

LES CAHIERS

Septembre 2016



VEHICULE AUTONOME : ACCOMPAGNER LA TRANSITION

PERSPECTIVES D'USAGES ET ENJEUX POUR LES DIFFÉRENTS ACTEURS

www.vedecom.fr

www.iesf.fr



AVERTISSEMENT

Issue d'une rencontre-débat en avril 2016 sur le véhicule autonome et d'échanges ultérieurs entre des responsables du programme éco-mobilité de l'Institut VEDECOM, des membres du comité Transports d'Ingénieurs et Scientifiques de France, et des experts extérieurs, cette note d'analyse s'efforce d'établir des liens de compréhension entre :

- les processus technologiques complexes de création d'intelligence artificielle pour la conduite des véhicules,
- les potentialités d'innovations sociales des véhicules autonomes pour transformer la mobilité et les modes de vie,
- le contexte de compétition entre des groupes industriels à l'échelle mondiale pour maîtriser les « briques technologiques » liées au fonctionnement et à l'utilisation de ces véhicules,
- et des régulations territoriales qu'il faudra assurer à différentes échelles (européenne, nationale et locale).

Cela dans une phase de transition d'au moins une vingtaine d'années au cours de laquelle coexisteront sur nos routes et dans nos rues des véhicules avec et des véhicules sans conducteur !

Cette note a été établie sous la direction d'Olivier PAUL-DUBOIS-TAINE, Président du comité Transport d'IESF, et de Jean-Laurent FRANCHINEAU, Directeur du Programme Eco-Mobilité de l'Institut VEDECOM,

Avec les contributions de :

- Sébastien GLASER et Iolande VINGIANO, membres de VEDECOM
- Claude ARNAUD, Bernard BASSET, Jacques BONGRAND, Jean-Claude BOUTONNET, Gérard CABBILLAU, Jean-Pierre CHENAIS, Régis GANDNER, Georges DOBIAS, Daniel FERBECK, Jean-Paul OURLIAC, Jacques ROUDIER, Alain SAUVANT et Pierre-Marie VERCHERE, participants au comité Transport d'IESF.

et d'experts extérieurs :

- Dominique AUVERLOT (France Stratégie), André BROTO (Vinci Autoroutes), Louis FERNIQUE (DGITM), Véronique LAMBLIN (Futuribles), Colonel Franck MARESCAL (OCSTI), Olivier MAREMBAUD (SNCF), Hervé NADAL (Mensia Conseil), Joël VALMAIN (DSCR).

L'institut VEDECOM - Le Véhicule Communicant et Décarboné et sa Mobilité

VEDECOM, institut de transition énergétique, fait partie du programme des Investissements d'Avenir. Son rôle est d'être le « chaînon manquant » entre académiques, industriels et institutionnels. Il a pour vocation d'accompagner l'ensemble de son écosystème à créer de l'innovation performante dans le domaine de la mobilité et en particulier dans les domaines des véhicules électrifiés, des véhicules autonomes et connectés, et des infrastructures et services de mobilité et d'énergie partagées.

Son but : devenir un institut de recherche mutualisée et co-localisée sur les véhicules électriques, autonomes et connectés, et sur l'écosystème de mobilité s'appuyant sur des infrastructures et des services répondant à de nouveaux usages de mobilité et d'énergie partagée.

L'organisation des activités de recherche de VEDECOM s'articule en deux programmes sur le « Véhicules » d'une part et sur l'«Eco-Mobilité» d'autre part, et trois domaines de recherche sur l'« Electrification des Véhicules », la « Délégation de Conduite et la Connectivité », et enfin sur les « Mobilité et Energie partagées », en terme d'infrastructures et de services. Chacun de ces domaines comporte plusieurs projets de recherche sur des briques technologiques avec des démonstrateurs associés.

INGENIEURS ET SCIENTIFIQUES DE FRANCE (IESF)

La France compte aujourd'hui plus d'un million d'ingénieurs et quelques deux cent mille chercheurs en sciences. Par les associations d'ingénieurs et de diplômés scientifiques qu'il fédère, IESF est l'organe représentatif, reconnu d'utilité publique depuis 1860, de ce corps professionnel qui constitue 4% de la population active de notre pays.

Parmi les missions d'Ingénieurs et Scientifiques de France figurent notamment la promotion d'études scientifiques et techniques, le souci de sa qualité et de son adéquation au marché de l'emploi ainsi que la valorisation des métiers et des activités qui en sont issues.

A travers ses comités sectoriels, IESF s'attache ainsi à défendre le progrès, à mettre en relief l'innovation et à proposer des solutions pour l'industrie et pour l'ensemble de la société. Notre profession s'inscrit pleinement dans le paysage économique et prend toute sa part dans le redressement national.



SOMMAIRE

RESUME - SYNTHÈSE

I. LE PROCESSUS D'APPRENTISSAGE DES SYSTÈMES DE CONDUITE AUTOMATIQUE CONDUIT À MULTIPLIER LES EXPÉRIMENTATIONS EN SITUATIONS RÉELLES

1. Les technologies de délégation de conduite de véhicules progressent rapidement et permettent des applications concrètes dans un avenir proche.
2. Les perspectives d'utilisation du véhicule autonome dépendent d'abord de son niveau d'automatisation, c'est-à-dire de la part des tâches de conduite déléguables à un système de pilotage automatique, depuis la conduite assistée jusqu'à l'autonomie complète du véhicule sur tous les réseaux routiers.
3. La mise au point des systèmes de pilotage autonome des véhicules (sans l'intervention d'un conducteur) implique un long apprentissage pour que le système réagisse à la diversité des situations rencontrées.
4. La circulation de véhicules à conduite déléguée entraîne une redéfinition des responsabilités de la conduite automobile et des conditions de cohabitation avec les autres véhicules.
5. Pour autant, les obstacles au développement du véhicule autonome ne sont pas tous levés.

II. L'ÉMERGENCE DU VÉHICULE AUTONOME VA BOULEVERSER LE SYSTÈME D'ORGANISATION DE LA MOBILITÉ ET DES MODES DE VIE : IL FAUT ORGANISER LA TRANSITION

6. Les bouleversements apportés par le véhicule autonome seront à la fois technologiques, économiques et sociaux.
7. La généralisation à long terme de la voiture autonome sera déterminée par la multiplication d'expérimentations commerciales de nouveaux services, dès les prochaines années.

III. TROIS TRAJECTOIRES D'EXPÉRIMENTATION SOCIALE DU VÉHICULE AUTONOME DANS LA MOBILITÉ QUOTIDIENNE

8. La conduite déléguée sur les voies rapides : la commercialisation des automatismes de conduite dans les nouveaux modèles de véhicules est immédiatement possible, mais ne se diffusera que progressivement dans les usages quotidiens de la population.
9. Des transports collectifs par véhicules totalement autonomes : leur développement apporte des solutions inédites à la mobilité, en complément ou en substitution des transports urbains classiques.
10. Des véhicules partagés localement autonomes dans des espaces de proximité - l'îlot, le quartier, le lieu d'activité - permettent à toute une population de bénéficier de leur usage, en allégeant leur coût.

IV. AU COURS DE LA PÉRIODE DE TRANSITION, LA CHAÎNE DE VALEUR SERA PROGRESSIVEMENT « TIRÉE » PAR LES PLATEFORMES DE SERVICES D'USAGE DE VÉHICULES

11. L'empilement des fonctions techniques nécessaires à la diffusion du véhicule autonome révèle le positionnement des différents acteurs dans le développement des systèmes d'intelligence artificielle.
12. La compétition engagée au niveau mondial porte à la fois sur la maîtrise des systèmes logiciels, sur l'organisation des territoires et sur l'adaptation des usages de mobilité.

V. LES ACTEURS PUBLICS ET PRIVÉS DEVRONT PARTAGER LEURS CONNAISSANCES POUR ORGANISER ET ACCOMPAGNER LES EXPÉRIMENTATIONS DE VÉHICULES AUTONOMES

13. Le développement des véhicules à conduite automatisée s'effectuera parallèlement selon deux trajectoires d'apprentissage qui diffèrent par leurs objectifs, leurs modes de progression, et leurs impacts territoriaux.
14. Ces trajectoires nécessitent l'intervention coordonnée de tous les acteurs économiques et sociaux pour adapter les différentes composantes d'une nouvelle organisation du système de mobilité.
15. L'État devra promouvoir l'action européenne, faciliter la multiplication des champs d'expérimentation et coordonner leurs résultats en précisant les règles du jeu.



RESUME – SYNTHÈSE

L'automatisation du véhicule et de sa conduite connaît une progression accélérée depuis quelques années. Partant de dispositifs d'aides à la conduite de plus en plus nombreux et sophistiqués, les efforts de recherche et développement portent sur la mise au point de véhicules à conduite déléguée permettant de soulager la tâche de conduite dans certaines conditions ou de véhicules sans conducteur circulant sur des itinéraires contrôlés. Les expériences se multiplient dans les pays les plus avancés, permettant de faire progresser l'intelligence embarquée nécessaire aux tâches de détection, d'analyse, de planification et d'action aujourd'hui effectuées par le conducteur, et ce dans des environnements de plus en plus complexes, allant de la route dédiée à la rue banalisée.

Les enjeux sont à la fois individuels et collectifs : améliorer la sécurité routière et le confort des usagers, fluidifier le trafic, promouvoir une conduite économe, rendre la mobilité accessible à tous, repenser le fonctionnement logistique des entreprises... Facilité par les progrès de l'intelligence artificielle liés à l'apprentissage automatique (machine learning), le développement du « véhicule autonome » est une rupture majeure qui transforme le concept de véhicule routier, dans les modes de production des services de mobilité, dans l'usage de l'espace public et dans les modes de vie.

Cette transformation sera progressive, et s'étalera sur une génération (20 à 30 ans) sans que l'on puisse préjuger aujourd'hui de sa vitesse de progression ni de son point d'aboutissement : quelle que soit la rapidité des avancées technologiques, les questions d'adaptation des réseaux routiers et d'appropriation sociale des nouveaux usages seront déterminantes, ne serait-ce que pour la cohabitation entre des véhicules classiques et des véhicules autonomes qui n'auront ni les mêmes partages de responsabilité et ni les mêmes pratiques de conduite.

A partir des récents travaux disponibles (voir bibliographie) et avec le concours d'experts de différentes disciplines, les Ingénieurs et Scientifiques de France et l'Institut VEDECOM ont exploré les questions clés d'organisation de cette période de transition.

Dans une compétition économique mondiale où interviennent notamment les constructeurs automobiles et les équipementiers, les opérateurs du numérique et les autorités publiques, deux formes de trajectoires d'expérimentation du véhicule autonome sont engagées : la première, plutôt portée par les constructeurs automobiles et par l'Europe, vise d'abord le véhicule à conduite déléguée circulant sur les itinéraires autoroutiers interurbains ; la seconde, sur laquelle investissent les géants du numérique notamment aux USA, vise principalement des services locaux de mobilité assurés par des flottes de véhicules sans conducteurs.

Avant de savoir quand et comment ces trajectoires pourront se rejoindre et couvrir la totalité du champ territorial et fonctionnel envisageable, des questions difficiles devront être étudiées et arbitrées aux différentes échelles de gouvernance (mondiale, européenne, nationale et locale) : **la sécurité de la conduite déléguée** qui implique l'apprentissage technique des systèmes automatisés et l'apprentissage social des usagers de l'espace public ; **les modalités économiques d'usage** des véhicules autonomes, et notamment les perspectives d'usage collectif qui contribueraient à une mobilité durable ; **les conditions de connexion des systèmes de communication** pour l'exploitation de ces véhicules, avec les exigences de protection de la vie privée et de sûreté contre les intrusions malveillantes.

La priorité à court terme est de multiplier les champs d'expérimentation, ce que rendent possible, au plan national, les dispositions de l'ordonnance du 3 août 2016. Mais à condition d'explorer - simultanément et parallèlement - les deux types de trajectoires d'expérimentation et pas seulement celle des véhicules à conduite déléguée sur autoroute visée dans la Déclaration européenne d'Amsterdam du 14 avril 2016. La seconde trajectoire – des services de la vie quotidienne par navettes autonomes – peut intéresser toute la population et pas seulement les possesseurs de voitures disposant de fonctions de conduite automatique ; elle interpelle les collectivités territoriales, dans leurs fonctions de régulateurs de l'usage de l'espace et d'organismes de services de transports.

Ces expérimentations, réalisées en situation réelle dans des territoires divers, permettront d'éclairer les choix de politiques publiques à partir d'évaluations - fondées sur des réalités observées – de ce que peut apporter le véhicule autonome pour renforcer l'économie, préserver l'environnement et améliorer la vie quotidienne de chacun.



I. LE PROCESSUS D'APPRENTISSAGE DES SYSTEMES DE CONDUITE AUTOMATIQUE CONDUIT A MULTIPLIER LES EXPERIMENTATIONS EN SITUATIONS REELLES

1. Les technologies de délégation de conduite de véhicules progressent rapidement et permettent des applications concrètes dans un avenir proche.

La DGITM, dans une synthèse bibliographique publiée en novembre 2015 identifie, quelques domaines d'application de véhicules autonomes qui pourraient se développer dans les prochaines années :

- la conduite de véhicule particulier sur autoroute fluide
- la conduite de véhicule particulier en situation de forte congestion (vitesse < 30 km/h)
- le valet de parking (voiturier automatique) pour véhicule particulier
- le véhicule de transport collectif de taille réduite (6 à 10 passagers) en environnement relativement sécurisé (y compris par des vitesses limites de circulation réduites)
- des pelotons de petites navettes urbaines (pour l'équilibrage des stations de véhicules libre-service)
- les véhicules d'emport de charges lourdes en environnement maîtrisé (ports, mines)
- les véhicules de gestion des flux dans les centres ou zones logistiques
- la conduite de poids lourds en convois...

Ces développements, déjà disponibles ou en cours d'expérimentation, laissent à penser que le véhicule partiellement ou totalement autonome est possible dans un avenir de 5 à 15 ans, moyennant la poursuite d'innovations ou d'adaptations incrémentales.

Mais dans quelles conditions et avec quels effets sur le « système de mobilité automobile » ? Les principaux avantages avancés par les promoteurs du véhicule autonome - sécurité, fluidité, confort - ne sont pas véritablement évaluables aujourd'hui et dépendront principalement de facteurs non technologiques, tels que les conditions réglementaires de circulation et les modalités socio-économique d'appropriation et d'usage.

Illustration : Quelques exemples d'expérimentations

Le Programme AdaptatIVE (Applications et technologies de conduite automatisées pour Véhicules Intelligents) rassemble une dizaine de constructeurs automobiles européens. Il étudie la façon dont les intentions et les actions des conducteurs doivent être pris en compte dans la conception de systèmes automatisés de conduite des véhicules.

Le Programme City Mobil 2 expérimente des solutions de transport de passagers par des navettes sans chauffeur, sur des voies souvent privées, ce qui simplifie le cadre juridique et réglementaire autorisant la circulation de ce type de véhicule (plusieurs d'aéroports, CHU de Clermont Ferrand ou la centrale nucléaire de Civaux...)

Lors du *Congrès mondial sur les ITS Bordeaux* (octobre 2015), les visiteurs et les médias ont pu tester un certain nombre de véhicules autonomes, que ce soient des voitures (Akka Technologies, Renault, Valeo, VEDECOM) ou des navettes (Easymile, Navya).

2. Les perspectives d'utilisation du véhicule autonome dépendent d'abord de son niveau d'automatisation, c'est-à-dire de la part des tâches de conduite déléguables à un système de pilotage automatique, depuis la conduite assistée jusqu'à l'autonomie complète du véhicule sur tous les réseaux routiers.

Pour être autonome, un système de conduite automatisée (ou déléguée) doit être en mesure de capter, percevoir, analyser, communiquer, planifier, prendre des décisions et agir afin de réaliser une mission donnée par un opérateur humain. Par exemple : la conduite sur autoroute pour une longue distance (monotonie, vitesse constante) ; la conduite en situation saturée (basse vitesse, environnement contraint).

Les catégories d'automatisation du véhicule sont aujourd'hui classées selon cinq niveaux (*voir annexe 1*)

Aux niveaux 1 et 2, le conducteur conserve le maniement du véhicule, tout en recevant progressivement diverses aides à la conduite (limiteur de vitesse, régulateur de vitesse, GPS, guidage, etc...). A partir du niveau 3, le conducteur ne conduit plus, et il peut être sollicité à tout moment pour reprendre la main. Au niveau 4, le conducteur ne conduit plus, et le système, qui en prend le relais dans certaines conditions, doit être en mesure de placer le véhicule en situation de sécurité jusqu'à ce le conducteur reprenne la main (pour ces niveaux 2 à 4, une mise en sécurité minimum devrait être assurée). Avec le niveau 5, on entre dans le domaine des robots et des drones. Il y a peu de différence technique entre les niveaux 4 et 5, mais une question de responsabilité.



Une première rupture d'usage se produira lorsqu'un nombre significatif de véhicules pourra circuler en mode de conduite automatisé (délégation de conduite) sur le réseau de voies rapides, le conducteur reprenant les commandes en cas de nécessité et pour les autres parties du trajet. La rupture la plus importante interviendra aux niveaux 4 et 5, lorsque des véhicules sans conducteur à bord pourront circuler sur tout ou partie du réseau routier, et notamment les rues et voies de desserte des habitations et des activités.

Dans la suite de cette note, on repérera les différents niveaux d'autonomie selon la terminologie suivante :

- *le véhicule à conduite déléguée partielle* qui concernera principalement le VL et le PL jusqu'aux niveaux 3-4 ;
- *le véhicule à conduite déléguée en convoi (ou platooning)* qui peut concerner les trains de camions de niveaux 2-3 disposant au moins d'un chauffeur opérant dans le véhicule de tête, ou demain de véhicules partagés circulant à basse vitesse entre stations d'auto partage pour du rééquilibrage ;
- *le véhicule à conduite déléguée totale (ou véhicule autonome sans conducteur)* qui concerne aujourd'hui les navettes autonomes de niveau 5.

3. La mise au point des systèmes de pilotage autonome des véhicules (sans l'intervention d'un conducteur) implique un long apprentissage pour que le système réagisse à la diversité des situations rencontrées.

Schématiquement, un système de conduite autonome associe des « blocs fonctionnels » capables de capter, percevoir, analyser, communiquer, planifier, prendre des décisions et agir, en vue de réaliser une mission donnée par un opérateur humain. (*voir annexe 2 : L'architecture d'un système autonome embarqué*) Les dernières évolutions en termes de calculateurs dédiés, rendent possible des algorithmes fondés sur l'intelligence artificielle, capables d'apprendre tous seuls par accumulation d'expériences (apprentissage automatique ou *machine learning*) et ainsi de réaliser des tâches jusqu'ici impossibles à accomplir.

Les programmes informatiques ne savent apprendre que par l'exemple et doivent donc être « abreuvés » de données d'expérience. Les experts californiens, qui développent cette technologie d'intelligence artificielle pour la Google Car en Californie, accumulent les kilomètres d'essai en conditions réelles : « l'algorithme doit en effet apprendre à réagir dans toutes les situations possibles, par beau temps ou sous la pluie, de jour ou de nuit, dans les embouteillages, devant une école, derrière un tracteur... " Il faudra des bases de données qui représentent des années d'apprentissage ...

L'apprentissage par la machine devra être capable de trouver des stratégies d'adaptation dans toutes les situations de conduite. Mais le curseur n'est pas simple à placer, entre le strict respect des règles du code de la route et les pratiques des conducteurs automobiles qui l'interprètent au quotidien. Comment pourront cohabiter des véhicules à conduite automatisées qui appliquent un algorithme de conduite fondé sur la similitude avec des situations analogues observées, et les comportements des conducteurs humains dont les pratiques de circulation sont des compromis (variables selon les territoires et les cultures) entre l'efficacité d'usage de l'espace public et le niveau de sécurité ? Les exigences de sécurité demandées à un robot devront-elles être nettement supérieures à celles d'un conducteur humain responsable et attentif ?

En tout état de cause, l'autorisation administrative d'expérimentation en circulation réelle reste indispensable à l'apprentissage des systèmes de conduite automatisée, et conduit à des situations plus ou moins favorables aux développeurs de ces systèmes :

En France, en application de l'ordonnance du 3 août 2016,¹ les autorisations circulation à des fins expérimentales d'un véhicule à délégation partielle ou totale de conduite sur une voie ouverte à la circulation publique sont délivrées par le ministre chargé des transports après l'avis du ministre de l'Intérieur et, s'il y a lieu, des autorités et services territoriaux compétents.

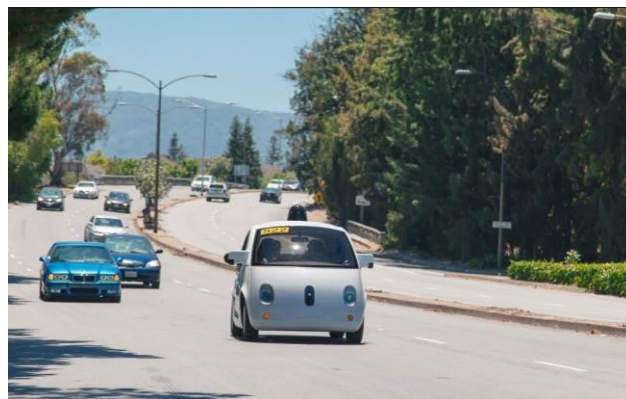
¹ Prise en application de l'article 37 de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique, l'ordonnance n° 2016-1057 du 3 août 2016 crée un régime d'autorisation de circulation sur la voie publique spécifique à l'expérimentation de véhicule à délégation partielle ou totale de conduite.



Aux Etats-Unis, depuis juin 2015, les voitures autonomes de Google ont eu l'autorisation de circuler en Californie et dans d'autres Etats, ce qui permet à la société d'avancer plus rapidement dans la phase de test (les prototypes de la Google Car avaient été auparavant testés sur des propriétés et routes privées, parcourant 1,6 million de kilomètres).

Illustration : les conditions de circulation des Google Car en Californie

Les voitures sans chauffeur de Google ne peuvent pas excéder les 25 miles/h, soit 40 km/h. Elles ont désormais – obligation pour l'homologation - un volant et des pédales de freins et d'accélérateur, ce qu'elles n'avaient pas à leur présentation en 2014. Des conducteurs de secours sont également présents dans ces véhicules pour prendre le contrôle en cas de besoin en utilisant le volant amovible et les pédales de frein et d'accélération.



4. La circulation de véhicules à conduite déléguée entraîne une redéfinition des responsabilités de la conduite automobile et des conditions de cohabitation avec les autres véhicules².

La sécurité routière (et plus généralement le partage de l'espace public) est gérée aujourd'hui par le principe de responsabilité – civile et pénale – du conducteur. La convention de Vienne (le texte qui régle la circulation routière depuis 1968, ratifié par la plupart des pays du monde), prévoit dans son article 8 que tout véhicule en mouvement doit avoir un conducteur, possédant les qualités physiques et psychiques nécessaires pour conduire, et devant avoir constamment le contrôle de son véhicule

En mars 2016, la commission économique pour l'Europe des Nations unies (Unece) a révisé les dispositions de la Convention de Vienne dans les termes suivants : « Les systèmes de conduite automatisée seront explicitement autorisés sur les routes, à condition qu'ils soient conformes aux règlements des Nations unies [ONU] sur les véhicules, ou qu'ils puissent être contrôlés voire désactivés par le conducteur ».

Dans un second temps, la réglementation de l'ONU sur les véhicules dressera plus précisément la liste des systèmes autorisés, « notamment ceux qui, dans certaines circonstances, pourront prendre la main sur le véhicule, sous le contrôle permanent du conducteur, comme les systèmes veillant au maintien de la trajectoire (pour empêcher un changement de voie accidentel), les fonctions d'assistance au stationnement ainsi que la fonction autopilote sur autoroute (le véhicule se déplaçant de manière automatisée à haute vitesse sur ces axes) ».

A ce stade, le véhicule totalement autonome, (niveau 5, sans conducteur) ne peut pas être autorisé sur route ouverte. Mais cette nouvelle disposition de la convention de Vienne (qui s'impose à tous les pays signataires), permettra de commercialiser les véhicules de niveaux 1 à 4, en exigeant que le conducteur soit en mesure de reprendre la main lorsque que les conditions d'utilisation des fonctions automatisées de son véhicule ne sont plus réunies.³

La question centrale est celle du délai « réaliste » de reprise en main du conducteur, estimé entre 4 et 11 secondes, selon les situations de conduite... Avant toute autorisation de commercialisation de ces systèmes de véhicules autonomes, les pouvoirs publics devront étudier de près l'adaptation du régime de responsabilité des conducteurs. Et notamment si les systèmes embarqués de pilotage automatique sont suffisamment fiables pour laisser au conducteur la liberté de vaquer à d'autres occupations au cours du voyage ou s'il doit rester en éveil constant.

² Juridiquement, la redéfinition de la responsabilité civile n'est pas nécessaire du fait de l'existence en France de la loi Badinter. De même en matière pénale, l'infraction est imputable à un conducteur. Le problème provient du fait qu'il n'est pas satisfaisant de faire reposer l'imputabilité de l'infraction sur le conducteur lorsque le mode délégué était activé. Or aujourd'hui, il est impossible d'imputer une infraction pénale à une machine, et il est utile de rechercher sur qui faire reposer l'imputabilité de l'infraction lorsque le mode de délégué était activé. Qu'en sera-t-il des véhicules totalement autonomes, sans conducteur ?

³ La convention de Vienne n'interdit pas le niveau 4, mais elle exige : soit que le système de pilotage se conforme à une technique (de niveau 4, à déterminer), soit qu'il soit désactivable ; mais en toutes circonstances, le contrôle du véhicule appartient au conducteur (NB : ce principe reste à préciser au cas par cas). Seul le niveau 5 est totalement interdit sur route ouverte.



5. Pour autant, les obstacles au développement du véhicule autonome ne sont pas tous levés.

La cohabitation avec des voitures classiques, la fiabilité des capteurs et la sécurité des communications entre objets fixes et mobiles vis-à-vis de potentiels « hackers » font de réels progrès, mais restent sujets à débat (*voir annexe 3 sur la cyber-sécurité des véhicules connectés*). En témoignent les récentes tentatives de prise du volant à distance (cas de la Jeep en 2015) à distance, ou l'accident mortel, en mai 2016, d'une Tesla circulant en conduite automatisée sur une route à chaussées séparées et intersections à niveau.

Comment se partagent les responsabilités en cas d'accident, entre le propriétaire ou le gestionnaire du véhicule, le constructeur ou le fabricant du système de conduite automatisée, notamment pendant la longue période de transition ou coexisteront des véhicules autonomes et des véhicules classiques ?⁴

De même, si les coûts d'équipement des véhicules baissent (un LIDAR⁵ qui coûtait 70 000 dollars n'en vaudrait que quelques centaines aujourd'hui), les voitures automatisées pourraient coûter d'ici à dix ans de 5 000 à 10 000 euros de plus qu'un véhicule « normal ». Ce surcoût doit être mis en relation avec l'intérêt accordé par les clients aux avantages apportés : qui achètera un véhicule autonome et pour quel usage ?

Au-delà des problèmes de sécurité routière, de cyber-sécurité et de prix, trois questions importantes vont déterminer l'architecture d'organisation de la circulation des véhicules autonomes :

(1) *Faudra-t-il certifier les logiciels d'automatisation de conduite ?* Comment seront homologués les véhicules et surtout les logiciels et systèmes d'automatisations de conduite ? Comment tester, par exemple, le mode d'action de l'algorithme de conduite automatisée dans une situation d'urgence dans laquelle il faut choisir entre renverser un piéton ou aller dans le fossé. S'agissant de sécurité, quel choix sera-t-il jugé acceptable par la population ? La sécurité devra être abordée à deux niveaux : en amont avec des tests de sécurité au niveau des équipements et du système complet ; en aval avec une organisation de suivi et de veille des dysfonctionnements comme en dispose aujourd'hui l'aéronautique.⁶

(2) *Les réseaux routiers ordinaires (routes et rues) seront-ils « lisibles » par les automates ?* Les véhicules sans conducteur seront-ils autorisés sur toutes les voies ouvertes à la circulation, ou sur certaines d'entre elles ? Pour quelles raisons (lisibilité, sécurité, points d'arrêts et de garages...) faudra-t-il ou non adapter les centaines de milliers de km de routes et de rues à la circulation et au stationnement de ces véhicules, notamment dans l'hypothèse où leur configuration n'est pas directement « lisible » par les fonctions de conduite automatisée ?

(3) *Les systèmes de supervision des véhicules (niveaux 3, 4 et 5) seront-ils interopérables ?* Un véhicule autonome devra communiquer avec son gestionnaire (propriétaire, ou délégataire) pour toutes les fonctions d'exploitation (garage, mise à disposition, et autres événements engageant sa responsabilité...). Cette interopérabilité est indispensable au développement d'un usage partagé du véhicule (utilisable par différents exploitants), et à l'échange d'informations en temps réel avec les autres véhicules.

En sus des travaux de recherche et de développement en laboratoire et sur des sites fermés à la circulation publique, les essais de véhicules autonomes sur route ouvertes à la circulation publique apparaissent indispensables pour apporter à ces questions des solutions techniquement possibles et socialement acceptables. Il faudra donc multiplier les territoires d'expérimentations à ciel ouvert (Living labs), avec des véhicules autonomes placés dans des situations concrètes d'usages au quotidien, pour comprendre le comportement des systèmes automatisés dans les différents espaces publics ou privés, ainsi que les modes d'appropriation de ces nouveaux objets dans les modes de vie des utilisateurs.

⁴ Le véhicule à conduite déléguée est un véhicule terrestre à moteur. Donc l'assurance obligatoire est maintenue. Pour l'indemnisation des victimes, la preuve d'un responsable n'est pas exigée puisque la loi Badinter pose l'exigence d'un véhicule impliqué dans un accident de la circulation. En droit pénal (infraction au Code pénal ou au Code de la route) le responsable est déterminé, mais il ne semble pas satisfaisant de faire reposer sur le conducteur la charge de la responsabilité d'une infraction commise pendant le mode de délégation de conduite..

⁵ LIDAR, acronyme de l'expression en langue anglaise « light detection and ranging » ou « laser detection and ranging », est une technique de mesure à distance fondée sur l'analyse des propriétés d'un faisceau de lumière renvoyé vers son émetteur.

⁶ L'enregistreur de données, indispensable pour des véhicules à délégation de conduite, est un élément clé pour l'expérimentation des véhicules autonomes, et pour la transparence qui doit être montrée aux futurs utilisateurs.



II. L'ÉMERGENCE DU VÉHICULE AUTONOME VA BOULEVERSER LE SYSTÈME D'ORGANISATION DE LA MOBILITÉ ET DES MODES DE VIE : IL FAUT ORGANISER LA TRANSITION

6. Les bouleversements apportés par le véhicule autonome seront à la fois technologiques, économiques et sociaux.

Le marché mondial lié à la mobilité individuelle est considérable : acquisition d'automobiles et services associés tels que la maintenance, réparation, assurance... ; investissements en infrastructures et dépenses d'entretien des réseaux routiers.

Ce système automobile - la rationalité industrielle des activités qui le constituent -, a été historiquement constitué à partir de l'obligation du pilotage humain des véhicules, conduisant à segmenter les différents champs d'action : le véhicule, la route, le conducteur...

L'émergence des voitures autonomes va bouleverser cette architecture économique et sociale en apportant des avantages nouveaux qui touchent à la fois : les systèmes industriels d'intelligence artificielle et de connexion des objets ; la mobilité quotidienne des habitants ; la logistique et les flux de marchandises ; le mode d'exploitation des services de transport.

Pour la mobilité des personnes et leur mode de vie.

- La sécurité de la circulation routière, dont le niveau d'amélioration constituera un « test social préalable » ;
- La libération du temps consacré à la conduite ouvrant la voie vers « le bureau ou les loisirs en roulant »
- La transformation du rapport à l'automobile, de la propriété à l'usage ;
- Le passage d'un bien essentiellement individuel à une utilisation partagée, voire à la mise à disposition, par un prestataire public ou privé, d'un service de transport individualisé accessible aux personnes qui ne disposent pas (ou qui n'auront plus besoin) d'un véhicule personnel.

Pour l'organisation des services collectifs de la mobilité

- L'intégration dans les automobiles de capteurs sur l'état de l'environnement et de couches logicielles sophistiquées ;
- L'évolution vers des véhicules électriques qui seront vraisemblablement la norme pour les voitures autonomes ;
- La connexion permanente du véhicule à des plateformes permettant de développer des services liés à l'automobile (maintenance...) ou au conducteur (marketing appuyé sur la géolocalisation) ;
- Une meilleure connaissance des trafics et des besoins permettant de mieux choisir les investissements en infrastructure (dimensionnement, spécification de nouveaux types, par exemple pour les zones d'arrêt des véhicules autonomes) et d'adapter les dépenses d'entretien ;
- La possibilité d'une organisation de la mobilité avec une part élevée de véhicules partagés, limitant l'importance du parc et les besoins de stationnement dans les zones encombrées ;
- Plus généralement, la contribution à l'organisation de la « ville intelligente » (Smart city) avec le partage des données entre objets communicants, fixes ou mobiles.

Pour le transport de marchandise et la logistique de proximité :

- la circulation des poids lourds en convois sur les grands axes interurbains (Cf. Projet de recherche européen SARTRE) ;
- l'organisation optimisée des services collectifs de distribution urbaine ;
- La robotisation des circulations logistiques à l'intérieur des plateformes industrielles : ports, aéroports, centres de stockage et d'échanges...



Il s'agit donc d'expérimenter le véhicule autonome, non seulement pour tester les capacités d'adaptation des systèmes de pilotage automatique à la diversité des environnements routiers, mais aussi pour préparer la population, attachée aujourd'hui à l'utilisation personnelle du véhicule, aux mutations sociales et territoriales qu'il peut entraîner (nouveaux systèmes d'organisation de la mobilité).

7. La généralisation à long terme de la voiture autonome sera déterminée par la multiplication d'expérimentations commerciales de nouveaux services, dès les prochaines années.

D'ici 30 à 50 ans, on peut penser que les véhicules classiques (pilotés par un humain détenteur d'un permis de conduire) auront quasiment disparu (comme les voitures à cheval au cours de la première moitié du 20^{ème} siècle) et que la circulation routière de véhicules à conduite totalement ou majoritairement automatisée aura été organisée sur de nouvelles bases ; à cet horizon de pénétration majoritaire du véhicule à conduite déléguée totale, il faudra toutefois continuer à gérer la présence de véhicules avec conducteurs et de véhicules à deux roues.

C'est aujourd'hui que se construit cette nouvelle architecture, avec la circulation de la Google Car sur le réseau routier public de Californie ou les expérimentations rendues possibles par l'amendement à la Convention de Vienne, entré en vigueur le 23 mars 2016, qui autorise la commercialisation de véhicules partiellement automatisés. Toutefois, ces expérimentations ne seront probantes que si les usagers peuvent réellement s'approprier les différents services rendus possibles par ces automatismes.

Plusieurs conditions doivent être réunies pour tester et développer ces nouveaux services dans des territoires d'expérimentation :

- La première est de disposer de véhicules (à conduite déléguée partielle ou totale) commercialisables, et donc homologués pour des conditions techniques d'utilisation compatibles avec les exigences de sécurité et de responsabilité (assurance, et autres garanties) ;
- La deuxième est de trouver un marché potentiel de développement réaliste à terme, c'est-à-dire des usages de véhicules autonomes relevant d'un modèle économique dans lequel par exemple: (1) l'utilisation des véhicules serait organisée sous le contrôle d'un « exploitant »; (2) les utilisateurs – bénéficiaires des avantages apportés par la conduite autonome -, contribueraient aux charges d'investissement et de fonctionnement correspondantes ; (3) des réseaux territoriaux de circulation et de communication seraient adaptés aux véhicules en mode automatisé : ces conditions d'utilisation peuvent découler de dispositions générales du code de la route (exemple : véhicules autorisés ou non sur les voies rapides) ou de règles locales de police de la circulation édictées par des autorités territoriales (exemple : livraisons ou stationnement dans les villes).⁷
- La troisième est de mettre en place d'un système d'observation et de retour d'expérience associant tous les partenaires de l'expérimentation : constructeurs automobiles, concepteurs des automatismes, exploitants des véhicules, autorités publiques gestionnaires des réseaux de circulation, ainsi que les citoyens-usagers devenus « parties prenantes » de l'expérimentation. En cas d'incident ou d'accident, les informations recueillies par l'enregistreur de données du véhicule autonome (Event Data Recorder) permettront une reconstitution des événements avant accident qui peuvent aider à définir les responsabilités, et à progresser dans la sécurité du système. ⁸
- Les domaines d'usages susceptibles de répondre à des demandes socio-économiques importantes (Note d'analyse de France Stratégie d'avril 2016 référencée en annexe) sont analysés ci-dessous (points n° 8 à 10) selon trois trajectoires d'adaptation possibles :
- La restitution à l'utilisateur, à des fins professionnelles ou de loisir, du temps aujourd'hui consacré à la conduite, avec des fonctions de conduite déléguée sur les voies rapides ;
- La desserte des territoires non couverts par les transports publics (zones périurbaines et rurales, dessertes de nuit ou en heures creuses) avec des systèmes de transports collectifs par véhicules totalement autonomes ;

⁷ Deux dispositifs seraient conjointement utilisés pour assurer la lisibilité de la route (ou de la rue) pour un véhicule à conduite automatisée : la mémorisation préalable de l'itinéraire (Local Dynamic Map) et des renforcements localisés de signalisation.

⁸ En France, ce dispositif de suivi est assuré dans le cadre du plan industriel « Véhicule Autonome », et du groupe inter-administrations qui en assure le pilotage en lien avec les acteurs industriels et les laboratoires de recherche.



- L'organisation de la vie collective de proximité par des véhicules partagés localement autonomes, permettant l'accès plus grand nombre à la mobilité, notamment les personnes à mobilité réduite.

Selon les territoires et les opportunités locales, ces trajectoires d'expérimentation peuvent se combiner ou se cumuler avec d'autres usages possibles du véhicule autonome, notamment dans le domaine de la logistique.

III. TROIS TRAJECTOIRES D'EXPERIMENTATION SOCIALE DU VEHICULE AUTONOME DANS LA MOBILITE QUOTIDIENNE

8. La conduite déléguée sur les voies rapides : la commercialisation des automatismes de conduite dans les nouveaux modèles de véhicules est immédiatement possible, mais ne se diffusera que progressivement dans les usages quotidiens de la population.

Les nouveaux usages possibles

Il s'agit principalement : de la conduite de véhicule particulier sur autoroute fluide ; de la conduite de véhicule particulier en situation de forte congestion (vitesse < 30 km/h) ; du voiturier automatique pour garer ou appeler le véhicule.

Ces fonctions peuvent être actionnées à la demande du conducteur, dans les conditions définies par les nouvelles dispositions de la Convention de Vienne (le conducteur garde la capacité de reprendre sans délai le contrôle de son véhicule) ou sur des espaces organisés pour la circulation de stationnement des véhicules automatisés.

L'organisation du marché automobile n'est pratiquement pas modifiée : le véhicule acheté ou loué par le conducteur utilisateur, ses règles de conduite, ses usages possibles... Le véhicule assure les mêmes déplacements qu'un véhicule non automatisé, moyennant un supplément de confort de conduite (possibilité de « lâcher le volant » sur certaines parties du trajet) ou de facilités de stationnement (valet de parking dans certains espaces aménagés).

La clientèle potentielle

En se référant aux progrès incrémentaux des véhicules classiques, on peut penser que ces nouveaux véhicules seront d'abord proposés sur les modèles haut de gamme, avec une descente en gamme progressive.

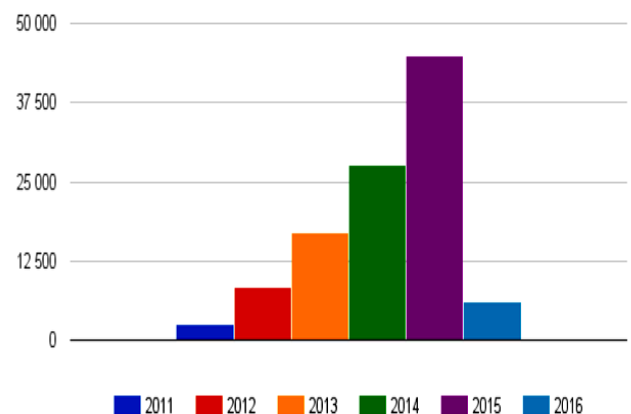
Dans le scénario de rupture auquel se réfère la note d'analyse de France Stratégie, les ventes de véhicules à conduite automatisée pourraient décoller d'ici 10 ans et représenter la majeure partie des véhicules neufs commercialisés vers 2035. La conduite automatique se développerait principalement sur les réseaux de voies rapides ou assimilés pour lesquels les équipements de la route (signalisation horizontale et verticale, arrêts d'urgence) seront lisibles par les logiciels de conduite automatique. Avec un renouvellement du parc automobile de l'ordre de 6% par an, la part de ces véhicules à conduite automatisée dans la circulation générale pourrait alors atteindre 40 % en 2050.

Illustration :

Un rapprochement peut être affecté avec la diffusion du véhicule tout électrique, dont la commercialisation en France, partie de moins de 200 véhicules en 2010, atteint 17000 véhicules en 2015. (Source : Communauté Automobile Propre)

Avec un taux de progression annuel moyen observé de +60%, la part des véhicules tout électriques atteindra probablement 5 % des véhicules neufs en 2020. Au-delà, la progression de la part de marché dépendra des performances technologiques et organisationnelles du système : autonomie des batteries et de systèmes recharges adaptées aux déplacements à longue distance.

Immatriculations de voitures électriques en France par année





Cette pénétration pourrait être accélérée avec la commercialisation de véhicules « autonomisables », dans lesquels les fonctions d'autonomisation seraient « élargies » au cours de leur vie à la circulation sur des voies moins sécurisées (routes de campagnes, voies urbaines...), par la mise à jour de logiciels ou par l'implantation de capteurs supplémentaires.

Les effets attendus

Avec la diffusion prochaine des premiers véhicules à conduite déléguée dans la circulation générale (d'abord sur les voies rapides, et par la suite sur d'autres voies moins sécurisées), cette trajectoire permet à la fois :

- d'adapter les systèmes de conduite automatisée (déléguée) aux réseaux routiers les plus circulés,
- d'en tirer les enseignements sur la cohabitation sur une même route des pratiques de conduite en mode manuel ou en mode autonome,
- de tester les adaptations de l'infrastructure qui seraient opportunes à mesure de la part croissante des véhicules automatique dans le trafic (ou préalables à leur admission sur des routes moins sécurisées).

Bien préparée et expliquée, la cohabitation entre des véhicules à conduite déléguée et des véhicules classiques devrait nettement améliorer la sécurité et la fluidité sur les grands axes routiers, notamment par une meilleure homogénéité des comportements de conduite et d'anticipation des perturbations du trafic. C'est en tout cas l'objectif affiché.

Elle constituera un moyen de soutien du développement Européen coopératif dans ce domaine technologique, avec l'objectif de circulation « sans coutures » en conduite déléguée sur les réseaux autoroutiers (*Cf. déclaration d'Amsterdam du 26 avril 2016 en faveur du véhicule autonome*)

Elle ne permet pas de tester rapidement toute la diversité des situations de conduite quotidienne qui combinent l'utilisation de routes ou de rues à environnement complexe, ainsi que la prise en charge et la dépose de passagers, ou la recherche d'un stationnement qui implique des informations spécifiques sur la disponibilité de places.

Elle reste essentiellement ciblée sur l'usage individuel de la voiture (améliorer la sécurité et le confort de conduite), alors que le potentiel d'innovation apporté à terme par les véhicules autonomes porterait principalement sur des usages collectifs ou partagés de ces véhicules, susceptibles de bouleverser l'organisation de la mobilité.

9. Des transports collectifs par véhicules totalement autonomes : leur développement apporte des solutions inédites à la mobilité, en complément ou en substitution des transports urbains classiques

Les nouveaux usages possibles

Hors transports collectifs massifiés (métros, tramways, BHNS...) on peut imaginer le transport collectif du futur organisé avec des flottes de taxis collectifs sans conducteurs (navettes automatisées), qui fonctionnerait par exemple selon l'organisation suivante :

- des petits véhicules sans conducteur, intégrés dans la circulation locale, suivent des itinéraires (fixes ou variables) à vitesse limitée (30 km/h) avec des points d'arrêt matérialisés (comme les services d'autobus à la demande). Ces itinéraires (et la sécurité de leur conduite) ont été mémorisés au préalable par le système de pilotage automatique de ces véhicules ;
- les clients réservent leur trajet (prépaiement) avec leur smartphone ou sur des bornes placées aux points d'arrêt, (comme certains dispositifs de covoiturage à courte distance en cours d'expérimentation : PADAMbus dans les Hauts-de-Seine, Covoit'ici dans le Val d'Oise et les Yvelines...) ; le serveur leur indique le temps d'attente ;
- le gérant-exploitant du service, (public ou privé, mais nécessairement autorisé par la collectivité pour le choix des itinéraires, les points d'arrêt aménagés et le garage des véhicules), injecte dans le circuit les véhicules nécessaires à la demande. Il contrôle à distance leur positionnement, et intervient en cas d'incident de parcours (dépannages, constats, police de l'exploitation...), comme le PC d'exploitation d'un métro automatique.



Le système étant totalement automatisé (pas de conducteur à bord), la sécurité du transport et des tiers est assurée : par le choix et les aménagements locaux de l'itinéraire (localisation des arrêts, visibilité des croisements et des piétons) définis avec l'autorité de police de l'espace public ; et par la capacité d'apprentissage des systèmes de conduite automatique des véhicules pour mémoriser les itinéraires. Par rapport au PRT (*Personal Rapid Transit – image ci-contre*) proposé sans succès il y a près de 40 ans, ce système utiliserait des voiries classiques partiellement dédiées, moyennant des adaptations locales mineures.



La clientèle potentielle

Dans un espace urbanisé à moyenne densité (zones périurbaines des métropoles, agglomérations petites et moyennes), l'offre de transport par des « lignes de minibus automatisés » devient compétitive avec l'usage des voitures personnelles :

- fréquence élevée (moins de 10 minutes), arrêts rapprochés (les transports à la demande ne marquent pas l'arrêt ou le détour en l'absence de clientèle) ;
- durée de déplacement proche de celle de la voiture personnelle compte tenu du temps de recherche de stationnement et de la marche à pied terminale ;
- et surtout le faible coût à la place x km d'un système automatisés (0,40 € par voy.km au lieu de 1,20 € pour un transport classique par autobus, ou 0,50 € pour un trajet en voiture solo).

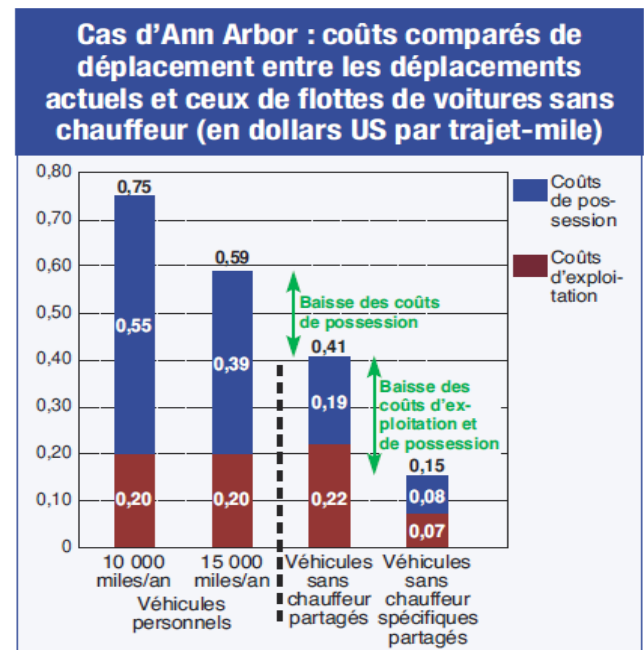
Outre les 30% de personnes qui ne disposent pas d'automobile (jeunes, seniors, personnes sans permis...), ces services de transport collectif par petits véhicules automatisés devraient intéresser une large part de clientèle déjà motorisée, moyennant des incitations analogues à celles utilisées pour les transports publics dans les zones urbaines denses (Versement transport et remboursement employeurs, stationnement payant...).

Illustration : Des chercheurs de l'université de Columbia ont modélisé le potentiel de remplacement des voitures particulières de la ville d'Ann Arbor (Michigan - 285 000 habitants) par une flotte de voitures automatisées, pour assurer les déplacements au sein de l'agglomération. Le modèle indique qu'il est possible, pour le même service quotidien, de remplacer 120 000 voitures particulières (60% du parc parcourant moins de 110 km par jour) par 18 000 voitures sans chauffeur, soit environ 15 % de ce parc. Le graphique *ci-contre* montre que le coût du déplacement par mile serait réduit de près 80 % si les véhicules personnels étaient remplacés par une flotte de véhicules de transport automatisés. Le coût du parking en ville devrait être également réduit car les voitures automatisées partagées seraient utilisées 70 % à 75 % du temps contre 5 % à 10 % pour les voitures personnelles.

(V. Lamblin - *Futuribles* - juillet 2015).

Les effets attendus

Dès la mise au point de véhicules à conduite autonome aptes à se diriger sur des itinéraires déterminés à l'avance, les autorités organisatrices de la mobilité pourraient développer des lignes de minibus automatisés, par exemple dans les villes moyennes ou en périphérie des grandes agglomérations, en complément des transports collectifs à grand débit (Métros, tramways, BHNS) ou en substitution des lignes d'autobus classiques à faible clientèle.





Ces expériences permettraient de tester et d'améliorer les performances des systèmes de conduite automatisée dans des routes ou rues de desserte locale des territoires urbanisés, et de déterminer les dispositifs d'adaptation de l'infrastructure à la circulation de véhicules automatiques (tels que : marquage de la chaussée, visibilité des traversées de carrefours, détection des feux de signalisation...).

Elles répondraient à une attente forte des collectivités territoriales (autorités organisatrices) pour apporter des solutions de mobilité collective plus souples et moins coûteuses, en complément ou en substitution aux transports massifiés (par exemple : rabattement vers les gares et vers les pôles d'activités).

Elles contribueraient à accroître et à diversifier les modalités d'usage de véhicules partagés et ses effets bénéfiques de diminution de la circulation automobile.

10. Des véhicules partagés localement autonomes dans des espaces de proximité - l'îlot, le quartier, le lieu d'activité - permettent à toute une population de bénéficier de leur usage, en allégeant leur coût.

Les nouveaux usages possibles

Les véhicules à conduite déléguée, neufs ou d'occasion, ne pourront trouver une clientèle significative qu'aux conditions d'être utilisables :

- en conduite automatisée (sans conducteur) sur un certain nombre d'itinéraires à proximité du domicile, à partir de lieux de stationnement aménagés (comme pour les voitures en libre-service) ; et en conduite manuelle (assistée par ces mêmes automatismes) sur les autres itinéraires ;
- par une communauté d'utilisateurs réguliers ou occasionnels susceptibles de partager les charges de possession et d'utilisation (plus élevées que le véhicule classique compte tenu des détecteurs embarqués, des logiciels et de leur mise à jour permanente).

La période de transition sera caractérisée par l'hétérogénéité des réseaux et itinéraires routiers, entre ceux reconnus aptes à la conduite automatisée (sans conducteur) et les autres qui nécessiteront la présence d'un conducteur susceptible de reprendre la main en cas de difficultés. *NB. Le problème est analogue à celui des poids lourds qui ne peuvent emprunter certains itinéraires et doivent stationner sur certains emplacements aménagés.*

L'usage d'un véhicule à conduite déléguée totale (sans conducteur) implique une infrastructure de proximité (itinéraires et espaces de stationnement) mémorisée par le système de conduite automatisé, et permettant sa circulation en sécurité.

Dans cette zone de proximité « sécurisée », le véhicule est à la fois autonome et serviciel. Il permet par exemple à un propriétaire-conducteur : d'envoyer le véhicule chercher des collègues de travail (en mode d'autonomie) en vue d'effectuer un trajet commun ; de reprendre le volant lorsqu'il sort de la zone de conduite autonome ; d'emprunter ensuite une voie express en mode de conduite déléguée (*Illustration ci-dessous*).

Illustration Véhicule autonome sur trajets peu denses à petite vitesse (VAPS) A.Sauvant

Un matin normal en 2025

- 8h00 Le conducteur A s'est levé ; il recherche dans la base au voisinage les passagers B, C, D qui habitent à proximité, et vont près du lieu de travail de A à la même heure ce matin
- 8h01 Le VAPS de A, stationné à proximité du domicile, démarre en mode autonome, va chercher B à 8h04, puis C à 8h07, puis D à 8h10
- 8h10 Le VAPS du voisin sonne, les enfants de A montent dedans pour aller à l'école avec
- 8h13 Le VAPS revient devant chez A, avec B, C, et D
- 8h15 A monte dans le VAPS, à la place du conducteur, et prend la conduite du véhicule au moment où celui-ci sort de sa zone de conduite autonome
- 8h30 Arrivé sur voie express, A délègue la conduite au VAPS et peut se reposer
- 8h45 A reprend la conduite à la sortie de la voie express urbaine
- A dépose B à 8h50 devant son bureau avec un mini-détour, dépose C au RER à 8h55 et D à 9h au tram
- 9h05 A s'arrête à l'entrée du parking de son lieu de travail et sort du véhicule; il a bien mérité son café et il note ses passagers (et réciproquement)
- 9h06 Pendant ce temps, le VAPS va se garer tout seul dans le parking



La clientèle potentielle

Une partie importante de la clientèle de véhicules à conduite déléguée sera intéressée les fonctions d'autonomie totale de leurs véhicules (dans des zones de proximité sécurisées) pour alléger leur emploi du temps et faciliter une utilisation partagée, notamment les jeunes générations déjà largement adeptes du covoiturage.

Les effets attendus

L'arrivée de ces nouveaux clients de véhicules automatisés accélèrera le rythme de commercialisation de ces véhicules et permettra d'adapter progressivement l'espace public aux conditions de circulation et de stationnement des véhicules autonomes, durant la période de transition. *NB : l'adaptation de la voirie à la circulation de véhicules automatisés dans des « zones de proximité » nécessitera des tests préalables de sécurité beaucoup plus étendus que pour les seuls itinéraires utilisés par les « lignes de minibus automatisés » analysées au point 8 ci-dessus.*

Sous réserve d'une organisation collective associant toutes les parties prenantes pour le partage des véhicules autonomes, publics et privés, on peut imaginer une forte amélioration de la mobilité de proximité pour les déplacements non couverts par les transports collectifs ou les « minibus automatisés », notamment la desserte des urbanisations isolées et des personnes à mobilité réduite...

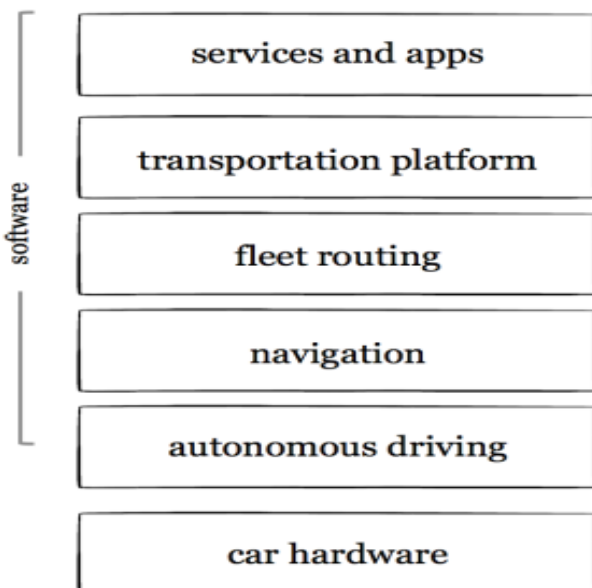
Les effets sur la diminution d'espaces nécessaires au stationnement seraient très importants, moyennant une relative concentration des besoins de stationnement (arrêts et garages de proximité aux points nodaux du réseau) Le résultat en matière de diminution du trafic automobile n'est pas nécessairement acquis, compte tenu des risques de multiplication des parcours à vide de véhicules totalement autonomes, et aux déplacements supplémentaires induits par les gains de temps et la baisse des coûts d'usage.

Mais on peut penser que les autorités territoriales concernées, dans le cadre de leur expérimentation d'accueil des véhicules autonomes, prendront les dispositions nécessaires pour organiser de façon cohérente la circulation et le stationnement de ces véhicules afin d'en maximiser les bénéfices collectifs.

IV. AU COURS DE LA PERIODE DE TRANSITION, LA CHAINE DE VALEUR SERA PROGRESSIVEMENT « TIREE » PAR LES PLATEFORMES DE SERVICES D'USAGE DE VEHICULES.

11. L'empilement des fonctions techniques nécessaires à la diffusion du véhicule autonome révèle le positionnement des différents acteurs dans le développement des systèmes d'intelligence artificielle.

Une note d'analyse de Michael Vakulenko, directeur de la stratégie à Vision mobile, met en évidence cinq couches fonctionnelles (software) qui se superposeront *in-fine* au véhicule actuel (hardware) ; ce faisant, la note elle repère le positionnement des grands acteurs économiques pour maîtriser les technologies requises.



Les services et applications accessibles à partir de la ou des plateformes

La plateforme de transport qui propose un éventail de services possibles avec des véhicules autonomes

Le système d'exploitation d'une flotte de véhicules, qui optimise leurs parcours et usages en temps réel

La fonction de navigation pour déterminer l'itinéraire (routes et les rues) que le véhicule doit emprunter

La conduite autonome avec ses capteurs, sa capacité de calcul et ses algorithmes d'apprentissage

Le véhicule actuel (Car Hardware) dont l'usage va dépendre des *softwares* permettant son autonomie



L'auteur de la note observe que seules deux sociétés, Google et Uber, sont actuellement présentes dans toutes les couches fonctionnelles du transport qui apparaissent nécessaires à la création d'une plate-forme dominante du « service de transport » (*transport-as-a-service*).⁹

Il remarque toutefois que le logiciel d'optimisation d'un système d'exploitation à l'échelle de milliers de véhicules à conduite totalement autonomes sera particulièrement complexe, et que le nombre de possibilités et d'applications de ces véhicules sera trop important pour qu'aucune entreprise, même disposant de l'agilité et des capacités financières des géants du web, ne sera en mesure de répondre seule à tous les besoins et les cas d'utilisation possibles.

Cette analyse illustre les mécanismes de solvabilité du marché liés à l'étape finale de développement des véhicules autonomes. Au-delà de la valeur accordée par les clients à l'innovation, au temps gagné et à la sécurité, il apparaît que l'essentiel des gains attendus proviendra de la productivité de la chaîne de mobilité : amélioration du remplissage, de la rotation et de la maintenance des véhicules ; meilleure utilisation des infrastructures ; meilleur ciblage commercial des consommateurs...

12. La compétition engagée au niveau mondial porte à la fois sur la maîtrise des systèmes logiciels, sur l'organisation des territoires et sur l'adaptation des usages de mobilité.

Enjeux industriels

Une formidable compétition industrielle est donc en train de se livrer pour fournir demain les logiciels des véhicules autonomes pour les différentes fonctionnalités identifiées ci-dessus. Les acteurs qui investiront ces champs proviendront sans doute des métiers correspondants : constructeurs automobiles, concepteurs de logiciels, industriels du stockage d'énergie, plateformes numériques, gestionnaire d'actifs et services associés,... Mais la principale captation de valeur sera opérée par celui qui sera au contact du client final.

On peut ainsi prédire une course pour remonter dans la chaîne de la valeur et être en position de « surtraitant » du système : elle peut « tuer » certains constructeurs traditionnels, reléguer les marques au second plan, faire émerger une marque de second plan qui se sera alliée avec un acteur du numérique, ou entraîner chute d'un sous-traitant de valeur mondiale qui ne se sera pas allié au bon opérateur...

Les moyens engagés par les géants du net¹⁰ pour le développement du véhicule autonome s'expliquent sans doute par cet objectif d'une prise d'une position dominante à l'occasion de l'ouverture de ces nouvelles perspectives de valorisation des données tant sur les individus que sur les véhicules et les réseaux routiers. Ce mouvement recèle de grands risques pour l'industrie européenne, et tout particulièrement pour les constructeurs automobiles. On peut aussi craindre que les normes américaines en matière de protection de données individuelles s'appliquent au détriment des règles européennes plus protectrices. Les combats menés actuellement par la Commission européenne face à Google démontrent que le danger existe.

Cependant, la compétition portera également sur les adaptations sociales et territoriales de l'organisation des mobilités, dont les enjeux sur le long terme sont les plus importants.

Enjeux territoriaux

L'enjeu majeur pour les territoires, c'est l'utilisation des potentialités du véhicule « sans conducteur » pour repenser ou adapter l'offre de mobilité alternative à la voiture personnelle, par des services qui répondent réellement aux attentes économiques et sociales, telles que :

⁹ "Self-driving cars are about platforms, not about cars" - By Michael Vakulenko 16 novembre 2015

¹⁰ Quelques articles récents sur les géants du net

<http://www.eweek.com/mobile/why-apple-and-google-will-dominate-the-self-driving-car-industry-2.html>

<http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-12-16/google-said-to-make-driverless-cars-an-alphabet-company-in-2016>

<http://fortune.com/2016/04/28/flat-chrysler-alphabet-self-driving-cars/>

<http://www.inquisitr.com/2342564/apples-self-driving-car-project-confirmed/>

<http://www.stuffi.fr/amazon-microsoft-investir-voitures-autonomes/>



- (1) désencombrer l'espace dans les zones denses en limitant le nombre de véhicules nécessaires aux déplacements de personnes et à la livraison des marchandises ;
- (2) renforcer l'efficacité du transport collectif par des systèmes de covoiturage et de taxis collectifs qui complètent ou se substituent aux transports publics urbains classiques, notamment dans les zones à faible densité où la population est « captive de l'automobile » ;
- (3) réduire le coût de la mobilité automobile pour tous les usagers qui ne disposent pas d'autres moyens de déplacement, en favorisant les systèmes de véhicules partagés.

Ces objectifs, qui peuvent déjà être mis en œuvre avec des véhicules classiques, verront leur efficacité renforcée avec les générations de véhicules autonomes et connectés, principalement utilisés sous forme partagée (via des plateformes numériques de services), et dont les coûts d'usage seront *in fine* moins élevés.

Sécurité routière et enjeux environnementaux

En ce qui concerne la sécurité routière, des gains importants sont attendus, car ils conditionnent le développement même de cette innovation technologique.

Mais il n'apparaît pas de lien direct et évident entre les véhicules à conduite automatisée et les enjeux environnementaux de la circulation routière. Les baisses de consommations d'énergie, d'émission de gaz à effet de serre et de pollution locale de l'air proviendront essentiellement :

- de la motorisation des véhicules (électrique ou hybrides) et du rendement de la chaîne de production énergétique (production d'électricité décarbonée) ; une nouvelle génération de petits véhicules légers, partagés, à faible vitesse et à très faible consommation pourrait y contribuer... ;
- du taux moyen de remplissage des véhicules, que l'usage de véhicules autonomes peut améliorer (facilités d'utilisation en mode partagé), à condition de limiter leurs parcours à vide.

Cependant, les exigences environnementales incitent également à un changement d'usage des véhicules :

- Les carburants pétroliers seront progressivement remplacés par d'autres énergies : biocarburants, éolien, solaire..., via des motorisations électrique ou hydrogène... ;
- La pression va s'accroître pour limiter les nuisances locales (bruit et pollution des villes), avec le déclassement des véhicules les plus polluants ;
- Les nouveaux véhicules seront d'usage plus complexes (automatismes, connexions, recharge des batteries...) avec une maintenance plus exigeante.

Un usage partagé et plus intensif des véhicules devient la meilleure solution pour alléger les charges de possession et d'utilisation, et accélérer ainsi le renouvellement du parc automobile au profit de véhicules moins consommateurs et peu polluants.

Pour atteindre les objectifs de la transition énergétique et de la mobilité durable, ne faudrait-il pas trouver des synergies entre les trois leviers de transformation et d'action sur la mobilité et les modes de vie que constituent : (1) le développement de l'économie collaborative, avec la montée des pratiques d'autopartage et de covoiturage et le renforcement des liens sociaux de proximité ; (2) la transition énergétique, avec la diffusion des véhicules à bas carbone (hybrides et électriques) ; (3) la mutation numérique vers des véhicules autonomes et communicants ?

V. LES ACTEURS PUBLICS ET PRIVÉS DEVRONT PARTAGER LEURS CONNAISSANCES POUR ORGANISER ET ACCOMPAGNER LES EXPERIMENTATIONS DE VEHICULES AUTONOMES

13. Le développement des véhicules à conduite automatisée s'engage selon deux trajectoires d'apprentissage parallèles, qui diffèrent par leurs objectifs, leurs modes de progression et leurs impacts territoriaux

Une trajectoire de délégation de conduite, permettant l'enrichissement des fonctions d'autonomie des véhicules, dans leurs usages actuels (c'est-à-dire des véhicules personnels adaptés à des trajets longs), utilisés massivement sur les itinéraires autoroutiers interurbains où la circulation de véhicules à conduite déléguée peut être opérationnelle dans un délai de 3 à 5 ans (avec des incertitudes entre le niveau 2 et le niveau 3).



Cette trajectoire répond à la logique commerciale des constructeurs automobiles, c'est-à-dire une clientèle à revenus élevés, procurant des marges importantes sur les véhicules de haut de gamme qui permettent de tester des fonctions nouvelles – coûteuses au départ - telles que les systèmes de délégation de conduite.

Comme cela a été décrit précédemment (point n° 8 ci-dessus), ce marché est principalement celui des trajets interurbains sur des distances moyennes et longues. L'adaptation des systèmes conduite automatisée à des routes « ordinaires », avec une multiplicité d'usagers, piétons, deux roues sera beaucoup plus lente et complexe.

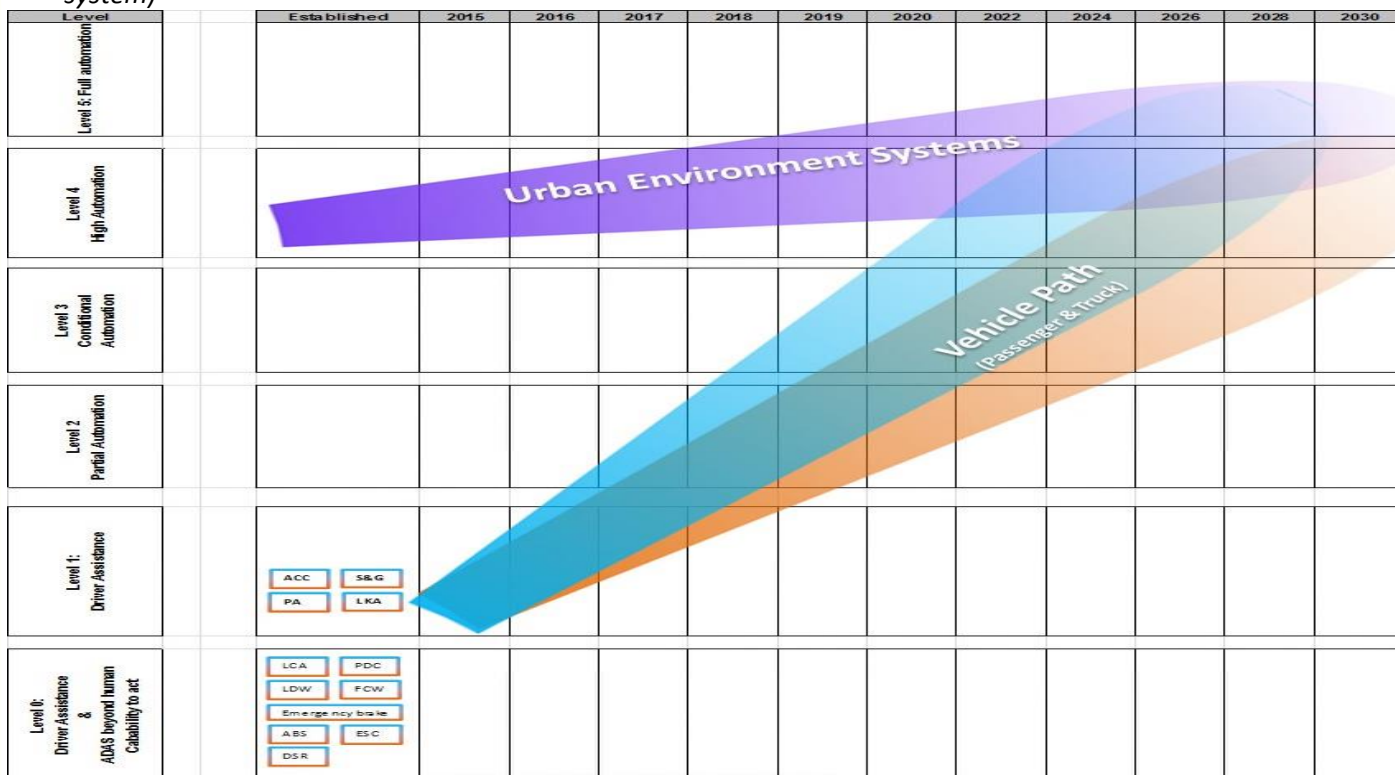
Une trajectoire de « navettes partagées » totalement autonomes (sans conducteur) susceptible d'offrir des services de mobilité dans des espaces protégés (du moins au départ). Ces véhicules sont déjà disponibles et des expérimentations commerciales sont conduites (telles que le Minibus autonome à La Rochelle dans le cadre de l'expérience européenne Citymobil 2 ; ou celui projeté à Lyon-Confluence).

Cette trajectoire répond à des besoins de services collectifs économiques (pour le transport logistique) et sociaux, (pour la mobilité de proximité) qui peuvent être développés au départ dans des espaces partiellement confinés (ports, zones d'activité) où des itinéraires sécurisés (voies dédiées), puis étendus, à mesure des résultats expérimentaux, à des itinéraires ou des territoires plus ouverts et plus vastes.

Le marché correspondant serait principalement celui de la mobilité de proximité (selon les deux exemples décrits aux points 9 et 10 ci-dessus) et celui de la logistique urbaine, à décliner selon la géographie des territoires de vie.

Le graphique ci-dessous (ERTRAC) résume les deux trajectoires d'apprentissage encore distinctes:

- (1) La trajectoire incrémentale des ADAS (*Advanced Driver Assistance Systems*) par enrichissement progressif des fonctions automatisées d'automatisation (*Véhicule Path*) ou la sécurité peut être maintenue (voies rapides à faible circulation ou voies encombrées à faible vitesse);
- (2) La trajectoire d'autonomie totale dans un espace complexe, mais limité et contrôlé (*Urban environment system*)



Source : Automethod driving roadmap, version n° 5.0 – 21 juillet 2015 – ERTRAC

Il est difficile de savoir quand et comment ces deux trajectoires pourraient converger jusqu'à couvrir l'ensemble des réseaux routiers ouverts à la circulation par des véhicules sans conducteurs. Le délai de 5 à 10 ans annoncé par les promoteurs du véhicule autonome ne semble pas réaliste et pourrait être supérieur à 30 ans, compte tenu :

- d'une part, des inerties du marché de renouvellement du parc automobile : les 32 millions de voitures particulières du parc automobile français sont majoritairement détenues par une population périurbaine et rurale qui, outre la disponibilité à payer, n'est pas prête à modifier rapidement son mode de vie automobile ;



- et d'autre part des exigences de sécurité, liées à de cohabitation entre les véhicules autonomes et les autres utilisateurs de l'espace public (piétons, deux roues, animaux) et à la couverture des systèmes de navigation, qui peuvent conduire à des dépenses spécifiques d'adaptation des infrastructures routières ou de télécommunication dont la nature et les modalités restent à analyser.

A un horizon proche de 10 à 15 ans, les experts estiment réaliste de faire circuler des véhicules à automatisation élevée (niveau 4) sur les autoroutes, et d'organiser des services de navettes totalement autonomes (niveau 5) sur des espaces ouverts « sécurisés ».

14. Ces trajectoires d'apprentissage nécessitent l'intervention coordonnée de tous les acteurs économiques et sociaux pour adapter les différentes composantes d'une nouvelle organisation du système de mobilité

Les concepteurs de logiciels liés à la conduite et à l'utilisation des véhicules autonomes :

Ces logiciels assurent la conception technologique, la fiabilité et la gestion opérationnelle des différents composants logicielles du pilotage automatique, depuis les systèmes de détection (traitement d'images) jusqu'aux plateformes de de services partagés, en passant par les bases de données géographiques.

Comme cela a été souligné au point 11 ci-dessus, les constructeurs automobiles et leurs équipementiers de premier rang investissent dans les logiciels d'autonomie et de navigation directement liés aux fonctionnalités du véhicule (fortement présentes dans la trajectoire de délégation de conduite), alors que les grands opérateurs du numérique sont fortement présents sur les fonctions de services de mobilité (gestion de flottes et plateformes d'intermédiation), dont l'utilisation devient essentielle pour la trajectoire de navettes partagée.

Dans la compétition mondiale, la filière automobile française est plutôt bien placée sur la première trajectoire (délégation de conduite), ce que corrobore la déclaration européenne d'Amsterdam en faveur du véhicule autonome. Par contre, l'Europe est peu présente – voire totalement absente – dans les systèmes de gestion de flottes et de plateformes de services, quasi monopolisés par les géants du net aux USA (Google, Uber...) dont le principal objectif est la récupération-valorisation des données fournies par les véhicules autonomes et autres objets connectés.

Les constructeurs de véhicules

Les constructeurs, aujourd'hui au cœur du système automobile, devront partager leurs compétences avec celles des opérateurs numériques, qui conçoivent et enrichissent en continu les systèmes de conduite automatisée, ainsi que les systèmes d'exploitation des flottes de véhicules (organisation des parcours ou des tournées).

Les véhicules à conduite déléguée totale (autonomes sans conducteur) seront par nature des « véhicules de services », dont le module de pilotage doit pouvoir être adapté en permanence : (1) à de nouvelles « zones de circulation » en mode automatique ; (2) et à différents modes d'exploitation, individuels, partagés ou collectivisés.

Les gestionnaires d'infrastructure

D'ici 20 à 40 ans, les gestionnaires de réseaux routiers publics (routes, rues, stationnement) pourront (et parfois devront) adapter leurs réseaux à la circulation « en sécurité » de véhicules à conduite véhicule à conduite déléguée partielle ou totale, selon des normes de lisibilité compatibles avec les systèmes de détection et d'accumulation d'expérience de ces véhicules.

Comment ouvrir le plus rapidement possible le champ de développement du véhicule autonome avec le minimum d'adaptation des routes et des rues : en dehors des autoroutes et voies rapides qui posent des problèmes immédiats spécifiques,¹¹ une lecture préalable de l'itinéraire par un véhicule test, communiquée ensuite aux autres véhicules, pourrait dans certains cas s'avérer suffisante pour assurer la sécurité ; la question principale sera de ménager des points d'arrêt (pour prendre ou déposer des passagers) et de disposer d'espaces d'attente ou de garages adaptés aux besoins de proximité (comme les autobus et les taxis).

¹¹ La détection de la signalisation horizontale et verticale des voies rapides par des logiciels embarqués implique une lisibilité difficile à garantir en toutes circonstances (travaux, dégradations, contraste, visibilité...) : l'analyse détaillée reste à faire !



Les communautés de partage des véhicules

Les véhicules autonomes (sans conducteurs à bord) permettent de diversifier et de multiplier les services de voitures partagées, dans le cadre d'échanges de services au sein d'une communauté de proximité, ou de la mise à disposition d'un véhicule à un exploitant d'un service de transport collectif, ou encore d'une flotte de véhicules possédés par un loueur ou un exploitant de services de transport.

On reconnaît là, avec des facteurs d'efficacité supplémentaires (pas de conducteur ni de délais de prise en charge du véhicule), les différentes modalités d'autopartage ou de covoiturage de véhicules classiques actuellement mises en œuvre ou expérimentées.

Les exploitants de services de transport

Tout propriétaire ou gestionnaire d'un véhicule à conduite déléguée totale sera *de facto* l'exploitant d'un service de transport (à titre gratuit, partagé ou commercial) dès lors que ce véhicule transporte une ou plusieurs personnes en dehors d'un conducteur à bord (lui-même ou une autre personne déléguée). Il aura la responsabilité de définir les conditions d'usage de ce véhicule, de savoir où il se trouve, et d'intervenir en cas de dommage subi ou causé par ce véhicule, comme c'est déjà le cas pour les voitures en libre-service. (NB. la loi et la jurisprudence devront déterminer la part de responsabilité du gestionnaire, par rapport à celle des passagers du véhicule, du fournisseur du système d'automatisation du véhicule ou des tiers impliqués dans le dommage)

Les utilisateurs de véhicules

Durant toute la période de transition, les utilisateurs de véhicules devront s'adapter à une gamme ouverte de situations, selon le degré d'autonomie des véhicules (variable selon les réseaux routiers utilisés) :

- des véhicules avec un conducteur prêt à chaque instant à reprendre le contrôle (automatisation conditionnelle) ;
- des véhicules avec des passagers qui font autre chose mais qui disposent d'éléments de commande pour reprendre le contrôle (automatisation élevée) ;
- des véhicules avec des passagers à bord qui n'ont pas les moyens de reprendre la conduite (automatisation totale, sous le contrôle d'un superviseur) ;
- des véhicules qui circulent sans personne à bord (sous le contrôle du superviseur).

15. L'Etat devra promouvoir l'action européenne, faciliter la multiplication des champs d'expérimentation et coordonner leurs résultats en précisant les règles du jeu (normalisation, réglementation, homologation)

Des expérimentations ont pu ou vont être engagées en application de la loi sur la transition énergétique du 22 juillet 2015 et de la récente ordonnance du 3 août 2016 qui organise ces expérimentations par autorisations ministérielles (Cf. note1). L'objectif est de permettre à une filière française de voitures autonomes de se développer, en levant les barrières juridiques en laissant les professionnels réaliser des tests « grandeur nature », sur des voies publiques.

Cette disposition, confirmée par la récente position de la convention de Vienne, s'inscrit dans le cadre du plan Nouvelle France industrielle « Véhicule autonome » (voir encadré ci-dessous). Elle permet d'autoriser et d'accompagner des expérimentations de voiture autonome, en France comme en Europe, sur le modèle de ce qui se fait aux Etats-Unis, notamment en Californie avec les Google cars.

Illustration : La feuille de route du plan industriel « Véhicule autonome »

Elle vise à faire de l'industrie française de l'automobile et du transport routier une des pionnières dans la conception du véhicule autonome pour tous. Elle traduit l'ambition que la France soit reconnue comme une terre d'expérimentation du véhicule autonome, un centre d'excellence de l'intelligence embarquée et un leader en sécurité des systèmes complexes.

Afin de faciliter la mutualisation des résultats d'expérimentations, elle prévoit l'élaboration de standards et de normes relatifs aux essais (code des bonnes pratiques), ainsi que la proposition de standards, de normes pour les composants (en lien avec l'AFNOR et l'ISO) en vue de la mise sur le marché. Les procédures de test d'homologation des véhicules s'effectueront en accord avec la réglementation et les recommandations du groupe Euro NCAP .



Politique européenne

Cependant, l'impact potentiel des transformations apportées par la voiture autonome implique une prise de conscience collective ainsi que des actions des pouvoirs publics, en particulier au niveau européen où la Commission a mis en place une plateforme pour le déploiement des Systèmes coopératifs de transport intelligent¹². La France seule n'aurait pas le poids suffisant pour investir dans les technologies d'avenir ou s'opposer aux géants du net. Elle peut par contre promouvoir des politiques européennes destinées :

- A engager des débats avec les citoyens sur les opportunités et risques du véhicule autonome, et plus généralement des objets numériques connectés, en insistant sur les aspects industriels et de liberté individuelle ;
- A soutenir financièrement les projets de Recherche-Développement des entreprises dans le domaine de la voiture autonome (programmes européens d'investissement largement dotés ; commandes publiques de véhicules ; accompagnement du développement des start-ups, ...)
- A mettre en place des normes européennes (sécurité des personnes et interopérabilité des données) correspondant aux principes de vie en commun reconnus sur le vieux continent.

Une réflexion reste à engager sur ce qui relève d'une régulation de niveau mondial, européen, national, ou local. Si l'on peut comprendre que chaque continent dispose de ses normes, un fractionnement des normes au sein de l'Europe par Etat membre, voire en deçà, apparaît contraire aux règles européennes de libre circulation. Une certaine dose de subsidiarité doit rester possible (par exemple dans le schéma d'organisation des autorités de régulation), à condition de ne pas faire obstacle l'interopérabilité des systèmes de communication entre les différents acteurs.

Relais territoriaux

En vue d'explorer les conditions d'appropriation sociale des futurs services apportés par l'automatisation de la conduite, il faut impliquer les usagers et, moyennant le relais des collectivités territoriales, développer des expérimentations sur leurs réseaux locaux de mobilité, par exemple sous forme de lignes de transports collectifs desservies par des petits véhicules autonomes ou de zones de proximité dans lesquelles la conduite autonome (sans conducteur) serait autorisée.

Des relais devront être également constitués pour l'expérimentation de services logistiques « robotisés », dans les ports, les zones d'activité, les plateformes logistiques et les services urbains d'approvisionnement de distribution ou de ramassage.

Données cartographiques

Ces expérimentations territoriales permettront, outre l'adaptation locale de l'espace public, de constituer une cartographie numérique des itinéraires et espaces utilisables par les véhicules autonomes (système LDM: Local Dynamic Map). Mise à jour en permanence, cette base de connaissances est destinée à alimenter les systèmes de pilotage automatique des véhicules autonomes afin d'assurer la sécurité de leur circulation sur l'ensemble des réseaux autorisés.

Comme le souligne la note d'analyse de France Stratégie, la mise en place et l'organisation de cette nouvelle infrastructure routière du 21^{ème} siècle est un facteur essentiel au développement du véhicule autonome, un chantier urgent à engager sous le contrôle des autorités publiques.

¹² La C-ITS Platform, mise en place en novembre 2014 par la commission européenne (DG MOVE), réunit les parties prenantes de la chaîne de valeur des systèmes de transport intelligent, en vue de favoriser l'émergence d'une vision partagée sur le déploiement interopérable d'un système de transport intelligent dans l'Union européenne.



16. Ce qu'il faut retenir, en guise de conclusion

Pour promouvoir le véhicule autonome et les enjeux socio-économiques auxquels il peut contribuer, la communauté nationale et l'Europe vont devoir, sur une durée d'au moins 20 ans, organiser une transition complexe qui associe :

- une filière industrielle de constitution et de gestion de systèmes de pilotage automatique de véhicules, intégrant tous les paramètres de sécurité routière et de cyber-sécurité (voir annexe 3) ;
- une adaptation, par les gestionnaires des réseaux routiers, des processus de maintenance et d'exploitation permettant la lisibilité de la route par les véhicules autonomes ;
- un processus harmonisé d'évaluation et d'homologation des dispositifs d'automatisation partielle ou totale des véhicules, intégrant un système de veille et de retour d'expérience ;
- une adaptation progressive des conditions d'apprentissage de la conduite automobile, à mesure de la présence de véhicules autonomes dans l'espace public ;
- une mise en commun des « données » d'expérience collectées sur chacun des itinéraires routiers par les véhicules à conduite automatisée, afin de fiabiliser en temps réel les automatismes de conduite (cartographie numérique) ;
- et un processus social d'adaptation des services de mobilité et des modes de vie rendus possibles par cette filière, qui garantisse les libertés des personnes et le choix des collectivités territoriales.

Dans le contexte de compétition économique mondiale où se préparent les prochaines générations de véhicules autonomes et connectés, la frilosité ou le manque de réactivité à l'échelle nationale et européenne aura des conséquences lourdes en termes de compétitivité économique dans les domaines clés tels que les logiciels d'intelligence artificielle, les systèmes d'information, les systèmes logistiques...

De nouvelles expérimentations de navettes ou minibus sans conducteurs sont actuellement engagées dans plusieurs pays, et notamment en France où des industriels français sont en pointe, dans le cadre du programme « *Nouvelle France industrielle* ». Cette avancée, très importante dans la compétition mondiale, devra être confortée dans la durée.

La réussite de cette transition sera d'abord conditionnée par la multiplication d'expériences mettant des véhicules automatisés dans des espaces ouverts et partagés, et couvrant un éventail le plus large possible de situations territoriales, de services offerts et d'acteurs impliqués : usagers, riverains, constructeurs, collectivités territoriales, exploitants de services, opérateurs de mobilité...

Seule une vision sociale partagée et fondée sur l'expérience vécue permettra aux autorités publiques d'arbitrer, en temps et en heure, les difficiles questions de société – sécurité routière, véhicules partagés, protection de la vie privée... - posées par l'irruption du véhicule autonome dans nos modes de vie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CGEDD : Les véhicules communicants nécessitent-ils de nouvelles réglementations ? (juin 2015)
- FUTURIBLES : Voiture autonome : où va-t-on ? (V. Lamblin - juillet 2015)
- DGITM : synthèse bibliographique (novembre 2015)
- France Stratégie : La voiture sans chauffeur, bientôt une réalité (avril 2016)
- Déclaration européenne d'Amsterdam en faveur du véhicule autonome (14 avril 2016)



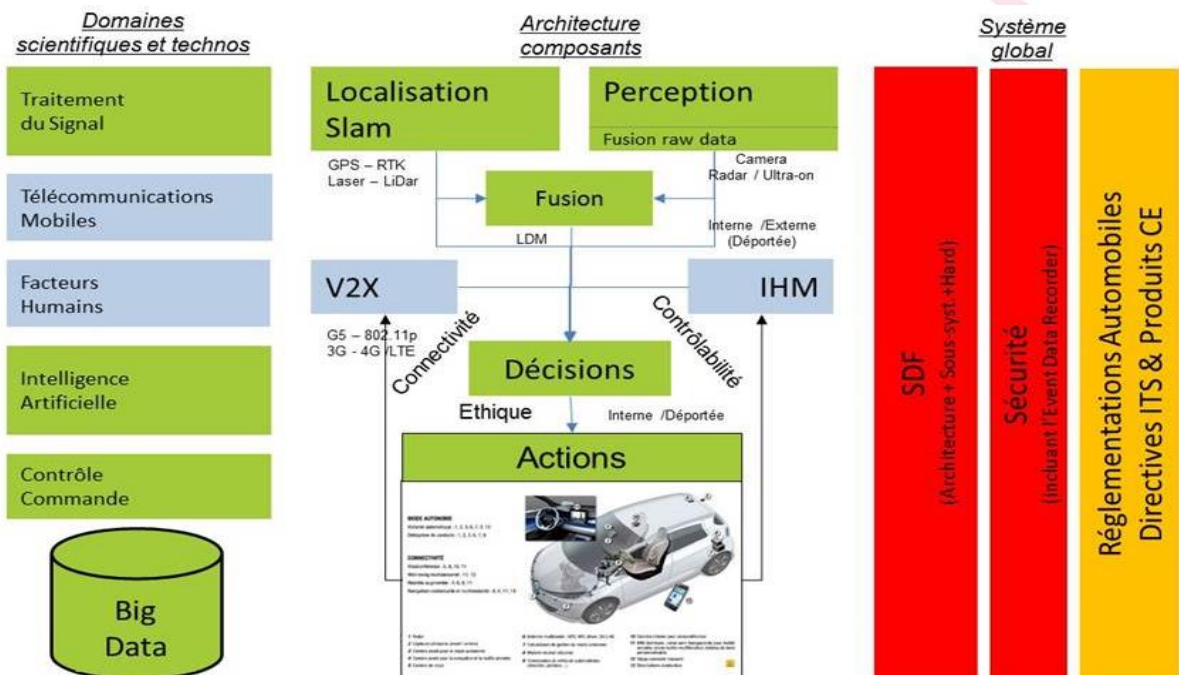
ANNEXES

1. LES CATEGORIES D'AUTOMATISATION DES VEHICULES

Publié début 2015 sous l'égide de l'UE, Le projet Adaptive définit les termes et catégories d'automatisation dans le tableau ci-dessous (classification SAE) Voir http://www.adaptive-ip.eu/index.php/deliverables_papers.html

SAE Level	SAE name	SAE narrative definition	Execution of steering and acceleration/ deceleration	Monitoring of driving environment	Fall-back performance of dynamic driving task	System capability (driving mode)	BAST Level	NHTSA level
Human driver monitors the driving environment								
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n.a.	Driver Only	0
1	Driver Assisted	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/ deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes	Assisted	1
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/ deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> performs all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes	Partial Automated	2
Automated driving system ("system") monitors the driving environment								
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a request to intervene	System	System	Human driver	Some driving modes	Highly Automated	3
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a request to intervene	System	System	System	Some driving modes	Fully Automated	3/4
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes		

2. L'ARCHITECTURE D'UN SYSTEME AUTONOME EMBARQUE





3. LA CYBER-SECURITE DES VEHICULES AUTONOMES ET CONNECTES

Extraits d'une note « La voie à suivre pour une sécurité efficace du véhicule connecté », communiquée par le Colonel Franck MARESCAL, chef de l'Observatoire central des systèmes de transport intelligents à la Gendarmerie Nationale

Le véhicule à délégation de conduite sera obligatoirement connecté, au minimum pour mettre à jour ses logiciels si une faille ou une défaillance potentielle est découverte, et aussi pour les communications entre véhicules qui faciliteront le déplacement du véhicule autonome.

Dans le domaine de la cyber-sécurité en général (protection contre le risque de piratage informatique), les entreprises et l'Etat se sont organisés depuis longtemps pour faire face à ce risque et la bataille est permanente contre les cyber-criminels. Les normes ISO 2700x apportent un cadre constructif. En complément, la Stratégie Nationale pour la sécurité du numérique présentée le 16 octobre 2015 vise à lutter contre des menaces bien identifiées touchant, entre autre, les individus et les objets connectés sous l'égide de l'ANSSI (Agence Nationale de la Sécurité des Systemes d'Information – SGDSN) dont un mode d'action important est le fait « d'agir ensemble ».

L'analyse des principes de base dans le monde de la cyber-sécurité en général, les bonnes pratiques prônées par des agences (ENISA) ou des organismes compétents et l'étude des dernières recommandations dans le domaine de la cyber-sécurité de l'automobile, aboutissent à une réflexion précise sur ce qui doit être accompli pour obtenir une sécurité efficace et robuste.

Ainsi, 7 principes clés, facteurs de réussite sont bien identifiés :

1. Mettre en place au sein de l'entreprise un processus prenant en compte la résilience et la sécurité dès le début de la conception du véhicule (principe de « security/privacy by design ») ;
2. Appliquer un guide de bonnes pratiques ou des standards dans l'esprit de tendre vers l'objectif d'une sécurité efficace (dans un premier temps celui de la SAE J3061 puis celui que l'ISO devrait publier d'ici 3 années) ;
3. Maintenir des contacts étroits avec d'autres acteurs au titre desquels on trouvera vraisemblablement des centres de recherche (comme SystemX), des compagnies spécialisées dans les tests d'intrusions éthiques, et des organismes de standardisation le plus souvent européens pour apporter une contribution à la réflexion et suivre les meilleures pratiques (le groupe d'expert CarSEC de l'ENISA est un bon exemple) ;
4. Détecter en temps réel et enregistrer les tentatives d'intrusions (ou les comportements anormaux) pour une analyse forensique ultérieure si nécessaire (analyse d'un système informatique après incident), tout en réagissant à la menace ;
5. Participer et partager l'information recueillie sur des éventuelles tentatives de piratage dans un CERT dédié (L'industrie automobile américaine vient de créer à Washington à cette fin un « auto ISAC » - Automotive Information Sharing & Analysis Center -) au même titre que l'aviation ISAC qui fonctionne depuis de nombreuses années ;
6. Introduire une dimension cyber-sécurité dans les tests EuroNCAP ;
7. Jouer la transparence dans l'application des principes 1/ à 5/.
8. L'application volontaire de règles internes peut être suffisante dans l'industrie automobile, ce qui n'empêche pas une réflexion propre à cette problématique en phase de certification. Les principes énoncés ici forment un guide pratique qu'il conviendrait de mettre en place.