

Les enjeux économiques et industriels du véhicule connecté et automatisé

Par Ilarion PAVEL

Ingénieur en chef des Mines, Conseil général de l'économie

Denis VIGNOLLES

Chef de mission de contrôle économique et financier, Conseil général de l'économie

et Gérard LALLEMENT

Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'économie

Le véhicule connecté et autonome se trouve au cœur d'enjeux multiples : des enjeux publics relatifs à la sécurité, à l'amélioration du trafic routier et de la politique de transports collectifs, ainsi qu'à la réduction des consommations énergétiques ; des enjeux économiques et industriels ; des enjeux de régulation, en particulier ceux relatifs à l'accès et à l'usage des données personnelles ; des enjeux de souveraineté liés à l'absence de maîtrise de certaines technologies stratégiques (cartographie) et, enfin, des enjeux de cybersécurité.

Ces enjeux sont pris en compte dans un cadre européen et international particulièrement déterminant pour le développement du véhicule connecté et automatisé, notamment en matière d'homologation des véhicules et de sécurité routière.

Selon certains scénarios, les constructeurs et les équipementiers automobiles pourraient ne plus être, à terme, les acteurs dominants du point de vue financier dans l'écosystème de la voiture connectée et automatisée.

Introduction

Un véhicule autonome est un véhicule qui se déplace sur la voie publique de façon automatique, sans intervention de ses utilisateurs. Un véhicule autonome n'est pas nécessairement connecté : il doit être en capacité de circuler sans dépendre d'une éventuelle connexion et d'informations provenant de l'extérieur. Ce sont les radars, les sonars, les caméras, les lidars (télémètres laser), les calculateurs et le logiciel embarqués qui permettent d'assurer la délégation partielle ou totale de la conduite au véhicule.

Néanmoins, la conduite autonome sera plus efficace si le véhicule est en mesure de se connecter aux autres véhicules ou aux réseaux des gestionnaires d'infrastructures routières ou des opérateurs de télécommunications, lesquels fourniront des informations supplémentaires pour en améliorer la sécurité (véhicules à l'approche d'une intersection, état de la chaussée, conditions météorologiques, etc.). À terme, le véhicule autonome sera donc connecté.

La transition vers le véhicule autonome ne sera pas im-

médiate. Selon une classification élaborée par la SAE (*Society of Automotive Engineers*), celle-ci passera par des étapes successives d'automatisation entre le niveau 0 (aucune automatisation) et le niveau 5 (automatisation complète) (voir la Figure 1 de la page suivante).

Actuellement, les automobiles les plus avancées relèvent du niveau 2, voire du niveau 3 dans certains cas d'usage (conduite sur autoroute ou dans les bouchons, en zone urbaine). Les constructeurs espèrent élargir ces cas d'usage d'ici à 2020, puis passer au niveau 4 vers 2025. Le niveau 5 ne serait atteint qu'après 2030.

Les technologies nécessaires au fonctionnement du véhicule automatisé

Les ressources propres du véhicule : capteurs et calculateurs

L'architecture du véhicule automatisé intègre deux types de composant (voir la Figure 2 de la page suivante) :

- des capteurs lui permettant de percevoir son environne-

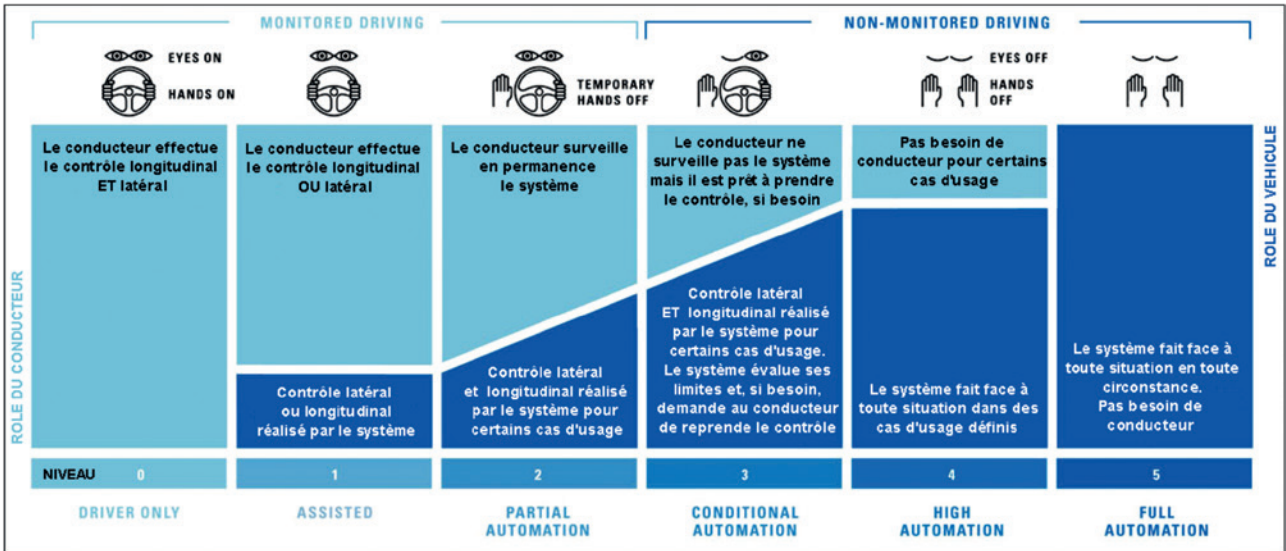


Figure 1 : Les cinq niveaux d'autonomie d'un véhicule selon la Society of Automotive Engineers.
 Source : Illustration adaptée d'après ZF TRW (Mike Lemanski, www.oldjoe.co.uk/article/hands-wheel).

- un ensemble de calculateurs embarqués permettant au véhicule de comprendre son environnement et de prendre des décisions de conduite.

L'ensemble des données transmises par les capteurs est transmis au calculateur de fusion, dont la fonction est

(1) Le lidar (Light detection and ranging), ou télémètre laser, fonctionne selon les mêmes principes que le radar. Mais au lieu d'une onde radio, il utilise plusieurs rayons laser, qui balayent l'environnement. Le lidar est un équipement très utile, mais il reste relativement onéreux et des conditions météo difficiles (brouillard, forte pluie) réduisent sa portée.

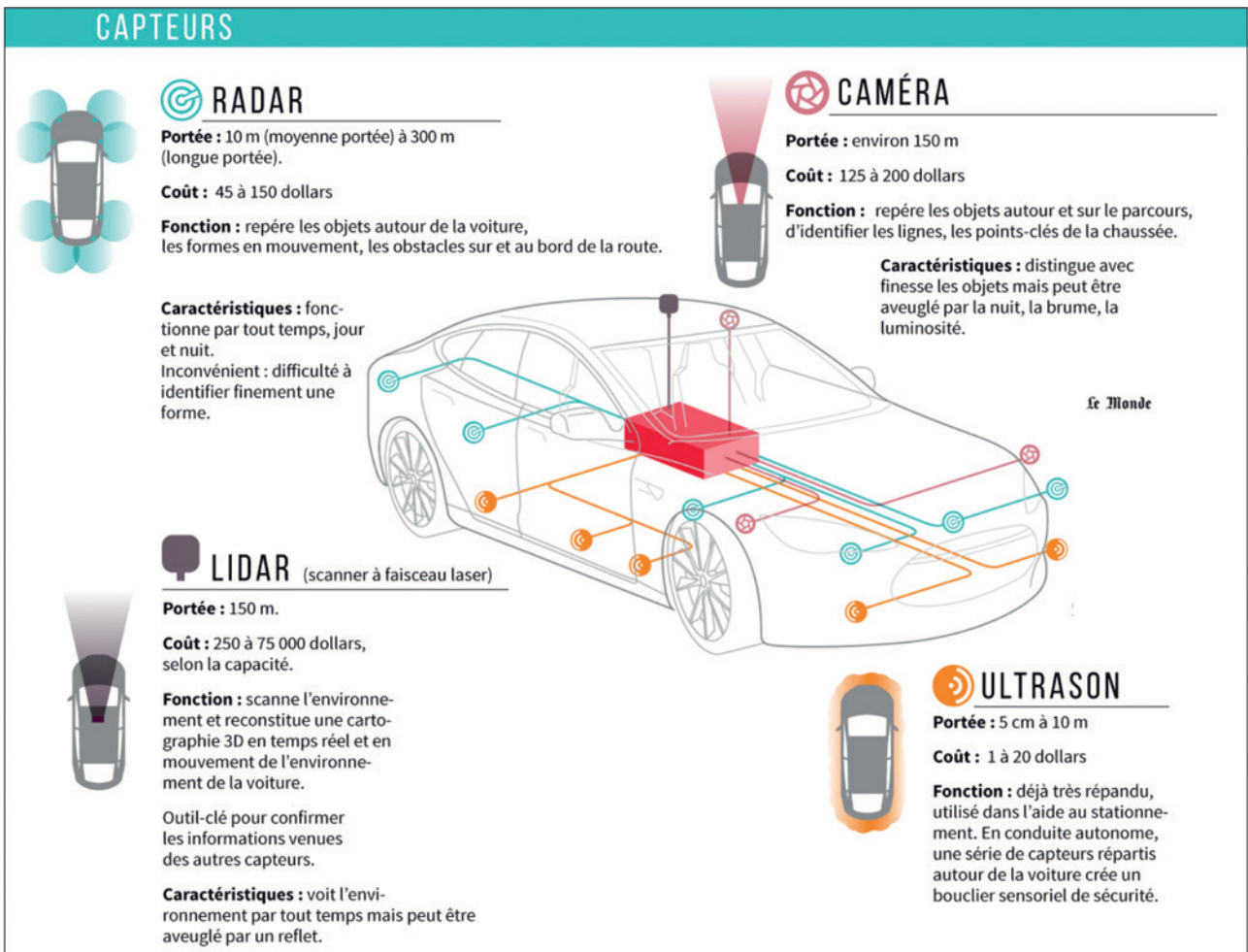


Figure 2 : Les capteurs du véhicule autonome.
 Source : Infographie Le Monde.

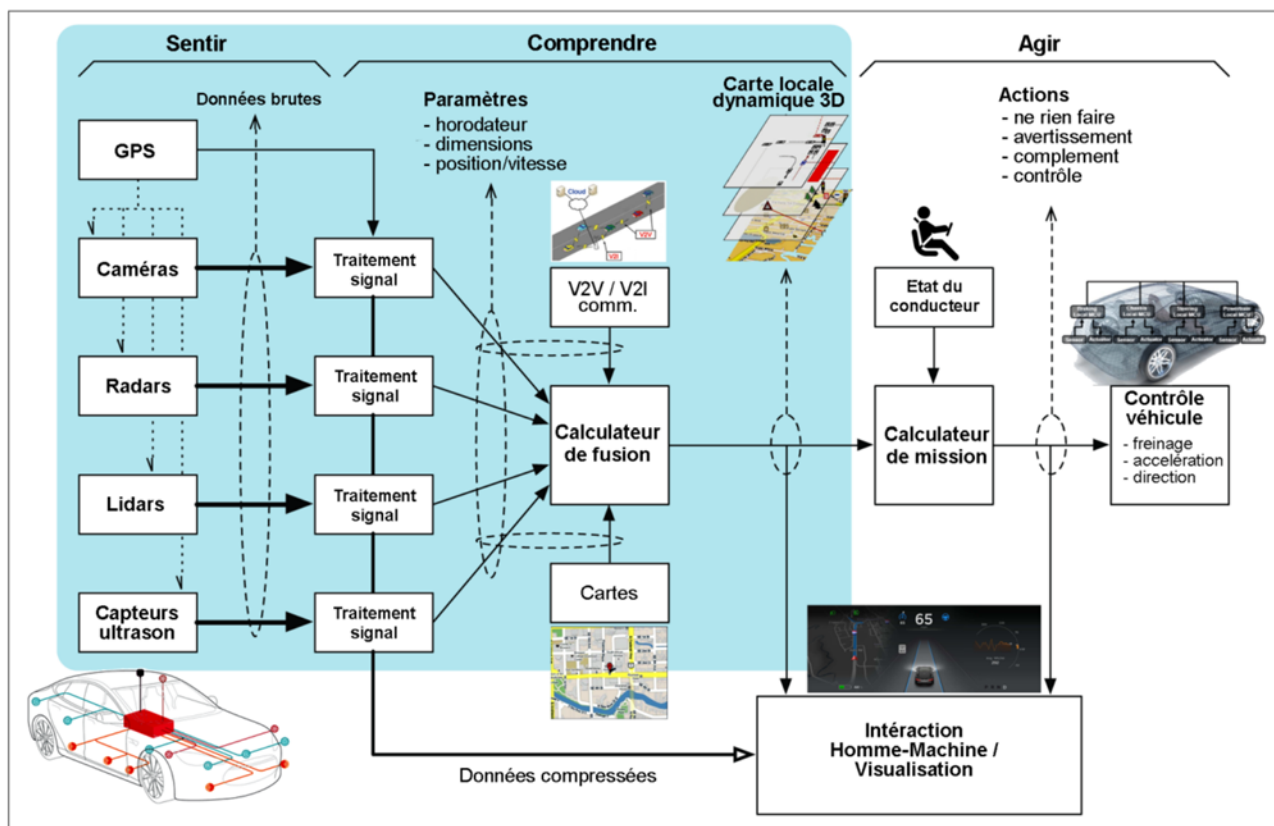


Figure 3 : L'architecture du véhicule automatisé.
 Source : Schéma adapté d'après Embedded Vision Alliance
 (www.embedded-vision.com/industry-analysis/technical-articles/scalable-electronics-driving-autonomous-vehicle-technologies).

d'interpréter en temps réel l'environnement du véhicule en faisant appel à des algorithmes complexes (fusion multi-sensorielle, intelligence artificielle, logiciels temps réel). Le calculateur de fusion doit également disposer d'informations cartographiques et être en mesure de recevoir des données *via* les systèmes de communication des autres véhicules, des infrastructures et de réseaux extérieurs, ce qui demande des circuits de communication et des logiciels associés. C'est à partir des informations fusionnées provenant des capteurs, des cartes, des autres véhicules et des infrastructures routières que le calculateur de fusion construit une carte locale dynamique en 3D, dans laquelle il insère le véhicule qu'il équipe (voir la Figure 3 ci-dessus).

Ces informations sont ensuite transmises au calculateur de mission, qui planifie la trajectoire du véhicule, prend les décisions concernant la conduite (freinage, accélération, virage) et envoie les commandes nécessaires aux actionneurs concernés (système de freinage, direction).

Enfin, *via* l'interface homme-machine (tableau de bord), le calculateur de mission informe le conducteur de ses actions et peut, si nécessaire, émettre des messages d'avertissement.

Le fonctionnement d'un véhicule connecté et automatisé demande la mise au point de nombreuses briques logicielles. Il faut en effet collecter un grand nombre de données, puis filtrer l'information brute recueillie par les capteurs, avant de réaliser le traitement de ces données

au niveau du calculateur de fusion. L'interprétation des scènes de conduite fait appel à des algorithmes d'intelligence artificielle.

Le véhicule connecté et autonome se développera graduellement au travers d'améliorations successives, en passant par les niveaux d'automatisation exposés auparavant. Pour ce faire, la multiplication d'expérimentations, à grande échelle et sur des territoires divers, constitue une phase cruciale pour les industriels, qui doivent tester le plus grand nombre possible de cas d'usage. La majorité de ces expérimentations a été réalisée aux États-Unis grâce à une législation favorable.

Les moyens de communication du véhicule connecté : ITS-G5 et réseaux cellulaires

Deux protocoles de communication entre véhicules (V2V) ou entre ceux-ci et les infrastructures routières⁽²⁾ (V2I) sont aujourd'hui envisagés :

- le protocole ITS-G5⁽³⁾, soutenu par les constructeurs automobiles, dérivé du standard Wifi. Ses coûts de déploiement sont limités en comparaison des investissements que nécessiterait l'installation de réseaux téléphoniques mobiles spécifiques ;

(2) Feux de signalisation, centres de diffusion d'informations des opérateurs d'infrastructures, etc.

(3) Intelligent Transport System : standard développé en particulier par l'organisme de normalisation européen ETSI.

- le LTE V2X⁽⁴⁾, qui utilise les réseaux de téléphonie mobile de quatrième génération.

La technologie cellulaire de cinquième génération (5G) soutenue par les opérateurs de télécommunications est aujourd'hui en phase d'expérimentation. Grâce aux délais de transmission réduits et aux débits importants qu'elle autorise, elle devrait permettre d'améliorer la sécurité routière en donnant accès aux systèmes d'information nécessaires à la mise en œuvre de services performants et fiables⁽⁵⁾.

En France, des expérimentations s'appuyant sur la norme ITS-G5 sont en cours (le projet SCOP@F visant à déployer 3 000 véhicules répartis sur cinq zones géographiques) et des rapprochements entre opérateurs, constructeurs et équipementiers permettent de tester la technologie 5G.

Au niveau international, les États-Unis soutiennent une technologie de communication proche de la norme ITS-G5. À l'inverse, le Japon, l'Allemagne, la Corée du Sud et la Chine se sont engagés dans le développement des réseaux de cinquième génération dans l'optique de leur utilisation pour la conduite automatisée.

Le déploiement des réseaux 5G nécessite que les travaux de normalisation soient suffisamment avancés et que le modèle économique de ces réseaux soit stabilisé. Cela n'est pas encore le cas aujourd'hui. Les incertitudes liées à la date de mise en marché des réseaux 5G et à la rapidité à laquelle ils seront déployés nécessitent de préconiser, à ce stade, que les systèmes de communication équipant les véhicules soient multicanaux (ITS-G5 et cellulaires).

La couverture de l'ensemble des routes (un million de kilomètres, en France) par des réseaux de technologie ITS-G5 ou par des réseaux cellulaires de quatrième génération et, à plus forte raison, de cinquième génération, ne sera probablement pas réalisée avant de nombreuses années.

Il faut envisager que faute d'une couverture géographique suffisante et malgré la cartographie embarquée dont il disposera, le véhicule à délégation de conduite ne pourra compter, sur certaines parties d'un territoire, que sur les seuls capteurs dont il est doté pour prendre les décisions de conduite appropriées. Il lui faudra lire en particulier les signalisations routières et le marquage horizontal qui équipent les voies de circulation. En France, cette question est suivie par les autorités en charge des transports terrestres.

Un marché potentiel très important, mais dont le rythme de développement reste incertain

Les études réalisées par les cabinets de conseil envisagent plusieurs hypothèses de développement des véhicules automatisés :

- un scénario de diffusion lente, jusqu'à leur généralisation à l'horizon 2040-2050, basé sur le constat que le taux de remplacement annuel des véhicules est de l'ordre de 2 millions par an. Il faudrait entre 20 et 30 ans pour que le parc soit composé exclusivement de voitures connectées et autonomes ;

- un scénario de diffusion rapide, à partir de 2020, qui pourrait s'appuyer sur le développement de véhicules, dont le niveau d'autonomie (au minimum 3) leur permette de circuler de façon fluide ou très ralentie (embouteillages) sur des voies adaptées, et sur l'apparition de flottes de robot-taxis privées et le développement de navettes publiques automatisées, comme celles expérimentées par deux entreprises françaises, Navya et Easy-Mile.

Prévoir le taux d'adoption de ces différents usages et leurs incidences sur les producteurs est par nature un exercice délicat. En effet, au-delà des évolutions et des ruptures technologiques à venir, il s'agit également de savoir si les consommateurs auront une appétence particulière pour ces nouveaux usages. C'est d'ailleurs ce que France Stratégie souligne en conclusion d'une note récente⁽⁶⁾ : « La mutation annoncée sera avant tout sociale : elle n'aura lieu que si les utilisateurs s'emparent de cette innovation ». Or, la plupart des enquêtes d'opinion récentes, en France comme à l'étranger, montrent une réserve des conducteurs à l'égard de la conduite totalement automatisée.

Un bouleversement possible de la chaîne de la valeur et de sa répartition au sein de la filière automobile

Le périmètre du véhicule connecté et automatisé ne se limite pas aux acteurs traditionnels de la filière automobile, il se caractérise aussi par l'apparition de nouveaux intervenants intéressés par la « digitalisation » de la voiture. Il s'agit :

- des entreprises du numérique, GAFAM⁽⁷⁾ ou *start-ups* proposant des services d'info-divertissement (musique en ligne, informations sur le trafic et l'état de la route, etc.) ou de nouveaux services, qui pourraient participer au fonctionnement même du véhicule connecté et automatisé (logiciels autopilotes, cartographie dynamique) ;
- des opérateurs de télécommunications, qui pourraient jouer un rôle important, dans l'hypothèse où la connexion des véhicules serait assurée grâce aux réseaux cellulaires ;
- des gestionnaires d'infrastructures routières, dès lors que les véhicules circuleront sur des routes elles-mêmes connectées (V2I).

(4) LTE : Long Term Evolution ; V2X désigne les communications de véhicule à véhicule ou de véhicule à infrastructure.

(5) Systèmes de guidage perfectionnés, cartographie dynamique, diffusion d'informations relatives à des zones dangereuses (véhicules à l'arrêt, encombrements, travaux, conditions météorologiques, véhicules d'intervention d'urgence en approche, freinage d'urgence...) ou à la signalisation routière (limitation de vitesse, onde verte...).

(6) France Stratégie, « La voiture sans chauffeur, bientôt une réalité », note d'analyse, avril 2016.

(7) Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft.

Les grandes entreprises du numérique disposent d'une capacité financière et de moyens d'investissement massifs. La part de valeur ajoutée aujourd'hui détenue par les constructeurs est de fait menacée :

- en amont, par les équipementiers, pourvoyeurs de capteurs et de matériels technologiques nécessaires à la conduite autonome et à la connexion du véhicule avec l'extérieur. Ces équipements vont ainsi prendre une place de plus en plus importante dans les coûts de production ;
- en aval, par les offreurs de services numériques, car le véhicule autonome et connecté va devenir aussi une « plateforme de services » – il ne sera plus seulement un moyen de déplacement.

Le risque pour les constructeurs automobiles est de perdre une partie de ce qui fait la valeur d'une voiture : dans l'univers de la voiture connectée et autonome, le centre de gravité pourrait ne plus être la marque, le moteur et le *design* du véhicule, mais le logiciel pilote de la voiture et les services qui y sont associés.

La maîtrise des données du véhicule automatisé et connecté : un enjeu majeur

Les données générées par le véhicule connecté et autonome joueront un rôle déterminant dans le modèle économique de ce type de véhicule. Il existe toutefois un conflit d'intérêts important entre les constructeurs qui souhaitent garder la main sur les données et les autres acteurs qui veulent y avoir accès pour proposer et monnayer de nouveaux services.

Les données du véhicule connecté sont par nature des données personnelles qui entrent, par conséquent, dans le champ du règlement général européen sur la protection des données (RGPD⁽⁸⁾), lequel entrera en vigueur le 25 mai 2018. Ce texte impose en particulier d'obtenir le consentement explicite et éclairé de toute personne fournissant des données personnelles.

La stratégie des GAFAM pourrait être favorisée par la position de la Commission européenne, qui défend le principe de la libre circulation des données⁽⁹⁾. Le RGPD prévoit en effet, en son article 20, un droit à la portabilité des données personnelles : « Les personnes concernées ont le droit de recevoir les données à caractère personnel les concernant qu'elles ont fournies à un responsable du traitement, dans un format structuré, couramment utilisé et lisible par machine, et ont le droit de transmettre ces données à un autre responsable du traitement, sans que

le responsable du traitement auquel les données à caractère personnel ont été communiquées y fasse obstacle ».

De leur côté, les constructeurs souhaitent restreindre le périmètre des données ouvrant droit à la portabilité en mentionnant le fait que l'accès aux données pourrait créer des failles de sécurité portant atteinte au fonctionnement interne des calculateurs du véhicule et faciliter ainsi la mise au point et la réalisation de cyberattaques. Ils proposent ainsi que l'application du RGPD soit réalisée en prenant en compte les spécificités de l'écosystème automobile et en instaurant un équilibre entre les intérêts de toutes les parties prenantes. Ils défendent ainsi le concept de « véhicule étendu », qui leur garantirait le contrôle de l'accès aux données.

Ce modèle n'autorise pas la collecte des données par des moyens embarqués. Le véhicule transmet ses données vers un serveur sécurisé géré par le constructeur. Une interface standardisée permet de les rendre accessibles aux tiers autorisés. Si ce concept est adopté en l'état, les tiers ne pourront avoir accès aux données que *via* le serveur du constructeur. Les conditions d'accès à ces différents serveurs seraient différenciées en fonction de la finalité de l'usage des données.

Cette proposition des constructeurs, qui vise à défendre leurs intérêts vis-à-vis de l'émergence des grandes entreprises du numérique dans l'écosystème automobile, pourrait restreindre les projets de développement des autres acteurs de cet écosystème. Ainsi, le secteur des assurances souhaite avoir accès aux données des véhicules afin, notamment, de proposer de nouveaux services aux assurés (« *pay-as-you-drive* » et « *pay how you drive* »). La filière aval (réparateurs, garagistes, concessionnaires), qui souhaite avoir accès aux données pour participer au développement de services de maintenance prédictive, craint que la négociation d'accords B2B, tels que les souhaitent les constructeurs, n'aboutisse à des coûts de transaction élevés.

Il est clair que la compétition pour s'adjuger la maîtrise des données du véhicule connecté est un enjeu majeur pour la filière automobile, qui assure une part déterminante des emplois industriels en Europe.

(8) 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, abrogeant la directive 95/46/CE.

(9) Communication « Créer une économie européenne fondée sur les données » du 10 janvier 2017.