

Dossier thématique

Regards croisés sur le **véhicule autonome**



Mobilités

- 1 Introduction
- 2 Définitions
- 3 Aides à la conduite et automatisation
- 4 Sûreté de fonctionnement
- 5 Infrastructure hybride
- 6 Automatisation et gestion du trafic
- 7 Activité de conduite
- 8 Interactions avec les piétons
- 9 Territoires et modes de vie impactés
- 10 Fret et logistique
- Enjeux juridiques

REGARDS CROISÉS SUR LE VÉHICULE AUTONOME

Par **Abdelmename Hedhli**,
Chargé de mission ITS¹ – Département COSYS²

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication s'invitent dans notre quotidien et le domaine des transports en est un excellent exemple. En effet, les systèmes de transport intelligents (STI)¹ apportent de nouvelles solutions pour pallier aux conséquences que peut entraîner une utilisation massive de certains modes de déplacement. Leur champ d'application est très large (sécurité routière, gestion du trafic, information multimodale, billettique, aide à la conduite, etc.) et ils regroupent une vaste gamme de technologies parmi lesquelles figurent celles liées au développement des véhicules autonomes et connectés.

Un sujet complexe et multidisciplinaire

Souvent présenté comme une innovation technologique majeure, le véhicule autonome peut potentiellement conduire à des transformations importantes pour nos sociétés.

Son adoption par les usagers dépendra notamment de la façon dont les quatre enjeux fondamentaux seront considérés : améliorer la sécurité routière, optimiser la capacité des infrastructures, réduire les impacts sur l'environnement et faciliter la mobilité pour tous.

Pour faire face à ces défis majeurs, le véhicule autonome constitue un sujet de recherches

essentiel pour lequel l'Ifsttar s'est engagé depuis plusieurs années. Ainsi, il adopte une approche multidisciplinaire et systémique pour traiter ce sujet complexe qui soulève à la fois des questions technologiques, humaines, juridiques et sociétales.

Un véhicule autonome mais également connecté

Alors que le véhicule autonome est conceptuellement présenté comme un robot mobile, le véhicule connecté quant à lui repose sur la communication et le partage d'informations.

Que ce soit entre véhicules, infrastructure routière et infrastructure de communication, ces échanges permettent d'améliorer la sécurité et le confort des usagers ainsi que la gestion des infrastructures. L'Ifsttar, à travers des projets comme SCOOP@F par exemple, est très impliqué sur ce sujet.

Bien que l'approche recherche et les concepts sur lesquels reposent les véhicules autonome et connecté soient aujourd'hui différents, ils deviendront prochainement complémentaires. En effet, afin d'améliorer les capacités de perception de son environnement, de pallier les défauts rencontrés sur un itinéraire et d'améliorer la sécurité, le véhicule autonome devra être connecté à l'infrastructure et aux autres véhicules.

Et l'humain dans tout ça ?

Avant d'arriver à une exploitation commerciale, annoncée pour 2020 selon plusieurs constructeurs français, un certain nombre d'obstacles et de barrières d'ordre technologiques, réglementaires, juridiques, sociales, etc. restent toutefois à lever et dans lesquels l'humain y tient un rôle prépondérant. À noter également que le développement du véhicule autonome se fera progressivement et conduira à une phase transitoire durant laquelle des véhicules avec et sans conducteur cohabiteront sur la route. En outre, l'intervention du conducteur sera nécessaire tant que l'automatisation du véhicule sera partielle (phases de reprise en main du niveau 3 SAE³ par exemple).

1. ITS intelligent transportation systems - STI systèmes de transport intelligents

2. COSYS : Département Composants et Systèmes

3. Il existe six niveaux pour qualifier l'automatisation ou l'autonomie des véhicules, définis par la société des ingénieurs automobiles américains (SAE).

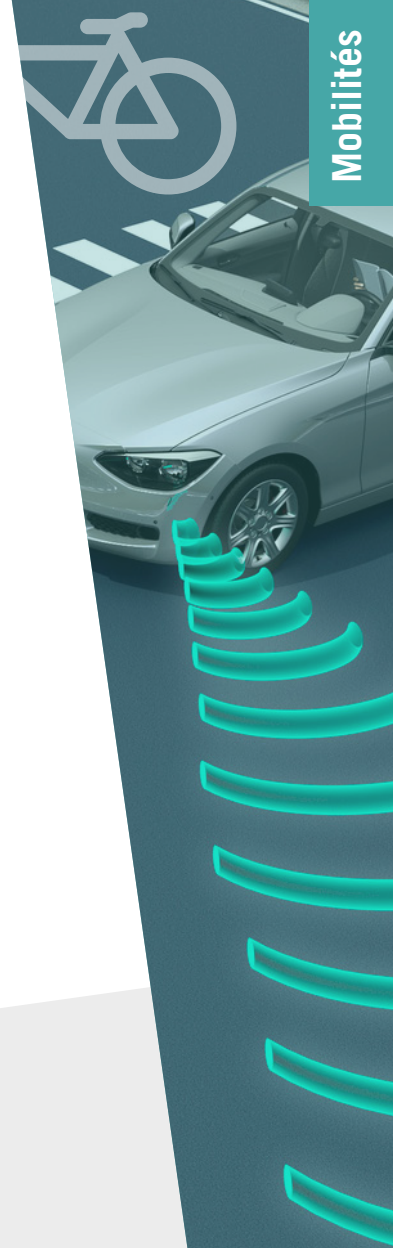
« À travers ce dossier thématique découvrez le sujet complexe du « véhicule autonome », les problématiques qu'il induit et la façon dont celles-ci sont étudiées à l'Ifsttar. »



Contenus textes réutilisables

Illustrations : Epictura

Lire l'ensemble du dossier thématique 2017 sur <http://www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/espace-science-et-societe/>



1 QU'EST-CE QU'UN VÉHICULE AUTONOME ?

Par **Sébastien Glaser**,
Chercheur en automatique,
Département COSYS¹, Laboratoire LIVIC²

Imaginer un véhicule qui réalise une mission complexe en interagissant avec son environnement, sans action du conducteur, a longtemps fait partie de l'univers de la science-fiction ou des artistes. Pourtant l'automatisation de la conduite, permettant de déléguer toute ou partie de la tâche de conduite vers un système automatisé, devient aujourd'hui une réalité, popularisée par les expérimentations du véhicule autonome de Google (en 2010).

Le terme autonomie vient des racines grecs « Auto », soi-même, et « Nomos », les règles. Ainsi, un véhicule autonome doit être capable de réagir par soi-même suivant des règles définies. Afin de réaliser les missions qui lui seront données, un tel véhicule doit percevoir l'environnement et le comprendre, décider d'une manœuvre et en planifier sa réalisation.

Pour cela, il est doté de différentes technologies de capteurs (laser à balayage, radar et caméra). Les signaux des capteurs sont ensuite traduits, à l'aide d'algorithmes, sous forme d'informations compréhensibles par les machines et indispensables à la conduite (marquage au sol, signalisation, bâtiments, véhicules, piétons, etc.). À ce titre, la SAE³ propose différents niveaux d'automatisation et d'autonomie, en fonction de l'intrusion de ces systèmes dans la conduite.

Cela permettra d'aborder de nombreux enjeux sociétaux tels que la sécurité routière, la fluidité du trafic, la diminution d'énergie et la mobilité pour tous. Ce dernier point est primordial pour nos sociétés vieillissantes et les personnes porteuses de handicaps. En effet, cette possibilité de mobilité est valorisante et permet, aux personnes concernées, de retrouver une part d'autonomie.

Dans un premier temps, une expérience collective

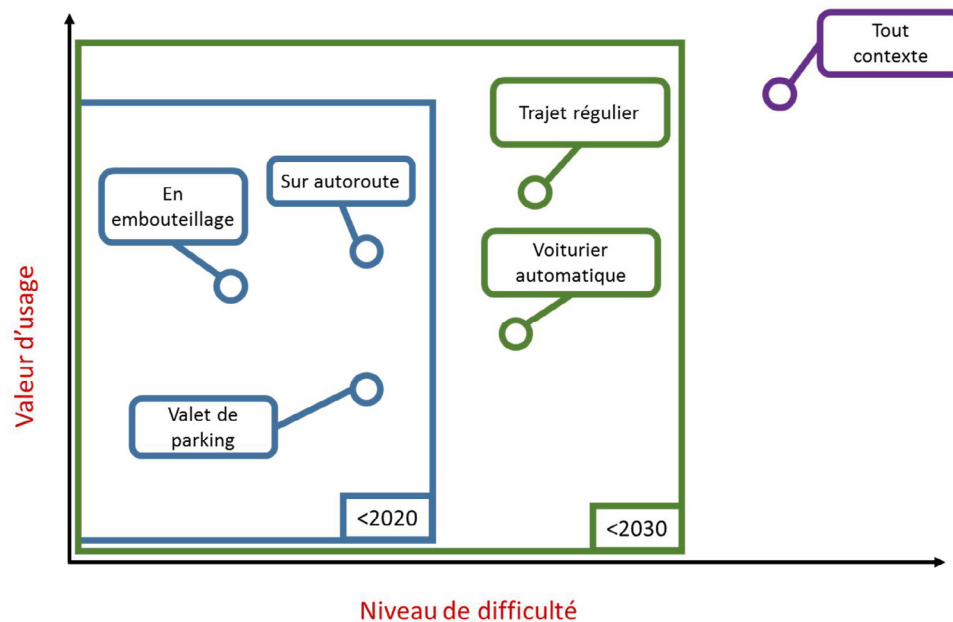
Le véhicule autonome, dans le cadre des nouveaux usages de la mobilité, est souvent associé au téléphone portable et à la révolution qu'il a engendrée. Si l'objet transport autonome est aujourd'hui principalement vu sous l'angle du véhicule, de nombreux domaines peuvent en bénéficier tels que le transport de marchandise, le taxi autonome ou le transport collectif.

C'est dans ce dernier domaine que des expérimentations ou des intégrations ont déjà été réalisées (navettes autonomes desservant les aéroports telles OrlyVal et Navya Arma ou métros autonomes). Le point commun de ces transports reste le domaine dans lequel le véhicule évolue : il est fortement protégé. En effet, l'étape de perception de l'environnement reste complexe et nécessite d'être effectuée avec un grand niveau de performance et de fiabilité. Ainsi, pour simplifier l'étape de décision et de planification, les réactions du véhicule doivent être limitées : le contrôle latéral est contraint (par des rails ou une restriction forte du guidage par des murs) et seul le contrôle longitudinal peut varier dans des plages importantes.

L'autoroute, une voie toute tracée pour le véhicule particulier

Les parties prenantes ont ainsi reproduit ce schéma au niveau du véhicule personnel. Dans un premier temps, c'est le domaine autoroutier qui est visé, avec deux applications principales : la conduite à grande vitesse sur de longs trajets et la conduite en situation saturée à basse vitesse.

Le domaine autoroutier présente de nombreuses similitudes avec les environnements protégés précédents : le guidage est simplifié (marquages présents et normalisés), les interactions avec les autres usagers sont limitées (peu de piétons et d'obstacles, trajectoires des autres véhicules compréhensible et prédictible) et les réactions possibles contraintes.



▲ Extrait des objectifs de recherche de la Nouvelle France Industrielle pour le véhicule autonome
Les feuilles de route d'usages du véhicule autonome, cas du véhicule particulier
<http://pole-moveo.org/appels/plan-nfi-objectifs-de-recherche-vehicule-autonome/>

QU'EST-CE QU'UN VÉHICULE AUTONOME ? (SUITE)

Ce développement fait aussi écho à l'une des principales exigences des conducteurs qui concerne la conduite sur autoroute à grande vitesse. Aujourd'hui, Tesla et des constructeurs haut de gamme promeuvent des systèmes automatisés pour ce type d'usage, fortement apprécié par les usagers.

Une question d'implication

Néanmoins, la délégation de la conduite reste aujourd'hui fortement limitée. Sur le plan technique d'une part, les fonctions disponibles ou en passe de l'être ne le sont qu'au niveau 2 du classement SAE³. Le conducteur est encore dans l'obligation de superviser le système, l'environnement et d'agir immédiatement en

cas de défaillance. D'autre part, des mésusages ont déjà été identifiés, notamment lorsque le conducteur renforce sa confiance dans le système et se permet d'autres activités, comme cela a été le cas pour l'accident de la TESLA. Pour cela, il faudrait dès à présent un système, de niveau 4, capable de se superviser, de superviser l'environnement et d'agir de lui-même en cas de défaillance.

Le véhicule autonome, tel que nous pouvons nous l'imaginer, deviendra réalité dans quelques années. D'ici là, il devra se localiser précisément en tenant compte de son environnement et savoir prendre des décisions afin de planifier ses trajectoires en minimisant les contraintes sur les autres usagers.

1. COSYS : Département Composants et Systèmes
2. LIVIC : Laboratoire sur les interactions véhicules-infrastructure-conducteurs
3. SAE International est une association mondiale de plus de 128 000 ingénieurs et experts techniques associés de l'industrie aérospatiale, automobile et des véhicules commerciaux. <https://www.sae.org/>
4. VEDECOM : Institut français de recherche partenariale publique-privée et de formation dédié à la mobilité individuelle décarbonée et durable.

Animation



Usecase driving delegation, VEDECOM⁴



Contenus textes réutilisables

Vidéo : VEDECOM

Lire l'ensemble du dossier thématique 2017 sur <http://www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/espace-science-et-societe/>

2 DES AIDES À LA CONDUITE JUSQU'À L'AUTOMATISATION DU VÉHICULE

Par **Dominique Gruyer**,

Directeur de recherche en perception et fusion de données
Directeur du Laboratoire LIVIC¹, Département COSYS²

Depuis maintenant 3 décades, nous assistons au développement des systèmes avancés d'assistance à la conduite dits ADAS. Ces systèmes améliorent les aspects « sécurité », « énergie », « mobilité » et « confort ». Ils ne remplacent aucunement la tâche de conduite du conducteur mais lui apportent des aides informatives et actives.

Depuis peu, ces ADAS apparaissent comme une première étape indispensable avant la mise en œuvre des moyens de mobilité semi- ou totalement automatisés. Ces nouvelles aides vont permettre d'optimiser les enjeux en garantissant une très forte fiabilité tout en prenant en compte le confort des usagers (pour une plus grande acceptabilité). À l'Ifsttar et plus particulièrement au LIVIC, ils ont été abordés dans de nombreux projets de recherche nationaux et européens.

Des systèmes d'aide à la conduite reconnus

Les fonctions de confort visent à rendre la conduite plus facile et plus agréable pour le conducteur. C'est le cas du régulateur de vitesse (ACC³), de l'aide au stationnement (Parking-Assist), des essuie-glaces automatiques et du contrôle automatique des phares (orientation,

zone, intensité). Les conducteurs apprécient particulièrement ces fonctions : en 2015, les applications les plus vendues étaient l'assistance au parking, la perception optique, et le régulateur de vitesse.

Côté sécurité, après l'ABS⁴ dès les années 1960, sont apparues l'ESC⁵ en 1995, le régulateur de vitesse ACC en 1997, l'amélioration de la vision

nocturne en 2000, suivi de l'alerte de sortie de voie en 2001 et du freinage d'urgence en 2003.

Les questions environnementales ne sont pas oubliées, avec l'apparition d'informations pour minimiser la consommation (éco-conduite) et le développement de moyens de mobilité alternatifs (électrique, hydrogène, hybride).

Un dernier enjeu sociétal et scientifique concerne la mobilité des usagers. Sur ce point, des solutions sont encore à trouver pour améliorer significativement et efficacement les systèmes liés à la mobilité. Pour cet aspect, des adaptations spécifiques aux infrastructures et des moyens de mobilité multimodaux pertinents doivent être mis en œuvre. Les panneaux à messages variables (PMV), principalement installés sur les autoroutes, ont été parmi les premiers systèmes déployés. Plus récemment, de nouveaux systèmes coopératifs et communicants ont pris en compte les technologies mobiles pour optimiser la dynamique d'une flotte de véhicules (capacité, gestion de convois, insertion ou sortie de voie, etc.).

1. LIVIC : Laboratoire sur les interactions véhicules-infrastructure-conducteurs
2. COSYS : Département Composants et Systèmes
3. Adaptive Cruise Control ou régulateur de vitesse adaptatif
4. Système d'assistance au freinage (de l'allemand « Antiblockiersystem »)
5. Correcteur de trajectoire sous forme d'assistance électronique comprenant les fonctions d'antiblocage, de répartition, d'aide au freinage d'urgence, l'anti patinage, etc.

Projets de recherche

> Projets de recherche nationaux :

- LOVE (détection des vulnérables) ;
- ABV (automatisation basse vitesse) ;
- SCOREF (déploiement des communications dédiées aux transports).

> Projets de recherche européens :

- Have-it (automatisation en milieu autoroutier) ;
- eFuture (véhicule électrique automatisé) ;
- ecoDriver (éco mobilité).

> Projet de recherche internationaux :

- CooPerCom (perception et communication coopérative pour l'automatisation).

Ces travaux se poursuivent, entre autre, avec les projets :

- SINETIC (plateforme de simulation multi-niveau pour les ADAS coopératifs) ;
- GameEcar (en cours sur l'éco conduite) ;
- C-ROADS (systèmes coopératifs) ;
- CARTRE (Cooperative Support Action sur l'automatisation).



▲ CARLLA : le prototype de l'Ifsttar dédié à l'automatisation de la conduite (projets ABV, Have-it, eFuture, etc.)



En route vers l'automatisation

La plupart des systèmes mentionnés précédemment sont maintenant disponibles sur une large gamme de véhicules. L'état des recherches actuelles montre très clairement que nous sommes très proches d'une automatisation partielle de la conduite à basse vitesse dans des situations de trafic dense.

D'un point de vue plus global, ces applications et ces services sont encore installés de manière isolée et indépendante. Même si plusieurs ADAS sont présents dans un véhicule, ils sont encore considérés comme une aide au conducteur.

Pourtant, avec le nombre croissant de ces systèmes embarqués et l'augmentation de leurs capacités, de leur fiabilité et de leur robustesse, la situation évolue vers une conduite automatisée remplaçant le conducteur. Or, en cas de défaillance du système (capteurs, actionneurs, matériels électroniques, applications, etc.), il doit pouvoir avertir efficacement et rapidement le conducteur afin qu'il reprenne la main. Pour limiter les risques, dans cette situation de transition machine/humain, il faudra pouvoir prédire et anticiper les situations critiques. Cette étape de transition est actuellement un réel verrou scientifique et technologique qui fait l'objet de recherche, etc.

Jusqu'à six niveaux d'autonomie

Récemment, la SAE¹ a proposé une définition des six principaux niveaux d'automatisation identifiés. Les 3 premiers concernent uniquement l'aide apportée au conducteur qui conserve sa tâche d'observation de l'environnement et d'action sur le véhicule. Les 3 niveaux suivants définissent les modes d'automatisation possibles allant d'une automatisation partielle et partagée à une automatisation complète et sans conducteur.

Plus spécifiquement, le niveau 3 permet une reproduction de la tâche de conduite avec une reprise en main du conducteur en cas de problème. Le niveau 4, plus complexe, doit être en mesure de garantir un niveau de sécurité élevé. Ce niveau implique donc une compréhension, par le système, du comportement du conducteur et des stratégies de substitution, même en condition critique pour l'automate. Enfin, le dernier niveau concerne l'automatisation complète sans aucune intervention possible de l'humain.

1. SAE International est une association mondiale de plus de 128 000 ingénieurs et experts techniques associés de l'industrie aérospatiale, automobile et des véhicules commerciaux. <https://www.sae.org/>

Pour aller plus loin

B. Vanholme, D. Gruyer, B. Lusetti, S. Glaser, S. Mammari, "Highly automated driving on highways based on legal safety", in *IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems*, N° 14 (1), pp. 333-347, 2013.

Laurène Clausmann, Marc Revilloud, Sébastien Glaser, Dominique Gruyer, "A Study on AI-based Approaches for High-Level Decision Making in Highway Autonomous Driving." in the *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. (IEEE SMC 2017)*, October 5-8, 2017 - Banff, Canada.

Jacques Ehrlich, Dominique Gruyer, Olivier Orfila, Nicolas Hautière, "Autonomous vehicle: the concept of high quality of service highway", in *FISITA World Automotive Congress 2016*, 26-30 September 2016, Busan, Korea.

D. Gruyer, S. Choi, C. Boussard, B. d'Andrea Novel, "From Virtual to Reality, How to Prototype, Test and Evaluate New ADAS: Application to Automatic Car Parking.", Accepted in *IEEE Intelligent Vehicles symposium (IV2014)*, Dearborn, Michigan, June 8 - 11, 2014, USA.

Les niveaux d'automatisation selon SAE international¹

Niveaux SAE ¹	Objets	Spécificités du niveau
0	Pas d'automatisation	Toutes les fonctions dynamiques de conduite relèvent du conducteur, en tout temps, même soutenues par des dispositifs d'alerte ou d'intervention.
1	Assistance à la conduite	Les fonctions de direction ou d'accélération/décélération sont déléguées, assistées par un système d'information sur l'environnement du véhicule, sous réserve que les autres tâches de conduite soient effectuées par le conducteur.
2	Automatisation partielle	Les fonctions de direction et d'accélération/décélération sont déléguées, assistées par un système d'information sur l'environnement du véhicule, sous réserve que les autres tâches de conduite soient effectuées par le conducteur.
3	Automatisation conditionnelle	L'ensemble des fonctions de conduite est délégué, sous réserve que le conducteur puisse répondre de façon adéquate à une requête d'intervention.
4	Automatisation élevée	L'ensemble des fonctions de conduite est délégué, même si le conducteur ne peut pas répondre de façon adéquate à une requête d'intervention.
5	Automatisation totale	L'ensemble des fonctions du véhicule, dans toutes les situations auxquelles peut faire face un conducteur, est automatisé.

Contenus traduits par l'auteur en référence au document SAE International https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf



Contenus textes réutilisables

Illustration : Ifsttar et SAE International

Lire l'ensemble du dossier thématique 2017 sur <http://www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/espace-science-et-societe/>

3 SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT DES VÉHICULES AUTONOMES

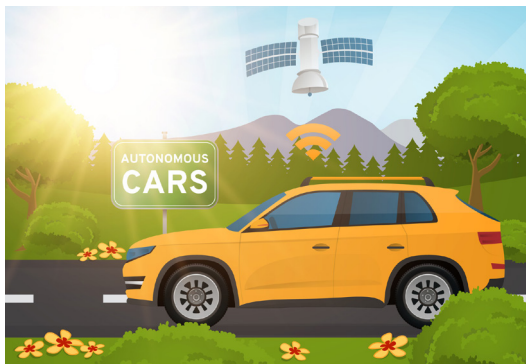
Par **El Miloudi EL KOURSI**,

Chercheur en sûreté de fonctionnement¹ et résilience
Laboratoire ESTAS², Département COSYS³

L'automatisation des systèmes de transport, collectifs et individuels, a toujours été un enjeu majeur pour garantir une mobilité efficace et sûre des citoyens. De véritables sauts, technologiques et de performance, ont été accomplis selon le degré d'automatisation pour améliorer les performances socioéconomiques, fonctionnelles et sécuritaires. Les véhicules autonomes devraient être capables de rouler en toute autonomie, dans des conditions de trafic réel et sur une infrastructure non spécifique, sans l'intervention d'un conducteur. Leur bon fonctionnement dépendra fortement du niveau de sécurité des équipements, de la qualité des logiciels et la fiabilité des informations utilisées par l'intelligence embarquée.

Le système de navigation, un risque à ne pas sous-estimer

Les constructeurs et équipementiers ont fourni des efforts considérables dans le but de construire un écosystème optimal pour la sécurité des véhicules autonomes. Leur automatisation est rendue possible grâce à l'utilisation des technologies de géolocalisation via le GPS⁴ et dans un futur proche Galileo. Néanmoins, il est possible de tromper un récepteur GPS pour lui faire croire qu'il est à une autre position physique que celle où il est vraiment. Le risque étant que des véhicules autonomes puissent être amenés à des endroits non voulus par les usagers. Ce type d'attaque doit être pris en compte dans les analyses de sécurité des composants matériels et logiciels et au niveau système.



La complexité du système routier, un élément à considérer

À la différence des métros automatiques, l'automatisation complète des véhicules routiers, qui évoluent dans un contexte urbain complexe, nécessite une démonstration rigoureuse de la sécurité des équipements embarqués et au sol. Cette démonstration devra être réalisée, de manière fine et sûre, dans des situations normales et compliquées afin d'intégrer toutes les situations dangereuses. La sécurité est donc un enjeu majeur pour l'avenir de la voiture autonome et doit répondre à l'objectif de zéro accident avec un coût raisonnable.

Un transfert de compétences pour assurer la sécurité des usagers

L'Ifsttar a acquis depuis plusieurs années des expertises dans l'automatisation de la conduite des véhicules et dans le domaine de la certification des automatismes de sécurité dans les transports guidés. Les équipes de l'institut sont intervenues dans les domaines de la signalisation, de contrôle-commande (matériel et logiciel) et de la sécurité des systèmes pour contribuer à la mise en service des TGV et des métros sans conducteurs. Ainsi, l'Ifsttar a été sollicité sur quasiment tous les systèmes de transports guidés automatiques mis en service en France. Cette synergie entre compétences dans le domaine de l'automatisation des véhicules routiers et expertises sécurité des métros automatiques pourra être mis au profit de la sécurité des véhicules autonomes routiers.

1. La sûreté de fonctionnement est un concept qui englobe la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la sécurité.
2. ESTAS : Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité
3. COSYS : Département Composants et Systèmes de l'Ifsttar
4. Le GPS global positioning system est un système américain de navigation et de localisation par satellite. Galileo est son équivalent européen.
5. LIVIC : Laboratoire sur les interactions véhicules-infrastructure-conducteurs

Pour aller plus loin

Legrand C., Beugin J., Conrard B., Marais J., Berbineau M., El-Koursi E.-M. From extended integrity monitoring to the safety evaluation of satellite-based localisation system. *Reliability Engineering and System Safety*. DOI-10.1016/j.res.2016.04.011, 2016.

EL-KOURSI EM., COUVREUR G., BARANOWSKI F., FLAMANT F., BUTIN A., *The renovation requirements for the VAL manless system in Lille, APM, Automated People Movers and Transit Systems, May 22 - 26, 2011, Paris, France, 2011, 8 p.*

Découvrir le travail

- > Du laboratoire ESTAS²
- > Du laboratoire LIVIC⁵





4 VERS UNE INFRASTRUCTURE ROUTIÈRE HYBRIDE

Par **Nicolas Hautière**,

Directeur de projet R5G © à l'Ifsttar et chercheur du département COSYS¹

Du fait de son utilisation routière, le véhicule autonome continuera à interagir physiquement avec l'infrastructure, que ce soit sur des routes urbaines ou interurbaines. Mais, contrairement au véhicule conventionnel, il ne s'appuiera quasiment que sur ses capteurs pour décoder l'environnement dans lequel il évolue. La route traditionnelle, qui tient actuellement compte des capacités de perception du conducteur, doit encore évoluer pour s'adapter à ce nouveau type de transport. Tout l'enjeu est de savoir évaluer la nature, l'ampleur et la temporalité de ces évolutions, afin d'en mesurer l'acceptabilité socio-économique. Dans ce cadre, l'Ifsttar développe l'infrastructure à même de supporter le véhicule autonome. Celle-ci étant une composante de la Route 5^e Génération.

Des contraintes à anticiper

La route est conçue d'une part pour supporter les nombreuses charges roulantes et d'autre part pour permettre aux conducteurs de s'adapter aux conditions de circulation. Le véhicule autonome devra connaître toutes les caractéristiques de l'infrastructure, qu'il emprunte, pour circuler en toute sécurité.

Cependant, il peut lui-même remettre en cause les spécificités de l'infrastructure. Par exemple, en circulant de manière groupée et toujours au même endroit, un peloton de poids-lourds autonomes pourrait créer des dommages sur la chaussée. De la même façon, en roulant de manière trop rapprochée, ils sont susceptibles d'impacter les ouvrages d'art qu'ils franchissent.

Les équipements de la route, sont également concernés. Par exemple, les marquages routiers, initialement conçus pour être visibles pour l'œil humain, seront utilisés par les véhicules autonomes, afin de se localiser précisément sur leur voie de circulation. Cela oblige à s'intéresser au lien qui peut exister entre performance des caméras embarquées et visibilité des marquages.

La technologie numérique en renfort

Ce sont les capteurs, à bord de chaque véhicule autonome, qui seront en charge d'analyser la route. S'ils ne peuvent pas la décoder, un système embarqué de cartographie numérique prendra le relai pour apporter les informations manquantes. Ainsi, l'infrastructure physique deviendra peu à peu numérique.

L'enjeu est alors de concevoir cette infrastructure numérique et de la maintenir à jour, ce qui pose des problèmes de standard et de format pour l'échange de données. Cela soulève également des problématiques scientifiques. En effet, si la géométrie des routes évolue peu dans le temps (en dehors des zones de travaux), que penser de l'adhérence de la chaussée ou de la visibilité des marquages hautement sensibles à la météo ?

Pour des raisons d'alimentation et de mise à jour, l'infrastructure numérique devra être connectée avec les véhicules mais aussi les centres de gestion liés à la maintenance, au trafic et à la météo.

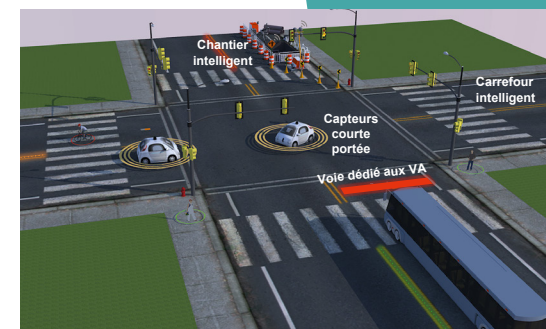
Une infrastructure nécessairement hybride

Ainsi, l'infrastructure pour le véhicule autonome sera hybride, c'est-à-dire à la fois physique et numérique. La connectivité de la route permettra à l'infrastructure numérique d'être mise à jour en permanence grâce à des unités de bords de route² (technologie 5G) ou à travers des réseaux cellulaires (de type 3G ou 4G).

En outre, cette infrastructure devra accueillir des véhicules avec différents niveaux d'autonomie (de 0 à 5) ainsi que des usagers vulnérables. Ces interactions devront se faire en toute sécurité tout en ne perturbant pas la fluidité du trafic.



▲ Autoroute hybride munie d'une voie dédiée à la circulation des véhicules autonomes



▲ Intersection urbaine hybride, adaptée à la circulation des véhicules autonomes

1. COSYS : Département Composants et Systèmes

2. Les unités de bords de routes (UBR) ont pour fonction de coordonner l'ensemble des objets connectés, sur la zone de couverture, qu'ils soient statiques ou mobiles. Voir l'article sur les routes connectées et coopératives.

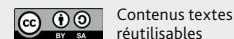
Pour aller plus loin

Hautière N., De-La-Roche C. et Op-De-Beek F. Comment adapter les infrastructures routières aux enjeux de la mobilité de 2030. In TEC: Transport Environnement Circulation, 217: 25-32, 2013.

Lepert P., Hautière N., 2010. Projet DIVAS : Dialogue Infrastructure Véhicules pour Améliorer la Sécurité routière. Hermès.

Hautière N., Tattelain H., Guilbot M. Véhicules connectés et autonomes : quels enjeux technologiques, juridiques et de sécurité routière ? Hygiène & Sécurité du Travail - N° 246, pages 100-103, mars 2017.

Hautière N., L'infrastructure routière devra-t-elle être aussi intelligente que les véhicules ? TEC, N° 231, 2016.



Illustrations : Ifsttar

Lire l'ensemble du dossier thématique 2017 sur <http://www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/espace-science-et-societe/>



Découvrir

> Le dossier thématique sur la Route de 5^e Génération dite R5G ©

> Le projet SCOOP véhicules et routes connectés

5 IMPACTS DES VÉHICULES AUTOMATISÉS ET CONNECTÉS SUR LE TRAFIC, LA SÉCURITÉ ET SUR LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS

Par **Nour-Eddin El Faouzi**,
Chercheur en modélisation du trafic,
Directeur du Laboratoire LICIT¹
et Directeur adjoint du Département COSYS²

Les véhicules automatisés et connectés (VAC) sont en train de révolutionner la mobilité des biens et des personnes avec une sécurité accrue. Ces véhicules permettent de rationaliser l'usage des infrastructures de transport mais également de conserver mobilité et indépendance pour une population vieillissante. Le bénéfice le plus prometteur et le plus attendu concerne les potentielles améliorations de la sécurité avec la réduction, voire l'élimination, du nombre d'accidents. Par ailleurs, le véhicule connecté – ou intelligent – offre la possibilité de réduire les congestions et donc les émissions de polluants dues au trafic. Pour cela, plusieurs technologies sont utilisées telles que l'information « trafic ciblé et temps réel » et la capacité d'auto-organisation du trafic par le mécanisme d'échanges d'informations (communication véhicule – véhicule V2V et véhicule – infrastructure V2I).

Étudier les impacts des véhicules automatisés et connectés sur le trafic

L'Ifsttar mène actuellement de nouvelles recherches qui concernent l'impact de ces véhicules sur le trafic et plus spécifiquement les congestions³. Il est constaté que la présence d'à peine quelques véhicules connectés et automatisés pourrait éliminer, de façon significative, les ondes de choc dues aux arrêts et démarrages des véhicules ainsi que réduire leur consommation énergétique.

De plus, avec la connectivité et l'automatisation, les véhicules deviennent à la fois capteurs mobiles et actionneurs. Cela permet de revisiter les pratiques de gestion du trafic actuelles pour donner naissance à de nouvelles stratégies de régulation (ex. : homogénéisation des vitesses, gestion de convois, insertion ou sortie de voie et de peloton).

Simuler la coopération et l'automatisation du trafic

Plus précisément, de récents travaux de recherche, menés au département COSYS² de l'Ifsttar, ont proposé une « modélisation multi-agents »⁴ du trafic partiellement coopératif et automatisé. L'écoulement du trafic y est décrit par un modèle de trafic dit « microscopique » calculant la trajectoire exacte de chaque véhicule (agent). Cela reproduit les principaux comportements de conduite comme la poursuite, l'insertion, le changement de voie, le choix d'itinéraire.

Le caractère coopératif ou automatisé du système est assuré par un modèle multi-agents où chaque véhicule reçoit des informations sur son environnement et adapte sa trajectoire selon un processus de perception-décision-action.

La réponse du système a également été étudiée en fonction du pourcentage de véhicules connectés et automatisés mais également du niveau de confiance que les agents portent aux informations qu'ils reçoivent de la part d'autres agents. Une plateforme de simulation dénommée MASCAT pour plateforme Multi Agents pour la Simulation de la Coopération et de l'Automatisation du Trafic, a été développée.

S'auto-organiser pour mieux réguler la circulation

Les résultats de ces travaux indiquent la capacité des véhicules connectés à s'auto-organiser pour homogénéiser le trafic, améliorer la sécurité ou encore réduire l'impact environnemental lié à la circulation.

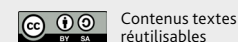
Ces effets deviennent visibles à partir d'un taux de pénétration relativement faible. En effet, 10 % de véhicule connectés dans le trafic suffisent pour améliorer notablement sa fluidité.

Ceci indique l'intérêt du déploiement de ces véhicules même dans une phase transitoire, plus ou moins longue, où des véhicules non équipés ou partiellement équipés devront cohabiter (on parle de trafic mixte).

1. LICIT : Laboratoire d'Ingénierie Circulation Transport
2. COSYS : Département Composants et Systèmes
3. Accumulation de véhicules sur le réseau routier qui entraîne une gêne de la circulation. Les congestions sont appelées communément « embouteillages » ou « bouchons ».
4. La « modélisation multi-agents » permet ici d'établir des modèles de prédiction d'un trafic composé de plusieurs véhicules autonomes et coopératifs dits agents.

Pour aller plus loin

Guériaux M., Billot R., El Faouzi, N.-E., Monteil J., Armetta F., Hassas S. (2016) *How to Assess the Benefits of Connected Vehicles? A Framework for the Design of Cooperative Traffic Management Strategies. Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2016, 67, 266 - 279.



Illustrations et vidéo :
LICIT, ENTPE-IFSTTAR 2017

Lire l'ensemble du dossier thématique 2017 sur
<http://www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/espace-science-et-societe/>

Projet MASCAT

La plateforme
de simulation MASCAT
en images

▲ Homogénéisation
du trafic

6 IMPACTS DE L'AUTOMATISATION SUR L'ACTIVITÉ DE CONDUITE

Par **Hélène Tattegrain**,
Chercheur en intelligence artificielle
et Directrice du Laboratoire LESCOT¹, Département TS2²

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

En effet, l'automatisation totale (niveau SAE 5³) n'est pas encore disponible pour les véhicules légers. Il faut donc prévoir des phases de transition entre les modes manuels (conduite du véhicule par le conducteur) et autonomes (conduite du véhicule par ses systèmes de contrôles automatiques). Suivant les différents niveaux d'automatisation (proposés par la SAE³), les attentes vis-à-vis du conducteur ne sont pas les mêmes et les problèmes, auxquels il risque d'être confronté, varient en conséquent.

Dans ce cadre, l'Ifsttar travaille sur la conception anthropocentrée⁴ de systèmes d'assistance, sur l'identification des scénarios critiques, sur le monitoring du conducteur pour adapter les interactions homme-machine et sur la conception virtuelle de système d'assistance.

Un conducteur assisté

Le premier niveau est actuellement en déploiement avec l'arrivée de différents systèmes de contrôle actifs sur seulement une partie des fonctions de conduite. Il permet au conducteur de bénéficier momentanément d'une assistance (accélération, freinage, etc.). Elle réduit alors la demande attentionnelle nécessaire pour gérer la tâche de conduite. Si cette réduction est bénéfique dans les situations très complexes,

elle peut également engendrer des conditions dangereuses. Ainsi, des phénomènes d'inattention dus à une sous-charge d'activité (ex. baisse de vigilance, vagabondage de la pensée, etc.) ou de distraction du fait de la réalisation d'autres tâches (ex. téléphoner, manger, etc.), pourraient être observés. Ces phénomènes génèrent principalement des problèmes de prises d'information dans la scène routière.

Un rôle de conducteur-superviseur

Dans le cas du niveau 2, le système prend en charge des nouvelles fonctions mais le conducteur, qui maîtrise son environnement, doit pouvoir reprendre la main sur le véhicule à tout instant. Les phénomènes observés précédemment risquent alors d'être amplifiés par le fait que le conducteur n'a aucune tâche de conduite active lorsque les contrôles longitudinaux et latéraux sont gérés par le système. Mais, ce niveau imposerait au conducteur d'être tout de même attentif à son environnement pour pouvoir reprendre le contrôle du véhicule à tout moment. Cette obligation est très préoccupante, en termes de sécurité routière, car rien n'assure que le conducteur se trouve bien en mode supervision, d'un point de vue cognitif, et cela même si sa position physique est correcte.

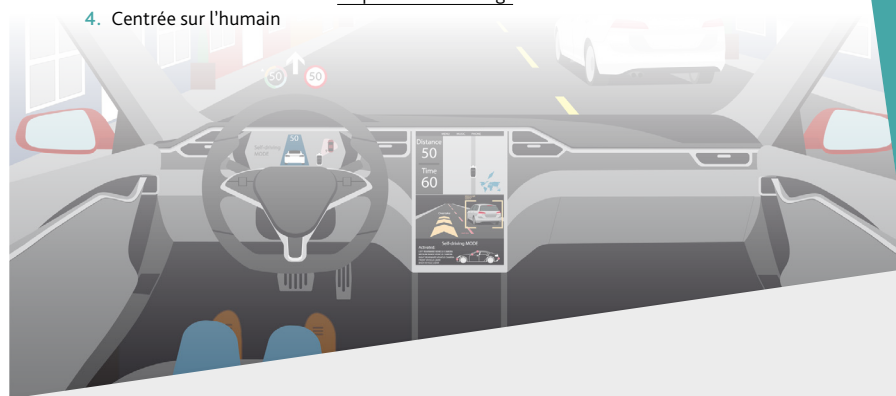
Du stade superviseur au stade passager

Pour les niveaux 3 et 4, le conducteur est autorisé à exécuter d'autres tâches pendant les phases de délégation de la conduite. Il doit cependant toujours être en mesure de reprendre le contrôle à la demande du système. Si le conducteur ne reprend pas la main, il est prévu une mise à l'arrêt du véhicule (niveau 3) ou une mise en sécurité (ex. sur bande d'arrêt d'urgence pour le niveau 4). Pour ces deux cas, les phases de transitions sont particulièrement critiques.

En effet, lorsque le conducteur délègue la tâche de conduite au système autonome (transition manuelle vers autonome), le système doit être prêt à prendre le contrôle. Dans le cas où le système ne peut pas assurer une conduite autonome, il est important que le conducteur comprenne bien que le véhicule ne peut pas se mettre en conduite autonome. Même constat pour les phases de reprise en main du véhicule par le conducteur (transition autonome vers manuelle). Il faudra s'assurer que le conducteur soit en état physique et attentionnel pour reprendre le contrôle et qu'il soit bien conscient que le véhicule n'est plus en mode autonome.

Quel que soit le niveau d'automatisation, la prise en compte des problèmes de connaissance de l'état du système, par l'utilisateur, est classique dans les domaines de la coopération homme-machine. Elle est cependant vitale pour le véhicule automatisé dont les erreurs peuvent être fatales.

1. LESCOT : Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports
2. TS2 : Département Transport, Santé, Sécurité
3. SAE International est une association mondiale de plus de 128 000 ingénieurs et experts techniques associés de l'industrie aérospatiale, automobile et des véhicules commerciaux. <https://www.sae.org/>
4. Centrée sur l'humain



7 ANTICIPER LES RELATIONS ENTRE LES PIÉTONS ET LES VÉHICULES AUTONOMES

Par **Aurélié Dommes**,
Chercheur en psychologie cognitive
et **Jean-Michel Auberlet**,
Chercheur en intelligence artificielle
Département COSYS¹, Laboratoire LEPSIS²

Les récentes évolutions technologiques vont faire des véhicules à conduite déléguée, dits autonomes, de futurs acteurs du trafic routier en France et dans les pays industrialisés.

Ces véhicules équipés de capteurs seront capables, notamment, de détecter un piéton à une distance plus ou moins grande, et ses algorithmes calculeront des commandes motrices permettant d'entreprendre une action adaptée (freiner, ralentir, déboîter, etc.). Ces avancées technologiques et scientifiques permettraient donc de réduire le nombre d'accidents, impliquant des piétons, grâce à des interactions plus sûres. En effet, les véhicules autonomes pourraient pallier les erreurs humaines, qu'elles proviennent du conducteur ou du piéton.

Des comportements et des réactions encore inconnus

Au-delà des fortes contraintes techniques (ex. capacités de détection des capteurs, prédictibilité, robustesse, souplesse des algorithmes, etc.), cet objectif ne sera toutefois atteint que si les véhicules autonomes et les piétons cohabitent et interagissent entre eux en toute sécurité.

Or, à l'heure actuelle nous manquons de connaissances, mêmes expérimentales, sur la manière dont un piéton pourrait se comporter face à un véhicule autonome. La question se pose notamment en situation de traversée de rue, moment clé le plus à risque de ces interactions. En effet, le piéton étant positionné sur la chaussée, ou désirant s'y rendre, est en situation potentielle de collision imminente avec un véhicule à l'approche. Quelques travaux ont été menés à l'international (ex. Rothenbücher *et al.*, 2016), mais ils ne permettent pas de conclure solidement à des comportements piétons bien spécifiques (imprudents, plus prudents, etc.).

Des technologies pour anticiper les intentions du piéton

Une autre difficulté à lever concerne la capacité des capteurs et des algorithmes du véhicule autonome à détecter l'« intention » du piéton de traverser la rue. Plus précisément, il s'agit de connaître les critères et les variables à utiliser pour déterminer si le piéton a l'intention imminente de traverser la rue tout en tenant compte du code de la route en France (art R. 415-11³) « Tout conducteur est tenu de céder le passage, au besoin en s'arrêtant, au piéton s'engageant régulièrement dans la traversée d'une chaussée, ou manifestant clairement l'intention de le faire, ou circulant dans une aire piétonne ou une zone de rencontre ».

Des études qui peuvent être menées en milieu virtuel

La réalité virtuelle, grâce aux développements de simulateurs et d'environnements peuplés tels que ceux du LEPSIS, peut permettre de répondre, en tout ou partie, aux défis d'intégration des

véhicules autonomes au trafic routier. Ainsi, il serait possible de placer un sujet piéton dans un environnement peuplé de personnages non joueurs et de véhicules autonomes.

Afin d'apporter des éléments de réponses à ces questions de prédiction d'intention et de comportements des piétons vis-à-vis des véhicules autonomes, une étude collaborative entre l'Ifsttar (LEPSIS et LBMC⁴) et l'Institut Vedecom est en cours, sur simulateur grande-échelle de traversée de rue.

1. COSYS : Département Composants et Systèmes
2. LEPSIS : Laboratoire Exploitation, Perception, Simulateurs et Simulations
3. Article R. 415-11 du code de la route
4. Le Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC UMR_T9406) est une unité mixte de recherche entre l'Ifsttar (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports de l'Aménagement et des Réseaux) et l'Université Claude Bernard Lyon 1 (première université française en sciences médicales).

Pour aller plus loin

Rothenbücher D., Li J., Sirkin D., Mok B., & Ju W. (2016). Ghost driver: A field study investigating the interaction between pedestrians and driverless vehicles. In 2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) (pp. 795-802).



Découvrir

> Les différents simulateurs du LEPSIS



▲ Simulateur de traversée de rue développé par l'Ifsttar



Découvrir

> Le dossier thématique sur la sécurité du piéton

8 IMPACTS DU VÉHICULE AUTONOME SUR LES TERRITOIRES ET SUR LES MODES DE VIE

Par **Olivier Bonin**,

Chercheur en géographie et Directeur adjoint du LVMT¹, Département AME²

Du point de vue de sa fonction et de son usage, la voiture autonome est un véhicule traditionnel mais avec un conducteur robotisé. Qu'il soit individuel ou collectif (taxi et autobus), ce type de véhicule rendra les mêmes services que précédemment. Pour l'Ifsttar, il est peu probable que le véhicule autonome bouleverse radicalement les modes de vie.

Le véhicule autonome peut-il modifier les modes de vie ?

Si le parc automobile individuel est remplacé progressivement par des voitures (de plus en plus) autonomes, l'impact sur les pratiques de mobilité sera limité. À long terme, nous pouvons cependant envisager des conséquences sur le choix modal (désintérêt pour le transport en commun si la voiture apporte plus de sécurité et de confort), l'organisation des activités du quotidien (notamment pour les achats), le télétravail (pratiqué au cours des déplacements) et la mobilité des jeunes et des personnes âgées. Si le véhicule devient complètement autonome et partagé, il remplacera partiellement ou complètement l'offre de transport collectif public et

privé type navettes de ramassage scolaires. De telles navettes autonomes sont déjà en cours de déploiement sur de petits trajets urbains. Elles circuleront, dans un premier temps, sur des itinéraires fixes et des voies dédiées afin d'être testées. À plus long terme, ces navettes pourront être très flexibles dans leurs trajets et leurs horaires, permettant d'optimiser l'offre de transport.

Le reflet des transformations industrielles de notre époque

En remplaçant le chauffeur privé, de taxi et le conducteur de bus par des machines, le véhicule autonome s'inscrit dans la tendance à une mécanisation prononcée de la production industrielle. En abandonnant une partie de son libre-arbitre à une machine, l'homme est questionné de manière fondamentale dans son rapport à la technologie. Les acteurs industriels, quant à eux, vont introduire de nouveaux modèles d'affaire et proposer de nouveaux services (par exemple regarder de la publicité à bord du véhicule pour réduire le prix du trajet). De ce fait, le rapport au véhicule autonome ne sera pas le même que celui au véhicule traditionnel (cf travail sur les modèles d'affaire de rupture dans l'ITE Efficacity).

Des perspectives en lien avec le désintérêt pour la notion de propriété individuelle

De manière indépendante de l'automatisation des véhicules, les ménages sont de moins en moins motorisés dans les centres des grandes villes. Ils privilégient des modes d'utilisation collective : location, auto-partage, covoiturage³. L'appropriation de la robotisation permettra alors d'imaginer des véhicules qui rouleront plus. La flotte en service sera mieux gérée et plus utilisée. Des véhicules mieux entretenus et plus récents seront moins polluants et moins émetteurs de gaz à effets de serre (GES). Toutefois les gains pourraient être limités voire annulés par une possible hausse de la mobilité (des hommes mais aussi des marchandises) et des distances parcourues.

L'espace public à repenser pour tous les usagers

La circulation automobile impacte de manière importante l'espace public : voiries, places de stationnement, stations-service, etc. La robotisation des véhicules ne réduira pas l'impact de la voiture sur l'espace public, mise à part une possible diminution du stationnement. Elle imposera cependant de repenser l'aménagement urbain, pour incorporer les éléments indispensables au guidage des véhicules ou encore à la prise en charge de passagers en toute sécurité. C'est l'occasion de repenser la limite espace public/privé et la forte segmentation entre usagers qu'il est coutume d'instaurer (trottoirs pour les piétons, pistes cyclables pour les cyclistes, couloirs spécifiques pour les autobus, espace restant de la chaussée dédié aux automobiles).

Un nouveau facteur d'étalement urbain ?

L'accès à l'automobile au milieu du xx^e siècle a été un facteur déterminant de l'étalement urbain et de la périurbanisation. La voiture individuelle a permis de s'installer plus loin des villes, où l'accès au logement individuel est possible, moins onéreux et dont le cadre de vie correspond aux aspirations des français. Si la robotisation permet de gagner encore en confort, par exemple en permettant des activités professionnelles ou de loisirs pendant les trajets, le véhicule autonome pourrait favoriser à nouveau l'étalement urbain.

1. LVMT : Laboratoire Ville Mobilité Transport

2. AME : Aménagement, mobilité et environnement

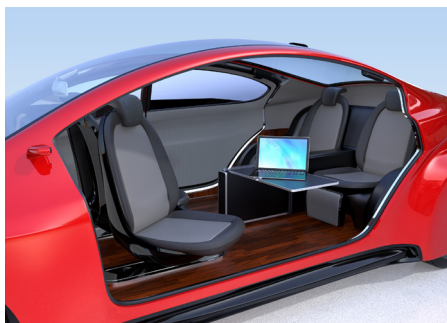
3. Projet ANR MoDe (Motives for Demotorisation) piloté par le LVMT



Contenus textes réutilisables

Illustrations : Epictura

Lire l'ensemble du dossier thématique 2017 sur <http://www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/espace-science-et-societe/>



9 UNE OPPORTUNITÉ POUR LE FRET ET LA LOGISTIQUE ?

Par **François Combes**,
Directeur du laboratoire **SPLOTT**¹, Département **AME**²

La logistique désigne l'ensemble des opérations ayant pour but de livrer le bon produit au bon moment et au bon endroit. Le transport de marchandises, ou transport de fret, joue un rôle central dans les chaînes logistiques et le véhicule autonome peut, à long terme, le transformer.

De nouvelles opportunités pour le transport de marchandises

Le transport de marchandises est une activité économique dont les ressources fondamentales sont : les véhicules, les conducteurs et l'énergie. Le personnel constitue alors une part importante des coûts et génère des contraintes sur l'exploitation³.

Un véhicule autonome, qui ne nécessite pas forcément de personnel à bord, n'a ni les mêmes coûts ni les mêmes contraintes. Il peut être utilisé plus longtemps dans la journée et permet ainsi de mieux amortir son achat. Utilisé la nuit, il réduit en partie le trafic de la journée, au bénéfice des autres usagers, en particulier aux heures de pointe.

Face aux contraintes d'exploitation, l'automatisation des véhicules propose de nouvelles solutions qui favorisent la productivité des transporteurs. De ce point de vue, la valeur économique

du véhicule autonome dans le transport de fret est grande. S'il ne rencontre pas de barrière technique insurmontable, il est probable que la technologie s'établira à terme.

L'activité logistique fortement impactée

Les impacts sur la logistique seront nombreux et hétérogènes. Des camions sans espace pour les personnels, et donc avec une charge utile accrue, pourront circuler à toute heure de la journée et de la nuit. Sur de plus courtes distances, des petits véhicules, peut-être électriques, seront en mesure de livrer des colis à des particuliers.

Même s'il est aujourd'hui difficile d'anticiper tous les impacts de ces nouvelles technologies, il est probable que les modes de livraison non routiers soient également touchés par ces nouvelles pratiques. Dans tous les cas, les chaînes logistiques s'adapteront à la nouvelle configuration du transport de marchandises si les gains en termes de coût sont significatifs.

Des conséquences humaines et sociales à anticiper

Au-delà des barrières techniques à surmonter, le véhicule autonome en transport de fret soulève un certain nombre de défis économiques et sociaux : Comment assurer la relation avec les clients et vérifier que les livraisons soient bien effectuées ? Comment réaliser les tâches de maintenance quotidiennes (vérifier l'état du

véhicule, le réapprovisionner, réaliser des petites réparations, arrimer la marchandise, etc.) ?

Si la technologie doit s'implanter à terme, ce sera probablement à l'issue d'un long régime de transition. Au cours de cette période, les questions de cohabitation humain et véhicule, de plus en plus automatisé, et les disparitions d'emplois de chauffeurs, qui occupent aujourd'hui plusieurs centaines de milliers de personnes, devront être résolues.

Pour que de nouveaux métiers puissent émerger, ces changements doivent être correctement appréhendés.

1. **SPLOTT** : Systèmes Productifs, Logistique, Organisation des Transports, et Travail
2. **AME** : Aménagement, mobilité et environnement
3. À titre d'exemple, un chauffeur routier ne peut pas conduire plus de 9 h par jour – jusqu'à 10 h deux fois par semaine – et doit réaliser plusieurs pauses. Il doit se reposer dans des endroits adéquats, par exemple des aires d'autoroute et pouvoir rentrer chez lui régulièrement.



Découvrir

> Le dossier thématique
[Quelle logistique urbaine dans le futur ?](#)

> Le projet européen
www.mobility4eu.eu





Découvrir

- > Le résumé
- > La présentation de Michèle Guilbot aux Entretiens Jacques Cartier 2016

10 DES ENJEUX JURIDIQUES POUR LES VÉHICULES CONNECTÉS ET AUTONOMES

Par **Michèle Guilbot**,

Directrice de recherche en droit et directrice adjointe du **LMA**¹
Département **TS2**²

En 2016, la commission d'enrichissement de la langue française définissait le véhicule autonome comme un « véhicule connecté qui, une fois programmé, se déplace sur la voie publique de façon automatique sans intervention de ses utilisateurs »³. Mais l'autonomie totale suppose la présence d'une intelligence artificielle capable de gérer son interaction avec l'environnement et d'agir sans répondre de manière automatique à une situation préprogrammée⁴. La loi française propose le concept de « délégation partielle ou totale de conduite »⁵. Ce choix permet de mieux évaluer les fonctionnalités qui mèneront à l'autonomie et se prête à l'analyse juridique en cernant les tâches déléguées : à qui (ou à quoi), à quel moment, en quelles circonstances.

Combiné avec les niveaux d'automatisation proposés par la SAE⁶, le concept offre une grille de lecture pour l'analyse des nouveaux risques et des responsabilités des parties prenantes dans la conception, la fabrication, la maintenance et l'usage du véhicule autonome, de ses composants spécifiques et de son environnement (logiciels, algorithmes, cartographie, plateformes numériques, infrastructures routières, etc.).

Les véhicules autonomes posent en effet de nouveaux défis auxquels la loi doit apporter des réponses adaptées à la protection contre des nouveaux risques et à l'imputation des responsabilités.

Des outils juridiques pour se protéger des nouveaux risques

L'accomplissement des tâches confiées au véhicule nécessite l'utilisation de nombreuses données, souvent échangées avec des tiers. Le droit et la technique doivent s'associer pour répondre aux risques générés par la

multiplication des objets connectés. Cela concerne notamment la captation et l'usage des données personnelles ; les atteintes à la vie privée et à la liberté d'aller et venir anonymement ; les intrusions illégitimes, voire malveillantes dans les systèmes, pour altérer leur fonctionnement. Pour prévenir les risques, le droit dispose de deux catégories d'outils.

> **La Réglementation, notamment communautaire.** En 2018, un Règlement (RGPD) renforcera la protection des données personnelles des usagers sur le territoire de l'Union européenne⁷. La cybersécurité⁸ et le déploiement des systèmes de transport intelligents coopératifs (STI-C)⁹ sont eux aussi placés sous l'œil du législateur européen.

> **Le droit « souple »** avec la normalisation (ISO¹⁰ et ETSI¹¹), les recommandations, chartes et guides de bonnes pratiques (le G29¹² et la CNIL¹³ pour des avis et recommandations concernant la protection des données personnelles, l'ENISA¹⁴ et l'ANSSI¹⁵ pour la cybersécurité).

L'humain et le système face à la conduite et aux responsabilités

Alors que le cadre juridique des expérimentations sur voie publique est encore en construction en France¹⁶, les débats sont engagés pour rendre compatibles les conventions internationales sur la circulation routière (Vienne, 1968 ; Genève, 1949)¹⁷, la réglementation technique automobile et les innovations technologiques embarquées.

Des points majeurs doivent encore être anticipés par le droit : Qui sera le pilote du véhicule autonome ? Qui répondra des infractions routières ? Comment sont répartis les pouvoirs de direction et de contrôle sur les tâches de conduite entre l'humain et le système ? Quel statut attribuer à l'humain pendant les périodes d'automatisation totale ?

Les réponses à ces questions impacteront l'imputation des responsabilités en cas d'accident, pour indemniser les victimes (responsabilité civile ou administrative) ou sanctionner des fautes, y compris les négligences fautives commises par les professionnels (responsabilité pénale). La question de la preuve sera également

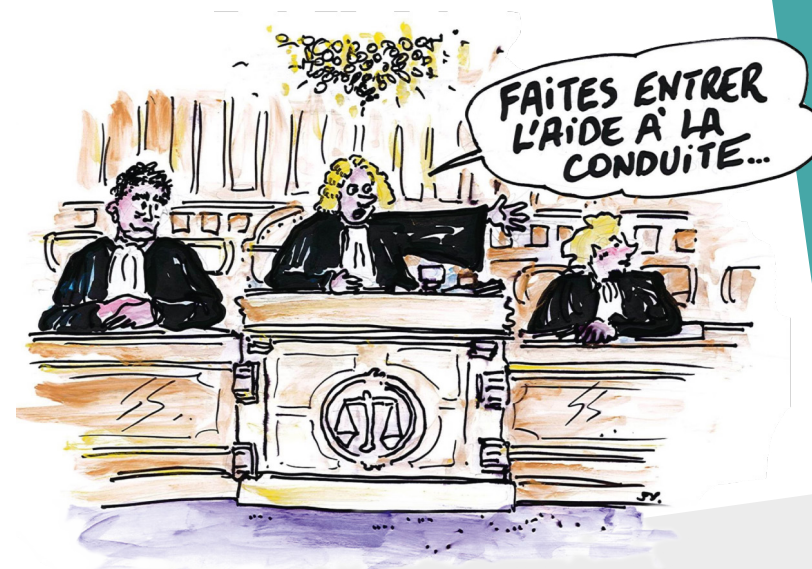


Illustration : Joël Yerpez
Collection personnelle J. Yerpez - M. Guilbot

centrale. L'enregistreur de données routières (EDR), souvent évoqué, suscite lui-même des questions : droit d'accès, disponibilité, intégrité, interprétation des données ; émergence de débats entre intérêt légitime des acteurs économiques, prévention du risque routier et protection des données personnelles des usagers ; confrontation du droit de la concurrence au secret des affaires.

L'Ifsttar contribue à la réflexion sur ces aspects juridiques (Guilbot, Serre et Ledoux, 2016 ;

Guilbot et Pflimlin, 2017 ; Hautière, Tattegrain et Guilbot, 2017) dans une démarche prospective, opérationnelle et pluridisciplinaire. Il s'agit d'adopter une approche pragmatique pour accompagner l'évolution du droit sans précipitation inutile. En effet, les règles actuelles sont suffisantes pour couvrir l'essentiel des contentieux possibles, pendant la période transitoire. Certaines devront progressivement s'adapter pour accueillir sur la voie publique un véhicule autonome piloté par une intelligence artificielle.

L'Ifsttar contribue à la réflexion sur ces aspects juridiques dans une démarche prospective, opérationnelle et pluridisciplinaire.

1. LMA : Laboratoire Mécanismes d'Accidents
2. TS2 : Département Transport, Santé, Sécurité
3. Vocabulaire de l'automobile, JORF, 11 juin 2016, texte n° 111.
4. Sur l'autonomie d'un robot, v. Résolution du 16 février 2017 du Parlement européen. Recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique (2015/2103(INL)).
5. Loi 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (art. 37-IV) et Rapport au Président de la République sur l'Ordonnance 2016-1057 du 3 août 2016 relative à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques.
6. SAE International est une association mondiale de plus de 128 000 ingénieurs et experts techniques associés de l'industrie aérospatiale, automobile et des véhicules commerciaux.
7. Règlement 2016/679/UE du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (abroge la directive 95/46/CE du 24 octobre 1995).
8. Directive 2016/1148/UE du 6 juillet 2016 sur la sécurité des réseaux et de l'information des services essentiels.
9. Directive 2010/40/UE du 7 juillet 2010 concernant le cadre pour le déploiement de systèmes de transport intelligents dans le domaine du transport routier et d'interfaces avec d'autres modes de transport.
10. Organisation internationale de normalisation <https://www.iso.org/fr/standards.html>
11. L'ETSI est un organisme de certification privé spécialisé dans le domaine de la sécurité de l'information <https://www.lsti-certification.fr/index.php/notre-societe/qui-sommes-nous.html>
12. Le G29 ou « Groupe de protection des personnes à l'égard du traitement des données à caractère personnel » est institué par l'article 29 de la directive de 1995. Il rassemble notamment les représentants de chaque autorité indépendante nationale de protection des données (la CNIL pour la France) et un représentant de la Commission européenne. Un Comité européen de la protection des données, doté d'une personnalité juridique, lui sera substitué en mai 2018 avec l'entrée en application du Règlement Européen (art. 68 et suivants du RGPD)
13. Commission Nationale de l'informatique et des libertés. <https://www.cnil.fr/>

14. The European Union Agency for Network and Information Security (ENISA) is a centre of expertise for cyber security in Europe. <https://www.enisa.europa.eu/>

15. L'ANSSI est l'autorité nationale en matière de sécurité et de défense des systèmes d'information, <http://www.ssi.gouv.fr/>

16. La loi de ratification de l'ordonnance précitée n'est pas encore votée et les textes réglementaires sont en attente de publication. Les expérimentations sont actuellement autorisées sur la base d'un certificat exceptionnel d'immatriculation (arrêté du 9 février 2009, art. 8.IV).

17. Débats menés notamment entre le WP1 (Groupe de travail de la sécurité et de la circulation routières) et le WP29 (Forum Mondial de l'harmonisation des Règlements concernant les véhicules) au sein de l'ECE-ONU.

Pour aller plus loin

Guilbot, Serre et Ledoux, 2016 : <http://www.revue.ec.com/revue/protection-donnees-personnelles-conducteurs/>

Guilbot et Pflimlin, 2017 : <http://www.congres-atecitsfrance.fr/wp-content/uploads/2017/02/03-V%C3%A9hicule-connect%C3%A9-facteurs-humains.zip>

Hautière, Tattegrain et Guilbot, 2017 : <http://www.hst.fr/dms/hst/data/articles/HST/TI-VP-17/vp17.pdf>



L'IFSTTAR au carrefour de la SCIENCE et de la SOCIÉTÉ

Qu'apporte la science à notre société ?
Découvrez les contributions des scientifiques
dans les dossiers thématiques Ifsttar.



Espace Science et Société

www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/espace-science-et-societe/



Dans une logique d'ouverture à la société, nous avons choisi d'apposer à nos textes la « Licence Creative Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 non transposé » (CC BY-SA 3.0) afin qu'ils puissent être partagés librement et réutilisés selon certaines conditions.

Service promotion et partage des savoirs scientifiques et techniques

Direction scientifique Ifsttar

25, avenue François Mitterrand,

Cité des mobilités, F-69675 Bron Cedex

openexperience@ifsttar.fr

CE DOSSIER VOUS A PLU ?

+ de dossiers sur



Espace Science et Société

www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/espace-science-et-societe/



INSTITUT FRANÇAIS
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES
DES TRANSPORTS,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DES RÉSEAUX



Photos et illustrations : Ifsttar, Epictura, Joël Yerpez
Conception maquette : STDI (Charlène Gartion)
Mise en page : STDI • Impression : Ifsttar

