

# La robotique et l'intelligence artificielle au service de l'automobile

Par Arnaud de LA FORTELLE

Heex Technologies (CTO) et Mines Paris – PSL (professeur associé)

L'automobile doit se réinventer dans le contexte de la mutation des mobilités, qui s'accompagne d'une évolution très importante des systèmes de transport. En effet, l'information est au cœur des systèmes de transport intelligents qui sont en cours de déploiement : dès lors, comment la voiture doit-elle évoluer pour pouvoir y prendre toute sa place ?

Dans cet article, nous souhaitons apporter un éclairage plutôt technique sur les transformations en cours. Tout d'abord, nous aborderons la connectivité : la voiture s'intègre dans le grand système qu'est l'Internet des objets, où elle produit aussi bien qu'elle consomme nombre d'informations. Ensuite, nous nous intéresserons à la robotisation, à l'autonomisation de la conduite : c'est un changement considérable qui entraîne la gestion de volumes considérables de données et leur traitement par de l'intelligence artificielle. Finalement, le tableau général est celui de l'intelligence : celle de nos sociétés qui doivent surmonter des défis considérables et, espérons-le, celle des systèmes que nous allons déployer pour y répondre, au sein desquels l'automobile devrait garder une place très importante.

## Introduction

L'automobile n'est vraiment plus à la mode : pour preuve, le très respectable Automobile Club change de nom cette année pour devenir le Mobilité Club.

Ce changement très symbolique intervient alors que l'on parle depuis quelque temps déjà du passage de la possession à l'usage pour la voiture : l'objet voiture ne fait plus autant rêver ; au contraire, il tend à symboliser la pollution. Il faut donc le rendre propre, par exemple, en l'électrifiant. C'est certainement vrai (au moins en partie), mais une analyse plus poussée démontre les limites de cette représentation simpliste : quel est l'impact complet d'une voiture électrique, en incluant sa production, sa consommation d'électricité et son recyclage (ou pas) ? Peut-on aller plus loin et se passer complètement de la voiture (comme les deux tiers des ménages parisiens) ?

La thèse que nous développons ici est qu'il faut prendre le problème dans son entier, c'est-à-dire sous l'angle de la mobilité, et y voir la place que l'automobile devrait y prendre.

## Les systèmes de transport intelligents

La mobilité est une notion très large qui dépasse les mouvements des personnes et des biens : ce serait plutôt la capacité à (se) déplacer. En effet, je peux décider de remettre un déplacement en fonction de l'information que me communique le système de transport, ou bien, au contraire, je peux en initier un nouveau. La mobilité n'est pas de mettre en relation

une demande et une offre de transport, mais bien d'agir sur ces deux volets, simultanément. Concernant l'offre de transport, on se rend bien compte qu'elle doit être intégrée dans un système de transport intelligent, capable de fournir à chacun, les citoyens comme les entreprises et les collectivités, des informations pertinentes. Soulignons-le, un tel système est de plus en plus mature, mais est encore en devenir.

« Les systèmes de transport intelligents sont les applications des nouvelles technologies de l'information et de la communication au domaine des transports et de sa logistique. On les dit intelligents, parce que leur développement repose sur des fonctions généralement associées à l'intelligence : capacités sensorielles et de choix, mémoire, communication, traitement de l'information et comportement adaptatif »<sup>(1)</sup>.

On le voit bien, l'information est le cœur de ces systèmes. Et elle nous est précieuse, que ce soit pour trouver le billet d'avion au meilleur prix, la meilleure combinaison de trains, un parcours multimodal en ville (bus, métro, vélo, marche...) ou, tout simplement, un itinéraire en voiture. Mais son impact est en fait bien plus grand que de seulement guider nos choix, puisqu'elle oriente aussi les choix des fournisseurs de services (offres d'avions, de trains, de bus, de navettes ou de taxis à la demande, de vélos ou trottinettes en libre-service, etc.). Les autorités responsables des transports s'en servent aussi, par exemple, pour décider de certains aménagements urbains, ne serait-ce que les places de stationnement ou les couloirs de bus.

<sup>(1)</sup> Wikipedia, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Système\\_de\\_transport\\_intelligent](https://fr.wikipedia.org/wiki/Système_de_transport_intelligent)

Les politiques s'en emparent eux aussi afin d'assurer les grands équilibres économiques et écologiques. Cette information a donc un grand impact sur nos vies : c'est bien un des enjeux de la mobilité du futur.

Cependant, il faut bien disposer encore de moyens de déplacement. Et ici, l'automobile se place au premier rang, car même si sa part diminue, elle reste majoritaire (plus de 62 %<sup>(2)</sup> en nombre de déplacements en 2019). Cependant, comment la voiture peut-elle et doit-elle s'adapter pour devenir une partie intégrante d'un véritable système de transport intelligent ?

## La voiture, un objet connecté

Selon la définition, la voiture, en tant que partie d'un système de transport intelligent, se doit de traiter l'information. Les usages de celle-ci sont multiples. Commençons par le « GPS », c'est-à-dire la navigation, qui, de préférence, doit tenir compte des conditions de circulation. Mais citons aussi la maintenance de la voiture, que ce soit les systèmes à vérifier (par exemple, le gonflage des pneus) ou la recharge du véhicule (en essence peut-être, mais surtout en électricité, de plus en plus). C'est également la recherche de parkings et beaucoup d'autres usages possibles pour nos mobilités, dont le covoiturage ou la redirection vers un parking-relais pour utiliser les transports en commun (déjà proposé à Munich). Mais, encore une fois, l'information a un impact qui va bien au-delà de l'utilisateur : l'information peut servir à réguler le trafic – et même à prévenir des accidents – afin d'optimiser les temps de déplacement et réduire la pollution, ou à assurer une bonne maintenance de la chaussée, corrective si les données pointent vers un lieu dysfonctionnel ou préventive en fonction du roulage cumulé sur la durée. Il s'agit donc bien pour la voiture de fournir et de recevoir de l'information.

Tout cela suppose bien entendu d'avoir la capacité de communiquer. Mais la communication devient très diverse dans une voiture : la voiture peut communiquer par elle-même, en cellulaire ou en direct *via* des protocoles de type Wi-Fi, et demain d'autres types de communication (laser...), sachant que les autres véhicules, les unités-relais placées en bord de route et encore beaucoup d'autres relais implantés dans une ville intelligente sauront retransmettre l'information et s'assurer qu'elle arrive au bon endroit : ce sont tous les protocoles V2X qui sont dérivés de l'Internet. Ainsi, la voiture est en train de devenir l'un des principaux objets connectés de l'univers de l'Internet des objets (IoT).

La voiture saura aussi communiquer avec nos *smartphones*, pour utiliser éventuellement leur connectivité, mais surtout pour bénéficier des applications qui s'y trouvent. En effet, l'usage des voitures est un usage personnel, et qui nous connaît mieux que notre

*smartphone* ? Que ce soit pour suivre l'itinéraire qui aura probablement été planifié avant d'entrer dans la voiture, autant que pour écouter de la musique ou les nouvelles, que pour discuter, et, plus largement, pour accéder à tout ce qui forme l'*infotainment*, c'est bien le *smartphone* qui contiendra toutes les données nécessaires. Au-delà du confort fourni par cette interface, il y a bien entendu la question de l'intégration de l'humain dans la voiture : c'est un très vaste sujet, qui va devenir bientôt capital avec le développement de fonctionnalités très avancées dans les voitures.

## L'automobile robotisée

La quantité d'informations produite par une voiture est devenue phénoménale, et le conducteur ne peut clairement pas les traiter entièrement : une grande partie est directement utilisée dans des régulations internes, comme la gestion du moteur. En effet, l'automobile est un système très complexe, dont certaines dynamiques, très rapides, sont bien mieux gérées par des contrôles automatisés : on a mentionné le moteur, mais la stabilité du châssis et, en particulier, le contact pneu-route sont désormais des fonctions obligatoires (par exemple, l'ABS). Mais cette capacité à améliorer notre conduite ne se limite plus à quelques sous-fonctions, dont la décision « haute » (par exemple, le freinage ou la régulation de la vitesse) reviendrait au conducteur : les assistances prennent parfois la main, et certaines vont devenir obligatoires (comme l'évitement automatique des piétons (AEB piéton)) pour pouvoir afficher les fameuses cinq étoiles de la norme de sécurité Euro NCAP.

L'automobile devient donc intelligente, ce qui semble tomber sous le sens pour un des composants essentiels d'un système de transport destiné à devenir lui aussi intelligent. Mais l'on peut aller plus loin et parler d'une voiture véritablement robotisée. La différence est celle qui existe entre un système autonome et un composant d'un système plus grand. Or, il y a de très bonnes raisons de rendre les véhicules autonomes. Tout d'abord, l'infrastructure n'est pas encore capable aujourd'hui de superviser dans les moindres détails tous les véhicules, c'est-à-dire de leur envoyer toutes les commandes de conduite. Par ailleurs, ce n'est ni souhaitable ni nécessaire. Ce n'est pas souhaitable, car le contrôle total représente un énorme risque de sécurité : on imagine bien tout ce que pourrait faire un attaquant s'il prenait le contrôle total d'un véhicule à distance, qui, rappelons-le, est un engin mortel ; alors, nous n'osons même pas imaginer le contrôle total de toute une flotte de véhicules ! Et ce n'est pas nécessaire, car la plupart des interactions (par exemple, la gestion des intersections, la régulation du trafic) ne demandent pas d'avoir un contrôle total du véhicule, et l'on a pu démontrer scientifiquement les très bonnes propriétés affichées par des systèmes échangeant des ordres très basiques, comme donner des priorités, voire des consignes de vitesse, sans que soit exigé d'avoir un contrôle sur chaque véhicule. Enfin, l'on ne sait pas programmer un véhicule pour lui permettre de s'adapter à toutes les conditions de circulation (le célèbre niveau 5 des automatisations) : il faut

<sup>(2)</sup> Ministère des transports, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/comment-les-francais-se-deplacent-ils-en-2019-resultats-de-lenquete-mobilite-des-personnes>

donc bien garder un conducteur, qui peut-être n'aura pas toujours les mains sur le volant, mais dont l'intervention sera nécessaire encore de nombreuses années pour commencer et mener à leur terme de nombreux trajets.

On le voit, l'automobile du futur nous fait entrer dans un monde robotisé coopératif : un robot n'est pas nécessairement une espèce de Terminator. C'est un système intelligent et autonome, qui est conçu dans le but de nous simplifier la vie et non de nous remplacer. Le problème qui se pose aujourd'hui est précisément celui de la coopération aussi bien entre l'automobile et son conducteur, puisque les assistances ne seront pas parfaites avant longtemps, qu'entre les différents véhicules et l'environnement dans lequel ils évoluent (ville, autoroute...).

## L'intelligence artificielle et la donnée

Pour savoir quoi faire, il faut bien comprendre le contexte des actions possibles. Et, dans le cas de la coopération, les schémas sont nombreux. Il faut donc disposer de beaucoup d'informations. Il n'est qu'à se représenter le franchissement d'une intersection : comment se comportent les autres véhicules ? Et les piétons ? Il y a bien des règles générales (respect des feux, des priorités...), mais le contexte est très différent selon les pays. Face à un piéton prêt à s'engager sur un passage clouté, en Suisse, une voiture s'arrêtera 2 mètres avant le passage, alors qu'à Paris, ce sera plutôt en empiétant sur le passage. Pourtant les deux systèmes marchent plutôt bien (dans les deux cas, les accidents sur des passages piétons sont très rares, et sont plutôt le fait des vélos). Et si ces deux systèmes fonctionnent bien, c'est parce que les deux populations que sont les automobilistes et les piétons partagent les mêmes règles en termes de comportement. Le danger viendrait plutôt de la surprise face à un changement de comportement, et la croyance erronée que l'autre anticiperait un certain comportement est une cause fréquente d'accident. Il faut donc apprendre pour s'adapter à chaque contexte.

Pour nos automobiles robotisées, l'empirique, c'est le domaine de la donnée : les véhicules vont devoir intégrer beaucoup de situations pour être capables de bien se déplacer en synergie avec tous les autres usagers de la route. Ce sont beaucoup de données, mais vraiment beaucoup : on parle en pétaoctets et même en zettaoctets ! Par conséquent, il faut avoir des algorithmes d'apprentissage automatique, c'est-à-dire disposer de l'intelligence artificielle

pour pouvoir traiter ces volumes gigantesques de données. Sur ces deux sujets – la collecte de données et l'apprentissage automatique –, l'écosystème de la conduite autonome (laquelle est synonyme de voiture robotisée) a énormément investi : des dizaines de milliards. On a donc plutôt une bonne idée de ce qui est faisable et de ce qui ne l'est pas. Tout d'abord, au niveau des limites : on ne sait pas comment faire pour arriver – et on ne semble pas s'en approcher très vite – à une conduite de niveau 5, c'est-à-dire totalement autonome. Officiellement, on en est au niveau 2, voire au niveau 3, mais à basse vitesse et sur certaines routes. Ce qui signifie que l'on est tout de même capable d'assurer une conduite sans supervision (niveau 3) ! Même si le champ de cette activité est limité, c'est tout à fait remarquable.

En effet, comme pour un conducteur humain, conduire en ligne droite de jour sur une autoroute est un problème plutôt simple, qui est résolu pour les véhicules. Ce sont tous les cas les plus compliqués, comme les changements de voie ou les entrées et les sorties d'autoroute, qui posent la plupart du temps problème, et ce parce qu'il faut tenir compte des interactions avec les autres usagers, dont il faut anticiper le comportement pour réagir en conséquence. Le plus souvent, c'est chose aisée, car nous sommes des êtres sociaux, mais cela est parfois très difficile, car tout le monde n'a pas tout le temps cette fibre sociale. Ajoutons les cas intrinsèquement difficiles, comme une route recouverte de neige ou des carrefours sans visibilité. Toutes les données n'ont donc pas la même valeur, et parvenir à se concentrer sur la donnée utile est un objectif important. C'est d'ailleurs celui que s'est fixé Heex Technologies qui travaille à faire avancer ce vaste chantier. Ce sera la capacité à apprendre tous, ou du moins la plupart de ces cas difficiles qui permettra de déployer massivement ces nouvelles voitures intelligentes.

## Conclusion

Le défi pour l'industrie automobile est donc de parvenir à intégrer ces techniques afin de parvenir à réinventer le véhicule de demain, qui sera une automobile connectée, robotisée, traitant automatiquement de vastes volumes de données afin de progresser en matière d'intelligence pour mettre cette dernière au service de l'humain, dans l'optique d'un usage réinventé de l'automobile et d'un système de mobilité plus durable. Ce n'est certainement pas un résultat qui sera atteint dès demain, mais c'est une belle route qui s'ouvre pour l'automobile de demain.