

Le véhicule autonome : peut-on piloter rationnellement un projet d'utopie technicienne ?

par

■ **Christophe Midler** ■

Directeur de recherche CNRS, CRG I³,
professeur à l'École polytechnique

En bref

Le véhicule autonome est aujourd'hui à l'agenda des stratégies d'innovation de tous les grands constructeurs automobiles, comme des équipementiers principaux. Plus que toute autre, cette innovation confronte les entreprises à des incertitudes majeures : incertitude technologique, car on est encore loin de disposer des technologies capables d'assurer une conduite automatique sûre en toutes circonstances ; incertitude d'écosystème, car le domaine implique des acteurs très différents de la chaîne de valeur automobile traditionnelle ; incertitude de marché, car la valeur de l'autonomie reste largement débattue face aux surcoûts importants associés. Face à cette triple incertitude, comment piloter un projet permettant d'assurer un apprentissage raisonné sur ces différentes dimensions et éviter ainsi les écueils du *techno-push* ? Christophe Midler livre les enseignements d'une recherche menée dans le cadre du programme de l'Institut de la mobilité durable Renault-ParisTech.

Compte rendu rédigé par Élisabeth Bourguinat

L'Association des Amis de l'École de Paris du management organise des débats et en diffuse les comptes rendus, les idées restant de la seule responsabilité de leurs auteurs. Elle peut également diffuser les commentaires que suscitent ces documents.

Le séminaire Ressources technologiques et innovation est organisé avec le soutien de la Direction générale des entreprises (ministère de l'Économie et des Finances) et grâce aux parrains de l'École de Paris (liste au 1^{er} mars 2018) :

Algoé¹ • Be Angels • Carewan • Caisse des dépôts et consignations • Conseil régional d'Île-de-France • EDF • ENGIE • FABERNOVEL • Fondation Roger Godino • Groupe BPCE • Groupe OCP • HRA Pharma² • IdVectoR² • La Fabrique de l'industrie • Mairie de Paris • MINES ParisTech • Ministère de l'Économie et des Finances – DGE • Renault-Nissan Consulting • RATP • SNCF • UIMM • VINCI • Ylios

1. pour le séminaire Vie des affaires
2. pour le séminaire Ressources technologiques et innovation

Le management de l'innovation dans l'automobile est un thème de recherche déjà ancien au CRG I³ (Centre de recherche en gestion – Institut interdisciplinaire de l'innovation). L'étude que je vais vous présenter, menée avec Rémi Maniak, s'inscrit dans la continuité de celle que nous avons conduite avec l'Institut de la mobilité durable Renault-ParisTech sur le projet Véhicule électrique. Nous nous appuyons sur ce que nous avons appris du véhicule électrique pour réfléchir au cas du véhicule autonome. Ces deux types de projets présentent un certain nombre de similarités. Ils sont souvent menés dans des grands groupes dont l'activité principale est de vendre des voitures "normales", ce qui pose la question de savoir comment concilier l'innovation classique, incrémentale, et les innovations de rupture telles que celles mises en œuvre pour les véhicules autonome, électrique, ou encore low cost (comme dans le cas de la Logan).

Une utopie à portée de main ?

Le véhicule autonome est une utopie déjà ancienne. Dès 1925, naît l'idée d'une voiture sans pilote, capable de rouler immédiatement derrière une autre voiture grâce à un guidage radio. C'est en 2010 que Google révèle sa première Google Car. Il s'agit d'une Toyota Prius modifiée pour permettre de livrer des pizzas sans aide humaine. Après le temps des rêves d'ingénieurs et des preuves de concept, vient celui des outils d'aide à la conduite de plus en plus sophistiqués. On passe ainsi de dispositifs avertissant le conducteur, comme le FCW (*Forward Collision Warning*) ou le LDW (*Lane Departure Warning*) à des systèmes intervenant directement dans la conduite, comme l'ACC (*Adaptive cruise control*) ou le LKA (*Lane Keeping Assist*). Puis ces systèmes sont combinés entre eux et couplés à des calculateurs puissants, ce qui laisse progressivement envisager l'autonomie comme la prochaine étape "naturelle".

Les médias et la publicité se sont emparés de ces innovations et les annonces spectaculaires sont en train de se multiplier. De nombreux constructeurs évoquent la mise sur le marché de véhicules autonomes pour 2022, 2020 ou même 2019, c'est-à-dire pour demain.

Plusieurs degrés d'autonomie

Encore faudrait-il s'entendre sur ce que l'on appelle un *véhicule autonome*. En réalité, il existe plusieurs degrés d'autonomie, que je regrouperai en quatre types.

Le premier, souvent baptisé *Eyes-on*, comprend les aides à la conduite qui ne dispensent pas le conducteur de surveiller la route ni d'agir. Ces technologies sont déjà légales : elles sont encadrées par la Convention de Vienne, qui a été révisée à cet effet en 2016. Beaucoup sont même déjà présentes dans les voitures les plus équipées.

Au deuxième degré d'autonomie, *Eyes-off*, le conducteur n'agit pas lui-même, mais doit rester vigilant de façon à pouvoir reprendre la main dès que le système le lui demande. Une caméra vidéo ou d'autres outils permettent de vérifier s'il est bien vigilant.

Au troisième stade, *Mind-off*, le conducteur peut se livrer à d'autres activités que la conduite (téléphoner, suivre une téléconférence, regarder un film...).

Ces degrés d'autonomie dépendent non seulement des technologies mises en œuvre mais aussi des scénarios d'usage. Être autonome sur l'autoroute entre Paris et Lyon ou sur une petite route de campagne, par temps de brouillard, avec des chiens qui traversent ou des troupeaux de vaches sur la route, ce n'est pas la même chose.

Les deuxième et troisième formes d'autonomie ne sont pas encore considérées comme légales, mais l'étude de leur compatibilité avec la Convention de Vienne est en cours. La question de la responsabilité est particulièrement épineuse : un conducteur libéré de l'obligation d'être vigilant peut-il être considéré comme responsable d'un éventuel accident ?

Le quatrième degré d'autonomie est celui du robot-taxi, c'est-à-dire de la navette sans conducteur, complètement automatique. Il nécessitera une approche juridique et législative spécifique.

Les annonces des constructeurs concernent des véhicules relevant de stades d'autonomie très différents. Renault, par exemple, parle d'un *Mind-off* réservé à la conduite sur autoroute pour l'automne 2020, mais également, depuis septembre dernier, d'un robot-taxi pour 2022. Nissan vise un système de conduite sur autoroute et urbaine *Eyes-on* pour 2020. Quant à Tesla, il annonce à l'horizon 2019 un robot-taxi totalement autonome...

Quatre grandes fonctions

Un véhicule autonome met en œuvre quatre grandes fonctions.

La première est la perception : de multiples capteurs étudient l'environnement de la voiture et son évolution. Les différentes technologies présentent toutes des avantages et des inconvénients. Les caméras offrent une bonne résolution, mais leur perception est arrêtée par les obstacles. La résolution des radars est moins performante, mais leur pénétration plus large. Les lidars ont une excellente résolution, mais sont très coûteux et, par temps de brouillard, leur efficacité est réduite à néant. Les ultrasons sont bon marché, mais n'ont une profondeur de perception que de 4 ou 5 mètres, contre 150 pour les lidars.

Une deuxième grande fonction est la fusion/interprétation. Il s'agit d'analyser les informations recueillies : « *L'objet blanc au milieu de l'image est-il un camion ou un panneau de circulation ?* »

La troisième fonction, celle de la décision, est confiée à des algorithmes qui procèdent par comparaison entre les informations telles qu'elles ont été interprétées et des bases de données répertoriant toutes les situations possibles : « *Je roule sur la file de gauche ; or, je ne vais pas plus vite que les véhicules se trouvant sur la file du milieu ; donc, je dois me rabattre sur la file du milieu.* » Le dispositif peut également intégrer un système d'apprentissage qui vient enrichir la base de données : « *J'ai déjà utilisé cette route-là et il s'était passé telle et telle chose.* »

La dernière étape est celle de l'action, naturellement plus facile à mettre en œuvre sur une voiture dont toutes les commandes sont électriques que sur une voiture thermique.

Encore des incertitudes

Plusieurs incertitudes pèsent encore sur des aspects techniques ou non techniques du véhicule autonome.

Détection et analyse des situations de route

La première concerne l'analyse des situations de route, qui peut s'avérer complexe. En mai 2016, un Américain a perdu la vie au volant d'une Tesla Model S. Elle était équipée de l'AutoPilot, un système d'assistance à la conduite capable de maintenir la position du véhicule sur sa voie, d'ajuster la vitesse pour la faire correspondre au trafic ambiant et de freiner en cas d'obstacle. Le chauffeur doit toutefois rester vigilant et conserver en permanence les mains sur le volant. En raison de la position du soleil et d'un ciel très blanc, la caméra du véhicule n'a pas détecté la remorque blanche d'un camion qui traversait la route. Le radar n'a pas perçu l'obstacle parce qu'il analyse surtout ce qui se passe au ras du sol et que la remorque en question était surélevée. Le chauffeur était occupé à regarder un film. Il avait été alerté à plusieurs reprises avant l'accident parce que ses mains n'étaient pas posées sur le volant, mais il n'en a pas tenu compte. Le véhicule a heurté la remorque du camion à 120 kilomètres à l'heure, ce qui a été fatal au conducteur.

Vitesse de la boucle

Une deuxième incertitude concerne la vitesse de la boucle entre détection, analyse, décision et action. Plus le véhicule se déplace rapidement, plus le délai de réponse doit être court, ce qui crée un risque d'engorgement des algorithmes et des circuits qui transportent les informations.

La reprise en main par le conducteur

L'option *Mind-off* crée une sorte de paradoxe. Le conducteur est temporairement dispensé d'être vigilant et peut passer des coups de fil, lire, jouer ou même dormir. C'est seulement en cas de problème que le système lui demande de reprendre la main, mais, dans ce cas, il doit le faire de toute urgence, en quelques secondes. Pris de court, il risque de paniquer et d'agir de façon inappropriée. Comment anticiper suffisamment à l'avance le moment où le conducteur devra reprendre le contrôle ?

L'hétérogénéité des cycles de vie de la mécanique, du hardware et du software

La gestion de l'apprentissage technologique associé aux progrès d'autonomie des véhicules est complexe à organiser du fait des temporalités différentes des cycles de conception. Dans l'automobile, le temps de développement d'un organe mécanique est de plus de trois ans. Celui des systèmes électroniques est beaucoup plus court. Quant aux algorithmes, ils évoluent en permanence. Comment faire en sorte que les systèmes d'autonomie ne soient pas déjà obsolètes lorsque le nouveau véhicule sera mis en vente ?

La plupart des constructeurs continuent, comme pour les voitures "normales", à valider les technologies en interne avant de les mettre sur le marché. D'autres, en particulier Tesla, procèdent à des mises à jour sur des voitures déjà commercialisées, en fonction de l'évolution du logiciel d'assistance à la conduite, mais en s'appuyant aussi sur les informations que les véhicules sillonnant les routes font remonter. L'objectif est de les amener progressivement jusqu'au stade de l'autonomie complète. Cette stratégie audacieuse, mais risquée, est rendue possible par une législation beaucoup plus permissive en Californie qu'en Europe. Cet État autorise largement les tests de véhicules autonomes sur ses routes, à condition que les constructeurs lui communiquent les résultats des expérimentations, en particulier le taux de reprise en main des véhicules par leurs chauffeurs. L'idée est que plus celles-ci se font rares, plus l'automatisme est performant.

Quelle est la valeur de l'autonomie ?

Au-delà des incertitudes techniques, subsiste une question de fond sur l'intérêt même de ces technologies.

Le rapport entre le coût et la valeur

Tout d'abord, le véhicule autonome crée-t-il réellement de la valeur pour son utilisateur ? Si oui, cette valeur apparaît-elle uniquement à l'étape *Mind-off* ou augmente-t-elle progressivement à chaque degré d'autonomie supplémentaire ?

Par ailleurs, est-elle proportionnelle au coût des technologies mobilisées ? Ce coût varie fortement selon que l'on se contente de caméras et d'ultra-sons (quelques centaines d'euros), ou que l'on y ajoute des lidars seize canaux, des radars, voire des lidars soixante-quatre canaux (on arrive alors à plusieurs milliers d'euros).

Les clients sont-ils prêts à payer pour la sécurité ?

Une autre grande question concerne la perception de la valeur par le client. L'un des bénéfices majeurs attendus du véhicule autonome est l'amélioration de la sécurité. Or, de nombreuses études montrent que cette valeur est très difficile à vendre, alors même qu'elle apparaît comme fondamentale.

En 2001, j'ai mené avec Sylvain Lenfle une étude sur un dispositif télématique innovant qui venait d'être commercialisé. Il s'agissait d'un radiotéléphone avec appel d'urgence localisé. Dès que l'airbag se déclenchait, un SMS était envoyé à une plateforme qui rappelait le client. En cas d'absence de réponse, les secours étaient aussitôt alertés. La valeur ajoutée de ce produit en termes de sécurité était évidente. Cependant, dans une concession, un vendeur dispose d'environ vingt minutes pour finaliser une vente. Il n'a probablement pas envie de consacrer une partie de ce temps à faire imaginer à son client ce qui se passera s'il a un accident de voiture en rase campagne à 2 heures du matin...

Ce genre de produit ne peut être vendu que si une nouvelle réglementation le rend obligatoire. Le problème est qu'il cesse alors d'être différenciant pour les constructeurs.

L'importance de l'expérience d'usage

La troisième grande difficulté concernant la valeur de l'autonomie est le rôle que joue l'expérience pour l'appréhender. Comme nous l'avons démontré dans notre recherche sur le véhicule électrique¹, tant que l'on n'a pas conduit ce genre de véhicule, on a du mal à comprendre l'intérêt qu'il représente. Or, une valeur qui n'est pas perçue n'existe pas réellement.

C'est encore plus vrai pour le véhicule autonome. Des consultants ont mené une étude à base de questions comme « *Seriez-vous prêt à confier vos enfants à un robot-taxi pour les emmener à l'école?* » Ils en ont conclu que les personnes utilisant déjà des formes d'assistance à la conduite étaient beaucoup plus enclines à répondre favorablement que celles qui en sont encore à changer les vitesses elles-mêmes ou à tourner le volant avec leurs muscles.

Un écosystème bouleversé

Enfin, il apparaît que c'est essentiellement au travers de nouveaux services que la création de valeur liée au véhicule autonome devient perceptible et donc rentable. Pour en tirer parti, les constructeurs sont conduits à nouer des partenariats non seulement avec des fournisseurs de technologies, mais avec des opérateurs de services, ce qui transforme en profondeur leur écosystème. Ils doivent même se rapprocher d'acteurs complètement extérieurs à l'industrie automobile, comme les gestionnaires d'autoroutes ou de parkings, ou même les grandes villes. Ceux-ci peuvent en effet jouer un rôle essentiel pour rendre les véhicules plus autonomes à moindre frais, par exemple grâce à des équipements intelligents (bornes, feux tricolores, puces intégrées aux tickets de péage, etc.) ou à d'autres dispositifs (adhésifs fixés sur les glissières des bretelles d'autoroute pour aider au guidage, utilisation des caméras de surveillance des autoroutes...).

Cette évolution s'était déjà largement ébauchée avec le véhicule électrique, mais elle prend une tout autre échelle avec le véhicule autonome. On assiste notamment à de spectaculaires mouvements d'alliance autour du robot-taxi, avec un détail ennuyeux pour les constructeurs : jusqu'alors, ils étaient les acteurs dominants du secteur, et ce n'est plus forcément le cas. Même des fournisseurs de rang deux peuvent subitement devenir très puissants. C'est le cas, par exemple, de la société Mobileye, qui a développé une caméra capable de détecter et d'interpréter l'information à très grande vitesse, et qui est pratiquement en situation de monopole sur le marché. Le même type de goulot d'étranglement existe en matière de cartographie.

Cette situation met les constructeurs automobiles dans l'obligation de choisir entre trois stratégies : rester de simples fournisseurs de véhicules, racheter des fournisseurs de technologie ou devenir des opérateurs de services de mobilité.

Manager une disruption systémique dans un grand groupe

Dans l'industrie automobile, on commence généralement par introduire les technologies innovantes dans les véhicules premium, avant de les faire descendre progressivement dans le reste de la gamme. Au sein de l'Institut de la mobilité durable Renault-ParisTech, nous avons essayé d'imaginer d'autres chemins pour l'innovation.

Partir des scénarios d'usage

L'un d'entre eux consiste à partir de différents scénarios d'usage pour mettre en évidence ceux qui sont le plus susceptibles de donner de la valeur à l'innovation. On définit ainsi des niches potentielles qui offriront un cadre

1. Felix von Pechmann, Christophe Midler, Rémi Maniak, Florence Charue-Duboc, « *Managing Systemic and Disruptive Innovation : Lessons from the Renault Zero Emission Initiative* », *Industrial Corporate Change*, volume 24, n°3, juin 2015, pp. 677-695.

favorable à l'adoption de l'innovation. On peut alors construire des propositions de valeur plus solides que lorsqu'on part de l'hypothèse selon laquelle une technologie aurait une valeur en soi.

Au lancement du véhicule électrique, par exemple, tout le monde pensait que le marché devait être attaqué par les centres-villes. L'étude menée par Felix von Pechmann a montré que c'était une erreur, en particulier parce que les habitants des centres-villes ne disposent généralement pas de prises électriques à l'endroit où ils garent leurs véhicules, et qu'équiper des parkings de copropriété s'avère long et complexe. De plus, en cœur de ville, le véhicule électrique entre en concurrence avec de nombreux autres modes de transport. Felix von Pechmann est arrivé à la conclusion qu'en Île-de-France, le meilleur segment pour attaquer le marché était celui de la grande couronne, où beaucoup d'habitants sont relativement aisés, possèdent déjà plusieurs véhicules et disposent de leur propre garage, trois conditions très favorables à l'acquisition d'une voiture électrique.

Trois scénarios pour le véhicule autonome

En 2017, dans le cadre du master PIC (Projet Innovation Conception) de Polytechnique, deux étudiants, Pierre Gilloury et François Martel, ont appliqué ce genre d'approche au véhicule autonome. Ils ont identifié trois scénarios d'usage : la migration pendulaire, c'est-à-dire le trajet biquotidien entre domicile et lieu de travail de ceux qui tiennent trop à leur confort pour prendre le RER; les déplacements professionnels, par exemple les voyages des représentants de commerce; et les voyages de départ en vacances, par exemple Paris-Marseille. Pour mener leur étude, ils ont utilisé à la fois les données de l'INSEE sur les mouvements des populations ciblées et Google Maps pour connaître la nature des routes.

L'enquête a tout d'abord montré que la migration pendulaire représente le plus gros gisement de déplacements : autour de quatre milliards par an, contre soixante-cinq millions pour les voyages professionnels et cinquante millions pour les départs en vacances.

En revanche, sur les trajets pendulaires, la durée d'autonomie possible est faible : 8 minutes en moyenne, avec de surcroît des interruptions fréquentes, par exemple lors de l'accès aux échangeurs et aux ronds-points. Or, si la durée d'autonomie est trop courte, elle présente peu d'intérêt, car elle ne permet pas de se livrer à une autre activité que la conduite.

Pour un départ en vacances de Paris à Marseille, la durée d'autonomie possible est de 253 minutes, ce qui ouvre beaucoup de possibilités. Mais on voit mal un ménage acheter un véhicule autonome pour s'en servir seulement à cette occasion.

Les déplacements professionnels sont ceux qui offrent le meilleur compromis. Ils sont certes moins nombreux que les migrations pendulaires et la durée d'autonomie moyenne possible (91 minutes) est moins longue que pour les déplacements vers les lieux de vacances. En revanche, le véhicule autonome présente un véritable intérêt pour le public concerné, par exemple les représentants de commerce, qui peuvent utiliser le temps libéré pour passer des coups de fil ou gérer leur agenda. Ce public est ainsi susceptible de constituer une niche de *first movers*, surtout si le véhicule est conçu pour ce type d'usage, avec, par exemple, des sièges pivotants pour faciliter la tenue d'une réunion. Cette niche paraît d'autant plus intéressante qu'en général, les représentants de commerce n'achètent pas eux-mêmes leur véhicule professionnel : il peut être plus facile de convaincre celui qui achète les flottes de véhicules que chaque conducteur individuellement.

Du développement d'un produit au déploiement d'un système

Avec une innovation disruptive comme le véhicule autonome, on passe d'une logique de développement de produit (« *Je vous vends cet objet et vous en faites ce que vous voulez* ») au développement d'un système, et même d'un système de systèmes. Dans le cas du véhicule électrique, Felix von Pechmann évoquait « *l'ingénierie du déploiement du système de mobilité électrique* »².

2. Christophe Midler et Felix von Pechmann, « [Du véhicule électrique à l'électromobilité](#) », séminaire Ressources technologiques et innovation de l'École de Paris du management du 17 décembre 2014.

Cette ingénierie présente deux grandes dimensions : le déploiement des infrastructures et des services de mobilité associés en lien avec les gestionnaires d'autoroutes, les municipalités, ou encore les acteurs susceptibles de faire des propositions sur l'utilisation du temps libéré par la conduite autonome, mais aussi le ciblage géographique. De ce point de vue, on passe d'une logique de *blockbuster*, où il s'agit de diffuser des spots publicitaires le plus largement possible, à une approche de déploiement progressif ciblé, au fur et à mesure que certaines zones ou trajets auront été équipés, et en s'appuyant sur des prescripteurs qui pourront accompagner ce déploiement.

Ce genre de projet ne peut pas être mené à bien sans une structure dédiée et dotée d'un pouvoir suffisant. Chez Renault, pour le projet de véhicule électrique, il s'agissait du BDVE (*Business development* du véhicule électrique), qui avait pour rôle d'animer les interactions avec les pouvoirs publics locaux afin de monter des projets pilotes et de créer des systèmes d'électromobilité. En outre, le programme Nouvelles mobilités était chargé de développer des services associés à la voiture électrique et susceptibles d'apporter de la valeur au produit. Sans ce genre de structure et sans un chef de projet doté de pouvoirs importants, le projet risque de rejoindre la ligne de plus grande pente de l'industrie automobile, à savoir l'adoption d'innovations incrémentales sur les modèles hauts de gamme, en se contentant d'améliorer progressivement les systèmes d'aide à la conduite.

Une organisation ambidextre

La conception des véhicules autonomes suppose des organisations "ambidextres", capables de mener de front le développement de gammes classiques et le développement de projets de rupture, et ce avec des horizons de temps différents. Dans les années quatre-vingt-dix, le monde de l'automobile a été transformé par le concept d'*ingénierie concourante*, qui consistait à impliquer l'ensemble des métiers dès le démarrage d'un nouveau projet. Avec le véhicule autonome, on peut même parler d'*exploration concourante*, au sens où, alors que les constructeurs annoncent déjà la date de mise sur le marché de véhicules autonomes, leurs services de R&D continuent à perfectionner les algorithmes correspondants. Chez Tesla, la logique est poussée encore plus loin : les voitures déjà vendues contribuent à alimenter la recherche sur l'intelligence du système.

Débat



La fin des embouteillages, ou leur retour ?

Un intervenant : *Lorsqu'un carrefour est encombré, il arrive à chacun d'entre nous de prendre des initiatives, comme le fait de reculer un peu afin de permettre à un autre véhicule de se faufiler. Il me paraît douteux qu'un véhicule autonome soit capable de ce genre d'ajustement. L'introduction de véhicules autonomes ne va-t-elle pas avoir pour effet de ralentir globalement l'écoulement des voitures ?*

Christophe Midler : La situation que vous décrivez relève typiquement d'un cas de reprise en main du véhicule, de même que l'accès à certaines bretelles d'autoroute ou l'entrée sur un site comme la place de l'Étoile.

On pourrait même imaginer que certaines situations trop complexes soient carrément écartées par les algorithmes. Il y a quelques années, la société de livraison UPS a décidé d'interdire à ses chauffeurs de tourner à gauche. Cette mesure très simple s'est traduite par d'importants gains de temps et de carburant, sans parler des accidents évités. Au lieu de traverser la place de l'Étoile, les véhicules autonomes pourraient faire systématiquement le tour par la rue Tilsitt et la rue de Presbourg, avec des feux rouges à chaque intersection, et il est fort probable que tout le monde y gagnerait... Voilà typiquement un cas où le traitement purement technique du problème est quasiment impossible, ce qui ne veut pas dire qu'il n'y ait pas de solution, à condition d'élargir l'espace de conception à des variables jusque-là ignorées des spécialistes du domaine.

Int. : *Il est difficile d'anticiper quel va être l'impact du véhicule autonome sur la circulation. Peut-être celle-ci sera-t-elle globalement ralentie, mais les gens y seront moins sensibles, car ils pourront se consacrer à leur travail ou à d'autres activités au lieu de s'occuper de conduire. Dans l'hypothèse la plus catastrophique, on pourrait assister à une congestion totale, comme dans la bande dessinée des années soixante-dix, Les Mange-Bitume, dont les personnages s'étaient résignés à passer toute leur vie en voiture...*

Une étude a montré qu'il serait possible de répondre à la totalité des besoins de mobilité de l'agglomération de Bruxelles avec 10 % du parc actuel de véhicules, à condition que tous les véhicules en question soient autonomes et qu'ils soient partagés. Il n'y aurait alors plus aucun embouteillage.

Le problème est de savoir comment gérer la transition entre la situation actuelle et cette situation idéale. À Singapour, cette difficulté est en passe d'être résolue : le gouvernement a décidé que d'ici quelques années, seuls seront autorisés à circuler les transports en commun et les véhicules autonomes partagés...

La question du confort

Int. : *Vous avez évoqué le cas des Franciliens qui, pour des raisons de confort, préfèrent utiliser leur voiture plutôt que prendre le RER. Par ailleurs, on entend souvent dire que les véhicules autonomes seront vraisemblablement partagés. Or, j'ai des amis qui utilisent régulièrement les Autolib' et me disent qu'elles sont extrêmement sales. Le concept de véhicule partagé est-il compatible avec celui de confort ?*

C. M. : *C'est un vrai sujet. Les modèles que mes étudiants sont en train de construire montrent que le coût de la maintenance, du vol et du nettoyage sont des variables clés pour prendre la décision de mettre le service en place ou non.*

Int. : *À Munich, les véhicules partagés sont dans un état impeccable...*

Int. : *À Singapour où, quand vous jetez un papier par terre, l'amende est de 500 dollars, le problème devrait également être résolu assez vite.*

C. M. : *À Shanghai, les utilisateurs des vélos en libre-service peuvent prendre une photo pour montrer l'état dans lequel ils ont trouvé le vélo qu'ils louent. Dans ce cas, ils gagnent des minutes supplémentaires gratuites. En France, un tel système aurait sans doute du mal à être accepté... On en revient à l'importance du contexte spécifique d'usage.*

Int. : *Où alors, les gens dégraderaient les vélos pour gagner des points...*

Int. : *Ce système ne fonctionne de toute façon pas non plus en Chine : la plupart des vélos sont dégradés.*

La vraie rupture : le robot-taxi

Int. : *Parmi les différents degrés d'autonomie que vous avez évoqués, les trois premiers offrent une sorte de continuité, mais le quatrième, celui du robot-taxi, marque une rupture très nette avec les précédents. La problématique de la reprise en main du véhicule par le conducteur, notamment, disparaît, puisqu'il n'y a plus de chauffeur du tout. D'ailleurs, presque tout ce qui caractérise l'automobile disparaît : le volant, les pédales, etc. Du coup, la proposition de valeur est énorme, que ce soit en termes de gain de temps, de libération d'espace urbain, de sécurité, de réduction des gaz à effet de serre, etc.*

Il y a quelques années encore, tous les constructeurs se concentraient sur les premiers degrés d'autonomie et se heurtaient au problème de la reprise en main dans l'environnement Mind-off. Il y a deux ans, Uber a annoncé qu'il allait mettre en service des flottes de robots-taxis dès 2019, ce qui a complètement changé la donne. Désormais, même Carlos Ghosn annonce que Renault va non seulement construire des robots-taxis, mais devenir un opérateur clé de services de mobilité.

Le passage au robot-taxi exigera toutefois des sauts technologiques importants, en particulier en matière d'architecture électronique, ou encore de processeurs. En mars 2017, Intel a racheté la société Mobileye pour

un montant record de 15 milliards de dollars, mais des spécialistes d'architecture informatique estiment que son processeur ne suffira pas : il faudra y ajouter une couche de machine learning et surtout de décision en temps réel. Un être humain peut prendre la décision de freiner en 600 millisecondes. Tant que les systèmes autonomes mettront davantage de temps à prendre ce genre de décision, ils ne convaincront pas.

Certains constructeurs ont opté pour un autre processeur, celui de Nvidia, développé pour les jeux vidéo, qui offre une capacité de traitement colossale. Mais il ne s'agit toujours pas d'un processeur véritablement dédié au véhicule autonome.

Quant à Elon Musk, après avoir abandonné Mobileye il y a deux ans, il vient de se détourner également de Nvidia et a annoncé qu'il se lançait dans la conception de son propre processeur.

Int. : *La rupture va être telle, que l'on peut légitimement se demander si les véhicules autonomes seront vendus par des constructeurs automobiles ou par des acteurs complètement nouveaux...*

Le rôle des villes

Int. : *Finalement, les acteurs les mieux placés pour prendre le leadership sur le développement du véhicule autonome ne seraient-ils pas les grandes métropoles ?*

C. M. : Il suffit de voir ce qui se passe à Paris pour comprendre que les grandes villes ont un rôle majeur à jouer dans la transformation des systèmes de mobilité. L'horizon d'action des élus locaux reste cependant lié à leur réélection, ce qui est insuffisant pour des projets d'une ampleur comme celle du véhicule autonome. Par ailleurs, lorsque le responsable du BDVE, Thomas Orsini, était allé à la rencontre des élus locaux pour leur expliquer l'intérêt de développer le véhicule électrique, il m'avait confié qu'il avait été souvent sidéré, à l'époque, par leur faible niveau de compétence en la matière.

Dans le cadre du master PIC, des étudiantes ont cherché à comparer les politiques menées par six villes européennes en faveur du véhicule électrique. L'objectif était de construire une sorte d'outil pédagogique destiné aux maires et à leurs services d'urbanisme. Oslo apparaissait comme la championne toute catégorie, avec des mesures très astucieuses comme le fait de permettre aux acheteurs de véhicules électriques de privatiser l'emplacement de parking situé devant leur maison. Inversement, la ville qui arrivait en queue de peloton avait mis en œuvre des mesures à la fois très coûteuses et très peu efficaces.

La démarche adoptée par la Chine est très différente. Les pouvoirs publics ferment les yeux sur certaines expérimentations menées avec des véhicules non homologués puis, au bout de quelque temps, font un bilan. Ils interdisent alors les véhicules qui, à l'usage, ne s'avèrent pas satisfaisants, et modifient les normes pour autoriser les autres. En Europe, tout le monde attend qu'une nouvelle norme soit adoptée pour commencer à travailler...

Une impasse économique ?

Int. : *Si la seule façon de développer le véhicule autonome consiste à convaincre une municipalité après l'autre et à s'adapter aux contextes locaux, ne va-t-on pas vers une impasse économique ? Le succès de l'industrie repose sur les économies d'échelle.*

C. M. : La construction automobile a justement pour particularité, depuis longtemps déjà, de réussir à concilier production de masse et personnalisation. Outre la segmentation entre différents types de clients (la femme qui travaille, le jeune qui veut une voiture de sport, le cadre qui cherche le confort maximal...), elle devra désormais s'adapter aux différents pays, voire aux différentes villes, mais je ne doute pas qu'elle soit capable d'y parvenir.

Pour le moment, toutefois, ce qui me frappe, c'est le peu de ressources que les constructeurs consacrent à l'évangélisation de ces prescripteurs majeurs que sont les villes, par rapport aux armées de fantassins qu'ils consacrent à la vente en *B to C*. Il faudrait revoir complètement l'allocation des ressources.

Int. : *Négocier commune par commune représenterait un travail de titan ! Aux États-Unis, les décisions se prennent au niveau des États. C'est une des explications au succès de la Prius et de la Tesla.*

C. M. : On pourrait imaginer que chaque concessionnaire consacre vingt minutes par semaine à discuter avec le maire de sa commune... Mais cela représenterait un changement profond dans les pratiques commerciales, aujourd'hui centrées sur le *B to C*.

L'interopérabilité

Int. : *À l'heure actuelle, les conducteurs doivent se procurer une vignette pour entrer dans Paris, une autre pour Berlin, etc. Pour traverser l'Europe, ce sera bientôt le parcours du combattant...*

C. M. : Le monde automobile travaille sur ces questions et y apporte des réponses. Avant, pour recharger sa voiture électrique, il fallait posséder la carte Autolib', celle d'Auchan, celle d'EDF, etc. La start-up Gireve, dont le capital est détenu en commun par PSA, Renault, EDF et Bpifrance, travaille sur l'interopérabilité des services de recharge publics.

Toute la question est de savoir quels acteurs peuvent prendre en charge des disruptions systémiques comme le véhicule électrique ou le véhicule autonome. Je ne crois pas que les municipalités en soient capables. Ce sont plutôt les constructeurs automobiles qui vont prendre la main : ils sauront à la fois se réinventer tout en conservant leur ADN, qui est la production de masse.

Un calendrier réaliste ?

Int. : *Les dates annoncées par les constructeurs, 2022, 2020, voire 2019, vous paraissent-elles réalistes ou relèvent-elles de la pure communication ?*

C. M. : En 2012, je me suis rendu au Mondial de l'Automobile, et j'ai constaté la présence de véhicules électriques sur la plupart des stands. Sur celui de Mercedes, j'ai benoîtement demandé si je pouvais passer commande d'une Smart Electric. La réponse a été évasive... Il existe bien des façons d'être présent sur le marché. À l'époque, PSA était effectivement présent, mais avec des Mitsubishi rebadgées aux couleurs de la marque. D'autres affichaient des prix prohibitifs pour être certains de ne pas trouver d'acheteurs.

Nous allons sans doute assister aux mêmes comportements pour le véhicule autonome. S'agissant de Renault, toutefois, j'ai le sentiment que la promesse pourrait être tenue : Carlos Ghosn met longtemps à faire ses annonces mais, en général, lorsqu'il le fait, c'est du sérieux, et les moyens qui ont été investis dans ce projet sont considérables. Beaucoup de constructeurs sont loin d'en faire autant. Peut-être se préparent-ils à être des *fast followers*, le moment venu.

De l'émergence à la pénétration

Int. : *Les dates que vous avez indiquées correspondent à l'émergence de ces nouveaux véhicules. Quel sera à votre avis le délai nécessaire à une véritable pénétration sur le marché ? Il a fallu plus de quarante ans pour passer du tout voiture à cheval au tout voiture automobile. Faut-il s'attendre à une transition aussi longue ?*

C. M. : Pour le véhicule autonome, comme pour le véhicule électrique, le problème n'est effectivement pas seulement celui de la sortie du produit, mais celui du passage à l'échelle. Il faut pour cela intervenir sur des variables que les constructeurs automobiles n'ont pas l'habitude de manipuler. Felix von Pechmann avait montré, par exemple, que la mesure susceptible d'entraîner la plus forte progression des ventes de véhicules électriques consistait à leur donner le droit de circuler dans les voies dédiées aux bus. Or, pendant que des armées d'ingénieurs se mobilisent pour grappiller quelques kilowatts supplémentaires de stockage dans les batteries, personne ou presque ne s'occupe sérieusement de faire avancer ce genre de question. Prendre en compte la dimension systémique des innovations de mobilité constitue l'un des défis majeurs actuels pour l'organisation de la conception dans les groupes automobiles.

■ Présentation de l'orateur ■

Christophe Midler : Directeur de recherche CNRS au Centre de recherche en gestion (CRG I3) et professeur à l'École polytechnique; ses travaux portent sur les mutations des grandes entreprises industrielles dans le domaine de la stratégie d'innovation, de l'organisation des projets et de la conception des produits nouveaux; il a publié de nombreux articles et ouvrages sur ce thème, dont *Management de l'innovation de rupture – Nouveaux enjeux et nouvelles pratiques*, coéditeur avec Sihem Ben Mahmoud-Jouini et Rémi Maniak (Éditions de l'École polytechnique, 2012), *Réenchanter l'industrie par l'innovation, l'expérience des constructeurs automobiles*, en collaboration avec Rémi Maniak et Romain Beaume (Dunod, 2012), *L'épopée Logan, nouvelles trajectoires pour l'innovation*, en collaboration avec Bernard Jullien et Yannick Lung (Dunod, 2012), *Management de l'innovation et globalisation*, en collaboration avec Sihem Ben Mahmoud-Jouini et Florence Charue-Duboc (Dunod, 2015), *Managing and Working in Project Society – Institutional Challenges of Temporary Organizations*, en collaboration avec Rolf A. Lundin, Niklas Arvidsson, Tim Brady, Eskil Ekstedt et Jörg Sydow (Cambridge University Press, 2015).

Diffusion mars 2018
