

Prospective

VÉHICULES CONNECTÉS ET AUTONOMES: QUELS ENJEUX TECHNOLOGIQUES, JURIDIQUES ET DE SÉCURITÉ ROUTIÈRE?

De nouveaux types de véhicules équipés de technologies ultrasophistiquées sont en cours de développement et pourraient révolutionner nos déplacements. En offrant une assistance à la conduite voire en déléguant la conduite à la machine, ces véhicules permettraient, à terme, lorsqu'ils circuleront en autonomie, d'améliorer la sécurité routière. Mais la coexistence de l'homme et de la machine pose de nombreuses questions, technologiques, juridiques et de sécurité.

CONNECTED AND AUTONOMOUS VEHICLES: WHAT ARE THE TECHNOLOGICAL, LEGAL, AND ROAD SAFETY ISSUES? – New types of vehicles equipped with ultra-sophisticated technologies are being developed and could revolutionise travel. By offering assistance to driving or indeed by delegating driving to a machine, these vehicles will ultimately, once they are fully driverless or "autonomous", make it possible to improve road safety. But the coexistence of humans and machines raises numerous technological, legal, and safety issues.

NICOLAS
HAUTIÈRE
Ifsttar,
département
Composants
et systèmes

HÉLÈNE
TATTEGRAIN,
MICHÈLE
GUILBOT
Ifsttar,
département
Transport,
santé, sécurité

Le véhicule autonome et le véhicule connecté sont deux concepts qui pourront révolutionner l'usage actuel des véhicules routiers, qu'ils soient individuels ou collectifs, professionnels ou non. Le véhicule autonome (ou automatisé, à délégation de conduite) est un véhicule où certaines commandes actives (accélérateur, freins ou volant) sont confiées à une intelligence embarquée. Au fur et à mesure des progrès technologiques, on imagine aujourd'hui différents niveaux de délégation de conduite (SAE 1 à 5, cf. Figure 1) allant de l'assistance à la conduite jusqu'au véhicule totalement autonome, sans volant et sans conducteur humain. Le véhicule connecté ou coopératif permet, quant à lui, d'échanger des informations, d'une part, avec les infrastructures et les autres véhicules (pour alerter en cas de danger ou de travaux) et, d'autre part, avec des services de mobilité (par exemple pour recevoir des informations sur les places de parking, sur les horaires de train à proximité des gares, sur les demandes de covoiturage, etc.). Les informations peuvent être fournies manuellement par un conducteur ou automatiquement par le système.

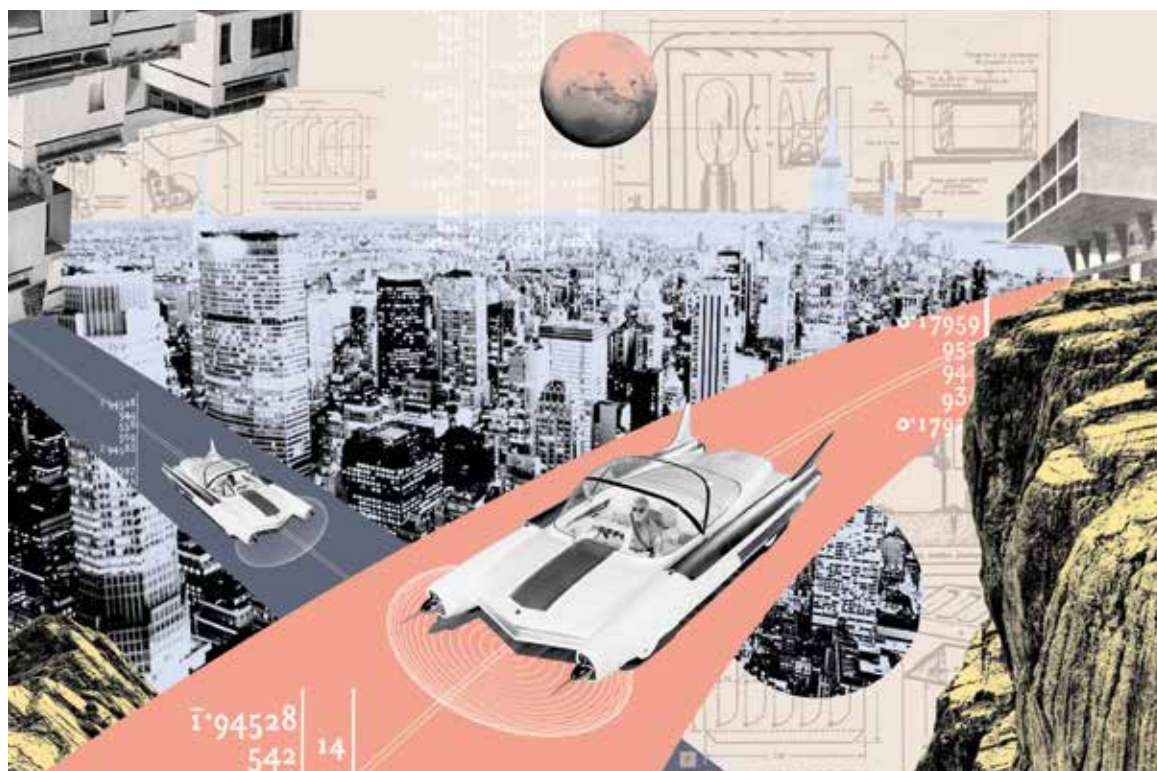
In fine, l'objectif affiché de ces deux évolutions programmées des véhicules est d'améliorer la sécurité routière en éliminant le principal facteur d'accidents:

l'erreur humaine [1]. Elles permettront également de réinscrire le véhicule dans la « chaîne de mobilité », notamment là où les transports en commun sont insuffisants ou trop chers à mettre en œuvre.

Le véhicule connecté et le véhicule autonome constituent donc – en théorie – une réponse aux enjeux sociétaux relatifs à la sécurité routière, à la mobilité et à l'« inclusivité », c'est-à-dire la nécessité d'inclure tous les individus dans la chaîne de mobilité (par exemple, permettre aux personnes âgées, dépendantes de la voiture pour se déplacer, de conduire le plus longtemps possible en sécurité). Enfin, c'est une opportunité économique très importante, notamment pour le transport routier de marchandises, qui pourrait encore abaisser ses coûts en automatisant tout ou partie des tâches du conducteur routier professionnel.

Une complexité croissante des technologies embarquées

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



© Erwan Soyer - comillus.com pour l'INRS

voie de circulation et à éviter d'éventuels obstacles sur sa trajectoire.

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

Dans un futur proche, toutes ces technologies sont encore amenées à évoluer fortement. La maîtrise de la complexité logicielle et la capacité à démontrer la fiabilité de tous ces systèmes embarqués sont aujourd'hui au cœur des enjeux de recherche et développement au niveau mondial.

Cependant, ces véhicules nécessitent des routes en bon état et équipées de moyens de communication, sans toutefois que l'on sache encore réellement quantifier ces besoins. Conjugué au fait que la cohabitation entre véhicules conventionnels, connectés et autonomes, sera délicate, par exemple en matière de maîtrise de la congestion, le sujet de la généralisation de ces véhicules constitue un immense défi pour les gestionnaires de voirie.

Les conséquences en termes de sécurité routière







L'argument principal concernant l'utilité du véhicule autonome en termes de sécurité routière est de diminuer le nombre d'accidents sur la route en retirant l'humain de la boucle et, de ce fait, en supprimant les risques liés au facteur humain. Cet argument doit être pris avec précaution, car de nombreux problèmes n'ont pas encore été évalués. En effet, l'automatisation totale (niveau SAE¹ 5) n'est pas encore disponible pour les véhicules légers (de moins de

3,5 tonnes). Il faut donc prévoir des phases de transition entre les modes de conduite manuelle (conduite du véhicule par le conducteur) et autonomes (conduite du véhicule par ses systèmes de contrôles automatiques). Par exemple, lorsque le conducteur délègue la tâche de conduite au système autonome (transition manuelle/autonome), il faut que le système soit dans une configuration dans laquelle il puisse prendre le contrôle. Dans le cas contraire, il est important que le conducteur soit bien conscient que le véhicule n'a pas pu se mettre en conduite autonome. De même, durant les phases de reprise en main du véhicule par le conducteur (transition autonome/manuelle), il faudra s'assurer que le conducteur soit en état de reprendre le contrôle du véhicule et qu'il soit bien conscient que le véhicule n'est plus en conduite autonome. La prise en compte de ces problèmes de connaissance de l'état du système par l'utilisateur sont classiques dans les domaines de la coopération homme-machine et sont vitaux pour le véhicule autonome pour lequel les erreurs peuvent être fatales. De plus, les transitions de partage des commandes au niveau du volant et des pédales doivent aussi être étudiées pour être le plus fluide possible.

Il faut donc travailler notamment sur :

- les problématiques de la coopération homme-machine pour le partage des commandes;
- la mise en place d'indicateurs de l'activité du conducteur pour s'assurer de sa capacité à reprendre les commandes et assurer la supervision du système;
- le maintien des capacités de conduite des conducteurs malgré une pratique réduite de l'activité de conduite;
- les problèmes de distraction dus à l'usage de systèmes lors de la conduite.



DEGRÉS D'AUTONOMIE DU VÉHICULE À CONDUITE DÉLÉGUÉE (ADAPTÉS DE LA SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS [SAE])			
Véhicules déjà disponibles	0	Aucune automatisation L'ensemble de la conduite est assurée par le conducteur	 yeux ouverts mains sur le volant
	1	Assistance à la conduite Une fonction assure le contrôle de la direction du véhicule ou de l'accélération/décélération	 yeux ouverts mains sur le volant
	2	Automatisation partielle Une ou plusieurs fonctions assurent le contrôle de la direction du véhicule ou de l'accélération/décélération mais le conducteur exécute les tâches dynamiques de conduite	 yeux ouverts mains sur le volant
Véhicules du futur	3	Automatisation conditionnelle Le système de conduite automatisé accomplit l'ensemble des tâches de la conduite selon les circonstances et les réseaux circulés et le conducteur doit être disponible pour intervenir en cas de besoin	 yeux temporairement fermés
	4	Automatisation élevée Le système de conduite automatisé accomplit l'ensemble des tâches de la conduite selon les circonstances et les réseaux circulés même si le conducteur n'est pas disponible pour intervenir et conduire au besoin	 yeux fermés mains libres
	5	Automatisation complète Le système de conduite automatisé accomplit la totalité de la conduite dans toutes les circonstances sans la nécessité de l'intervention du conducteur	 yeux fermés mains libres

↑FIGURE 1
Les degrés d'autonomie du véhicule à conduite déléguée.

Toutes ces questions se posent différemment suivant le niveau d'automatisation. La modification des actions de conduite (en particulier, les changements de stratégies de prise d'informations visuelles et le partage de commandes) ainsi que la distraction liée à l'usage du système d'assistance sont présents dès les niveaux SAE 1 et 2. En effet, les systèmes qui nécessitent un contrôle visuel et/ou des actions manuelles sont particulièrement critiques dans les environnements routiers denses pour lesquels le maintien de la trajectoire sur la voie de circulation et la surveillance des autres usagers sont primordiales (circulation en ville ou sur autoroute en trafic dense).

Les problèmes deviennent critiques pour le niveau SAE 3 qui suppose que le conducteur puisse reprendre le contrôle du véhicule à tout moment sur demande du système. Dans ce niveau d'automatisation, le conducteur n'a aucune action physique à réaliser, mais uniquement une tâche de supervision dans un contexte qui risque d'être monotone et donc de générer de l'inattention. Dans ce cas, le système est-il capable de détecter si le conducteur est en capacité de reprendre le contrôle du véhicule? Est-il en capacité de mettre le véhicule en sécurité si le conducteur ne reprend pas la main? Répondre à ces deux questions est un enjeu primordial pour atteindre les objectifs de sécurité mis en avant pour justifier la généralisation des véhicules autonomes.

Un cadre juridique encore en construction

De nombreuses fonctions peuvent être attribuées au véhicule connecté ou autonome: information du conducteur, aide à la réalisation d'une tâche de conduite, délégation partielle ou totale d'une tâche

voire de l'intégralité de l'activité de conduite dans certaines circonstances et/ou sur certains réseaux. Mais le véhicule ne sera véritablement autonome que lorsqu'une intelligence artificielle embarquée lui permettra d'avoir une capacité d'auto-apprentissage et de prise de décision en fonction des connaissances acquises et de l'environnement de conduite, c'est-à-dire sans répondre de manière automatique à une situation préprogrammée.

L'accomplissement de ces fonctions nécessite la collecte de nombreuses données ainsi que des échanges éventuels avec des tiers pour atteindre les différents objectifs (délivrance d'informations pour les systèmes coopératifs, opérations de réparation ou de maintenance à distance, éventuellement en temps réel, appel d'urgence, gestion du trafic, etc.). Mais la collecte et le traitement de ces données soulèvent un problème, car ces dernières permettent le plus souvent d'identifier les conducteurs, directement ou indirectement. Il est alors possible de tracer leurs parcours, de connaître leurs habitudes de déplacement, leur manière de conduire, parfois de caractériser des infractions aux règles de circulation routière. Or ces données, juridiquement qualifiées de « données à caractère personnel », sont protégées par le droit interne et les droits européens, ceci alors même que les conducteurs peuvent être amenés à circuler dans le cadre de leur activité professionnelle. Le règlement communautaire pour la protection des données à caractère personnel qui entrera en application en mai 2018² impose notamment la prise en compte de cette protection dès la conception des systèmes (« *Privacy by design* »). À cette fin, des études d'impact sur les risques d'atteinte aux

données à caractère personnel devront être réalisées par les responsables de traitement et des mesures de remédiation mises en place. Cette protection doit être maintenue tout au long de la vie d'un système connecté permettant la collecte de données.

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

Mais la circulation d'un véhicule en autonomie sur une voie ouverte à la circulation publique suppose en premier lieu la modification de traités internationaux sur la circulation routière (convention de Vienne de 1968, applicable en France et convention de Genève de 1949, applicable aux États-Unis). Des débats sont en cours à la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (ECE-ONU) afin de modifier ces textes. Le seul amendement acté à ce jour concerne la convention de Vienne et vise « *les systèmes embarqués ayant une incidence sur la conduite du véhicule* ». Le nouveau texte considère qu'ils sont réputés conformes aux exigences de contrôle et de maîtrise du véhicule par le conducteur imposées par cette même convention, s'ils répondent aux prescriptions techniques automobiles des textes internationaux ou s'ils sont neutralisables ou désactivables par le conducteur³. Ainsi, lorsque les aides à la conduite ne sont pas encadrées par la réglementation technique automobile, le conducteur doit pouvoir surmonter l'action du système en situation de conduite ou pouvoir le désactiver s'il ne souhaite pas l'utiliser. Dans tous les cas, la présence d'un conducteur humain à bord du véhicule reste actuellement obligatoire.

Les expérimentations sur le véhicule autonome sont en cours. En France, leur encadrement juridique sera prochainement consolidé, notamment en ce qui concerne la délivrance des autorisations afin de réaliser les expérimentations sur des voies publiques.

Enfin, des failles de sécurité peuvent permettre des intrusions illégitimes, la captation de données personnelles, la modification des algorithmes et la prise de contrôle de tout ou partie du système de conduite, posant aussi la question des responsabilités. Les systèmes doivent donc présenter les meilleurs critères possible d'intégrité et de sécurité pour respecter les droits des usagers, garantir la disponibilité et la qualité de l'information et prévenir les risques d'intrusion. C'est pourquoi des textes réglementaires et des processus de normalisation sont également en débat pour promouvoir la cyber sécurité des systèmes connectés. À cet égard, l'Agence européenne chargée de la sécurité des réseaux et de l'information (Enisa)

a publié en décembre 2016 un guide de recommandations et de bonnes pratiques concernant les véhicules connectés⁴. Ces propositions visent à permettre la mise en circulation de véhicules offrant les meilleures garanties possible contre les risques d'intrusion qui mettraient en danger les usagers de la route ou qui porteraient atteinte à leur liberté d'aller et venir anonymement.

Perspectives

Si leur déploiement est bien encadré, les véhicules connectés et autonomes devraient révolutionner la mobilité et contribuer, entre autres, à une réduction importante de la mortalité routière. Tandis que les premiers véhicules connectés sont déjà commercialisés, l'industrie automobile espère pouvoir commercialiser les premiers véhicules à conduite déléguée à l'horizon 2020. Pour y parvenir, les obstacles sont encore nombreux que ce soit sur les plans humain, technologique, réglementaire ou juridique.

Au-delà des nouveaux défis qu'ils posent, les véhicules connectés et autonomes génèrent de nouvelles problématiques de société liées à l'innovation technologique. Pour n'en citer qu'une, l'impact sur les métiers liés à la route sera certainement très important. Si les véhicules n'ont plus de conducteurs, des métiers comme chauffeur-livreur ou chauffeur de taxi pourraient disparaître ou *a minima* devront se réinventer. À titre d'exemple, les constructeurs de poids lourds testent aujourd'hui des systèmes d'attelage virtuel permettant de constituer des trains de véhicules sur autoroute, où seul le véhicule de tête est conduit manuellement. Ce système permet d'ores et déjà aux véhicules suiveurs de se passer de leurs chauffeurs. Les promoteurs de ces systèmes estiment qu'un tel dispositif permettra d'accroître la distance parcourue par ces véhicules sans temps de repos. En effet, ils considèrent que le temps de conduite des véhicules suiveurs est neutralisé pendant la période d'attelage virtuel, ce qui permet au conducteur suiveur de prendre le relais du conducteur leader quand son temps de conduite est écoulé. Cela n'est pas sans poser des questions sur le futur statut des chauffeurs de poids lourds. ●

1. https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf

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

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

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

BIBLIOGRAPHIE

[1] VAN ELSLANDE P., ALBERTON L., NACHTERGAËLE C., BLANCHER G., 1997, Scénarios types de production de l'erreur humaine dans l'accident de la route, rapport Inrets, 218.