

dossier de VEILLE



décembre 2017

Diffusés semestriellement, les Dossiers de Veille d'AEC et Digital Aquitaine ont pour objectif de vous offrir une analyse des grandes tendances numériques qui bouleversent le monde économique actuel.

LE VÉHICULE AUTONOME EN MILIEU URBAIN *Définition, enjeux et perspectives*

Etude réalisée avec le soutien de Bordeaux Métropole - Décembre 2017



Depuis quelques années, les annonces concernant la sortie imminente de la première voiture entièrement autonome, pilotée par une intelligence artificielle et sans aucune intervention de l'homme, se font de plus en plus nombreuses. Une **étude** menée par Strategy Analytics et Intel avance un chiffre faramineux : selon cet observatoire, le développement de la voiture autonome pourrait générer jusqu'à 7 billions de dollars à l'horizon 2050. Les retombées économiques, sociales, environnementales et en matière de bien-être individuel seraient également colossales. Des milliers de vies seraient ainsi épargnées. Le temps passé dans les embouteillages serait transformé en temps de loisirs et les coûts économisés par la collectivité sont aujourd'hui difficiles à quantifier tant l'impact de la voiture autonome bouleversera la vie quotidienne de millions d'individus.

Pour autant, la voiture autonome doit relever de nombreux défis avant de pouvoir espérer devenir cette nouvelle révolution tant annoncée. Des défis techniques tout d'abord puisque si, individuellement, les technologies de pointe sont mûres, certaines combinaisons sont encore trop imparfaites pour permettre aux véhicules de se passer entièrement des humains. Des défis juridiques et sécuritaires ensuite car mettre en circulation un véhicule autonome c'est prendre en compte le fait qu'il n'y a plus d'humain au volant donc nécessite de devoir adapter les infrastructures mais aussi l'ensemble des aspects juridiques des responsabilités en cas d'accidents. L'aménagement des villes sera également impacté par ces véhicules qui, gérés par informatique, seront optimisés et rendront l'ensemble des déplacements optimal. Enfin, ce nouveau mode de déplacement renforcera les nouveaux usages qui se développent aujourd'hui et qui devront être soutenus par les pouvoirs publics : l'autopartage, le covoiturage, la location longue durée.

Ce dossier répond à un triple objectif :

- Faire un état de l'art du développement de la voiture autonome en 2017 ;
- Présenter les grands enjeux à venir ;
- Proposer des pistes de réflexion sur les stratégies à adopter en matière de politiques publiques d'accompagnement de l'arrivée de la voiture autonome.



avec le soutien de

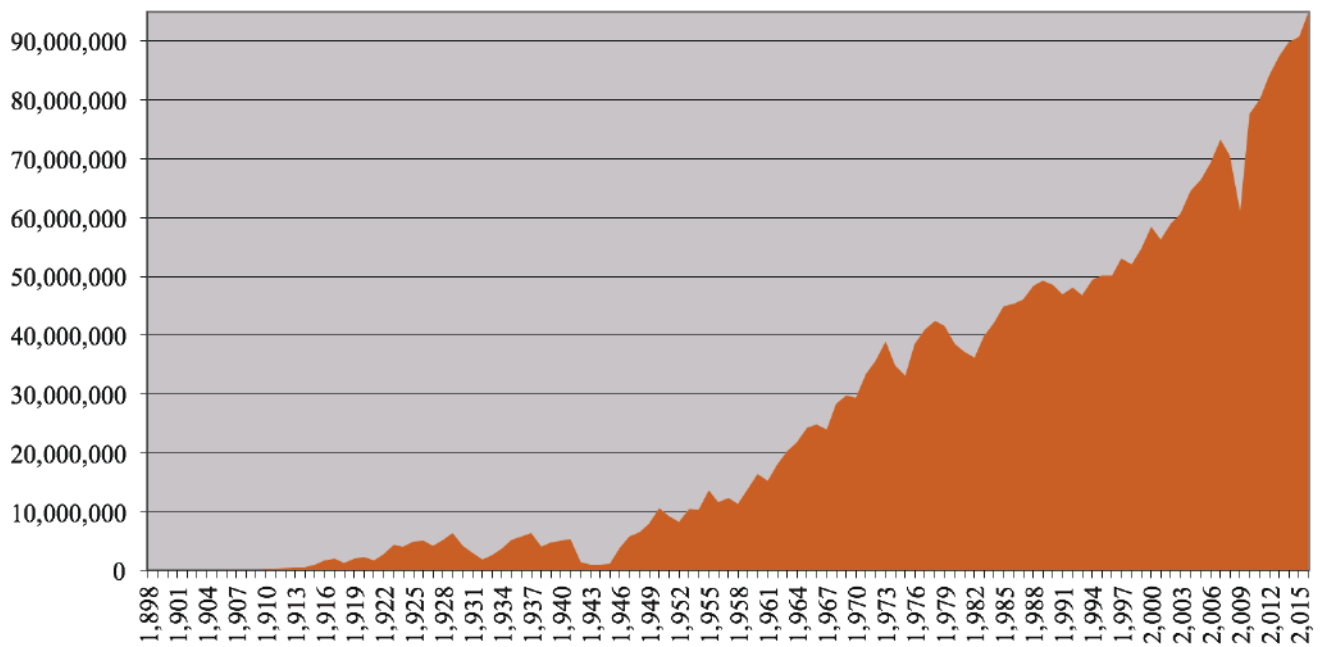


Réalisé par



En partenariat avec





Evolution de la production automobile mondiale entre 1898 et 2016. Sources principales : WMVD, SMMT, JAMA, IRF, CCFA, OICA. **Élaboration Freyssenet M., 2004 et mises à jour**

1. Contexte

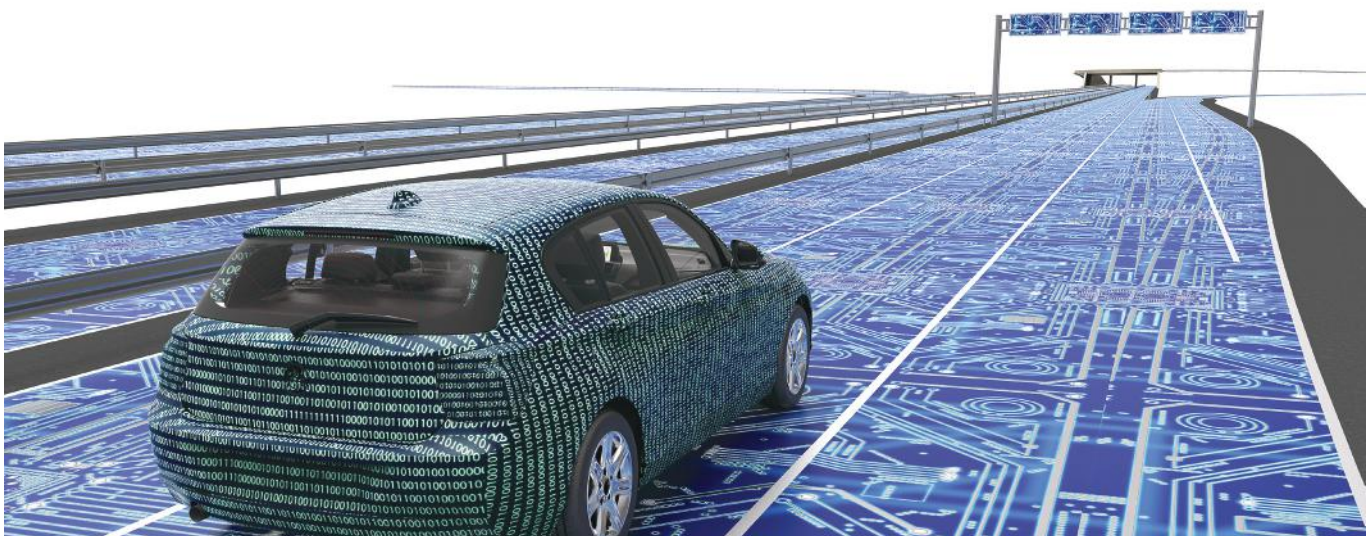
Depuis la fin de la Seconde Guerre Mondiale, le modèle de la voiture individuelle n'a cessé d'être mis en avant comme forme ultime de liberté de se mouvoir. Signe extérieur de richesse jusqu'au début des « 30 glorieuses », la production s'est massifiée pour atteindre près de **100 millions d'unités produites en 2016**. L'automobile est aujourd'hui considérée comme un bien de première nécessité car elle permet non seulement de se déplacer librement mais aussi d'être inclus dans la société de consommation et dans le monde du travail. L'automobile est à l'origine



des formes modernes de l'aménagement du territoire, elle a remodelé les paysages, influencé les comportements et forgé de grands modèles économiques contemporains.

D'ici 15 ans, **le nombre de véhicules en circulation** devrait doubler pas-

sant de 1,1 milliard à 2 milliards augmentant le nombre d'accidents, les émissions de gaz à effet de serre, la congestion des grandes métropoles, la consommation de carburant entraînant des effets négatifs sur la santé et l'environnement.



2. Le véhicule autonome aujourd'hui

L'histoire de la voiture autonome n'est pas récente et les premières tentatives d'automatisation des véhicules remontent à 1939 lors de l'exposition **Futurama** de Général Motors puis en 1950 conjointement par Ford et Général Motors. Les tentatives se poursuivent jusqu'au milieu des années 2000 (mais toujours sur circuit fermé) avant que la DARPA (Défense Advanced Re-

search Project) lance à plusieurs reprises un challenge ouvert aux chercheurs, aux concepteurs et aux constructeurs automobiles afin de créer un véhicule autonome à caractère militaire. Suite aux succès (quoique modestes¹) de ces différentes tentatives, de plus en plus d'entreprises de tous univers se sont intéressées à la voiture autonome et à ses potentialités, notam-

ment économiques. L'avènement de certaines technologies numériques de pointe (comme l'intelligence artificielle, l'algorithmie, les capteurs sensoriels ...) ont permis des avancées considérables dans le développement et le passage de prototypes à des véhicules en voie d'autonomisation poussée.

1. Qu'est-ce qu'un véhicule autonome ?

Définition

La voiture autonome telle que nous l'imaginons, se déplaçant sans aucune intervention humaine d'un point A à un point B, tant sur autoroute qu'en plein cœur des centres-villes n'existe pas encore. Même si les grands acteurs présents sur le marché clament tous qu'ils tiennent

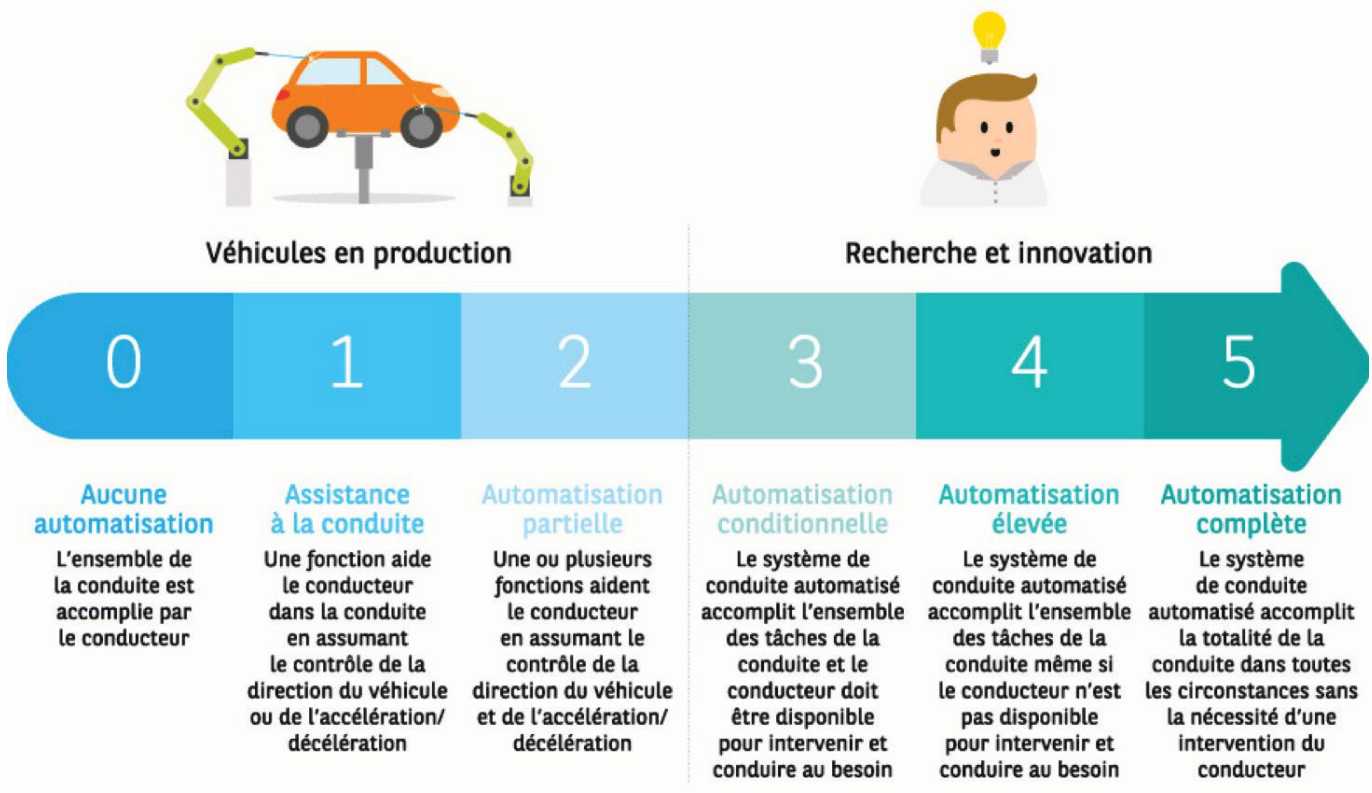
dans leurs lignes de production un produit capable d'être totalement autonome d'ici 5 ans, les avis divergent concernant la réelle mise sur le marché d'un tel véhicule .

Une voiture autonome est un abus de langage ; il serait plus juste de parler de voiture à délégation de

conduite puisque l'autonomie est encore très partielle. A ce jour, seule la marque **Audi** a réussi à produire un modèle de voiture de série autonome de niveau 3 (autonomisation conditionnelle) à savoir que le véhicule effectue l'ensemble des tâches lui-même mais sous l'étroite surveillance d'un conducteur. Il existe 6

¹ En 2007, un véhicule autonome a réussi à parcourir 60 miles en zone urbaine tout en respectant le code de la route en vigueur et en évitant les obstacles.

Il existe différents degrés d'automatisation: la Society of Automotive Engineers (SAE) en a défini six.



Les 6 degrés d'autonomisation selon la Society of Automotive Engineers



niveaux d'autonomisation des véhicules selon la Society of Automotive Engineers (SAE), du niveau 0 (notre bonne vieille voiture classique) au niveau 5 (automatisation complète).

Aujourd'hui, la plupart des modèles en test en grandeur et en conditions de circulation réelles est limitée à des niveaux 2 (aide au freinage d'urgence, aide au stationnement en autonomie, régulateur de vitesse adaptatif combiné avec le centrage sur la voie, etc), le véhicule et le conducteur se partageant ainsi l'autorité dans diverses situations. Le conducteur pouvant déléguer certaines fonctions de manière très temporaire et selon des règles bien établies (par exemple si la vitesse n'excède pas 30 km/h, le conducteur peut déléguer la conduite à son véhicule). Si le hardware est aujourd'hui mature pour la voiture

autonome, c'est le software et tout le développement logiciel qui empêchent les constructeurs d'aller plus loin dans l'autonomisation.

Perception-planification-action

La voiture autonome est considérée comme un robot à savoir « un appareil automatique capable de manipuler des objets ou d'exécuter des opérations selon un programme fixe, modifiable ou adaptable² ». Les robots relèvent du modèle perception-planification-action³ et les voitures autonomes n'échappent pas à la règle. Pour ce qui concerne la **perception**, la voiture autonome doit être capable de percevoir les informations qui émanent de son environnement direct que ces dernières soient émises à son intention ou qu'elles soient captées à la volée, par les capteurs de la voiture. L'or-

dinateur de bord doit être capable de fusionner l'ensemble des informations captées en un modèle qui « représente et décrit le robot, son environnement et la relation entre les deux⁴ ». Afin de rendre les informations plus précises, les constructeurs automobiles doivent multiplier les capteurs embarqués car un seul capteur n'est pas en mesure de saisir toute l'information. Pour cela, le LIDAR (Light Detection And Ranging) est associé au RADAR (Radio Detection and Ranging) ou encore au Laser comme le Scala de Valeo. Les enjeux autour de la perception sont de rendre capable la voiture d'interpréter son environnement en l'absence de données et de signaux effectifs lui fournissant des renseignements. La capacité de **planification** de l'ordinateur qui pilotera la voiture autonome est ensuite cruciale. Cette phase doit absolument

2 Selon le dictionnaire Larousse : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/robot/69647>

3 Biglia, A. 2015, **Analyse prospective sur l'implémentation de la voiture autonome : impact sur l'industrie automobile et le citoyen**. Louvain School of Management, Université Catholique de Louvain. Consulté le 17/07/2017.

4 Ibid, p.16.

rendre sûr le comportement du véhicule dès lors qu'il évolue dans un milieu ouvert en présence d'êtres humains imprévisibles. Elle s'appuie sur les éléments captés par l'ordinateur qu'il doit analyser très rapidement et confronter à une batterie de situations théoriques tout en évaluant l'impact de sa décision sur son environnement. Ainsi, en temps réel (voire même en anticipant), l'intelligence artificielle doit être capable de simuler et reproduire le comportement d'un humain au volant. Pour cela, les chercheurs en sciences cognitives n'hésitent plus à implémenter dans les intelligences artificielles qui piloteront les voitures des considérations éthiques et morales propres aux humains. A partir d'expériences de réalité virtuelle, les chercheurs sont capables de définir les arbitrages moraux des humains dans diverses situations données et de les introduire dans le corpus théorique des ordinateurs de bords pour affiner la prise de dé-

cision et la rendre très proche du comportement humain.

A ce stade, le véhicule autonome sera capable de prendre des décisions efficaces, efficientes et sécurisées qui le pousseront à l'**action**. Il sera ainsi en mesure de contrôler l'ensemble des éléments mécaniques de la voiture comme le volant, les freins, l'accélérateur, etc.

Communication VtoX

Afin que les voitures autonomes puissent réaliser efficacement les 3 fonctions du modèle présenté ci-dessus, elles doivent être en mesure de communiquer en temps réel avec leurs paires mais aussi avec les infrastructures routières et leur environnement.

La communication entre véhicules est essentielle afin d'éviter les accidents. Le V2V (Vehicle to Vehicle Communication) est une technologie qui permet à l'ensemble des

véhicules de communiquer entre eux, de s'échanger des informations contextuelles sur leurs propres comportements mais aussi sur le comportement des véhicules qui les entourent. Les avancées sont telles qu'aujourd'hui General Motors peut lancer sur autoroute des voitures autonomes pouvant s'inclure parfaitement dans un flux de voitures non autonomes et s'adapter au comportement de ces dernières. Les véhicules classiques de nouvelle génération sont en voie d'être équipés de ces nouvelles fonctionnalités (BMW, Mercedes et Volvo, Cadillac). De même, le V2I (Vehicle to Infrastructure Communication) devra être au point afin que le véhicule autonome soit en mesure d'échanger des informations avec les infrastructures routières⁵. De ces échanges dépendent en grande partie la sécurité, la fluidité de la circulation et la congestion des voies urbaines.

2. Les forces en présence sur le marché de la voiture autonome

Il n'est pas une semaine sans qu'une annonce concernant l'arrivée imminente des véhicules autonomes ne soit faite. Les acteurs impliqués dans le développement de la voiture autonome sont de plusieurs types.

Les GAFAM⁶ montrent la voie

Les premiers à se lancer réellement dans la course à la voiture autonome sont les grands groupes technologiques. Forts de leur pouvoir économique, de leur degré d'agilité et d'innovation et des millions de dollars, ils sont ceux qui ont impulsé le mouvement.

Google a été le pionnier en la matière puisque dès 2009 : en équipant des voitures de série (Toyota Prius et Audi TT) aux Etats-Unis après l'obtention de la licence permettant de faire des tests grandeur nature,

l'entreprise est à la pointe de la recherche et développement. Entre **2009 et 2016**, les essais et les progrès n'ont jamais cessé. Aujourd'hui, Google a mis en place le **Projet Waymo** qui s'est transformé en une entreprise dont l'objectif est de démocratiser la voiture autonome pour tous. Parallèlement à ça, Google travaille également sur le volet du fret en dévoilant ses premiers **camions autonomes**. Enfin, Google vient d'annoncer un **partenariat** avec Fiat Chrysler pour lancer des voitures semi-autonomes d'ici la fin 2017.

Apple reste plus discret sur le sujet. En avril 2017, Apple a été **autorisé par les autorités californiennes** à tester des voitures autonomes sur les routes de l'Etat sans pour autant faire d'annonce d'un quelconque projet en phase d'industrialisation.

D'après le New York Times, Apple aurait revu ses ambitions à la baisse pour se concentrer sur les technologies permettant aux véhicules de conduire de manière autonome. Microsoft semble emprunter la même stratégie qu'Apple car l'entreprise ne souhaite pas pénétrer le marché de la construction automobile mais préfère mettre à disposition ses **compétences et ses savoirs** pour proposer des solutions avancées d'assistance à la conduite.

En Chine, **Baidu** développe depuis 2015 une stratégie de conquête sur le marché de la voiture autonome. Après s'être associé à BMW, le géant chinois a choisi de développer son **propre véhicule**. Puis de proposer, dans le cadre du **projet Apollo**, son logiciel pour voitures autonomes sur une plate-forme en libre accès

⁵ Comme savent d'ores et déjà le faire Audi ou BMW avec les feux tricolores : <https://fr.news.yahoo.com/v2i-audi-communiquent-feux-tricolores-180300257.html>

⁶ Google, Amazon Facebook, Apple, Microsoft

où l'application sera disponible pour des concepteurs externes. Une manière pour l'entreprise de tenter de progresser plus rapidement au cœur de la technologie spécialisée pour les voitures sans pilote.

Les constructeurs automobiles tentent de combler leur retard

Le constructeur qui fait parler le plus de lui est sans aucun doute **Tesla**. La firme américaine est la plus active sur ce marché et le rythme des innovations et des sorties de véhicules toujours plus autonomes est de plus en plus rapide. Le 19 octobre 2016, Tesla a annoncé sur son [site officiel](#) qu'à compter de cette date, tous les véhicules Tesla fabriqués dans leur usine «embarqueront le matériel et l'équipement nécessaires pour une conduite autonome complète». Les futurs véhicules seront donc équipés de huit caméras, pour une vision à 360 degrés autour de la voiture, de 15 capteurs à ultrasons ainsi que de la plateforme Drive PX2 de Nvidia. Tesla semble déjà donc très déterminé à mettre en place ses voitures et pourrait être le pre-

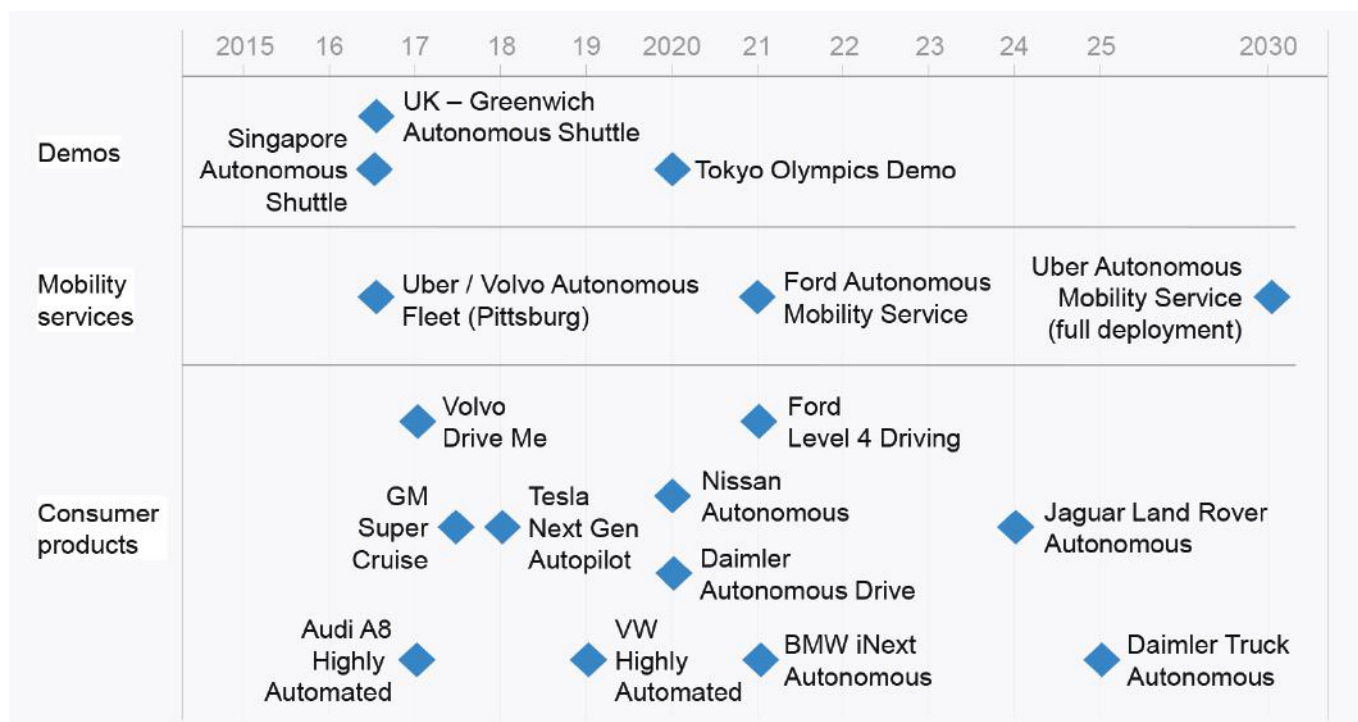
mier constructeur à commercialiser un modèle 100% autonome. Elon Musk est d'ailleurs l'un des plus optimistes puisque selon lui, il faudra moins de 7 ou 8 ans pour voir des voitures autonomes de niveau 5 sur les routes américaines.

Audi, de son côté, a annoncé en juillet 2017 la commercialisation de la [première voiture autonome de série de niveau 3](#). Pour cela, l'entreprise fait partie avec BMW et Daimler (Mercedes-Benz) du [consortium ayant racheté Here](#), le système de cartographie de Nokia, pour un montant de 2,8 milliards d'euros. La marque vise une mise sur le marché d'un véhicule autonome de niveau 5 à l'horizon 2021. Même horizon pour **BMW** qui améliore, à chaque sortie d'un nouveau modèle, ses algorithmes, le dernier en date permettant à la BMW Série 5 de [se garer toute seule](#) devant un garage. L'[association](#) du constructeur allemand avec Intel et [Mobi-leye](#) devrait aboutir à des résultats probants d'ici 4 ou 5 ans. **Volvo**, comme BMW, a opté pour l'union en consortium avec l'équipemen-

tier Autoliv pour créer [Zenuity](#) dans le but de développer de nouvelles technologies d'aide à la conduite ADAS ([Advanced Driver Assistance Systems](#)) et de conduite autonome, proposées dès 2019 avant d'aller plus loin dans l'autonomisation. **Opel**, **Cadillac** ou encore **Nissan** sont également en phase de développement d'outils facilitant l'autonomisation des voitures.

Du côté des constructeurs français, **Renault** mise sur une [conduite autonome dès 2020](#). Pour cela, la marque française a lancé [deux laboratoires de recherche](#) orientés voiture du futur et annonce [un projet d'acquisition](#) portant sur des activités de R&D françaises d'Intel spécialisées dans les logiciels embarqués. PSA qui travaille déjà sur [l'autonomisation des voitures](#) sur voies express à chaussées séparées, vient de [s'associer avec Nuro](#), spécialiste de la circulation de véhicules autonomes dans un environnement urbain, de la voiture autonome sans chauffeur et du marché du transport à la demande, c'est-à-dire celui des robots-taxis et

Timeline of event



Prévision de commercialisation des véhicules autonomes selon les grands constructeurs. Source : <https://apps.mckinsey.com/future-of-mobility-initiative/files/An-integrated-perspective-on-the-future-of-mobility.pdf>

non celui des particuliers.

Sociétés de services de mobilité

Les sociétés de services de mobilité ne sont pas absentes du marché. Toutefois, la stratégie n'est pas la même que les acteurs précédemment cités. En effet, que ce soit Uber ou Lyft aux Etats-Unis, BlablaCar en France, aucune de ces entreprises ne produit ni ne possède de véhicules. Pour autant, ils sont concernés par les avancées en matière de voiture autonome car, à terme, leur business pourrait être impacté. En effet, ces entreprises ont déjà un coup d'avance par rapport aux constructeurs : leurs clients sont déjà habitués à être véhiculés par une tierce partie – en l'occurrence un chauffeur humain – le passage au chauffeur-robot se fera de manière naturelle. En ce sens, Uber travaille actuellement à la mise en place d'une **interface homme-machine** permettant au passager d'être informé sur l'intelligence artificielle qui le pilote et de recevoir un minimum d'informations sur la route empruntée, les choix de la machine et un ensemble de données contextuelles sur la ville. Uber a par ailleurs noué un **partenariat avec Daimler** pour que le constructeur produise des voitures autonomes qui viendront alimenter la flotte de VTC de la compagnie. Auparavant, Uber avait collaboré avec Ford dans le cadre du projet M City en équipant les véhicules de logiciels et a rejoint une « coalition de conduite autonome pour des rues plus sûres » (**Self-Driving Coalition for Safer Street**) composé de Google, Lyft, Volvo et Ford. L'objectif affiché est « de travailler avec les législateurs, les régulateurs et le public afin de profiter des avantages en termes de sécurité et pour la société des véhicules autonomes ».

De son côté Lyft, le principal concurrent d'Uber sur la voiture à la demande travaille également sur le sujet en privilégiant les associations. Avec **Waymo**, la division « voiture autonome » du géant Alphabet, tout d'abord mais aussi avec le constructeur **Général Motors** qui vient d'investir pas moins de 500 millions de dollars dans la société de VTC.

En France, cette question commence aussi à brûler les lèvres des acteurs locaux. BlablaCar, la plateforme d'autopartage, envisage l'avenir sous l'angle de la voiture autonome. Pour Nicolas Brusson cependant, la **voiture autonome ne remettra pas en question les évolutions récentes en faveur de l'autopartage**. Pour lui, les voitures autonomes resteront la propriété de particuliers qui les mettront à disposition de tiers contre rétribution.

Entreprises, équipementiers et startups technologiques

Les équipementiers pensent avoir leur carte à jouer et se livrent une **véritable bataille** sur ce marché.

Valeo a massivement investi dans les technologies liées à la conduite autonome : « l'Intuitive cockpit » permet au conducteur de garder les yeux fixés sur la route tout en visualisant la chaussée sur les côtés et derrière lui, contrôler son smartphone et le système multimédia ou bien encore saisir des messages avec les mains sur le volant. Caméras, radars, ultra-sons et laser scanner du système Drive4U® permettent au véhicule d'analyser son environnement, de calculer un itinéraire pour arriver à destination sans intervention humaine. Autant d'éléments technologiques qui placent Valéo en bonne position dans la course à la voiture autonome. **Continental**, l'équipementier en pneumatiques, est également très présent sur le marché en investissant massivement dans la R&D liée à l'autonomisation des véhicules. **Bosch**, associé à Mercedes mise, de son côté, sur la

voiture autonome en autopartage.

Du côté des startups, selon une **récente étude du magazine américain Wired en association avec Comet Labs, il y aurait dans le monde plus de 250 startups travaillant sur la voiture autonome**.

Même si la majorité de ces startups sont américaines ou asiatiques, la France n'est pas en reste. Pour preuve, BPI France et Business France organise depuis 3 ans un **concours** destiné aux startups de l'Hexagone spécialisées dans les technologies numériques pour la voiture autonome. L'objectif est de sélectionner les meilleures candidates et de les envoyer deux semaines aux Etats-Unis afin de se confronter à la concurrence et aux éventuels investisseurs. Parmi la dernière promotion, on peut citer **Chronocam** (solution de vision artificielle réunissant les capteurs, le traitement des données par événement et l'intelligence artificielle), **Dibotics** (un GPS alimenté par les données de capteurs laser 3D permettant de connaître la localisation précise du véhicule et de comprendre son environnement) ou encore **SmartMeUp** (logiciel embarqué de computer vision capable de détecter les objets dans le champ visuel de la caméra). Au total, ce sont près de 25 jeunes pousses⁷ qui ont pu profiter du programme dont 11 se sont installées aux Etats-Unis et ont levé près de 50 millions d'euros.

En Nouvelle-Aquitaine, les entreprises se structurent également pour répondre au défi technologique de la voiture autonome. **Akka Technologies**, situé dans la Métropole de Bordeaux, coordonne un consortium créé dans le cadre du projet **Link'nGo**. Parmi ses membres, on retrouve l'INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique), ControlSys, et DBT. L'objectif étant de créer les technologies au service de la voiture de demain : assistance

7 La liste des lauréats est accessible sur le site internet : <http://www.ubimobility.org/>

Navya, la pépite française

Navya Arma est le premier véhicule 100 % électrique, 100 % autonome et 100 % français produit en série dans la région lyonnaise. D'une capacité de 15 places (11 assises et 4 debout), cette navette est destinée à circuler, dans un premier temps, en circuit fermé. Ce véhicule est disruptif : il ne possède pas de poste de conduite, soit ni volant, ni pédales. Entièrement autonome, il est quand même relié à un centre de supervision où un opérateur pourra agir en cas de problème rencontré sur le trajet ou le véhicule. Son pack de batteries rechargeable par induction, sans fil ni prise, le dote d'une autonomie flexible allant de 8 à 24 heures. La Navya Arma peut atteindre une vitesse de pointe de 45 km/h, ce qui n'est pas un inconvénient notable pour le moment, puisque généralement sur les sites d'application, la vitesse est limitée à 30 km/h. Elle est équipée d'un toit ouvrant, d'une vision panoramique et d'air conditionné. Pour être autonome en toute sécurité, les systèmes de guidage de la Navya Arma utilisent simultanément plusieurs technologies : télédétection par laser, caméra stéréovision, GPS RTK, Infra-rouge, IMU et odométrie. Une vérification et un contrôle centralisés de ses mouvements sont assurés à distance, et des systèmes d'arrêt d'urgence sont accessibles si besoin. Implantée à Lyon, la société déploie sa solution dans de nombreuses expérimentations en France et en Europe.



Source : *Technique de l'Ingénieur*

à la conduite et au stationnement automatisés, géolocalisation précise des véhicules, gestion des données de conduite et de l'énergie, etc. De son côté, **Géoloc Systems**, basé à la technopôle Montesquieu à Mar-

tillac, propose des solutions innovantes pour connecter les véhicules entre eux (V2V) mais aussi avec les infrastructures urbaines (V2I) et les autres usagers des routes (V2X) afin de renforcer la sécurité urbaine lors

de l'arrivée de la voiture autonome. **Géo-Sat** est en mesure de mettre ses compétences techniques et technologiques (notamment la technologie LiDAR, modélisation 3D) au service de la voiture autonome.

3. Freins et limites au développement de la voiture autonome

Malgré les promesses des différentes parties prenantes d'une démocratisation et d'une arrivée rapide des véhicules autonomes sur les routes et dans les rues des grandes métropoles, les freins sont encore nombreux et de plusieurs ordres.

Les freins techniques

Les principaux freins sont avant tout liés à la technologie à proprement parlé. Avant de pouvoir disposer d'une voiture véritablement autonome plusieurs écueils sont à lever.

A l'heure actuelle, les voitures autonomes sont **incapables d'identifier parfaitement l'ensemble des éléments contextuels de l'environnement dans lequel elles évoluent**, notamment les éléments en mouvement comme les piétons ou les cyclistes. Les radars et capteurs

actuels couplés aux algorithmes décisionnels ne sont pas en mesure d'anticiper des comportements non normés (comme un refus de priorité soudain, un piéton qui traverse une rue en dehors des passages protégés, un enfant qui court, etc.) De même, ils semblent ignorer les objets occultés et ne sont pas capables d'anticiper leur présence. **L'accident récent** qui a eu lieu en Arizona avec une Volvo équipée par Uber atteste de cette limite. Par ailleurs, les capteurs sont souvent unidirectionnels, la seule réponse possible est alors de multiplier la présence de capteurs sur les véhicules. Certains, comme **Osram et InnoLuce** travaillent à perfectionner le LiDAR quand d'autres développent des lasers plus performants (**Scala de Valeo**).

La contextualisation pose encore problème pour les intelligences artificielles. L'ordinateur n'est pas capable de « conduite sociale », c'est-à-dire de gérer l'ensemble des règles non écrites et implicites qui régissent nos comportements d'humain sur les routes. Par exemple, une voiture autonome bénéficiant d'une priorité à droite aura tendance à « forcer le passage » car conforme aux codes de la sécurité routière là où un humain pourrait freiner afin de ne pas heurter une voiture lui refusant la priorité. Afin de répondre à ces limites, des **chercheurs du M.I.T.** en association avec Toyota planchent actuellement sur des solutions de Deep Learning et de Machine Learning afin d'intégrer le plus fidèlement possible les « comportements sociaux humains » aux algorithmes initiaux présents dans l'ordinateur.

Les freins liés aux externalités négatives (au moins à moyen terme)

Même si la perspective d'une voiture totalement autonome est encore lointaine, l'arrivée des voitures en autonomie conditionnelle implique toutefois quelques externalités liées à la cohabitation entre ce nouveau type de véhicules et les voitures classiques pilotées par des humains. Ces externalités ont été listées par Here dans un [rapport](#) sur l'impact de l'introduction du véhicule autonome sur le trafic :

- Une augmentation du risque d'accident entre voitures autonomes et voitures classiques qui n'ont pas la même perception des comportements de « conduite sociale » ; On peut pousser ce raisonnement aux [véhicules non autonomes à deux roues](#).
- Une augmentation de la gravité des accidents dès lors que les véhicules autonomes sont dans l'incapacité d'anticiper les comportements des automobilistes classiques et inversement ;
- Un ralentissement de la vitesse de circulation car afin d'augmenter le confort des passagers les voitures autonomes ont une conduite plus souple, limitant les accélérations et les freinages et moins rapide ;
- Une augmentation du nombre de voitures en circulation car à mesure que la voiture autonome se démocratisera, elle deviendra accessible à des groupes de personnes jusque-là exclues (pour

des raisons financières, d'âge, d'incapacités physiques ou de handicap) ;

- Une augmentation de la taille des voitures car en libérant du temps de « loisirs » à l'intérieur des voitures la demande de confort sera plus forte. Avec comme principale conséquence, une baisse des capacités d'absorption des routes et des rues actuelles (que les pouvoirs publics devront anticiper notamment en matière d'infrastructures et de politiques de mobilité).
- Une augmentation, enfin, du nombre de trajets puisque les voitures devenant plus confortables et le trafic plus fluide, les gens auront tendance à privilégier ce moyen de déplacement au détriment des transports en commun. Ils auront également tendance à s'éloigner des centres urbains provoquant un engorgement des zones péri-urbaines.

Autres types de freins

Le prix des voitures autonomes pourrait être un frein au développement de celles-ci. Certaines études montrent que les voitures à délégation partielle de conduite coûteraient 7.000\$ de plus que les mêmes voitures sans les options. Les équipements en électronique, en ordinateur de bord, en logiciels et en capteurs permettant d'atteindre une fiabilité minimale sont très coûteux. Mais au-delà du prix même de fabrication et d'acquisition de ces véhicules, ce qui préoccupe le plus les constructeurs c'est la décote très rapide (plus rapide qu'une

voiture classique) dont pourraient souffrir les véhicules autonomes, à l'image des véhicules électriques qui perdent près de 80% de leur valeur initiale au bout de 3 ans. L'obsolescence rapide des logiciels embarqués, le coût de maintien et de mise à jour mais aussi la forte probabilité de panne des systèmes ajoutent à la décote des véhicules à la revente donc à la prudence des potentiels acheteurs. L'absence de visibilité sur la fiabilité de ces voitures du futur risque de refroidir les acheteurs potentiels [dans un premier temps](#).

Un autre frein qui peut également jouer en défaveur de la voiture autonome et qui peut ralentir la pénétration de ces dernières est **la nécessaire précision de la cartographie embarquée dans les ordinateurs de bord**. En effet, pour pouvoir se déplacer seul, un véhicule autonome a non seulement besoin de capteurs mais doit connaître parfaitement son environnement. A l'heure actuelle, les véhicules ne sont pas capables d'évoluer dans des espaces qu'ils ne connaissent pas. Le niveau de détail des cartographies n'est pas suffisant pour permettre aux voitures autonomes de se déplacer seules. C'est également la raison pour laquelle les expérimentations de déplacements en autonomie ont lieu sur des autoroutes, sur circuit ou dans des espaces réduits plus facilement cartographiables. L'un des enjeux à venir sera d'établir des [cartographies des villes suffisamment précises](#) pour que les voitures puissent s'y déplacer seules.

3. Les enjeux de la voiture autonome en milieu urbain

Même si les freins sont nombreux et si nous devrions pas voir les voitures classiques totalement remplacées par des voitures autonomes de

niveau 5 **avant 15 ans**, il n'en reste pas moins que les pouvoirs publics doivent se saisir dès aujourd'hui de cette problématique car ils vont

faire face à plusieurs enjeux de taille.

1. Le désengorgement des centres-villes comme enjeu numéro un

L'augmentation continue de la présence de la voiture individuelle dans le cœur des centres-villes n'est pas sans conséquences sur la mobilité urbaine. Les efforts fournis par les pouvoirs publics en matière d'offre publique de déplacements alternatifs à la voiture ne semblent pas suffisants. Ainsi, le niveau de congestion

moyen d'une ville comme Bordeaux était, en 2016, de 31% et le temps perdu par les personnes en voiture s'élevait à 144 heures pour la même année. L'introduction de la voiture autonome individuelle se faisant en plusieurs étapes, les effets sur l'engorgement ne seront visibles qu'à un horizon temporel relativement

lointain. En effet, l'impact sur la congestion formerait une courbe en cloche avec une forte augmentation de la congestion dans un premier temps puis une réduction régulière à mesure que le nombre de voitures dites classiques diminue, ces dernières étant remplacées par des voitures autonomes.



Cependant, si chaque propriétaire de voiture remplace sa voiture classique par un véhicule autonome, l'effet escompté sera nul. De même, comme nous l'avons déjà indiqué, un des effets attendus sera une pénétration plus forte des voitures autonomes avec un public auparavant exclu de la mobilité individuelle (handicapés, personnes âgées, jeunes, etc.). **Une politique incitative visant à remplacer les vieux véhicules particuliers par des véhicules autonomes particuliers ne permettra pas de tenir l'engagement d'un désengorgement des centres urbains, du moins à moyen terme.** A long terme pourtant l'effet serait bénéfique : une étude du MIT démontre même que 300

000 voitures autonomes pourraient répondre aux besoins des 6 millions d'habitants de Singapour alors qu'il faut aujourd'hui 800 000 véhicules pour déplacer 720 000 singapouriens.

Par ailleurs, grâce à la communication V2V et V2I le trafic en ville devrait être fluidifié : en communiquant leur emplacement et leur vitesse de déplacement les voitures pourront anticiper l'arrivée sur des points chauds ou des carrefours et définir elles-mêmes des ordres de priorités. Certains anticipent même la fin des feux tricolores.

On estime que **30% des voitures qui tournent en centre-ville cherchent**

un endroit pour se garer. D'après une étude de l'Université du Texas, une ville avec 100% de véhicules autonomes réduirait ses besoins de parking de 90% : la voiture autonome pourrait être programmée, par exemple, pour retourner se garer dans des parkings⁸ prévus à cet effet, ou utilisée pour un autre usage⁹. L'impact direct serait une fluidification du trafic et une diminution des surfaces utilisées pour des besoins de stationnement. A titre d'exemple, les parkings et les routes occupent 65% de la surface du centre-ville de Houston aux Etats-Unis, 45% de celui de Washington.

2. Enjeux environnementaux

L'un des principaux effets de la décongestion des villes et de la fluidification du trafic serait, à terme, une baisse importante de l'émission des gaz à effet de serre. La communication V2X entre les infrastructures et les véhicules diminueront le temps passé à chercher une place, donc le temps pendant lequel le véhicule se déplace de manière inefficace. La

généralisation de la conduite automatisée et géolocalisée permettra de diminuer la consommation de carburant des véhicules¹⁰, les véhicules autonomes adoptant une conduite plus souple que celle des humains. L'arrivée promise de la voiture électrique avec des batteries suffisamment puissantes pour atteindre des distances équivalentes

au moteur à explosion devrait coïncider avec celle des voitures autonomes, ce qui aura un impact direct sur le niveau de pollution en ville, sur les émissions de gaz à effet de serre et des micro-particules et sur la pollution sonore. Tout cela contribuera à améliorer la qualité de vie dans les grands centres-villes.

3. Enjeux éthiques, juridiques et de sécurité

Enjeux éthiques et juridiques

Un autre enjeu de taille auquel seront confrontés les constructeurs de véhicules autonomes concerne l'idée même de se laisser conduire dans un flux de voitures par une intelligence artificielle. Au-delà de la question de la **liberté de choisir les modalités de ses déplacements** (trajet, vitesse, arrêts, etc.), se posent des questions d'ordre moral et éthique. Comment une intelligence artificielle va-t-elle prendre une décision de manière mesurée,

la plus juste possible, en cas de danger éminent ? Et même sans danger, comment une intelligence artificielle anticipe-t-elle le **changement de couleur d'un feu tricolore** ? Comment une intelligence artificielle réagit-elle en présence d'**automobilistes humains à la conduite dangereuse** ?

Ce **problème** concerne également l'intelligence artificielle qui, bien que programmée dans un premier temps, continuera à apprendre,

à se perfectionner et à intégrer l'ensemble des alternatives dans une situation donnée grâce aux technologies de Deep Learning. En Allemagne, après avoir autorisé **les tests de voiture autonome sur autoroutes**, une commission d'éthique a remis un rapport au Ministre des Transport en août stipulant dans ce dernier que **la vie des êtres humains devait être la priorité absolue** (en cas de choix d'urgence, l'ordinateur devra préserver les vies humaines au détriment

8 Nous verrons plus loin, dans la partie sur l'aménagement urbain, cette question de la redéfinition des parkings.

9 Nous développerons plus loin cet argument.

10 Si l'on se penche par exemple sur le camion autonome Daimler, lancé aux Etats-Unis pour ses premiers tests sur route le mois dernier, on constate l'ampleur de l'économie d'énergie apportée par les systèmes de conduite autonome. Les périodes où le chauffeur lâche le volant, la consommation de carburant du camion diminue de 5%.

ment de celles des animaux) et que les caractéristiques personnelles ne devaient pas privilégier telle ou telle vie (ainsi l'ordinateur ne devra pas émettre de préférence entre une personne âgée « ayant vécu » et un jeune enfant). Les Etats-Unis ont travaillé tout l'été à **l'établissement de règles juridiques et légales** concernant la circulation de la voiture autonome.

Les enjeux juridiques sont également très importants pour le développement et l'appropriation de la voiture autonome dans les années à venir. Le 23 mars 2016, la Commission Européenne des Nations Unies (UNECE) a apporté des modifications à la Convention de Vienne de 1968, notamment l'article 8 qui stipule que « tout conducteur doit constamment avoir le contrôle de son véhicule ou pouvoir guider ses animaux. ». Le **communiqué de l'UNECE** énonce qu'« à compter de ce jour (le 23 mars 2016), les systèmes de conduite automatisée seront explicitement autorisés sur les routes, à condition qu'ils soient conformes aux règlements des Nations Unies sur les véhicules ou qu'ils puissent être contrôlés voir désactivés par le conducteur. » La France a pris la mesure en autorisant le 3 août 2016, à travers une **ordonnance**, les expérimentations des voitures à délégation de conduite sur les routes françaises. Ceci étant, si les expérimentations sont aujourd'hui autorisées, le cadre légal et les responsabilités en cas d'accident ne sont pas encore clairement définis : qui de la personne présente dans l'habitacle, du constructeur ou le cas échéant de l'entreprise ayant produit l'algorithme sera responsable en cas d'accident impliquant la voiture autonome ? Qui sera responsable de l'erreur d'un ordinateur ?

Jusqu'à aujourd'hui, puisqu'il s'agit surtout de voiture à délégation partielle de conduite, le conducteur reste le seul et unique responsable

des accidents commis par son véhicule. Mais avec la modification de la Convention de Vienne et avec l'arrivée des véritables pilotes automatiques (comme l'AutoPilot de Tesla, à l'origine d'un accident mortel le 7 mai 2016 en Floride), les cartes pourraient être rebattues et la **responsabilité être endossée par d'autres acteurs**. Si le droit doit s'adapter aux évolutions technologiques de la société, le monde de l'assurance devra lui aussi s'adapter. Certains acteurs commencent à proposer des contrats spécifiques et des primes en baisse aux automobilistes possédant des systèmes d'aide à la conduite. Demain, ils devront sans doute changer **leur modèle économique**, pour suivre les évolutions en matière de responsabilité et survivre aux enjeux de la voiture sans chauffeur.

Enjeux de sécurité routière et de sécurité numérique

















Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, chaque année, plus d'1,3 millions de personnes perdent la vie dans un accident de la route. Les accidents étant la principale cause de décès chez les jeunes âgés de 15-29 ans. D'après le **bilan provisoire** de l'Onisr (Observatoire national interministériel de sécurité routière) de 2016, les facteurs humains apparaissent dans plus de 90 % des accidents corporels (somnolence, téléphone portable, drogue, alcool ou médicaments, etc.)

L'un des arguments en faveur de la voiture autonome serait la réduction de l'accidentologie et le nombre de vies épargnées. Grâce à la communication entre les véhicules et l'environnement, les voitures adapteraient leurs comportements en permanence, **réduisant par 10 le nombre d'accidents sur les routes et pourrait permettre à la France d'économiser jusqu'à 32 milliards d'euros** (soit 1,5% du PIB) selon une estimation¹¹ de l'observatoire interministériel de la sécurité routière.

Une récente **étude** de la société Expert Market affirme que la généralisation de ce type de véhicule conduirait à une diminution de 90 % des coûts liés à l'insécurité routière. Toutefois, l'informatique n'est pas exempte de défaillances comme l'a prouvé **l'accident mortel** de l'été 2016. Une voiture autonome Tesla est entrée en collision avec un camion venant en sens inverse. Selon l'enquête, le système Autopilot de Tesla n'aurait pas « vu » le camion qui effectuait une manœuvre. Le rayon du LIDAR serait passé sous le camion donc ne l'aurait pas identifié et les capteurs auraient été gênés par un ciel très clair. Cet accident montre que la technologie ne sera jamais infaillible et que des progrès restent encore à accomplir avant de disposer d'un véhicule autonome complètement fiable.

Si les arguments en faveur de la sécurité sont avancés par les industriels de l'automobile, il est important de garder à l'esprit que l'informatique peut être soumise à des attaques de **hackers** ou présenter des **failles de sécurité**. Pour **Elon Musk**, la priorité est de protéger les systèmes d'exploitation des véhicules contre le piratage informatique : « *Nous devons nous assurer qu'un piratage de tout notre parc est fondamentalement impossible et que, si des gens sont dans la voiture, ils ont autorité sur tout ce que le véhicule fait. Si la voiture fait quelque chose d'absurde, vous pouvez appuyer sur un bouton qu'aucun logiciel ne peut outrepasser et vous assurer de prendre le contrôle du véhicule, et de couper le lien vers les serveurs* ».

11 Sont inclus dans le calcul, la perte de production liée à la personne décédée (environ 3 millions d'euros par défunt), le coût des hospitalisations mais aussi le coût des dégâts matériels (assurance, réparation).

Company type	Example companies	Description	Flexible destination/return?
Operator car sharing		Offers a fleet of cars with fixed parking spots that can be rented by the hour	
		Offers a 'floating' fleet of cars that can be located on an app and rented for one-way trips within defined city centers	
On-demand ride-hailing		Matches private drivers with passengers for intra-city trips on demand	
		Matches licensed taxis with passengers through a mobile app	
Peer-to-peer car sharing		Peer-to-peer marketplace that matches car owners with renters on an hourly basis	
		Peer-to-peer marketplace allowing car owners to rent out their vehicles from airport parking, mainly competing with car rentals	
Peer-to-peer ride sharing		Matches drivers with passengers for intercity drives	
		App-based matching of pre-booked commutes with people working in the same area	

Différents modèles économiques de Car as a Service selon McKinsey. Source : <https://apps.mckinsey.com/future-of-mobility-initiative/files/An-integrated-perspective-on-the-future-of-mobility.pdf>

4. Enjeux sociaux et sociétaux : Autonomous Car as a Service (ACaaS)

L'arrivée progressive de la voiture autonome accompagne un autre mouvement d'ampleur. L'autopartage, le covoiturage, la voiture à la demande (V.A.D.) forment le pan mobilité de l'économie collaborative. Les exemples et succès ne manquent pas et le modèle économique autour de la voiture individuelle semble s'orienter vers ce que l'on peut qualifier de CaaS (Car as a Service), modèle dans lequel on passe de la propriété (d'une voiture) à l'usage. Citroën, par exemple, emboîte le pas de Blabla-Car en proposant le service « **Earn and Drive** » qui intègre l'autopartage à l'achat d'un véhicule (les mensualités baissent si le propriétaire met sa voiture à disposition d'autres usagers. Les **modèles alternatifs à la**

vente de voiture semblent s'adapter aux nouvelles pratiques des conducteurs et tous les acteurs de l'industrie automobile sont concernés, sous peine de se faire distancer par les entreprises les plus innovantes à la matière.

L'arrivée de la voiture autonome aurait comme effet de renforcer un peu plus la demande de services de mobilité et compléter la possession de voiture individuelle (CaaS – Car as a Product). Selon une **enquête** du bureau d'étude Here, les américains seraient 12% à se déclarer prêts à acheter une voiture autonome personnelle¹² et à n'utiliser qu'elle ; 11% d'entre eux seraient mûrs pour utiliser une voiture autonome comme

service (ACaaS) et 38% à mixer possession et usage selon les conditions, les besoins et la disponibilité. Les répondants urbains étant plus enthousiastes à l'idée de partager une voiture ou de recourir aux services de voitures à la demande.

12 84% des répondants qui possèdent actuellement une voiture disent qu'être propriétaire est important à leurs yeux et que l'arrivée de la voiture autonome ne fera que renforcer cette importance.

5. Enjeux autour de la donnée

La voiture autonome ne pourra devenir un modèle efficace et efficient que si un véritable écosystème se met en place avec en son centre la donnée produite. Cet écosystème comprendrait les pouvoirs publics, les constructeurs automobiles, les sociétés développant logiciels et algorithmes (dans les voitures et dans leur environnement), les prestataires de mobilité, les startups et tous les acteurs produisant et consommant des données relatives à la mobilité. Les bénéfices de la voiture autonome n'apparaîtront que lorsque les données cesseront d'être produites en silo et qu'elles seront totalement interconnectées

entre celles émises par les voitures, celles émises par les réseaux routiers et enfin celles produites par les infrastructures.

Les services géolocalisés seront de plus en plus personnalisés à mesure que les habitudes et préférences de l'automobiliste seront prises en compte et que les technologies embarquées permettront de proposer des applications fondées sur l'analyse des comportements. La cartographie de précision deviendra un enjeu central du bon fonctionnement et de l'appropriation de la voiture connectée par les usagers. Pour cela, de nombreuses

équipes techniques travaillent sur les technologies de cartographies embarquées en temps réel. L'INRIA en partenariat avec l'Institut pour la transition énergétique (ITE) Vedecom sur **le système Slam** (Simultaneous localization and mapping) travaille à améliorer la géolocalisation des véhicules et de cartographier son environnement à 10 cm près. Ce système est particulièrement performant en milieu urbain où la vitesse est limitée. L'échange d'informations entre véhicules permettra également, à l'instar du crowdsourcing, d'alimenter en temps réel les évolutions cartographiques de l'environnement.

6. Enjeux d'aménagement et d'urbanisme

L'apparition des véhicules autonomes dans les rues des grandes agglomérations n'est pas sans conséquences sur la politique d'urbanisme et d'aménagement. Pour autant, les villes ne sont aujourd'hui pas prêtes à accueillir les voitures autonomes. Ces dernières, communicantes, auront des besoins qui leurs seront propres : bitumes intelligents, rues connectées, matériels urbains communicants, signalisation intelligente et adaptative, etc. Pour certains, les conséquences de ces innovations et de leur rythme d'intégration vont entraîner le rapprochement entre les urbanistes physiques, ceux qui ont la charge de l'aménagement et de l'organisation physiques des villes et les urbanistes informatiques qui s'occupent de l'architecture du système d'information des villes. **Véritables urbanistes 4.0**, ils auront à repenser l'environnement urbain et l'adapter à la présence des véhicules autonomes afin de faciliter et d'optimiser les flux, échanges, ressources et toutes les interactions dans la ville intelligente.

Autre impact de la voiture autonome sur l'aménagement et la voirie : le stationnement. En effet, les technologies permettant l'autonomie des

véhicules auront des conséquences sur la quantité, la taille, les emplacements et les fonctions des parcs de stationnement. Actuellement, des sociétés travaillent à rendre intelligents les parkings afin de faciliter le processus de stationnement et le rendre autonome. A titre d'exemple, Cisco et Valeo ont développé **une solution** permettant aux véhicules connectés d'aller se garer seuls dans un parking lui-même connecté. Le but : fluidifier le trafic, réduire le temps passé à chercher une place, optimiser l'utilisation des emplacements de parkings (selon certaines études, le stationnement autonome ferait gagner jusqu'à 60% de surface dans un parking).

Ces évolutions se feraient en deux étapes : la première étape consisterait à reconditionner les parkings existants pour qu'ils acceptent des voitures autonomes. La seconde serait de construire de nouveaux **parkings intelligents et optimisés** pour la voiture autonome. Selon le **cabinet ArrowStreet**, la première phase devrait se terminer en 2025 moment où la phase deux devrait se mettre en route avec une forte augmentation de la pénétration des voitures autonomes jusqu'en 2035 date à laquelle les voitures au-

tonomes seront généralisées et où la demande en surface de parking devrait diminuer de 5,7 milliards de mètres carrés aux Etats-Unis !

Avec les voitures autonomes et les nouvelles politiques de mobilité, les parkings et zones de stationnement seront beaucoup moins exploités, l'espace pouvant alors être redéployé :

- En convertissant les zones de stationnement en ville en espace public réservé aux piétons, aux vélos et aux modes de déplacement doux. La **ville d'Oslo** qui voulait dans un premier temps bannir les voitures de son centre-ville a décidé d'éliminer toutes les places de parking sur la zone (de les convertir en zones réservées aux piétons) et d'étudier les effets dissuasifs sur la présence des voitures en centre-ville, avant de bannir ou pas définitivement l'accès aux voitures.
- Redéfinir l'articulation entre parking privés et espace public de stationnement
- En déplaçant les zones de stationnement en périphérie de centres-villes

- En misant sur les “parking adaptables”. En gagnant jusqu’à 60% de la surface utile d’un parking, il est possible d’adapter cette surface à d’autres usages. Le **Boston Convention Center** est en train de construire un parking qui en fonction de l’évolution de son taux d’occupation pourra être modifié en logements, en commerces, en chambres d’hôtel, etc.

Ces évolutions sont d’ores et déjà prévu **dans les plans** puisque les colonnes de soutien, les rampes d’accès ou encore les ascenseurs sont installés à des endroits stratégiques.

La voiture autonome amènerait également à repenser les interactions entre les centres-villes et les zones périurbaines. En roulant de manière

plus sécurisée, plus rapide et plus fluide, les voitures autonomes rendraient les zones périurbaines et rurales de nouveau attractives. Grâce aux axes routiers directs entre les villes et la campagne, **les gens seraient incités à reconquérir les campagnes pour la qualité de vie associée.**

4. Exemples d’initiatives

Si les acteurs de la voiture autonome rivalisent d’annonces et de prototype, les exemples concrets et les tests grandeur nature se multi-

plient de par le monde. En France comme à l’étranger, de nombreuses collectivités tissent des partenariats avec des constructeurs, des équipe-

mentiers ou des acteurs de la nouvelle économie qui investissent ce créneau.

1. En France

La ville d’Issy les Moulineaux, connue pour son investissement dans les innovations numériques pour les citoyens est une des collectivités les plus actives dans le domaine de la voiture autonome. En 2015, la Ville a constitué un consortium avec de grands acteurs de la ville et de la mobilité (**Cisco**, la **Caisse des Dépôts**, **Bouygues Immobilier**, **ENGIE**, **Transdev**, **Colas**) avec pour objectif de faire de la ville une Smartcity dans laquelle les déplacements seraient plus fluides, moins polluants et plus intelligentes. Le projet **So’Mobility** était lancé. Dans ce cadre, en mars 2017, un test de **navette autonome EasyMile** a été mis en place dans la ville (entre autres solutions de mobilité intelligente comme le parking intelligent ou la signalétique innovante) et il s’agit ici de premier essai d’un véhicule autonome dans un environnement complexe (au milieu des piétons et des cyclistes). Durant un mois, la navette a transporté 2600 passagers en parcourant plus

de 600 kms sans aucun incident. Selon des estimations, la navette aurait consommé 8,6kWh/jour soit un coût de 1,25€ journalier. À terme, cette navette autonome pourrait être déployée autour des chantiers des gares du Grand Paris Express.

A Paris, des navettes autonomes EasyMile ont également été mises en test entre les gares d’Austerlitz et de Lyon entre les mois de janvier et de mars 2017. Plus de 30.000 passagers ont emprunté les navettes sans chauffeur pour un taux de satisfaction très élevé. Parallèlement, Renault et Numa s’associent pour lancer **City makers**, un programme d’open innovation d’expérimentation de solutions visant à accélérer la transition vers une mobilité urbaine flexible et durable.

A Rouen, la fin de l’année 2016 a été marqué par la mise en fonction d’une navette autonome entre les ponts Guillaume-le-Conquérant et Flaubert. **Astucio** a été utilisé

par plus de 3.000 personnes en un mois. A Lyon, dans le quartier de Confluence, circulent **deux navettes NavLy** rouges et blanches entre l’Hôtel de Région et la pointe de la Presqu’île de la ville, côté Saône. Développée conjointement par Navya, spécialiste des solutions de mobilité innovantes et Keolys, l’expérimentation est prévue pour durer une année entière. L’aéroport Lyon Saint-Exupéry a lancé, en septembre 2017, en partenariat avec **Stanley Robotics** (startup parisienne) le déploiement de **robots voituriers sur le parking longue durée de l’aéroport**. L’objectif à terme sera de délester les conducteurs de voitures de la corvée de chercher une place et de garer sa voiture. La gestion automatisée par robot autonome permettra une meilleure fluidité et augmentera de 50% le nombre de voitures en stationnement à surface égale grâce à une meilleure gestion de l’espace disponible.

2. A l’étranger

A Singapour, **des Peugeot 3008 sans chauffeur** vont bientôt arpenter les routes singapouriennes en vertu d’un partenariat stratégique signé

entre le groupe PSA et nuTonomy, un développeur de logiciels de conduite autonome. Le projet prévoit des tests sur des routes « ou-

vertes » à la circulation de véhicules classiques. A Singapour, toujours, **des taxis autonomes** sont mis en circulation dans une zone de 4km²

L'émergence d'un marché de véhicules professionnels ?

par *Jean-Pierre Corniou*

« Il n'y a vraisemblablement que dans les usages professionnels que ces équipements pourront se justifier dans les prochaines années. Le projet **CityMobil2**, financé par l'Union Européenne, a permis de tester cinq expérimentations de transport urbain autonome (ARTS : Automated Road Transport Systems) entre 2014 et 2016. Ces expériences ont permis de valider positivement le concept auprès des usagers en termes de confort, service et sécurité, sans enthousiasme particulier, et de tester leur sensibilité par rapport aux voitures autonomes. On voit en 2016 se multiplier ce type d'expériences dans des environnements variés. Il s'agit généralement de navette de passagers autonome adaptée aux espaces sous contrôle comme les aéroports, les ports, les parcs d'attraction ou d'exposition. L'expérience menée par Keolis avec la firme française Navya porte ainsi sur deux navettes de 15 passagers sur une distance linéaire de 1,3 km à 20 km/h dans le quartier lyonnais de Confluence. Ces véhicules coûtent 200 000 €. Il faut également suivre les travaux d'Uber pour valider un modèle de conduite automatique hautement sécurisée qui permettrait de fournir le service sans devoir gérer les chauffeurs. Ce n'est pas une expérience anodine car Uber emploie dans le

monde un million de chauffeurs. Quelques SUV Volvo XC90 ont été équipés pour tester le service dans les rues de Pittsburg, avec toutefois un chauffeur à bord pour des raisons de sécurité et d'acclimatation des usagers. Il est prévu que la flotte comporte, dès fin 2016, cent véhicules, ceci dans le cadre d'un plan d'investissement de 300 millions \$ copiloté par Volvo et Uber pour commercialiser des voitures autonomes en 2021. Mais si on estime que le coût total d'un chauffeur Uber en France ne dépasse pas 60 000 € par an, il faudrait que le coût supplémentaire d'un véhicule autonome soit significativement inférieur pour prendre ce risque commercial. L'expérience de taxis autonomes de Singapour qui a démarré mi-2016, porte sur un test plus modeste de véhicules électriques rendus autonomes par une start-up, nuTonomy, spécialisée en robotique et intelligence artificielle. Il s'agit de six Renault Zoe et Mitsubishi i-MIEV qui opèrent à partir d'emplacements précis dans un quartier d'affaires de 200 hectares. Ces voitures ont toutefois un chauffeur prêt à prendre les commandes. L'objectif de la start-up est de réduire le nombre de voitures circulant à Singapour de 900 000 à 300 000. »

en 2016. Cette fois encore c'est nuTonomy qui se charge, en partenariat avec 6 constructeurs (dont Renault avec la Zoé), du déploiement de la flotte expérimentale.

New York n'est pas en reste non plus. L'Etat a en effet décidé d'ouvrir de façon expérimentale et jusqu'au 1er avril 2018, les routes de son territoire, jusqu'à la Ville de New York aux entreprises désireuses de tester dans des conditions proches de la réalité leurs véhicules autonomes. Les conditions sont bien entendu drastiques dans la mesure où ces voitures côtoieront la population new yorkaise : hauts standards de sécurité, limitation à certaines zones (hors établissements scolaires, par exemple) police d'assurance à 5 millions de dollars et présence d'un conducteur assermenté accompagneront l'autorisation de déploiement. La **Californie**, le **Nevada** ou l'**Arizona** avec son immense désert ont précédé l'Etat de New York. **Pittsburgh** est peut-être la ville

américaine la plus volontariste en la matière puisqu'il y a juste un an elle annonçait un partenariat avec Uber et Volvo afin de lancer, dans ses rues, des véhicules autonomes.

Londres met en place dans le quartier de Greenwich **des petites camionnettes de livraison autonomes** : le but est de permettre de développer la livraison autonome au niveau du dernier kilomètre, celui qui pose le plus de souci en matière de pollution et d'engorgement des villes. On retrouve ce genre d'expérimentation dans le Michigan aux Etats-Unis ou **Ford et Domino's Pizza** proposent des livraisons de pizza par voiture autonome. Le but, dans ce cas-ci, est d'étudier la réception par les gens de ce nouveau type de livraison.

En Suisse, **la ville de Sion** est la première à expérimenter la mise en circulation de navettes autonomes dans l'espace public. En effet, en partenariat avec la société française

Navya, deux navettes sillonnent la vieille ville sur une boucle de 1,5 kilomètre, en une quinzaine de minutes, avec des arrêts tous les 22 mètres environ, et accueillent jusqu'à onze passagers chacune. La faible densité de la circulation dans l'hyper centre de Sion a convaincu les pouvoirs publics d'être les premiers à expérimenter la voiture autonome.

Enfin, **la France et l'Allemagne** ont lancé, en février 2017, une expérimentation de voiture autonome sur un itinéraire entre Metz et la Sarre. L'objectif affiché est de travailler sur la dimension transfrontalière et sur l'interopérabilité permettant le passage d'un véhicule d'un pays à l'autre. Cette volonté de travailler en cohérence avec le voisin allemand a été confirmée lors de la rentrée 2017 par la Président Macron lors d'une **allocution devant les ambassadeurs français** : « Si nous voulons réussir dans le véhicule autonome, nous devons au niveau européen

en définir les normes et le faire au moins en franco-allemand ... Si nous voulons être les leaders — ce qui doit être fait — de l'intelligence artificielle, nous devons là aussi en défi-

nir les grandes règles. »

Il s'agit là de quelques exemples montrant la vivacité des expérimentations des grandes villes dans le

monde entier en ce qui concerne la voiture autonome. Il existe de nombreux autres exemples et des expériences nouvelles sont menées tous les jours.

5. Quelles perspectives pour la voiture autonome en milieu urbain ?

Toutes les études convergent : la voiture autonome est l'avenir de la mobilité. Les dates concernant la véritable bascule en revanche divergent. Les plus optimistes (souvent les constructeurs) annoncent des véhicules totalement autonomes pour 2020, les plus sages songent plutôt à 2035.

Selon un [rapport](#) de l'UITP, la seule solution pour relever l'ensemble des enjeux de la mobilité urbaine dans les années à venir serait de développer une flotte de voitures autonomes complètement intégrée aux transports publics tels qu'ils existent actuellement. Mettre en compétition les voitures autonomes particulières avec les services de transport publics ne fera qu'ajou-

ter de nouvelles voitures au trafic existant, entraînera une perte en efficacité et une augmentation de la congestion par le fait de remplacer de grands bus par des petites voitures autonomes ainsi qu'une perte des moyens de transport totalement écologiques (marche et vélo). Il est difficilement concevable de prôner une politique publique de transports autonomes basée sur la voiture autonome individuelle car le projet ne serait pas soutenable écologiquement (renforcement de la congestion, pas d'effet sur le stationnement, pas de réduction du parc automobile) et socialement (aucun effet sur les gens qui ne possèdent pas de voiture personnelle). Finalement, la question centrale est de savoir si les gens préféreront être tout

seuls dans leur véhicule autonome ou être à plusieurs dans un véhicule autonome public ? La réponse est cette question risque malheureusement d'être assez évidente et il y a donc un vrai risque de voir le véhicule autonome amener à une vraie explosion de la mobilité automobile. Le choix dépendra évidemment de variables telles que le différentiel de prix entre véhicule autonome public et véhicule autonome privé, mais également d'autres variables telles que le temps (un véhicule autonome public fera des détours et marquera plus d'arrêts) et d'autres contraintes éventuelles (aménagement rendant les véhicules collectifs plus compétitifs).

1. Pour une flotte de véhicules autonomes publics ...

La voiture autonome doit être comprise comme un élément d'une stratégie de mobilité intermodale dans laquelle la voiture personnelle n'a plus sa place, où les transports publics sont efficaces (économiquement et socialement) et où les déplacements doux sont mis en avant. C'est la raison pour laquelle, si les pouvoirs publics veulent anticiper la ville de demain, ils doivent penser à

cette intermodalité et considérer les véhicules autonomes dans une perspective de service public. Ils doivent ainsi accompagner le mouvement de l'autopartage (en menant des politiques proactives et incitatives), du véhicule à la demande et celui de la Voiture as a Service (CaaS) en soutenant le passage de la propriété à l'usage de la voiture. L'automobile autonome devra également s'ins-

crire dans cette tendance. La seule solution efficace permettant de répondre à tous les enjeux précédemment cités est, toujours selon l'UITP, la flotte de voitures autonomes intégrées dans les services publics de transports collectifs¹³. Toute autre vision de la voiture autonome aboutirait à un échec.

2. ... et des services facilitant l'intermodalité

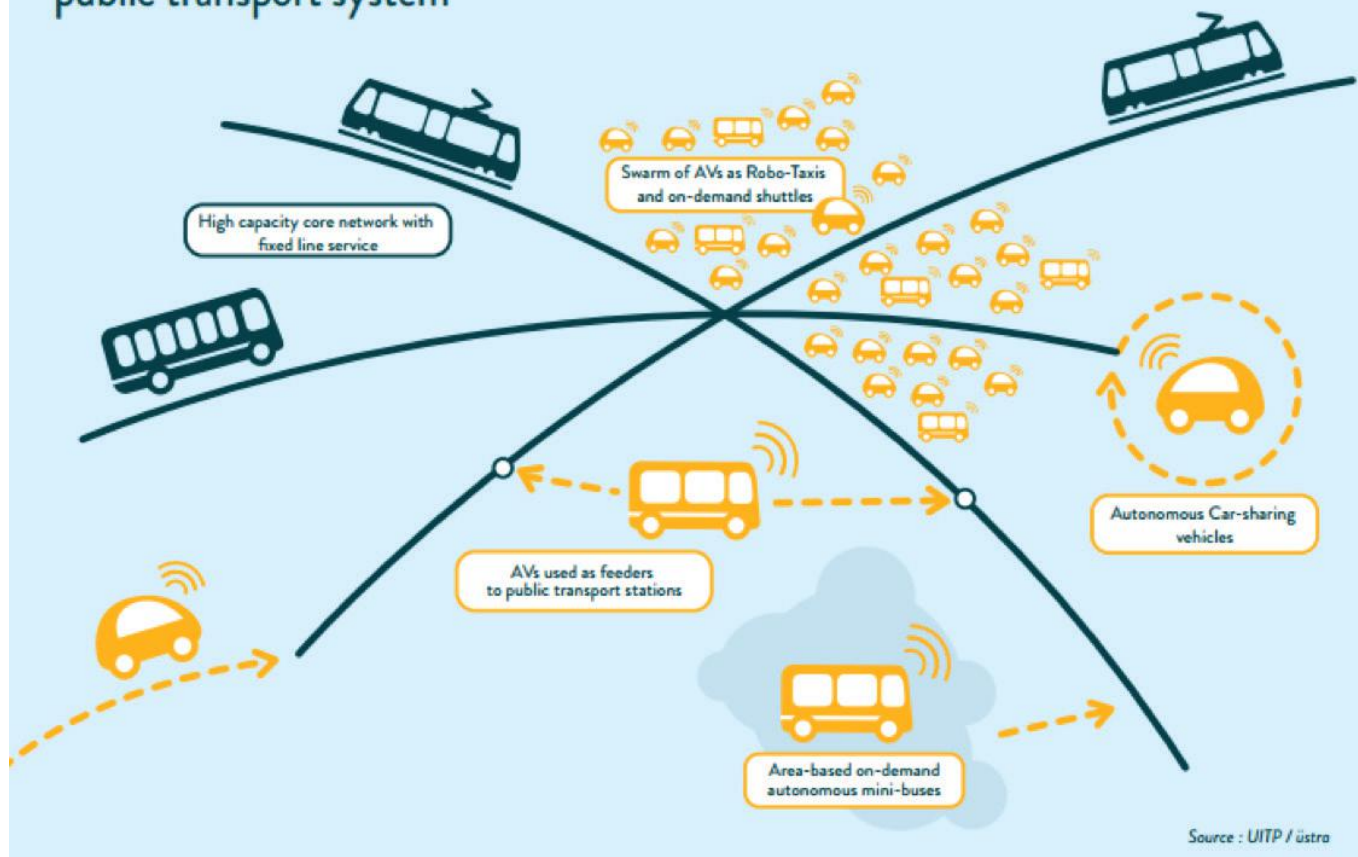
Pour être efficace, le système de transport public devra permettre aux citoyens de choisir le mode de transport qui convient le mieux à

sa situation à l'instant T grâce à une plateforme de mobilité multimodale (MaaS : mobility as a service) articulant transport public clas-

sique et transport public autonome le tout « sans couture ». Pour cela, la ville doit devenir une véritable plateforme d'applications de mo-

13 Un article du New York Times va dans le même sens : https://www.nytimes.com/2017/05/28/technology/the-future-of-european-transit-driverless-and-utilitarian.html?_r=0

Possible applications of autonomous vehicles (AVs) as part of a diversified public transport system



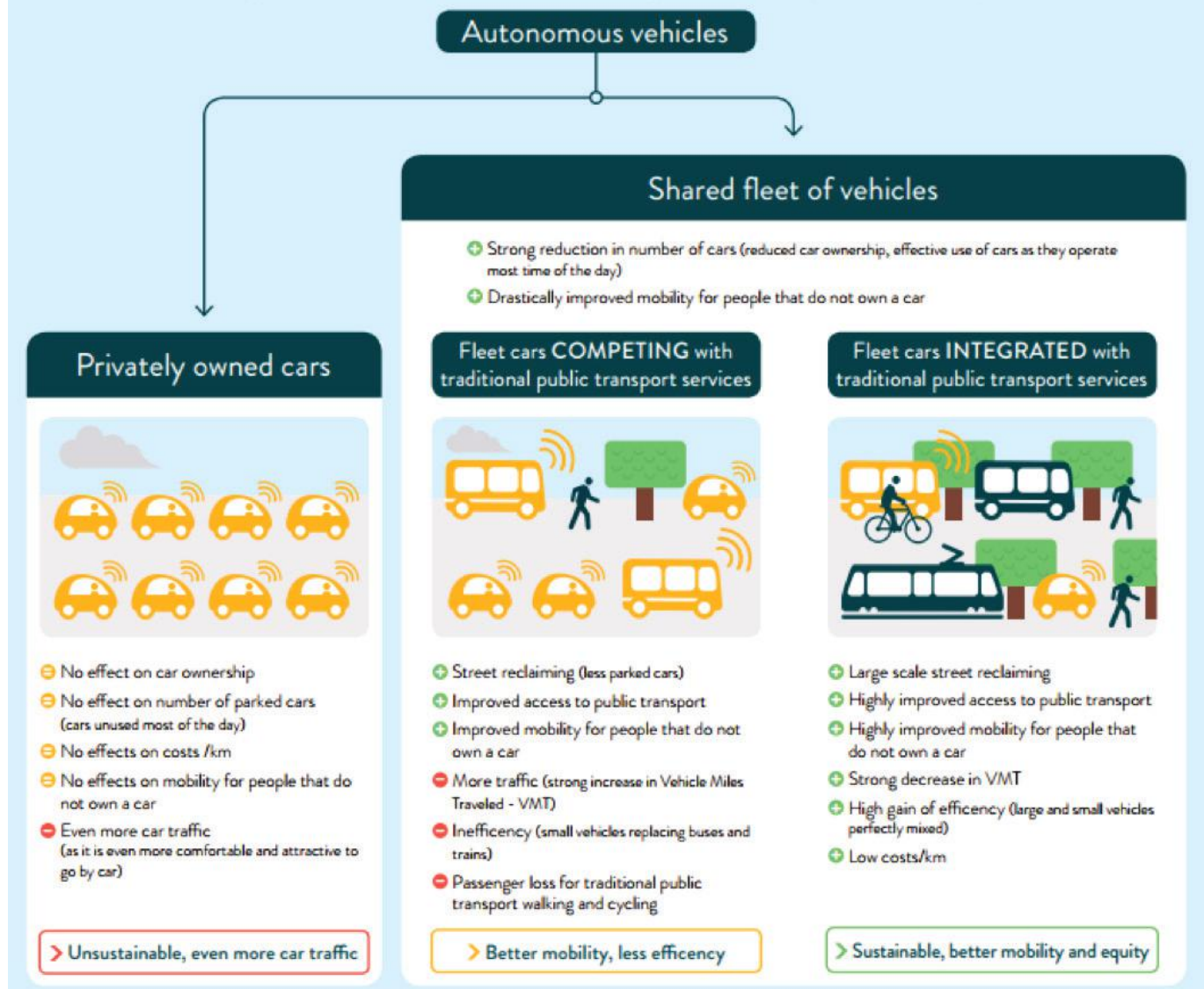
La place du véhicule autonome dans un système de transport public multimodale. Source : [UITP](#)

bilité et soutenir les développeurs d'applications liées à la mobilité. A titre d'exemple, l'application bordelaise [Letaximètre](#) qui permet de comparer pour une même destination le coût, le temps de trajet et le niveau de confort des modes de déplacement alternatifs pourrait intégrer une plateforme publique d'applications permettant au citoyen de prendre ses décisions de manière optimale. La Ville de Vienne en Autriche a lancé au printemps 2017 une [application de mobilité](#) permettant en plus de la consultation des horaires de transports publics de consulter les offres de transport alternatif, de réserver et payer en ligne etc. La Ville d'Helsinki et le [MaaS Global](#) de Finlande ont lancé une véritable application universelle de mobilité, la [Whim App](#), sur laquelle, le citoyen peut préparer, réserver et payer l'ensemble de ses déplacements urbains et ce de ma-

nière multimodale (bus, tramway, vélo, taxis, VTC, etc.).

Il est alors important et essentiel pour le voyageur de pouvoir payer l'ensemble de ses moyens de transport avec un titre unique. L'interopérabilité des billetteries (ou des solutions de pay-as-you-go universelles) va devenir également un enjeu de taille pour les collectivités. A Hong Kong, l'[Octopus Pass](#) permet à ses détenteurs d'utiliser non seulement les moyens de transport publics mais aussi les taxis, les VTC, les parkings, les parcmètres, etc. Cela passe par une coopération entre les pouvoirs publics, les prestataires de services, les délégataires de services publics, etc.

Autonomous vehicles will only help to meet public policy goals if they come as shared fleets integrated with public transport



La voiture autonome doit être intégrée comme une flotte de véhicules dans les services de transport en commun sous peine d'aboutir à un effet contreproductif. Source : UITP

Webographie

Voiture Autonome : Où en Est-On Réellement en 2017 ? Interventions lors de Futur en Seine 2017 :
<https://youtu.be/e-rhIaX6HRg?t=4h37m29s>

Rapport de l'Institut Montaigne sur l'avenir de la voiture : Quelle place pour la voiture demain ?
<http://www.institutmontaigne.org/res/files/publications/quelle-place-pour-la-voiture-de-demain-resume-executif.pdf>

Analyse Prospective Sur l'Implémentation de la Voiture Autonome : Impact sur l'Industrie Automobile et le Citoyen
Mémoire universitaire sur la voiture autonome réalisé par Paul Belleflamme, Louvain School of Management :
https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/en/object/thesis%3A2951/datastream/PDF_01/view

Shaping the relationship between public transport and innovative mobility :
<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/shaping-relationship-public-transport-innovative-mobility.pdf>

International Transport Forum :
<https://www.itf-oecd.org/about-itf>

Autonomous Vehicles : A Potential Game Changer For Urban Mobility. Rapport de l'UITP :
<http://www.uitp.org/autonomous-vehicles>

Driverless Future : A Policy Roadmap for City Leaders, Rapport d'Arcadis :
<http://driverlessfuture.webflow.io/>

How Autonomous Vehicles Could Relieve Or Worsen Traffic Congestion, Rapport de Here et SBD :
<https://www.acquirepublishing.nl/whitepapers/how-autonomous-vehicles-could-relieve-or-worsen-traffic-congestion.pdf>

La Voiture Autonome Va Bouleverser Tout Notre Environnement, Paris Innovation Review :
<http://parisinnovationreview.com/2017/06/26/voiture-autonome-bouleverser-environnement/>

Le Véhicule Autonome Made in France, les focus Techniques de l'Ingénieur :
<https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/livre-blanc/quels-freins-au-vehicule-autonome-made-in-france-45887/>

Vous pouvez nous suggérer des thèmes que vous souhaiteriez voir traités dans un prochain Dossier (ou Note) de Veille

Thèmes et rédaction//AEC
www.aecom.org
@agenceAEC
Contact : veille@aecom.org

Thèmes et diffusion//Digital Aquitaine
www.digital-aquitaine.com
@DigitAqui
Contact : communication@digital-aquitaine.com