU DE L'EXPÉRIMENTATION	DATES DURÉE	PORTEUR	OPÉRATEUR	CONSTRUCTEUR	PARTENAIRE(S)	USAGE	NBR DE VÉHICULES TESTÉS	ENERGIE
Paris-Caen	01/12/2017	Renault	Renault	Renault	x	Individuel	x	Electrique
Pibrac	du 12 juillet 2017 à novembre 2017 (4 mois)	Toulouse Métropole	Transdev	EasyMile	Ligier	Collectif (navette)	1	Electrique
Toulouse	de mi-décembre 2017 à fin mai 2018	Toulouse Métropole	Transdev	EasyMile	Ligier	Collectif (navette)	1	Electrique
Saclay	de mi-février à mi-avril 2018 (2 mois)	RATP, CEA	RATP	EasyMile	x	Collectif (navette)	2	Electrique
Roissy	Du 10 avril 2018 à juillet 2018 (3 mois)	ADP	Keolis	Navya	?	Collectif (navette)	2	Electrique
Nantes	Du 21 mai 2018 au 30 juin 2018	Nantes métropole	Semitan	Navya	NeoT Capital (EDF), CDC, Ville de Nantes, Charier (TP), Groupe Lacroix	Collectif (navette)	1	Electrique
Rouen	Depuis le 26 juin 2018 à décembre 2019	La Métropole Rouen Normandie, Transdev, Renault, le groupe Matmut	Renault et Transdev	Renault, transdev et Lohr	Région Normandie, Banque des Territoires	Collectif (navette)	5 dont une navette I-Cristal et 4 Zoe	Electrique

LISTE DES EXPÉRIMENTATIONS DU VÉHICULE AUTONOME MENÉES EN FRANCE DE 2004 À SEPTEMBRE 2018

VITESSE DE CIRCULATION	AGENT/ CONDUC-TEUR	NOMBRE DE PASSAGERS TRANSPOR-TÉS	VOIE/TRAJET	TECHNOLOGIE	AMÉNAGEMENT DE L'IN-FRASTRUCTURE	OBJECTIF DE L'EXPÉRI-MENTATION
Grande vitesse	Oui	x	Autoroute A13	Autonomie niveau 4, 35 capteurs dont 3 capteurs Lidar Scala signés Valeo, 5 radars (un frontal), une double caméra sur le pare-brise et d'autres au niveau des portières, une ceinture de cap-teurs à ultrasons, un calculateur LG Automotive (V2I ou V2X)	Installation de bornes Wi-Fi 5G par la Sanef	Collecter des données
15km/h	Oui	10 000 en 1 mois	Trajet de 700 m entre l'église et le centre commercial Sainte Germaine	GPS et télédé-tection par laser	Aucune	
10km/h	Oui	?	Allées Jules Gues-des et entre le Palais de Justice et le Quai des Savoires	GPS et télédé-tection par laser	Aucune	
12km/h	Oui	?	Route ouverte sur site industriel	GPS et télédé-tection par laser	Aucune	Définir les conditions futures d'une circulation autonome sans opérateurs au milieu de véhicules non guidés.
10km/h	Oui	?	Route ouverte (carrefour + pas-sage piéton) entre la gare RER de Roissy et le siège d'ADP	Antenne GNSS, capteurs Lidar, caméras de stéréovision	Communication avec le feu tricolor	Gagner la confiance des usagers
18km/h	oui	?	Route ouverte (rond-points, feux rouges) entre la gare maritime de nantes et la carrière Misery à Chantenay	Antenne GNSS, capteurs Lidar, caméras de stéréovision	Unité de Bord de Route , chaussée de panneaux photo-voltaïques	Tester techniquement la navette, présenter un nouveau mode de transport au public.
?	oui	?	Routes ouvertes		?	Apprentissage techolo-gique, comprendre les usages, tester l'appro-priation du service par les habitants, afin de l'adapter, répondre à la problématique du «dernier kilomètre», Métropole et Région: constituer un cluster industriel de pointe en matière de mobilité du futur. Renault: stratégie du groupe de proposer des services de mobilité autonomes robotisés et à la demande dès 2022. Banque des Territoires: démarche de démonstra-teurs Smart city. Matmut: approfondir les réflexions concernant l'impact des voitures autonomes sur la mobilité de demain et les responsabilités associées

