

# ROAD TECH

Relever les défis de  
l'augmentation du trafic

Auteurs:

The  
Economist

Intelligence  
Unit

# TABLE DES MATIÈRES

---

Points de vue	04
Avant-propos	07
Résumé analytique	08
Introduction	10
Chapitre 1 : Enjeux liés à l'augmentation du trafic	13
Chapitre 2 : Augmentation du trafic : les solutions technologiques	19
Chapitre 3 : Accélérer l'adoption des technologies routières	33
Conclusion	39

# POINTS DE VUE

RoadTech: relever les défis de l'augmentation du trafic est un rapport de l'Economist Intelligence Unit (EIU), commandé par Abertis, qui étudie les réponses que peuvent apporter la technologie et l'ingénierie intelligente aux problèmes résultant de l'augmentation du trafic.

Les conclusions qui y sont énoncées se fondent sur des recherches documentaires et des entretiens menés auprès d'innovateurs et de spécialistes du domaine. L'Economist Intelligence Unit souhaite remercier les experts suivants, qui ont participé au programme d'entretiens (ils sont mentionnés dans l'ordre alphabétique):



**James Anderson**, directeur de l'Institute for Civil Justice au sein de la division RAND Justice, Infrastructure, and Environment de la RAND Corporation

«Ce défi est complexe à relever car les fonds alloués aux routes sont entre les mains d'entités nombreuses et diverses, aux budgets, capacités et compétences différentes».



**Greg Archer**, directeur, véhicules propres, Transport & Environment

«Si nous restons passifs face à l'augmentation des émissions des véhicules routiers, qu'il s'agisse d'automobiles, de fourgons ou de camions, nous passerons à côté de nos objectifs climatiques».



**Hari Balakrishnan**, directeur de la technologie de Cambridge Mobile Telematics et professeur à MIT

«Les innovateurs se tournent vers les smartphones pour la collecte des données liées au trafic. Dans beaucoup d'endroits, le contexte économique ne justifie pas la mise en place de capteurs et de caméras».



**José Barbero**, doyen, Transportation Institute, Université nationale de San Martín

«Les nouvelles technologies permettent de recueillir des données pratiquement impossibles à obtenir auparavant, comme les flux de trafic. Aujourd'hui, une grande partie de ces données peut être achetée en toute simplicité. C'est vraiment génial».



**Larry Burns**, ancien vice-président de la recherche et du développement, General Motors

«Il serait temps que la notion d'infrastructure évolue, afin d'inclure non seulement les composantes physiques, telles que les routes et les ponts, mais aussi les éléments numériques et électroniques».



**Sten de Wit**, porte-parole, SolaRoad

«Installer des panneaux solaires sur les routes n'a pas pour objet d'optimiser le rendement énergétique de chaque panneau, mais d'ajouter une fonction génératrice d'énergie verte et de bénéfices à un réseau routier que nous devons, dans tous les cas, construire, rénover et utiliser».



**Di-Ann Eisnor**, responsable de la croissance, Waze

«La disponibilité de davantage de données permettra d'éliminer ce qui relève de l'avis subjectif ou de l'opinion politique et encouragera un travail plus solidaire au sein des villes».



**Robert Frey**, responsable de la planification, Tampa-Hillsborough Expressway Authority

«Des sources de revenus susceptibles d'attirer le secteur privé sont nécessaires. Ainsi, les administrations municipales peuvent se consacrer davantage à la mesure des performances qu'à la gestion de l'équipement».



**Tim Gammons**, responsable global de la mobilité intelligente, Arup

«Il est inutile d'essayer de construire un système technologique prévu pour durer 30 ans, car sa pérennité face aux autres innovations à venir est un casse-tête insurmontable».

Le contenu de ce rapport n'engage que l'Economist Intelligence Unit. Les conclusions et opinions qui y sont exposées ne reflètent pas nécessairement l'avis de l'organisme parrain. Michael Martins et Adam Green ont rédigé le rapport. Melanie Noronha a dirigé sa publication.



**Harold Goddijn**, directeur général, TomTom

«La technologie contribue déjà à l'optimisation du réseau routier, ce qui peut réduire la pollution provenant des embouteillages. Le simple fait de savoir où se trouvent les embouteillages permet aux autorités locales de changer les choses».



**Ray King**, responsable du contrôle de gestion du trafic urbain, Newcastle City Council

«Je crois que la principale difficulté provient du rythme auquel la technologie se développe. Si nous investissons aujourd'hui dans la technologie, celle-ci sera bientôt rendue obsolète par une autre innovation. L'horizon du progrès technique est impossible à appréhender».



**Holly Krambeck**, senior economist, Banque mondiale

«L'utilisation de téléphones portables comme capteurs est un moyen bien plus économique de collecter les données dont les villes ont besoin afin de planifier des projets en matière d'infrastructure».



**Ken Leonard**, directeur de l'Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, Federal Highway Administration des États-Unis

«Une coopération entre le gouvernement et le secteur industriel, qui contribue à mettre en place les technologies capables de répondre à ces défis, peut augmenter la sécurité du système et aider à atteindre les objectifs de mobilité et d'efficacité».



**Paul Nieuwenhuis**, maître de conférences en logistique et gestion des opérations, université de Cardiff

«Il est de plus en plus important pour les constructeurs [de véhicules électriques] de s'intéresser à l'infrastructure de recharge».



**José Papi**, président, Smart Transportation Alliance

«La construction de route requiert aujourd'hui un ensemble de compétences inédit. Dans un sens, la connaissance des infrastructures n'est plus la chasse gardée des ingénieurs du génie civil et les ingénieurs du génie industriel, les ingénieurs en télécommunications, les psychologues, les économistes et même les avocats sont devenus indispensables».



**Steven Shladover**, responsable de cursus, Partners for Advanced Transit and Highways (PATH), Institute of Transportation Studies, université de Californie, Berkeley

«Au final, tout est question de financement. Si vous souhaitez des infrastructures plus intelligentes, l'affectation des fonds est primordiale».



**Bryant Walker Smith**, professeur adjoint, école de droit et école d'ingénieurs, université de Caroline du Sud

«On se focalise sur le plus impressionnant, la voiture autonome. Cependant, on oublie l'ensemble des technologies de support, qui sont essentielles».



**Ben Stanley**, responsable global de la recherche automobile, IBM Institute of Business Value, IBM Global Business Services

«Les véhicules autonomes vont véritablement se développer avec l'arrivée de la 5G».



**Emanuela Stocchi**, présidente, International Bridge, Tunnel and Turnpike Association

«Même dans le cas de partenariats public privé [pour les projets routiers], le contrat contient des obligations spécifiques concernant la sécurité du conducteur et l'utilisation des dernières technologies. Notre objectif principal est de satisfaire l'utilisateur ou l'automobiliste».



**José Viegas**, secrétaire général, Forum international des transports, OCDE

«70 % des accidents et blessures sont dus à des erreurs humaines involontaires. Nous ne sommes tout simplement pas compétents à 100 %, nous faisons des erreurs».



**Joe Waggoner**, directeur général et directeur exécutif, Tampa-Hillsborough Expressway Authority

«Si vous pouvez installer de nouveaux composants dans le cadre du cycle de remplacement et de renouvellement de systèmes préexistants, il est possible d'étaler les coûts dans le temps».



# AVANT-PROPOS

## D'ABERTIS

---

Partout dans le monde, le trafic augmente. On compte environ un milliard de véhicules en circulation aujourd'hui et ce chiffre pourrait atteindre quatre milliards en 2050. En tant qu'opérateur mondial d'exploitation d'autoroutes à péage, il s'agit d'une excellente nouvelle pour notre activité. Toutefois, nous avons également conscience des réelles difficultés que ce développement du trafic pourrait entraîner en l'absence de changement : embouteillages, dérèglement climatique ou encore pollution atmosphérique.

Grâce aux progrès de la technologie et de l'ingénierie intelligente, des solutions novatrices, à même de rendre les routes à la fois plus propres et plus efficaces, font leur apparition. Jusqu'à maintenant, les innovations ont surtout porté sur les technologies automobiles. De nouveaux articles m'informent constamment des avancées actuelles réalisées dans ce domaine. Les véhicules connectés et autonomes sont aujourd'hui une réalité et ont le potentiel de révolutionner le secteur. En outre, les véhicules électriques commencent à se démocratiser.

Toutefois, les routes continuent de constituer la plateforme essentielle et universelle, indispensable au fonctionnement de toutes ces technologies. À moins que les innovations sur le plan des infrastructures routières ne suivent le rythme de l'avancement des technologies automobiles, l'augmentation du trafic restera un problème considérable et le potentiel de ces solutions ne pourra s'exercer pleinement. Chez Abertis, nous sommes convaincus que l'accélération des progrès passe par la combinaison d'avancées technologiques et d'innovations dans les infrastructures routières. C'est la raison pour laquelle nous avons commandé ce rapport, rassemblant des opinions d'experts aux origines et spécialités diverses, afin de développer la vue d'ensemble la plus complète concernant les technologies et les innovations à venir et les moyens d'accélérer leur adoption. Ainsi se dessinent les nombreuses façons dont l'infrastructure gagne en intelligence, les méthodes d'utilisation des données en vue de transformer radicalement la gestion du trafic et de favoriser de nouvelles formes de mobilité, ainsi que la manière dont l'évolution rapide des technologies de revêtement de la chaussée transforme notre vision de la route en tant qu'actif.

Le plus frappant, c'est de constater à quel point le futur de la mobilité est tributaire de la coopération. Un monde où la croissance du trafic est viable sur les plans écologique, social et économique peut uniquement s'envisager sur la base de partenariats entre les gouvernements et les innovateurs, quelle que soit leur taille. Par ailleurs, alors que des contraintes de plus en plus fortes pèsent sur les finances publiques, il convient de rechercher de nouveaux modes de financement des innovations en matière d'infrastructures nécessaires, afin de permettre l'adoption de ces technologies modernes.

L'infrastructure routière est la plateforme sur laquelle se joue l'avenir de la mobilité et Road Tech est pleinement engagé dans la création de routes plus intelligentes, plus propres et plus sûres. Je vous souhaite une bonne lecture.



**Francisco Reynés,**  
*Vice-président et directeur général, Abertis*

# RÉSUMÉ ANALYTIQUE

Le monde du transport est en pleine mutation, à un rythme plus soutenu que prévu. La convergence des tendances dans les technologies automobiles, le big data et l'économie du partage changent notre façon d'aborder le voyage. Pourtant, conjointement à une croissance démographique rapide, ces progrès participent à une augmentation du trafic qui n'est pas durable.

Ce rapport étudie les innovations technologiques dans le domaine des infrastructures du transport routier pour souligner la façon dont elles peuvent atténuer les effets d'une circulation accrue. Par ailleurs, le rapport met l'accent sur certains facteurs pouvant permettre une adoption à plus grande échelle de ces technologies. Il s'agit là d'une considération clé, non seulement pour les développeurs, les ingénieurs et les financiers, mais aussi pour les responsables politiques et municipaux, dans la mesure où ce sont les investissements en infrastructures décidés aujourd'hui qui façonneront les transports de demain dans leurs villes et territoires.

## PRINCIPALES CONCLUSIONS DU RAPPORT:

**L'augmentation du trafic entraîne des pertes de productivité, des accidents de la route, de la pollution atmosphérique, ainsi qu'un impact négatif sur la santé publique.** Le forum économique mondial (FEM) estime que le nombre de voitures en circulation au niveau mondial augmentera de 600 millions entre 2014 et 2025, aggravant les embouteillages à moins que le développement des infrastructures ne suive un rythme analogue. Les véhicules sont responsables de 17% des émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), et ils rejettent aussi du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), ainsi que des particules fines. Dans la seule Union européenne, cette pollution est responsable chaque année de 450.000 décès prématurés, coûtant plus de 1,4 billion de dollars aux économies de la région. Le FEM considère que le coût économique et environnemental global des embouteillages s'élève à 1,4 billion de dollars par an. Si l'on ne prend pas à bras-le-corps ces difficultés, elles finiront par représenter un fardeau économique durable pour tous les pays du monde.

**Les infrastructures routières sont en train d'être redéfinies.** Auparavant limitées à leurs composantes physiques, telles que les barrières et les feux de

circulation, les infrastructures routières incluent à présent des éléments numériques, comme les technologies sans fil et l'intelligence artificielle. L'apparition de véhicules autonomes et connectés appuie cette transition, dans la mesure où ils dépendent de dispositifs de télécommunications pour communiquer avec les autres usagers de la route et infrastructures. «Il serait temps que la notion d'infrastructure évolue, afin d'inclure non seulement les composantes physiques, telles que les routes et les ponts, mais aussi les éléments numériques et électroniques», déclare Larry Burns, ancien vice-président de la recherche et du développement, chez General Motors.

**Les infrastructures intelligentes offrent de nombreuses opportunités d'améliorer l'efficacité et la sécurité des routes.** Elles sont notamment le catalyseur indispensable des véhicules autonomes, qui promettent de réduire les accidents de la route de 90%. Dans le même temps, la gestion dynamique du trafic, grâce à des techniques comme la régulation des accès et le contrôle dynamique des voies, peut potentiellement réduire les embouteillages et la pollution. Toutefois, toutes les techniques de gestion intelligente du trafic ne requièrent pas l'installation de nouvelles



infrastructures routières physiques. Les données collectées à partir des smartphones des conducteurs et, dans certains cas, les images satellitaires, peuvent aussi être mises à profit en vue d'une utilisation de la route plus efficace.

**Le big data et l'économie du partage facilitent la «mobility as a service» (MaaS).** Les services numériques ouvrent non seulement la voie à une répartition plus efficace des véhicules sur les routes, mais aussi à une utilisation plus judicieuse de ceux-ci. Les applications de MaaS élaborent par exemple des itinéraires personnalisés, recourant à la fois aux modes de transport public et au partage de véhicules privés. Les experts estiment qu'utilisés à grande échelle ces services ont la capacité d'améliorer de façon significative l'efficacité du secteur des transports, réduisant dès lors les embouteillages et les problèmes qui y sont associés. Néanmoins, de tels services basés sur le partage des données obligent les responsables politiques et autorités de réglementation à déterminer un juste équilibre entre caractère pratique et respect de la vie privée.

**La chaussée en elle-même fait l'objet d'innovations considérables.** Les routes couvrent une grande partie de la surface de la terre, particulièrement au sein des villes,

et plusieurs technologies émergentes ambitionnent de transformer cette ressource, jusqu'alors passive, en un actif plus productif. Les routes et voies piétonnes peuvent par exemple être équipées de panneaux solaires recouverts de fines particules de verre permettant de conduire ou de marcher dessus, tandis que des systèmes piézoélectriques peuvent être utilisés pour générer de l'électricité grâce à la pression exercée par les véhicules sur la chaussée. Parallèlement, les chercheurs étudient la possibilité d'employer des matériaux alternatifs, afin de réduire l'impact environnemental de la construction des routes.

**Les 5 à 10 prochaines années seront d'une importance cruciale afin de définir l'avenir des routes mondiales.** Les normes techniques et cadres réglementaires conçus aujourd'hui façonneront la construction et la gestion des routes de demain. Les premières expériences des conducteurs et autres parties prenantes impliqués dans des projets pilotes ou encore les premières applications des technologies auront une influence sur le comportement des usagers et sur l'opinion publique. Les responsables politiques désirent saisir les opportunités que la technologie offre, en vue d'améliorer la sécurité, la durabilité et l'efficacité des routes, doivent s'impliquer dans ce processus; de préférence le plus tôt possible.



# INTRODUCTION

«Les transports sont essentiels pour l'économie. Si une nation désire garder sa place sur la scène internationale, elle doit disposer d'un système de transport compétitif à l'échelle globale».

LARRY BURNS, ANCIEN VICE-PRÉSIDENT DE LA RECHERCHE, DU DÉVELOPPEMENT ET DE LA PLANIFICATION STRATÉGIQUE CHEZ GENERAL MOTORS

Les infrastructures de transport jouent un rôle central dans la façon dont les économies modernes fonctionnent. Les villes fournissent aux entreprises un accès à la main-d'œuvre et aux consommateurs et constituent, de ce fait, une source vitale d'activité économique. Aux États-Unis et au Royaume-Uni, les zones urbaines occupent seulement 1,5% et 7% de la surface totale du territoire. Cependant, elles ont représenté jusqu'à 50% du PIB américain en 2011<sup>1</sup> et 39% du PIB britannique en 2013<sup>2</sup>. Des données similaires peuvent être observées partout dans le monde. L'Organisation des Nations unies prévoit que la population urbaine mondiale passera de 54% à 66% entre 2014 et 2050, l'Inde, la Chine et le Nigeria enregistrant les plus fortes croissances<sup>3</sup>.

Alors que les villes s'étendent, la connectivité au sein et entre celles-ci sera indispensable à la croissance économique. Les infrastructures routières représentent souvent le principal moyen grâce auquel les biens et les personnes circulent. L'amélioration de la connectivité à travers l'infrastructure facilitera un mouvement plus efficace des populations et des marchandises, favorisera la croissance économique et renforcera l'égalité sociale<sup>4</sup>.

Le trafic mondial des voyageurs et des marchandises par route et par rail a augmenté de 40% entre 2000 et 2010. En 2050, il est prévu que ce chiffre double comparé à son niveau de 2010, et que la moitié de cette croissance provienne du trafic routier<sup>5</sup>. Entre 2013 et 2030, au Royaume-Uni, en France et en Allemagne, le nombre de

véhicules-kilomètres parcourus (VMT) par les voitures de tourisme devrait augmenter de 19% et celui parcouru par les marchandises de 14%. Aux États-Unis, le nombre de véhicules-kilomètres parcourus (VMT) par les voitures de tourisme devrait prendre 30% au cours de la même période.

Malgré cela, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) s'attend à ce que 90% de l'augmentation du trafic soit attribuable aux pays non-membres de l'OCDE<sup>6</sup>, du fait de la croissance rapide du revenu par habitant. Au cours de la dernière décennie, le PIB moyen par habitant a doublé en Chine, en Asie du Sud-Est et en Europe centrale et orientale<sup>7</sup>. Avec l'augmentation de la richesse, le nombre de propriétaires de voiture connaît une hausse importante, souvent bien plus rapide que le développement des infrastructures. Ces éléments ont conduit à un accroissement du nombre de véhicules en circulation et de kilomètres parcourus. Le forum économique mondial (FEM) estime que le nombre de voitures à l'échelle mondiale va augmenter de 600 millions entre 2014 et 2025<sup>8</sup>.

Bien qu'elle contribue à l'activité économique, la croissance du trafic routier pose de multiples défis. Les plus urgents incluent notamment les pertes de productivité dues aux embouteillages, les émissions de carbone en hausse du fait des routes et des automobiles plus nombreuses et l'aggravation de la pollution de l'air due à la circulation, avec les conséquences néfastes



que cela entraîne pour la santé publique. Eu égard aux prévisions concernant l'urbanisation et au développement concomitant des infrastructures routières attendu, ces tendances devraient empirer à moins que les mesures nécessaires ne soient prises afin d'atténuer ou d'empêcher les effets indésirables d'un réseau routier en expansion.

Des mesures politiques, comme des péages urbains, des zones à faibles émissions et des règles de sécurité routière plus strictes, ont été mises en place en réponse aux enjeux concernant l'augmentation du trafic. Bien que certaines de ces initiatives se soient révélées concluantes, elles portent atteinte à la liberté des voyageurs et imposent des coûts et désavantages supplémentaires, limitant par exemple le choix de la destination ou le moment du voyage. Dans la mesure où il est improbable que la demande en matière de déplacement diminue (notamment vers le lieu de travail dans les villes importantes), il est vraisemblable que tout avantage résultant de ces mesures politiques finisse par s'étioler et que des solutions plus radicales soient nécessaires.

Grâce aux progrès de la technologie et de l'ingénierie intelligente, des solutions novatrices, à même de rendre les routes à la fois plus durables et plus efficaces, font leur apparition. Les infrastructures intelligentes permettent une gestion du trafic plus active, accélèrent la mise en place des voitures autonomes et transforment la

façon dont nous envisageons la mobilité. De nouvelles technologies pour la chaussée sont en cours de test, dont des routes générant de l'énergie solaire et fournissant un système de recharge par induction, donnant aux conducteurs la possibilité de charger leur véhicule en cours d'utilisation. Afin de promouvoir et de renforcer les bénéfices apportés par ces progrès technologiques, des changements politiques et réglementaires, une meilleure collaboration entre les différents secteurs de l'économie, un soutien gouvernemental et des investissements innovants dans les infrastructures routières seront indispensables. «Il serait temps que la notion d'infrastructure évolue, afin d'inclure non seulement les composantes physiques, tels que les routes et les ponts, mais aussi les éléments numériques et électroniques», déclare M. Burns.

Dans le présent rapport, nous étudions certaines des dernières innovations qui révolutionnent l'infrastructure routière et soulignons le rôle qu'elles peuvent jouer face aux problèmes résultant de l'augmentation du trafic. Le prochain chapitre examine plus en détail les défis liés à l'augmentation du trafic, et ce, afin de contextualiser les chapitres suivants, traitant des nouvelles technologies et des facteurs nécessaires afin de faciliter leur adoption à plus grande échelle.

**600M**  
AUGMENTATION  
ESTIMÉE DU NOMBRE  
DE VOITURES ENTRE  
2014 ET 2025 (FEM)

<sup>1</sup> www.visualisingdata.com/2014/02/defending-the-incredible-gdp-map/

<sup>2</sup> ibttta.org/sites/default/files/documents/MAF/Costs-of-Congestion-INRIX-Cebr-Report%20(3).pdf

<sup>3</sup> intothefuture.eu.com/how-will-cars-of-the-future-communicate-with-city-infrastructure/

<sup>4</sup> Calderon, Cesar and Servén, Luis. 2014. Infrastructure, Growth, and Inequality: An Overview. Policy Research Working Paper, No. 7034. World Bank Group, Washington, DC. © World Bank. openknowledge. 1

<sup>5</sup> worldbank.org/handle/10986/20365 Licence: CC BY 3.0 IGO. web.williams.edu/Economics/wp/pedroniinfrastructure.pdf

<sup>6</sup> www.iea.org/publications/freepublications/publication/TransportInfrastructureInsights\_FINAL\_WEB.pdf

<sup>7</sup> ibttta.org/sites/default/files/The%20Public%20Health%20Costs%20of%20Traffic%20Congestion.pdf; www.iea.org/publications/freepublications/publication/TransportInfrastructureInsights\_FINAL\_WEB.pdf

<sup>8</sup> www3.weforum.org/docs/WEF\_Connected\_World\_HyperconnectedTravelAndTransportationInAction\_2014.pdf





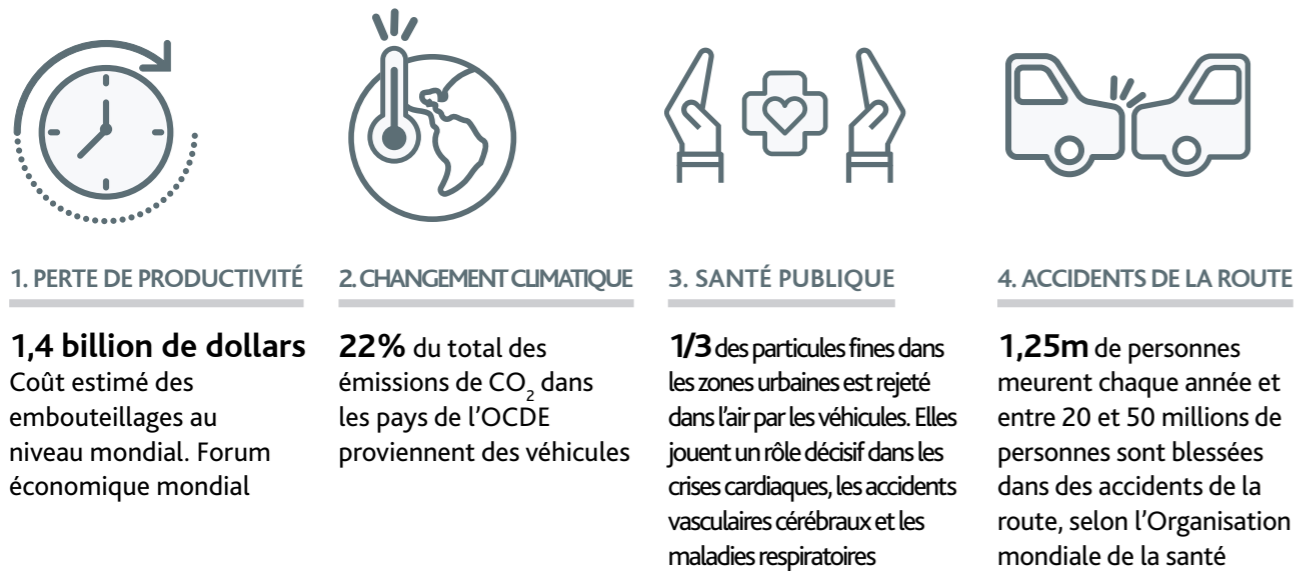
# CHAPITRE 1

Enjeux liés à  
l'augmentation du trafic



Notre travail de recherche identifie les problèmes les plus prégnants qu'entraîne l'augmentation du trafic routier. Les difficultés le plus souvent citées par les experts en transport et les économistes sont la perte de productivité due à la hausse des embouteillages, le changement climatique attribuable à la montée des émissions de dioxyde de carbone provenant de la circulation et de la construction de nouvelles routes, les conséquences négatives sur la santé publique de l'aggravation de la pollution de l'air par les fumées d'échappement et le nombre de morts et de blessés très élevé dans les accidents de la route.

Fig. 1: principales difficultés liées à l'augmentation du trafic routier



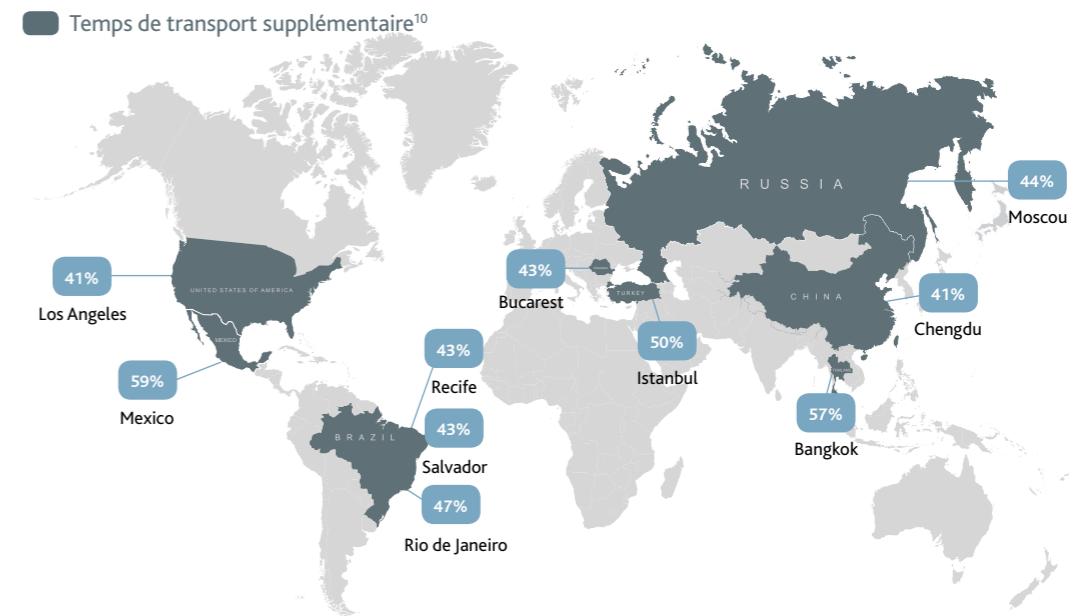
Sources: forum économique mondial; Organisation mondiale de la santé; OCDE

### PERTE DE PRODUCTIVITÉ

Parmi l'ensemble des problèmes causés par l'augmentation du trafic, les embouteillages ont l'impact le plus concret et le plus immédiat sur la vie des personnes. Au Royaume-Uni, aux États-Unis, en France et en Allemagne, une personne a passé en moyenne 36 heures dans les embouteillages et 75 heures à planifier son itinéraire, en 2013.

Il est prévu que ces chiffres augmentent de 6% d'ici 2030<sup>9</sup>. Des embouteillages plus nombreux, en plus d'être un facteur de frustration pour les conducteurs, entraînent une perte de productivité, en raison du coût d'opportunité plus élevé du temps, qui pourrait être alloué à d'autres activités.

Fig. 2: Top 10 des villes les plus touchées par les embouteillages au niveau mondial en 2015 (population > 800 000 habitants)



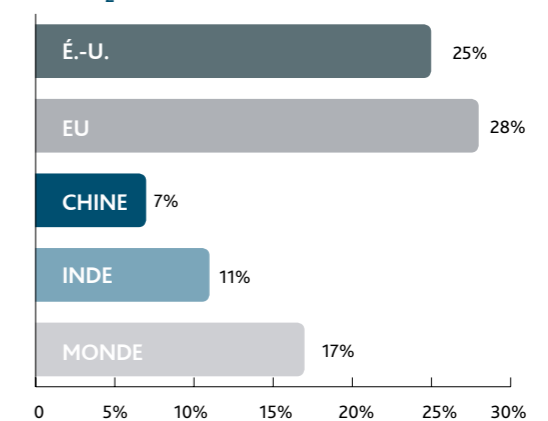
Source: TomTom Traffic Index 2016

De nombreux analystes ont essayé d'estimer le coût total des embouteillages. Au Royaume-Uni, aux États-Unis, en France et en Allemagne, les coûts économiques et environnementaux directs et indirects des embouteillages ont été évalués à 200 milliards de dollars en 2013. On s'attend à ce que ce chiffre passe à 293 milliards de dollars en 2030<sup>11</sup>. En 2013, les États-Unis ont perdu environ 124 milliards de dollars bloqués derrière leur volant, tandis que la Commission européenne évalue les coûts des embouteillages dans l'Union européenne à 80 milliards d'euros par an<sup>12</sup>. Dans les zones en développement, les coûts sont encore plus élevés. Dans la seule ville de Bangalore, les pertes dues aux embouteillages s'élèvent à 6,5 milliards de dollars annuellement, alors que Pékin perd presque deux fois cette somme, avec 11,3 milliards de dollars<sup>13</sup>. Le forum économique mondial estime le coût global des embouteillages à 1,4 billion de dollars par an<sup>14</sup>.

### CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les transports sont environ responsables de 22% des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans les pays de l'OCDE. Ce gaz est l'une des causes principales du réchauffement climatique. Dans le même temps, en Inde et en Chine, les chiffres sont respectivement de 7% et 11% environ. En Asie, les experts prévoient une multiplication par trois voire cinq des niveaux enregistrés dans les années 2000 d'ici 2030 si aucune mesure n'est prise afin de traiter le problème des émissions routières<sup>15</sup>.

Fig. 3: Pourcentage du total des émissions de CO<sub>2</sub> dû au transport routier, 2013<sup>16</sup>



Source: Agence internationale de l'énergie, 2015

Malgré les multiples efforts visant à améliorer les normes d'efficacité et d'émission des véhicules, les experts signalent un impact minimal. Selon la Commission européenne, «le transport est le seul secteur majeur au sein de l'UE pour lequel les émissions de gaz à effet de serre sont toujours en hausse»<sup>17</sup>. Greg Archer, directeur véhicules propres au sein du think-tank Transport & Environment, a une explication: «les fabricants ont été très doués pour obtenir des émissions faibles lors des tests, mais n'obtiennent pas les mêmes résultats sur la route. Par conséquent, l'écart entre les résultats des tests et les performances réelles a aujourd'hui dépassé la barre des 40% en moyenne».



«Les fabricants ont été très doués pour obtenir des émissions faibles lors des tests, mais n'obtiennent pas les mêmes résultats sur la route. Par conséquent, l'écart entre les résultats des tests et les performances réelles a aujourd'hui dépassé la barre des 40% en moyenne».

GREG ARCHER, DIRECTEUR VÉHICULES PROPRES CHEZ TRANSPORT & ENVIRONMENT

En outre, l'entretien et la construction des infrastructures routières en elles-mêmes pèsent sur l'environnement. Le béton est le deuxième matériau le plus employé dans le monde après l'eau, et l'industrie du ciment, dont l'un des produits principaux est le béton utilisé dans les infrastructures routières, est responsable de 5% des émissions de dioxyde de carbone au niveau mondial<sup>18</sup>. Si

**17%**  
CONTRIBUTION DES VÉHICULES AUX ÉMISSIONS MONDIALES DE CO<sub>2</sub> (IEA)

l'on décide de répondre à l'augmentation du trafic par la construction de davantage de routes ou par l'agrandissement des chaussées existantes, cela ne fera qu'augmenter l'empreinte carbone du secteur et sa responsabilité dans le changement climatique.

#### SANTÉ PUBLIQUE

Les routes de plus en plus embouteillées participent de façon significative à la pollution de l'air et ont des répercussions dramatiques sur la santé publique. Les véhicules sont les plus polluants au ralenti, de sorte que l'impact se ressent davantage dans les villes les plus encombrées. Si l'on considère les villes qui surveillent la qualité de l'air, les estimations indiquent que plus de 80% de la population des centres urbains est exposée à des niveaux de pollution de l'air qui excèdent les limites définies par l'OMS<sup>19</sup>. Dans les zones urbaines, les émissions des véhicules représentent le tiers des particules fines<sup>20</sup>. Celles-ci jouent un rôle décisif dans les crises cardiaques, les accidents vasculaires cérébraux et les maladies respiratoires<sup>21</sup>. En 2013, l'OMS a classé les particules et les gaz d'échappement des moteurs diesel comme cancérigènes pour l'homme, plaçant les gaz d'échappement de moteurs

diesel dans la catégorie la plus dangereuse (groupe 1)<sup>22,23</sup>. Au sein de l'Union européenne, plus de 450.000 décès prématurés ont été signalés comme étant dus à l'exposition aux particules fines, à l'ozone et au dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) en 2013<sup>24</sup>. L'OMS évalue le coût économique annuel de ces décès prématurés à 1,4 billion de dollars<sup>25</sup>.

#### ACCIDENTS DE LA ROUTE

Les accidents de la route, entraînant décès et blessures, ont également des conséquences économiques néfastes. L'OMS estime qu'à l'échelle mondiale les accidents de la route font 1,25 million de victimes chaque année, l'équivalent d'environ 2 morts par minute, tandis que 20 à 50 millions de personnes sont blessées. Les décès et blessures ont un coût économique significatif, atteignant 3% du PNB dans les pays développés et allant jusqu'à 5% dans les pays à revenus faibles ou moyens<sup>26</sup>.

Dans les 32 pays à revenus élevés inscrits dans la base internationale de données sur la circulation et les accidents de la route (IRTAD), les décès au volant ont baissé de 42% entre 2000 et 2013. Toutefois, le nombre d'accidents mortels enregistré par l'IRTAD représente seulement 6% des 1,3 million de décès sur les routes dans le monde en 2013. Cela indique que l'immense majorité des accidents se produit dans des pays à revenus faibles ou moyens<sup>27</sup>. Les victimes sont généralement des hommes jeunes, qui assurent la subsistance de leur famille, dans des territoires où la participation des femmes à la vie active est faible. Par conséquent, les décès prématurés et les blessures peuvent durablement fragiliser l'économie, précarisant les populations et mettant à l'épreuve des systèmes sociaux fragiles.



La gravité des problèmes que présente l'augmentation du trafic pour la santé, l'environnement et l'économie est source de préoccupations. «Si nous restons passifs face à l'augmentation des émissions des véhicules routiers, qu'ils s'agissent d'automobiles, de fourgons ou de camions, nous passerons à côté de nos objectifs climatiques», affirme M. Archer.

Il doit être remédié en urgence aux défauts constatés dans le monde des transports, et notamment du transport routier, afin de réduire les conséquences délétères sur le climat, les complications pour la santé et les coûts pour les citoyens et gouvernements.

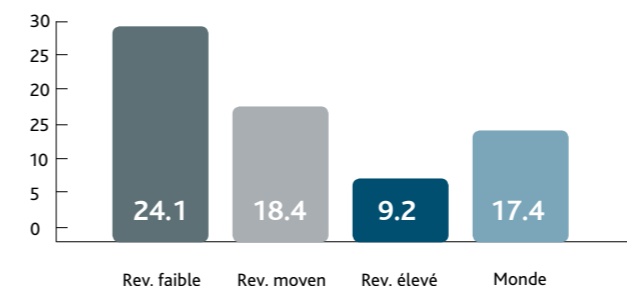
Les solutions habituellement mises en place incluent l'agrandissement du réseau routier et l'adoption de mesures politiques, comme des règles de sécurité routière plus strictes et l'installation de péages urbains et de zones à faibles émissions. Bien que ces mesures aient contribué à réduire les embouteillages et le nombre de morts sur la route, des actions plus ambitieuses doivent être entreprises.

Par ailleurs, une bonne connectivité entre les villes et les pays peut stimuler la croissance économique en permettant aux biens et aux personnes de se déplacer efficacement, faisant ainsi baisser les coûts pour les voyageurs comme pour les entreprises. À une époque de faible croissance économique, aussi bien dans les pays développés que dans les pays émergents, modifier en profondeur le monde du transport pourrait avoir une forte incidence bénéfique dans de nombreux domaines.

**450,000**  
DÉCÈS PRÉMATURÉS DANS L'UE DUS À LA POLLUTION DE L'AIR

Les innovations des technologies routières ouvrent de nouvelles possibilités de traiter les problèmes sous-jacents et d'améliorer l'efficacité des routes afin de renforcer la productivité et la croissance économique. Le prochain chapitre étudie en détail certaines des technologies les plus innovantes s'appliquant à la chaussée.

Fig. 4: Nombre de décès sur les routes pour 100.000 habitants en fonction du revenu du pays, 2013\*



Source: Banque mondiale

\*Le statut des pays à l'égard du revenu a été déterminé grâce aux informations contenues dans la base de données Indicateurs du développement dans le monde, Banque mondiale, 2016. Revenu faible : < 1 045 USD par habitant ; Revenu moyen = de 1 045 à 12 745 USD ; Revenu élevé = > 12 745 USD

<sup>9</sup> [ibttta.org/sites/default/files/documents/MAF/Costs-of-Congestion-INRIX-Cebr-Report%20\(3\).pdf](http://ibttta.org/sites/default/files/documents/MAF/Costs-of-Congestion-INRIX-Cebr-Report%20(3).pdf)

<sup>10</sup> TomTom defines extra travel time as the additional time spent on the road during peak hours compared with one hour of driving during free-flow conditions, multiplied by 230 working days per year.

<sup>11</sup> [ibttta.org/sites/default/files/documents/MAF/Costs-of-Congestion-INRIX-Cebr-Report%20\(3\).pdf](http://ibttta.org/sites/default/files/documents/MAF/Costs-of-Congestion-INRIX-Cebr-Report%20(3).pdf)

<sup>12</sup> [www.civitas.eu/sites/default/files/Results%20and%20Publications/civ\\_pol-not6\\_its\\_web.pdf](http://www.civitas.eu/sites/default/files/Results%20and%20Publications/civ_pol-not6_its_web.pdf); [inrix.com/wp-content/uploads/2015/08/Whitepaper\\_Cebr-Cost-of-Congestion.pdf](http://inrix.com/wp-content/uploads/2015/08/Whitepaper_Cebr-Cost-of-Congestion.pdf)

<sup>13</sup> [www.chinadaily.com.cn/china/2014-09/29/content\\_18679171.htm](http://www.chinadaily.com.cn/china/2014-09/29/content_18679171.htm); [qz.com/280082/the-true-cost-of-bangalores-traffic-gridlock-to-indias-it-industry-is-staggering/](http://qz.com/280082/the-true-cost-of-bangalores-traffic-gridlock-to-indias-it-industry-is-staggering/)

<sup>14</sup> [www3.weforum.org/docs/WEF\\_Connected\\_World\\_HyperconnectedTravelAndTransportationAction\\_2014.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Connected_World_HyperconnectedTravelAndTransportationAction_2014.pdf)

<sup>15</sup> [www.oecd.org/derec/adb/47170274.pdf](http://www.oecd.org/derec/adb/47170274.pdf)

<sup>16</sup> [edgar.jrc.ec.europa.eu/news\\_docs/jrc-2016-trends-in-global-co2-emissions-2016-report-103425.pdf](http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/jrc-2016-trends-in-global-co2-emissions-2016-report-103425.pdf)

<sup>17</sup> [ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles\\_en](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles_en)

<sup>18</sup> [b8f65cb373b1b7b15feb-c70d8ead6ced550b4d987d7c03fcd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/000/622/original/cement-report-exec-summary-2016.pdf](http://b8f65cb373b1b7b15feb-c70d8ead6ced550b4d987d7c03fcd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/000/622/original/cement-report-exec-summary-2016.pdf)

<sup>19</sup> [www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/)

<sup>20</sup> [ibttta.org/sites/default/files/The%20Public%20Health%20Costs%20of%20Traffic%20Congestion.pdf](http://ibttta.org/sites/default/files/The%20Public%20Health%20Costs%20of%20Traffic%20Congestion.pdf)

<sup>21</sup> [ibttta.org/sites/default/files/The%20Public%20Health%20Costs%20of%20Traffic%20Congestion.pdf](http://ibttta.org/sites/default/files/The%20Public%20Health%20Costs%20of%20Traffic%20Congestion.pdf)

<sup>22</sup> [www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/news/news/2013/10/outdoor-air-pollution-a-leading-environmental-cause-of-cancer-deaths](http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/news/news/2013/10/outdoor-air-pollution-a-leading-environmental-cause-of-cancer-deaths)

<sup>23</sup> [www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213_E.pdf)

<sup>24</sup> EEA, Air quality in Europe — 2016 report

<sup>25</sup> [www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0004/276772/Economic-cost-health-impact-air-pollution-en.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/276772/Economic-cost-health-impact-air-pollution-en.pdf?ua=1)

<sup>26</sup> [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/)

<sup>27</sup> [www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15irtadannualreport\\_0.pdf](http://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15irtadannualreport_0.pdf)





## CHAPITRE 2

Augmentation du trafic:  
les solutions technologiques



## «Nous sommes à l'aube d'une transformation massive de nos modes de transport. Nous savons que les voitures autonomes ou volantes et les drones représentent l'avenir. La seule question qui vaille c'est ce que l'on fait aujourd'hui pour y parvenir»

DI-ANN EISNOR, RESPONSABLE DE LA CROISSANCE, WAZE

Dans les réponses apportées aux défis majeurs associés à l'augmentation du trafic, les progrès du secteur automobile surpassent largement ceux des infrastructures routières. «Le transport routier demeure loin derrière les autres modes de transport sur le plan de la pensée systémique», explique Steven Shladover, responsable de cursus à l'Institute of Transportation Studies de l'université de Californie, Berkeley. «Cela peut s'expliquer, en partie, par le fait que le secteur privé s'est spécialisé dans les véhicules tandis que les infrastructures routières sont le domaine du secteur public». Les entreprises privées, comme Tesla et Google, disposent de réserves assez conséquentes pour la recherche et le développement. Elles sont en outre encouragées à évoluer rapidement, s'appropriant un marché étant synonyme de gains importants. Par ailleurs, ces progrès surviennent dans un contexte d'avancées technologiques fulgurantes dans les autres modes de transport. On peut citer à titre d'exemple Hyperloop, un système de transport de passagers et de marchandise, propulsant une capsule à travers un tube soumis à un vide presque complet à une vitesse supérieure à celle d'un avion. Le secteur public, par opposition, est en proie à une potentielle opposition de la population, à des prises de décision fragmentaires et à des coûts de l'échec possiblement élevés, dans la mesure où il est difficile de faire marche arrière une fois les décisions en matière d'infrastructures actées.

Pour permettre aux infrastructures routières de répondre aux défis liés à l'augmentation du trafic, des opportunités sont présentes sur deux fronts. Il y a d'abord les infrastructures intelligentes, qui faciliteront la mise en place et l'adoption des véhicules autonomes,

entraîneront une gestion du trafic et des infrastructures plus proactive et transformeront notre façon d'aborder la mobilité. Le deuxième terrain de l'innovation sera la chaussée, où l'ingénierie intelligente transforme des infrastructures passives en actifs productifs, comme dans le cas des routes solaires, fournissant un rechargement par induction. Ce chapitre examine ces solutions en détail.

### 1. INFRASTRUCTURES INTELLIGENTES

#### CONDUITE AUTONOME

**Le futur de l'automobile est l'autonomie, mais pour cela l'infrastructure routière doit être modernisée.**

Les véhicules autonomes ont été conçus dans l'idée d'éliminer l'erreur humaine au volant. Il est prévu que cette technologie réduise le nombre d'accidents de la route, attribuables, la plupart du temps, à une erreur du conducteur.

Outre les comportements à risque, comme la conduite en état d'ivresse et le non-port de la ceinture de sécurité, «70% des accidents et blessures sont dus à des erreurs humaines involontaires», explique José Viegas, secrétaire générale du Forum du transport international au sein de l'OCDE. «Nous ne sommes tout simplement pas compétents à 100%, nous faisons des erreurs».

Pour chaque personne tuée dans un accident de la route aux États-Unis, 8 personnes sont hospitalisées et 100 sont traitées aux urgences, ce qui représente un coût total de plus de 212 milliards de dollars pour l'année 2012<sup>28</sup>.

Des recherches du McKinsey Global Institute estiment que l'utilisation de véhicules autonomes pourrait réduire les accidents de 90%, ce qui aurait permis d'économiser 190 milliards de dollars en 2012. «C'est une opportunité incroyable de réduire le nombre de blessés», déclare James Anderson, directeur de l'Institute for Civil Justice au sein de la division RAND Justice, Infrastructure, and Environment de la RAND Corporation. En Australie, une étude de la fondation FIA, un think tank dédié à la sécurité routière, a examiné plus de 51.879 demandes d'indemnisation, déposées auprès de la Traffic Accident Commission de l'État de Victoria à la suite d'accidents de la route s'étant produits entre 2006 et 2010. L'étude a déterminé que le coût moyen de chaque accident (allant de l'accident sans gravité à l'accident mortel) sur l'ensemble de la vie était de 68.734 dollars australiens (52.000 USD)<sup>29</sup>.

En dernier lieu, l'adoption des véhicules autonomes sera déterminée par le rythme de la modernisation de l'ensemble des infrastructures routières. «Le véhicule autonome ne peut fonctionner sans infrastructure intelligente», indique José Papi, président de Smart Transportation Alliance, une plateforme collaborative globale à but non-lucratif pour les innovations dans le domaine des infrastructures de transport. Afin d'être pleinement autonome, un véhicule doit reconnaître son environnement, que celui-ci soit statique, les routes et poteaux téléphoniques par exemple, ou qu'il se compose d'éléments dynamiques, comme les autres véhicules. De multiples technologies sont nécessaires et celles-ci, même si elles progressent, n'ont pas encore atteint le degré de maturité nécessaire.

Les véhicules autonomes emploient des capteurs de types multiples, dont des caméras, des détecteurs ultrasoniques, des radars et des appareils de télédétection par laser (LiDAR), de façon à fournir les informations nécessaires à la conduite. Leur capacité à interagir avec les infrastructures routières et les autres véhicules peut être améliorée grâce aux installations adéquates. L'«Internet des objets» se trouve au cœur de ce processus et il nécessite des infrastructures de télécommunication, telles que des antennes-relais de téléphonie mobile, qui offrent une connexion internet sans fil accessible partout. Voici trois exemples d'application de ces technologies:

- Les voitures autonomes Volvo, qui sont utilisées au stade expérimental à Gothenburg, en Suède, s'appuient sur la connexion du véhicule au cloud afin d'accéder à des informations en temps réel à propos des itinéraires et des conditions de circulation.

- Vodafone, un groupe de télécommunications, teste d'ores et déjà les communications de véhicule à véhicule au moyen d'un réseau de cinquième génération (5G)<sup>30</sup>. Des essais sont en cours au Royaume-Uni et en Allemagne.

- AT&T travaille sur un réseau reliant les véhicules à l'ensemble de l'internet, ce qui permettrait aux usagers de la route de communiquer non seulement entre eux, mais aussi avec les infrastructures et les piétons.

Ben Stanley, responsable global de la recherche automobile chez IBM Global Business Services, est optimiste : «[Les véhicules autonomes] vont véritablement se développer avec l'arrivée de la 5G».

Outre l'amélioration de la sécurité routière, les véhicules autonomes influenceront l'aspect technique et la conception des routes à l'avenir. Il sera ainsi possible de resserrer les places de parking: «elles pourront se trouver seulement à 10 cm les unes des autres, étant donné que le conducteur n'aura pas à descendre ou monter», indique M. Stanley. De la même façon, des voies plus étroites permettront d'augmenter la capacité de la chaussée, dans la mesure où les voitures autonomes devraient davantage respecter les espaces de circulation. Les scénarios futurs incluent par ailleurs des voies de contournement, des autoponts et des passages souterrains réservés aux voitures autonomes, de manière à fluidifier la circulation.



## POIDS LOURDS AUTONOMES

Parmi les différents types de véhicule, l'adoption de la technologie autonome a de grande chance de concerner en premier lieu les poids lourds, où des rendements stables sont prévus. Les poids lourds autonomes peuvent fonctionner sans interruption plus longtemps étant donné que les arrêts fréquents sont rendus inutiles et que les restrictions liées aux horaires de travail disparaissent. Le secteur en pleine croissance du e-commerce aura également de plus en plus besoin des poids lourds pour la dernière étape de la chaîne d'approvisionnement. Ces camions autonomes pourraient faciliter des livraisons plus fréquentes en continue, augmentant ainsi la productivité.

Ces véhicules pourraient même avoir un impact significatif sur les infrastructures routières traditionnelles. Larry Burns, ancien vice-président de la recherche et du développement chez General Motors, fait l'hypothèse suivante : «aujourd'hui, lorsque l'on conçoit des voies rapides et des ponts, il faut qu'ils conviennent à des charges de 35 tonnes. Avec des poids lourds autonomes, on ne sera peut-être pas obligé de s'adapter à un tel poids. La charge maximale pourrait être divisée par deux, voire plus, car les livraisons en une journée ou le développement du e-commerce seront synonymes d'envois moins importants et plus fréquents».

Les poids lourds autonomes peuvent également contribuer significativement à l'optimisation de l'efficacité de la chaîne d'approvisionnement dans le transport de marchandises sur de longues distances. Des essais de «conduite en peloton», une pratique consistant à mener une flotte de camions autonomes à l'aide d'un poids lourd conduit par un chauffeur, sont en cours en Europe et, dernièrement, à Singapour. Le ministère des transports et les autorités portuaires de Singapour ont signé des accords avec deux sociétés automobiles, Scania et Toyota Tsusho, dans le but de concevoir et de tester un système de circulation en peloton de poids lourds autonomes.

Une autoroute a été conçue pour l'essai d'une distance de dix kilomètres. Si la conduite en peloton s'avère probante, cela obligera les autorités chargées des routes d'examiner les avantages liés à des voies réservées aux poids lourds lors du développement des futures infrastructures. Le système de conduite en peloton permet d'autre part de garder une certaine distance entre chaque camion, laissant ainsi la possibilité aux autres véhicules de traverser le peloton sur les routes publiques. Il s'agit là d'un autre point essentiel pour les autorités et opérateurs chargés des routes.

## ROULER SANS INTERRUPTION

**La gestion dynamique du trafic peut fluidifier une circulation de plus en plus chargée.**

Les informations provenant des véhicules connectés et des infrastructures intelligentes offrent aux autorités chargées des routes l'occasion d'améliorer radicalement la gestion du trafic en prédisant la circulation future. Selon M. Shladover: «si tous les véhicules, ou au moins une grande partie d'entre eux, diffusent les informations sur leur itinéraire, alors les systèmes de gestion du trafic pourront profiter d'ensembles de données enrichis, rendant le contrôle du trafic plus efficace». «La gestion active du trafic» (aussi appelée smart asset management au Royaume-Uni ou intelligent transport systems (ITS) aux États-Unis) peut non seulement atténuer les embouteillages, entraînant des temps de déplacement plus courts, mais aussi aider à réduire la pollution de l'air que génèrent ces embouteillages. Aux États-Unis, plusieurs projets ITS ont déjà porté leurs fruits: la coordination des feux de signalisation réduit la consommation de carburant de 15% et les émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 19%, selon le Texas Transport Institute<sup>31</sup>.

Ces projets exigent une coopération plus étroite entre les autorités routières et les entreprises privées, notamment en matière de partage des données et d'analyse. Volvo collecte par exemple les données provenant des capteurs de ses véhicules autonomes, les stocke sur le Volvo Cloud et les partage avec les autorités d'exploitation des autoroutes suédoises<sup>32</sup>. Lorsque davantage de véhicules autonomes entreront en circulation, de larges volumes de données, fournissant un aperçu en temps réel de l'état des routes, seront générés. En utilisant ces informations, les autorités chargées des routes pourront gérer et contrôler les flux de trafic de façon dynamique grâce à une combinaison de stratégies opérationnelles prédictives et en temps réel. Cinq exemples d'utilisation de technologies avancées sont mentionnés ci-après:

- **La régulation des accès**—utilise l'intelligence artificielle (IA) pour interpréter les données de trafic en temps réel dans le but de contrôler le flux de véhicules pénétrant sur les autoroutes, améliorant ainsi l'efficacité de la jonction entre les voies et réduisant le nombre d'accident<sup>33</sup>.
- **Le contrôle de la vitesse**—a recours à des technologies comme les radars intelligents, afin de repérer les conducteurs qui excèdent ou s'approchent de la vitesse



limite. Des radars plus sophistiqués peuvent détecter la vitesse par type de véhicule, les dépassements illégaux, la conduite sur la bande d'arrêt d'urgence et même les infractions liées à la ceinture de sécurité et à l'utilisation de téléphones mobiles. Outre ces appareils, l'autorité chargée des routes de Dubaï a mis en place 500 radars «avertisseurs» qui servent uniquement à prévenir les conducteurs et n'infligent pas d'amende<sup>34</sup>.

- **Le contrôle dynamique des voies**—met à profit les données prédictives et actuelles sur la densité du trafic afin de créer des voies temporaires, voire d'inverser le sens de circulation de certaines voies de façon à atténuer les embouteillages lors des heures de pointe. Des essais doivent commencer à Auckland, en Nouvelle Zélande, en 2017<sup>35</sup>.

### ■ Péage dynamique et sans arrêt—

Le péage dynamique s'adapte à l'utilisation de la route en temps réel sur la base de la circulation actuelle et de prédictions fondées sur des données historiques. Les systèmes de calcul dynamique du péage sont utilisés sur des routes très fréquentées et facturent, en règle générale, des frais supplémentaires aux conducteurs ne transportant pas de passagers<sup>36</sup>. Le péage sans arrêt

ou avec circulation libre permet quant à lui aux autorités de percevoir les droits de péage sans que les automobiles n'aient besoin de ralentir pour passer les barrières, ce qui diminue les embouteillages, les accidents et les émissions de dioxyde de carbone<sup>37</sup>. Il existe plusieurs façons de

reconnaître l'entrée et la sortie des différents véhicules sur les routes à péage, dont l'installation d'étiquettes électroniques dans les voitures et la reconnaissance automatique de la plaque d'immatriculation.

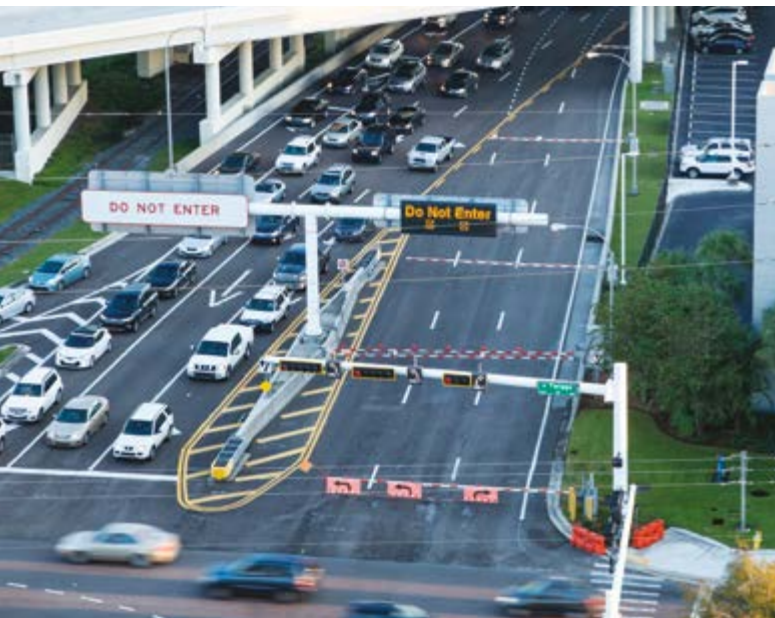
- **Intervention d'urgence accélérée**—Les logiciels d'analyse vidéo, développés à l'aide de l'IA, peuvent traiter des images prises par les caméras placées sur les routes, dans le but de localiser rapidement les collisions et d'envoyer les services d'urgence. Une intervention plus rapide des secours augmentera le nombre de vies sauvées.
- **Bulletin sur le trafic en temps réel**—Ce système utilise des balises de communication à courte portée (DSRC) en vue de permettre aux véhicules de partager en direct des informations avec les autres usagers et unités routières concernant les travaux et les accidents de la route. Il a été installé par l'autorité du transport routier de Singapour, dans le cadre d'un essai de véhicules autonomes<sup>38</sup>.

Outre la gestion du trafic, les nouvelles technologies peuvent également aider les gouvernements et les opérateurs du réseau routier à fournir des services essentiels et à mieux entretenir les ressources importantes. Dans des pays comme les États-Unis et la Corée du Sud, les autorités routières expérimentent des drones pour l'inspection des ponts, avec comme objectif de réduire les coûts et de minimiser les risques pour les employés. Des capteurs dans les ponts, les tunnels et les autres infrastructures fournissent des données sur leur état, ce qui limite, par la suite, les perturbations et rend les travaux d'entretien et de maintenance plus efficaces.

# 15%

BAISSE DE LA  
CONSOMMATION DE  
CARBURANT APRÈS  
L'ADOPTION DE  
TECHNOLOGIES DE  
COORDINATION DES FEUX  
DE SIGNALISATION  
(TEXAS TRANSPORT INSTITUTE)





### PROJET PILOTE: TAMPA CENTRAL BUSINESS DISTRICT

Le projet pilote de 22 millions de dollars en gestion du trafic entrepris à Tampa, en Floride, emploie une approche basée sur les systèmes afin d'améliorer la circulation et la sécurité routière et de réduire les émissions des véhicules.

Actuellement dans sa phase de conception et de construction, c'est l'un des premiers projets au cours duquel une autorité publique observera les interactions entre des applications multiples, ayant aussi bien une incidence sur les véhicules routiers connectés et les piétons que les vélos et les transports en commun. Les précédents projets examinaient uniquement un type d'interaction. Dans un périmètre d'environ 2,5 km carrés du quartier d'affaire central de la ville, plusieurs stations vont surveiller et enregistrer des interactions, telles que l'entrée sur une route combinée au passage de piétons. En outre, l'autorité routière de Tampa travaille avec Sirius XM, un fournisseur de services de radio par satellite, afin de comprendre comment la radio par satellite peut être intégré aux véhicules connectés.

#### Composants technologiques:

- Modernisation de 1.600 véhicules, de dix bus publics et de dix tramways avec des dispositifs de véhicule connecté
- 40 unités routières

- Télédétection par laser (LiDAR) afin de détecter les piétons (les GPS des smartphones n'étant pas assez précis)
- Technologie de feu de signalisation afin d'ajuster le timing des feux en fonction de l'activité à l'intersection

#### Six stratégies opérationnelles permises par la technologie sont à l'essai:

- ❖ Alerte de contresens pour les conducteurs se dirigeant vers une sortie dans la mauvaise direction, pour les conducteurs approchant un véhicule circulant à contresens et pour les forces de l'ordre.
- ❖ Avertissement de décélération sur les bretelles, se déclenchant à la détection d'un freinage important de la part d'un véhicule. L'avertissement est envoyé aux véhicules poursuivant afin qu'ils réduisent leur vitesse lorsque des embouteillages se forment. Cette technologie fournit aussi un avertissement de risque d'accident aux véhicules dépassant d'autres véhicules à l'arrêt sur la bretelle.
- ❖ Système de feux de signalisation à caractère prioritaire pour les transports publics, déclenchant les feux de signalisation en fonction des demandes des bus en retard sur leurs horaires. Les véhicules de transport en commun pourront également inclure des pelotons de véhicules en covoiturage ou autonomes.
- ❖ Avertissement de sécurité des tramways aux autres véhicules, permettant (ou empêchant) de tourner à droite devant un tramway à l'arrêt (ou en mouvement). Ces avertissements sont également envoyés aux piétons au moyen d'une application mobile.
- ❖ Informations aux voyageurs en temps réel (temps pour atteindre la destination et vitesse moyenne de trajet) fournis aux piétons et véhicules sur la base de la circulation dans la zone.
- ❖ Feux de signalisation déclenchés en fonction de l'arrivée des véhicules et non d'un timing précis.

Bien que le plan pour ce projet pilote de véhicules connectés ait pour objet d'observer et de rendre compte de mesures clés sur une période de dix-huit mois commençant en avril 2018, le système a été conçu pour fonctionner de façon pérenne.

## CONDUITE CONNECTÉE

### De nouvelles façons d'exploiter les données de trafic changent la manière dont les autorités chargées des routes appréhendent la gestion de la circulation.

Le futur des infrastructures intelligentes ne réside pas dans l'augmentation du nombre de capteurs et de caméras au sein du réseau routier. Le problème, constate Hari Balakrishnan, directeur de la technologie de Cambridge Mobile Telematics et professeur à MIT, concerne l'échelle: «dans beaucoup d'endroits, le contexte économique ne justifie pas la mise en place de capteurs et de caméras». Les innovateurs se tournent alors vers les smartphones. Holly Krambeck, senior economist à la Banque mondiale, explique: «L'utilisation de téléphones portables comme capteurs est un moyen bien plus économique de collecter les données dont les villes ont besoin afin de planifier des projets en matière d'infrastructure. Les réseaux de capteurs physiques sont non seulement chers à construire, mais également à entretenir. Avec les téléphones mobiles, vous recueillez des données plus fréquemment et à partir de zones plus vastes au sein de la ville, il s'agit donc d'informations de meilleure qualité à un coût moindre».

L'utilisation massive des téléphones mobiles a, dans les faits, transformé les conducteurs en capteurs de trafic. À Boston, une application activée par les conducteurs appelée StreetBump est utilisée afin d'identifier les nids-de-poule. Si une bosse est signalée trois fois dans un délai de quatre jours, les autorités locales en sont informées. Elles peuvent ensuite diriger les ressources dédiées à l'entretien plus efficacement<sup>39</sup>. Selon Ken Leonard, directeur du Intelligent Transportation Systems Joint Program Office à la Federal Highway Administration des États-Unis, c'est «une technologie au coût relativement bas et qui peut être imitée assez facilement par tout territoire qui voudrait l'adopter».

Waze, une application de navigation qui fournit aux utilisateurs des données collaboratives sur le trafic en temps réel a commencé à partager des données anonymisées, mais granulaires, avec les gouvernements, afin de compléter les initiatives de collecte de données traditionnelles. «Les données en tant qu'infrastructure sont l'un des éléments les plus importants à notre disposition aujourd'hui» fait remarquer Di-Ann Eisnor, responsable de la croissance chez Waze. Grâce à son programme Connected Citizens, l'application Waze collecte les données des conducteurs concernant les embouteillages, les accidents et les nids-de-poule. Ces notifications permettent également de faciliter le travail des services d'urgences. Selon Mme Eisnor: «aux États-Unis, 70% des signalements d'accidents sont d'abord transmis aux centres chargés de la circulation par Waze, avant le 911 [le

numéro d'urgence]. De ce fait, les premiers secours arrivent sur les lieux entre quatre et sept minutes plus tôt». Il s'agit d'un processus de collaboration, en vertu duquel les autorités chargées des routes transmettent à Waze des informations sur les fermetures de route et les accidents, qui sont ensuite prises en considération dans le choix des itinéraires proposés par l'application à ses utilisateurs. Ainsi, le big data accompagne une autre tendance émergente: la «MaaS» (voir la section ci-après).

Parallèlement, plusieurs nouvelles utilisations des technologies satellitaires sont employées dans la gestion du trafic. En 2013, l'Union européenne a conduit un projet de démonstration de faisabilité pour un système de gestion du trafic satellitaire baptisé SafeTrip. L'initiative, qui impliquait l'installation d'un lecteur de faibles dimensions dans les voitures, a démontré de nombreuses possibilités d'application sur le plan de la sécurité routière et de la gestion du trafic, dont la surveillance de l'état des routes et l'amélioration du temps d'intervention des secours<sup>40</sup>. Un système de gestion du trafic par satellite est actuellement en développement à Singapour et doit être mis en place en 2020<sup>41</sup>.

## MOBILITY AS A SERVICE

### L'intégration de divers modes de transport dans un service de mobilité unique, accessible à la demande, est appelée mobility as a service (MaaS).

Les mégadonnées générées par les infrastructures intelligentes, les véhicules connectés et les smartphones, combinées à la gamme de possibilités de déplacement d'origine privée ou publique, amènent l'émergence d'un nouveau modèle centré sur l'utilisateur pour les transports: la mobility as a service MaaS. La MaaS implique l'existence d'une plateforme numérique unique, qui rassemble la planification intégrale des déplacements, la réservation, l'assistance en ligne et les services de paiement, pour l'ensemble des modes de transport privés ou publics. Ces plateformes mettent à profit les données de transport recueillies en temps réel et les préférences des utilisateurs à l'égard de la vitesse, de la commodité et du coût, ce qui permet aux personnes de choisir l'itinéraire le plus rapide ou le moins cher en ayant recours à la meilleure combinaison de moyens de transport pour atteindre leur destination. Cette approche est particulièrement intéressante pour les responsables de la planification urbaine, dans la mesure où il est estimé que deux tiers de la population mondiale vivra dans les villes en 2050<sup>42</sup>. En rapprochant davantage l'offre de la demande, la MaaS a le potentiel de déplacer davantage de personnes et de marchandises dans des conditions plus rapides, propres et économiques que ce qui est possible aujourd'hui.

Un exemple de MaaS est l'application Whim, développée par la start-up finlandaise MaaS Global, qui élabore l'intégralité de l'itinéraire de l'utilisateur au moyen d'une combinaison de moyens de transport publics et privés. Cette application diffère des systèmes connus, tels que la Oyster card londonienne, avec laquelle les usagers peuvent seulement prendre une multitude de moyens de transport publics à l'aide d'une carte unique. «On appelle cela un système de billetterie intégré, mais c'est tout sauf intégré pour des itinéraires complets», explique Tim Gammons, responsable global smart mobility chez Arup, une société d'ingénierie. Grâce aux services offerts par Whim, affirme

90%

RÉDUCTION PRÉVUE DES ACCIDENTS DE LA ROUTE DU FAIT DE L'UTILISATION DE VÉHICULES AUTONOMES

M. Gammons, «vous n'avez pas besoin de vous inquiéter de la répartition du prix de votre voyage entre les différents opérateurs, tout est automatique.

Il vous suffit de manifester votre intérêt pour une destination ».

L'application pourra alors sélectionner un itinéraire combinant bicyclette, bus, train ou covoiturage, pour vous amener le plus rapidement au point souhaité tout en vous permettant de régler l'ensemble du trajet en une seule transaction.

La MaaS est fortement liée au développement de l'économie du partage. Des sociétés de covoiturage, comme Uberpool et Via, aux systèmes peer to peer comme Getaround, Carunity et BlaBlaCar, les nouveaux services attirant les jeunes urbains connaissent une expansion rapide.

Un service de covoiturage est également à l'essai chez l'application de navigation Waze. «Si vous vous rendez quelque part et que vous faites partie de la communauté Waze, il vous est possible de passer prendre un autre membre, ce qui économise du temps et de l'argent», explique M. Eisnor. «Si l'on arrivait à inciter les gens à faire du covoiturage, cela permettrait littéralement de retirer des voitures de la circulation et de mettre fin aux embouteillages!».

Les experts estiment qu'utilisés à grande échelle ces services partagés ont la capacité d'améliorer de façon significative l'efficacité du secteur des transports et de réduire les embouteillages et les problèmes qui y sont associés. Une étude de cas présentée par l'OCDE et concernant la capitale portugaise, Lisbonne, montre que si des voitures et bus autonomes communs étaient utilisées à la place de véhicules personnels, cela réduirait les émissions polluantes d'un tiers et les places de parking requises de 97%<sup>43</sup>. Greg Archer, responsable véhicules propres, chez Transport & Environment, estime également que seul 10% du nombre actuel de véhicules sont nécessaires dans une économie du partage. Bien que la MaaS en soit encore à un stade précoce de son développement, des projets pilotes sont lancés dans plusieurs villes du monde, comme à Helsinki, Paris, Eindhoven, Gothenburg, Montpellier, Vienne, Las Vegas, Denver,

Singapour et Barcelone, ouvrant la voie à une adoption massive.

Toutefois, tirer pleinement parti de la MaaS ne sera pas une mince affaire. Les opérateurs des secteurs public et privé devront être prêts à partager leurs données et informations en temps réel, ce qui inclut, notamment, l'intégration de leurs systèmes de réservation, de paiement et d'exploitation.

### Un grand pouvoir implique de grandes responsabilités

Il y a actuellement un débat crucial sur la propriété et la sécurité des vastes quantités de données collectées et générées par les systèmes de transport intelligents, dont les smartphones et les véhicules. Du point de vue de la sécurité des données, constate M. Gammons, «il est compliqué de savoir à qui appartiennent les données. Au propriétaire de la voiture? À l'utilisateur? À l'opérateur ou à l'autorité chargée des transports?» Les services gouvernementaux des États-Unis encouragent les fabricants à partager les informations concernant la façon dont les données sont collectées et mise à disposition par les véhicules<sup>44</sup>.

La connectivité accrue peut aussi exacerber l'exposition des véhicules aux risques de cybersécurité, ce qui pourrait permettre aux hackers de contrôler des fonctions de base, comme la direction et les freins. Certaines sociétés, comme Google, ont commencé à limiter la connectivité de leurs systèmes automobiles connectés, tandis que d'autres entreprises du secteur automobile, explique M. Stanley, «protègent leurs voitures en engageant des personnes qui ne connaissent pas l'automobile, mais sont des experts de la sécurité et du piratage»<sup>45</sup>.

Un autre enjeu concerne le dysfonctionnement du logiciel dont dépendent ces systèmes. Des erreurs dans un algorithme pourraient causer la sélection d'un itinéraire non optimal ou indiquer un virage de façon erronée. «Les niveaux de responsabilité qui découlent de l'utilisation croissante de ces algorithmes nous engagent tous fortement», souligne Mme Eisnor.

Les répercussions du big data dans les transports commencent tout juste à se faire sentir et, étant donné le rythme effréné des progrès technologiques, la résolution de ces questions est en train de devenir une préoccupation majeure pour les autorités gouvernementales et les responsables politiques. Ces questions font l'objet d'une analyse plus approfondie dans le chapitre suivant.

## 2. TECHNOLOGIES DE SURFACE INTELLIGENTES

Les routes occupent de vastes surfaces dans les villes et sur les territoires, et, jusqu'à aujourd'hui, les investissements réalisés soulignent leur caractère essentiel, mais aussi improductif. Toutefois, les gouvernements et les opérateurs privés du secteur routier s'attendent à transformer la nature de ces actifs en expérimentant des infrastructures qui

génèrent de l'électricité, ceci dans le but de réduire les coûts liés aux équipements énergétiques, de libérer des ressources pour d'autres utilisations, d'accélérer l'adoption des véhicules électriques et de réduire les émissions.

### CHARGÉE ET PRÊTE À FONCTIONNER

Les constructeurs automobiles s'éloignent progressivement du moteur à combustion interne traditionnel pour adopter des systèmes de propulsions électriques, comme les véhicules entièrement électriques et les hybrides. Malgré la réglementation sévère et, jusqu'à peu, une pression sur les prix de l'énergie, le nombre de voitures hybrides vendues a été multiplié par six aux États-Unis depuis 2004 et par cinq en Allemagne et huit au Royaume-Uni sur la même période. En Norvège, les véhicules électriques représentent environ le quart des nouvelles ventes de voitures<sup>46</sup>. En Europe, les ventes de voitures électriques ont doublé en 2015 comparées à l'année précédente, faisant de la région le deuxième marché le plus important pour ces véhicules après la Chine<sup>47</sup>. Bien que ces chiffres soient la marque d'une croissance partant d'une valeur peu élevée, cette tendance est susceptible de se poursuivre, dans la mesure où les fabricants et les gouvernements s'efforcent de résoudre les difficultés liées à ce type de véhicule. Les coûts initiaux élevés vont ainsi probablement baisser avec la diminution du prix des batteries lithium-ion. Toutefois, l'«enjeu lié à l'autonomie», la peur des utilisateurs que la batterie ne se vide avant de trouver une station de recharge, persiste malgré des capacités en hausse.

Aujourd'hui, les batteries sont suffisantes pour conduire en environnement urbain, d'où la nécessité de développer le réseau de stations de recharge sur les autoroutes entre les villes.

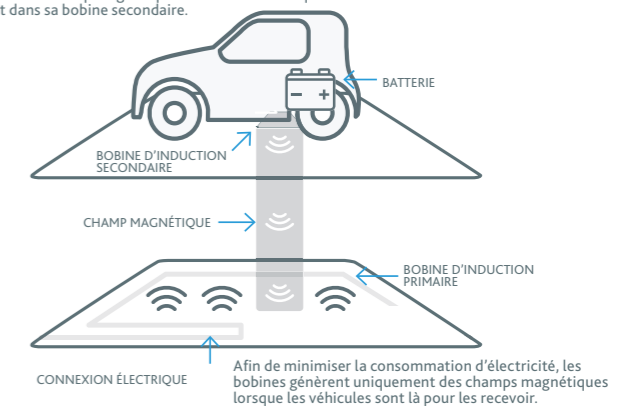
Si ce problème est résolu, McKinsey, une société de conseil en gestion, estime que la part des véhicules électriques dans le total des nouvelles ventes pourrait atteindre 50% au cours des dix ou vingt prochaines années<sup>48</sup>. L'une des façons d'augmenter la capacité de charge est de construire des infrastructures de recharge à induction dans les routes. Une bobine conductrice primaire est enterrée et alimentée afin de créer un champ magnétique. Le système induit un courant dans un véhicule proche équipé d'une bobine secondaire, ce qui recharge sa batterie. La recharge par induction stationnaire a été essayée dans des villes comme Gênes et Turin en Italie et Milton Keynes au Royaume-Uni, où des bus électriques sont rechargés par induction, à la fin de leur service<sup>49</sup>. Aujourd'hui, des chaussées de recharge, permettant aux véhicules de se recharger lorsqu'ils roulent au-dessus de bobines à induction installées dans la route, sont en cours

d'essais. Le projet FABRIC financé par l'UE et composé d'un consortium de 25 partenaires dont Volvo et Scania, est une analyse de faisabilité des technologies de recharge sur route menée sur plusieurs sites de test en France, en Suède et en Italie<sup>50</sup>. Afin de permettre un niveau d'analyse plus profond, chaque site diffère légèrement des autres. Des tranchées de ciment contenant les plaques de charge, équipées de couvercles amovibles personnalisés, ont ainsi été installées sur le site en France, alors qu'en Italie, il s'agit de plaques encastrées dans la chaussée.

Les résultats des études de faisabilité sont attendus à la fin de l'année 2017<sup>51</sup>. En Corée du Sud, le Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) a mis en place cette technologie dans deux bus et le long des itinéraires qu'ils empruntent afin qu'ils puissent se recharger en roulant. Highways England, l'autorité gouvernementale responsable de la gestion des principales routes du pays, prévoit actuellement des essais hors routes de chaussées de recharge.

### Fig. 5: chaussée de recharge par induction

Des bobines enterrées dans la chaussée génèrent des champs magnétiques. Lorsqu'un véhicule électrique passe sur le champ magnétique un courant électrique est induit dans sa bobine secondaire.



Il y a deux principales difficultés à surmonter avec les chaussées de recharge. La première difficulté est d'ordre technique. L'efficacité du transfert chute nettement (souvent jusqu'à 80 %) lorsque les bobines ne sont pas bien alignées<sup>52</sup>. La deuxième difficulté est le coût qui reste très élevé (aujourd'hui estimé à environ 1,6 million de livres (2,1 millions d'USD<sup>53</sup>) par kilomètre)<sup>54</sup>, bien qu'il soit prévu qu'il diminue au fur et à mesure de l'évolution de la technologie. Afin de régler les problèmes techniques, des essais menés dans de nombreux pays testent des techniques minimisant le désalignement entre les bobines. Le problème des coûts élevés est attribuable à l'état naissant dans lequel se trouvent encore ces technologies. Une adoption plus large des véhicules électriques, et les économies d'échelle en résultant, devrait faire baisser les coûts d'infrastructure à moyen et long terme, comme ce fut le cas pour les stations-service des automobiles traditionnelles.





## EXPLOITATION DE L'ÉNERGIE A PARTIR DE RESSOURCES PASSIVES

Plusieurs gouvernements ont commencé à expérimenter des infrastructures générant de l'énergie de deux façons distinctes. La première option est mécanique : l'énergie est produite par la circulation elle-même au moyen d'une technologie piézoélectrique. Celle-ci utilise certains cristaux et céramiques qui fournissent de l'électricité en réponse à l'application d'une contrainte. Installés sur la chaussée, ces dispositifs sont à même de générer de l'électricité au passage d'un véhicule. Le gouvernement israélien a été l'un des premiers à expérimenter cette technologie. Les essais conduits sur un kilomètre de route capable de générer 100 kW<sup>55</sup> d'électricité ont coûté 650.000 USD. Cependant, le programme a été considéré comme un échec, sur fond de rapport faisant état de la liquidation future de la société dirigeant les opérations<sup>55,57</sup>. Aujourd'hui, les technologies les plus avancées ont une efficacité électrique de seulement 20 à 30% et pour les dispositifs à bas coûts, ce chiffre chute à 10%<sup>58</sup>. Ces innovations sont prometteuses dans les espaces urbains au trafic dense, où il est davantage probable que l'électricité soit générée constamment et employée de manière efficace.

Les routes solaires constituent la deuxième possibilité de générer de l'énergie à partir de l'infrastructure routière. En décembre 2016, la première route à panneaux solaires au monde a été ouverte à Tourouvre-au-Perche en Normandie, en France. Cette chaussée d'un kilomètre de long a coûté 5 millions d'euros au gouvernement français et son installation vise à alimenter l'éclairage du village. Dans le même temps, aux Pays-Bas, une piste cyclable a été équipée de

panneaux solaires sur une longueur de 70 mètres, dans le cadre d'un projet pilote.

La technologie emploie des panneaux solaires recouverts de petites particules de verre, ce qui les rend antidérapants et permet de conduire et de marcher dessus.

Les routes à panneaux solaires conviennent peut-être mieux aux longues portions de route entre les villes, où une circulation plus faible bloque moins souvent les rayons du soleil. Ceux exprimant des doutes sur le projet normand soulignent que la région ne profite que de 44 jours d'ensoleillement complet par an et que l'électricité générée sera donc d'une ampleur limitée. La question de l'utilité de la route se pose, un argument que M. de Wit conteste: «installer des panneaux solaires sur les routes n'a pas pour objet d'optimiser le rendement énergétique de chaque panneau, mais d'ajouter une fonction génératrice d'énergie verte et de bénéfiques à un réseau routier que nous devons, dans tous les cas, construire, rénover et utiliser».

Les éoliennes représentent un autre moyen d'optimiser la production énergétique sur les infrastructures routières existantes. Plusieurs fabricants proposent des éoliennes à axe vertical, qui peuvent être fixées sur les lampadaires ou les poteaux électriques, afin d'alimenter l'éclairage ou les panneaux lumineux. Il serait utile de monter ces éoliennes à plus grande échelle, le long des autoroutes, afin de capter à la fois les vents naturels et les flux d'air en hausse créés par les véhicules. En 2016, la baronne Brown, ancienne ingénieure et ambassadrice des entreprises à faible émission de dioxyde de carbone, a appelé à l'installation d'éoliennes le long des routes, qui lui paraissent être «le lieu idéal»<sup>59</sup>.

Toutefois, une étude de 2015, ayant évalué la viabilité d'une installation à grande échelle d'éoliennes à axe vertical le long d'une autoroute néerlandaise, a déterminé que bien qu'un tel projet soit techniquement faisable, son coût serait actuellement «excessif»<sup>60</sup>.

## VERS DES CHAUSSÉES À BILAN CARBONE NEGATIF

Dépendant largement du béton, la construction de routes a une empreinte carbone importante. Les meilleures universités et entreprises travaillent d'arrache-pied afin de concevoir un nouveau type de béton, plus durable. En ajustant les proportions des différents composants, des chercheurs au MIT ont créé

des échantillons de ciment deux fois plus résistant qu'un matériau classique, ce qui permet aux ingénieurs d'en utiliser moins. Leur objectif est de réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) de 60%<sup>61</sup>. Dans cette optique, Richard Riman, de l'université Rutgers, aurait ainsi produit du ciment utilisant moins de calcaire que les technologies classiques et absorbant le CO<sub>2</sub> en séchant et en durcissant<sup>62</sup>. Un essai mené par le consortium Low Emissions Intensity Lime and Cement a commencé en 2016. Il est axé sur le captage et la séquestration du dioxyde de carbone<sup>63</sup>.

Les chercheurs au MIT ont également découvert que le poids des voitures abîme la chaussée, augmentant la résistance et dès lors, la consommation de carburant (1 à 3%). En vue d'améliorer la durabilité et la longévité du béton, les chercheurs s'inspirent de la structure et des propriétés de matériaux naturels extrêmement résistants comme les os, les coquilles et les éponges d'eaux profondes<sup>64</sup>.

Le microbiologiste Hendrik Jonker aurait ainsi inventé un béton capable de s'«auto-réparer», en le mélangeant à une bactérie produisant du calcaire et capable de survivre jusqu'à 200 ans sans oxygène ni nourriture. Lorsque des fissures se forment, les bactéries se nourrissent d'eau et produisent du calcaire qui colmate les fentes, ce qui augmente la longévité de la route<sup>65</sup>.

L'emploi de tels matériaux lors de projets de construction routière sera facilité par des innovations numériques, comme la modélisation des données du bâtiment (BIM) et la simulation de construction virtuelle, qui permettent aux architectes d'évaluer l'impact environnemental et structurel des composants alternatifs pendant toute la vie d'un projet<sup>66</sup>.

Ensemble, ces tendances technologiques laissent espérer des solutions capables de répondre aux difficultés liées à l'augmentation du trafic, d'atténuer les embouteillages, de réduire les émissions de dioxyde de carbone et de pollution atmosphérique et d'améliorer la sécurité routière. Les infrastructures et les technologies de surface intelligentes encourageront l'émergence et l'adoption des véhicules autonomes et électriques. La focalisation du secteur privé sur les technologies automobiles ne semble pas près de diminuer. Par conséquent, toute prise de décisions lente des gouvernements retardera ces innovations au lieu de les accélérer. Ne rien faire serait une erreur.

Dans la prochaine partie, l'Intelligence Unit de The Economist présente deux scénarios qui illustrent deux directions opposées que le monde pourrait prendre en fonction du niveau d'adoption de ces nouvelles technologies routières. Le premier scénario montre à quoi ressemble un monde utilisant ces innovations afin de résoudre les difficultés liées à l'augmentation du trafic, tandis que le second scénario décrit un monde resté passif.

<sup>28</sup> www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/ten-ways-autonomous-driving-could-redefine-the-automotive-world  
<sup>29</sup> www.fiafoundation.org/media/404819/investing-to-save-lives-1r-pages.pdf  
<sup>30</sup> www.vodafone.com/content/index/what/technology-blog/emergency-braking.html#  
<sup>31</sup> tti.tamu.edu/documents/0-1790-5.pdf  
<sup>32</sup> www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/07/18/how-the-connected-car-is-forcing-volvo-to-rethink-its-data-strategy/2/#35244a5d52a1  
<sup>33</sup> ieeecss.org/sites/ieeecss.org/files/documents/loCT-Part4-13VehicleToVehicle-HR.pdf  
<sup>34</sup> whatson.ae/dubai/2017/01/flash-no-fine-friendliest-speed-cameras-ever/  
<sup>35</sup> at.govt.nz/projects-roadworks/whangaparaoa-road-dynamic-lane-control-trial/  
<sup>36</sup> www.mobility.siemens.com/mobility/global/en/interurban-mobility/road-solutions/toll-systems-for-highways/dynamic-toll-calculation/pages/dynamic-toll-calculation.aspx  
<sup>37</sup> www.lta.gov.sg/apps/news/page.aspx?c=2&id=e6dc5dff-8892-4f7f-9a3e-c89d29c0642c  
<sup>38</sup> http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364710001618  
<sup>39</sup> www.streetbump.org/about  
<sup>40</sup> ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/satellite-applications-emergency-handling-traffic-alerts-road-safety-and-incident-prevention  
<sup>41</sup> www.lta.gov.sg/apps/news/page.aspx?c=2&id=0bd76988-3c70-4b1f-9b68-65bb7fb47d56  
<sup>42</sup> www.economist.com/news/international/21707952-combining-old-and-new-ways-getting-around-will-transform-transport-and-cities-too-it  
<sup>43</sup> www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/shared-mobility-liveable-cities.pdf  
<sup>44</sup> www.nytimes.com/2016/09/20/technology/self-driving-cars-guidelines.html  
<sup>45</sup> www.ft.com/content/0284ae3c-60cd-11e6-b38c-7b39cbb1138a; www.ft.com/content/8eff8fbc-d6f0-11e6-944b-e7eb37a6aa8e  
<sup>46</sup> cleantechica.com/2016/08/19/electric-car-sales-33-car-sales-norway-1st-half-2016/  
<sup>47</sup> www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/TE%20EV%20Report%202016%20FINAL.pdf  
<sup>48</sup> www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability%20and%20Resource%20Productivity/Our%20Insights/An%20integrated%20perspective%20on%20the%20future%20of%20mobility/An-integrated-perspective-on-the-future-of-mobility-article

ashx  
<sup>49</sup> spectrum.ieee.org/tech-talk/transportation/infrastructure/another-transit-system-tests-inductive-charging-buses  
<sup>50</sup> www.fabric-project.eu/images/Deliverables/FABRIC\_D13.2\_V1\_FABRIC\_project\_leaflets\_PUBLIC.pdf  
<sup>51</sup> www.fabric-project.eu/images/Presentations/FABRIC\_Amditis.pdf  
<sup>52</sup> s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44949278/How\_driver\_behaviour\_and\_parking\_alignme20160421-3776-n2m8hd.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1482361694&Signature=essPUetgtFOxRl79ELEydt3tL5s%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DHow\_driver\_behaviour\_and\_parking\_alignme.pdf  
<sup>53</sup> At a GBP/USD exchange rate of 1.2829 as on 25th April 2017  
<sup>54</sup> assets.highways.gov.uk/specialist-information/knowledge-compendium/2014-2015/Feasibility+study+Powering+electric+vehicles+on+England+major+roads.pdf  
<sup>55</sup> www.energy.ca.gov/2013publications/CEC-500-2013-007/CEC-500-2013-007.pdf  
<sup>56</sup> www.iroads.co.uk/sites/default/files/mtsgt\_1\_innowattech\_presentation\_lucy\_edery-azulay.pdf  
<sup>57</sup> www.latimes.com/business/la-fi-tn-traffic-electricity-20160926-snap-story.html  
<sup>58</sup> www.energy.ca.gov/2013publications/CEC-500-2013-007/CEC-500-2013-007.pdf  
<sup>59</sup> www.independent.co.uk/environment/baroness-brown-line-our-motorways-with-wind-turbines-says-government-s-adviser-on-green-energy-a6828436.html  
<sup>60</sup> repository.tudelft.nl/islandora/search/author%3A%22De%255C%2B%252C%255C%2B%2B.C.P.M.%22?collection=education  
<sup>61</sup> www.citylab.com/design/2015/05/how-slightly-better-concrete-could-save-the-planet/392996/?utm\_source=n\_daily\_link\_1\_051215  
<sup>62</sup> news.rutgers.edu/news/rutgers-develops-eco-friendly-concrete/20170212#.WMEix2\_yiUK  
<sup>63</sup> www.carbontrust.com/news/2016/10/innovative-project-slash-co2-emissions-cement-lime-sectors-feed-phase/  
<sup>64</sup> news.mit.edu/2016/finding-new-formula-for-concrete-0526  
<sup>65</sup> Self-healing concrete: Dr Henk Jonkers, Delft University of Technology, Netherlands. 2015  
<sup>66</sup> www.thenbs.com/knowledge/bim-and-its-potential-to-support-sustainable-building

## SCÉNARIO PROACTIF

En 2030, les routes mondiales sont plus intelligentes, plus propres, plus sûres et plus efficaces et le transport routier est présenté comme le symbole de la pensée systémique. Le partage des données de circulation entre les différents secteurs augmente les taux de productivité, le nombre de points de recharge des véhicules électriques représente le double des stations-service, l'omniprésence de l'Internet sans fil accélère l'adoption des véhicules autonomes et les solutions énergétiques innovantes, comme les routes piézoélectriques, font participer les infrastructures de transport aux objectifs de durabilité mondiaux.

### Les infrastructures routières sont de plus en plus intelligentes

- Les échanges de données entre les routes, les véhicules et les utilisateurs des routes augmentent les taux de productivité en éliminant les millions d'heures inutiles auparavant passées dans les transports.
- Les technologies intelligentes d'adaptation de la vitesse (ISA) deviennent de plus en plus sophistiquées. Elles combinent des caméras de reconnaissance des panneaux de vitesse maximale autorisée avec des données GPS afin de gérer automatiquement la vitesse des véhicules et de supprimer le facteur humain.
- Les sociétés de panneaux de signalisation et les constructeurs de véhicules développent des signalisations dynamiques fournissant des informations en temps réel sur l'état de la chaussée.
- Les smartphones fournissent des informations essentielles sur la qualité du revêtement, permettant aux autorités chargées des routes de cibler les travaux d'entretien.

### Les véhicules électriques se démocratisent dans les pays riches

- Le coût des véhicules électriques rivalise avec celui des voitures à essence du fait de batterie plus durables au graphène<sup>67</sup>, de coûts en baisse<sup>68</sup> et d'investissements gouvernementaux dans les infrastructures de recharge.
- Le nombre de points de recharge des véhicules électriques représente le double des stations-service.
- Les voies de recharge sans fil permettent aux autorités chargées du transport d'augmenter le nombre d'hybrides et de véhicules électriques. Grâce à leur stratégie ambitieuse, huit pays, le Canada, la Chine, la France, le Japon, la Norvège, la Suède, le Royaume-Uni et les États-Unis, ont grandement augmenté la part des véhicules électriques dans leur flotte gouvernementale<sup>69</sup>.
- Des pelotons de camions autonomes totalement électriques sont largement utilisés pour le transport de marchandises sur longue distance, améliorant ainsi l'efficacité de la chaîne d'approvisionnement et réduisant l'impact environnemental d'un secteur au bilan carbone auparavant catastrophique.
- Aux États-Unis, les émissions dues au transport passent d'un

équivalent de 1,79 milliard de tonnes de CO<sub>2</sub> en 2014 à 1,25 milliard en 2030<sup>70</sup>. L'UE dépasse son objectif de diminution de 47% des émissions dues aux combustibles avec une baisse de 52%.

### Des voitures autonomes sur des routes plus intelligentes et plus sûres

- Les véhicules autonomes représentent 40% des véhicules en circulation dans les pays riches grâce à l'omniprésence de la connexion sans fil offerte par les réseaux mobiles 5G et 6G.
- Singapour et les Émirats arabes unis mettent en place des réformes ambitieuses, en intégrant des véhicules autonomes à leur système de transport public. Les Émirats arabes unis, auparavant affectés par un grand nombre d'accidents du fait d'une conduite imprudente, atteignent leur objectif audacieux d'utilisation de véhicules autonomes par le quart des habitants en 2030<sup>71</sup>.
- Grâce, en partie, à la sécurité accrue des véhicules autonomes, le nombre global de morts sur les routes s'établit à 800.000, comparés aux 1,25 million de 2015<sup>72</sup>.
- Nike lance des chaussures équipées d'une «puce piéton», qui communiquent avec les véhicules connectés afin d'arrêter ceux-ci lorsqu'un piéton est détecté dans un rayon de moins d'un mètre.

### Transformer les routes en sources d'énergie.

- Des solutions énergétiques innovantes, comme les routes piézoélectriques et les panneaux solaires intégrés à la chaussée font participer les infrastructures de transport aux objectifs mondiaux de développement durable, alors qu'elles étaient auparavant synonymes de danger et de pollution.
- Des panneaux solaires sont installés sur de nombreuses routes principales et secondaires dans des endroits ensoleillés et notamment en Californie, en Floride et au Texas aux États-Unis, ainsi qu'en Australie, aux Émirats arabes unis et en Arabie saoudite. Le secteur chinois des panneaux solaires, leader mondial en 2030, tire également parti des toits des parkings pour générer de l'énergie.
- Les routes piézoélectriques, qui produisent de l'énergie grâce à la contrainte mécanique exercée par les véhicules, progressent en France<sup>73</sup>, en Israël, dans le Golfe et aux Pays-Bas.

<sup>67</sup> [www.economist.com/blogs/economist-explains/2015/06/economist-explains-7](http://www.economist.com/blogs/economist-explains/2015/06/economist-explains-7)

<sup>68</sup> [www.bloomberg.com/news/articles/2016-10-11/battery-cost-plunge-seen-changing-automakers-most-in-100-years](http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-10-11/battery-cost-plunge-seen-changing-automakers-most-in-100-years)

<sup>69</sup> [www.iea.org/media/topics/transport/EVI\\_Government\\_Fleet\\_Declaration.pdf](http://www.iea.org/media/topics/transport/EVI_Government_Fleet_Declaration.pdf)

<sup>70</sup> [www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions](http://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions)

<sup>71</sup> [www.2025ad.com/in-the-news/news/arab-emirates-driverless-cars/](http://www.2025ad.com/in-the-news/news/arab-emirates-driverless-cars/)

<sup>72</sup> [www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/)

<sup>73</sup> [www.theguardian.com/environment/2016/dec/22/solar-panel-road-tourouvre-au-perche-normandy](http://www.theguardian.com/environment/2016/dec/22/solar-panel-road-tourouvre-au-perche-normandy)

## SCÉNARIO PASSIF

En 2030, le système routier international a peu évolué depuis le béton et l'asphalte du siècle précédent. Les émissions polluantes des véhicules sont en hausse en raison de l'augmentation de la possession de voitures, sapant les efforts en vue d'atteindre les objectifs environnementaux en matière de climat et exacerbant le problème de santé publique lié à l'air pollué. Les accidents de la route ont augmenté dans les pays en développement à croissance rapide et les embouteillages ralentissent la croissance économique dans les pays riches comme dans les pays pauvres.

### Trafic et embouteillage: un désastre économique, environnemental et de santé publique

- Les capteurs routiers, qui surveillent et gèrent les flux de la circulation, bénéficient d'investissements gouvernementaux dans certains grands marchés. Toutefois, ce soutien provient seulement des autorités urbaines les plus visionnaires, situées dans des territoires d'une superficie assez limitée sur laquelle mettre en place ces innovations, comme Singapour.
- Une grande quantité de données est recueillie à l'aide des smartphones, des véhicules connectés et de l'infrastructure, toutefois, des difficultés légales, liées au respect de la vie privée et à la sécurité, empêchent le partage et l'utilisation de ces informations afin d'améliorer la circulation.
- Le coût environnemental du trafic routier continue de croître. L'une des villes les plus touchées est Mexico, où les véhicules sont responsables de plus de 50% des émissions de gaz à effet de serre et où la propriété de véhicules augmente de 4% chaque année. Les autres villes en proie aux difficultés incluent Rio de Janeiro et Bucarest.
- Les pays manquent les objectifs définis dans l'accord de Paris de 2015, les constructeurs n'arrivant pas à améliorer les performances en matière d'émissions. La part du transport routier dans les émissions mondiales de dioxyde de carbone augmente, passant d'un quart à plus de 30%.
- L'aggravation de la pollution de l'air due aux fumées d'échappement des véhicules entraîne une augmentation des maladies chroniques, dont l'asthme, les maladies pulmonaires obstructives chroniques et les cancers.

### La situation reste inchangée pour les voitures électriques

- Emmené par des entreprises comme Tesla, Ford et Toyota, le secteur des voitures électriques représente seulement 4% des ventes d'automobiles au niveau mondial<sup>74</sup>, alors que les véhicules à essence poursuivent leur domination.
- Bien que les autorités de transport et les constructeurs automobiles reconnaissent les bénéfices des voitures électriques, la question du financement des installations

de recharge est une impasse : les gouvernements hésitent à investir avant qu'un nombre important de voitures électriques ne soient en circulation, alors que les constructeurs ne sont pas en mesure de faire de la voiture électrique un produit de masse sans davantage de stations de recharge disponibles pour le public.

■ L'arrêt des subventions gouvernementales entraîne une chute des ventes de voitures électriques<sup>75</sup> et peu de progrès sont réalisés dans la réduction des coûts des batteries électriques, le principal frein à la baisse du prix de ces véhicules. Les sociétés perfectionnent les batteries au lithium-ion, mais il n'y a aucune avancée majeure en science des matériaux susceptible d'amener une batterie compacte, sécurisée et à grande densité énergétique sur le marché.

■ La domination continue des voitures à essence provoque une aggravation de la pollution atmosphérique au niveau mondial<sup>76</sup>. Dans les villes en développement situées dans les pays du Golfe et en Asie du Sud-Est, les niveaux de pollution sont dix fois supérieurs aux niveaux recommandés par l'Organisation mondiale de la santé, du fait de l'augmentation de la richesse et de la démocratisation de la voiture.

### Le trafic routier: un enjeu vital

- Les pays n'ont pas suffisamment investi dans les technologies routières liées à la sécurité et les morts et les handicaps liés aux accidents de la route ont doublé à l'échelle mondiale comparés au chiffre de 1,25 million pour l'année 2015. Ce problème empire dans les pays en développement du fait d'une signalisation médiocre et d'une faible présence policière sur les routes, combinées à une urbanisation rapide et à une augmentation du nombre de voitures.
- Les voitures autonomes promettaient d'améliorer grandement la sécurité routière, mais plusieurs accidents très médiatisés sur des routes en Europe et aux États-Unis durant les années 2018 à 2020 ont rendu les autorités frileuses et elles refusent d'autoriser la généralisation des véhicules.

<sup>74</sup> A downward projection from this chart: <http://www.economist.com/news/business/21644149-established-carmakers-not-tech-firms-will-win-race-build-vehicles>

<sup>75</sup> [www.ft.com/content/502c4e3c-0d80-11e7-b030-768954394623](http://www.ft.com/content/502c4e3c-0d80-11e7-b030-768954394623)

<sup>76</sup> <https://www.theguardian.com/environment/2016/may/12/air-pollution-rising-at-an-alarmed-rate-in-worlds-cities>





## CHAPITRE 3

Accélérer l'adoption des technologies routières



## «Il ne s'agit pas simplement d'élaborer une technologie, parfois, le volet technologique est la partie la plus facile, mais les autres facteurs posent problème».

**KEN LEONARD, DIRECTEUR DE L'INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS JOINT PROGRAM OFFICE, FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION DES ÉTATS-UNIS**

Il reste encore de nombreux obstacles à surmonter avant de pouvoir mettre en place les innovations présentées dans le chapitre précédent. «Quelque chose peut être faisable techniquement, mais cela ne veut pas dire qu'il peut être réalisé», constate James Anderson, directeur de l'Institute for Civil Justice au sein de la division RAND Justice, Infrastructure, and Environment de la RAND Corporation. Des efforts sur plusieurs fronts doivent être entrepris en urgence afin de parvenir à un environnement favorable à une adoption plus large et plus rapide des technologies routières.

Nos recherches ont permis d'identifier cinq facteurs clés. Pour ces cinq facteurs, on ne saurait trop insister sur le rôle des gouvernements: ils doivent prodiguer des recommandations et une supervision et, plus important encore, prendre les initiatives adéquates, en vue de tester et de financer les nouvelles technologies routières en phase de démarrage.

### POLITIQUE ET CADRE RÉGLEMENTAIRE

**Une politique claire est indispensable pour guider le développement de normes communes applicables aux infrastructures intelligentes et de cadres pour le partage des données et la cybersécurité.**

Les gouvernements peuvent adopter des stratégies et objectifs nationaux afin de répondre aux défis posés par l'augmentation du trafic. On peut citer à titre d'exemple Vision Zero, un projet international dans le domaine de la sécurité routière visant à la mise en place d'un système d'infrastructures routières supprimant les

décès et blessures graves dus au trafic. D'abord adopté en Suède en 1997, le projet est aujourd'hui géré par différentes villes et États en Amérique du Nord et en Europe. L'initiative met l'accent sur le fait que la sécurité routière est l'affaire de toutes les parties prenantes et non uniquement la responsabilité des conducteurs. José Viegas, secrétaire général du Forum International des Transports, ajoute: «l'approche du système consiste à éviter de chercher des boucs émissaires». Tous les acteurs des systèmes de transport, constructeurs automobiles comme conducteurs, sont encouragés à privilégier la sécurité routière. Ainsi, les politiques décidées au niveau national peuvent appuyer les progrès du secteur des transports, comme les améliorations des véhicules autonomes dans le but de réduire les accidents attribuables à l'erreur humaine (environ 90% de l'ensemble des accidents de la route)<sup>77</sup>.

Il existe de nombreuses questions relatives aux infrastructures routières intelligentes qui nécessitent l'encadrement des gouvernements: l'élaboration de normes concernant les stations de recharge, la réglementation de la longueur maximale des pelotons de poids lourds autonomes et la mise en place de règles pour le respect des voies dynamiques, par exemple. Plusieurs organismes internationaux, ainsi que des États et administrations municipales ont défini des programmes encourageant les infrastructures de transport intelligentes.

Le Forum mondial pour l'harmonisation des réglementations sur les véhicules de l'ONU et son Groupe de travail de la sécurité routière ont organisé des groupes de discussion sur le thème des normes pour

les technologies de véhicules autonomes<sup>78</sup>. Le cadre politique national pour les technologies du transport routier, publié en 2016, en Australie, expose une feuille de route des initiatives gouvernementales, ce qui inclut les réglementations visant à autoriser le test des voitures sans chauffeur sur les routes australiennes, ainsi que des essais de plusieurs technologies mentionnées dans ce rapport. Deux villes canadiennes, Montréal et Alberta, ont préparé des plans stratégiques pour les systèmes de transport intelligents.

Parmi les questions dont la résolution passe par l'adoption de nouvelles réglementations, la cybersécurité et le partage des données sont les plus fréquemment citées. Le nombre croissant de véhicules capables de communiquer entre eux et de collecter des données personnelles risque d'attirer les hackers. Il sera crucial de prévoir des systèmes de sécurité et d'étendre la portée des lois de protection des données et de la vie privée s'appliquant aux informations collectées dans les systèmes de transport, notamment à l'égard de leur partage.

Les gouvernements ne doivent pas perdre de vue la perspective d'ensemble: les infrastructures routières sont un bien public qui bénéficie à l'ensemble des résidents et contribue au développement économique. Dans le contexte d'une nouvelle définition des infrastructures routières, ce principe s'étend aux données générées au sein du système de transport. Holly Krambeck, senior economist à la Banque mondiale constate: «Les données sont générées par les habitants des villes, lesquelles villes peuvent ensuite utiliser ces données pour répondre aux difficultés liées au trafic». Il s'agit d'un argument important en faveur du partage des données entre les différentes organisations.

La véritable question concerne la limite à tracer entre le bien commun représenté par le partage des données et le droit de l'individu à la vie privée. Les experts indiquent que c'est un point difficile à déterminer d'entrée de jeu. Les responsables politiques et les autorités de réglementation doivent être attentifs à l'équilibre entre bien commun et vie privée: quelle quantité d'informations personnelles les consommateurs sont-ils prêts à partager pour le bien commun?

### FINANCEMENT

**De nouvelles approches du financement, à la fois publiques et privées, seront nécessaires afin de permettre une mise en œuvre par étapes des nouvelles technologies, au fur et à mesure de leur développement.**

À une époque de restriction budgétaire et de mesures d'austérité, le financement des infrastructures futures est l'un des défis mondiaux actuels. Une analyse de 2015 du McKinsey Global Institute a évalué que le manque de financement dans les infrastructures routières pour la période allant de 2016 à 2030 s'élève à 11,4 billions de dollars<sup>79</sup>. Dans le rapport, les experts indiquent qu'ils s'attendent à ce que les gouvernements financent la majeure partie des infrastructures. Par ailleurs, ils lèvent le voile sur une stratégie efficace actuellement employée en Amérique du Nord et en Europe. Plutôt que de prévoir un budget pour des projets ad hoc visant à moderniser l'infrastructure, les autorités ciblent les dispositifs routiers qui doivent être remplacés ou renouvelés. « Il est possible d'adopter la technologie pas à pas », affirme Joe Waggoner, directeur général et directeur exécutif de la Tampa-Hillsborough Expressway Authority «Si vous pouvez installer de nouveaux composants dans le cadre du cycle de remplacement et de renouvellement de systèmes préexistants, il est possible d'étaler les coûts dans le temps».

Cette approche entraîne le passage à un horizon d'investissement plus court pour les futures infrastructures routières. Ainsi que l'explique

Tium Gammons, responsable global smart mobility chez Arup: «Il est inutile d'essayer de construire un système technologique prévu pour durer 30 ans, car sa pérennité face aux autres innovations à venir est un casse-tête insurmontable».

Les gouvernements peuvent également mettre à profit leurs capacités en matière de passation de marché. En février 2017, l'administration municipale de Pékin a annoncé un programme d'investissements de 1,3 milliard de dollars visant à convertir sa flotte de 70.000 taxis en véhicules électriques<sup>80</sup>. Dans le même temps, aux États-Unis, les États, comtés et municipalités possèdent environ 1,5 million d'automobiles, 500.000 bus et 1,5 million de camions. Avec un taux de dépréciation de 10%, les différents niveaux du gouvernement américain achètent environ 350.000 véhicules par an<sup>81</sup>. Il pourrait être exigé qu'un certain pourcentage de ces véhicules soit électrique (il serait logique que cela concerne les bus, car ils fonctionnent à horaires fixes et leurs besoins énergétiques sont relativement constants).

Certains experts conseillent une implication du secteur privé, au moyen de concessions ou de partenariats public-privé.

**11,4 BILLIONS DE DOLLARS**  
MANQUE DE FINANCEMENT DANS LES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES ESTIMÉ POUR LA PÉRIODE ALLANT DE 2016 À 2030 (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE)



## «Les partenariats public-privé jouent un rôle de plus en plus important afin de combler l'écart annuel de 1 à 1,5 billion de dollars entre la demande et l'offre d'investissements dans les infrastructures».

BOSTON CONSULTING GROUP

(Partenariats public-privé). Le Boston Consulting Group, qui estime que l'écart annuel entre la demande et l'offre d'investissements dans les infrastructures s'élève à 1 à 1,5 billions de dollars, prédit que les PPP joueront un rôle de plus en plus important dans le comblement de ce fossé<sup>82</sup>. Un élément essentiel du financement privé est l'instauration d'un modèle générant des revenus. Selon Robert Frey, responsable de la planification de la Tampa-Hillsborough Expressway Authority: «Des sources de revenus susceptibles d'attirer le secteur privé sont nécessaires. Ainsi, les [administrations des] villes peuvent se consacrer davantage à la mesure des performances qu'à la gestion de l'équipement». Cependant, l'implication du secteur privé ne saurait se limiter au financement. Les constructeurs automobiles eux-mêmes ont un intérêt direct dans la mise en place de certaines infrastructures essentielles, dans la mesure où cela ouvre la voie à une adoption plus large de leurs produits. Tesla, par exemple, participe au développement du réseau de stations de recharge de véhicules électriques partout dans le monde.

Toutefois, lors des premières phases, le rôle des gouvernements dans le financement des nouvelles technologies routières sera crucial. Prenant l'exemple des stations de recharge des véhicules électriques, Greg Archer, responsable véhicules propres chez Transport & Environment, explique: «Nous avons besoin du gouvernement pour le financement initial permettant le développement de cette infrastructure. Je crois que dans un délai de cinq à sept ans ces stations de recharge seront rentables, mais nous devons d'abord lancer l'activité, afin d'encourager les personnes à acheter ces véhicules».

### COLLABORATION DANS L'ENSEMBLE DU SYSTÈME

**La mise en place efficace d'infrastructures intelligentes nécessitera de nouveaux modèles de collaboration intersectorielle et de nouveaux ensembles de compétences multidisciplinaires.**

La prise de décision concernant les infrastructures routières est souvent fragmentée entre des organismes de niveaux national, étatique et municipal. M. Anderson remarque: «ce défi est complexe à relever car les fonds alloués aux routes sont entre les mains d'entités nombreuses et diverses, aux budgets, capacités et compétences différentes». En outre, avec les progrès rapides de l'automobile et des infrastructures de transport, une grande incertitude entoure chaque décision. La situation exige une coordination accrue avec l'ensemble des parties prenantes, dans les secteurs public et privé.

Plusieurs exemples de réussites dans divers pays du monde montrent la voie. La ville anglaise de Newcastle essaye actuellement des lampadaires équipés de capteurs capables de communiquer avec les ambulances, aidant ainsi les conducteurs à trouver l'itinéraire le plus efficace jusqu'à l'hôpital et modifiant les feux de signalisation afin qu'ils y parviennent plus rapidement en cas d'embouteillage<sup>83</sup>. Cela demande une grande coordination entre les différentes parties prenantes, des municipalités aux fournisseurs de services de santé, dans un but commun. M. Leonard remarque que «la coopération entre le gouvernement et le secteur industriel qui contribue à mettre en place des technologies capables de répondre à ces défis peut augmenter la sécurité du système, tout en aidant à atteindre les objectifs de mobilité et d'efficacité».

Di-Ann Eisnor, responsable de la croissance chez Waze, souligne le rôle des données dans la facilitation de la coordination: «La disponibilité de davantage de données permettra d'éliminer ce qui relève de l'avis subjectif ou de l'opinion politique et encouragera un travail plus solidaire au sein des villes».

Cette modification de la définition de l'infrastructure routière, en vue d'intégrer les innovations technologiques, les logiciels et les données, signifie aussi que «la construction de routes requiert aujourd'hui un ensemble de compétence inédit», déclare M. Papi. «Dans un sens, la connaissance des infrastructures n'est plus la chasse gardée des ingénieurs du génie civil et les ingénieurs du génie industriel, les ingénieurs en télécommunications, les psychologues, les économistes et même les avocats sont devenus indispensables». Une collaboration intersectorielle, impliquant différentes compétences, comme celles des informaticiens, pourrait par exemple aider à rendre les investissements dans le cloud et l'apprentissage automatique plus rentable.

### EXPÉRIMENTATION

**Des exemples de mises en place fructueuses sont souvent la base pour l'expansion ou l'adoption dans d'autres territoires ou pays du monde.**

Il s'agit là de l'objectif principal des projets pilotes conduits autour du monde, comme celui actuellement implanté à Tampa, en Floride. Les études de cas réussies, portant sur des projets de modernisation des infrastructures et les dépenses y afférentes, sont rares. Lorsqu'elles sont disponibles, de nombreuses études impliquent des technologies relativement jeunes, susceptibles d'avoir grandement évolué depuis, ce qui rend la standardisation difficile. Avec des informations peu nombreuses à leur disposition, les gouvernements éprouvent des difficultés à prendre des décisions d'investissement en matière d'infrastructures, impliquant des technologies susceptibles de devenir obsolètes une fois le projet terminé, à tout le moins dans les démocraties développées, où les responsables

politiques ont un certain respect des engagements pris. Les essais de technologies routières organisés par les gouvernements doivent donc se concentrer sur des projets dont les objectifs peuvent être adaptés aux conditions politiques et économiques locales. Les projets améliorant le système de transport public ou aidant les ambulances à fournir des services de secours plus rapides, par exemple, contribuent à gagner la confiance du public, un point essentiel pour les gouvernements désireux de s'aventurer dans des domaines plus risqués, où il peut être difficile de faire l'unanimité auprès de la population.

### OPINION PUBLIQUE

**Le feu vert final pour les technologies routières sera donné par l'opinion publique.**

Les embouteillages, la pollution de l'air, la sécurité routière et le changement climatique sont des sujets tenant à cœur les citoyens du monde entier, ce qui pousse une grande partie d'entre eux à défendre des solutions de mobilité alternatives. Étant donné que les jeunes sont moins enclins à posséder leurs propres véhicules et au vu du taux de pénétration élevé des smartphones, les notions de Maas et d'économie du partage paraissent naturellement attrayantes, particulièrement au sein de la jeune génération urbaine.

L'adoption de voitures autonomes est moins certaine, en raison des risques perçus pour la sécurité personnelle, liés à l'absence totale de contrôle dans une voiture ou un taxi sans chauffeur. Dans une étude conduite en 2016 par l'université du Michigan, deux tiers des personnes interrogées ont révélé que le fait de se déplacer dans un véhicule complètement autonome les effrayait de façon modérée ou élevée<sup>84</sup>. Si ces perceptions tardent à changer, l'adoption prévue des véhicules autonomes pourrait être tuée dans l'œuf par l'opinion publique, de la même manière que les cultures génétiquement modifiées, autrefois considérées comme capables de résoudre le problème de la faim dans le monde.

<sup>77</sup> pages.eiu.com/rs/783-XMC-194/images/Driving%20to%20the%20future%20-%20The%20development%20of%20connected%20cars.pdf?mkt\_tok=eyJpIjoiTTRjZk56ZzNPR1kxWldNNslnQiOjIjCQ3FrWmwwaZf3ZnhhNU54TKrOHR2cXFRWVl4empaYUzZnUs4aFNZdVZiK1B5bFhLTJR5FNbQXhndjhkRnVGTfZJRE16RHQ4bGxpZkZGZSNWJpVklkTkjmMTcwN25UUVVTEFFRVo3ND0ifQ%3D%3D

<sup>78</sup> [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573902/EPRS\\_BRI\(2016\)573902\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573902/EPRS_BRI(2016)573902_EN.pdf)

<sup>79</sup> [www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/bridging-global-infrastructure-gaps](http://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/bridging-global-infrastructure-gaps)

<sup>80</sup> [www.nbdpress.com/articles/2017-02-23/1613.html](http://www.nbdpress.com/articles/2017-02-23/1613.html)

<sup>81</sup> [papers.ssrn.com/sol3/papers2.cfm?abstract\\_id=2749375](http://papers.ssrn.com/sol3/papers2.cfm?abstract_id=2749375)

<sup>82</sup> [www.bcg.com/documents/file128534.pdf](http://www.bcg.com/documents/file128534.pdf)

<sup>83</sup> [www.ncl.ac.uk/press/news/legacy/2015/apr/newcastlemotorsaheadintheraceforfullyautomatedtransportssystem.html](http://www.ncl.ac.uk/press/news/legacy/2015/apr/newcastlemotorsaheadintheraceforfullyautomatedtransportssystem.html)

<sup>84</sup> [ns.umich.edu/new/releases/23935-vehicle-automation-most-drivers-still-want-to-retain-at-least-some-control](http://ns.umich.edu/new/releases/23935-vehicle-automation-most-drivers-still-want-to-retain-at-least-some-control)

# CONCLUSION

---

Les technologies routières émergentes ont le potentiel d'aboutir à des infrastructures intelligentes et de transformer la mobilité d'une façon qui renforce la productivité, atténue les embouteillages, réduit les émissions de dioxyde de carbone dues au trafic, améliore la santé publique et rend les routes plus sûres. Pour les responsables politiques s'étant engagés à rendre les économies plus productives et à permettre une meilleure qualité de vie dans les villes et pays, il convient avant tout de créer les conditions dans lesquelles ces nouvelles technologies peuvent s'épanouir. Cela commence par la mise en place des politiques et des cadres réglementaires adéquats. Au cours des prochaines années, alors que ces nouvelles technologies évolueront et seront plus largement utilisées, les gouvernements devront définir des normes et protocoles qui seront essentiels dans l'adoption et l'avenir de ces innovations.

À une époque où les États sont soumis à une pression budgétaire intense, le financement des infrastructures de demain peut s'avérer difficile. «Au final, tout est question de financement», explique Steven Shladover, responsable de cursus, Partners for Advanced Transit and Highways (PATH), à l'Institute of Transportation Studies de l'université de Californie, Berkeley. «Si vous souhaitez des infrastructures plus intelligentes, l'affectation des fonds est primordiale». Pour les économies en développement, c'est le bon moment de sauter quelques paliers technologiques, à bord de l'ascenseur qui mène à des infrastructures routières modernes. Les pays développés se heurtent à la difficulté supplémentaire posée par les infrastructures existantes et devront trouver de nouvelles approches. Dans les deux cas, des partenariats avec le secteur privé peuvent contribuer au développement de solutions efficaces.

Une collaboration entre les secteurs public et privé, tirant parti d'ensembles de compétences et d'expériences variés, doit être encouragée. Les partenariats avec les fournisseurs de technologies peuvent permettre aux gouvernements de mieux comprendre les nouvelles technologies routières et leurs applications susceptibles de les aider à atteindre leurs objectifs de mobilité. Prouver au public l'impact de l'adoption de ces technologies peut également galvaniser le soutien populaire nécessaire, facilitant la mobilisation de financements supplémentaires, au niveau des villes et de l'état.

Les cinq à dix prochaines années seront capitales pour l'adoption efficace de ces technologies à grande échelle. Des normes seront élaborées, les utilisateurs seront sensibilisés et l'opinion publique sera façonnée. C'est aujourd'hui l'occasion rêvée de réussir ce pari pour les générations futures.



