

# La conduite automatisée : simple *buzz*, ou réalité industrielle ?

NOUVELLES TECHNOLOGIES,  
NOUVEAUX SERVICES,  
NOUVEAUX ACTEURS ?

Le thème de la conduite automatisée est très à la mode depuis quelques années. L'apparition de Google comme acteur majeur sur ce thème a bousculé les équilibres de la filière automobile, et la perception par le grand public a bénéficié d'une communication efficace. Pourtant les véhicules automatisés existent depuis des années. Alors, n'est-ce donc qu'une mode portée par un puissant acteur du *Web*, ou bien le signe d'une maturité industrielle ? De tels véhicules circuleront-ils bientôt sur nos routes ? L'objectif de cet article est de donner quelques clefs de lecture. Il s'agit tout d'abord de présenter les techniques mises en œuvre et leur degré de maturité, afin de mesurer le chemin déjà parcouru et celui qui reste à explorer. Dans un deuxième temps, nous nous sommes intéressés aux conséquences de l'automatisation de la conduite à travers deux facettes, légale et économique. Du fait de sa concision, cet article vise seulement à être une introduction à la réflexion : le sujet est polémique, mais il est justement intéressant d'en posséder quelques éléments.

Par **Arnaud de LA FORTELLE\***

La conduite automatisée, ces dernières années, c'est essentiellement Google. Les *Google cars* sont ces prototypes testés en Californie et au Nevada et qui roulent sans conducteur sur des routes publiques ; qui plus est légalement, ces États ayant donné leur autorisation à ces essais.

Cela étant, on imagine mal un champion de l'Internet se mettre à vendre des voitures, alors n'est-ce qu'un simple *buzz* ?

De nombreuses personnes s'interrogent sur les intentions réelles de Google, d'autant que l'argent et les efforts investis sont loin d'être symboliques.

Au-delà de cette communication extraordinaire (et d'une ingénierie tout aussi impressionnante), il faut savoir que toute une communauté existe, et ce, depuis fort longtemps : des laboratoires, comme le Centre de

\* Professeur à Mines ParisTech, Centre de Robotique.

Robotique de Mines ParisTech (qui est associé à l'Institut national de recherche en informatique et en automatique, l'Inria), travaillent sur ces technologies depuis une vingtaine d'années. Des constructeurs et des équipementiers automobiles ont eux aussi leurs propres prototypes. Mercedes en a même fait un argument de sa publicité commerciale. On peut, depuis au moins dix ans, acheter des navettes automatisées. Alors n'est-ce pas un champ d'innovation déjà bien labouré, où la principale question restante serait celle de sécuriser ce type de voitures et de les produire industriellement ?

La vérité se situe bien entendu entre ces deux points de vue extrêmes. Pour se faire une opinion plus juste de ce qu'est ce domaine aujourd'hui en pleine effervescence, il faut prendre le temps de comprendre les verrous techniques et scientifiques qu'il faut encore faire sauter, d'une part, et les implications de l'introduction de la conduite automatisée, d'autre part.

Le but de cet article est de proposer des éléments d'analyse, scientifiques dans une première partie, puis économiques et sociaux, dans une deuxième partie, afin que le lecteur puisse se forger sa propre opinion sur ces questions et disposer de quelques clefs lui permettant de pousser plus avant sa réflexion, puisque l'histoire de la conduite automatisée continue de s'écrire.

## LES TECHNIQUES PERMETTANT UNE CONDUITE AUTOMATISÉE

Le paradigme de la robotique repose sur le triangle suivant : perception-planification-contrôle.

Une voiture automatisée étant de fait un robot, elle doit donc posséder ces trois fonctions.

La perception permet à la voiture automatisée de visualiser son environnement et de s'en créer une représentation abstraite, à partir de laquelle elle va prendre des décisions.

La planification, ensuite, lui permet de décider des actions à mener, cela à partir des données produites par la perception, de la capacité du robot à modéliser l'avenir et d'un certain nombre de règles.

Enfin, le contrôle consiste en la mise en œuvre des intentions décidées lors de l'étape de planification.

Notre voiture-robot se déplace (ou plus généralement change d'état), ce que la perception détecte, et les décisions sont à leur tour ajustées.

Il s'agit d'une boucle de rétroaction, qui peut être plus ou moins sophistiquée. La figure de la page suivante illustre quelques-uns des automatismes qui sont actuellement en développement dans les laboratoires ou qui sont déjà en cours d'industrialisation : ils représentent une partie de l'état de l'art, mais ils en soulignent aussi les limites actuelles. Notons finalement qu'en couplant un contrôle latéral, un contrôle longitudinal et un évitement d'obstacle, on obtient un véhicule automatisé (mais encore peu sophistiqué).

Or, c'est justement la sophistication qui pose problème en matière de conduite automatisée.

En effet, conduire une navette sur un itinéraire préparé d'avance et dépourvu d'obstacles (en incluant les piétons) est une opération maîtrisée depuis plusieurs années. Nous en voulons pour preuve le fait que certains constructeurs proposent depuis des années des fonctions de parking automatisé.

Mais proposer un véhicule automatisé qui circulerait, par exemple, dans Paris se révèle autrement plus difficile, même en se limitant au seul défi technologique à relever (en dehors de toute considération économique ou juridique).

C'est que l'environnement est très différent dans les deux cas. Dans le second, il y faut une perception bien plus fine, une représentation et une compréhension de la réalité que les laboratoires s'efforcent encore d'imaginer, une maîtrise de règles explicites (par exemple, le code de la route) et implicites (comme des règles sociales) difficiles à gérer, et une maîtrise de la conduite sur la longue durée excluant toute erreur.



Photos 1 et 2 : De « vieux » véhicules automatisés : à gauche une navette en opération commerciale, à Rotterdam (2000) ; à droite, un Cybercar de l'Inria (depuis 1996).

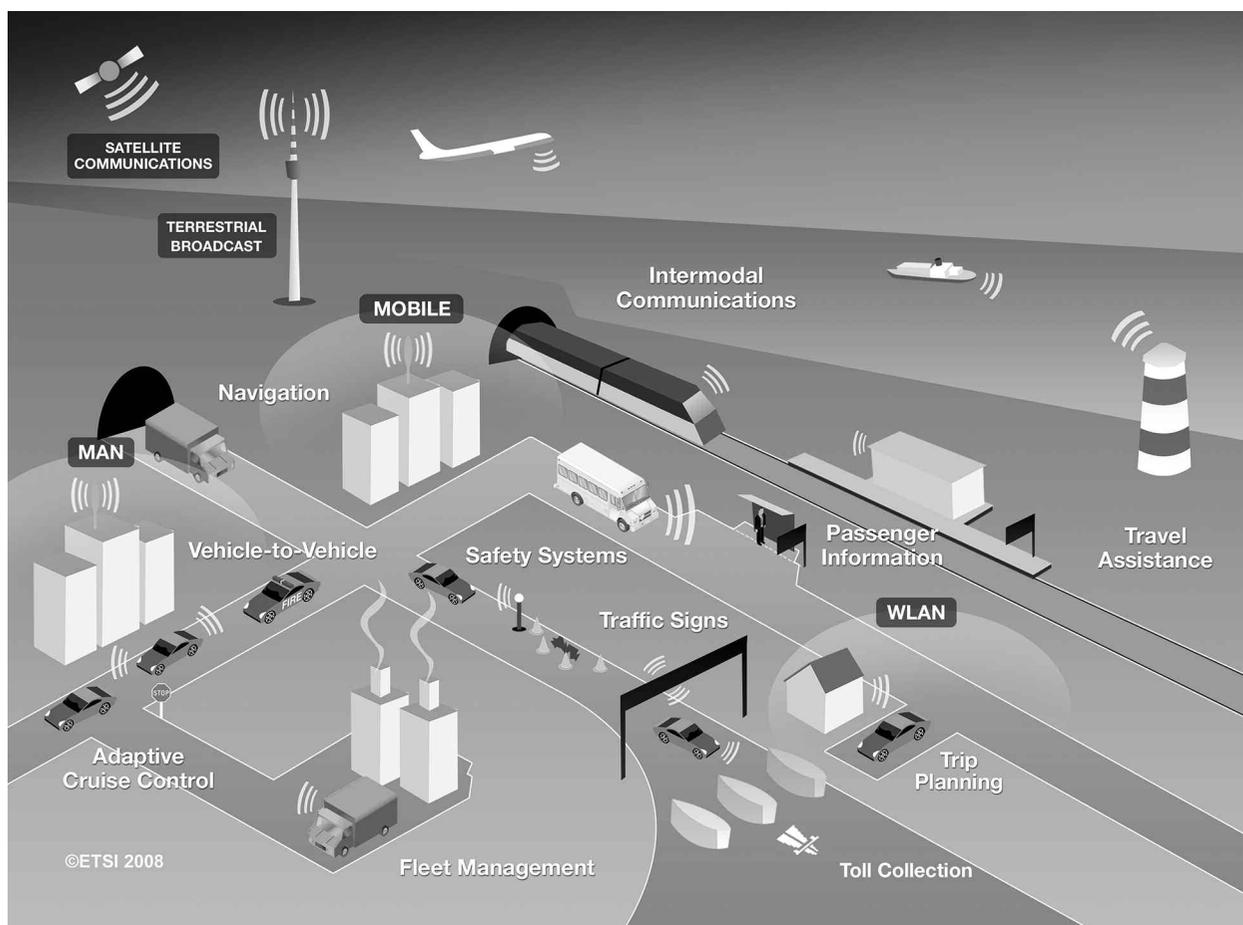


Figure 1 : Quelques aides à la conduite développées dans le cadre du projet européen Prevent, avec leur système de perception.

On le comprend bien, le véhicule automatisé, une fois sorti d'un environnement raisonnablement maîtrisé, ne pourra jamais être préparé pour faire face à toutes les circonstances pouvant se présenter dans le monde réel.

Ce qui signifie que les représentations abstraites doivent laisser une place à l'apprentissage. Cela entraîne une perte de prédictibilité du comportement de ce type de véhicule, ce qui pose bien évidemment problème. Mais c'est la contrepartie de leur intelligence : adaptabilité et prédictibilité font en général très mauvais ménage. C'est cet aspect de la conduite automatisée qui pose aujourd'hui le plus de problème, à la fois du côté scientifique, mais aussi du point de vue légal et industriel.

En conclusion, on peut dire que les techniques actuelles permettent (de mieux en mieux) de préparer un véhicule à réagir à des circonstances bien identifiées : rester dans sa voie de circulation, respecter les limitations de vitesse, mais aussi se garer, éviter un piéton, etc. Les capteurs fournissent des données dont la précision va en s'accroissant et des débits exponentiels. Les algorithmes de perception et de fusion de données ont fait d'extraordinaires progrès, et le contrôle des véhicules est déjà très précis.

Mais tous ces progrès industrialisables ne suffisent pas à permettre la conduite d'un véhicule dans n'importe quelle circonstance : peut-on en effet imaginer de laisser évoluer en liberté des véhicules automatisés qui risqueraient parfois de prendre des initiatives dangereuses ?

J'en doute. On le voit, la recherche dans ce domaine a encore de beaux jours devant elle.

## LES IMPLICATIONS DE LA CONDUITE AUTOMATISÉE

Imaginons maintenant que nous maîtrisons suffisamment la technique pour fournir des véhicules automatisés capables de circuler convenablement et, au minimum, d'une manière sûre, même si c'est loin de la perfection. À quels problèmes serions-nous confrontés ?

Le premier problème serait d'ordre légal : aurions-nous l'autorisation de mettre ces véhicules en circulation ?

En Europe, la convention de Vienne l'interdit formellement : un conducteur doit être à bord du véhicule

et doit en rester maître (ou des animaux qui le tractent). Les États-Unis, le Japon et la Chine n'ayant pas ratifié cette convention, le problème se pose différemment dans ces pays. Cela sera le cas aussi de l'Europe puisque l'on songe à modifier la convention de Vienne. Si l'on adopte une attitude volontaire, comme c'est le cas aux États-Unis, la question se formulera sous deux angles complémentaires : quelles règles l'État doit-il faire respecter ? Qui prend quel risque ?

La première question est assez technique mais elle est finalement proche de la problématique de l'élaboration d'un nouveau code de la route : cela n'est certes pas facile, mais comme on le verra plus loin, ce ne sont pas les règles qui posent le plus problème.

La deuxième question, celle du risque et de savoir qui doit l'assumer, est assez intéressante. S'il n'y a pas de conducteur, qui est alors responsable de la voiture ? Son propriétaire ? L'opérateur du système ? Le passager-conducteur ? Le constructeur ? Ou bien encore, le fournisseur du système (mais de quel sous-système) ? Aujourd'hui c'est toujours le conducteur qui est poursuivi en cas d'accident (sauf défaut matériel avéré), ce qui limite fortement l'engagement financier de la filière industrielle (rappelons que les accidents de la circulation coûtent 1 % du PIB français chaque année).

En fait, c'est une discussion avec un juriste américain qui m'a éclairé sur les difficultés juridiques qui ne

vont pas manquer de surgir. En effet, imaginons un accident mortel impliquant un véhicule automatisé. Comme dans les procès actuels, l'une des premières requêtes de l'accusation sera de demander au constructeur (ou à ses fournisseurs) de fournir *toutes* les données concernant le véhicule défectueux. Mais ces véhicules, comme c'est déjà le cas aujourd'hui, communiqueront entre eux et avec des serveurs : dès lors, où seront ces données ? La difficulté ne sera pas tant de trouver des données que de les trier et de les analyser.

Cet aspect légal montre les implications de la conduite automatisée. Google stocke aujourd'hui des quantités gigantesques de données pour chacun de ses véhicules autonomes – et un nombre encore plus grand sur des systèmes de transport comportant de très nombreux véhicules automatisés en réseau : *Big Data*, *Smart Cities*, *Ambient Intelligence*, *Cooperative Systems*, autant de concepts à la mode qui s'imposent, dans une vision qui dépasse le véhicule automatisé lui-même. Et l'on comprend ainsi pourquoi l'on parle plus souvent de véhicules autonomes (l'autonomie souligne l'indépendance par rapport au système, l'autonomie de décision) que de véhicules automatisés (l'automatisation n'étant qu'une capacité intrinsèque), et très peu de systèmes de transport automatisés ou de mobilité assistée, ce qui est finalement ce que les citoyens recherchent le plus.



Photo 3 : Afin d'améliorer les performances (sécurité, fluidité...), les véhicules communiqueront entre eux, et avec l'infrastructure. En résulteront d'énormes masses de données.

Sans parler de ces thèmes, ni de la nécessaire coopération entre véhicules, citoyens, routes, villes ou campagnes, le fait que l'on prenne en considération la notion de système montre que le véhicule automatisé est davantage un thème technique qu'un objet social.

Or, le véritable thème de société, c'est l'usage de la capacité de conduite automatisée – son usage à grande échelle. On en a vu l'impact sur les problèmes de preuves légales, mais les changements que ces techniques auront sur la société ne s'arrêteront pas là.

Il y a bien sûr des questions d'ordre économique : à quoi bon acheter ces véhicules, puisque l'on pourra les partager très facilement ? En effet, dès la fin de mon trajet, le véhicule pourra servir à un autre usager : ces véhicules seront parfaitement adaptés à un usage en flottes, bien plus efficacement que les Autolib d'aujourd'hui, puisqu'ils viendront à nous.

Ce changement de mode de propriété (le véhicule étant partagé plutôt que possédé) aura un impact énorme sur la manière de vendre les voitures, et donc sur leur production et même leur conception. Les constructeurs ne seront pas les seuls à subir un changement de modèle économique : les taxis auront

encore plus à s'inquiéter, sans parler des gestionnaires de parkings. Ce sera en fait tout le système de transport qui devra changer : on imagine que de petites navettes automatisées rabattront assez aisément les voyageurs vers des réseaux massifiés (métro, train...). Et, là encore, la structure de l'urbanisme (en banlieue comme en centre-ville ou à la campagne) en sera certainement chamboulée.

On peut continuer ainsi à tirer le fil de la pelote des conséquences de l'introduction des véhicules automatisés. Mais comme je le disais, c'est un exercice que chacun peut continuer à approfondir sur les thèmes qui lui sont proches. Ce que je souhaite souligner dans cet aperçu sans prétention, c'est l'ensemble des changements qui nous attendent et la cohérence de ces changements.

La technique est déjà là, même si elle doit encore considérablement s'améliorer pour permettre une conduite automatisée généralisée. Et les impacts sont assez clairement identifiables. Il est donc bon d'en avoir conscience et d'en posséder quelques éléments afin de ne pas rester prisonniers de clichés, du type « tout est déjà fait, il n'y a plus qu'à s'adapter », ou bien « ce n'est qu'une mode passagère... ».