



VÉHICULE AUTONOME

— COMMUNAUTÉ D'INTÉRÊT —

RAPPORT 2020 / 2021

Véhicule autonome

*D'une approche technologique et urbaine à la mobilité
inclusive et durable dans les territoires ?*

conseil & recherche

9 passage Dagorno • 75020 Paris

Téléphone : +33 1 83 96 59 01

E-mail : contact@conseil-et-recherche.com

Web : conseil-et-recherche.com

© 2021 Conseil & Recherche

Auteurs :

Antoine Maire • C&R

Thomas Scapin • C&R

Direction Artistique :

Julien Janiak • C&R



VÉHICULE AUTONOME

— COMMUNAUTÉ D'INTÉRÊT —

RAPPORT 2020 / 2021

Véhicule autonome

*D'une approche technologique et urbaine à la mobilité
inclusive et durable dans les territoires ?*

L'ÉQUIPE PROJET



◆

L'ÉQUIPE PROJET



ANTOINE MAIRE

Docteur en science politique (Sciences Po), il travaille sur des projets de recherche collaborative en lien avec des sujets d'innovation et de responsabilité sociale des entreprises. Depuis juillet 2020, il dirige le bureau de Paris de Conseil & Recherche.

amaire.externe@macif.fr



THOMAS SCAPIN

Thomas est docteur en science politique (Sciences Po Lyon et Université Lyon 2). Ses thématiques de recherche portent sur l'éthique dans le secteur public et les réformes de l'État. Il travaille au sein de Conseil & Recherche sur le véhicule autonome, les mutations du travail et l'innovation dans le secteur publique.

thomas.scapin@conseil-et-recherche.com



BERTRAND DALLE

Spécialiste des mutations du travail et passionné par la créativité, Bertrand accompagne les dirigeants et managers depuis 20 ans. Après avoir été sous-directeur au cabinet du Directeur général de l'Assurance Maladie, il a fondé Conseil & Recherche en 2009 pour développer des liens entre les entreprises et les chercheurs en sciences humaines et sociale.

bertrand.dalle@conseil-et-recherche.com



JULIEN JANIAK

Graphic designer au service des grands comptes, Julien s'appuie aujourd'hui sur son expérience et sa créativité pour apporter une valeur ajoutée aux aventures apprenantes de Conseil & Recherche.

julien.janiak@conseil-et-recherche.com



CONSEIL D'ORIENTATION & ENTREPRISES PARTENAIRES





CONSEIL D'ORIENTATION

Il regroupe sept grands témoins autour de la problématique du véhicule autonome et des axes identifiés pour les travaux de la communauté. Ses membres sont chargés de conseiller l'équipe projet au moment des grandes échéances de la communauté, de faciliter le déroulement des activités et d'assurer la promotion et la diffusion des résultats dans leur sphère de compétence. Le Conseil se réunit deux fois dans l'année, au début et à la fin du projet.



YANN ARNAUD

Groupe MACIF

Directeur Réponses Besoins Sociétaires et Innovation du groupe MACIF, Yann Arnaud est président de la commission numérique au sein de la Fédération Française de l'Assurance. Il pilote également au sein de la fédération un groupe de travail sur le véhicule connecté et le véhicule autonome.

Il apporte le point de vue d'un assureur sur la façon dont le secteur prend en compte l'émergence du véhicule autonome et les défis que cela engendre.



ALEXIS OFFERGELD

Movin'On LAB

Alexis Offergeld est Directeur de Movin'On LAB. Il a rejoint Michelin en 1994 et occupé plusieurs postes de direction dans les ventes, le marketing et l'innovation. Il dirige et anime depuis 2017 le Movin'On LAB, Think and Do Tank dont l'objectif est de trouver des solutions innovantes de mobilité durable, en écosystème avec ses partenaires.



RÉMI MANIAK

École Polytechnique

Diplômé de l'ESCP et docteur en gestion de l'École Polytechnique, Rémi Maniak est Professeur à Polytechnique où il enseigne la stratégie et le management de l'innovation depuis le début du cycle polytechnicien jusqu'à l'Executive Master. Il est également chercheur au Centre de recherche en gestion de l'X, sur ces mêmes thématiques, et en lien étroit avec des partenaires industriels et institutionnels.

Il joue le rôle de référent scientifique des travaux menés dans le cadre de la communauté d'intérêt. Il supervise leur orientation et facilite leur articulation avec les autres acteurs de la communauté scientifique travaillant sur les questions liées à la mobilité et au véhicule autonome.



CONSEIL D'ORIENTATION



SYLVAIN LENFLE
CNAM

Normalien, agrégé d'économie et gestion, Sylvain Lenfle a soutenu sa thèse de doctorat en 2001 (Université de Marne-la-Vallée et École Polytechnique) et son habilitation à diriger des recherches en 2008 (Université Paris-Dauphine). Professeur en management de l'innovation au Cnam depuis 2016, il est par ailleurs chercheur associé au Centre de recherche en gestion de l'École Polytechnique.

Il joue également le rôle de référent scientifique des travaux de la communauté d'intérêt.



PATRICK PÉLATA
Meta Strategy Consulting

Président de Meta Strategy Consulting, Patrick Pélata est l'auteur avec Xavier Mosquet d'un rapport sur l'avenir de la filière automobile française et les nouvelles mobilités réalisé à la demande du gouvernement et publié en février 2019.

Ancien Directeur Général délégué de Renault, il apporte le point de vue des industriels du secteur automobile et éclaire la façon dont ces derniers se préparent aux mutations provoquées par l'apparition du véhicule autonome.



DAMIEN ADAM
Assemblée nationale

Député La République en Marche de la 1^{ère} circonscription de Seine-Maritime, Damien Adam est membre de la commission des affaires économiques de l'Assemblée nationale. Il est également président du groupe d'étude « véhicules terrestres », et s'intéresse notamment au développement des véhicules électriques et autonomes.

En tant que représentant de la Nation, il apporte un point de vue politique aux travaux de la communauté, tant pour ce qui concerne les orientations politiques que l'acceptabilité sociale du véhicule autonome.



FRÉDÉRIC CUILLERIER
Association des Maires de France

Maire de la commune de Saint-Ay dans le Loiret, Frédéric Cuillerier préside également la commission permanente « Transports, mobilités, voirie » de l'Association des Maires de France (AMF).

Il représente au sein de cette communauté les acteurs ruraux et périurbains. Il contribue à identifier les enjeux de mobilité propres à ces espaces géographiques et l'intérêt potentiel du véhicule autonome dans ces derniers.



ENTREPRISES PARTENAIRES

La communauté d'intérêt sur le véhicule autonome est hébergée au sein du Movin'On LAB créé par Michelin, et pilotée par la MACIF. Une pluralité d'entreprises (BNP Paribas Cardif, Deloitte, Faurecia, Groupama, Kantar, MACIF, MAIF, Michelin, Microsoft, Orange, Vinci, SNCF) y partage leurs visions et leurs expertises sur le véhicule autonome.



YANN ARNAUD

Directeur Réponses Besoins Sociétaires & Innovation

Directeur Réponses Besoins Sociétaires et Innovation du groupe MACIF, Yann est président de la commission numérique au sein de la Fédération Française de l'Assurance. Il pilote également au sein de la fédération un groupe de travail sur le véhicule connecté et le véhicule autonome.



NICOLAS MARESCAUX

Directeur adjoint Réponses Besoins Sociétaires & Innovation

L'évolution est un fait, la transformation est un état d'esprit. Nicolas conçoit des programmes de transformation digitale pour accélérer l'adoption des solutions de mobilité (assurance, banque et services connectés) par les parties prenantes.



PIERRE-OLIVIER ADREY

Directeur des Relations Extérieures

Spécialiste du pricing en assurance, expert de la négociation et du management interculturels, imaginatif et créatif, fervent adepte du servant leadership dans le management, Pierre-Olivier occupe le poste de directeur des relations extérieures du groupe MACIF. Il a exercé des fonctions de directeur général d'une société d'assurance en Algérie et des fonctions de directeur technique IARD.



ENTREPRISES PARTENAIRES



CHRISTOPHE STEVENS

Manager Anticipation Stratégique

Christophe est actuellement Manager Anticipation Stratégique chez Michelin. Il a été auparavant directeur qualité et performance industrielle dans des sociétés de plantations d'Hévéa (caoutchouc naturel) de Michelin. Christophe a également inventé et créé une startup dans le domaine du stockage stationnaire d'énergie. Il est ingénieur diplômé de l'Université de Liège (Belgique) et d'Agro ParisTech.



ÉRIC MARCHANDISE

Directeur Général de Cardif IARD & Natio Assurance

Entré dans le Groupe BNP Paribas en 2001, Eric a occupé successivement plusieurs postes en Corporate Finance dans le secteur des institutions financières, en développement et en stratégie, avant de devenir Directeur Général de Cardif IARD (entreprise d'assurance dommages fondée entre BNP Paribas Cardif et la Matmut, située à Rouen) et de Natio Assurance.



FLORENT VILLAIN

Directeur Marketing MAIF & Directeur Général Altima Assurances

Entré à la MAIF en 2003 et diplômé des IAE de Tours et Poitiers puis d'un Master de l'IFG Paris, Florent a effectué tout son parcours professionnel au sein de la MAIF. Cinq ans après son arrivée au sein de la direction commerciale, Florent devient responsable de la coordination opérationnelle, au sein de la Direction de la Stratégie. En 2016, il se voit confier la responsabilité des projets stratégiques du Groupe, et coordonne, notamment, le lancement de l'agrégateur bancaire Nestor en juin 2016. En février 2017, il prend la Direction Générale de la filiale ALTIMA Assurances, société jouant le rôle de laboratoire pour le Groupe en assurance dommages. En février 2018, il est nommé Directeur Marketing du Groupe MAIF.



ENTREPRISES PARTENAIRES



CHLOÉ BEAUMONT

Responsable du Hub, de la Veille & Prospective

Diplômée du Master Communication de Sciences Po Paris et après 6 années de Planning Stratégique en agences de publicité et digitale, Chloé rejoint la MAIF en 2017. Elle prend en charge la création du Hub, un accélérateur d'innovation ouverte visant à connecter la MAIF aux écosystèmes d'innovation internationaux. En septembre 2019, elle prend également la responsabilité du pôle Veille & Prospective Marketing.



CHRISTOPHE SABADEL

Chef Produit Auto & Mobilités

Diplômé en économie de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Christophe débute sa carrière dans le secteur bancaire avant de rejoindre la MAIF en 2003. Il y est chef Produit Auto & Mobilités depuis 2012.



Groupama

la vraie vie s'assure ici



ROBERTO BOLELLI

Responsable projets transformation digitale

Roberto a rejoint Groupama en 2018 en tant que Responsable projets de transformation digitale groupe. Auparavant il a exercé pendant 20 ans dans le conseil en stratégie et management de l'innovation à différents niveaux de responsabilité. Il a également été pendant plus de 8 ans chargé du cours Management de la technologie et de l'innovation à l'Ecole Centrale de Paris (MSTM).



PIERRE-OLIVIER PUYO

Project Manager - Direction de la Stratégie et des Partenariats Groupe

Diplôme de l'Université Paris Dauphine et d'HEC, Pierre-Olivier a débuté sa carrière chez Ernst & Young en tant qu'auditeur financier. Il a rejoint Groupama en 2017 en étant chargé de missions d'audit général, ciblé, transverse et flash pour la Direction Générale. Pierre-Olivier est depuis décembre 2020 gestionnaire de projet au sein de la Direction de la Stratégie et des Partenariats du Groupe.



ENTREPRISES PARTENAIRES



ANTOINE GAUTREAU

Responsable des offres d'assurance Mobilité

Antoine a débuté sa carrière en 2001 chez Sopra Consulting au sein de la practice Assurances et Protection sociale. Il intervient notamment pour différentes entités du Groupe et intègre Groupama en 2014 sur le programme d'Amélioration de la satisfaction client. En 2017, il devient responsable des offres d'assurances Auto/Moto pour le Groupe.



CHRISTELLE KORCZYKOWSKI

Chef de Produit Auto

Après 15 ans d'expérience dans le marketing produits dans le domaine de l'assurance IARD/Prévoyance et de l'assistance, Christelle a rejoint Groupama en octobre 2017. Depuis elle a pris en charge les problématiques autour du véhicule connecté et plus largement de la mobilité.



FRÉDÉRIC CHARON

Group Open Innovation Director

Après un début de carrière en tant que responsable de bureau d'études dans une PME, Frédéric a rejoint le groupe Faurecia en 1992. Il a occupé différentes positions dans le domaine commercial, la gestion de programme, la communication produit et le marketing stratégique. Il est actuellement responsable de l'Open Innovation au sein du groupe.



GUILLAUME SAINT

Responsable monde Auto & Mobilité

Nommé responsable automobile mondial de Kantar en 2017, Guillaume a plus de 18 ans d'expérience en recherche automobile. Il est en charge de la stratégie et du développement de l'offre automobile et mobilité et dirige le *Global Automotive Steering Committee*. Auparavant, il a passé sept ans à Shanghai en tant que responsable régional pour la région Asie-Pacifique. Guillaume a également dirigé le département auto français de Kantar qu'il a rejoint en 2003, dix ans après avoir commencé sa carrière dans une agence de publicité. Depuis février 2019, Guillaume représente Kantar au sein du conseil d'administration du Movin'On LAB.



ENTREPRISES PARTENAIRES



CÉDRIC SEUREAU

Research Program Manager «Interconnecting Attractive Territories»

Diplômé de l'École Nationale Supérieure des Sciences Appliquées et de Technologie (ENSATT), Cédric travaille chez Orange depuis une dizaine d'années. Depuis 2017, il est responsable chez Orange Labs à Lannion du projet de recherche « Interconnecting Attractive Territories » qui explore les services de mobilité de demain pour des villes plus agréables et durables.



ARNAUD PUTEGNAT

Senior Industry Solutions Executive

Arnaud a rejoint Microsoft en 2003. Il conseille et accompagne les entreprises internationales dans leurs parcours de transformation digitale en développant des solutions Cloud adaptées à leurs besoins.



DAVID BOROT

Directeur délégué nouvelles mobilités et Directeur du programme Tech4Mobility

De formation juridique et financière, David a rejoint la SNCF en 2001 en qualité de directeur juridique et « risk manager » de CNC transports (Naviland cargo). En 2006, il est devenu le directeur juridique et conventionnement de la branche SNCF proximités, qui exploite les services TER transilien et intercités. En 2013, David est nommé directeur délégué TER et directeur de l'établissement TER pour les Pays de la Loire, puis en 2017 directeur Marketing, Développement, Qualité et Innovation pour l'activité TER Pays de la Loire. Depuis 2019, David est Directeur délégué nouvelles mobilités et Directeur du programme Tech4Mobility.



ENTREPRISES PARTENAIRES



PIERRE DELAIGUE

Directeur des projets de mobilité autonome, connectée et électrique

Pierre Delaigue est le Directeur des projets de mobilité autonome, connectée et électrique de Leonard, l'entité innovation du groupe Vinci. Ingénieur mécanique de formation avec une spécialisation dans la sécurité des transports (M.S. at George Washington University, Washington D.C.), il commence sa carrière dans la recherche académique au Center for Intelligent Systems Research à Washington, D.C. ou il mène pendant 6 ans des travaux sur les Systèmes d'Assistance à la Conduite. Il rejoint Renault en 2007, et y occupe pendant 10 ans plusieurs fonctions, en France et aux Etats-Unis, sur plusieurs thématiques d'innovation. Il intègre le groupe Vinci en Sept 2018 avec pour objectif principal de faire valoir le rôle des infrastructures dans le déploiement de la mobilité autonome, notamment en développant des solutions à l'interface entre les véhicules et l'infrastructure en partenariat avec des acteurs clés du secteur automobile.



EXCLUSIVE KNOWLEDGE PARTNER
de la communauté d'intérêt



GUILLAUME CRUNELLE

Associé, responsable secteur Automobile

Guillaume a exercé chez Deloitte en France et en Espagne. Pendant une quinzaine d'années, il a servi plusieurs constructeurs automobiles et équipementiers en tant qu'auditeur ou pour les accompagner dans leurs développements. En 2013, il est nommé responsable de la practice Automotive pour Deloitte France.



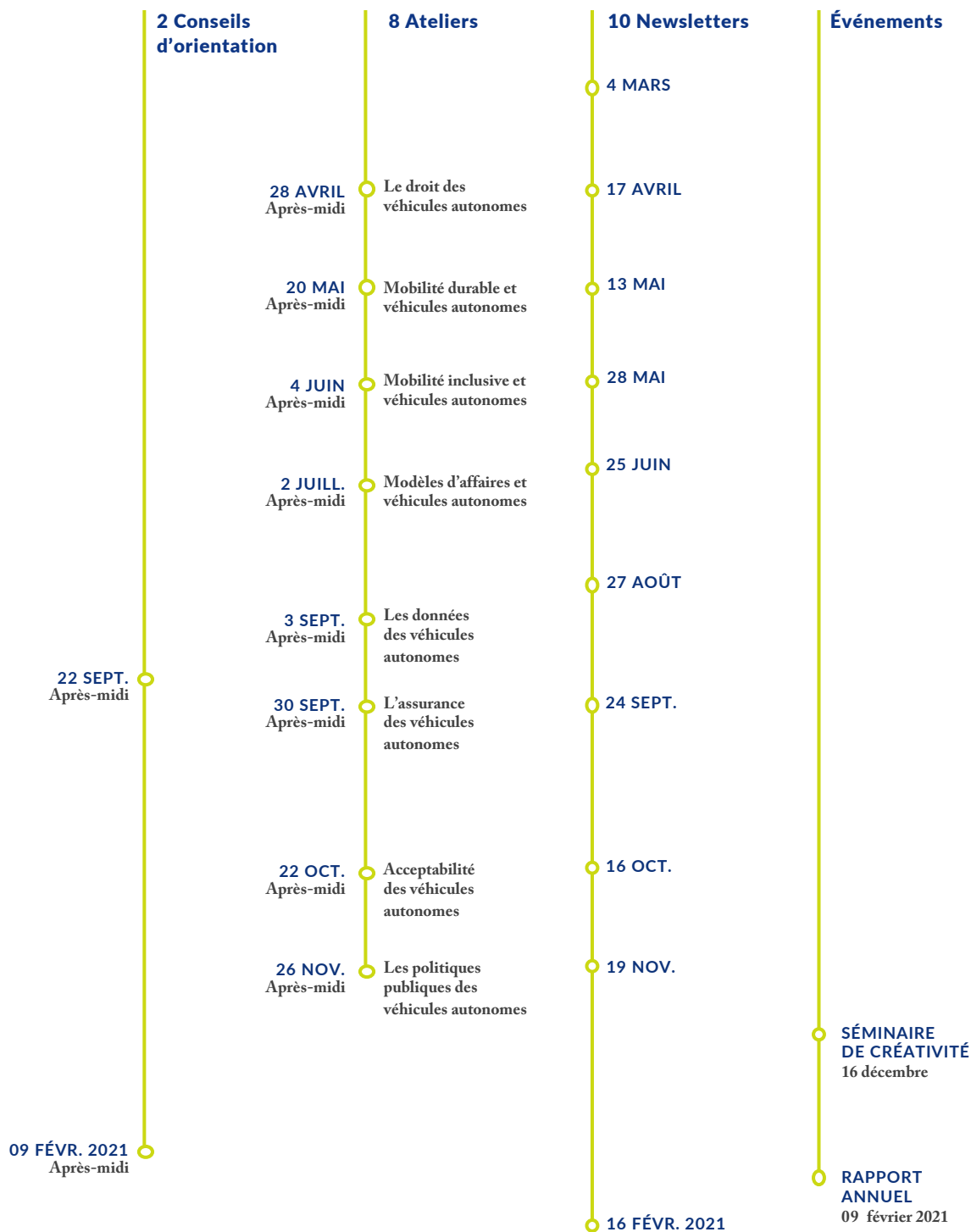
CARMEN DUHEM

Senior Manager Marketing / Développement commercial

Diplômée de l'ESCP Europe, Carmen a débuté sa carrière au sein du cabinet Ernst & Young où elle occupe plusieurs postes dans le marketing. Elle a rejoint le cabinet Deloitte depuis 2008 en tant que Senior Manager Marketing / Développement Commercial où elle travaille plus précisément sur l'industrie automobile.



CALENDRIER



L'ÉDITORIAL MACIF



VÉHICULE
AUTONOME
- COMMUNAUTÉ D'INTÉRÊT -

VON
LAB
Michelin Initiative
erche

VÉHICULE
AUTONOME



JEAN-PHILIPPE DOGNETON

DIRECTEUR GÉNÉRAL DE LA MACIF

Pourquoi s'engager dans la mobilité autonome ? Créée en 1960, la Mutuelle d'assurance des commerçants et industriels de France et des cadres et des salariés de l'industrie et du commerce (MACIF) s'est immédiatement positionnée en disrupteur du marché, en offrant des solutions d'assurance auto près de deux fois moins chères. Présente dans 20 % des foyers, elle constitue aujourd'hui le premier assureur automobile et deux roues en nombre de contrats en France.

Fort de cette histoire et de ses valeurs mutualistes, la MACIF est engagée de longue date dans les réflexions sur le futur de toutes les mobilités, que ce soit au niveau de ses activités commerciales ou des actions de sa Fondation. À l'automne 2018, nous avons ainsi décidé d'approfondir nos réflexions sur un objet porteur de nombreux espoirs, mais aussi de craintes : le véhicule autonome. Alors que l'époque était dominée par une forme d'engouement et de fatalisme technologique autour de cet objet, nous avons fait le choix de l'aborder à l'aune de la raison d'être qui nous anime : « *Nous mobilisons nos valeurs mutualistes et nos savoir-faire pour protéger le présent et permettre l'avenir, pour nous tous et les générations futures* ».

Cela s'est traduit par un parti pris fort : « **mobilité pour tous, autonomie pour tous, via le véhicule autonome partagé** ». Il s'agit par là d'interroger le sens de cette technologie et d'œuvrer plus concrètement à ce qu'elle s'inscrive dans une logique de progrès, qui serve le plus grand nombre et pas de rares privilégiés. Cette ambition est en soit novatrice, comme l'ont montré les travaux de cette première année. En effet, le véhicule autonome a été principalement abordé jusqu'alors à l'aune d'un prisme technologique et urbain. Son apport potentiel à la mobilité dans les territoires ruraux et périurbains et aussi pour les personnes fragiles, a souvent été présenté comme une douce utopie, peu en phase avec les ambitions industrielles et économiques des grands acteurs du secteur.

Résoudre le défi posé par l'émergence des véhicules autonomes ne sera néanmoins possible que grâce à notre intelligence collective. Nous avons pour cela choisi d'initier une démarche d'innovation ouverte avec la création d'une communauté d'intérêt, hébergée au sein du Movin'On LAB initié par Michelin. La communauté regroupe aujourd'hui douze grandes entreprises, parfois concurrentes. Elle développe un regard scientifique et opérationnel en agrégeant des chercheurs, des experts, des praticiens ou encore des dirigeants politiques, pour œuvrer à ce que la navette autonome partagée contribue à un vrai progrès social. Le Movin'On LAB est apparu comme un partenaire de choix pour héberger cette communauté d'intérêt, partageant à la fois les valeurs et l'ambition nécessaire à la réussite de cette démarche.

L'acronyme ESPERE résume notre ambition avec cette communauté d'intérêt sur le véhicule autonome. Il doit permettre de promouvoir une mobilité plus Enthousiasmante, plus Sûre, plus Pratique, plus Économique, plus Rapide et plus Écologique. La proposition de valeur inhérente au développement du véhicule autonome se trouve là. Le défi reste de trouver un modèle pérenne pour ce nouveau véhicule. Les travaux de la communauté vont permettre d'y répondre, grâce à une approche progressive qui, après avoir interrogé les différentes dimensions non-techniques des véhicules autonomes en 2020, posera la question de leur ancrage dans les territoires en 2021, avant de considérer une future expérimentation en 2022.

CONSEIL D'ORIENTATION

VÉHICULE AUTONOME

TABLE RONDE

14H45 - 15H45

MOVIN'ON
LAB

VÉHICULE
AUTONOME

COMMUNAUTÉ D'INTERÊT

MOVIN'ON
LAB

conseil & recherche





#1

DE

1 2

L'apport des véhicules
autonomes à une mobilité
durable & inclusive

PAGE 38

Histoire & acceptabilité
des véhicules autonomes :
de l'invention d'une technologie
à son adoption

PAGE 76

3

La révolution de la mobilité autonome : données, assurance, nouvel écosystème d'acteurs

PAGE 118

4

Réguler pour orienter le développement de la mobilité autonome

PAGE 164

SOMMAIRE

La Région 
Auvergne-Rhône-Alpes

navya



F WWDPTC

| | |
|--|---------------|
| L'ÉQUIPE PROJET | p. 5 |
| LE CONSEIL D'ORIENTATION | p. 6 |
| LES ENTREPRISES PARTENAIRES | p. 9 |
| CALENDRIER DU PROJET | p. 15 |
| L'ÉDITORIAL : Jean-Philippe Dogneton (MACIF) | p. 17 |
| L'ÉDITORIAL : Alexis Offergeld (Movin'On LAB) | p. 19 |
| INTRODUCTION : Pourquoi une communauté d'intérêt sur le véhicule autonome ? | p. 24 |
| CHAPITRE I : L'apport des véhicules autonomes à une mobilité durable et inclusive | p. 38 |
| Quels usages des véhicules autonomes et quelles conséquences pour la mobilité durable ? | p. 40 |
| Véhicules autonomes et mobilité inclusive en zone peu dense | p. 57 |
| CHAPITRE II : Histoire et acceptabilité des véhicules autonomes : de l'invention d'une technologie à son adoption | p. 76 |
| Conduite autonome, retour sur l'émergence d'une nouvelle technologie | p. 78 |
| L'acceptabilité, enjeu central du développement de la conduite autonome | p. 94 |
| Du dilemme du tramway à l'organisation de nos sociétés : les enjeux éthiques du véhicule autonome | p. 104 |
| CHAPITRE III : La révolution de la mobilité autonome : données, assurance, nouvel écosystème d'acteurs | p. 118 |
| La donnée au cœur des véhicules autonomes | p. 120 |
| Quelle assurance pour les véhicules autonomes ? | p. 133 |
| Véhicules autonomes, vers un bouleversement du secteur de la mobilité | p. 147 |
| CHAPITRE IV : Réguler pour orienter le développement de la mobilité autonome | p. 164 |
| Un cadre juridique et réglementaire à faire évoluer | p. 166 |
| Une politique française ambitieuse pour le développement des véhicules autonomes | p. 177 |
| Expérimenter pour orienter le déploiement de la mobilité autonome | p. 186 |
| Vers une régulation de la mobilité autonome par les territoires ? | p. 204 |
| CONCLUSION : Les controverses du véhicule autonome | p. 214 |
| ET MAINTENANT ? : De la déconstruction de l'objet au service rendu sur les territoires | p. 236 |
| REMERCIEMENTS | p. 242 |
| RÉFÉRENCES CLÉS | p. 244 |
| ACRONYMES | p. 245 |



INTRODUCTION

POURQUOI UNE
COMMUNAUTÉ D'INTÉRÊT
SUR LE VÉHICULE AUTONOME ?



Le véhicule autonome constitue un objet singulier. En 2017, le Premier ministre Édouard Philippe l'avait identifié positivement comme un « *des rêves les plus fous* »¹, présents dès les premiers moments de l'automobile. Au fil des années, le véhicule est néanmoins devenu un objet plus clivant. Ses contempteurs dénoncent une nouvelle lubie technologiste, une innovation néfaste, en rupture avec les aspirations des citoyens concernant la protection de l'environnement. À l'opposé, ses défenseurs le présentent comme le vecteur d'une nouvelle révolution dans le domaine de la mobilité, plus efficiente, plus sûre, plus durable, et surtout plus inclusive. Face à l'ampleur de ces interrogations et des mutations à venir, le thème du véhicule autonome s'est imposé à l'agenda des dirigeants d'entreprises et des décideurs politiques à partir du milieu des années 2010.

Pour autant, loin des promesses d'inclusivité et de durabilité, il apparaît que le véhicule autonome a été principalement abordé sous l'angle de la technologie, insistant sur une

forme de fatalisme technologique (*techno push*), et les usages de cette nouvelle solution de mobilité pensés avant tout dans un cadre urbain. Cette double caractéristique tient au fait que le sujet a principalement été porté par les géants américains du numérique, qui ont contribué à faire passer le véhicule autonome d'un sujet de recherche à un sujet commercial. Les efforts réalisés par ces derniers ont eu pour conséquence de façonner l'imaginaire collectif autour du véhicule autonome. Ils en ont fait un objet de luxe pour des populations urbaines, loin des promesses d'accessibilité, d'inclusivité et de durabilité qui sont souvent mis en avant en Europe et en France pour justifier les investissements déployés autour de cette technologie.

“

L'ambition de la MACIF est de participer activement à l'émergence du véhicule autonome. Il convient d'œuvrer pour qu'il favorise l'émergence d'une mobilité plus durable et qu'il offre une nouvelle solution de mobilité à ceux qui en sont dépourvus, en particulier dans les zones périurbaines et rurales².

Jean-Philippe Dogneton,
Directeur général de la MACIF

”

Afin de dépasser ce fatalisme technologique et de sortir d'une appréhension essentielle urbaine de cette nouvelle technologie, la MACIF a initié en 2020 une communauté d'intérêt sur le véhicule autonome, hébergée au sein de Movin'On LAB, le *think and do tank* de la mobilité durable créé par Michelin. La communauté a déployé une démarche d'innovation ouverte, prospective et pré-concurrentielle autour du véhicule autonome.

Dans cette perspective, la communauté regroupe 12 entreprises dont un pôle d'assureurs (Macif, Maif, BNP Paribas Cardif, Groupama), des acteurs membres du Movin'On LAB intéressés par le sujet (Michelin, Kantar, Orange, Faurecia, Microsoft, Vinci, SNCF), et enfin le cabinet Deloitte en tant qu'*Exclusive Knowledge Partner*. La communauté bénéficie en outre de l'expertise

¹ PHILIPPE, Edouard, 20/11/2017, « Discours d'Édouard Philippe au Conseil National de l'Industrie », <https://www.gouvernement.fr/partage/9744-discours-d-edouard-philippe-au-conseil-national-de-l-industrie>.

² Conseil d'orientation, 22/09/2020.

d'un Conseil d'orientation composé de sept chercheurs, experts et élus³ qui partagent leurs visions du sujet avec les membres, conseillent l'équipe projet et assurent la promotion et la diffusion des résultats de la communauté.

Les travaux de la communauté s'articulent autour d'une affirmation forte :

MOBILITÉ POUR TOUS, AUTONOMIE POUR TOUS

VIA LE VÉHICULE AUTONOME PARTAGÉ,

DANS LES TERRITOIRES RURAUX & PÉRIURBAINS

Cet engagement, partagé par les entreprises de la communauté, se décline en trois partis pris qui orientent les travaux :

1 Sortir d'un prisme tout technologique

Ce premier axe de réflexion consiste à rompre avec l'approche dite « techno-push » qui a présidé aux développements autour du véhicule autonome, notamment ceux portés par les ingénieurs qui ont animé les premières réflexions sur le sujet aux États-Unis lors des challenges organisés par l'Agence américaine pour les projets de recherche avancés de défense (*Defense Advanced Research Projects Agency - DARPA*) ou des projets initiaux développés par Google. Cette perspective conduit à s'interroger non plus sur la faisabilité technique de la conduite autonome, mais sur le sens de cette dernière. Il s'agit de ne pas considérer uniquement le véhicule autonome dans une posture réactive, à l'aune de sa seule inéluctabilité technique, mais bien au contraire sous le prisme de son apport à l'émergence d'une mobilité plus durable et plus inclusive.

2 Interroger les usages potentiels de cette nouvelle solution de mobilité

Le deuxième axe de réflexion met l'accent sur les usages et les usagers potentiels des véhicules autonomes. La qualification de ces derniers constitue un prérequis indispensable dans l'optique d'une expérimentation et du déploiement d'un service de mobilité innovant.

Plutôt que de rester cantonné à l'objet, il est en effet bien plus pertinent de renverser la perspective en se concentrant d'abord sur les besoins de mobilité à remplir. Cela permet d'analyser ensuite comment, sous quelle forme, et à quelles conditions les véhicules autonomes pourraient y répondre. D'où l'importance d'interroger au préalable les utilisateurs, notamment les habitants des territoires ruraux, les publics précaires et les personnes à mobilité réduite, afin de définir des cas d'usages précis et d'enquêter sur les leviers de l'acceptabilité du véhicule autonome en zone rurale et périurbaine. Ce besoin de penser et de construire le VA avec les usagers tient au fait qu'il ne s'agit pas encore d'un sujet de société, mais seulement d'experts⁵.

“

Si demain, le véhicule autonome permet de redonner de la mobilité à ceux qui en sont privés, de partager un bien, de moins peser sur l'environnement et de remettre de la vie et de l'activité dans les centres-villes, alors ce sera une réelle avancée positive pour la société.⁵

Yann Arnaud, Directeur réponses besoins sociétaux et innovation de la MACIF

”

3 Penser le sujet en écosystème

Un dernier axe de réflexion porte sur le caractère écosystémique de cette innovation technologique. La notion d'écosystème vise à illustrer le fait que les changements occasionnés par le développement du véhicule autonome ne

³ Voir pp. 7-8

⁴ THÉBERT, Mariane, LESTEVEN, Gaëlle, octobre 2018, *Le véhicule autonome comme objet médiatique, scientifique et social (VACOM)*, <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01989297/document>.

⁵ Conseil d'orientation, 22/09/2020.

se cantonnent pas à un secteur spécifique ou à un type d'acteur. Cet objet, du fait de l'ensemble de ses dimensions, va se traduire par des bouleversements systémiques qui vont impacter les acteurs historiques du secteur automobile (constructeurs, équipementiers, assureurs, etc.), les opérateurs de mobilité, mais aussi les pouvoirs publics et de nouveaux entrants comme les grandes entreprises du numérique. Il convient donc d'aborder le véhicule autonome à l'aune d'une approche qui intègre l'ensemble de ces acteurs et de ces dynamiques de transformation. Cette approche pose des questions autour de la manière dont se structure le nouveau champ de la mobilité autonome, des stratégies déployées par les acteurs qui y participent, des nouvelles alliances qui peuvent émerger, mais également des principes de régulation qui vont voir le jour et qui commanderont l'évolution de ce nouvel écosystème.

Grâce à ses travaux, la communauté agrège un réseau plus large de chercheurs, d'experts, de

praticiens, de responsables associatifs, d'acteurs politiques et administratifs. La diversité des acteurs engagés permet de décloisonner l'appréhension de cet objet et de fournir aux membres de la communauté une vision large, qui dépasse le simple champ de leur expertise ou de leur secteur d'activité. Elle permet également un échange étayé, riche et multidisciplinaire sur le véhicule autonome et ses enjeux économiques, sociaux, environnementaux, politiques et sociétaux entre des acteurs qui ne dialoguent que rarement ensemble. Cette communauté d'intérêt permet ainsi de bâtir une réflexion collective sur le véhicule autonome alimentée par les acquis de la recherche scientifique.

Afin d'évaluer l'apport potentiel des véhicules autonomes à l'émergence d'une mobilité plus inclusive et plus durable, les membres de la communauté ont établi un programme de travail sur trois années, lancé au printemps 2020.

ANNÉE 1

Les travaux menés lors de cette première année ont permis de mener un travail exploratoire autour des dimensions environnementales, économiques, sociales et sociétales de l'objet « véhicule autonome ».

ANNÉE 2

Les travaux seront prolongés en 2021 par une analyse centrée sur les territoires, en particulier ruraux et périurbains, qui seront susceptibles d'accueillir les futurs véhicules autonomes.

ANNÉE 3

Les travaux permettront *in fine* d'élaborer une expérimentation afin de tester de manière très concrète en 2022 un modèle potentiellement répliquable de déploiement de véhicules autonomes dans une zone rurale ou périurbaine.



2020
Explorer !



2021
*Préparer une
expérimentation !*



2022
Tester !

UNE PRODUCTION SCIENTIFIQUE SUR LES VÉHICULES AUTONOMES

QUI DÉLAISSE LES QUESTIONS DE MOBILITÉ

Un état de l'art⁶ des publications scientifiques consacrées aux véhicules autonomes met en évidence que si les aspects techniques ont suscité plus de 100 000 publications académiques, seules 185 publications sont recensées sur l'impact de ce nouveau véhicule en matière de mobilité. À partir de ce corpus, les chercheurs ont réalisé une taxonomie de ces articles à partir du concept de sociomobilité, qui permet de lier les utilisateurs d'un système de mobilité à leurs connaissances, leurs compétences et aux dispositions de l'environnement dans lequel le véhicule autonome est susceptible d'opérer. Les travaux produits se concentrent principalement sur le véhicule et délaissent le système de mobilité dans lequel il s'insérera. Une forme de déterminisme technologique est également notable, qui présente l'arrivée de cette nouvelle technologie comme inéluctable. Ces aspects conduisent à une régulation lacunaire de l'objet, réalisée sous l'impulsion des acteurs économiques, alors que ce nouveau moyen de transport pose aussi des questions éthiques, juridiques, et démocratiques de fond.



⁶ KASSENS-NOOR Eva, et al., 2020, « Sociomobility of the 21st century: Autonomous vehicles, planning, and the future city », *Transport Policy*, vol. 99, p. 329-335.

Les travaux de la communauté d'intérêt sur le véhicule autonome ont débuté au printemps 2020. Ils ont permis d'interroger les différentes dimensions non-techniques associées aux véhicules autonomes lors de huit ateliers, organisés en trois cycles :

- > **Le premier**, consacré aux enjeux environnementaux et sociaux de cette nouvelle solution de mobilité, a interrogé l'apport du véhicule autonome à la mobilité durable (atelier 2) et inclusive (atelier 3), ainsi que l'acceptabilité de cet objet au sein de la population (atelier 7) ou encore les cas d'usages qui pourraient être envisagés pour ces nouveaux véhicules dans les territoires ruraux et périurbains (séminaire de créativité).
- > **Le deuxième cycle** d'ateliers s'est focalisé sur les aspects économiques relatifs aux véhicules autonomes, interrogeant les modèles d'affaires et les stratégies d'acteurs (atelier 4), ainsi que les questions spécifiques liées à l'assurance de ces nouveaux véhicules (atelier 6) et à l'utilisation et à la valorisation des données (atelier 5).
- > **Un dernier cycle** d'ateliers s'est concentré sur les règles juridiques (atelier 1) et les politiques publiques (atelier 8) mises en place pour encadrer les véhicules autonomes et permettre une régulation assurant à la fois le développement de cette nouvelle technologie et le respect de règles strictes en matière d'homologation, de sécurité et de responsabilité.

Dressant le bilan des travaux de la communauté en 2020, ce rapport propose une vision écosystémique de l'objet véhicule autonome, éclairée par l'ensemble des ateliers et des rencontres qui ont ponctué cette première année. En s'appuyant sur les contenus des documents de préparation des ateliers et sur les échanges qui ont eu lieu au sein de ces derniers et avec d'autres experts, ce rapport interroge les dimensions non-technologiques des véhicules autonomes et la place qu'ils pourraient occuper dans les territoires ruraux et périurbains.

Comment les véhicules autonomes peuvent participer à la fois à lutter contre le réchauffement climatique, à désenclaver les territoires ruraux, et à faciliter la mobilité et l'autonomie de

leurs habitants ? Le chapitre 1 analyse les apports potentiels des véhicules autonomes à l'émergence d'une mobilité plus durable et plus inclusive. Revenant sur les multiples aspects des véhicules autonomes et de leurs usages, il souligne l'incertitude quant à l'impact de la mobilité autonome sur l'environnement selon les scénarios de déploiement envisagés. Il insiste par ailleurs sur les contributions des véhicules autonomes à l'amélioration de la mobilité des personnes à mobilité réduite et des habitants des territoires ruraux et périurbains. C'est en effet dans ces territoires que les véhicules autonomes pourraient représenter une solution de mobilité d'avenir face aux limites importantes de l'offre de transports collectifs. Paradoxalement, le développement de la mobilité en zone rurale a été très peu envisagée car elle pose des conditions spécifiques en termes d'infrastructures routières, de conditions d'exploitation, d'environnement de conduite, ou encore de coût et de rentabilisation du service.

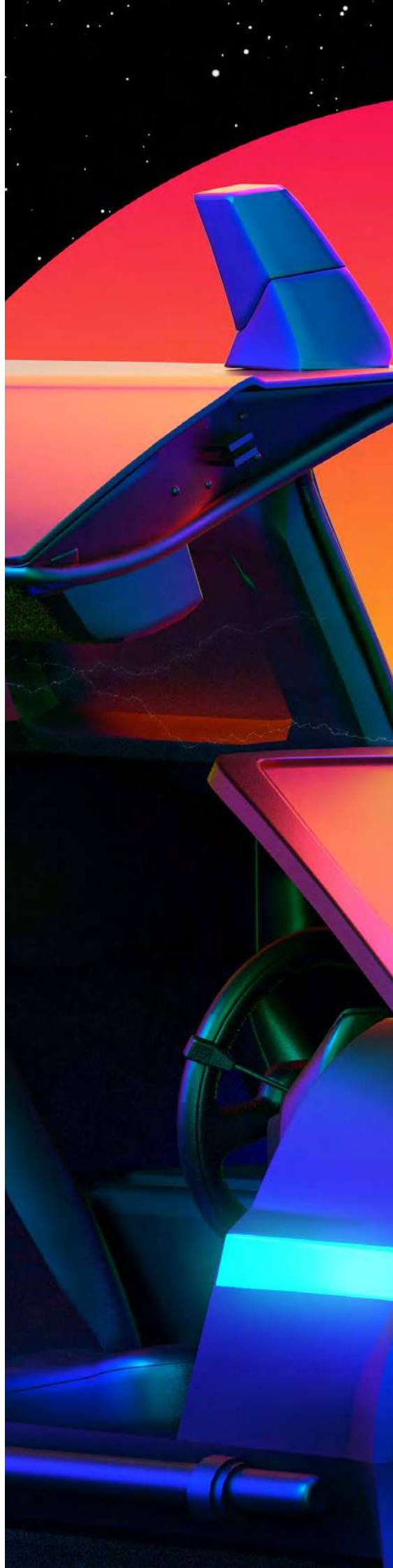
L'histoire et l'acceptabilité du véhicule autonome sont présentées dans le chapitre 2, afin de mieux comprendre comment cette nouvelle technologie a émergé puis pourrait progressivement être adoptée par la population. Il revient sur la manière dont s'est construit notre imaginaire collectif du véhicule autonome en analysant l'emballement qui s'est noué autour de cette solution technologique dans le courant des années 2010, qui a été suivi d'une forme de désillusion ayant permis l'entrée dans une phase de maturité pour penser l'objet. Elle a conduit les acteurs économiques et politiques à interroger la perception et l'attitude des citoyens à l'égard de véhicules autonomes, provoquant notamment une multiplication des études consacrées à l'acceptabilité de cette solution de mobilité. Si l'acceptabilité est plutôt bonne mais variable dans le monde, la confiance des citoyens à l'égard des véhicules autonomes reste à construire, ce qui suppose notamment de tenir compte des enjeux éthiques que pose le développement de cette technologie.

Le chapitre 3 de ce rapport se focalise sur une analyse des acteurs économiques et de leurs stratégies face à la révolution de la mobilité autonome. L'emballement suscité autour du véhicule autonome s'explique en partie par l'importance des mutations en cours qui sont

anticipées par l'ensemble des acteurs de la mobilité. Le développement des véhicules autonomes connectés pose d'une manière exacerbée la question de la protection de la vie privée des utilisateurs, mais aussi de la valorisation des données générées par ces véhicules. Il interroge également le risque inhérent à une telle solution de mobilité et la possibilité même de l'assurer. Il questionne surtout les modèles d'affaires des acteurs économiques impliqués dans le développement du véhicule autonome qui conduit à une reconfiguration du secteur de la mobilité avec l'émergence de nouvelles alliances augurant d'un nouveau partage de la valeur.

L'ampleur de ces mutations pose enfin la question du rôle des pouvoirs publics et des stratégies qui peuvent voir le jour pour réguler le déploiement du véhicule autonome afin qu'il contribue à l'émergence d'une mobilité inclusive et durable. Le chapitre 4 examine par conséquent les freins qui demeurent, tels que l'importance des questions juridiques soulevées par l'émergence des voitures sans conducteur. Il présente également les tentatives de régulation de cet objet mises en place par les pouvoirs publics en France. Ces dernières visent deux objectifs. Le premier concerne le développement rapide d'un écosystème français du véhicule autonome, notamment via la politique industrielle, un enjeu clé pour la compétitivité de l'industrie française. Le second cherche à ce que l'émergence de cette nouvelle technologie serve l'intérêt général, en réinscrivant le véhicule autonome dans les politiques de mobilité. Le chapitre interroge également le rôle que seront amenées à jouer les autorités locales pour accompagner le développement de la mobilité autonome, en particulier dans les territoires ruraux et périurbains.

L'étude de tous ces différents éléments incite finalement à proposer une poursuite des travaux de la communauté pour l'année 2021 axée autour de la question du territoire. Après avoir interrogé l'objet dans toutes ses dimensions non-techniques, il s'agira d'interroger les territoires au sein desquels seront déployés les futurs véhicules autonomes afin d'identifier la forme que pourrait prendre un réseau de mobilité autonome et préparer la réalisation d'une expérimentation à l'échelle en 2022.





La rubrique du pas de côté

Pour penser le véhicule autonome hors d'un prisme tout technologique, les travaux de la communauté d'intérêt ont été alimentés par une rubrique originale de la newsletter baptisée « le pas de côté ». Elle a permis d'offrir un aperçu des réflexions florissantes que génère le thème du véhicule autonome en explorant la manière dont les œuvres d'arts et de fiction (romans, bandes dessinées, séries télévisées, films etc.) l'ont abordé et l'image qu'ils en ont construite dans l'imaginaire collectif.

Les objectifs de cet exercice étaient ainsi de :

- > **Alimenter la réflexion** conduite dans le cadre de la communauté d'intérêt ;
- > **Explorer les enjeux** de ce nouveau véhicule dans un contexte de forte incertitude ;
- > **Identifier des idées nouvelles** et faire preuve de créativité pour appréhender l'écosystème dans lequel s'implantera ce véhicule ;
- > **Tenir compte d'une multitude de points de vue** sur ce que pourrait être le futur de la mobilité et la place que le véhicule autonome pourrait y occuper ;
- > **Comprendre comment se structure notre imaginaire** à propos du véhicule autonome, notamment les espoirs et les craintes qu'il suscite.

Différents encarts sont présentés dans ce rapport pour éclairer certains aspects du véhicule autonome à l'aune de ces productions et de ces réflexions.

Une démarche qui se généralise dans la prospective

Le recours à des écrivains de science-fiction pour réfléchir au véhicule autonome ne se résume pas à une approche ludique du sujet.

Il constitue un élément de plus en plus courant pour alimenter des exercices prospectifs, en particulier dans le domaine de la défense. L'exemple le plus emblématique de ce type de démarche concerne un moment décisif de la fin de la guerre froide. Au début des années 1980, un groupe d'auteurs, d'experts et de généraux s'est réuni pour nourrir le programme spatial du nouveau président Reagan. Sous l'instigation de l'écrivain Jerry Pournel, ce groupe a remis au président un rapport intitulé « L'espace, la frontière cruciale ». L'une des recommandations formulées par ce groupe était la création d'un système de défense antimissile spatial pour déjouer la menace représentée par les missiles nucléaires de l'Union soviétique. Ce rapport a fortement influencé le président Reagan et l'a conduit à annoncer son « initiative de défense stratégique » (IDS) en 1983, plus connue sous le nom de « guerre des étoiles ».

L'influence des écrivains de science-fiction sur la stratégie de défense américaine ne s'est pas arrêtée à ce projet emblématique. Après les attentats du 11 septembre 2001, le département de la Défense a été confronté à des difficultés pour imaginer et identifier de nouvelles menaces terroristes. Des auteurs de science-fiction ont été à nouveau mobilisés pour aider les autorités américaines à se préparer aux actions potentielles des groupes djihadistes.

De son côté, la France s'est dotée récemment d'une structure aux missions équivalentes au sein du ministère des Armées, baptisée « Red Team ». Cette entité, créée à l'initiative de l'Agence de l'innovation de défense (AID) et de la Direction générale des relations internationales et de la stratégie (DGRIS), est chargée de proposer des scénarios de rupture et d'imaginer des solutions tirant parti de la science-fiction pour se prémunir des nouvelles menaces. Les travaux de cette équipe composée d'auteurs de science-fiction et de futurologues se concentrent notamment sur l'émergence de « technologies disruptives » (intelligence

artificielle, informatique quantique, neurosciences, hypervélocité, etc.) afin de comprendre les enjeux, les usages et les risques qui y sont liés.

Le domaine de la défense a joué un rôle précurseur dans le développement de ce type d'approche, l'anticipation des menaces constituant par nature le cœur de ses missions. Il convient de noter que le recours à ces approches est aussi de plus en plus courant dans le domaine civil. Le développement de la « futurologie », approche qui entend se substituer à une forme de prospective plus classique, celui du « *design fiction* » qui utilise les techniques du *design* pour se projeter dans l'avenir, ou encore du prototypage de science-fiction, en constituent autant d'exemples.

Toutes ces approches partagent une même volonté de sortir des cadres classiques de la prospective, qu'elle soit stratégique, tactique ou technologique. Elles intègrent de nouveaux acteurs qui ont fait de l'imaginaire leur profession, tels que des écrivains, des artistes, des utopistes ou encore des futurologues. Elles enrichissent les démarches de prospective existantes sans pour autant s'y substituer. Elles constituent donc un complément à une démarche plus générale d'étude d'un objet technologique, de l'évolution d'une pratique, d'un écosystème, voire d'un mode de vie.

Sur le sujet du véhicule autonome, les initiatives de ce type sont d'ores et déjà nombreuses. On peut mentionner à titre d'exemples l'atelier d'écriture utopique collectif organisé en novembre 2019 par *L'Obs* dans le cadre de son projet 2049⁷, ou encore le projet initié en 2020 par le Réseau Université de la Pluralité et la Fabrique des Mobilités pour explorer le futur de la mobilité grâce aux arts, à la fiction, au *design* et aux utopies⁸. Un autre exemple intéressant est la réalisation par l'Atelier prospectif « La vie robomobile », fondé en 2017 par le ministère de la Transition écologique, d'un *Atlas prospectif de la planète robomobile*⁹. Publié en juin 2020, ce

dernier regroupe 21 récits imaginaires et décalés écrits par des experts français et internationaux qui explorent ce que pourrait recouvrir la vie robomobile et ses impacts sociétaux dans le futur.

Le séminaire de créativité de la communauté d'intérêt

Un séminaire de créativité reprenant la démarche du *design fiction* a également été organisé en décembre 2020 entre les membres de la communauté. Il a consisté en un atelier d'écriture pour envisager des cas d'usage de véhicules autonomes en milieu rural à l'horizon 2050. Les participants de l'atelier ont pu s'inspirer de la vision de la MACIF :

1 « La vie autonome en 2050 »

Inspirée de l'expérimentation Cœur de Brenne, la vidéo se déroule en 2050 et met en scène Mme Martin, 80 ans, qui habite dans le village de Martizay dans l'Indre. Souffrante du cœur, son médecin lui demande de passer le voir pour des examens dans le village voisin. Mme Martin vit seule et ne peut plus conduire étant donné son âge et sa santé fragile.

Elle décide donc de prendre une navette autonome à la demande, électrique et connectée, pour s'y rendre. Un superviseur est situé dans un centre de contrôle à Châteauroux à 40 km. La navette est mise en place et gérée par la ville, la communauté de communes et la région, avec le soutien de l'État.

Mme Martin monte dans la navette partagée de dix places avec d'autres passagers. Celle-ci relie cinq villages dans le parc naturel régional de la Brenne et circule sur la voie publique avec les autres usagers de la route. La navette est connectée et adapte sa conduite en fonction des aléas de l'environnement.

⁷ L'Obs, 21/11/2019, « Les ateliers d'écriture Bright Mirror parlent sur l'utopie », <https://www.nouvelobs.com/2049/20191121.OBS21414/les-ateliers-d-ecriture-bright-mirror-parlent-sur-l-utopie.html>.

⁸ Voir <https://www.plurality-university.org/fr/projets/aller-errer-rester-evoluer-quitter/futur-de-la-mobilite-appel-a-participation>.

⁹ Voir <https://www.mobilite-intelligente.com/politiques-publiques/vie-robomobile/atlas-planete-robomobile>.



Grâce à ce nouveau moyen de transport, Mme Martin peut se rendre chez son médecin en toute autonomie. S'il est nécessaire de passer des examens plus poussés, elle prendra un robot taxi pour se rendre à l'hôpital de Châteauroux. Pendant que Mme Martin est en consultation, la navette conduit le petit Antoine à son match de foot dans le village de Paulnay. Mme Martin est finalement rentrée chez elle avec la navette après son rendez-vous chez le médecin.

A partir de cet exemple, les participants ont élaboré quatre fictions sur le véhicule autonome en milieu rural à l'horizon 2050 :

2 « Utopia : Children Driven »

Le premier cas d'usage présenté est une utopie dans laquelle le monde est « conduit » par des enfants. Le système éducatif est « phygital » et combine les cours réalisés en physique à l'école et de manière digitale à la maison. Les élèves ont besoin d'aller à divers endroits en même temps pour réaliser leurs activités scolaires car les modules d'apprentissage sont personnalisés et déstructurés. Multiplié par le nombre d'élèves, tous ces déplacements définissent et structurent les besoins de transport, qui sont connus à l'avance grâce aux emplois du temps.

Il y a donc une masse de trajets à optimiser pour que les élèves rejoignent leurs cours dans différents établissements spécialisés grâce à des navettes autonomes. Une programmation

permet à l'opérateur de transport de calculer le besoin de transport, c'est-à-dire le temps de trajet et le dimensionnement de la navette. L'opérateur peut ainsi calibrer et optimiser la répartition de la fréquence et du volume de déplacements non seulement à long terme grâce aux emplois du temps, mais aussi d'une journée à l'autre selon les besoins.

D'un point de vue financier, le besoin de transport des enfants est payé par la communauté. Cela donne la masse critique de démarrage pour mettre en place le réseau de navettes autonomes. Cette offre de transport sert également à d'autres populations qui peuvent en bénéficier à la demande, avec un ajustement du prix. Pour l'opérateur de transport, les déplacements scolaires pour les enfants lui garantissent sa rentabilité, et les trajets complémentaires réalisés par d'autres voyageurs et vendus au détail lui permettent de faire de la marge.

Finalement, le système de gestion des navettes autonomes, appelé « rural mapper », s'appuie sur trois éléments :

- > Des enfants qui ont absolument besoin de se déplacer pour leurs cours ;
- > Des gens qui ont des besoins de mobilité plus flexibles ;
- > L'opportunité d'un transport collectif avec une flexibilité du prix et une éthique des priorités puisque moins on a besoin de se déplacer et plus on paye cher.

3 « Du stress sans stress »

Ce deuxième récit utopique met en scène la famille Martin qui vient de s'installer à la campagne pour se rapprocher de la mère de monsieur Martin vieillissante. Aujourd'hui, vendredi, celui-ci doit aller dans son bureau partagé dans un relais d'entreprise, situé à 10 km de son domicile, où il se rend trois fois par semaine pour pouvoir travailler tranquillement. Ce matin, il a réservé l'un des cinq véhicules autonomes qui sont mutualisés entre plusieurs familles qui se connaissent et se font confiance car leurs enfants vont ensemble à la crèche.

Monsieur Martin reçoit pendant son trajet un coup de fil pour l'informer que sa mère vient de faire un malaise. Il envoie donc un véhicule autonome médicalisé pour la prendre en charge, avec un opérateur dans le véhicule pour réaliser des examens et supervisé à distance par un médecin. Ce dernier est capable de faire un diagnostic à partir des données récoltées qui est plutôt rassurant. Il conseille toutefois à la mère de monsieur Martin de ne pas rester seule chez elle le soir.

Monsieur Martin lui propose donc de venir dormir à la maison et lui envoie un autre véhicule autonome pour la ramener, avec un accompagnant à bord qui s'assure que tout se passe bien pendant le trajet. En parallèle, monsieur Martin, qui avait prévu d'aller



chercher à la gare son fils aîné qui vient pour le week-end, lui envoie un nouvel itinéraire (navette + train + navette) pour qu'il les rejoigne directement sur place. Monsieur Martin peut ainsi rentrer plus tôt pour voir sa mère.

Au final, monsieur et madame Martin sont heureux d'avoir déménagé de Paris pour s'être rapprochés de la mère de celui-ci. Elle n'habite pas chez eux et n'est pas rentrée non plus dans un EHPAD. Elle leur est restée très proche mais elle conserve son autonomie. Les enfants de la famille, quel que soit leur âge, ont de leur côté une mobilité indépendante de l'emploi du temps ou de la bonne volonté des parents.

4 « Tempête de neige dans le Massif central »

Le troisième récit utopique a pour personnage principal Yann, 40 ans. Il est professeur à la Sorbonne à Paris, et il a accepté pour les congés scolaires de février d'occuper un poste temporaire de professeur des écoles à Saint-Nectaire dans le Massif central. Pour s'y rendre, Yann loue une voiture autonome sur un service d'autopartage.

La voiture vient le chercher directement chez lui et le conduit à la gare où elle va se raccrocher à un train rapide roulant à très haute vitesse. Une fois qu'il aura rejoint le hub de mobilité de Clermont-Ferrand, la voiture autonome se détachera du train pour le conduire par elle-même jusqu'au village de Saint-Nectaire. La voiture autonome fonctionne à l'hydrogène et est équipée de toute la connectivité permettant à Yann de travailler ou de se détendre pendant le voyage.

Une fois arrivé à Clermont-Ferrand, Yann reçoit sur son téléphone une première alerte météo concernant des chutes de neige sur le trajet qu'il lui reste à faire jusqu'à Saint-Nectaire. Il décide donc d'acheter en gare un service de pneus Michelin adaptés pour la neige qui sont montés sur la voiture. Mais, en route, la tempête de neige se renforce et perturbe la connectivité du véhicule qui ne peut plus conduire de manière totalement autonome.

Yann est d'autant plus ennuyé qu'il n'a pas le permis de conduire et ne peut donc pas prendre le volant. Il lui est donc proposé qu'un superviseur prenne le contrôle du véhicule à distance pour la fin du trajet. Yann finit ainsi par arriver à Saint-Nectaire sans dommage à l'heure prévue. Une fois sur place, le véhicule est mis à la libre disposition d'un autre usager.

5 « Le Cigo-Drone ne répond plus »

Ce dernier récit est l'histoire de Manu et Mariette Larcenet, anciens citadins, qui habitent dans un petit village d'Auvergne à Saint-Romain-Lachalm, depuis un an. Ils ont sept enfants dont la plus jeune, Capucine, est âgée de 6 mois. En 2050, la ruralité est devenue puissante car elle est dotée de moyens pour y vivre de façon non contrainte.

Tous les matins, à 7h30, Capucine part chez sa nounou en Cigo-drone, un véhicule autonome volant qui sert au transport de nourrissons. Ce type d'appareil est légal à condition que le trajet ne dure pas plus de quatre minutes, ce qui ne pose pas de problème puisque les Cigo-drones sont très rapides. A 7h35, la nounou s'inquiète car le Cigo-drone n'est toujours pas là. Le trajet dure normalement trois minutes et il n'y a jamais eu de retard. Heureusement le système est sécurisé et, en cas d'avarie, la redondance

des équipements et un algorithme font atterrir le Cigo-drone en douceur à l'endroit le plus proche. Cependant, le système de transmission ne fonctionnant plus, il est impossible de localiser Capucine.

Manu et Mariette contactent le centre de services partagés du village qui, en fonction de l'enjeu, prend les décisions appropriées. Un nourrisson étant en danger, le plan « pivoine cramoisie » est enclenché et tous les véhicules autonomes non utilisés sont sollicités pour la recherche du Cigo-drone perdu. De plus, toutes les personnes situées dans un périmètre de deux kilomètres autour du plan de vol sont automatiquement averties et invitées à communiquer des informations si elles ont vu quelque chose.

En moins de dix minutes, le bus 423 de la SNCF, a repéré le Cigo-drone qui s'est posé sur la cheminée de la centrale à biomasse qui alimente en chauffage le territoire. À 8h, tout est rentré dans l'ordre et Capucine est enfin chez sa nounou. Manu et Mariette y arrivent seulement à 8h30 car tous les véhicules autonomes ayant été sollicités en même temps, le parc disponible a mis près de 15 minutes à se rééquilibrer. Une navette autonome d'urgence de l'hôpital s'est néanmoins déplacée entre temps chez la nounou pour s'assurer du bon état du bébé.





L'OEIL DE C&R

Ces quatre récits fictionnels autour du véhicule autonome en milieu rural en 2050 permettent de tirer plusieurs enseignements pour les réflexions de la communauté. Tous mettent d'abord en lumière l'idée que le véhicule autonome relèvera dans le futur d'une logique d'inclusion sociale en étant utile à la mobilité de tous les individus (enfants, adolescents, adultes, personnes âgées), quel que soit leur âge et leur niveau d'autonomie personnelle. Il favorisera également une forme d'ubiquité en permettant à chacun d'être partout où il doit se trouver sans contrainte.

Un autre aspect intéressant tient à la mise en scène de la coopération étroite entre, d'un côté, le véhicule autonome et, de l'autre, les individus. Le futur autonome est imaginé ici comme un moyen de renforcer les relations sociales à différentes échelles (familiale, scolaire, professionnelle, locale), plutôt que comme un facteur de repli sur soi et d'éclatement de la société en petites sphères privées et coupées les unes des autres. Autrement dit, c'est un avenir autonome partagé, structurant non seulement la mobilité mais aussi l'ensemble de la vie sociale, qui a été imaginé.

Ces quatre fictions soulèvent néanmoins certains des importants défis qui restent encore à relever pour permettre l'avènement du véhicule autonome en milieu rural. Le premier enjeu est technologique. Outre la mise au point d'un véhicule totalement autonome (niveau 5), il concerne principalement les données nécessaires au fonctionnement de ces véhicules et des réseaux intelligents dans lesquels ils s'inscrivent. Un enjeu économique touche ensuite à la masse critique d'utilisateurs nécessaires pour envisager la mise en place d'un service commercial de robomobilité. Un autre défi concerne la gestion de l'impact écologique des véhicules autonomes qui rendront la mobilité facile et accessible, ce qui intensifiera mécaniquement le nombre de déplacements et leurs effets négatifs (congestion, pollution etc.). Un dernier défi souligné par ces récits concerne l'acceptabilité de la technologie de conduite autonome. Les parents et la société accepteront-ils de laisser des enfants voyager seuls dans des véhicules autonomes ?





CHAPITRE 1

L'APPORT DES VÉHICULES AUTONOMES À UNE MOBILITÉ DURABLE ET INCLUSIVE

Depuis la fin des années 2000, les débats sur les véhicules autonomes se sont focalisés sur leur déploiement dans un cadre urbain et sous un prisme essentiellement technologique. Le parti pris de la communauté d'intérêt est différent. Il interroge le sens de la technologie de conduite autonome et en particulier son apport potentiel à l'émergence d'une mobilité à la fois plus durable et plus inclusive. Pour ce faire, il convient tout d'abord d'interroger le concept même de véhicule autonome. Ce dernier regroupe des réalités et des cas d'usage très divers. En fonction de ces caractéristiques, les conséquences potentielles des véhicules autonomes sur l'environnement varient fortement, d'autant que la généralisation de cette nouvelle solution de mobilité pourrait entraîner des changements de modes de vie. Malgré ces incertitudes, il apparaît que le véhicule autonome pourrait contribuer à l'émergence d'une mobilité plus inclusive. C'est notamment le cas dans les territoires ruraux et périurbains où les systèmes de transport collectif sont souvent lacunaires et où l'accès à la mobilité est conditionné à l'automobile.

Malgré ce constat, les véhicules autonomes n'ont pas été pensés pour un contexte rural. Le faible nombre d'expérimentations menées sur ce thème en atteste. Cela confirme le caractère original du parti pris de cette communauté qui consiste à explorer l'apport potentiel des véhicules autonomes à l'émergence d'une mobilité plus inclusive en zone peu dense.



p. 40

PARTIE 1

QUELS USAGES DES VÉHICULES AUTONOMES ET QUELLES CONSÉQUENCES POUR LA MOBILITÉ DURABLE ?

Les véhicules autonomes recouvrent des réalités très diverses. Leur impact environnemental est très incertain. Leur influence ne sera pas cantonnée à des évolutions techniques, mais elle entraînera également une transformation des modes de vie.

p. 57

PARTIE 2

VÉHICULES AUTONOMES ET MOBILITÉ INCLUSIVE EN ZONE PEU DENSE

La mobilité inclusive vise à dépasser les fractures sociales et territoriales. Les véhicules autonomes peuvent y contribuer, mais cet aspect reste peu traité dans les expérimentations et les réflexions menées sur le sujet.

QUELS USAGES DES VÉHICULES AUTONOMES ET QUELLES CONSÉQUENCES POUR LA MOBILITÉ DURABLE ?

Afin d'interroger les usages des véhicules autonomes qui vont progressivement voir le jour avec le développement de la technologie de conduite automatisée et leurs conséquences possibles sur la mobilité durable, il convient de dépasser l'approche technicienne qui prévaut généralement sur le sujet. Il s'agit d'étudier non pas l'objet en lui-même mais ses implications économiques, environnementales, sociales et sociétales.

Le développement durable est en effet défini comme « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs »¹. Il implique de concilier la croissance économique, l'inclusion sociale et la protection de l'environnement en vue de contribuer au bien-être des populations et des sociétés partout sur la planète. La question abordée ici de la durabilité de la mobilité autonome interroge donc la soutenabilité des activités humaines qui seront permises grâce à ce nouveau moyen de transport.

“
Le véhicule autonome, c'est important pour Movin'On car c'est un des aspects de la mobilité durable de demain. Le Movin'On LAB a choisi de retenir une définition large de la mobilité durable, issue de l'initiative « Sum4all »² de la Banque Mondiale. Elle inclut un accès universel à la mobilité, une augmentation de l'efficacité, de la mobilité verte et de la sécurité. Le véhicule autonome pourrait permettre cela.³

Alexis Offergeld, Directeur
du Movin'On LAB

”
Le concept de « véhicule autonome » recouvre des réalités et des usages très divers. Il existe donc une très forte incertitude quant à l'impact potentiel de la mobilité autonome sur l'environnement. Dans cette perspective, il convient de souligner les conséquences potentielles du développement des véhicules autonomes qui ne se limiteront pas à des évolutions techniques mais auront une influence plus large sur la transformation des modes de vie.

¹ Voir le programme des Nations Unies pour le développement durable, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/development-agenda/>.

² Abréviation de l'anglais *Sustainable mobility for all*, soit mobilité durable pour tous en français.

³ Atelier 2, 20/05/2020, « Mobilité durable et véhicules autonomes ».

Des véhicules autonomes aux usages diversifiés

Contrairement à ce que laisse penser le langage courant, parlant de ce véhicule au singulier, il existe une diversité de véhicules autonomes. Ces derniers peuvent servir à des cas d'usage multiples. Leur déploiement pourrait accélérer l'avènement d'une mobilité partagée et servicielle au détriment de la possession privée de voitures individuelles.

Un véhicule autonome ou des véhicules autonomes ?

Une certaine confusion se manifeste dans le grand public, mais aussi dans la littérature spécialisée, à propos de l'expression « véhicule autonome ». Loin de se limiter à l'image courante de la voiture conduisant par elle-même, le véhicule autonome renvoie en réalité à une diversité de véhicules aux niveaux d'automatisation plus ou moins développés. Autrement dit, il n'existe pas un mais plusieurs véhicules autonomes.

L'expression « véhicule à délégation de conduite », souvent utilisée en français comme synonyme à celle de véhicule autonome⁴, est moins ambiguë. Elle sous-tend la possibilité pour le système automatisé de conduite de se substituer de manière partielle ou totale au conducteur humain pendant tout ou partie du trajet. Le véhicule autonome peut ainsi être défini comme un « véhicule pouvant accomplir par lui-même certaines tâches de conduite ou toutes ces tâches, dans certaines circonstances précises ou en toutes circonstances, avec ou sans superviseur à bord ou en déporté »⁵.

Afin de rendre compte des différents types de véhicules autonomes, on utilise généralement la classification établie par la *Society of Automotive Engineers* (SAE) qui depuis 2016 distingue six niveaux d'automatisation (voir le tableau ci-dessous), allant de son absence (niveau 0) à sa prise en charge intégrale et continue par le véhicule (niveau 5).

Du niveau 0 au niveau 2, l'automatisation du véhicule passe principalement par des systèmes d'assistance à la conduite qui automatisent ou complètent certaines fonctionnalités jusqu'alors dévolues au conducteur, par exemple le maintien dans la trajectoire ou le freinage. Pour les niveaux d'automatisation qui prévalent du niveau 3 au niveau 5, le conducteur se trouve exclu de l'activité de conduite, qu'il s'agisse de moments spécifiques, par exemple sur autoroute (niveau 3), sur un circuit déterminé (niveau 4) ou pour l'ensemble des déplacements du véhicule pour le niveau 5, celui qui renvoie à l'autonomie totale en toutes circonstances.



⁴ On parle généralement en anglais d'*autonomous vehicle*, de *driverless car*, ou encore de *self driving car*.

⁵ ORFEUIL, Jean-Pierre, LERICHE, Yann, 2019, *Piloter le véhicule autonome - au service de la ville*, Descartes & Cie.



SAE J3016™ - Levels of driving automation

Les travaux scientifiques consacrés au véhicule autonome portent sur des véhicules disposant d'une automatisation minimale de niveau 3 ou supérieure (niveaux 4 et 5). De même, les autorités publiques, par exemple le ministère américain des Transports (*US Department of Transportation*), considèrent généralement les véhicules automatisés de niveaux 3 à 5 comme autonomes. Le développement du véhicule autonome peut se réaliser soit de manière incrémentale en améliorant progressivement le système automatisé de conduite des véhicules existants, soit de manière radicale à travers la création directe de véhicules totalement autonomes, mais dont les usages sont pour l'instant limités⁶.

Par définition, les véhicules autonomes peuvent fonctionner par eux-mêmes sans avoir besoin d'être reliés à un réseau d'information

et de communication extérieur. Néanmoins, la très grande majorité des véhicules autonomes sont et seront connectés (véhicules autonomes connectés - VAC⁷) dans la mesure où l'accumulation de données est un aspect central dans l'amélioration et la fiabilisation de l'autonomie du véhicule, que ce soit grâce au recensement de situations réelles de conduite ou bien pour mettre en communication les véhicules entre eux (V2V), avec les infrastructures (V2I)⁸, ou avec des tiers (V2X). Assurer la connectivité et le partage des données est ainsi une condition indispensable dans le déploiement de ce nouveau moyen de robomobilité. Cela pose toutefois une série de difficultés, notamment en matière de sécurité (risques de piratage ou de détournements) et de respect de la vie privée des propriétaires ou des passagers de ces véhicules.



⁶ Orfeuil et Leriche qualifient ces deux chemins possibles vers l'autonomie de « voie horizontale » et de « voie verticale ». *Ibid.*, p. 39.

⁷ *Connected autonomous vehicles (CAV)* en anglais.

⁸ Les sigles V2V et V2I sont des abréviations de l'anglais *vehicles to vehicles* et *vehicles to infrastructures*.

UNE ÉCHELLE D'AUTOMATISATION TROMPEUSE ?

Les débats entre les membres de la communauté ont souligné la nécessité de bien segmenter ce que recouvre l'expression « véhicule autonome ». Deux objets doivent en effet être distingués :

- > le véhicule à délégation de conduite de niveau 3,
- > le véhicule partiellement ou totalement autonome (niveaux 4 et 5).



Les deux objets partagent des technologies communes mais les acteurs, les modèles d'affaires, les usages ou encore la réglementation qui s'applique à ces deux objets sont radicalement différents. L'échelle SAE s'avère ainsi trompeuse car il n'y a pas de continuité mais plutôt un saut qualitatif entre les niveaux 3 et 4 d'automatisation.

Patrick Pékata, membre de notre Conseil d'orientation, a notamment rappelé que le niveau 3 est un « faux »

niveau d'autonomie dans la mesure où il y a délégation de conduite mais le conducteur doit conserver la surveillance de la route et se tenir prêt à reprendre le volant si nécessaire. Waymo a ainsi choisi de se concentrer sur le développement de la conduite totalement autonome et de renoncer au niveau 3 d'automatisation pour ses robots taxis au motif que cela était trop dangereux⁹.

⁹ AYRE, James, November 2017, « Google/Waymo Stopped Testing Level 3 Self-Driving Tech After Testers Literally Fell Asleep While Using It, Switched To Full Autonomy », CleanTechnica, <https://cleantechnica.com/2017/11/01/googlewaymo-stopped-testing-level-3-self-driving-tech-testers-literally-fell-asleep-using-switched-full-autonomy/>.

Des véhicules autonomes aux cas d'usage multiples

Outre les différents niveaux d'automatisation, il faut préciser qu'il existe non pas un mais plusieurs types de véhicules routiers autonomes. Les cas d'usage de ces derniers pourront varier en fonction de l'objectif poursuivi, que ce soit le transport de personnes ou de marchandises. L'utilisation des véhicules autonomes sera également différente en fonction des territoires dans lesquels ils seront déployés et des besoins de mobilité auxquels ils répondront. Quatre types de véhicules autonomes sont ainsi identifiables.



Un premier type de véhicule autonome qui existe déjà est la voiture personnelle dotée d'aides à la conduite, telles que l'assistance au stationnement, le régulateur de vitesse ou le maintien dans la voie. L'automatisation toujours plus poussée permettra de développer de nouveaux cas d'usage principalement individuels en ville (valet de parking automatisé) et pour des trajets de moyenne et longue distance (délégation de conduite, gestion des embouteillages), mais aussi partagés tels que le co-voiturage sur voies dédiées.



Un deuxième type de véhicule autonome concerne les systèmes de transports publics automatisés (STPA). Ils peuvent faire référence soit à l'automatisation de certaines lignes existantes de bus ou de tramway en centre-ville, soit au développement de navettes autonomes et de robots bus pour compléter l'offre de transports publics. Les cas d'usages concerneront l'extension du service actuel, que ce soit son tracé (multiplication des points de desserte), sa fréquence (en heures creuses), et son amplitude horaire (service continu), la desserte plus fine de la périphérie d'une agglomération, ou un service de rabattement vers les grands axes de transports collectifs qui relie entre eux les pôles métropolitains. Il faut souligner ici que les véhicules autonomes représenteront une nouvelle solution de mobilité pour toute la population à condition qu'ils

s'intègrent aux infrastructures de transports lourds, lorsqu'elles existent sur le territoire, pour favoriser l'intermodalité soit l'utilisation de plusieurs modes de transport lors d'un même déplacement, et la multi-modalité qui renvoie à l'utilisation variée de moyens de déplacement. Il est en effet illusoire et irréaliste de penser qu'ils pourront remplacer l'offre actuelle de transports en commun¹⁰, en particulier dans les grandes agglomérations.



Un troisième type de véhicule autonome est lié aux services privés de transport à la demande sur le modèle des taxis et des voitures de tourisme avec chauffeur (VTC). On pense à l'apparition de robots taxis pour un usage individuel ou partagé, notamment dans les centres urbains. C'est en particulier cette vision de la robomobilité qui est promue aux États-Unis par les entreprises leaders du secteur comme Waymo ou Uber.



Enfin, un dernier type de véhicule autonome que nous mentionnerons ici renvoie aux robots livreurs (droïdes) utilisés pour le transport de biens et la logistique. Les cas d'usage seront là encore multiples et pourront servir tout autant à la livraison (de marchandises, de nourriture, de matériel médical etc.) en centre-ville, au chargement et au déchargement sur un site privé (chantier, port, mine, carrière etc.), ou au fret de plus ou moins longue distance à travers, par exemple, l'utilisation de flottes de camions autonomes.

¹⁰ NARAYANAN, Santhanakrishnan, CHANIOTAKIS, Emmanouil, ANTONIOU, Constantinos, 2020, « Shared autonomous vehicle services: a comprehensive review », *Transportation Research Part C*, p. 270.

Vers une mobilité partagée et servicielle ?

Parmi tous les usages possibles à venir des véhicules autonomes pour le transport de personnes, de nombreux spécialistes font l'hypothèse de l'émergence en particulier d'une mobilité partagée et servicielle. En effet, ils pensent que l'avènement des véhicules autonomes va favoriser les usages partagés des moyens de transports motorisés. Les promoteurs du véhicule autonome parient également sur l'abandon dans le futur de la possession de voitures individuelles au profit des services de transports autonomes à la demande de type robots taxis ou navettes autonomes.

Le partage peut concerner le véhicule en lui-même (autopartage, taxis, VTC) et/ou le trajet (covoiturage, transports en commun, taxis partagés). La généralisation de véhicules autonomes partagés (*shared autonomous vehicles*)¹¹ pourraient notamment assurer les besoins de déplacement à l'échelle d'une ville ou d'un territoire. Plusieurs simulations menées par le Forum International des Transports de l'OCDE ont par exemple montré la capacité de robots taxis à assurer toutes les demandes de transport porte-à-porte à l'échelle de la ville de Lisbonne, la capitale portugaise¹².

Le partage des moyens de transports sera également renforcé par une seconde révolution, celle de la mobilité comme service (*Mobility as a Service* - MaaS). Cette expression désigne un « système intégré d'offres de mobilité (transports en commun, véhicules en libre-service, véhicules avec chauffeur...) ayant l'ambition de dispenser les citoyens de la possession de véhicules personnels. Les différentes composantes du système sont accessibles avec un même support (smartphone le plus souvent) et font l'objet d'une facturation commune »¹³.

Ce modèle de mobilité partagée et servicielle, soutenu par le développement combiné du véhicule autonome et du MaaS, présente

sur le papier à la fois des avantages et des inconvénients. Parmi les points positifs généralement avancés, on trouve la diminution du nombre de voitures individuelles et la lutte contre l'autosolisme, la baisse de la congestion et des embouteillages, l'amélioration de la mobilité pour tous et de la sécurité routière, la baisse des coûts de fonctionnement du transport collectif grâce à l'absence de conducteur, ou encore la libération d'espaces auparavant dédiés au stationnement.

Cependant, le déploiement de flottes de robots taxis ou de navettes autonomes pourraient aussi poser un certain nombre de problèmes. La domination des véhicules autonomes partagés et électriques pourrait par exemple engendrer une perte de recettes fiscales pour les collectivités locales liées aujourd'hui à la taxe sur les carburants et l'énergie et au stationnement, ainsi que la destruction d'emploi pour les chauffeurs professionnels. Par ailleurs, l'expérience utilisateur dans un véhicule autonome partagé est bien différente de celle vécue dans une voiture individuelle. Elle implique une proximité renforcée entre usagers (déjà caractéristique des transports collectifs mais sans la présence d'une tierce personne de confiance tel que le chauffeur) et une moindre personnalisation possible du trajet.



¹¹ *Ibid.*, p. 256.

¹² OECD, International Transport Forum, 2015, *Urban mobility system upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic*, Corporate Partnership Board Report. OECD, International Transport Forum, 2016, *Shared Mobility, Innovation for Liveable Cities*, Corporate Partnership Board Report.

¹³ ORFEUIL, Jean-Pierre, LERICHE, Yann, 2019, *op. cit.*, pp. 261-262.

À côté des variables de coût et de temps, l'expérience de mobilité (confort, facilité, propreté, disponibilité etc.) ainsi que les motifs sociaux et affectifs (image de soi projetée, valeurs défendues etc.)¹⁴ sont aussi à prendre en compte pour expliquer le choix d'un mode de déplacement, et donc prédire les usages potentiels des véhicules autonomes.

À rebours du modèle de mobilité partagée et servicielle, la domination d'un usage individuel des robots taxis, voire même la généralisation

de véhicules autonomes personnels utilisés sans partage du trajet, ne sont donc pas à exclure à l'avenir. Il faudra toutefois attendre pour cela que la sécurité des technologies de conduite autonome soit assurée, que la vitesse d'exploitation des véhicules sans conducteur augmente, et surtout que leur prix ait drastiquement baissé. Des incertitudes majeures demeurent également du point de vue de l'impact environnemental de la mobilité autonome.

L'impact incertain de la mobilité autonome sur l'environnement

Le transport représente un contributeur majeur des émissions de gaz à effet de serre. Malgré les promesses associées au développement du véhicule autonome, l'analyse de son impact écologique nécessite de considérer ses effets à plusieurs niveaux (véhicules, système de transport, ville, société). Une étude selon les scénarios de déploiement envisagés met finalement en évidence la très forte incertitude quant aux conséquences potentielles de la

mobilité autonome sur l'environnement, qui dépendra principalement des modes de déploiement qui seront privilégiés.

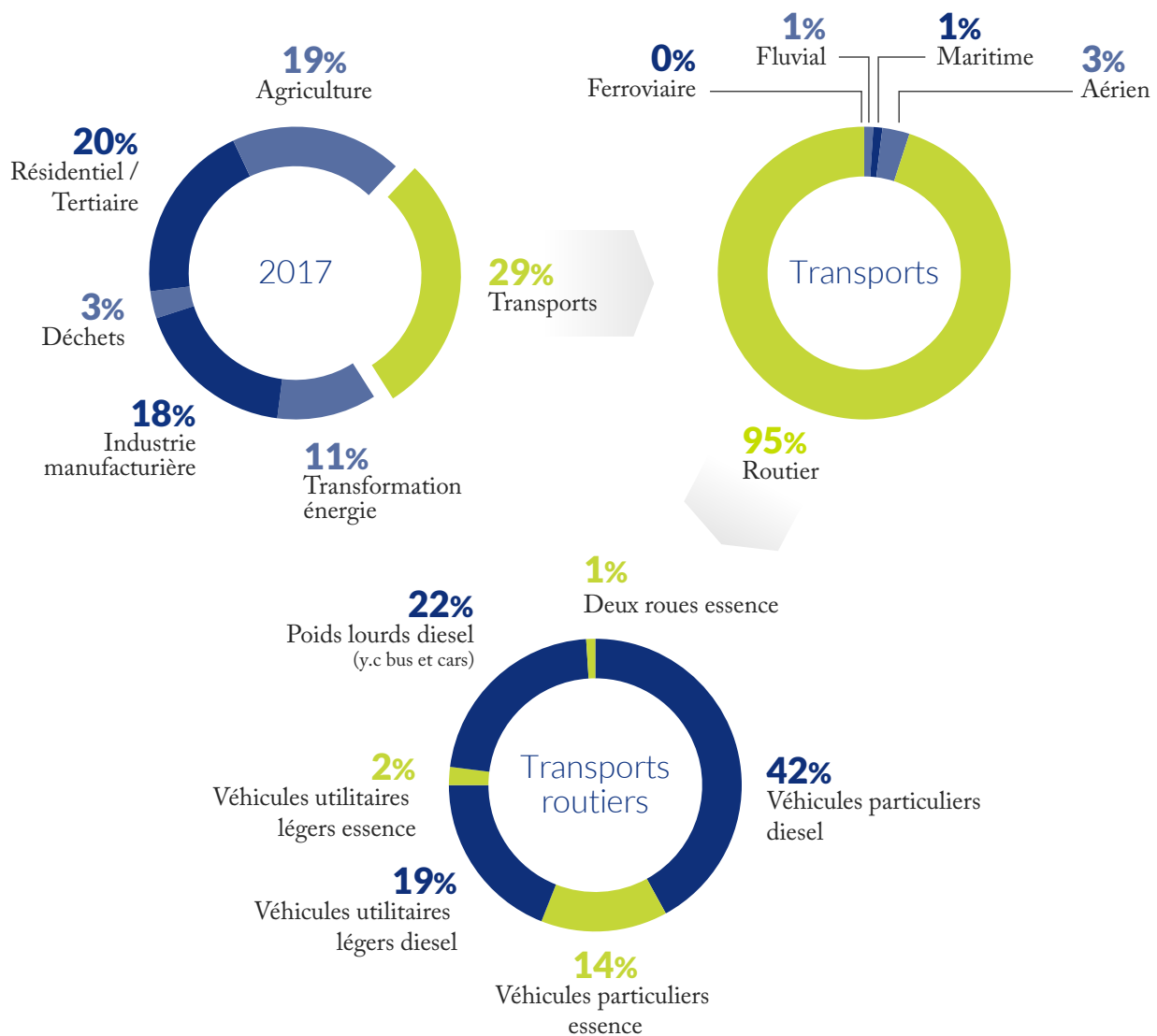
Le transport comme contributeur majeur aux émissions de CO₂

Le transport constitue un contributeur majeur aux émissions de gaz à effet de serre, en particulier au dioxyde de carbone (CO₂), et donc au réchauffement climatique. Le transport routier en particulier est régulièrement pointé du doigt pour ses émissions de produits polluants et leur atteinte à la santé publique, notamment dans les centres urbains. Dans son rapport annuel consacré à la consommation d'énergie et aux émissions de dioxyde de carbone, l'Agence internationale de l'énergie souligne que le transport contribue à hauteur de 24% aux émissions globales de CO₂, dont 74% sont issues du transport routier, loin toutefois derrière la production d'électricité et de chaleur qui atteint 41% du total des émissions¹⁵.



¹⁴ Ibid., p. 178

¹⁵ International Energy Agency, 2020, *Global Energy Review 2020*, <https://webstore.iea.org/download/direct/2995>.



Émissions de CO₂ en France en 2017

Un rapport publié par le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) reprend ces statistiques tout en soulignant la dynamique dans laquelle elles s'inscrivent¹⁶. Le groupe met en lumière une inégalité importante puisque ces émissions dues aux transports sont fondamentalement liées aux pays riches, notamment ceux de l'OCDE. La mobilité est ainsi présentée comme le marqueur d'un niveau de développement élevé. Le corolaire de ce constat est que le

développement des autres pays devrait se traduire par un accroissement de la mobilité de leurs concitoyens, donc par une hausse de leurs émissions de gaz à effet de serre. L'exemple asiatique est en cela révélateur puisque les émissions liées aux transports routiers sur le continent ont été multipliées par trois depuis 1990. L'enjeu est donc de réduire l'impact environnemental du secteur des transports sans pour autant réduire les mobilités des citoyens.

¹⁶ IPCC, 2018, « Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change », https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf.



La France offre un profil différent du fait de l'importance de la production d'énergie électronucléaire. Les données publiées chaque année par le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA) démontrent que le secteur des transports demeure le principal émetteur de gaz à effet de serre en France avec 29% des émissions¹⁷, le transport routier en étant le principal responsable. Si une baisse tendancielle des émissions du secteur est notable depuis 2004, celle-ci reste néanmoins lente et l'impact environnemental du transport routier constitue toujours un enjeu majeur.

Un impact écologique des véhicules autonomes à plusieurs niveaux

Les prévisions autour des véhicules autonomes font état soit d'une possible réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de 80 % dans les scénarios optimistes, soit d'une augmentation de 300 % dans les scénarios négatifs. Afin de mieux anticiper son empreinte écologique réelle, il convient de considérer l'impact du véhicule autonome à plusieurs niveaux, notamment sur : les véhicules, le système de transport, la ville et la société en général.



S'il n'existe pas probablement encore de désir de véhicule autonome au-delà de la réalisation d'un rêve technologique, il y a en revanche un désir d'environnement auquel pourraient répondre en partie les futurs véhicules autonomes.¹⁸

Éric Marchandise, Directeur général de BNP Paribas Cardif IARD & de Natio Assurance



Concernant les véhicules, beaucoup soulignent que le développement de systèmes de délégation de conduite devrait permettre de réduire l'impact environnemental de la voiture. Parmi les avantages mis en avant, on trouve le fait que le véhicule autonome sera la plupart du temps électrique, bien que l'électrification de ce type de véhicule ne soit pas obligatoire (voir encadré ci-dessous). L'automatisation devrait en outre permettre d'améliorer l'efficacité énergétique des véhicules via la généralisation de l'éco-conduite, la fluidification du trafic, la réduction de la taille et du poids des véhicules, ou encore le développement de convois de véhicules par pelotons (*platooning*).

Concernant les effets négatifs, certains spécialistes envisagent toutefois un accroissement de la vitesse de transport, la baisse de l'efficacité aérodynamique des véhicules due aux capteurs, et surtout une hausse sensible de la consommation énergétique imposée par les calculateurs embarqués et la masse des données traitées.

¹⁷ CITEPA, juillet 2019, « Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2017 », *Rapport National d'Inventaire / Format Secten*, https://www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/secten/Citepa_Secten-2019_Rapport_Completv3.pdf.

¹⁸ Conseil d'orientation, 22/09/2020.

VÉHICULE AUTONOME ET VÉHICULE ÉLECTRIQUE :

DES ENJEUX ET DESTINS LIÉS ?

D'un point de vue purement technologique, le véhicule autonome ne sera pas nécessairement électrique. Le choix de la motorisation répond à une modalité de fabrication et dépend du cahier des charges auquel doit répondre le véhicule. Le sujet de l'automatisation et de l'électrification sont donc dissociés et la question qui se pose est celle de la pertinence par rapport à l'usage. La motorisation électrique est par exemple plus silencieuse et donc confortable pour les passagers. Le coût d'exploitation d'une flotte de véhicules autonomes est également moins élevé en l'état actuel de la taxation sur le carburant.

Néanmoins, le développement du véhicule autonome est étroitement lié à celui de la voiture électrique pour plusieurs raisons. Cela s'explique, d'une part, par les ambitions écologiques qui accompagnent le déploiement des véhicules autonomes en termes de mobilité durable et de réduction des gaz à effet de serre. Les réglementations en vigueur ou à venir, notamment européennes, imposent une transition prochaine vers ce type de motorisation. Les véhicules autonomes sont, d'autre part, confrontés à des enjeux de nature systémique similaires à ceux rencontrés par les véhicules électriques, concernant par exemple la coordination entre de multiples acteurs, la définition de nouveaux modèles d'affaires, la gestion de la masse de données ou de flottes de véhicules, etc.

D'après Rémi Maniak, professeur à l'École Polytechnique et membre du Conseil d'orientation, le véhicule électrique est la première innovation systémique dans le secteur automobile. Jusqu'ici un véhicule était *plug & play* dans les infrastructures routières et énergétiques, alors que le véhicule électrique (et connecté) devient de plus en plus dépendant de l'alignement des stratégies de nombreux acteurs publics (normes, standards de prise, régulation, bonus/malus, investissement dans les bornes de recharge...) et privés (fournisseurs de bornes de recharge, services de *roaming*, énergéticiens, acteurs de la tech, etc.). Cela nécessite là encore de nouvelles organisations et de nouvelles logiques de coordination entre acteurs.

Le véhicule autonome pousse cette logique systémique à son paroxysme. Le véhicule connecté, électrique et autonome doit en effet s'interfacer avec les réseaux électriques, les réseaux routiers intelligents, les politiques urbaines. Il apporte des valeurs nouvelles aux parties prenantes ainsi qu'aux utilisateurs. Vu l'importance des investissements à réaliser (qui se chiffrent en dizaines de milliards d'euros), l'incertitude sur les usages, le défi technologique, et la complexité de coordination d'un nombre important d'acteurs, il est clair, selon Rémi Maniak, que le véhicule autonome est un défi de gestion inédit et emblématique de la tendance à la connexion et à l'automatisation des objets.

Concernant le système de transport, les promesses autour de la mobilité partagée et servicielle, évoquées précédemment, pourraient permettre de faire baisser le nombre de véhicules possédés. Une fois la technologie fiabilisée, les robots taxis et les navettes autonomes pourraient en revanche contribuer à accroître la fréquence des déplacements, le taux d'utilisation des véhicules et surtout à augmenter les distances parcourues. En effet, on pourrait s'attendre à une augmentation des demandes de mobilité et des déplacements réalisés car « la mobilité croît quand son coût baisse »¹⁹. Ces facteurs dépasseraient ainsi les avantages identifiés en matière de réduction des embouteillages et de la congestion routière. Par ailleurs, un autre risque serait que les véhicules autonomes partagés viennent concurrencer les transports collectifs comme l'a fait la voiture au moment de sa généralisation. Un tel report modal provoquerait un effet rebond, autrement dit les effets positifs des véhicules autonomes pourraient être absorbés par une augmentation de la circulation de ces véhicules, provoquant *in fine* une augmentation des émissions de CO₂.

Les conséquences sur la ville du déploiement de cette nouvelle solution de mobilité sont encore plus incertaines. Le véhicule autonome est en effet présenté comme une solution pour réduire l'encombrement urbain, libérer l'espace occupé par les places de parking, réduire la pollution visuelle liée à la signalétique, ou encore faciliter le développement de systèmes énergétiques intelligents en encourageant l'avènement de la *smart city*. À l'inverse, nombreux sont ceux qui soulignent le risque d'un nouvel étalement urbain qui pourrait se traduire par une forte hausse des distances quotidiennes de trajet. Or comme l'exprime le paradoxe formulé par le mathématicien Dietrich Braess à la fin des années 1960, l'engorgement d'un réseau routier est toujours maximum. Le cas de l'application Waze en offre un exemple puisque la définition d'un nouvel itinéraire routier peut susciter de nouveaux embouteillages au lieu de fluidifier le trafic.

Pour ce qui est enfin de l'impact environnemental au niveau de la société, un enjeu central concerne les émissions de CO₂



Le côté durable des véhicules autonomes recouvre deux aspects principaux : la partie green (recyclage, impact environnemental) et l'inclusion. Pour le premier, Microsoft a pris des engagements pour réduire son empreinte carbone. Les activités de l'entreprise sont neutres en carbone depuis 2012 et le groupe ambitionne de retirer la totalité de son empreinte carbone depuis sa création à l'horizon 2050 grâce aux énergies renouvelables et à la modernisation de ses data centers.

Arnaud Putegnat, Senior Industry Solutions Executive chez Microsoft



générées par la masse gigantesque de données nécessaires à la circulation des véhicules autonomes. On peut distinguer à ce propos au moins deux aspects. Le premier concerne les *data centers* qui hébergent les données stockées pour réaliser l'apprentissage des logiciels de conduite autonome, puis celles échangées pour en assurer l'opération. Bien conscient de cet enjeu, Microsoft a rappelé dans les débats de la communauté ses engagements pour réduire son empreinte carbone grâce à des énergies renouvelables et à une modernisation de ses *data centers*. Un second aspect touche à l'impact énergétique de la 5G utilisée notamment pour faciliter la connexion entre le véhicule autonome et l'infrastructure. Orange a précisé que cette technologie réduit la consommation énergétique nécessaire pour la transmission de données en temps réel. Toutefois, l'augmentation du volume de données partagées pourrait se traduire par une hausse de la consommation d'énergie.

Au final, plus on élargit la focale et plus l'incertitude est importante quant à l'impact potentiel des véhicules autonomes sur l'environnement. Cette incertitude impose de sortir d'une approche éclatée pour se concentrer sur des scénarios de déploiement qui permettent d'envisager plus globalement les conséquences écologiques potentielles de la mobilité autonome.

¹⁹ORFEUIL, Jean-Pierre, LERICHE, Yann, 2019, *op. cit.*, p. 238.

Un impact qui varie selon les modes de déploiement

L'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI) a mis en évidence dans une étude prospective réalisée en 2018 que l'impact potentiel des véhicules autonomes varie en fonction des modes de déploiement considérés. Laura Brimont, co-auteure de cette étude, a présenté à la communauté²⁰ la démarche fondée sur la prise en compte de quatre dimensions : les technologies, les modèles économiques et les services, les usages individuels et les demandes collectives possibles. Le croisement de ces dimensions a permis d'identifier trois scénarios simplifiés de déploiement de la mobilité autonome (individuelle, collective, à la demande). Afin d'analyser leurs conséquences possibles en matière de développement durable, chaque scénario a été évalué à partir de six grands enjeux, à savoir :

- > maîtriser la forme urbaine et la demande de mobilité ;
- > assurer l'accès à la mobilité ;
- > améliorer le partage et l'efficacité énergétique de chaque km ;
- > décarboner la source d'énergie ;
- > allouer l'espace urbain aux différents usages ;
- > maîtriser la consommation des ressources.

Une mobilité autonome individuelle

Le premier scénario envisagé repose sur la généralisation de véhicules autonomes privés et individuels suivant l'offre développée par les constructeurs automobiles autour de l'automatisation de la conduite. Il prolongerait la situation existante en matière de mobilité où la voiture individuelle constitue le mode dominant autour duquel l'espace et la ville sont organisés. Il pourrait se traduire par une hausse de l'autosolisme puisqu'il entraînerait une baisse du coût d'opportunité liée au partage du véhicule.

Il provoquerait ainsi un accroissement des temps de parcours, de la congestion des infrastructures, et *in fine* de l'étalement urbain. Il constitue le scénario le plus dangereux en matière de mobilité durable avec le risque notamment de segmenter l'espace urbain. En effet, les constructeurs et les automobilistes aisés concernés pourraient demander aux pouvoirs publics de profiter de voies réservées à ces nouveaux véhicules pour soutenir le développement de la technologie et en bénéficier pleinement.

Une mobilité autonome collective

Le second scénario envisage le développement des navettes autonomes et de robots taxis gérés par les opérateurs de transports afin d'élargir les zones de desserte des transports collectifs qui constituent le mode principal structurant la mobilité. Le déploiement de véhicules autonomes serait principalement piloté par les pouvoirs publics et les collectivités territoriales, compétentes à la fois en matière de transports et d'aménagement urbain, afin de permettre une bonne articulation entre les infrastructures lourdes de transport en commun et ces nouvelles solutions de mobilité.

Ce scénario est présenté comme le plus favorable d'un point de vue environnemental dans la mesure où il permettrait de réduire la place de la voiture dans l'espace public en élargissant l'accès aux transports collectifs et aux modes actifs (marche, vélo etc.). L'automatisation permettrait en effet de faire baisser le coût d'exploitation du transport en commun, lié en particulier au conducteur, et d'étendre le périmètre du service dans le temps et l'espace.

Une mobilité autonome à la demande

Le troisième et dernier scénario étudié par l'IDDRI concerne le déploiement de flottes de robots taxis opérés par des acteurs privés, en particulier les géants du numérique (Google, Uber etc.). Ce scénario prolongerait les dynamiques observables avec le développement des VTC qui ont réduit le coût du transport à la demande traditionnel. Une telle solution se concentrerait dans les zones urbaines denses avec le plus de demandes et pourrait venir

²⁰ Atelier 2, 20/05/2020, « Mobilité durable et véhicules autonomes ».

concurrer la mobilité individuelle et les transports collectifs. À titre indicatif, un report modal du métro vers les VTC a été noté après leur généralisation.

Par contre, un taux d'occupation élevé serait nécessaire pour assurer la rentabilité d'un service de robot taxi et son attrait par rapport au coût d'utilisation d'une voiture personnelle. Le taux d'occupation d'un robot taxi devrait pour cela être de 1,5 passager par kilomètre en moyenne, alors que les expériences menées par Uber avec son service de course partagée (Uber Pool) affichait en 2016 un taux d'occupation de ses VTC proche de 0,8, soit environ 20% de l'ensemble des trajets réalisés.

Dans ce cadre, les effets environnementaux négatifs pourraient être limités en permettant de réduire le nombre de véhicules et l'empreinte

de l'automobile sur les villes mais à condition d'éviter la circulation à vide des robots taxis dommageable pour la congestion et l'efficacité énergétique. Il conviendrait également de garantir leur coexistence avec les autres usagers, notamment les piétons et les vélos en ville, et de parvenir à réguler l'action des acteurs privés opérant ces nouvelles offres de transports afin d'éviter une privatisation de fait de l'organisation et de la gestion de la mobilité.

Il faut préciser pour finir que ces trois scénarios de déploiement décrivent des tendances et non pas la réalité du futur de la mobilité autonome qui sera « inévitablement hybride »²¹, comme le montrent déjà les expérimentations en cours.

Vers une transformation des modes de vie grâce aux véhicules autonomes ?

Au-delà de leur impact sur l'environnement, les véhicules autonomes auront à l'avenir des conséquences plus larges sur les modes de vie. Les effets en la matière seront toutefois variables en fonction des scénarios de déploiement déjà évoqués. Au final, il apparaît que les pouvoirs publics ont un rôle central à jouer pour que le développement de la mobilité autonome soit à la fois durable et favorable au plus grand nombre.

Véhicules autonomes et modes de vie

Anne Aguiléra, chercheuse au laboratoire Ville Mobilité Transport (LVMT), a présenté²² à la communauté les principaux résultats d'une recherche menée en 2019 avec Thomas Le Gallic quant aux conséquences probables de la mobilité autonome sur les modes de vie. Le concept de mode de vie est utilisé par plusieurs disciplines en sciences sociales pour

« décrire et analyser l'organisation de la vie des êtres humains »²³. Les deux chercheurs se sont concentrés dans leur travail sur l'analyse des effets que la diffusion des véhicules autonomes pourrait avoir sur cinq composantes particulières des modes de vie :

- > la localisation résidentielle ;
- > la motorisation des ménages ;
- > les pratiques de mobilité ;
- > les activités ;
- > le tourisme.

²¹ SAUJOT, Mathieu, BRIMONT, Laura, SARTOR, Oliver, juin 2018, « Mettons la mobilité autonome sur la voie du développement durable », *Studies* n°2, IDDRI, Paris.

²² Atelier 2, 20/05/2020, « Mobilité durable et véhicules autonomes ».

²³ AGUILÉRA, Anne, LE GALLIC, Thomas, octobre 2019, *Diffusion des véhicules autonomes et modes de vie*, IFFSTAR, LVMT.



Analyser le développement des véhicules autonomes sous l'angle des modes de vie présente un intérêt à plusieurs titres. D'une part, cela permet d'appréhender les « déterminants non techniques »²⁴ des émissions de gaz à effet de serre liées à ce nouveau moyen de transport et donc sa durabilité. D'autre part, cela contribue à questionner la désirabilité de nos modes de vie futurs bouleversés par la diffusion massive des véhicules autonomes. Anne Aguiléra a précisé à ce propos que la plupart des scénarios présentés dans la littérature sur le déploiement de la mobilité autonome reposent sur une extrapolation réalisée à partir des besoins actuels de déplacement. Or, l'hypothèse envisagée dans le cadre de cette étude est celui d'un déploiement généralisé de véhicules fortement autonomes (niveaux 4 et 5) qui auront un fort impact sur les modes de vie.

Passant en revue un corpus de travaux scientifiques internationaux, les deux chercheurs ont identifiés trois familles de scénarios de déploiement des véhicules autonomes susceptibles de provoquer des changements structurants pour les modes de vie. Elles sont très proches des scénarios de l'IDDRI :

- 1** l'« automobilité autonome »²⁵ prolongeant la domination actuelle de la voiture avec la possession privée de véhicules autonomes ;

- 2** la mobilité autonome à la demande avec le déploiement de véhicules autonomes sur le modèle de celui qui prévaut déjà pour les taxis et les VTC ;

- 3** la mobilité autonome favorisant les alternatives à la voiture avec le développement de véhicules autonomes partagés au service des transports en commun et des modes actifs.

Ces trois grandes familles de scénarios de déploiement laissent entrevoir des effets variables sur les modes de vie en dépit de certaines similarités.

Des effets variables sur les modes de vie

La première famille de scénarios sur l'automobilité autonome met en lumière quatre principaux changements qui pourraient survenir pour les modes de vie. Le plus important touche à l'augmentation de la mobilité des non-conducteurs actuels. Les véhicules autonomes privés permettraient également à leurs propriétaires d'optimiser leur temps, que ce soit à bord du véhicule en réalisant de nouvelles activités autres que la conduite ou en

²⁴ *Ibid.*, p. 31.

²⁵ *Ibid.*, p. 15.



se déchargeant de certaines contraintes telles que faire les courses et accompagner les enfants. La localisation résidentielle en zones peu denses, s'accompagnant d'habitations individuelles plus grandes et de la possession d'un autre véhicule, pourraient aussi augmenter du fait de ces gains de temps et de confort lors des trajets. Ces derniers favoriseraient enfin de nouvelles pratiques touristiques plus fréquentes dans les zones périphériques plus éloignées.

Le déploiement d'une mobilité autonome à la demande, envisagé par la deuxième famille de scénarios, aurait pour principale conséquence de mettre fin à la propriété individuelle des véhicules. Cela engendrerait un report modal sur des services de robots taxis (partagés ou non) qui pourraient concurrencer les transports en commun. Si un tel changement pourrait allonger les distances parcourues, la généralisation de véhicules autonomes à la demande n'augmenterait pas l'étalement urbain d'après les simulations. Elle se concentrerait dans les zones denses, rendues plus attractives par la diminution des parkings, et favoriserait les modes de vie associés tels qu'un habitat collectif et de petites surfaces.

La plupart des effets sur les modes de vie évoqués précédemment se retrouvent dans la troisième famille de scénarios centrés autour

de véhicules autonomes à la demande qui viendraient compléter les transports collectifs et les modes actifs (marche, vélo). En plus d'accroître la mobilité des non-conducteurs et de faire reculer la place de la voiture individuelle, le déploiement de ces nouveaux moyens de transports automatisés auraient principalement pour effet d'améliorer la vie dans les zones urbaines denses.

Plusieurs similitudes entre tous les scénarios ont été constatées par les deux chercheurs comme une hausse probable du trafic routier et de la congestion. Elle s'expliquerait par les nouveaux usages des véhicules autonomes qui pourraient voir le jour, et surtout par une augmentation des demandes de mobilité des non-conducteurs. La mobilité accrue permise par les véhicules autonomes permettrait en particulier aux seniors, aux personnes à mobilité réduite, aux jeunes sans permis et aux ménages modestes de pouvoir accéder à de nouvelles activités sociales et à de nouvelles opportunités en termes de logement, d'éducation, de travail, de loisirs etc., contribuant *in fine* à enrichir leurs modes de vie²⁶.

Cette approche par les modes de vie souligne finalement le champ des possibles extrêmement large qui entoure l'avenir de la mobilité

²⁶ AGUILÉRA, Anne, LE GALLIC, Thomas, octobre 2019, *op. cit.*

autonome. Des incertitudes fortes demeurent eu égard notamment aux formes de partage et aux territoires dans lesquels les véhicules autonomes pourraient s'insérer. Les travaux qui modélisent les effets futurs de l'automatisation de la conduite présentent par ailleurs de nombreuses limites. En effet, ils se concentrent principalement, selon Anne Aguiléra et Thomas Le Gallic, sur l'évolution des pratiques de mobilité quotidienne. L'impact du véhicule autonome sur d'autres transformations économiques et sociales ayant une influence sur les modes de vie, telles que l'évolution du marché de l'emploi ou des politiques industrielles, reste à l'inverse peu traité.

Le rôle central des pouvoirs publics

Le futur sera inévitablement hybride, combinant les différents scénarios de mobilité autonome privée, à la demande et collective, et pourra varier en fonction des contextes nationaux. Les pouvoirs publics nationaux et locaux ont néanmoins un rôle central à jouer pour promouvoir en priorité le développement d'une mobilité autonome partagée, complémentaire des autres modes de déplacement tels que les transports en commun, et accessible au plus grand nombre.

Pour ce faire, les collectivités locales et les villes pourront s'appuyer sur leurs compétences en matière de régulation de l'ordre public et d'aménagement de la voirie. Elles devront également « développer une nouvelle gouvernance de la mobilité »²⁷ afin de coordonner et d'arbitrer entre les différentes offres publiques et privées de transport autonome et les acteurs qui les portent.

Un tel scénario de déploiement pose en effet la question politique de savoir qui sera en mesure de financer et de payer ces nouveaux services, d'autant plus si l'infrastructure doit porter une partie de la perception du véhicule. Cette option nécessitera des investissements très importants pour moderniser les

infrastructures routières afin qu'elles correspondent aux exigences de la conduite autonome en matière de connectivité ou de signalisation.

L'implication des pouvoirs publics doit ainsi permettre de faire prévaloir l'intérêt général sur une simple logique de développement technologique et d'intérêts économiques et commerciaux privés. Il faudra notamment éviter de reproduire les erreurs commises au moment de la généralisation de l'automobile qui a, en particulier aux États-Unis, remis en cause les autres moyens de transport et amené les autorités à penser l'aménagement du territoire principalement autour de la voiture.

Au final, l'automatisation de la conduite n'apparaît pas en soi comme une baguette magique susceptible de favoriser une mobilité à la fois plus soutenable d'un point de vue écologique et plus favorable à l'enrichissement des modes de vie de la majorité de la population. L'approche par scénarios souligne la nécessité que les pouvoirs publics agissent afin de promouvoir un déploiement de la mobilité autonome qui soit compatible avec les objectifs d'une mobilité non seulement plus durable mais aussi plus inclusive.



²⁷ SAUJOT, Mathieu, BRIMONT, Laura, SARTOR, Oliver, juin 2018, *op. cit.*, p. 41.

VÉHICULES AUTONOMES ET MOBILITÉ INCLUSIVE EN ZONE PEU DENSE

La mobilité inclusive vise à dépasser les fractures sociales et territoriales en offrant des solutions de mobilité aux publics fragiles, aux personnes à mobilité réduite, et aux habitants des zones peu denses qui vivent en marge des grands centres urbains et sont contraints dans leurs solutions de mobilité. Les véhicules autonomes peuvent contribuer à une mobilité plus inclusive, mais leur déploiement en milieu rural demeure un angle mort des réflexions et des expérimentations sur le sujet.

“
Il convient de penser quelle pourrait être la valeur d'usage du véhicule autonome. C'est tout l'intérêt de cette communauté d'intérêt. Les besoins satisfaits par les véhicules autonomes et les réalités d'usage sont encore trop peu abordés et éclairés aujourd'hui.²⁸

Florent Villain, Directeur marketing de la MAIF
et Directeur général d'Altima Assurances

La mobilité inclusive pour dépasser les fractures sociales et territoriales

Les difficultés de mobilité alimentent l'exclusion sociale et territoriale d'une partie de la population. La mobilité ne se résume pas au seul déplacement et les freins à celle-ci sont multiples. La mobilité inclusive met justement l'accent sur le lien entre l'intégration sociale d'une personne et ses pratiques de mobilité. Les pouvoirs publics ont progressivement pris en compte cet aspect en développant des politiques non plus seulement de transports mais de mobilité inclusive.

Une exclusion sociale et territoriale alimentée par les difficultés de mobilité

Selon le sociologue Éric Le Breton, environ 15 millions de personnes en France sont aujourd'hui contraintes dans leurs déplacements, qui se limitent aux zones proches de leur domicile, et sont isolées du fait de problèmes de mobilité. Il s'agit notamment

de publics en situation de précarité sociale et/ou de fragilité physique tels que des habitants de quartiers défavorisés, des allocataires de minima sociaux, des jeunes au chômage ou en insertion professionnelle, des personnes âgées dépendantes, ou encore des personnes en situation de handicap.

On trouve également parmi les « oubliés »²⁹ de la mobilité de nombreux habitants des territoires ruraux et périurbains. Ils sont contraints dans leurs déplacements du fait de leur très grande dépendance à la voiture et de l'absence de transports en commun suffisants ou d'une solution alternative de mobilité. D'après le premier Baromètre des mobilités du quotidien réalisé début 2020 pour la Fondation Nicolas Hulot et l'association Wimooov, 55% des Français, dont 85% des habitants des communes isolées, déclarent ne pas avoir le choix de leur moyen de déplacement principal. Ce dernier est la voiture pour 84% d'entre eux.

²⁸ Conseil d'orientation, 22/09/2020.

²⁹ BORDENET Camille, 14/02/2020, « Les oubliés de la mobilité : « Sans voiture, je ne suis plus rien », Le Monde.

Par ailleurs, 77% des habitants des communes peu denses déclarent ne pas pouvoir accéder à pied à des transports collectifs. Les inégalités en matière de mobilité touchent aussi plus durement les ruraux que les urbains. En effet, si le coût de déplacement est le premier frein à la mobilité pour la moitié des Français, le budget transport est de 50% plus élevé pour les habitants des territoires ruraux puisqu'il atteint en moyenne 141 euros mensuels à la campagne contre 90 euros en ville³⁰. Par ailleurs, pour les jeunes qui ne disposent pas encore du permis de conduire ou pour les personnes âgées qui ne peuvent plus accéder à une assurance, cette situation conduit à un isolement important dans la mesure où ces personnes ne peuvent pas recourir à des solutions de mobilité alternatives à l'automobile.

Les fractures économiques, sociales, territoriales et de mobilité se recoupent ainsi fortement. Par exemple, le taux de chômage est en moyenne cinq fois plus élevé pour les ménages modestes vivant dans des zones peu denses et ne pouvant utiliser une voiture³¹. La détention du permis de conduire est aussi déterminante sur la probabilité d'être au chômage qui est trois fois supérieure pour les actifs sans permis, quel que soit leur niveau de diplôme³². L'absence de permis est par ailleurs « plus pénalisante dans les parties moins denses et moins bien desservies du territoire »³³ et elle accroît les difficultés pour trouver du travail. Les problèmes de mobilité alimentent ainsi l'exclusion sociale de larges parties de la population, notamment parmi les résidents des territoires ruraux et périurbains qui se voient privés des ressources et de l'accès aux centres de décision qui se concentrent dans les villes.

La mobilité et ses freins

La mobilité est un phénomène social qui ne se résume pas au fait de se mouvoir dans l'espace physique mais implique un changement de position dans l'espace social. Comme l'explique le sociologue Vincent Kaufmann, on peut en effet se déplacer beaucoup sans être mobile. À l'inverse, on peut ne pas se déplacer et être mobile. Enfin, on peut se déplacer tout en étant mobile. Ces précisions mettent en exergue la distinction opérée par les sciences sociales entre la mobilité³⁴ et le déplacement.

L'accélération de la mondialisation depuis les années 1990 a engendré une « hypermobilité » qui ne s'est toutefois pas traduite par une remise en cause de la sédentarité. Au contraire, les nouveaux moyens de déplacement permettant d'aller toujours plus vite et plus loin ont servi à « préserver notre environnement familial et nos ancrages »³⁵. C'est le cas, par exemple, d'un cadre d'une grande entreprise effectuant des déplacements pendulaires de longue distance pour aller au travail en semaine afin de continuer à profiter de la vie locale de son lieu de résidence le week-end.

³⁰ Voir <http://barometremobilites-quotidien.org/index.php/chiffres-cles/>.

³¹ Chronos, janvier 2018, « À quelles conditions le véhicule autonome peut-il faire sens en zone peu dense ? », Notes sur le véhicule autonome pour le ministère de la Transition écologique et solidaire, Atelier « La vie robomobile ».

³² COUDERT, Xavier, FONTANES, Marc, ORFEUIL, Jean-Pierre, mars-avril 2015, « Les difficultés de mobilité dans la France d'en bas : revue de détail », *Transports*, n°490, pp. 17-18.

³³ *Ibid.*, p. 19.

³⁴ GALLEZ, Caroline, KAUFMANN, Vincent, 2009, « Aux racines de la mobilité en sciences sociales. Contribution au cadre d'analyse socio-historique de la mobilité urbaine » dans Mathieu Flonneau et Vincent Guigueno (dir.), *De l'histoire des transports à l'histoire de la mobilité ?*, Presses Universitaires de Rennes, pp. 41-55.

³⁵ KAUFMANN, Vincent, 2017, *Les paradoxes de la mobilité. Bouger, s'enraciner*, 3e éd., Presses polytechniques et universitaires romandes.

La mobilité n'est donc pas qu'une question matérielle liée à l'existence d'un service de transport abordable, elle relève aussi de l'apprentissage. Elle dépend en effet des capacités et des compétences des individus, comme le fait, par exemple, de savoir lire une carte ou les horaires du bus, de se repérer dans la ville, de comprendre un réseau de transport, d'utiliser une application smartphone, de pouvoir se saisir des moyens de transport existant ou d'envisager des solutions alternatives en cas de problème etc. Dans une étude réalisée en mai 2018 par le Laboratoire de la Mobilité Inclusive (LMI) et l'institut ELABE, 29 % des personnes interrogées déclaraient avoir déjà « renoncé à des déplacements par crainte de se perdre » et 22 % par « incapacité à construire son itinéraire³⁶.

Les freins à la mobilité peuvent dès lors être tout à la fois physiques, psychologiques, cognitifs, économiques, sociaux, culturels ou matériels. L'association Wimoov, pionnière dans la mobilité inclusive, qui accompagne les publics fragiles vers la mobilité, a notamment remarqué que la crise sanitaire liée à la Covid-19 est à l'origine de nouvelles appréhensions dans le fait de prendre les transports en commun. Un autre frein bien identifié et connu est le frein numérique causé par la non-possession d'un moyen d'information et de communication (téléphone, ordinateur, tablette), et/ou une couverture réseau téléphonique ou internet insuffisante. Près de 13 millions de Français souffrent actuellement de la fracture numérique, en particulier dans les zones rurales où « près

du tiers (31 %) des habitants des communes de moins de 1 000 habitants (soit 73 % des communes en France) ne peut pas accéder à un internet de qualité minimale »³⁷.

La mobilité inclusive, retour sur une notion

Apparue dans les années 1990 et consolidée au début des années 2010, la notion de mobilité inclusive fait référence aux « relations entre l'intégration sociale d'une personne et ses pratiques de mobilité quotidienne »³⁸. Elle remet en cause la conception technicienne des transports centrée sur le seul déplacement pour faire ressortir les multiples facteurs sociaux et politiques de la mobilité.

Ses promoteurs cherchent ainsi à identifier et à lever ces freins à la mobilité en développant des dispositifs d'aide au transport afin de favoriser l'accès à l'emploi et aux diverses activités de la vie collective des populations précaires. Ils soulignent en effet que la mobilité permet l'exercice des autres activités et pratiques de la vie quotidienne.

Ils défendent également une approche plus égalitaire entre les habitants des espaces métropolitains et non métropolitains, en pensant l'inclusion territoriale non pas seulement comme un mouvement de la campagne vers la ville, mais aussi de relocalisation et de valorisation des ressources offertes par les territoires ruraux.

³⁶ Laboratoire de la Mobilité Inclusive (LMI), 2019, *Agir pour une mobilité plus inclusive*, Rapport d'activité, p. 35.

³⁷ *Ibid.*, p. 13.

³⁸ LE BRETON, Éric, 2019, « Deux décennies de mobilité inclusive. Émergences et déploiement d'une innovation à la croisée du territoire et du social », accessible sur le site du LMI au <https://www.mobiliteinclusive.com/deux-decennies-de-mobilite-inclusive-par-eric-le-breton/>.

Or, la fragmentation actuelle des territoires et du marché du travail fait que l'exercice de la mobilité conditionne de plus en plus l'exercice des droits à la formation, à l'emploi, à la santé, à la culture et plus largement à la citoyenneté. La mobilité est ainsi vue par les promoteurs de la mobilité inclusive comme « le droit des droits »³⁹ dont se voient privés les publics socialement fragiles et les populations des territoires peu denses.

D'une politique de transports à une politique de mobilité inclusive

Afin de pallier les difficultés et les besoins en matière de mobilité, l'État et les collectivités locales ont développé des politiques de transport qui se sont progressivement affirmées comme des politiques de mobilité inclusive.

Le début des années 1980 a d'abord vu l'émergence, dans le sillage de la loi d'orientation sur les transports intérieurs, d'un « droit au transport [permettant] aux usagers de se déplacer dans des conditions raisonnables d'accès, de qualité et de prix ainsi que de coût pour la collectivité »⁴⁰. La loi affirmait déjà à l'époque la possibilité de prendre des mesures particulières en faveur des personnes à mobilité réduite et des catégories défavorisées. Ces dispositions ont ensuite été renforcées en 2000 par la loi relative à la solidarité et au renouvellement urbains prévoyant la mise en œuvre de ce droit grâce à une réduction du tarif des transports urbains d'au moins 50% pour les usagers précaires⁴¹.

Des mesures similaires visant à lutter contre l'exclusion sociale en favorisant les déplacements des personnes ont également été adoptées dans le cadre la politique de la ville au cours des années 1990, en particulier pour les résidents des quartiers défavorisés. Cette préoccupation de l'accès à la mobilité des publics socialement

fragiles fut aussi reprise et mise en avant au cours de la décennie 2000 dans le cadre des politiques de l'emploi⁴².

Les Assises de la mobilité en 2017 ont beaucoup débattu des enjeux sociaux et territoriaux liés à la mobilité. La loi d'orientation des mobilités (LOM) adoptée le 24 décembre 2019 contient des mesures pour encourager la mobilité des personnes précaires et des habitants des territoires ruraux et périurbains. La LOM symbolise ainsi le passage à une nouveau type de politique publique de transport reconnaissant un « droit à la mobilité » pour tous les citoyens. Elle consacre par ailleurs un chapitre entier à la mobilité inclusive, définie comme « une action commune en faveur d'une mobilité solidaire », en vue de faciliter le déploiement de nouvelles solutions permettant à tous de se déplacer⁴³.

Entre autres mesures destinées à la mobilité des publics économiquement et socialement vulnérables ou en situation de handicap, la loi prévoit : la mise en place d'un plan d'action commun aux autorités organisatrices de la mobilité (AOM) de mobilité solidaire pour fournir un accompagnement individualisé pour tout demandeur d'emploi ou jeune en apprentissage ; la possibilité pour les collectivités d'organiser des services solidaires ou de verser des aides individuelles à la mobilité ; la mise en place de tarifs préférentiels dans les transports en commun pour les accompagnateurs de personnes handicapées ; ainsi que des mesures permettant un accès plus rapide et moins cher au permis de conduire.

Par ailleurs, la LOM consacre plusieurs articles⁴⁴ aux véhicules à délégation de conduite, mais elle reste silencieuse sur la possibilité d'utiliser ce type de véhicules comme moyen de favoriser la mobilité inclusive, notamment en zone peu dense.

³⁹ *Idem*.

⁴⁰ Article 2 de la loi n°82-1153 du 30 décembre 1982 d'orientation des transports intérieurs.

⁴¹ Article 123 de la loi n°2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbains.

⁴² GALLEZ, Caroline, MOTTE-BAUMVOL, Benjamin, 2017, « Inclusive Mobility or Inclusive Accessibility ? A European Perspective », *Governing Mobility in Europe: Interdisciplinary Perspectives*, pp. 79-104.

⁴³ Voir le chapitre III de la loi n°2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités.

⁴⁴ Voir les articles 31, 32 et 183 de la loi n°2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités.



L'automobile se trouve au milieu d'un grand nombre de révolutions. Le véhicule autonome pose la question de l'interface homme-machine qui est essentielle. Il impose également de reposer la question de la gestion de l'habitacle et de dissocier éventuellement la durée de vie de celui-ci et de celle de la plateforme. Ces réflexions incitent à considérer la modularité des futurs véhicules autonomes.

Olivier Coppin, ancien directeur systèmes et technologies avancées chez Faurecia



Les contributions des véhicules autonomes à la mobilité inclusive

Les véhicules autonomes pourraient contribuer à améliorer la mobilité des individus qui sont contraints dans leurs possibilités et leurs moyens de déplacement que sont, d'une part, les publics fragiles et, d'autre part, les habitants des territoires ruraux et périurbains. C'est par exemple cette orientation qui a guidé le développement des expérimentations de véhicules autonomes au Japon.

Améliorer la mobilité des publics fragiles

Pour de nombreux spécialistes, les véhicules autonomes représentent une opportunité d'améliorer la mobilité des publics fragiles, tant physiquement que socialement, et ce quel que soit le scénario de déploiement envisagé (voitures individuelles, services à la demande, transports collectifs). On pense ici aux personnes à mobilité réduite âgées et handicapées, à celles sans permis, ou encore aux ménages modestes n'ayant pas les moyens d'avoir une voiture.

Mathieu Alapetite, directeur de la communication, des partenariats et des relations publiques de l'association Wimoov⁴⁵, considère par exemple que les véhicules autonomes peuvent être positifs en permettant d'augmenter le panel des modes de transport

à disposition des exclus de la mobilité. Le développement progressif des véhicules autonomes représente une opportunité pour construire une solution de mobilité directement inclusive et universelle qui tienne compte des freins et des difficultés des populations les plus fragiles, que ce soit dans la conception de la solution elle-même, de la manière de l'utiliser, de l'interface d'utilisation, de l'outil numérique pour la réserver, etc. D'après lui, la construction de cette nouvelle solution doit ainsi se faire pour et avec les exclus de la mobilité. Il serait en particulier intéressant de faire tester les VA aux publics fragiles lors des différentes étapes de leur élaboration.

Par exemple, la prise en compte des personnes à mobilité réduite dans le *design* des véhicules autonomes est une question abordée par l'équipementier Faurecia. Ce dernier développe une approche de modularité afin de pouvoir adapter les équipements à l'automatisation et aux demandes spécifiques malgré la conception générale du véhicule. Certaines expérimentations actuelles sont aussi faites à partir d'un véhicule aménagé prenant en considération les contraintes et le ressenti des usagers à mobilité réduite, comme dans le cas du projet SIMPHA lancé à Mulhouse en 2016 (voir encadré page suivante).

⁴⁵ Atelier 3, 04/06/2020, « Mobilité inclusive et véhicules autonomes ».

PROJET SIMPHA



Le projet Solutions Innovantes de Mobilité individualisée et durable des Seniors et Personnes présentant un Handicap (SIMPHA) visait à proposer un service de transport autonome à la demande aux personnes âgées et/ou handicapées afin de permettre leur maintien à domicile.

Lancé en 2016 à Mulhouse, il avait pour but d'analyser le cas d'usage d'un service de transport multimodal pour compléter l'offre de transports collectifs existante en assurant la desserte du premier ou dernier kilomètre.

L'expérimentation a été réalisée avec une voiture de type Renault Scénic adaptée à la conduite autonome et aux personnes à mobilité réduite. Une application pour smartphone et une plateforme de gestion des demandes ont été développées par l'entreprise Synovo pour planifier l'ensemble du trajet et réserver un véhicule à la carte.

Plusieurs tests se sont déroulés à Mulhouse avec des personnes handicapées volontaires. Les tests ont eu lieu sur une route fermée pour l'occasion reliant l'arrêt de tramway « Cité de l'Auto » au Parc des Expositions situé à 400 mètres. Un autre volet de l'expérimentation s'est poursuivi en zone rurale. Il a permis de faire rouler la voiture automatisée sur de plus longues distances à une vitesse supérieure (entre 25 et 50 km/h) pour tester les algorithmes.

Le projet SIMPHA a été retenu dans le cadre d'un appel à projets lancé en mars 2015 par la Fondation Alfred et Valentine Wallach, l'Université de Haute-Alsace et le Pôle Numérique Alsace Rhénatic. Cet appel, soutenu par la ville de Mulhouse, portait sur la *Silver Economy* et le développement de services à destination de personnes âgées en vue de favoriser leur maintien à domicile. Il a bénéficié à ce titre d'une dotation de 308 000 euros sur deux ans de la part de la Fondation Wallach.

Le projet a été porté conjointement par le laboratoire Modélisation, Intelligence,

Année de lancement : **2016**

Site du projet : **Mulhouse, France**



Niveau d'autonomie : **4**

Coût : **308 000 euros**

Durée : **24 mois**

Points clés

- > Expérimentation d'un véhicule autonome à la demande
- > Pour compléter l'offre de transports collectifs existante
- > Favoriser la mobilité des personnes âgées et/ou handicapées

Processus et Systèmes (Mips) de l'École nationale supérieure d'ingénieurs Sud-Alsace et de l'Université de Haute-Alsace, de la ville et de l'agglomération de Mulhouse, du Centre de réadaptation de Mulhouse, et de l'entreprise strasbourgeoise Synovo spécialisée dans l'optimisation de la gestion de flottes de véhicules.

Les voitures conventionnelles peuvent déjà être adaptées pour la conduite des individus souffrant d'un handicap physique, comme avec la boîte automatique par exemple. Le développement de systèmes d'aide à la conduite (ADAS) toujours plus poussés semble ainsi plus pertinent à court terme pour permettre aux personnes âgées et handicapées de conduire ou de continuer à le faire plus longtemps.

Si les véhicules hautement automatisés (niveaux 4 et 5) peuvent être une solution de transport utile à l'avenir pour les personnes à mobilité réduite, ils devront toutefois prévoir leur situation particulière et offrir la possibilité à ces derniers de réaliser d'autres activités au sein du véhicule. Par ailleurs, l'association Wimoov considère que l'accompagnement des usagers précaires pour lever les freins à la mobilité et les aider à appréhender les différentes solutions de transport restera toujours de mise même avec l'avènement des véhicules autonomes.





LE FAIBLE INTÉRÊT DU PROJET SAM POUR LA MOBILITÉ INCLUSIVE

Gaële Lesteven, chargée de recherche au Laboratoire Ville Mobilité Transport, est intervenue⁴⁶ auprès de la communauté sur la place de la mobilité inclusive dans le projet Sécurité et Acceptabilité de la Mobilité autonome (SAM), issu du programme Expérimentation du Véhicule routier Autonome (EVRA) qui démarre en juin 2019. Elle assure la coordination des évaluations environnementales et socio-économiques des expérimentations menées dans ce cadre.

Comme son nom l'indique, les deux objectifs principaux du projet SAM sont la sécurité, avec un travail sur les méthodologies de validation de la sécurité, et l'acceptabilité entendue au sens large (usagers, tiers, société). La mobilité inclusive n'y est donc pas considérée en tant que telle. Elle est toutefois traitée en filigrane sous plusieurs angles dans les treize expérimentations menées dans le cadre du projet SAM. On trouve d'abord une diversité de territoires, non seulement centraux, mais aussi périurbains, voire ruraux (Saint-Rémy-lès-Chevreuse). Il y a ensuite parmi les cas d'usage étudiés la circulation de nuit et le transport à la demande en heures creuses. Les publics ciblés sont enfin divers : des patients d'hôpitaux, des étudiants, et des personnes âgées.

Gaëlle Lesteven s'est également interrogée sur le fait de savoir si la mobilité autonome inclusive est un enjeu d'avenir. La phase actuelle d'expérimentations constitue d'abord un apprentissage de la technique et des usages à travers le test de prototypes qui diffèrent des services opérationnels en termes de vitesse, de parcours, de fréquence, de tarif, etc. Un autre point important concerne l'équipement de l'infrastructure routière à travers une réflexion non pas sur le seul véhicule, mais sur le système de mobilité autonome. Il s'agit d'inclure les aménagements de la route, par exemple pour les ronds-points, qui sont plus nombreux en zone rurale étant donné les distances plus grandes à parcourir. Cet enjeu rejoint la question du coût et des acteurs qui vont devoir le supporter (l'État, les collectivités, les usagers finaux).

D'après Gaële Lesteven, la mobilité inclusive représente ainsi un enjeu clé du passage à l'échelle, c'est-à-dire du déploiement, à terme, de ces services de mobilité autonome, que ce soit la pérennisation des expérimentations SAM ou leur répliquabilité sur d'autres territoires. Elle a conclu son intervention en insistant sur le besoin de construire le véhicule autonome avec les usagers car il ne s'agit pas encore d'un sujet de société, mais seulement d'experts. Il y a ainsi un enjeu central d'apprentissage et d'appropriation de cet objet par la population, et notamment par les publics plus fragiles.

⁴⁶ Atelier 3, 04/06/2020, « Mobilité inclusive et véhicules autonomes ».



Faciliter la mobilité des habitants des territoires ruraux et périurbains

Outre l'aide à la mobilité des populations précaires ou des personnes à mobilité réduite, le déploiement des véhicules autonomes peut apporter une alternative aux habitants des territoires ruraux et périurbains qui sont contraints dans leurs choix de mobilité. D'après la 3^e édition de l'Observatoire des mobilités émergentes, réalisé par l'ObSoCo⁴⁷ et le cabinet Chronos, seulement 17 % des personnes interrogées vivant dans une commune rurale et 30 % de celles vivant dans une agglomération de moins de 20 000 habitants déclarent pouvoir choisir entre différents modes de transport, contre 61 % pour les résidents d'une agglomération de plus de 100 000 habitants⁴⁸.

Le vrai sens du véhicule autonome est à chercher plutôt dans le partage, donc dans l'idée de navette. Le véhicule autonome pourrait rendre nombre de services dans les territoires ruraux et périurbains. La MACIF ne distingue pas la question de la mobilité de celle de l'inclusion sociale et du désenclavement des territoires.⁴⁹

Yann Arnaud, Directeur réponses besoins sociétares et innovation de la MACIF

Les véhicules autonomes pourraient ainsi contribuer non seulement à réduire l'autosolisme et la dépendance à la voiture, mais

aussi à compenser la faiblesse voire l'absence de transports collectifs en assurant une couverture plus complète et plus fine des territoires ruraux et périurbains. Par exemple, des navettes autonomes ou des robot taxis pourraient garantir la connexion entre un réseau structurant de transport comme une gare et le domicile des personnes à travers une desserte des premiers et des derniers kilomètres. Des minibus, à trajet fixe ou à la demande, pourraient également relier entre elles des communes isolées ou des zones résidentielles périurbaines⁵⁰.

Le véhicule autonome permettrait de faciliter les liens entre les zones peu denses. Le véhicule autonome apparaît donc comme une solution de mobilité de substitution ayant une dimension sociale évidente et très forte. C'est aussi une réponse sociale à la crise des « gilets jaunes », dont un des ressorts majeurs portait sur la question de la mobilité.⁵¹

Frédéric Cuillerier, maire de Saint-Ay dans le Loiret et président de la commission « Transports, mobilités, voirie » de l'Association des Maires de France

Une analyse des besoins concrets de mobilité doit être menée pour adapter au mieux ces nouveaux services de mobilité autonome aux spécificités de chaque territoire. La diversité des situations rencontrées conduit notamment à envisager d'autres cas d'usage dans les territoires ruraux et périurbains. Une des possibilités évoquées consisterait à rouvrir et à ré-exploiter pour la circulation de navettes autonomes les réseaux ferrés secondaires inutilisés, les fameuses « petites lignes », ce qui pourrait s'avérer plus facile à mettre en place dans un premier temps grâce à ces voies dédiées. C'est notamment l'objet de l'expérimentation menée par PSA et la SNCF à Carquefou, près de Nantes, afin d'évaluer les conditions de réadaptation d'une voie ferroviaire désaffectée et de la transformer en route fermée pour la circulation de deux véhicules autonomes collectifs.

⁴⁷ Acronyme de l'Observatoire Société & Consommation, société d'études et de conseil en stratégie.

⁴⁸ ObSoCo & Chronos, 2019, « Observatoire des mobilités émergentes », 3^e édition, réalisé pour l'ADEME, Keolis, Mappy et la SNCF.

⁴⁹ Conseil d'orientation, 22/09/2020.

⁵⁰ Voir NICOLAS, Jean-Pierre, LICHÈRE, Vincent, octobre/novembre 2016, « Véhicule autonome en milieu urbain : quelles perspectives pour les transports collectifs? Illustration à travers le projet e-vasion. Interview », *Transflash*, n°408, p. 5.

⁵¹ Conseil d'orientation, 22/09/2020.

L'exemple du Japon

L'apport des véhicules autonomes à la mobilité des populations fragiles vivant en milieu rural a été envisagé en particulier au Japon qui a adopté dès octobre 2013 une feuille de route pour promouvoir l'introduction de systèmes automatisés de conduite. En effet, les autorités japonaises ont souhaité orienter le développement de cette technologie pour faire face au défi provoqué par, d'une part, le vieillissement accéléré de sa population qui réside principalement à la campagne et, d'autre part, la diminution du nombre total de chauffeurs avec la pénurie à venir de conducteurs de bus et de fret qui sont de plus en plus âgés⁵².

Pour répondre à ces problèmes, le ministère japonais des Transports (*Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism*) a notamment lancé en 2017 un programme d'expérimentations de services de transports

autonomes en zone rurale⁵³. Ce programme a donné lieu à des tests de navettes autonomes dans 14 communes permettant de relier des pôles de services (appelés en japonais *Michi-no-Eki*) localisés le long des autoroutes nationales. Ce fut par exemple le cas sur la commune de Nishikata (voir encadré).

Les objectifs de ces expérimentations étaient plus précisément de :

- > **mieux comprendre les besoins** en matière de gestion des infrastructures et des routes ;
- > **évaluer les performances** d'une navette autonome et en vérifier les solutions techniques ;
- > **estimer les coûts** liés à l'introduction d'une telle solution de mobilité ;
- > **vérifier le niveau de confort** et l'acceptabilité d'une telle solution pour les habitants.



⁵² Voir Public-Private ITS Initiative/Roadmaps 2017, « Toward implementation of various highly automated driving systems in society ».

⁵³ Voir Chronos, janvier 2018, « Zoom sur le programme d'expérimentation de navette autonomes en zone rurale au Japon », Notes sur le véhicule autonome pour le ministère de la Transition écologique et solidaire, Atelier « La vie robomobile », pp. 37-40.

EXPÉRIMENTATION À NISHIKATA

JAPON



Menée en septembre 2017, l'expérimentation à Nishikata visait à tester une navette autonome en zone rurale. Elle devait permettre de faciliter l'accès des personnes âgées vivant à la campagne à des services de base, notamment des hôpitaux.

La petite ville de Nishikata est située à 115 km de Tokyo dans la préfecture de Tochigi sur l'île Honsu, la plus grande du Japon. Elle a été sélectionnée car elle est représentative des évolutions démographiques du pays. En effet, elle compte 6 300 habitants dont le tiers a plus de 65 ans, et sa population a diminué de 4,5 % ces dernières années.

L'expérimentation à Nishikata a été réalisée par la société japonaise DeNa, auparavant spécialisée dans les jeux vidéo et reconvertie dans les logiciels de conduite autonome, en collaboration avec la société française de navettes EasyMile.

La navette utilisée, baptisée Robot Shuttle, était électrique et comprenait six places. Elle reliait, sur un circuit de 2 km, des pôles de services (*Michi-no-Eki*), des hôpitaux ou encore des centres commerciaux, localisés le long des routes. L'intérêt de l'expérimentation était néanmoins limité par une vitesse d'exploitation faible d'environ 10 km/h.

Année de lancement : **2017**

Site du projet : **Nishikata, Japon**



Niveau d'autonomie : **4**

Structure du projet : **partenariat, public privé**

Durée : **2 ans**

Points clés

- > Expérimentation d'un véhicule autonome en milieu rural
- > Centré sur la desserte avec des services médicaux
- > Analyse des conditions de déploiement ciblée sur un cas d'usage pour les personnes âgées

L'angle mort du véhicule autonome en milieu rural

Malgré les apports potentiels des véhicules autonomes à la mobilité de leurs habitants, les territoires ruraux apparaissent comme un angle mort des réflexions et des expérimentations en France. En effet, le véhicule autonome a été pensé pour la ville et pas pour la campagne. Une condition pour faciliter son déploiement en zone peu dense consiste à comprendre la ruralité et à familiariser ses habitants avec cet objet nouveau. Le faible nombre d'expérimentations de véhicules autonomes en milieu rural s'explique aussi par les défis particuliers à prendre en compte pour permettre son déploiement dans un tel environnement.

Le véhicule autonome pensé pour la ville mais pas pour la campagne

Le véhicule autonome n'a pas été pensé pour la ruralité, comme en témoigne le faible nombre d'expérimentations dans le monde menées en zone rurale (à quelques exceptions près comme au Japon) par rapport à celles menées en ville⁵⁴. Le lien entre véhicule autonome et ruralité n'est donc pas du tout évident. Il est toutefois possible d'en faire un objet utile pour les habitants des territoires peu denses.

La condition est de faire connaître cette nouvelle solution de mobilité et de susciter l'intérêt pour cette dernière. D'où l'importance de travailler sur la culture et les représentations des véhicules autonomes en milieu rural et de trouver comment articuler les deux. Comme mentionné précédemment, le véhicule autonome partagé pourrait notamment répondre aux problématiques qui se recoupent entre territoire rural et inclusion sociale en favorisant une plus grande mobilité des publics fragiles tels que les personnes âgées.

Rendre le véhicule autonome inclusif pour les habitants de la ruralité demande, selon Gérard Hernja⁵⁵, coordinateur de formation et de recherche pédagogique à l'École de Conduite Française et auteur d'une étude sur la mobilité des jeunes dans un territoire rural⁵⁶, de :

- > s'appuyer sur une connaissance fine des territoires ruraux et des gens qui y vivent en tenant compte de leurs besoins et de leurs désirs ;
- > prendre le temps d'échanger et de concerter avec les ruraux en ayant une approche éducative visant à faire évoluer les représentations sur ce véhicule et à le rendre désirable et acceptable ;
- > proposer un véhicule autonome qui ne permette pas seulement d'accéder au travail, à l'administration, aux services publics, mais aussi de relier les personnes entre elles et de favoriser la culture, le sport, le lien social.

Dans une approche de mobilité inclusive, il convient en effet d'envisager le déploiement des véhicules autonomes comme un moyen de relocaliser les activités et d'offrir de nouvelles perspectives de vie dans les territoires ruraux, au lieu de simplement faciliter le rapprochement de leurs habitants vers les centres urbains.



⁵⁴ Voir « l'Atlas mondial des véhicules autonomes dans les villes » (*Global Atlas of AVs in Cities*) réalisé par la fondation Bloomberg Philanthropies et l'Institut Aspen qui recense sur une carte les expérimentations de véhicules autonomes en milieu urbain dans le monde, accessible au <https://avsincities.bloomberg.org>.

⁵⁵ Atelier 3, 04/06/2020, « Mobilité inclusive et véhicules autonomes ».

⁵⁶ HERNJA, Gérard, MERGIER, Alain, janvier 2020, *La mobilité des jeunes dans un territoire rural*, synthèse du rapport, Laboratoire de la Mobilité Inclusive, <https://www.mobiliteinclusive.com/6es-rmi-recherche-les-jeunes-et-la-mobilite-dans-les-territoires-ruraux/>.

Comprendre la ruralité et familiariser ses habitants avec le véhicule autonome

Une des conditions déterminantes pour faciliter le déploiement des véhicules autonomes en milieu rural est d'abord de comprendre ce que recouvre la ruralité. En effet, la ruralité n'est pas simplement un lieu, une géographie, des paysages, des infrastructures et des services, ou l'absence de ces derniers. Elle fait aussi le lien avec une histoire et des histoires, avec des réseaux qui se sont créés entre les territoires et leurs habitants. Une distinction est aussi à faire entre habiter dans ruralité et habiter la ruralité. Cette dernière expression signifie, selon Gérard Hernja, être habité par les valeurs qu'elle véhicule. Dans la ruralité, le rapport au temps, à l'espace, à la propriété et à la voiture demeure particulier. Par exemple, la voiture est pour les femmes habitant à la campagne « le symbole de la liberté et de l'émancipation qu'elles ont acquises et qu'elles veulent conserver »⁵⁷.

Les personnes vivant à la campagne expriment également un sentiment d'abandon et celui-ci s'accroît à mesure que l'on s'éloigne des métropoles. 59 % des Français résidant dans des communes isolées perçoivent en effet un recul depuis cinq ans de l'accès aux services publics (transports collectifs, hôpitaux, crèches, écoles, commissariats, bureaux de poste, etc.)⁵⁸. Les habitants des zones périphériques ont aussi souvent l'impression que les choses ne sont jamais pensées et décidées pour et avec eux, ce qui engendre parfois des révoltes violentes telles que le mouvement des « gilets jaunes » à l'automne 2018.

Le déploiement de véhicules autonomes pourrait dès lors être vu par les ruraux comme une initiative descendante, imposée d'en haut par les décideurs situés dans les grands centres urbains, qui ne correspond ni à leurs besoins ni à leurs attentes. Évoquant son enquête sur la mobilité des jeunes en milieu rural, Gérard Hernja soulignait par exemple que la question



du véhicule autonome n'a jamais été soulevée dans les conversations avec les personnes interrogées.

Si le véhicule autonome n'apparaît pas aujourd'hui aux habitants des territoires peu denses comme une solution de mobilité, c'est notamment parce qu'ils ne sont pas familiers avec l'objet. Comme le montrent les résultats du Baromètre MACIF et VEDECOM sur l'acceptabilité, seulement 8 % des habitants des zones rurales ont déjà vu un véhicule autonome (contre près de 16 % des habitants des zones urbaines), et 1 % en ont utilisé un (contre près de 5 % pour les zones urbaines)⁵⁹. Cela s'explique par le fait que les expérimentations de véhicules autonomes sont peu nombreuses et par les défis et les difficultés que posent le déploiement de la mobilité autonome en milieu rural.

⁵⁷ Ibid., p. 16.

⁵⁸ ObSoCo & Chronos, février 2020, « Observatoire des usages et représentations des territoires », réalisé avec le soutien de l'ADEME, la Banque des Territoires, Bouygues Construction et le Groupe La Poste.

⁵⁹ MACIF & VEDECOM, 04/11/2020, « 1ère édition du baromètre VEDECOM & MACIF : Les Français sont-ils prêts à accepter le véhicule autonome dans leur vie quotidienne ? », <https://presse.macif.fr/actualites/1ere-edition-du-barometre-vedecom-macif-les-francais-sont-ils-prets-a-accepter-le-vehicule-autonome-dans-leur-vie-quotidienne-ac9b-821df.html>.



Quelles expérimentations pour les véhicules autonomes dans les territoires ruraux ?

Le déploiement de véhicules autonomes en zone rurale apparaît au premier abord particulièrement propice par rapport au milieu urbain. Il est plus difficile en effet pour un véhicule autonome de gérer les conditions de circulation en ville et les interactions avec les autres usagers de la route, en particulier les piétons et les vélos dont les comportements sont souvent imprévisibles. La situation est plus simple à la campagne du fait de l'espace et de la fréquentation moindre, bien que d'autres difficultés existent, relatives notamment au déficit de connectivité et d'infrastructures adaptées.

Malgré cette situation a priori favorable, on constate un très faible nombre d'expérimentations menées actuellement dans

les territoires peu denses en France. C'est le cas de quelques-unes des seize expérimentations en cours dans le cadre du programme Expérimentation du Véhicule routier Autonome (EVRA), lancé en juin 2018 par le gouvernement et qui a démarré un an plus tard. Deux concernent des zones périurbaines, le projet Paris Saclay Autonomous Lab qui assure un service de navettes autonomes pour accéder au plateau de Saclay, et celui de Carquefou déjà évoqué. Par ailleurs, seulement deux autres expérimentations portent sur un territoire rural : la desserte d'une gare RER à Saint-Rémy-Lès-Chevreuse dans les Yvelines, et le projet Cœur de Brenne visant à relier cinq villages d'une communauté de communes de l'Indre grâce à des navettes autonomes⁶⁰. D'autres expérimentations similaires ont également lieu hors de ce cadre, en particulier les projets Tornado⁶¹ à Rambouillet et Demoiselle⁶² à Aix-en-Provence, ou plus récemment le projet Val de Drôme à Crest dans la Drôme.

⁶⁰ Ministère de la Transition écologique et solidaire, ministère chargé des Transports, avril 2019, « Développement des véhicules autonomes - L'État s'engage dans seize nouvelles expérimentations », dossier de presse, pp. 6 et 8.

⁶¹ Voir <https://www.tornado-mobility.com/>.

⁶² Voir <http://demoiselle.co/>.



Expérimentations de véhicules autonomes en zone peu dense en France

La plupart des expérimentations menées dans ces territoires peu denses renvoient principalement à des solutions du premier ou du dernier kilomètre. Il s'agit de relier un site d'activité ou un pôle excentré à une ligne de transport massifiée pour offrir une solution d'accès à cette zone autre que l'automobile. C'est le cas dans les projets Val de Drôme, Demoiselle, ou encore Tornado. Ce cas d'usage avait notamment été identifié comme prioritaire pour l'examen du rôle que pourraient jouer les véhicules autonomes dans les territoires lors du processus d'élaboration de l'appel à projets EVRA. Les autres cas d'usage en zone rurale sont rares. On peut mentionner celui du désenclavement d'un territoire donné dans le cadre du projet Cœur de Brenne qui vise à relier les différents pôles de services disséminés entre cinq villages dans le parc naturel régional

de la Brenne. L'expérimentation concrète pour ce dernier n'ayant pas encore débuté, il est toutefois difficile d'en tirer quelque leçon pour le moment.

Cette rareté des expérimentations menées dans les territoires ruraux s'explique par les problèmes spécifiques que posent ces territoires en matière d'évolution de la chaussée, de qualité de la signalisation, et de gestion des conditions de circulation telles que d'éventuels tunnels de végétation qui limitent la connectivité entre le véhicule et son environnement. L'expérimentation Val de Drôme lancée récemment offre un exemple éclairant des défis qui se posent pour le développement d'une expérimentation sur un territoire rural.



PROJET VAL DE DRÔME



Lancé le 7 septembre 2020, le projet Val de Drôme porte sur l'expérimentation d'une navette autonome en milieu rural sur route ouverte. La navette autonome relie la gare SNCF de Crest à l'Ecosite du Val de Drôme à Eure jusqu'à fin janvier 2021. La navette roule à 25 km/h sur un trajet de 4,66 km ponctué de 7 arrêts entre les deux terminus et qui n'est actuellement pas desservi par les transports en commun.

L'expérimentation est réalisée avec une navette électrique sans chauffeur, baptisée Beti. Elle accueillera à son bord dix personnes assises et un opérateur. Par ailleurs, l'infrastructure connectée est utilisée pour assister la navette dans un environnement rural changeant et marqué par l'absence de points de repères tels que les immeubles en ville. Pour pallier ces difficultés, la signalisation routière (marquage) a été refaite et des panneaux verticaux ont été implantés en bord de route avant le début de l'expérimentation.

Le projet Val de Drôme est soutenu activement par les acteurs tant publics que privés situés sur le territoire de l'expérimentation. Il est en effet porté par la région Auvergne-Rhône-Alpes qui finance à elle seule 220 000 euros, le département de la Drôme, la communauté de commune du Val de Drôme et la ville de Crest.

Les entreprises locales suivantes collaborent également au projet : Eurovia (filiale du Groupe Vinci) en charge de la signalisation routière et des équipements de bord de route ; Navya qui fournit les systèmes de conduite autonome, et la société drômoise d'autocars Bertolami à travers sa filiale Beti de navettes autonomes.

Année de lancement : **2020**

Site du projet : **Crest et Eure (Drôme), France**



Niveau d'autonomie : **4**

Structure du projet : **partenariat public privé**

Coût : **280 000 euros**

Points clés

- > Expérimentation d'une navette autonome en milieu rural
- > Test des interactions entre véhicule et infrastructure (V2I)
- > Analyse de l'acceptabilité de la navette autonome par les utilisateurs et les usages de la route

Comme le soulignait Benjamin Beaudet⁶³, Directeur Général Autocars et Voyages de Bertolami qui gère le projet Val de Drôme, la mise en œuvre d'une expérimentation de véhicule autonome dans un territoire rural suppose deux axes de travail différenciant par rapport à un cadre urbain :

- > La mécanique du véhicule doit être adaptée pour lui permettre à la fois de circuler sur des chaussées dégradées et d'absorber les secousses liées aux imperfections de la voie ;
- > La fiabilité du signal doit être renforcée dans la mesure où il est difficile de déporter une partie de la perception du véhicule sur l'infrastructure, sous peine d'être contraint de réaliser des investissements conséquents qui réduiraient l'intérêt d'un tel projet pour les territoires ruraux. Dans cette perspective l'expérimentation menée dans le Val de Drôme repose sur le développement par Vinci d'une infrastructure dite « frugale » qui doit permettre d'assurer la fiabilité du signal tout en limitant le coût d'investissement dans l'infrastructure.

Les défis restent par ailleurs importants pour considérer à terme un réel déploiement de solutions de mobilité autonome sur les territoires peu denses. Le premier obstacle est technique et concerne la vitesse d'opération des véhicules. En effet, si la vitesse de circulation des navettes autonomes est théoriquement de l'ordre de 70 km/h, leur fonctionnement réel les voit plutôt opérer entre 20 et 25 km/h. La question de la vitesse d'opération est déterminante pour envisager la mise en place d'un service commercial. Surtout, elle pose des questions de sécurité importantes liées au différentiel de vitesse entre d'éventuelles navettes autonomes et des voitures conventionnelles circulant à vitesse normale sur la même voie. L'augmentation de la vitesse de circulation constitue donc un enjeu majeur, en particulier sur routes ouvertes. Cette difficulté pousse certains acteurs à envisager la création de voies dédiées dans les zones rurales, notamment en réutilisant d'anciennes voies ferroviaires pour limiter cette difficulté. C'est notamment l'objectif de l'expérimentation menée par la SNCF à Carquefou.

L'autre difficulté liée au transport autonome dans les territoires ruraux consiste à trouver un modèle d'affaires qui permette la mise en place d'un service rentable. Alors que le transport collectif reste une activité encore largement subventionnée, cet enjeu force les acteurs à rechercher de nouvelles solutions pour crédibiliser leurs projets. L'expérimentation menée par Beti dans le Val de Drôme en offre un exemple éclairant puisque l'entreprise envisage le développement de modèles d'affaires mixtes pour ses navettes autonomes combinant le transport de personnes et celui de marchandises. Cette modularité permettrait d'ouvrir de nouveaux champs d'application pour les véhicules autonomes dans les zones rurales.

Cette expérimentation met également en évidence la nature écosystémique du véhicule autonome évoquée au début de ce rapport. Pour être menée à bien techniquement, elle a requis la mobilisation complémentaire d'au moins trois acteurs : l'opérateur de transport Bertolami, le fabricant de navettes Navya, et le gestionnaire d'infrastructures Eurovia, filiale du groupe Vinci. C'est en agrégeant les compétences de chacun de ces acteurs que la mise en œuvre d'une expérimentation significative en milieu rural a été rendue possible. Un écosystème similaire est également observable pour l'expérimentation Cœur de Brenne qui allie un autre opérateur de transport, Berthelet, au groupe de construction Eiffage, et à Navya.

Il convient par ailleurs de souligner l'engagement des autorités locales pour permettre la réussite du projet Val de Drôme, en particulier des élus de la commune de Crest et de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Outre les subventions octroyées pour permettre la tenue de cette expérimentation, l'engagement des élus s'est avéré déterminant pour proposer un cas d'usage, en définir les modalités et l'intégrer comme une solution de mobilité complémentaire à l'existant. Cette spécificité n'est pas propre aux zones rurales, même si elle y occupe une position particulière.

⁶³ NAVYA & BERTOLAMI, 24/11/2020, « Comment déployer une navette autonome en milieu rural ? », webinaire sur LinkedIn.

Au final, ce chapitre met en évidence la complexité de ce que recouvre l'objet véhicule autonome et ses différents usages. Une très grande incertitude demeure ainsi quant aux conséquences de son déploiement pour l'environnement, liées à l'évolution plus large des modes de vie. Par ailleurs, les véhicules autonomes présentent une solution prometteuse pour améliorer la mobilité des publics fragiles et des habitants des territoires peu denses. Les collectivités territoriales auront un rôle déterminant à jouer dans le déploiement de solutions de mobilité autonome à la fois durable et inclusive, notamment parce qu'il leur revient de penser l'articulation entre la politique de mobilité, la politique environnementale et l'aménagement du territoire.

L'articulation entre véhicule autonome, inclusion sociale et ruralité doit néanmoins être interrogée et approfondie, ce que les réflexions sur la mobilité autonome ont très peu fait jusqu'ici, à quelques exceptions près. Comme nous le verrons dans le prochain chapitre, les grandes entreprises américaines à l'origine de son développement ont en effet imposé l'image d'un véhicule autonome individuel, pensé pour un cadre urbain, et réservé à une petite minorité aisée d'individus. Son adoption future par la population n'est toutefois pas évidente, d'où l'intérêt d'analyser l'acceptabilité de cette nouvelle solution de mobilité.

LES POINTS À RETENIR :

- > Le terme « véhicule autonome » cache des réalités très disparates en fonction du niveau d'autonomie et du type de véhicule considérés. Les véhicules d'un niveau 0 à 3 sont davantage des véhicules à délégation de conduite. Il est possible de parler de véhicules véritablement autonomes pour les niveaux 4 et 5 mais, là encore, ces véhicules sont très divers. Il n'y a pas un, mais des véhicules autonomes.
- > L'impact environnemental des véhicules autonomes est très incertain. Il dépendra des modes de déploiement qui seront privilégiés, ce qui souligne en creux le rôle que devront jouer les pouvoirs publics dans la régulation de cette technologie.
- > Les véhicules autonomes sont susceptibles de combler certaines limites du transport collectif dans les zones peu denses afin d'améliorer la mobilité de leurs habitants. Le déploiement de navettes partagées pourrait ainsi contribuer à l'émergence d'une mobilité plus inclusive, à la fois socialement et territorialement.
- > Paradoxalement, peu d'expérimentations sont réalisées dans les territoires ruraux. Cela tient aux difficultés propres à ces territoires, mais aussi et surtout au fait que l'objet a été jusqu'alors pensé principalement pour un cadre urbain.

CHAPITRE 2

HISTOIRE & ACCEPTABILITÉ DES VÉHICULES AUTONOMES : DE L'INVENTION D'UNE TECHNOLOGIE À SON ADOPTION

L'automatisation des véhicules, en particulier de la voiture, est un phénomène ancien dont les premiers exemples remontent aux années 1920 et qui n'a cessé de s'amplifier depuis un siècle. L'analyse historique de l'émergence du véhicule autonome éclaire la façon dont cet objet technologique est encore pensé aujourd'hui. Il apparaît en effet que les travaux sur le véhicule autonome ne sont passés que récemment de projets de recherche à des projets à visées commerciales. Dans cette perspective, ce sujet s'est imposé dans les années 2010 sur la scène économique, politique et médiatique à l'aune d'un fatalisme technologique qui prédisait l'arrivée imminente de ces véhicules. Les difficultés rencontrées, les sommes investies et les changements majeurs que pourrait provoquer le développement de la conduite autonome pour le secteur de la mobilité ont néanmoins conduit les acteurs économiques et politiques à interroger son acceptabilité. Cette problématique s'avère aussi étroitement liée aux importants enjeux éthiques que posent les véhicules autonomes et leurs algorithmes d'intelligence artificielle.

p. 78

PARTIE 1

**CONDUITE AUTONOME,
RETOUR SUR L'ÉMERGENCE
D'UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE**

Le véhicule autonome constitue un « rêve » aussi vieux que l'histoire de l'automobile. Il est passé d'un sujet de recherche à un sujet d'innovation sous l'impulsion des géants du numérique, en particulier de Google. Il a jusqu'alors été abordé à l'aune d'un prisme technologique et urbain.

p. 94

PARTIE 2

**L'ACCEPTABILITÉ, ENJEU
CENTRAL DU DÉVELOPPEMENT
DE LA CONDUITE AUTONOME**

L'engouement suscité par les véhicules autonomes et les sommes investies ont poussé les acteurs à interroger l'acceptabilité de cette nouvelle technologie par les citoyens. Cette dernière est positive, mais très liée aux futurs usages qui verront le jour.

p. 104

PARTIE 3

**DU DILEMME DU TRAMWAY
À L'ORGANISATION DE NOS
SOCIÉTÉS : LES ENJEUX ÉTHIQUES
DU VÉHICULE AUTONOME**

L'acceptabilité des véhicules autonomes est influencée par les enjeux éthiques que pose cette technologie. Ces derniers ne se limitent pas au seul dilemme du tramway. Ils interrogent les liens entre ces nouveaux véhicules et les autres usagers de la voirie et, plus généralement, leur impact sur nos sociétés.

CONDUITE AUTONOME, RETOUR SUR L'ÉMERGENCE D'UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE

Le véhicule autonome ne constitue pas un objet neuf mais son émergence s'inscrit dans une histoire longue, faite de réflexions et de recherches sur l'automatisation de la conduite puis l'autonomisation des véhicules inhérentes à l'histoire même de l'automobile¹. Cette réinscription historique permet de mieux comprendre à la fois les promesses et les risques suscités par le développement de la technologie

de conduite autonome, et le phénomène d'engouement médiatique, économique et politique (*Hype*) qui a eu lieu dans les années 2010 autour de cette dernière. Le véhicule autonome ne constitue cependant pas encore un sujet grand public puisque l'intérêt pour ce dernier se limite principalement à un groupe d'entreprises et d'experts très spécialisés.

Automatiser la conduite et autonomiser les véhicules : deux ambitions historiques distinctes

Deux mouvements de fond sont observables dans l'histoire de l'automobile. Ils recoupent les tendances aujourd'hui à l'œuvre autour du véhicule autonome. La première concerne le processus d'automatisation de la conduite, qui vise principalement à simplifier le rôle du conducteur. Il a progressé de manière continue depuis les débuts de l'automobile, qu'il s'agisse du processus de démarrage du véhicule, de l'apparition des boîtes de vitesse automatiques, de la conduite et du freinage assistés, ou encore des fameux systèmes d'aide à la conduite automobile, connus par le biais de l'acronyme anglais ADAS (*Advanced driver-assistance systems*) qui tendent à se généraliser aujourd'hui. Ce processus d'automatisation est continu depuis le début de l'invention de la voiture et se traduit par l'émergence de solutions d'innovation incrémentales dans l'industrie automobile qui ont progressivement facilité la conduite et amélioré la sécurité.

Un second mouvement d'automatisation des véhicules, plus ambitieux, a vu le jour au moment de la banalisation de l'automobile aux États-Unis dès le début des années 1920. La multiplication du nombre de voitures circulant s'est en effet traduite par une multiplication du nombre d'accidents. Ce constat a progressivement conduit les constructeurs et les autorités publiques à réfléchir à une amélioration de la sécurité. Dans cette perspective, le diagnostic dressé dans les années 1960 consistait à imputer la majorité des accidents de la route à des erreurs humaines³. De ce fait, outre des réflexions sur le développement du code de la route pour encadrer les comportements des conducteurs, les travaux les plus ambitieux ont cherché à retirer l'humain de l'activité de conduite, ce qui devait permettre de réduire significativement le nombre d'accidents.

¹ BIMBRAW, Keshav, 2015, « Autonomous Cars : Past, Present and Future - A Review of the Developments in the Last Century, the Present Scenario and the Expected Future of Autonomous Vehicle Technology », *Proceedings of the 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO)*, pp. 191-198.

² GUSFIELD, Joseph R., 2009, *La culture des problèmes publics. L'alcool au volant : la production d'un ordre symbolique*, Economica.

Un mouvement ancien vers l'automatisation de la conduite

Les premiers travaux sur l'automatisation de la conduite ont été rendus possibles par le développement de deux innovations technologiques³. La première concernait l'invention du gyroscope qui a permis de stabiliser dès 1914 le vol d'un avion et ouvert la voie aux premiers pilotes automatiques dans le secteur de l'aviation. La seconde concernait les développements autour du radioguidage qui a rendu envisageable le pilotage de véhicules à distance. Les premiers véhicules radioguidés ont vu le jour au sein de l'armée américaine dès 1921⁴. Ils ont par la suite été développés par l'industrie automobile dans le cadre de projets qui visaient principalement à de la démonstration et à la promotion commerciale. Le projet « Futurama », présenté par General Motors à la foire mondiale de New York en 1939, témoignait de cette ambition. Il proposait une vision futuriste d'un système de mobilité basé sur des autoroutes automatisées sur lesquelles des véhicules viendraient s'insérer tous seuls et seraient guidés par des opérateurs extérieurs.

L'intérêt de cette première vision de la conduite automatisée tient au fait qu'elle reposait à la fois sur une modification des véhicules, via le radioguidage, et sur une modification des infrastructures, notamment via le concept d'autoroutes automatisées. Ces deux tendances sont encore observables aujourd'hui dans les développements autour du véhicule autonome.

La quête d'une autonomisation des véhicules

La Seconde Guerre mondiale a conduit à un basculement dans la recherche d'automatisation des véhicules aux États-Unis. Les constructeurs et les pouvoirs publics, tout particulièrement le secteur de la défense, ont progressivement abandonné l'idée d'un radioguidage pour se focaliser plutôt sur le développement d'une capacité de conduite autonome des véhicules⁵.

Sur le plan économique, les acteurs ont poursuivi deux logiques dans la quête de la conduite autonome : une première faisant reposer l'autonomie principalement sur le développement d'une infrastructure intelligente, et une seconde la faisant reposer avant tout sur le véhicule⁶. Des travaux se sont alors développés autour d'un guidage des véhicules par des câbles qui auraient été insérés dans la chaussée selon une logique inspirée du secteur ferroviaire. Les premiers travaux autour de l'automatisation réelle des véhicules, sans guidage extérieur, ont été menés à l'initiative de l'Agence américaine pour les projets de recherche avancés de défense (*Defense Advanced Research Projects Agency* - DARPA). Cette dernière a financé dès la fin des années 1960 de premiers travaux de recherche sur des algorithmes permettant à une machine de se mouvoir en analysant son environnement extérieur.

Ces travaux ont conduit à une amélioration progressive des capacités d'analyse de leur environnement par les véhicules, permise grâce aux progrès réalisés dans le

³ KROGER, Fabian, 2016, « Automated Driving in Its Social, Historical and Cultural Contexts », dans MAURER, Markus et al., 2016, *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*, Springer Open, pp. 41-68.

⁴ *Idem*.

⁵ KROGER, Fabian, 16/09/2020, « Lessons from the research history of autonomous driving in the US, Europe and Japan (1950-2000). A transnational study on pioneers, innovations and technological change », Robomobile Life Future Workshop, https://www.mobilite-intelligente.com/sites/mobilite/files/fichiers/2020/10/AM6%20-%20presentation_workshop_kroger_Q.pdf.

domaine informatique. Les développements en la matière ont là aussi été poussés par les acteurs de la défense, ces derniers voyant l'intérêt de pouvoir déployer des véhicules autonomes sur des terrains d'opérations ou dans des zones difficilement accessibles pour les soldats.

Les challenges DARPA, catalyseurs du développement des VA

Dans le cadre de ses efforts pour promouvoir la conduite autonome, la DARPA a organisé entre 2003 et 2007 trois challenges technologiques destinés à accélérer le développement des véhicules autonomes. Le premier, organisé en 2004, devait voir s'affronter des véhicules entièrement autonomes, de niveau 5, pour une course de 241 km (150 miles) dans le désert de Mojave en Californie, les vainqueurs étant récompensés d'un prix de 1 et 2 millions de dollars. Personne n'ayant été en mesure de compléter le trajet, un deuxième challenge a été organisé en 2005 et cinq véhicules ont été mesurés de réaliser le parcours, le vainqueur le réalisant en moins de 7 heures. Le troisième challenge organisé par la DARPA a eu lieu en 2007 et proposait, contrairement aux deux premiers, un parcours urbain d'un peu moins de 100 km, les participants étant soumis au Code de la route. Ce challenge présentait l'intérêt d'associer des constructeurs automobiles à des centres de recherche pour tenter de remporter la course. General Motors s'est par exemple alliée à l'université Carnegie Mellon, alors que Volkswagen a fait équipe avec l'université Stanford.

Il convient de souligner le rôle déterminant des challenges DARPA dans la transposition des activités de recherche à propos de la conduite autonome dans le champ commercial. C'est en effet lors de ces événements que les principaux acteurs ayant contribué aux

premiers développements commerciaux des véhicules autonomes se sont rencontrés. Ce fut notamment le cas de Sebastian Thrun et de Mile Montemerlo, deux des gagnants du deuxième challenge, de Chris Umerson qui remporta celui de 2007, ou encore d'Anthony Lewandowski qui proposa une moto autonome dans le cadre de ce troisième challenge. Ces différents acteurs ont ensuite été recrutés par Google au sein d'une équipe placée sous l'égide de Sebastian Thrun⁷. Initialement soutenu par Google X, le laboratoire du groupe consacré au développement d'innovations radicales, le « projet chauffeur » a finalement donné naissance à Waymo, la filiale du groupe spécialement dédiée au développement de la technologie de conduite autonome. L'initiative de Google est restée confidentielle pendant près de deux ans avant d'être dévoilée dans le courant du mois d'octobre 2010⁸, notamment à la suite de la publication d'une enquête du *New York Times* consacrée au sujet⁹. Les auteurs du projet expliquaient alors l'initiative de Google sur la conduite autonome en soulignant le rôle des hébergeurs de données du groupe permettant de traiter un volume d'informations très important, indispensable au développement de ce type de technologie.

⁷ The Guardian, 19/08/2016, « How a robot lover pioneered the driverless car, and why he's selling his latest to Uber », How a robot lover pioneered the driverless car, and why he's selling his latest to Uber | Self-driving cars | The Guardian.

⁸ THRUN, Sebastian 09/10/2010, « What we're driving at », <https://googleblog.blogspot.com/2010/10/what-were-driving-at.html>.

⁹ The New York Times, 09/10/2010, « Google Cars Drive Themselves, in Traffic », <https://www.nytimes.com/2010/10/10/science/10google.html>.



La révélation des activités de Google a conduit à une transformation du sujet « véhicule autonome ». Il convient de noter ici que les premiers programmes ambitieux de développement des véhicules autonomes ont émané des acteurs du numérique et pas des constructeurs automobiles. La taille du marché de l'automobile et la centralité de la problématique de la donnée dans l'élaboration de ces nouveaux véhicules ont conduit d'autres acteurs du numérique à s'engager dans cette voie. Cela a notamment été le cas de Uber, via un prisme mobilité à la demande, et d'Amazon via un prisme livraison. Des logiques similaires sont observables en Chine avec le développement de programmes dédiés aux véhicules autonomes au sein d'entreprises comme Baidu et Alibaba, les équivalents chinois de Google et d'Amazon.

Cette rapide mise en contexte historique permet de montrer une distinction claire entre, d'une part, le processus d'automatisation de la conduite, à l'œuvre de manière continue depuis l'invention même de l'automobile et, d'autre part, un processus plus récent d'autonomisation des véhicules qui renvoie à l'ensemble des travaux visant à retirer le conducteur humain de l'activité de conduite.

Elle souligne également que le développement de travaux autour du véhicule autonome constitue un phénomène ancien, en particulier aux États-Unis. Il s'agissait toutefois au XX^e siècle d'un sujet de recherche quasi fondamentale pour lequel la question des applications commerciales apparaissait secondaire. Les travaux sur l'automatisation de la conduite menés par les constructeurs automobiles, à l'image de General Motors et de son projet Futurama, s'inscrivaient principalement dans une logique promotionnelle de développement de l'image de marque, ou plus simplement de prospective. Les travaux plus concrets relatifs

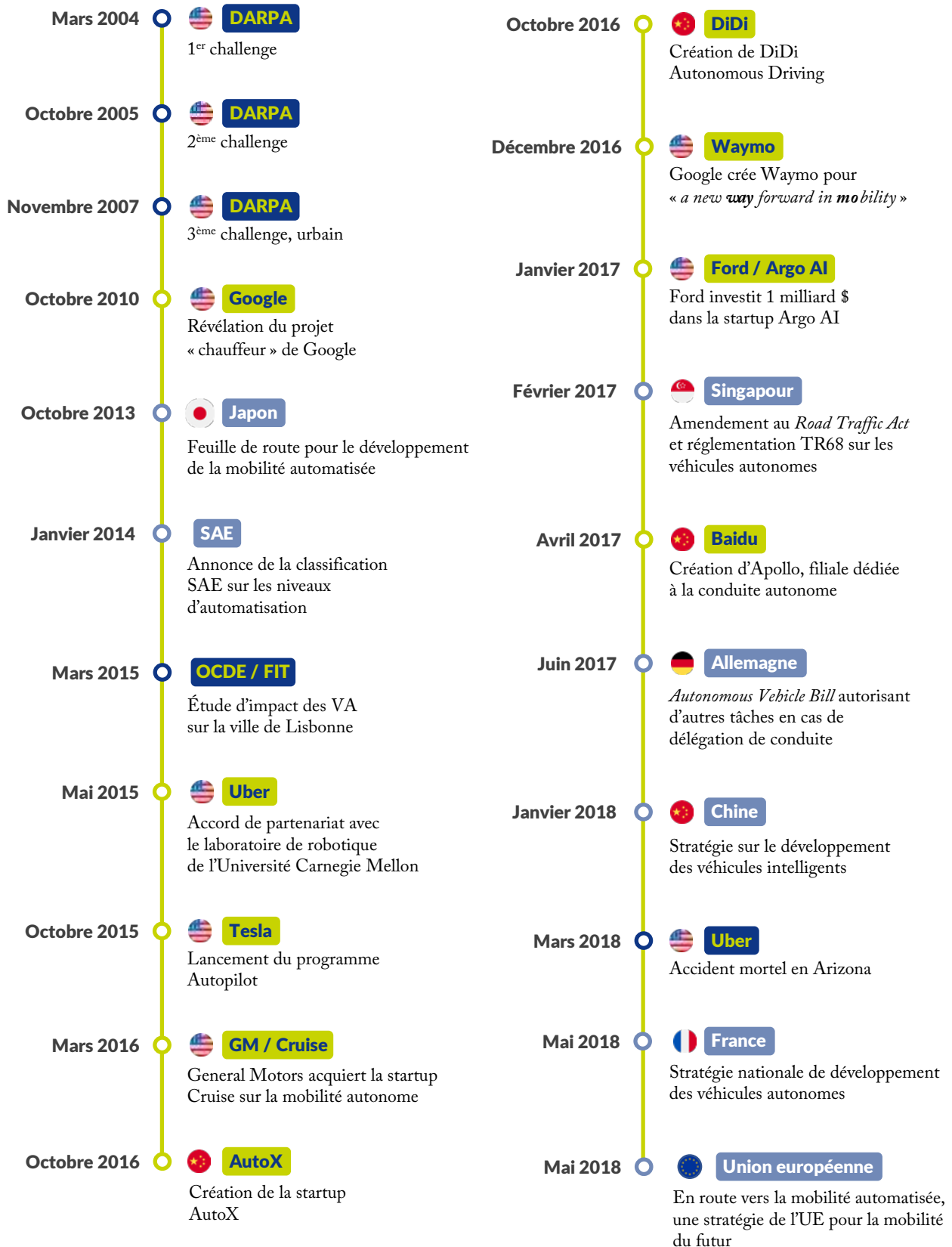
à l'autonomisation des véhicules ont été quant à eux principalement conduits par le ministère de la Défense américain, la DARPA et des scientifiques. Le projet de Google révélé en 2010 a ensuite permis de faire passer le véhicule autonome d'un thème de recherche à un sujet de développement commercial.

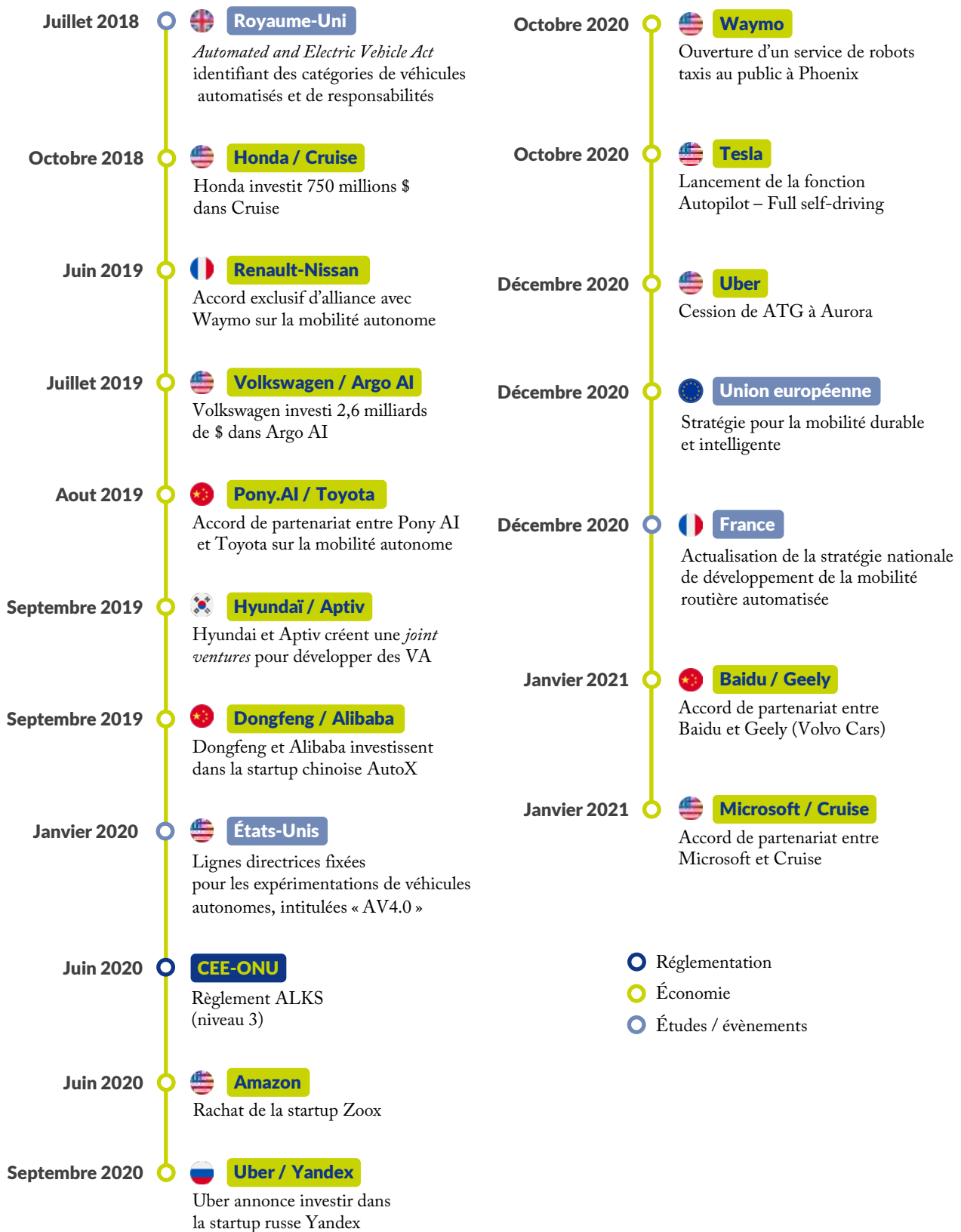
Cette histoire illustre enfin la persistance dans le temps de deux controverses sociotechniques qui continuent encore de structurer les travaux autour du véhicule autonome et que l'on peut résumer comme suit :

- > Faut-il prioriser l'automatisation progressive des véhicules ou au contraire chercher directement le développement de la conduite autonome ?
- > Pour ce qui est du véhicule totalement autonome, l'autonomie doit-elle reposer principalement sur le véhicule ou au contraire sur l'infrastructure, comme le préconisaient notamment certaines utopies technicistes dans les années 1960 ?



CHRONOLOGIE DU VÉHICULE AUTONOME DANS LE MONDE





Le véhicule autonome, entre promesses et risques

Outre cette course technologique, cette analyse historique met en évidence les promesses qui ont poussé les chercheurs et les industriels à réfléchir à la conduite autonome, en particulier celle d'une mobilité plus sûre et d'une réduction des accidents de la route. En revanche, le développement des véhicules autonomes a également suscité un certain nombre de craintes, notamment chez les constructeurs automobiles et les acteurs historiques du secteur de la mobilité, ayant peur d'une éventuelle disruption. La conjonction de ces promesses et de ces craintes a donné naissance à un emballement autour du véhicule autonome, caractéristique du cycle de *Hype* (engouement) autour d'une nouvelle technologie.

Les promesses des véhicules autonomes

Le développement de programmes d'innovation autour des véhicules autonomes et la recherche d'applications commerciales potentielles a conduit ces acteurs à insister sur les apports de cette nouvelle solution de mobilité. L'argumentaire déployé par Google au moment de la révélation de son programme à la fin de l'année 2010 permet d'identifier les promesses initiales associées au développement des véhicules autonomes. Google en relevait trois principales :



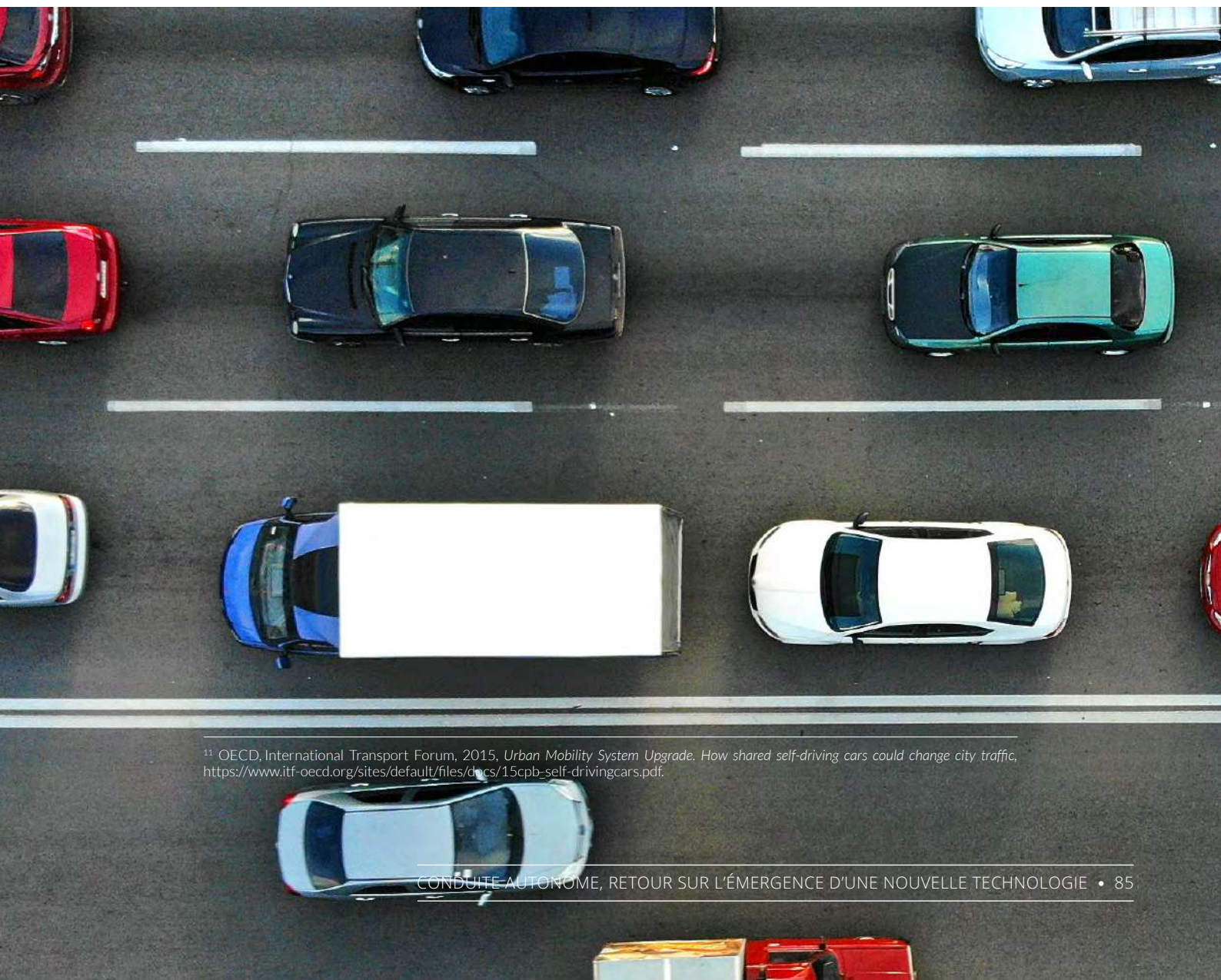
Il convient de souligner que les deux promesses initiales sont cohérentes avec celles qui prévalaient déjà au début du XXe siècle, lors des premiers travaux consacrés à l'automatisation de la conduite puis à l'autonomisation des

véhicules. La dernière promesse, celle d'une mobilité plus durable, répond pour sa part aux enjeux de notre temps et au nouvel impératif de transition écologique posé par le réchauffement climatique.

¹⁰ THRUN, Sebastian, 09/10/2010, « What we're driving at », <https://googleblog.blogspot.com/2010/10/what-were-driving-at.html>.

Ces promesses ont été renforcées par l'espoir du développement d'une mobilité plus inclusive. L'arrivée des véhicules autonomes doit en effet permettre de redonner de la mobilité à des acteurs qui en sont dépourvus, en particulier les non-conducteurs tels que les personnes âgées ou handicapées. Réalisée à l'initiative du Forum International des Transports de l'OCDE, une étude parue en 2015¹¹ prenant pour cas d'étude la ville de Lisbonne a ainsi mis en exergue l'hypothèse selon laquelle l'introduction de véhicules autonomes permettrait d'assurer autant de mobilité avec un nombre de véhicules dix fois inférieur, tout en augmentant la valeur économique de la ville.

L'intérêt de cette promesse doit se faire, selon Google, au prix d'un changement fondamental dans l'utilisation de la voiture individuelle. Cette condition met implicitement en évidence la disruption potentielle que représente l'activité de conduite autonome pour les acteurs historiques du secteur de l'automobile. Ces derniers verraient en effet leurs modèles d'affaires bouleversés par le passage d'une mobilité individuelle à une mobilité servicielle où la possession privée d'un véhicule serait remplacée par la fourniture d'un service de mobilité à la demande de qualité.



¹¹ OECD, International Transport Forum, 2015, *Urban Mobility System Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic*, <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb-self-drivingcars.pdf>.



L'imaginaire du véhicule autonome dans les œuvres de fiction

La rubrique dite du « pas de côté » a permis d'explorer la manière dont la culture populaire et les littératures de l'imaginaire ont appréhendé le véhicule autonome. Il ressort de cette exploration non exhaustive que le thème du véhicule autonome est apparu dans les œuvres de fiction en même temps que les premières réflexions menées autour de l'automatisation des véhicules. Ainsi, dès 1930, l'ouvrage de Miles Breuer, *Paradise & Iron*, inscrivait au cœur de son intrigue la question de la robotisation du monde. Il inaugurerait une vision des véhicules autonomes s'inscrivant dans le cadre d'une dystopie technologique.

Pour autant, il convient de rappeler que si les véhicules autonomes constituent des objets récurrents dans les œuvres de fiction, ces derniers peuvent être abordés de deux manières distinctes¹². Ils constituent parfois des personnages à part entière dans l'intrigue. C'est le cas par exemple pour la série *K2000* ou dans une moindre mesure dans les comics consacrés à Batman. Plus souvent, ils sont présentés comme un marqueur de modernité, un élément d'ambiance qui permet d'aider le lecteur à se positionner dans un monde futuriste. Cette façon d'appréhender l'objet met en évidence un paradoxe, comme c'est le cas dans le film *Blade Runner 2049*. Malgré la généralisation de véhicules autonomes, les auteurs font souvent preuve de réticence à déléguer l'activité de conduite du héros, comme si la conduite constituait un élément indispensable à l'affirmation du caractère héroïque du personnage. En revanche, les œuvres spécifiquement consacrées au véhicule autonome sont peu nombreuses, exception faite de la nouvelle d'Isaac Asimov, intitulée *Sally* et publiée en mai 1953.



¹² MURPHY, Robin, 2020, « Autonomous cars in science fiction », *Science Robotics*, Vol. 5, Issue 39.



L'examen des différentes œuvres de science-fiction présentées succinctement au fil de ce rapport permettent de penser le véhicule autonome à l'aune de quatre dimensions principales qui questionnent :

- > notre rapport à la robotique et aux algorithmes et la place que ces technologies laissent à notre libre arbitre. Cette réflexion est identifiable dans l'œuvre d'Isaac Asimov intitulé *Les Robots* ou dans la nouvelle *Hamelin* d'Alexis Marcadet.
- > les enjeux en matière de responsabilité que posent le développement des véhicules autonomes, soulignant souvent, en creux, les risques de piratage auxquels sont soumis ces véhicules. L'épisode « Intelligence Artificielle » de la série *The Good Wife* en offre un aperçu éclairant tout comme la série *Upload*.
- > les modèles d'affaires qui pourront accompagner le développement de la mobilité autonome et notamment la place des données dans ces derniers. Ce type de réflexion est identifiable dans l'épisode de la série dystopique *Black Mirror* intitulé « Crocodile », sûrement dans la nouvelle *Sally*, évoquée précédemment, qui pose la

question du partage de la valeur entre le constructeur du véhicule et le fabricant du logiciel de conduite autonome.

- > notre rapport à la modernité à la notion de progrès. C'est notamment le cas du texte iconique de Roland Barthes consacré à la DS19 dans son ouvrage *Mythologies* ou plus sûrement du tableau *Automobile in corsa* de Luigi Russolo présenté en 1913, qui présente une vision de la modernité marquée par les notions de vitesse et de risque, à l'opposé de l'argumentaire déployé aujourd'hui pour justifier le développement des véhicules autonomes.

Cette analyse met en évidence que l'imaginaire autour du véhicule autonome est principalement dystopique et urbain. Certains aspects apparaissent paradoxalement absents, par exemple les conséquences environnementales de la mobilité autonome. Ces manques relatifs invitent à élargir notre imaginaire et à considérer l'apport du véhicule autonome à une mobilité plus inclusive et durable, notamment dans les territoires ruraux et périurbains. C'est tout l'objet de cette communauté d'intérêt.



Automobile in corsa, Luigi Russolo (1913)

Réalisée en 1913, cette peinture de Luigi Russolo représente le mouvement d'une voiture. Elle montre une double vision, celle du véhicule en mouvement et celle du monde télescopé autour de l'objet. Le langage pictural de l'œuvre, associant la répétition de formes schématisées et l'éclat de la couleur, traduit une restructuration dans la manière de penser l'espace. Cette restructuration, emblématique de l'esprit de révolte futuriste, souligne l'antagonisme entre temps et espace et révèle la notion de dynamisme. Le sujet choisi, l'automobile, est emblématique de la peinture futuriste. En effet, l'objet représenté n'est pas un prétexte mais un manifeste pour les futuristes. L'iconographie de la peinture futuriste s'attache à représenter des scènes énergiques afin d'exalter le mouvement. L'automobile en est une figure de proue, qui exprime la fascination pour le progrès technologique.

Cette œuvre, ancrée dans le mouvement du Futurisme, invite à s'interroger sur l'évolution, entre les XX^e et XXI^e siècles, de la notion de progrès à travers l'exemple de la vision de l'automobile. Le début du XX^e siècle se

caractérise par des progrès scientifiques et techniques, des mutations économiques et sociales et une urbanisation croissante. Animés d'un esprit de révolte, les futuristes ont alors une aspiration sociale et politique révolutionnaire. Ils chantent l'amour du danger, l'habitude de l'énergie et de la témérité. Leur esthétique est tournée vers le culte du mouvement. Les mots clés ainsi brandis comme blasons de la modernité et du progrès - vitesse, violence, danger, témérité - soulignent le prisme idéologique individualiste de la société de l'époque et l'écart avec la notion du progrès prônée aujourd'hui.

L'objet véhicule autonome permet de saisir, par opposition, l'écart entre ces deux visions du progrès et le chemin parcouru en un peu plus d'un siècle. La sécurité, le confort, l'écologie, ou encore l'inclusivité, autant de promesses associées au développement du véhicule autonome, s'opposent radicalement à la vision qui prévalait au début du XX^e siècle. Elles témoignent du glissement sémantique de la notion de progrès et de ce que cette dernière recouvre aujourd'hui.



Une peur de la disruption

Qu'est-ce qu'une innovation disruptive ?

Pour penser l'innovation, Clayton Christensen a proposé un nouveau concept à la fin des années 1990, celui de l'innovation disruptive.

Une innovation disruptive tient à la combinaison de deux éléments de rupture :

- 1 une rupture technologique
- 2 une rupture de marché avec l'apparition d'un nouveau marché

Les innovations disruptives se basent sur une nouvelle solution technologique qui conduit à la création d'un nouveau marché. Ce dernier peut affecter un marché existant et conduire à un remplacement des produits qui le composent.

Le terme d'innovation disruptive a connu un succès important auprès des praticiens comme des chercheurs.

Le véhicule autonome est souvent présenté comme la révolution majeure à venir dans le domaine de la mobilité au XXI^e siècle. Les attentes sont en effet énormes autour des bienfaits supposés du VA d'après les fervents promoteurs de ce dernier que sont Waymo (Google), Tesla, Uber, Amazon ou le chinois Baidu. L'arrivée de ces géants du numérique est une menace pour les acteurs traditionnels du

secteur automobile. Cette évolution a conduit les constructeurs à s'engager également dans d'importants programmes de recherche autour de la mobilité autonome par crainte de voir leur cœur de métier remis en cause par l'apparition de ces nouveaux acteurs.

L'arrivée des géants du numérique et les transformations radicales du marché accompagnant le véhicule autonome sont aussi sources d'inquiétudes pour les acteurs traditionnels (constructeurs, équipementiers, assureurs, etc.) du secteur de la mobilité routière. D'après une étude conjointe des cabinets Morgan Stanley et BCG, le marché de l'assurance automobile pourrait par exemple décliner de manière drastique à l'horizon 2040 dans les pays les plus développés¹³.

Cette crainte d'une disruption majeure du secteur de la mobilité a été également appuyée par d'autres études consacrées aux conséquences de l'émergence de ces nouvelles solutions de mobilité autonome. Par exemple, le cabinet de conseil A. T. Kearney prédisait dans une étude de 2016 que l'automatisation poussée des véhicules devrait permettre de réduire de 70% les accidents sur les routes, de 35% les coûts de service des véhicules, de 30% la consommation d'énergie et de 15% les coûts d'assurance¹⁴. Le marché de la conduite autonome était quant à lui estimé à 560 milliards de dollars à l'horizon 2035¹⁵.

Dans ce contexte, l'émergence de la technologie de conduite autonome a conduit de nombreux spécialistes à envisager une disruption¹⁶ du secteur automobile et plus généralement du marché de la mobilité. Les promesses chiffrées mises en avant au moment de l'émergence de cette nouvelle solution technologique dans les années 2010 ont permis aux acteurs traditionnels du secteur automobile de prendre conscience de l'importance des changements potentiels provoqués par les véhicules autonomes.

¹³ Le recul serait de 15% à 72% pour le scénario d'un bouleversement limité du secteur automobile, et de 54% à 84% dans le cas d'un bouleversement radical de ce dernier. Morgan Stanley and Boston Consulting Group, 2016, *Motor Insurance 2.0*, Blue paper, p. 4.

¹⁴ A.T. Kearney, 2016, *How Automakers Can Survive the Self-driving Era*, p. 4.

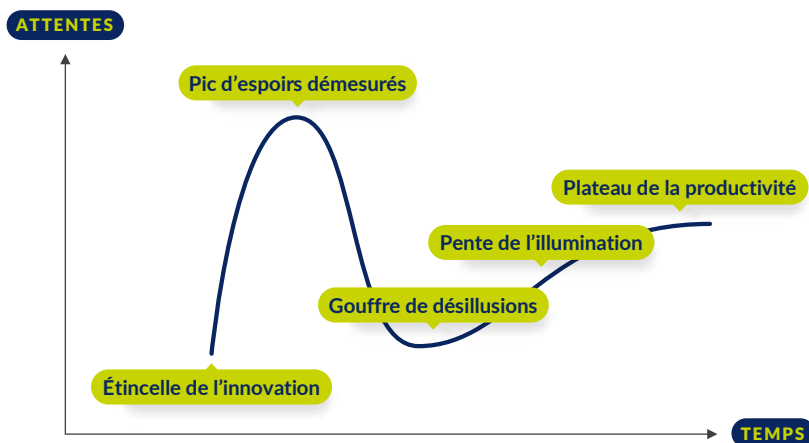
¹⁵ Voir *ibid.*, p. 3.

¹⁶ CHRISTENSEN, Clayton M., 1997, *The Innovators Dilemma: when new technologies cause great firms to fail*, Harvard Business School Press.

LE CYLCE DU HYPE

Le cycle du *Hype* est une représentation graphique de l'évolution des attitudes par rapport aux nouvelles technologies. Proposé par le cabinet de conseil Gartner, il insiste sur le fait que l'apparition d'une nouvelle technologie suscite au départ des attentes exagérées, qui provoquent ensuite une désillusion nécessaire à l'entrée dans une phase de maturité permettant le développement de la technologie. Le cycle du *Hype* repose sur l'identification de cinq phases :

- 1 Lancement d'une technologie nouvelle :** celle-ci propose des opportunités et des applications potentielles intéressantes, mais les applications commerciales restent difficiles à concrétiser.
- 2 Pic des attentes exagérées :** un emballement médiatique autour de cette technologie suscite l'émergence d'attentes exagérées qui affectent les consommateurs mais aussi, et surtout, les acteurs économiques.
- 3 Gouffre des désillusions :** à cet enthousiasme généralisé succède une phase de désillusions qui voit le jour au moment où les premières difficultés techniques amènent à reconsidérer la temporalité à laquelle cette nouvelle technologie sera disponible.
- 4 Pente de l'illumination :** certains acteurs persistent dans le développement de la technologie, ce qui conduit à reconsidérer ses avantages et ses applications concrètes. Des produits de deuxième génération apparaissent et le marché commence à se structurer.
- 5 Plateau de la productivité :** La technologie est enfin prête et fiable, ce qui permet de développer et de commercialiser des produits de troisième génération.



Cycle Hype Gartner

Le cycle de *Hype* du véhicule autonome

Ces anticipations ont conduit certaines entreprises à consentir à des investissements massifs dans cette course technologique. Le véhicule autonome était alors au sommet de la courbe du *Hype* utilisée par le cabinet Gartner pour représenter l'engouement autour d'une nouvelle technologie (voir le schéma et l'encadré).

Aujourd'hui, l'intérêt pour le véhicule autonome est toujours présent mais s'exprime de manière bien plus mesurée. En effet, l'augmentation des difficultés (technologiques, financières, juridiques...) liées à son développement à grande échelle et les premiers accidents mortels¹⁷ aux États-Unis impliquant ce type de véhicule, dont celui largement médiatisé d'un robot taxi d'Uber ayant tué une piétonne dans l'Arizona en mars 2018, ont calmé les ardeurs sur le sujet.

Cette phase de désillusions s'est aussi incarnée dans l'apparition d'un discours sur l'arrivée des véhicules totalement autonomes à très long terme et les déclarations mitigées de certains constructeurs. Par exemple, PSA en France a annoncé dans le courant de l'année 2019 renoncer au développement de véhicules hautement automatisés (niveaux 4 et 5) pour se focaliser principalement sur l'amélioration des technologies d'aide à la conduite (niveaux 2 et 3). Daimler a également fait des annonces allant dans ce sens à l'automne 2020.

La sortie à la fois des espoirs exagérés et des désillusions ouvre désormais la voie à une réflexion plus réaliste sur le véhicule autonome et ses avantages réels. Au-delà de l'engouement médiatique pour ces derniers, l'analyse de l'appréhension de ce thème par les réseaux sociaux suggère toutefois qu'il s'agit encore principalement d'une question d'experts et non pas d'un sujet grand public. En parallèle du développement de la technologie pour améliorer sa maturité, les acteurs économiques et politiques ont ainsi cherché depuis les années 2010 à mieux cerner l'acceptabilité de la population à l'égard des véhicules autonomes.



¹⁷ Par exemple, un véhicule Uber a tué une piétonne qui traversait la route de nuit en dehors des passages protégés en mars 2018 dans l'Arizona. Des voitures Tesla fonctionnant avec le système « Autopilot » activé ont aussi été impliquées dans des accidents mortels en 2016, 2018 et 2019.

CE QUE DISENT LES RÉSEAUX SOCIAUX DES VÉHICULES AUTONOMES

Lors de l'atelier consacré à l'acceptabilité des véhicules autonomes¹⁸, Anne Lavaud, présidente du *think tank* UNIR (Une Nouvelle Idée de la Route) et déléguée générale de l'association Prévention Routière, a présenté les travaux menés par le *think tank* créé en 2017 sur la manière dont les réseaux sociaux considèrent le véhicule autonome. Ce *think tank* réalise en partenariat avec la société de sondages BVA une veille permanente de l'ensemble des réseaux sociaux dans le monde et filtre les sujets à partir de mots clés, en français et en anglais, en lien avec le véhicule autonome.

L'étude a été menée en trois vagues entre le 1^{er} décembre 2016 et le 31 août 2020. Anne Lavaud a souligné que la synthèse des trois années d'écoute du web au niveau mondial montre une tendance importante à la baisse du nombre de messages sur le véhicule autonome. En 2017, les mentions étaient d'environ 3 millions contre 1 million 250 mille en 2020. Les messages proviennent principalement des États-Unis. Concernant les réseaux sociaux, 60% des messages partagés le sont sur Twitter. Cela s'explique par le fait que beaucoup de mentions sont en fait des retweets d'articles ou de contenus institutionnels.



Anne Lavaud a présenté un graphique détaillant l'activité quotidienne du véhicule autonome sur le web pendant trois ans et demi. Un pic absolu d'activités a eu lieu en 2018 lors de l'accident mortel d'Uber en Arizona avec environ 320 mille messages échangés autour de cet événement. Ces résultats montrent toutefois que le véhicule autonome ne passionne pas les réseaux sociaux, sauf lorsqu'il est traité sous la forme de fait divers. Les autres pics sont liés, par exemple, à des programmes communs annoncés par des constructeurs ou au *Consumer Electronics Show* (CES) de Las Vegas.

Les mots clés autour du VA

L'outil de veille utilisé permet de faire ressortir les mots clés autour des véhicules autonomes en fonction de leur récurrence sur les réseaux sociaux. Les nuages de mots des deux premières vagues de l'enquête montraient peu d'évolution

¹⁸ Atelier 7, 22/10/2020, « Acceptabilité des véhicules autonomes ».



(« Uber » étant le mot le plus fréquent) si ce n'est l'apparition du terme « Arizona » suite à l'accident de 2018. Un changement a par contre été notable entre les vagues 2 et 3 avec, au niveau mondial, la disparition des grandes marques et la montée en puissance des messages sur la technologie et l'intelligence artificielle.

Anne Lavaud est également revenue sur les nuages de mots de la vague 3 pour différents pays. Par exemple, les champs sémantiques pour la Russie, la Chine et le Japon demeurent centrés sur les dynamiques locales de chaque pays. Concernant l'évolution du champ sémantique autour du véhicule autonome en France, il y a eu un basculement complet dans la dimension technologique et l'IA entre les vagues 2 et 3 de l'enquête.

Les émotions autour du VA

Outre les mots utilisés, l'outil de veille permet d'analyser le corpus émotionnel qui accompagne les messages. Au niveau mondial, les vagues 1 et 2 témoignaient d'un mythe autour du véhicule autonome et la projection d'un monde meilleur. La vague 3 suscitait aussi des réactions positives, mais plutôt centrées sur l'optimisme (« *optimistic* », « *smart* ») pouvant porter à confusion et liées aux prévisions précédentes des marques. Le champ sémantique émotionnel est passé en France de réactions négatives après l'accident d'Uber à des réactions plus positives caractérisées par le développement technologique autour de la voiture autonome.

Anne Lavaud a conclu sa présentation en revenant sur un focus spécifique fait sur la période du premier confinement lié à la Covid-19. Au niveau mondial, les mots qui sont ressortis relevaient principalement d'un champ sémantique positif relatif à la livraison, montrant la découverte d'un usage particulier pour le véhicule autonome.

L'ACCEPTABILITÉ, ENJEU CENTRAL DU DÉVELOPPEMENT DE LA CONDUITE AUTONOME

La montée en puissance des véhicules autonomes a poussé l'ensemble des acteurs économiques et politiques à s'interroger sur leur pertinence et sur l'acceptabilité de cette nouvelle solution de mobilité. Cette interrogation s'avère logique étant donné les sommes investies dans la technologie de conduite autonome. Le but des études sur la vision et les attentes de l'opinion concernant cette dernière est notamment d'anticiper les freins qui pourraient contraindre son développement commercial. Il s'agit par exemple d'évaluer la confiance des individus dans la technologie, ou la propension des consommateurs à payer pour de nouveaux véhicules et services de mobilité autonomes. Malgré une confusion autour du concept d'acceptabilité, un foisonnement d'études sur la perception et les intentions

d'usages des individus à l'égard des véhicules autonomes a ainsi vu le jour ces dernières années. Leurs résultats restent fragiles et soulignent que la confiance des citoyens vis-à-vis de la conduite autonome reste à construire, bien qu'elle évolue dans un sens positif.



L'acceptabilité est un point majeur. Le véhicule autonome ne pourra pas se développer si les citoyens n'acceptent pas qu'un véhicule sans chauffeur puisse intervenir dans leur espace de vie¹⁹.

*Damien Adam, député de Seine-Maritime
et président du groupe d'étude sur les véhicules
terrestres à l'Assemblée nationale*



Retour sur le concept d'acceptabilité

Comme l'a souligné Marlène Bel²⁰, chercheuse au Cerema et spécialiste de l'acceptabilité des véhicules autonomes, l'usage du terme « acceptabilité » est de plus en plus fréquent mais il est souvent mal utilisé. Dans le langage courant, l'acceptabilité renvoie à ce qui peut convenir, un jugement favorable ou défavorable à l'égard d'une nouvelle technologie. On fait alors généralement preuve de pédagogie pour améliorer l'acceptabilité de celui-ci. Or, l'acceptabilité est en réalité un concept scientifique qui fait référence à l'étude des représentations des individus à l'égard d'une nouvelle technologie ou d'un service²¹.

Elle désigne un processus qui s'établit selon un continuum temporel en trois stades :

L'acceptabilité a priori l'individu a seulement entendu parler de la technologie et a une représentation subjective de cette dernière. Il va comparer les acquis de sa réalité avec les éventuels bénéfices de cette technologie.

L'acceptation l'individu est confronté à la technologie, il en fait l'expérience et peut l'utiliser.

L'appropriation l'individu a un usage dans le temps de la technologie qui devient une habitude de vie, voire un prolongement de lui-même.

¹⁹ Conseil d'orientation, 22/09/2020.

²⁰ Atelier 7, 22/10/2020, « Acceptabilité des véhicules autonomes ».

²¹ BEL, Marlène, 2016, *Prédire l'utilisation d'une technologie nouvelle : Le cas des Systèmes de Transports Intelligents Coopératifs*, thèse de doctorat en sciences de l'éducation de l'Université Grenoble-Alpes.

La majorité des travaux sur l'attitude des individus à l'égard des véhicules autonomes se focalise toutefois uniquement sur le premier stade du processus d'acceptabilité.

L'acceptabilité peut être de diverses sortes : juridique, politique, économique, sociale, individuelle, etc. Ces différentes acceptabilités s'influencent mutuellement. Dans les champs de l'ergonomie, de la psychologie cognitive et de la psychologie sociale, on distingue deux types d'acceptabilité complémentaires²² : l'acceptabilité pratique et l'acceptabilité sociale. La première concerne les aspects ergonomiques au niveau intra-individuel (utilité, utilisabilité, etc.), la seconde concerne les aspects psychosociaux aux niveaux interindividuel et idéologique. Le but est ici d'anticiper ce qui peut être socialement toléré. Marlène Bel a notamment souligné l'importance de dépasser la dichotomie objet/sujet puisqu'ils participent tous les deux d'un système social. En effet, les technologies ne viennent pas s'installer à côté des organisations, ni même se superposer à celles-ci, mais elles les pénètrent et, ce faisant, les transforment.

Étudier l'acceptabilité permet d'accompagner l'innovation, qui se différencie de l'invention. En effet, « l'invention représente la création d'une nouveauté technique et organisationnelle, concernant des biens, des services ou des dispositifs alors que l'innovation représente l'ensemble du processus social et économique amenant l'invention à être finalement utilisée, ou pas »²³, à être finalement acceptée ou pas. L'acceptabilité est un moyen pour que l'invention devienne une innovation et non pas une fin en soi. Il faut donc utiliser l'acceptabilité pour repérer les freins et les leviers à l'innovation, dans une logique de co-construction de la technologie. L'acceptabilité d'un nouvel objet technologique conditionne la réussite de son développement, mais elle ne doit pas être considérée comme automatique. Par exemple, si 95% des nouveaux produits de grande consommation lancés sur le marché nord-américain échouent, de même que 90% de ceux lancés sur le marché européen, c'est dû avant tout à une sous-estimation des facteurs humains.

Un foisonnement d'études sur l'acceptabilité des VA

Les études sur l'acceptabilité des véhicules autonomes sondant l'attitude et l'opinion des individus à l'égard de cette technologie tendent à se multiplier depuis 2015 mais s'avèrent très disparates. Elles mettent en évidence un niveau d'acceptabilité variable selon les pays et permettent de dégager différents profils d'utilisateurs des futurs véhicules autonomes.

Des études multiples et très disparates

De très nombreuses études sur l'acceptabilité des véhicules autonomes ont été réalisées en France et dans le monde²⁴ depuis dix ans, et d'autres sont en cours²⁵, avec des méthodologies et des

résultats assez différents. Par exemple, 43% des Français déclaraient lors des débats citoyens organisés en 2018 par Missions Publiques et le Forum Vies Mobiles qu'ils se déplaceraient sans hésiter dans un véhicule terrestre sans conducteur, et 34% qu'ils l'utiliseraient sous conditions. Pourtant, une autre étude de l'IFOP réalisée la même année montrait que 53% des Français n'avaient pas confiance dans les véhicules autonomes pour prendre la bonne décision²⁶.

Si ces résultats apparaissent contradictoires, c'est notamment parce que l'acceptabilité que l'on veut mesurer, c'est-à-dire le comportement d'utilisation que l'on souhaite prédire, n'est pas

²² NIELSEN, Jakob, 1993, *Usability engineering*, Academic Press.

²³ ALTER, Norbert, 2002, *Les logiques de l'innovation*, La Découverte.

²⁴ Voir ORFEUIL, Jean-Pierre, APPEL-MULLER, Mireille, CHAUBET, Christine, LEVISELLI, Daniel, août 2020, *Attitudes et opinions sur les véhicules autonomes en France et dans le monde*, IVM-VEDECOM.

²⁵ Voir DIEZ, Jérémy, LANAUD, Elsa, DE SAINT-DENIS, Matthias, 12 décembre 2020, *Revue bibliographique synthétique des études sur l'acceptabilité du véhicule autonome*, DIGITM/SAGS/EP1.

²⁶ IFOP, mai 2018, « L'attitude des Français face à la voiture autonome », sondage pour le Ministère de la Transition écologique et solidaire.



toujours bien caractérisé dans ces différentes études. Pour ce faire, il est absolument nécessaire, selon Marlène Bel, de prendre en compte deux choses : l'objet technologique avec toutes ses caractéristiques, et le comportement d'usage (quelle population, pour quel usage, dans quel contexte, selon quelle temporalité ?). Ces précisions sont particulièrement importantes dans le cas du véhicule autonome puisqu'il existe non seulement différents niveaux d'automatisation, mais aussi plusieurs types de véhicule autonome (véhicule personnel, robot taxi, navette partagée, valet de parking, droïde de livraison, etc.) qui sont des objets différents. On va ainsi mesurer plusieurs acceptabilités qui correspondent à plusieurs niveaux d'automatisation, à plusieurs objets, et donc à plusieurs usages.

Marlène Bel a donné l'exemple de plusieurs études réalisées en 2018 par VEDECOM²⁷, dont une dans le cadre du projet ANR « Autoconduct » sur l'acceptabilité des utilisateurs en fonction de niveaux d'automatisation et du contexte. Plus de participants se disaient alors enclins à utiliser un véhicule hautement automatisé sur autoroute plutôt qu'en ville. Une autre étude réalisée la même année, dans le cadre du projet Éco-mobilité par Véhicules Autonomes sur le

territoire de Paris Saclay (EVAPS), s'intéressait à l'acceptabilité des autres usagers (piétons, cyclistes et motards) dans leur interaction avec un véhicule autonome. Selon le type d'usager et la situation dans laquelle il se trouve, les résultats ont montré que l'acceptabilité du véhicule autonome est différente.

Un niveau d'acceptabilité variable selon les pays

L'institut Kantar, membre de la communauté, a présenté²⁸ plusieurs de ses études sur les véhicules autonomes et connectés (« La voiture du futur » – 2017²⁹, « Mobility Futures » – 2019³⁰, « Connected Car » – 2019³¹). Leurs résultats permettent de mieux comprendre l'attitude a priori des consommateurs à l'égard de ces nouveaux véhicules. Bien que le niveau global d'acceptabilité semble relativement élevé dans le monde, les études mettent surtout en évidence les différences culturelles importantes dans l'appréhension des véhicules autonomes. Cela s'explique notamment par le fait que plus la conduite est ancrée historiquement dans une société et plus l'acceptabilité pour la conduite autonome diminue.

²⁷ Voir BEL, Marlène, COEUGNET, Stéphanie & WATTEAU, Philippe, mars 2019, *Monographie : Acceptabilité du véhicule autonome*, manuscrit livré par VEDECOM à la Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM).

²⁸ Atelier 7, 22/10/2020, « L'acceptabilité des véhicules autonomes ».

²⁹ Kantar pour l'Institut Montaigne, 2017, « Quelle place pour la voiture demain ? », <https://www.institutmontaigne.org/publications/quelle-place-pour-la-voiture-demain>.

³⁰ Kantar, 2019, « Mobility Futures: Shaped by the world's great cities », <https://www.kantar.com/inspiration/mobility/mobility-futures-shaped-by-the-worlds-great-cities>.

³¹ Kantar, 2019, « Connected Car 2019 », <https://www.kantar.com/north-america/inspiration/mobility/connected-car-2019>.

Par exemple en Chine, où l'assurance à l'égard de l'activité de conduite est généralement faible, les consommateurs plébiscitent les systèmes d'aide à la conduite et les véhicules autonomes. À l'inverse, en Allemagne où la culture de la conduite est très implantée, les automobilistes sont plus réticents face au processus d'automatisation des véhicules. Autre exemple, en France et en Allemagne, l'apport environnemental de ces véhicules constitue un élément positif déterminant alors que l'apport en matière de sécurité tend à primer aux États-Unis.

Outre ces disparités culturelles, des différences territoriales sont identifiables entre les villes qui sont très focalisées sur la voiture, notamment en Amérique du Nord, et celles qui sont tournées vers les transports en commun, par exemple en Europe. Les habitants des premières tendent à privilégier le robot taxi ou le véhicule autonome individuel, quand ceux des secondes mettent en avant les navettes autonomes, pensées pour le transport collectif, comme leurs véhicules préférés.

Les navettes bénéficient ainsi d'un niveau d'acceptabilité supérieur à celui qui prévaut pour les voitures autonomes. Un tel résultat s'explique par l'importance du changement de paradigme à l'œuvre, l'usager passant du rôle de conducteur à celui de passager avec le véhicule autonome, alors qu'il reste passager s'il utilise les navettes, qu'elles soient ou pas autonomes. C'est particulièrement le cas en France où les individus affirment une préférence plus marquée pour la navette autonome que pour les robots taxis³².

Quels profils d'utilisateurs ?

Au-delà des variations entre pays, toutes les études montrent que l'acceptabilité des véhicules autonomes diffère en fonction des caractéristiques démographiques et socio-économiques (âge, sexe, niveau d'études, de revenus, localisation résidentielle, etc.) des individus. En effet, le niveau d'acceptabilité

des hommes est supérieur à celui des femmes. Les personnes âgées s'avèrent plus réticentes que les jeunes face à l'émergence de cette nouvelle technologie. Un faible niveau de revenu et de diplôme se traduisent aussi par une acceptabilité très basse des véhicules autonomes. Par ailleurs, une différence marquée existe chez les habitants des zones rurales isolées qui sont plus réservés que ceux des grands pôles urbains dans leur intention d'utiliser cette nouvelle solution de mobilité³³.

D'autres facteurs plus originaux liés au mode de vie, aux pratiques de mobilité, ou encore à la familiarité au numérique jouent un rôle tout aussi, voire plus, déterminant pour expliquer les attitudes des individus face aux véhicules autonomes. Une corrélation négative entre l'acceptabilité et une longue expérience de conduite est par exemple notable dans les enquêtes, qui portent généralement sur l'utilisation d'un véhicule autonome personnel. La possession d'objets numériques augmente de même l'intention d'utiliser un véhicule ou un service de mobilité autonome. Dans ce sens, les études réalisées par l'Union européenne soulignent que la familiarité avec les robots et le rapport à l'intelligence artificielle est centrale dans le fait de se sentir à l'aise ou pas avec les véhicules autonomes³⁴.



³² ObSoCo & Chronos, 2017, « Observatoire des mobilités émergentes », réalisé avec le soutien de l'ADEME, Keolis, Mappy et la SNCF.

³³ *Idem*.

³⁴ Voir ORFEUIL, Jean-Pierre, APPEL-MULLER, Mireille, CHAUBET, Christine, LEVISELLI, Daniel, août 2020, *op. cit.*

QUELS PROFILS TYPES POUR LES UTILISATEURS DE VÉHICULES AUTONOMES ?

Une étude réalisée en 2019 par le groupe Audi a conduit à l'identification de cinq profils types d'utilisateurs potentiels des technologies de conduite autonome³⁵ :

- 1** Les conducteurs suspicieux, qui font preuve d'un intérêt faible pour le véhicule autonome et d'une défiance importante pour cette technologie (14%) ;
- 2** Les réticents attachés à la sécurité, leur niveau d'intérêt pour le VA est faible, cette technologie les inquiète, mais ils conservent une curiosité pour le sujet (24 %) ;
- 3** Les copilotes à l'esprit ouvert, qui espèrent des bénéfices en matière de sécurité et de confort, mais qui souhaitent conserver une capacité à intervenir (30 %) ;
- 4** Les précurseurs de tendance qui pensent que l'utilisation d'un véhicule autonome va accroître leur statut social (16%) ;
- 5** Les passagers technophiles convaincus qui considèrent l'avènement du véhicule autonome comme inévitable et porteur d'évolutions positives (16%).

Cette typologie offre des profils types d'utilisateurs proches de ceux utilisés traditionnellement pour anticiper la diffusion d'une innovation³⁶.



³⁵ Audi, 2019, « The pulse of autonomous driving », <https://www.audi.com/content/dam/gbp2/company/research/audi-beyond/2019/pulse-of-autonomous-driving/and-audi-study-autonomous-driving.pdf>.

³⁶ Everett Rogers a proposé en 1962 un processus d'adoption d'une innovation qui distingue cinq profils de consommateurs : les innovateurs, les adopteurs précoces, la majorité précoce, la majorité tardive et les retardataires. ROGERS, Everett, 1962, *Diffusion of Innovations*, Simon and Schuster.

Les attentes des consommateurs varient donc beaucoup en fonction de leur profil et de leur ancrage géographique. Cela renforce l'affirmation de Rémi Maniak, référent scientifique de la communauté et membre

du Conseil d'orientation, selon laquelle le véhicule autonome est un objet territorial qui ne fonctionnera et ne sera pas utilisé partout de la même manière.



Le véhicule autonome provoque un changement de paradigme pour l'industrie automobile. Ce changement se traduit notamment par le passage d'un objet a-contextuel à un objet contextualisé. Cet objet fonctionnera selon des logiques différenciées en fonction du territoire au sein duquel il sera déployé. Les usages mais aussi la gouvernance seront différents. Ceci implique la possibilité de coexistence d'écosystèmes locaux avec des modes de gouvernance très variés. Google gagnera, mais certainement pas partout. Certains territoires ont toutes les cartes en main pour devenir les véritables leaders de ces futurs écosystèmes. Les constructeurs aussi pourront tirer leur épingle du jeu dans certains territoires en proposant, avec des partenaires, des offres permettant aux territoires des offres pas forcément basées sur le top de la technologie, mais répondant réellement à leurs besoin en terme de mobilité, gestion énergétique, économie circulaire, etc.³⁷

Rémi Maniak, Professeur à l'École Polytechnique



Une confiance à construire

De manière générale, les études réalisées par Kantar mettent surtout en évidence le manque de familiarité des consommateurs avec les véhicules autonomes. Près des deux tiers des répondants ne savent en effet pas réellement ce que pourraient apporter les véhicules autonomes en matière de mobilité³⁸. De ce fait, l'intention d'achat de ce type de véhicule ou de souscription à des services de mobilité autonome reste faible. Un tel constat souligne ainsi la nécessité de préciser les usages et les services potentiels des véhicules autonomes, et de présenter davantage aux consommateurs les apports concrets de ces nouvelles technologies.

Concernant les bénéfices perçus des véhicules autonomes, beaucoup de personnes interrogées considèrent qu'ils apporteront une solution pour les personnes à mobilité réduite, devant la création de temps libre et l'apport environnemental potentiel de ces véhicules. Concernant les inconvénients, on trouve le prix, étant donné une faible propension à payer des consommateurs pour des options de conduite autonome. Les autres freins à l'usage des véhicules autonomes concernent surtout le manque de confiance dans la technologie et les craintes liées à l'utilisation des données personnelles.



La problématique de la confiance constitue un point clé pour l'acceptabilité. Comme beaucoup de solutions technologiques, si le bénéfice est clair, les évolutions devraient être acceptées très rapidement, à l'image de ce qui a été observé pour la diffusion large de l'argent numérique.³⁹

Guillaume Saint, Responsable monde
Auto & Mobilité chez Kantar



D'autres enquêtes confirment ces points et mettent en évidence une réticence marquée des Français dans le partage de leurs données, en particulier lorsque le bénéfice engendré par ce partage n'apparaît pas clairement, et donc la nécessité de préserver la vie privée⁴⁰. Ils redoutent par ailleurs le niveau 3 d'autonomie et mettent en avant leur inquiétude quant à leur capacité à reprendre en main le véhicule en cas d'urgence. Nombreux sont donc ceux qui plaident pour le maintien d'un conducteur responsable à ce niveau d'autonomie⁴¹.

³⁷ Conseil d'orientation, 22/09/2020.

³⁸ Kantar pour l'Institut Montaigne, 2017, « Quelle place pour la voiture demain ? », <https://www.institutmontaigne.org/publications/quelle-place-pour-la-voiture-demain>.

³⁹ Conseil d'orientation, 22/09/2020.

⁴⁰ OpinionWay pour VMware, 2017, *L'usage des innovations par les Français*.

⁴¹ Automobile Club Association, 2020, « Consultation sur le véhicule autonome. La vision du consommateur », https://www.automobile-club.org/assets/doc/Consultation_sur_le_vehicule_autonome_MD.pdf

Dans cette perspective, la question de la sûreté des systèmes de conduite autonome apparaît comme une variable essentielle dans l'évolution de leur niveau d'acceptabilité à l'égard de ce nouveau moyen de transport.

Le cabinet Deloitte, *Exclusive Knowledge Partner* de la communauté, a lui aussi partagé les résultats de son étude de 2020 sur l'évolution de la consommation automobile dans le monde⁴². D'après cette dernière, la confiance des consommateurs dans la sécurité du véhicule autonome baisse. Environ 50% des consommateurs interrogés en Allemagne, en Belgique, aux États-Unis, au Japon, au Royaume-Uni ou en Corée du Sud pensent que le véhicule autonome ne sera pas un moyen de transport sûr. Ce chiffre est un peu plus faible dans d'autres pays comme l'Autriche ou la France où il s'établit tout de même à près de 40%. Cette tendance se propage en tout cas au niveau mondial puisque le pourcentage de consommateurs méfiants a augmenté de dix points en deux ans en Chine et en Inde.

Concernant l'impact des accidents sur l'acceptabilité de véhicules autonomes, comme cela a pu être le cas avec l'accident d'Uber en mars 2018, 60% des consommateurs en Europe (Allemagne, Autriche, Belgique, France, Italie, Pays-Bas et Royaume-Uni) se disent plus méfiants du fait de leur médiatisation. Les accidents conduisent en général à une prise de conscience des défis et des risques liés à cette technologie. D'où une demande accrue des consommateurs de voir l'État réguler l'émergence de ces nouveaux véhicules, 6 sondés sur 10 en Europe et aux États-Unis déclarant qu'ils se sentiraient plus à l'aise de voyager dans un VA certifié par le gouvernement. Concernant le niveau de confiance dans les acteurs susceptibles de développer cette technologie, la place des constructeurs automobiles tend à s'éroder au profit des nouvelles entreprises spécialisées dans la conduite autonome et des grandes entreprises du numérique.

Une amélioration tendancielle de l'acceptabilité est néanmoins notable. Elle s'explique à la fois par une généralisation progressive des dispositifs d'aide à la conduite⁴³, et par la multiplication des expérimentations de véhicules autonomes qui facilitent leur usage par la population. C'est notamment le cas en France, qui se distinguait pourtant il y a quelques années par un niveau d'intérêt pour les véhicules autonomes inférieur à la moyenne des autres pays développés⁴⁴. Cette tendance semble néanmoins en train de s'inverser, comme le montrent les résultats du Baromètre de l'acceptabilité des véhicules autonomes dévoilé à l'automne 2020 par la MACIF et l'institut VEDECOM. En effet, la moitié des personnes interrogées déclare faire confiance au véhicule autonome. De plus, 58 % déclarent se sentir en sécurité dans un véhicule autonome, et 52 % estiment que le véhicule autonome est fiable.

Il convient également de souligner un autre aspect central mis en évidence par certaines études, à savoir que l'acceptation, c'est-à-dire les réactions après une première utilisation de la technologie, est supérieure à l'acceptabilité a priori, soit avant toute expérimentation de cette dernière⁴⁵. Ce constat constitue également un des principaux résultats du Baromètre de l'acceptabilité des véhicules autonomes. Ce dernier fait ressortir que les Français ayant déjà vu et surtout testé un véhicule autonome lors d'une expérimentation sont plus enclins à accepter le déploiement de cette nouvelle solution de mobilité. Ce fait est d'autant plus marquant dans la mesure où tant la technologie que le comportement en circulation de ces véhicules sont encore en cours de développement. Ce résultat constitue donc un point très positif concernant le futur déploiement des véhicules autonomes.

⁴² Deloitte, January 2020, *Global Automotive Consumer Study. Is consumer interest in advanced automotive technologies on the move?*

⁴³ DGITM, 24/07/2020, « Stratégie nationale de développement du véhicule automatisé. Consultation des acteurs en vue de l'actualisation pour la période 2021-2022 », file:///C:/Users/Antoine/Downloads/20201071241-1strat1gie1nationale1VA1-1mise111jour120201-1consultation1des1acteurs1-1V41-1clean.pdf.

⁴⁴ L'Observatoire Cetelem, 2016, « Voiture autonome : les automobilistes prêts à lâcher le volant pour la Silicon Valley », p. 30.

⁴⁵ MONÉGER, Ferdinand, 2018, *Conception d'un service de transport par navettes autonomes acceptable et sécurisé : approche ergonomique par l'analyse des expériences vécues et des valeurs en acte*, thèse de l'Université Clermont Auvergne, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02066935/document>.



La question de la confiance et de la sécurité est au centre des préoccupations. Or, contre toute attente, près de 6 Français sur 10 (58 %) déclarent se sentir en sécurité dans un véhicule autonome, et plus de 5 sur 10 (52 %) estiment que le véhicule autonome est fiable. Les résultats de l'étude démontrent par ailleurs un fait marquant : plus les sondés connaissent le véhicule autonome, l'ont déjà vu mais surtout déjà testé, plus ils envisagent de l'utiliser régulièrement à l'avenir.

Le sentiment de confiance et de sécurité vis-à-vis du véhicule autonome reste prépondérant

Si les sondés sont plus réservés sur la question de la confiance, la moitié des Français déclare tout de même faire confiance au véhicule autonome (1 répondant sur 2). Chez les jeunes, seulement 27% des 18/24 ans font confiance au véhicule personnel de niveau 3 (conduite autonome limitée) alors qu'ils sont 58% à faire confiance au véhicule personnel de niveau 4 (autonomie quasiment complète).

Les Français qui envisagent le plus d'utiliser le véhicule autonome sont ceux qui l'ont déjà testé

Près de 88% des répondants déclarent n'avoir jamais vu un véhicule autonome, plus de 97% n'avoir jamais eu l'occasion d'en utiliser un. Néanmoins, plus de 4 répondants sur 10 (42%) affirment avoir l'intention d'essayer un véhicule autonome dans les années à venir. Ils sont plus de 5 sur 10 à l'affirmer lorsqu'ils ont déjà vu un véhicule autonome et même plus de 6 sur 10 lorsqu'ils en ont déjà utilisé un. De manière générale plus de 3 Français sur 10 (33 %) projettent d'utiliser régulièrement un véhicule autonome à l'avenir.

Le véhicule autonome doit rimer avec accessibilité et écologie

Le véhicule autonome doit être accessible à tous. 8% des habitants des zones rurales ont déjà vu un véhicule autonome (contre près de 16% des habitants des zones urbaines) et 1% en ont utilisé un (contre près de 5% pour les zones urbaines). De même, 10% des 60/70 ans ont vu un véhicule autonome, contre 12% des individus d'âge moyen et 18% des 18/24 ans. Enfin, à peine 7% des chômeurs ont déjà vu un véhicule autonome, contre plus de 17% des cadres, et aucun d'entre eux n'en a utilisé un, alors qu'ils sont plus de 5% parmi les cadres.

Le véhicule autonome doit moins peser sur l'environnement. Spontanément, le véhicule autonome est souvent associé à l'écologie et aux énergies vertes dans un versant très positif. Le véhicule autonome est perçu comme plus écologique par près de 60% des répondants et plus de 70% d'entre eux pensent que le véhicule autonome sera déployé seulement s'il respecte les normes écologiques.

En conclusion, si l'attitude des Français envers le véhicule autonome est positive, seuls 40 % d'entre eux se sentent concernés par le déploiement de ce mode de transport. Néanmoins, ce chiffre passe à 55 % lorsque les répondants ont déjà vu un véhicule autonome et à 61 % lorsqu'ils en ont déjà utilisé un. Les résultats de l'étude montrent clairement que plus les répondants connaissent le véhicule autonome et plus ils sont confiants et se sentent en sécurité.

COVID-19

En moyenne, 6 Français sur 10 jugent de manière positive l'utilisation du véhicule autonome pour les livraisons de marchandises (63 %) ou le transport de personnes malades (58 %) pendant la crise sanitaire.

⁴⁶ Baromètre d'acceptabilité du Véhicule Autonome (VA) réalisé auprès d'un panel représentatif de la population française (genre, âge, répartition géographique) constitué de 4 014 personnes. Le questionnaire a été administré du 7 au 27 juillet 2020.

70%

des Français

expriment une attitude positive vis-à-vis de ce mode de déplacement.



alors que

88%

n'ont jamais vu de véhicule autonome

et

+97%

n'en n'ont jamais utilisé.

UN SENTIMENT DE **SÉCURITÉ** ET **CONFiance** QUI RESTE CENTRAL.



58%

déclarent se sentir en sécurité dans un véhicule autonome.

1 sur 2

FRANÇAIS

estime que le véhicule autonome est fiable.

LES ATTENTES DES FRANÇAIS VIS À VIS DU VÉHICULE AUTONOME.

42%

ont l'intention d'essayer un dans les années à venir.

Il doit être accessible à tous

8% / 16%

des habitants en zones rurales

des habitants en zone urbaine

en ont déjà vu un

Il doit moins peser sur l'environnement

60% le pensent comme plus écologique



COVID-19

6

FRANÇAIS

10

LE JUGENT UTILE POUR LES LIVRAISONS DE MARCHANDISES ET LE TRANSPORT DE PERSONNES MALADES.



LES FRANÇAIS SONT PLUS ENCLINS À L'ADOPTER QUAND ILS L'ONT DÉJÀ TESTÉ.

40%

se sentent concernés par le déploiement de ce mode de transport.

Ce chiffre passe à **55%** lorsqu'ils en ont déjà vu un,

et à **61%** lorsqu'ils en ont déjà utilisé un.

58%

des français le jugent utile pour le transport des malades pendant la crise sanitaire.

63%

jugent positive son utilisation pour les livraisons de marchandise.

* Baromètre d'acceptabilité du Véhicule Autonome (VA) auprès d'un panel représentatif de la population française (genre, âge, répartition géographique) constitué de 4 014 personnes. Le questionnaire a été administré du 7 au 27 juillet 2020.



DU DILEMME DU TRAMWAY À L'ORGANISATION DE NOS SOCIÉTÉS : LES ENJEUX ÉTHIQUES DU VÉHICULE AUTONOME

Un aspect central de l'acceptabilité des véhicules autonomes et de leur adoption future par les consommateurs et la population réside dans leur respect de certains principes et normes d'éthique. Le développement de l'intelligence artificielle en général, en particulier des algorithmes permettant la conduite sans chauffeur, pose en effet un grand nombre de questions sur le plan moral. Les débats autour de la problématique éthique des véhicules autonomes se trouvent souvent résumés au seul dilemme du tramway, popularisé par une expérience baptisée « Machine Morale » ayant connu un retentissement mondial. Dans cette perspective, les gouvernements tentent actuellement de mieux appréhender les questions morales dans leurs tentatives pour encadrer le développement de la conduite autonome. Il apparaît néanmoins que la réflexion sur les enjeux éthiques liés aux véhicules autonomes ne doit pas se limiter aux algorithmes d'intelligence artificielle mais interroger l'impact plus global que ces véhicules seront susceptibles d'avoir sur l'organisation de nos sociétés.





Isaac Asimov, *Les Robots* (1950)



Dans son ouvrage iconique *Les robots* paru en 1950, Isaac Asimov interroge les développements de la robotique et de l'informatique et leurs conséquences pour l'humanité. L'ouvrage introduit notamment le concept de « cerveau positronique » utilisé par l'auteur dans ses travaux ultérieurs pour expliquer l'intelligence des robots et leur autonomie. Ce dernier est d'ailleurs mis en exergue dans la nouvelle intitulée *Sally*, spécifiquement consacrée aux véhicules autonomes.

L'ouvrage prend pour prétexte l'interview du Dr. Susan Calvin, une robot psychologue embauchée par la principale entreprise américaine de production de robots, US Robots. Lors de cette interview, le Dr. Calvin retrace les grands moments de sa carrière permettant de dresser un portrait en faux de l'évolution des travaux de développement des robots.

Isaac Asimov pose également de nombreuses questions sous-jacentes aux robots autonome : leur impact sur l'emploi, la confiance qu'il est possible de leur accorder à ces objets, par exemple dans le cadre de la garde d'enfant, ou encore de la capacité des êtres humains à comprendre le fonctionnement d'un cerveau « positronique », posant la question du *deep learning* actuellement à l'œuvre dans le domaine de l'intelligence artificielle.

Plus généralement, l'ouvrage part du postulat que le développement des robots a été encadré par l'humanité par les trois lois suivantes :

- > **Première loi** : « Un robot ne peut porter atteinte à un être humain ni, restant passif, laisser cet être humain exposé au danger. »
- > **Deuxième loi** : « Un robot doit obéir aux ordres donnés par les êtres humains, sauf si de tels ordres sont en contradiction avec la Première loi. »
- > **Troisième loi** : « Un robot doit protéger son existence dans la mesure où cette protection n'entre pas en contradiction avec la Première ou la Deuxième loi. »

Celles-ci doivent permettre à l'humanité de se prémunir contre un retournement des robots. Chaque chapitre propose une réflexion sur la mise en application concrète de ces trois lois et sur les dilemmes qu'elles cachent en réalité.

L'ouvrage permet ainsi d'aborder d'une manière indirecte les dilemmes moraux que pose le développement des véhicules autonomes. C'est notamment le cas des lois 1 et 3. La troisième loi s'avère être un principe de base identifié comme postulat par l'ensemble des comités consacrés à l'éthique des véhicules autonomes. L'application de la première loi a pour sa part suscité nombre de travaux et d'œuvres de fiction qui voient les robots se libérer de cette loi pour porter préjudice à l'humanité.

Elle met également en lumière le dilemme du tramway évoqué précédemment, lorsqu'un robot se trouve dans une situation où il n'a d'autre choix que d'arbitrer entre deux groupes d'individus pour en sauver un. Cette situation de dilemme trouve une conclusion originale à la fin de l'ouvrage et fait écho à d'autres travaux de fiction, notamment la dernière saison de la série *Westworld*.

Quelle éthique pour l'intelligence artificielle ?

Le développement des véhicules autonomes a conduit à la réintroduction d'une question de fond liée à l'éthique de l'intelligence artificielle (IA), en particulier des algorithmes utilisés par les systèmes automatisés de conduite. Les algorithmes sont nécessairement marqués par des biais, c'est-à-dire des approximations qui se cachent dans les algorithmes, dans les modélisations numériques, et même les données utilisées pour les paramétrer.

LES ENJEUX DE L'ALGORITHMIQUE

Loin d'être une science nouvelle, l'algorithmique trouve ses origines dans les travaux d'Euclide, le grand mathématicien de la Grèce antique, et de Muhammad Ibn Musa al-Khwârizmî, autre célèbre mathématicien perse ayant vécu au IX^e siècle de notre ère. C'est d'ailleurs de la forme latinisée du nom de ce dernier (« Algorithmi ») que vient le terme d'algorithme.

Un algorithme désigne « un ensemble de règles opératoires dont l'application permet de résoudre un problème énoncé au moyen d'un nombre fini d'opérations. (...) Ce problème n'est pas nécessairement mathématique ou scientifique, mais il nécessite une méthode logique pour en trouver la réponse - de la façon la plus efficace et la plus rapide possible »⁴⁷.

Un algorithme numérique, tel que ceux utilisés pour la conduite autonome, s'élabore en plusieurs étapes. Il faut d'abord déterminer sur papier, à partir des observations empiriques du monde réel, le processus logique d'opérations nécessaire à la résolution du problème, soit l'algorithme lui-même écrit sous la forme d'équations mathématiques. Il s'agit ensuite d'écrire l'algorithme en code informatique, c'est-à-dire de l'implémenter, afin qu'il puisse être lu par l'ordinateur et aboutir à une simulation.

Cependant, la démarche ne s'arrête pas là puisqu'il faut souvent reprendre l'algorithme et faire évoluer ses paramètres par des tâtonnements successifs à partir d'une série d'hypothèses. C'est seulement de cette façon que les simulations numériques successives se rapprochent progressivement le plus possible des observations et des mesures empiriques. L'avantage des algorithmes numériques est de pouvoir dépasser les limites de la réalité et les contraintes matérielles (temps, argent, etc.) de la recherche scientifique en passant par le monde virtuel.

⁴⁷ JEAN, Aurélie, 2019, *De l'autre côté de la Machine. Voyage d'une scientifique au pays des algorithmes*, Éditions de l'Observatoire, p. 29.

Ces biais algorithmiques sont explicites lorsqu'ils sont introduits en toute connaissance de cause par les chercheurs dans les hypothèses utilisées pour élaborer l'algorithme. Mais ils peuvent aussi être implicites lorsqu'ils résultent des critères développés par un algorithme d'intelligence artificielle en phase d'apprentissage (*machine learning*). C'est notamment le cas pour un algorithme de reconnaissance d'images.

Les concepteurs vont lui soumettre des critères explicites de base pour identifier un chien par exemple, avant de lui montrer des photos et de corriger en cas d'erreur. Puis l'algorithme va développer ses propres critères de catégorisation, dont l'ensemble forme ce qu'on appelle un « réseau neuronal », pour donner des réponses différentes en fonction des données qu'il analyse. Dans le cas d'un processus d'apprentissage profond (*deep learning*), la complexité des réseaux neuronaux peut rendre impossible la détermination des critères que l'algorithme a développé et de corriger ses biais.

Selon Aurélie Jean, docteure en sciences informatiques et spécialiste du sujet⁴⁸, les biais algorithmiques prennent avant tout leurs racines dans les biais cognitifs des individus, à la fois ceux qui conçoivent les algorithmes et ceux qui produisent les données utilisées pour leur développement. Autrement dit, ces biais algorithmiques sont le reflet des préjugés et des visions déformées qui résultent de l'identité, de

la position et de l'expérience propres à chaque personne.

Les biais cognitifs et algorithmiques témoignent plus généralement de notre impossibilité à connaître de manière parfaitement objective le réel. Cela vaut aussi bien pour les méthodes utilisées dans l'observation et l'analyse des phénomènes empiriques que pour les outils numériques qui s'efforcent de modéliser la réalité. Il ne s'agit donc pas d'éliminer les biais, ce qui est impossible à faire, mais plutôt d'en avoir conscience pour réduire leurs effets négatifs et discriminants.

Ces biais se retrouvent dans le cas des véhicules autonomes. L'intelligence artificielle utilisée pour l'analyse de l'environnement extérieur de conduite serait par exemple davantage en mesure de distinguer un piéton dont la couleur de peau est blanche plutôt que noire⁴⁹. Cette discrimination serait liée au fait que l'entraînement des véhicules autonomes se fait principalement grâce à des images présentant des personnes à la peau blanche. Quoi qu'il en soit, il ne sert à rien, d'après Aurélie Jean, d'accuser les algorithmes et l'intelligence artificielle de tous les maux. Ce sont en effet nous, les humains, qui sommes coupables des biais contenus dans les algorithmes et à l'origine des discriminations technologiques pouvant se transformer ensuite en discriminations sociales ou raciales.

Véhicules autonomes et dilemme du tramway

Plus généralement, les débats éthiques autour des véhicules autonomes se sont concentrés ces dernières années sur la réactualisation d'un vieux dilemme moral proposé initialement par la philosophe britannique Philippa Foot en 1967⁵⁰ : le dilemme du tramway (*trolley case*).

Un dilemme éthique désigne une situation dans laquelle plusieurs valeurs ou normes entrent en tension et où un choix doit être fait entre deux solutions opposées mais qui se justifient chacune

pour de bonnes raisons. En l'occurrence, ce dilemme met en scène un tramway dont les freins ont lâché, ce qui contraint le conducteur à effectuer un choix : soit le dévier pour sauver un groupe A de cinq personnes mais, ce faisant, tuer une personne B ; soit ne rien faire et sauver la personne B au détriment du groupe A. En faisant varier les situations et les caractéristiques de ces deux groupes, le dilemme du tramway interroge la moralité du choix du conducteur.

⁴⁸ Voir JEAN, Aurélie, 2019, *op. cit.*

⁴⁹ WILSON, Benjamin, HOFFMAN, Judy, MORGENSTERN, Jamie, 2019, « Predictive Inequity in Object Detection », *Arxiv*, <https://arxiv.org/pdf/1902.11097.pdf>.

⁵⁰ FOOT, Philippa, 1967, « The problem of abortion and the doctrine of the double effect », *Oxford Review*, 5, pp. 5-15.



Si ce dilemme éthique a marqué les esprits du plus grand nombre, il faut souligner qu'il s'agit avant tout d'une expérience de pensée utilisée en philosophie morale pour débattre des différentes théories éthiques. Dans les faits, le dilemme du tramway ne se produit qu'extrêmement rarement. Un cas est survenu en Floride dans le courant de l'année 1999⁵¹. Il impliquait deux enfants qui revenaient d'une partie de pêche et qui ont traversé une route marquée par une circulation intense. L'un des deux garçons a réussi à rejoindre le trottoir à temps, le second a été frappé et tué par un véhicule qui circulait sur la voie. Le conducteur affirmait avoir eu le temps de faire un choix sur le garçon à épargner lors de l'accident, le choix le plus difficile de sa vie selon ses propos.

Le dilemme du tramway a connu un regain d'attention à la suite de la conception et du lancement en 2016 par des chercheurs du *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) d'une simulation informatique baptisée « Machine Morale »⁵². Elle applique en effet le dilemme du tramway aux véhicules autonomes et interroge le choix des types de personnes à sauver (un passager versus un piéton, un humain versus un animal, un jeune versus un vieux, une personne versus plusieurs etc.) dans différents cas d'accidents mortels impliquant une voiture autonome. L'expérience, directement accessible sur internet⁵³, propose aux internautes de passer en revue différents scénarios et d'identifier la décision qui est, selon eux, la plus acceptable, du moins la plus morale.

⁵¹ The New York Times, 31/03/2017, « The Accident No One Talked About », <https://www.nytimes.com/2017/03/31/fashion/modern-love-the-accident-no-one-talked-about.html>.

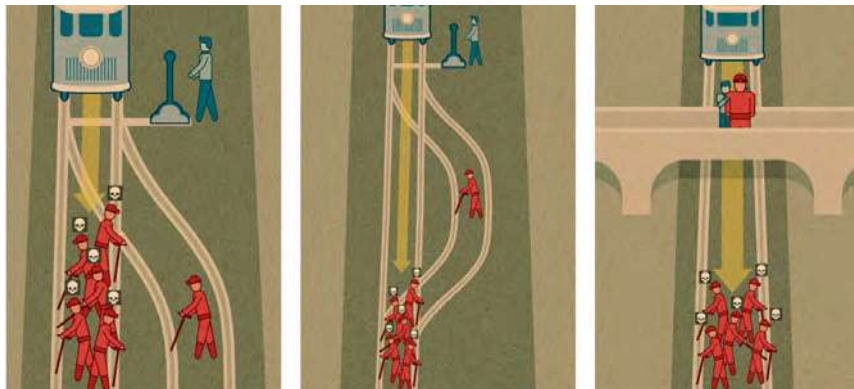
⁵² AWAD, Edmond, DSOUZA, Sohan, KIM, Richard, SCHULZ, Jonathan, HENRICH, Joseph, SHARIFF, Azim, BONNEFON, Jean-François, RAHWAN, Iyad, 2018, « The Moral Machine experiment », *Nature*, 563, pp. 59–64.

⁵³ <https://www.moralmachine.net/>.

**« MACHINE MORALE » : SIMILITUDES ET VARIATIONS
DANS LES PRÉFÉRENCES MORALES ENTRE PAYS⁵⁴**

L'expérience « Machine Morale » a permis de recueillir en ligne les réponses au dilemme du tramway de millions de personnes à travers le monde. Les chercheurs ont étudié en particulier les préférences formulées par 70 000 participants, issus de 42 pays dans le monde et exprimées dans dix langues, à trois variantes du dilemme :

- > dans la première (*the Switch*), qui correspond à la formulation la plus connue, le tramway est sur le point de tuer cinq personnes mais il peut être redirigé sur une autre voie où il tuera, de manière fortuite, une personne ;
- > dans la deuxième (*the Loop*), le tramway peut être redirigé sur une autre voie où il tuera une personne qui l'arrêtera avant qu'il ne tue les cinq autres personnes ;
- > dans la troisième (*the Footbridge*), un homme obèse peut être poussé volontairement d'un pont au-dessus de la voie où passe le tramway, ce qui le tuera mais permettra d'arrêter celui-ci et de sauver les cinq personnes.



Source : AWAD Edmond, et al. February 2020, Fig.1, p.2.

L'étude des réponses collectées dans les 42 pays à ces trois scénarios du dilemme du tramway constitue la plus importante enquête transculturelle jamais réalisée sur les préférences morales dans les cas de dilemmes sacrificiels, c'est-à-dire les circonstances dans lesquelles les personnes jugent moralement acceptable de sacrifier une vie pour en sauver plusieurs.

⁵⁴ AWAD, Edmond, DSOUZA, Sohan, SHARIFF, Azim, RAHWAN, Iyad, BONNEFON, Jean-François, February 2020, « Universals and variations in moral decisions made in 42 countries by 70,000 participants », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117 (5), pp.2332-2337.

Les résultats montrent d'abord un modèle de préférences universel pour les scénarios *Switch*, puis *Loop*, et enfin *Footbridge*. Autrement dit, les répondants à travers le monde jugent moralement plus acceptable le sacrifice d'une personne dans le premier scénario (*Switch*) que dans le second (*Loop*), et dans ce dernier plutôt que dans celui de l'homme obèse (*Footbridge*) impliquant d'exercer directement une force physique contre lui pour sauver les autres personnes. D'après les chercheurs, ce choix très largement partagé peut s'expliquer par des processus cognitifs communs aux êtres humains, quelle que soit leur culture d'appartenance.

Cependant, des variations culturelles apparaissent concernant la proportion de répondants qui acceptent de sacrifier une personne pour en sauver plusieurs. Les résultats soulignent que les pays occidentaux acceptent dans une plus large mesure le sacrifice que dans les pays orientaux, mais aussi qu'il existe d'importantes variations au sein de chaque groupe de pays, par exemple entre l'Inde et la Chine ou, dans une moindre mesure, entre les États-Unis et la France.

Afin d'expliquer la différence générale Est-Ouest en matière de préférences morales, les chercheurs ont mis en avant la variable de la mobilité relationnelle (*relational mobility*). Cette dernière fait référence à la facilité avec laquelle les individus peuvent nouer de nouvelles relations sociales au sein d'une société. Dans celles où la mobilité relationnelle est faible, les individus se montrent plus réticents à entrer en conflit avec les membres du groupe social auquel ils appartiennent étant donné la difficulté à nouer de nouvelles relations en dehors de ce groupe. La mobilité relationnelle plus faible dans les pays d'Asie pourrait ainsi expliquer la plus grande réticence des répondants qui en sont issus à sacrifier une vie pour en sauver d'autres.

Face au succès mondial de l'expérience, certains des chercheurs et développeurs à l'origine de « Machine Morale » ont ensuite utilisé ses résultats pour développer un système automatique de prise de décision éthique fondé sur l'agrégation des préférences exprimées par les participants sur les différents scénarios⁵⁵. Le philosophe Hubert Etienne⁵⁶ souligne toutefois les limites d'une telle entreprise. Sa première critique touche à la pauvre qualité des données recueillies avec l'expérience « Machine Morale » à cause de la surreprésentation de personnes intéressées par les nouvelles technologies. Une seconde série de critiques porte sur les limites à appliquer le dilemme du tramway aux véhicules autonomes étant donné les visées normatives ou les enjeux de responsabilité légale qui entrent en compte dans ce cas.

Le philosophe souligne par ailleurs les dangers de vouloir construire un système automatique de prise de décision éthique par ordinateur. D'une part, il rappelle que les algorithmes ne sont pas des agents moraux comme les humains capables de déterminer librement des principes du bien

et du mal à partir desquels prendre une décision, la justifier, et en assumer les conséquences. La production de décisions éthiques ne peut donc être automatisée. D'autre part, il remet en cause l'ambition de certains des auteurs de « Machine Morale » de parvenir, grâce à l'agrégation des croyances d'un grand nombre d'individus, à une forme de connaissance morale commune.

Jean-François Bonnefon, directeur de recherche au CNRS et chercheur en psychologie cognitive à la Toulouse School of Economics, est revenu pour la communauté⁵⁷ sur « Machine Morale », dont il est l'un des concepteurs, et sur ses conséquences⁵⁸. L'enjeu est en particulier de traduire cette expérience en termes de politiques publiques. Selon lui, il n'est pas concevable d'avoir des « algorithmes de la mort » qui décideraient de qui cibler en cas d'accident. Il est cependant possible d'utiliser les données collectées pour, dans un premier temps, expliquer les situations les plus problématiques à l'opinion publique et pour, dans un second temps, appuyer une éventuelle décision si les experts ne parviennent pas à se mettre d'accord.

Des propositions concrètes pour encadrer l'éthique des véhicules autonomes

Si l'action des pouvoirs publics à propos des véhicules autonomes tend à se concentrer sur les questions relatives au droit, c'est-à-dire la permission de certaines actions et la définition des responsabilités en cas de problème, les réflexions gouvernementales sur l'éthique de ces nouveaux véhicules, qui concernent donc plutôt la justification de ces actions, sont également légion. Cet engagement des pouvoirs publics sur le sujet tient en partie à l'attention suscitée par le retentissement médiatique des accidents de véhicules autonomes et à la prégnance du dilemme du tramway dans les médias et l'imaginaire collectif à la suite de l'expérience « Machine Morale ».

Deux événements peuvent être distingués dans le processus de mise à l'agenda des gouvernements de la question de l'éthique des véhicules autonomes. Tout d'abord, au mois d'octobre 2016, le patron de Mercedes-Benz, Christoph von Hugo, provoqua une polémique lors d'une prise de parole à l'occasion du salon mondial de l'automobile de Paris⁵⁹. Il soulignait alors qu'un véhicule autonome devait prioritairement sauver la vie de son occupant plutôt que la vie d'un piéton du fait de la complexité des dynamiques d'un accident et de la difficulté à anticiper le comportement du piéton.

⁵⁵ NOOTHIGATTU, Ritesh, GAIKWAD, Snehal Kumar 'Neil' S., AWAD, Edmond, DSOUZA, Sohan, RAHWAN, Iyad., RAVIKUMAR, Pradeep, PROCACCIA, Ariel D., 2018, « A voting-based system for ethical decision making », in *Proceedings of the 32th AAAI Conference on Artificial Intelligence*, AAAI Press.

⁵⁶ HUBERT, Etienne, February 2020, « When AI Ethics Goes Astray: A Case Study of Autonomous Vehicles », *Social Science Computer Review*, pp. 1-11.

⁵⁷ Atelier 7, 22/10/2020, « Acceptabilité des véhicules autonomes ».

⁵⁸ BONNEFON, Jean-François, 2019, *La voiture qui en savait trop. L'intelligence artificielle a-t-elle une morale ?*, Humensciences Éditions.

⁵⁹ CHAMPEAU, Guillaume, 11/10/2016, « Une morale, quelle morale ? Mercedes-Benz protégera en priorité ses clients », Numerama, <https://www.numerama.com/tech/200617-une-morale-quelle-morale-mercedes-benz-protegera-en-priorite-ses-clients.html>.

Après la polémique suscitée par ces propos, qui laissaient entendre que Mercedes Benz entendait sauver la vie de ses consommateurs plutôt que celle des piétons, le président américain Barack Obama a également souligné lors d'une interview consacrée aux enjeux de l'intelligence artificielle la nécessité de construire un consensus autour des dilemmes éthiques que posent les véhicules autonomes.

Depuis lors, le développement de réponses concrètes sur les questions morales liées aux systèmes automatisés de conduite est devenu une préoccupation majeure des acteurs publics, notamment en Europe. Les États membres ont en effet identifié l'éthique comme une composante importante de la problématique plus générale de l'acceptabilité des véhicules autonomes au sein de la population. L'Allemagne a fait office de précurseur en constituant dès 2017 une commission d'éthique sur le sujet⁶⁰. Elle a proposé 20 grands principes auxquels pourraient être soumis les véhicules autonomes, le premier renvoyant à la préservation de la vie humaine sur la vie animale. Les propositions étaient toutefois essentiellement négatives telles que, par exemple, l'interdiction de différencier les personnes en cas d'accident, notamment les enfants, ou la limitation des dégâts matériels. Il a en revanche été très compliqué de parvenir à un consensus au sein de ce groupe d'experts.

La France est également très investie en la matière avec, par exemple, l'organisation depuis



2018 d'un séminaire⁶¹ sur l'acceptabilité et l'éthique du véhicule autonome dans le cadre de la stratégie nationale de développement de la mobilité routière automatisée. L'acceptabilité est en effet un des trois principes clés, avec la sécurité et la progressivité, de la stratégie nationale du gouvernement sur le sujet⁶². La France pousse également à l'émergence d'une réflexion internationale sur le thème de l'acceptabilité des véhicules autonomes⁶³, plaçant notamment lors de sa présidence du G7 en 2019 pour un meilleur partage de la connaissance et des travaux menés dans le monde sur le sujet.

La Commission européenne a investi à son tour dans la compréhension des problèmes éthiques que posent les véhicules connectés et autonomes en créant en juin 2019 un groupe d'experts indépendants, présidé par Jean-François Bonnefon. Ce dernier s'est inscrit dans le sillage d'autres initiatives similaires de la Commission sur l'éthique des nouvelles technologies, dont la publication quelques mois auparavant d'un rapport d'experts définissant les principes éthiques et les exigences essentielles pour la réalisation d'une intelligence artificielle digne de confiance⁶⁴.

⁶⁰ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Ministère fédéral allemand des Transports et des Infrastructures numériques), juin 2017, « Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren », https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bericht-der-ethik-kommission.pdf?__blob=publicationFile.

⁶¹ Quatre séances ont eu lieu jusqu'à présent, le 9 Novembre 2018, le 25 mars 2019, le 23 septembre 2019 et le 19 novembre 2020. Voir <https://www.ecologie.gouv.fr/vehicules-autonomes#e4>.

⁶² IDRAC, Anne-Marie Idrac, avril 2019, *Développement des véhicules autonomes. Orientations stratégiques pour l'action publique, Un an d'actions publiques Mai 2018 - Avril 2019*, ministère de la Transition écologique et solidaire, ministère chargé des Transports, p. 3.

⁶³ Ministère de la Transition écologique et solidaire, décembre 2019, « G7 expert group on automated and connected driving. Autonomous vehicle acceptance: overview of recent studies and research », DGITM/SAGS/EP, <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Automated%20driving%20acceptance%20synthesis%20for%20G7.pdf>

⁶⁴ Commission européenne, Groupe d'experts de haut niveau sur l'intelligence artificielle, avril 2019, *Lignes directrices en matière d'éthique pour une IA digne de confiance*, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>.



Le groupe d'experts sur l'éthique des véhicules connectés et autonomes a été missionné afin d'étudier les conditions pour permettre une transition sûre et responsable vers ces derniers, un alignement entre ces nouvelles technologies et les valeurs sociétales européennes, et consolider la capacité à faire confiance à ces véhicules⁶⁵. Il s'est employé à dépasser le dilemme du tramway, jugé très peu probable en conditions réelles, pour s'intéresser davantage à la trajectoire qui peut mener à cette situation de dilemme. L'objectif était également de traduire les préférences identifiées dans « Machine Morale » dans un cadre juridique et politique suffisamment solide.

Le travail réalisé par les experts s'est notamment focalisé sur le niveau de risque acceptable pour les différents usagers de la route et la distribution du risque par un véhicule autonome. Quand les humains conduisent, il n'est en effet pas possible de contrôler la façon dont le risque est distribué entre les différents usagers. Un conducteur de voiture, un motard, un cycliste et un piéton

sont plus ou moins vulnérables en fonction de leur exposition respective aux dangers de la circulation. Cela change toutefois avec les véhicules autonomes qui peuvent permettre de réduire les inégalités de vulnérabilité entre les différents usagers de la route.

Pour ce faire, il est possible de calibrer l'apprentissage des algorithmes de conduite autonome à partir des situations de conduite dont les statistiques existantes montrent qu'elles sont à l'origine de nombreux accidents. Un autre moyen consiste à faire en sorte que le système automatisé de conduite adopte une attitude différente à l'égard des plus vulnérables afin de garantir un même niveau de sécurité pour tous les usagers. La logique est ainsi de demander aux véhicules autonomes de s'adapter aux usagers vulnérables plutôt que de demander à ces derniers de s'adapter aux véhicules autonomes.

Selon Jean-François Bonnefon, il est par exemple envisageable d'accepter que les enfants sont particulièrement vulnérables parce qu'imprévisibles. Pour leur accorder une sécurité équivalente à celle des autres usagers de la route, il convient de les traiter différemment. Le véhicule autonome doit donc tenir compte de cette incertitude et, par exemple, élargir sa trajectoire dès qu'il détecte un enfant sur un trottoir. En cas de situation extrême, telle que présentée dans l'expérience « Machine Morale », celle-ci serait acceptable car le véhicule aurait pris toutes les précautions nécessaires en amont pour éviter cette situation. Au final, le groupe d'experts a proposé vingt recommandations⁶⁶ qui doivent faciliter un déploiement des véhicules autonomes et connectés conformes aux principes éthiques et aux normes légales de l'Union européenne.

⁶⁵ Horizon 2020 Commission Expert Group to advise on specific ethical issues raised by driverless mobility (E03659), 2020, *Ethics of Connected and Automated Vehicles: recommendations on road safety, privacy, fairness, explainability and responsibility*, pp. 15-16, https://ec.europa.eu/info/news/new-recommendations-for-a-safe-and-ethical-transition-towards-driverless-mobility-2020-sep-18_en.

RECOMMANDATIONS DU GROUPE D'EXPERTS DE LA COMMISSION EUROPÉENNE

POUR UN VÉHICULE CONNECTÉ & AUTONOME ÉTHIQUE

- 1** S'assurer que les véhicules connectés et autonomes réduisent les dommages physiques des personnes
- 2** Prévenir les usages non-sûrs en assurant une sécurité *by design*
- 3** Définir des standards clairs pour des tests sur routes ouvertes responsables
- 4** Envisager une révision du Code de la route pour promouvoir la sûreté des véhicules connectés et autonomes et investiguer les exceptions aux règles existantes par les véhicules connectés et autonomes
- 5** Réduire les inégalités de vulnérabilité entre les usages de la route
- 6** Gérer les dilemmes grâce à des principes éthiques partagés et à une distribution du risque
- 7** Préserver la vie privée et le consentement dans la collecte d'informations
- 8** Permettre le choix et le consentement éclairé des utilisateurs et promouvoir les meilleures pratiques pour les standards industriels
- 9** Développer des mesures pour accroître la protection des groupes d'individus
- 10** Développer des stratégies transparentes d'information des usagers et des piétons sur la collecte de données et les droits associés
- 11** Prévenir les discriminations dans la délivrance de service
- 12** Auditer les algorithmes des véhicules connectés et autonomes
- 13** Identifier et protéger les sets de données des véhicules connectés et autonomes pour en faire des ressources publiques et ouvertes
- 14** Réduire l'opacité dans les décisions algorithmiques
- 15** Promouvoir la connaissance de l'intelligence artificielle, de l'algorithmique et des données et la participation publique
- 16** Identifier les obligations des différents acteurs impliqués dans les véhicules connectés et autonomes
- 17** Promouvoir une culture de la responsabilité qui respecte les obligations associées aux véhicules connectés et autonomes
- 18** Assurer l'existence d'une responsabilité pour le comportement des véhicules connectés et autonomes
- 19** Promouvoir un système équitable d'attribution morale et légale pour le comportement des véhicules connectés et autonomes
- 20** Créer des dispositifs équitables et efficaces de compensation des victimes d'accidents de véhicules connectés et autonomes

Horizon 2020 Commission Expert Group to advise on specific ethical issues raised by driverless mobility (E03659), 2020, Ethics of Connected and Automated Vehicles: recommendations on road safety, privacy, fairness, explainability and responsibility.

Penser l'éthique des véhicules autonomes dans un sens large

Les travaux réalisés sur l'éthique des futurs véhicules autonomes incitent également à réinscrire cette question dans une perspective plus large que le seul dilemme du tramway. Comme cela a été évoqué, les biais des algorithmes ne sont pas propres à la technologie développée mais bien plutôt au processus de conception de ces services et outils. Le biais « racial » de reconnaissance de l'environnement extérieur des véhicules mentionné précédemment en offre un exemple singulier. Ce constat conduit à penser le volet éthique du développement des véhicules autonomes dans un sens large, c'est-à-dire qui ne se focalise pas uniquement sur le processus de décision ou de calcul des algorithmes d'intelligence artificielle impliqués dans la conduite autonome.

Dans cette perspective, des approches ont vu le jour pour la mise en œuvre d'une approche plus englobante des questions morales relatives aux véhicules autonomes. Certains plaident pour la constitution d'une politique éthique du véhicule autonome qui intègre à la réflexion l'ensemble des parties prenantes (constructeurs automobiles, équipementiers, exploitants de flottes, opérateurs de mobilité, gestionnaires d'infrastructures, fournisseurs de services, autorités réglementaires, collectivités locales, utilisateurs, usagers de la route, citoyens, etc.) au processus de conception et d'usage⁶⁷. Il convient dès lors de distinguer éthique de la conception, éthique d'usage, et éthique sociale relative aux conséquences sociales de l'utilisation des véhicules autonomes.

L'éthique de conception renvoie à la définition de principes, de normes et de standards partagés à respecter par les fabricants pour la mise au point des véhicules autonomes. Il s'agirait, dans ce cadre, de fixer des seuils de sécurité minimale et d'énoncer de grands principes qui guideraient le travail de conception des

entreprises chargées du développement des systèmes de conduite automatisés. Ils pourraient inclure ceux déjà proposés par les comités éthiques chargés de réfléchir à l'encadrement du développement de la technologie de conduite autonome mentionnés précédemment.

L'autre aspect à prendre en compte concerne les usages. Cette approche consiste à considérer que l'utilisation des véhicules autonomes ne constitue pas uniquement une responsabilité imputable aux fabricants de ces véhicules, mais qu'elle doit également concerner les opérateurs de navettes ou les utilisateurs. L'intérêt de cette approche est qu'elle traduit une modification du processus de conception. Comme l'a souligné lors d'un atelier⁶⁸ Sylvain Lenfle, professeur au CNAM et référent scientifique de la communauté, le développement des véhicules autonomes se traduit par la mise en place d'un processus de conception innovant qui suppose de placer les usages au cœur du processus de conception dès ses débuts. Les questions éthiques doivent donc couvrir également les usages et pas uniquement les règles de fonctionnement de ces futurs véhicules.



⁶⁶ Voir *ibid.*, pp. 6-11.

⁶⁷ PERRIN, Jérôme, septembre 2020, « Éthique de responsabilité et de sollicitude dans la conception et l'usage des véhicules autonomes », *Revue d'éthique et de théologie morale*, vol. 307, pp. 44-61.

⁶⁸ Atelier 4, 02/07/2020, « Modèles d'affaires et véhicules autonomes ».

Il convient enfin de tenir compte des projets de déploiement des véhicules autonomes afin que ces derniers soient conformes avec une éthique sociale. Il s'agirait dans cette perspective de questionner l'ensemble des parties prenantes de l'écosystème mobilité pour définir en amont les déploiements socialement acceptables et ceux qui ne le sont pas, par exemple en matière de protection de l'environnement et de transition écologique. Comme le souligne Christian Wolmar, journaliste britannique spécialiste des transports, il s'agit d'éviter les erreurs commises au moment de la généralisation de l'automobile qui a conduit à réaménager l'espace public au seul profit de la voiture⁶⁹, sans tenir compte des conséquences sociales et environnementales d'un tel choix.

L'ensemble de ces réflexions invite à repenser *in fine* les questions éthiques que pose le développement des véhicules autonomes dans une perspective plus globale. C'est également le cas pour le concept d'acceptabilité en tant que tel, qui doit être questionné. Ce dernier permet en effet de penser la perception a priori des consommateurs à l'égard d'une nouvelle solution technologique, en somme les conditions de passage d'une invention au statut d'innovation, capable de s'imposer sur un marché donné. Le prolongement de cette réflexion quant aux enjeux éthiques que posent le développement des véhicules autonomes se traduit par une évolution de la notion d'acceptabilité.

Alors que cette dernière était principalement pensée à l'aune des attitudes à l'égard de la technologie elle-même, la question de la sécurité y jouant de ce fait un rôle essentiel, la question de l'acceptabilité se pose aujourd'hui dans un sens plus large concernant l'acceptabilité non plus du produit mais du service potentiel que pourraient rendre les véhicules autonomes. Dans le cadre de cette évolution, les attendus des consommateurs et des citoyens sont amenés à changer. Ils ne portent plus uniquement sur la sécurité de ces nouveaux produits ou services innovants, mais intègrent des préoccupations morales et politiques quant aux conséquences plus globales des véhicules autonomes sur l'évolution générale de la société et de son organisation.

⁶⁹ WOLMAR, Christian, 2018, *Driverless cars. On a road to nowhere*, London Publishing Partnership.



Le rêve d'un véhicule capable de gérer seul l'activité de conduite, sans intervention d'un conducteur humain, est presque aussi ancien que l'automobile. L'histoire du véhicule autonome met en évidence les débats autour de l'automatisation de la conduite et de l'autonomisation des véhicules qui existent depuis son émergence. Cette histoire met également en exergue le prisme essentiellement technologique à partir duquel cet objet a été pensé jusqu'à présent. Elle souligne également le rôle joué par les grandes entreprises américaines du numérique dans le développement de la conduite autonome, sa commercialisation et le façonnage de notre imaginaire sur ce sujet.

Pour autant, l'évolution des attentes suscitées par les véhicules autonomes montre qu'ils ne constituent pas encore un sujet grand public. Malgré la méconnaissance ou l'indifférence qui en ressortent, les multiples études sur l'acceptabilité des véhicules autonomes soulignent que la confiance envers ces derniers grandit, notamment en France. Les expérimentations jouent un rôle clé dans ce processus d'acceptabilité en permettant aux citoyens de voir et de tester les véhicules autonomes afin d'envisager leur utilisation future. Un autre aspect central pour l'adoption des véhicules autonomes concerne les réponses apportées aux enjeux éthiques liés aux algorithmes d'intelligence artificielle utilisés pour la conduite sans chauffeur. Les débats autour de ces sujets se focalisent souvent autour du dilemme classique du tramway. Les derniers travaux réalisés, notamment à l'échelle européenne, soulignent néanmoins l'importance de penser ces questions dans une perspective plus large, qui ne se focalise pas uniquement sur le véhicule, mais qui tient compte de l'ensemble des usagers de la voirie.

L'intérêt des études sur l'acceptabilité des véhicules autonomes est notamment d'éclairer les freins à l'adoption de cette innovation, malgré les promesses avancées en matière de sécurité. L'utilisation des données personnelles collectées par les véhicules autonomes est l'un des plus puissants. Une condition préalable au développement de la conduite autonome réside par ailleurs dans la capacité des acteurs économiques à faire advenir une offre de biens et de services qui soit économiquement viable et rentable. Ces réflexions s'inscrivent dans une mutation plus profonde du secteur de la mobilité, marquée notamment par l'entrée de nouveaux acteurs.

LES POINTS À RETENIR :

- > Le véhicule autonome trouve ses racines dans les travaux distincts sur l'automatisation de la conduite et l'autonomisation des véhicules qui ont vu le jour au XXe siècle aux États-Unis. Le développement de la technologie de conduite autonome a connu un essor à partir de la fin des années 2000 sous l'impulsion du secteur de la défense et des grandes entreprises du numérique comme Google, Uber et Amazon.
- > Les promesses et les risques suscités par cette nouvelle technologie ont conduit au cours de la décennie 2010 à un cycle d'engouement (*Hype*). Les véhicules autonomes ne constituent pas encore un sujet grand public, mais la confiance de la population envers ces derniers commence à évoluer dans un sens plus positif, grâce notamment aux expérimentations.
- > L'acceptabilité est un concept scientifique qui désigne l'étude des représentations des individus à l'égard d'une nouvelle technologie ou d'un nouveau service. Il s'agit d'un processus en trois stades : l'acceptabilité a priori, l'acceptation et l'appropriation. Des différences sociales, territoriales et culturelles sont notables dans le niveau d'acceptabilité a priori des véhicules autonomes dans le monde.
- > Les enjeux éthiques liés à la conduite autonome sont essentiellement abordés à travers le dilemme du tramway, popularisé par l'expérience « Machine Morale ». Pour échapper aux dilemmes éthiques que posent les véhicules autonomes, il convient de penser la distribution du risque et de prévoir un comportement différencié de ces derniers selon le degré de vulnérabilité des usagers de la route.



CHAPITRE 3

LA RÉVOLUTION DE LA MOBILITÉ AUTONOME : DONNÉES, ASSURANCE, NOUVEL ÉCOSYSTÈME D'ACTEURS

L'émergence des véhicules autonomes est le vecteur d'une transformation en profondeur de la mobilité. Trois mutations se distinguent. La première a trait aux données. En effet, elles sont indispensables au fonctionnement du système automatisé de conduite et elles pourraient jouer un rôle décisif dans les futurs modèles d'affaires de la mobilité autonome et dans la régulation de cet écosystème. Les données seront également centrales dans la problématique de l'assurance du risque que pose cette nouvelle solution de mobilité. Si une réduction du nombre d'accidents à long terme est anticipée, une incertitude importante demeure sur la période de transition durant laquelle cohabiteront des véhicules classiques et des véhicules automatisés. Cette réduction s'accompagne d'un changement de nature du risque automobile, avec la prédominance attendue d'un risque sériel qui expose les assureurs à des défis majeurs. Ces évolutions illustrent le changement de paradigme que les véhicules autonomes représentent pour le secteur de la mobilité. Ils incitent les entreprises, notamment les constructeurs automobiles, à revoir la production des véhicules en intégrant de nouveaux acteurs au processus de conception. Cela se traduit par une mutation profonde de l'écosystème de la mobilité, marquée notamment par l'émergence de nouveaux acteurs. En la matière, la France dispose d'une tradition industrielle dans l'automobile et d'acteurs économiques innovants qui lui permettent de peser pour favoriser l'émergence d'un écosystème original de la mobilité autonome.

p. 120

PARTIE 1

LA DONNÉE AU CŒUR DES VÉHICULES AUTONOMES

*Les données se trouvent au cœur de la mobilité autonome.
L'accès à ces dernières, leur traitement, leur sécurisation,
mais aussi leur valorisation constituent des défis majeurs.*

p. 133

PARTIE 2

QUELLE ASSURANCE POUR LES VÉHICULES AUTONOMES ?

*Les véhicules autonomes pourraient réduire le nombre d'accidents
même si une incertitude demeure. Le risque automobile va évoluer
avec l'émergence d'un risque sériel qui pourrait bouleverser
les modèles d'affaires des assureurs.*

p. 147

PARTIE 3

VÉHICULES AUTONOMES, VERS UN BOULEVERSEMENT DU SECTEUR DE LA MOBILITÉ

*Le véhicule autonome catalyse les révolutions à l'œuvre dans le secteur
de la mobilité. L'émergence de nouveaux acteurs modifie en profondeur
l'écosystème. La France dispose néanmoins d'atouts importants
dans cette compétition.*

LA DONNÉE AU CŒUR DES VÉHICULES AUTONOMES

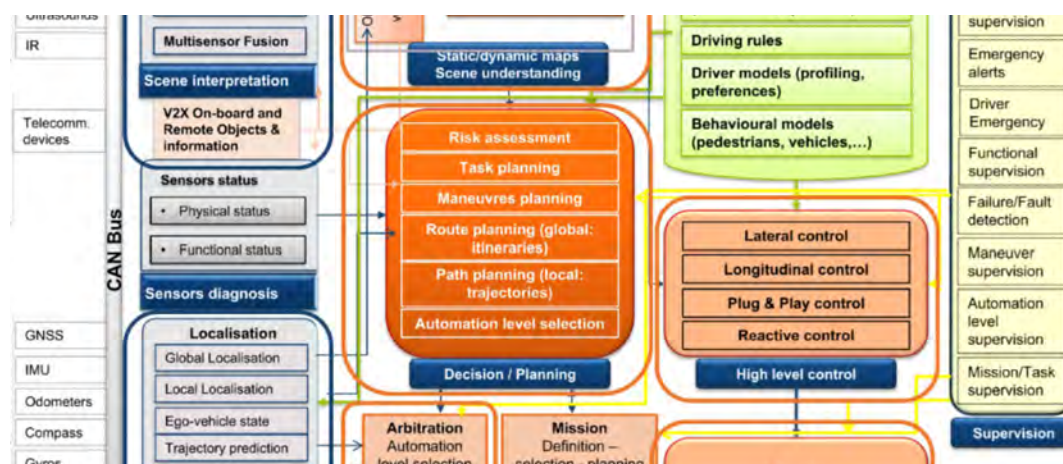
Les véhicules autonomes sont des véhicules connectés et communicants. La question des données joue donc un rôle primordial dans leur développement technique de ces nouveaux véhicules. Les données sont également centrales dans les nouveaux modèles d'affaires qui accompagnent le développement de la mobilité autonome puisque qu'elles permettent de créer de la valeur. Cela pose la question de

leur valorisation et de la capacité des acteurs économiques à monétiser ces données. Ces réflexions sont néanmoins strictement encadrées par la législation en vigueur sur la protection des données personnelles qui s'applique aussi aux véhicules autonomes, ce qui pose plus généralement la question de la propriété, de l'accès et de l'utilisation de ces données.

Les données des véhicules autonomes

Les véhicules autonomes connectés génèrent des données¹ diverses en très grande quantité qui pourront représenter à l'avenir jusqu'à 1 Go de données par seconde². Plus le niveau d'automatisation du véhicule est important et plus le besoin de données est élevé. Ainsi, l'architecture embarquée d'un véhicule autonome articule des modules de perception de l'environnement, de planification, de contrôle de la trajectoire, etc. Chaque bloc contient des dizaines d'algorithmes

et tous interagissent en échangeant des données hétérogènes, denses, intègres et synchrones ou pas, provenant des capteurs embarqués, des autres véhicules et de l'infrastructure. Le schéma suivant illustre l'architecture fonctionnelle d'un système de navigation autonome. La complexité de ce système et la masse de données nécessaire à son fonctionnement n'est toutefois pas sans poser une série de problèmes en matière de stockage, de traitement et de sécurité.



Une architecture fonctionnelle de navigation d'un véhicule autonome³

¹ IMOUDIS, Evangelos, 2017, *The Big Data Opportunity in Our Driverless Future*, Corporate Innovators.

² INRIA, 2018, *Véhicules autonomes et connectés. Les défis actuels et les voies de recherche*, Livre blanc n°02, p. 28.

³ Présenté par Fawzi Nashashibi, directeur de recherche à l'INRIA, atelier 5, 03/09/2020, « Les données du véhicules autonomes ».



Une diversité de données en très grande quantité

Les données produites par les véhicules autonomes connectés (VAC) sont de plusieurs ordres : les données biométriques portant sur les propriétaires et/ou les passagers ; les données techniques concernant les véhicules et leurs composants internes ; les données de cinématique (odométrie, vitesse, accélération, etc.) ; les données relatives à la géolocalisation et à la mobilité ; les données issues des capteurs (caméras, radars, lidars, etc.)⁴. Il faut aussi y ajouter les données liées à la consommation de services connectés (internet, messagerie, etc.). Outre les données du véhicule, il convient également d'inclure les données produites par les capteurs de l'infrastructure intelligente et connectée.

Comme l'a rappelé lors de l'atelier sur ce sujet Fawzi Nashashibi, directeur de recherche et responsable de l'équipe Rits (*Robotics & Intelligent Transportation Systems*) à l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA), même à un niveau faible d'autonomie, les véhicules autonomes produisent entre 3 et 40 gigabits (10^9) de

données par seconde. Cela représente pour 8h de conduite d'un seul véhicule entre 11 et 152 téraoctets (10^{12}) de données par jour. Si on prend l'exemple des 200 véhicules autonomes de Waymo qui parcourent chacun en moyenne 13 000 kilomètres par an, on arrive jusqu'à 30,4 pétaoctets (10^{15}) de données sensorielles générées par jour. En faisant le même calcul pour les 8 millions de voitures produites annuellement par PSA, le nombre de données atteint même les zettaoctets (10^{21}) !

L'accumulation de données joue également un rôle central dans l'amélioration et la fiabilisation de la technologie de conduite autonome. Il est en effet nécessaire d'utiliser une grande quantité de données pour permettre l'apprentissage des algorithmes d'intelligence artificielle (*machine learning*). Le recensement de situations réelles de conduite dans de gigantesques bases de données contribue par exemple à entraîner le véhicule à reconnaître et à détecter les objets et les obstacles sur la route.

⁴ Voir ORFEUIL, Jean-Pierre, LERICHE, Yann, 2019, *Piloter le véhicule autonome - au service de la ville*, Descartes & Cie, pp. 159-160.

Dans cette perspective, il convient de distinguer différents sous-ensembles de données produites dans le cadre du fonctionnement d'un véhicule autonome. Ces dernières sont les suivantes :



Les problèmes liés aux données des véhicules autonomes

Toutes ces données liées aux véhicules autonomes sont à l'origine d'une série de problèmes importants en matière de connectivité, de stockage, de transfert et de traitement, et enfin de sécurité. Cette masse considérable de données pose d'abord des difficultés relatives à la connectivité étant donné la saturation des bandes passantes, leur synchronisation, les imprécisions et les erreurs qu'elles peuvent contenir, leur intégrité et leur véracité. Pourtant, le fonctionnement des véhicules autonomes impose une bonne couverture réseau, c'est-à-dire une bande passante suffisante et d'une latence limitée⁵, pour permettre le traitement en temps réel et l'échange rapide de données (5G, wifi, bluetooth, etc.) entre les véhicules (V2V), avec les infrastructures (V2I) ou des tiers (V2X)⁶.

De tels volumes des données pose également un problème concernant leur stockage, à la fois à bord du véhicule devenant, selon Fawzi Nashashibi, un véritable « *data center mobile* », et au sein des *data center* urbains. On parle aujourd'hui de *data center* hyper-connectés qui sont la clé de la transformation numérique. À l'ère du *cloud* hybride, qui combine les *clouds* publics et privés, les données et les applications liées aux véhicules autonomes seront dispersées sur de nombreux espaces de stockage différents. Les *data center* doivent par ailleurs être dotés de capacités de stockage distribuées, parallèles, tolérantes aux fautes et aussi de moyens avancés de traitement avec des protocoles pour traiter, filtrer et transférer de manière simultanée ces données grâce à des protocoles fiables, rapides et sûrs.

⁵ Voir INRIA, 2018, *op. cit.*, p. 18.

⁶ Les sigles V2V, V2I et V2X sont des abréviations de l'anglais « *vehicles to vehicles* », « *vehicles to infrastructures* » et « *vehicles to everything* »



ME

ME

Un autre enjeu touche en effet aux infrastructures de communication par lesquelles les données du véhicule autonome vont transiter. D'après Olivier Coppin, ancien directeur systèmes et technologies avancées chez Faurecia, membre de la communauté, il y aura des infrastructures de traitement en périphérie du réseau (*edge computing*), au plus près de la source des données, pour délester les serveurs. Cédric Seureau, Research Program Manager chez Orange qui est aussi membre de la communauté, a quant à lui souligné lors des échanges⁷ le problème de la qualification préalable de tous les usages possibles de la donnée, et du canal emprunté pour le transfert qui ne sera probablement pas unique. En effet, la donnée pourra être transmise de manière à la fois instantanée et différée. D'où l'importance du tri et des pré-calculs effectués à différentes étapes de la transmission pour diminuer le poids de la donnée.

La complexité des systèmes de conduite automatisés et des échanges de données qu'ils nécessitent génère donc un risque particulier en matière de cybersécurité. Les risques quant à la sécurité des systèmes et des données des véhicules autonomes connectés ne résultent pas seulement d'actes intentionnels de malveillance. Une des difficultés touche à l'opacité des algorithmes d'intelligence artificielle concernant leur logique de fonctionnement, souvent difficile à identifier. Les données peuvent également être corrompues du fait d'erreurs ou de biais dans les informations de l'environnement transmises aux capteurs. Tant les algorithmes que les capteurs des véhicules peuvent par ailleurs faire l'objet d'intrusions malintentionnées et de détournements (*hacking*) volontaires. Ces cyberattaques peuvent avoir lieu soit en amont par des fournisseurs étrangers de briques technologiques du système automatisé de conduite, ce qui pose alors des questions de souveraineté nationale, soit en aval lorsque les logiciels et les capteurs sont connectés entre eux et avec l'infrastructure. Dans cette perspective, un enjeu majeur concerne la validation technique des systèmes d'information et de communication des véhicules autonomes connectés en vue de garantir la sécurité, d'une part, des algorithmes et logiciels de conduite

“

Les enjeux du véhicule autonome pour Orange se situent autour de la connectivité et des données. La connectivité en temps réel permet d'élargir la vision du véhicule autonome. Cette connectivité permet un échange de données, ce qui pose la question du stockage, de la transmission et de la valorisation de ces dernières.⁵⁸

Cédric Seureau, Manager du programme de recherche « Interconnecting Attractive Territories » chez Orange

”



autonome et, d'autre part, des données produites et échangées par ces derniers avec l'infrastructure connectée.

Le développement des véhicules autonomes soulève dès lors la question centrale du financement de nouvelles infrastructures intelligentes, connectées et sécurisées, ainsi que celle de la création de tout un écosystème autour de ces données. Il convient d'inventer des modèles d'affaires, d'identifier des cas d'usage précis, et d'établir des partenariats pour savoir en amont comment trier, organiser, gérer et mettre à disposition toutes ces données en vue de les valoriser.

⁷ Atelier 5, 03/09/2020, « Les données des véhicules autonomes ».

Valoriser les données des véhicules autonomes pour créer de la valeur

Beaucoup d'acteurs sont intéressés par l'utilisation des données issues des véhicules autonomes, que ce soit les constructeurs, les gestionnaires d'infrastructures, les assureurs, les éditeurs de logiciels ou de cartes, les opérateurs de mobilité, les fournisseurs de services, les services de sécurité, etc. Ces données représentent en effet des opportunités de création de valeur pour les entreprises qui pourront les monétiser en développant de nouveaux biens et services connectés et innovants. Un vif débat existe toutefois concernant la régulation de l'accès aux données des véhicules, qui est à l'origine de la concurrence entre acteurs autour de leur partage.

Les enjeux de la monétisation des données

La monétisation des données constitue un marché émergent qui attise la concurrence entre acteurs de l'écosystème concernant l'accès et le partage des données des véhicules. Le développement de systèmes automatisés de conduite et l'ajout de capteurs a transformé les véhicules en « centres de recueil de données digitalisées »⁸, tant sur leur fonctionnement interne que sur leurs interactions avec l'extérieur. Cette transformation numérique de l'industrie automobile permet aux constructeurs et aux différents acteurs de la mobilité de créer de la valeur en monétisant ces données (*data monetization*).

D'après le cabinet McKinsey, la monétisation des données issues des voitures connectées est un marché émergent qui pourrait représenter entre 450 et 750 milliards de dollars en 2030 au niveau mondial⁹. Il distingue trois modèles de création de valeur :

- > la génération de nouveaux revenus grâce à la vente des données collectées à des

tiers ou leur exploitation directe dans de nouveaux biens et services ;

- > la réduction des coûts, par exemple en matière de R&D ou de réparation ;
- > l'amélioration de la sûreté et de la sécurité, notamment en accélérant le partage d'information et le temps d'intervention en cas d'accident¹⁰.

Trois grands défis accompagnent cependant la capacité des entreprises à monétiser les données des véhicules connectés et autonomes. Celles-ci doivent en effet être en mesure de :

- > Communiquer aux consommateurs les bénéfices tirés de nouveaux biens et services connectés, ce qui est loin d'être évident.
- > Redéfinir leur modèle organisationnel en mettant l'accent sur l'agilité et la collaboration transversale dans la gestion des données afin de développer de nouveaux services¹¹ et de faciliter leur adaptation aux évolutions rapides du marché ;
- > Nouer des partenariats au sein de l'écosystème du véhicule autonome et tout au long de la chaîne de valeur afin de tirer parti des compétences et des ressources des différents acteurs.

De nombreux obstacles s'opposent toutefois à la conclusion de partenariats et d'alliances en vue de partager et de monétiser les données des véhicules. En effet, les objectifs et les stratégies de chaque entreprise varient en fonction de sa position au sein de l'écosystème. Par exemple, les constructeurs proposent désormais des services complémentaires s'appuyant sur les données pour accompagner le véhicule, ce qui débouche sur la vente de « paquets » de biens et services associés¹².

⁸ Deloitte et Fréget & Associés, 9 janvier 2020, *Données du véhicule connecté et concurrence : quels enjeux économiques et juridiques ?*, p. 10.

⁹ McKinsey & Company, September 2016, *Monetizing car data. New service business opportunities to create new customer benefits*, Exhibit 2, p. 11.

¹⁰ Voir *ibid.*, Exhibit 10, p. 24.

¹¹ Voir McKinsey & Company, March 2018, *From Buzz to Bucks – Automotive Players on the Highway to Car Data Monetization*, p. 15.

¹² Deloitte et Fréget & Associés, 9 janvier 2020, *op. cit.*, p. 12.

L'accès aux données, un enjeu clé qui suscite un vif débat

La concurrence est ainsi forte autour de l'accès et du partage des données des véhicules connectés et autonomes entre les acteurs traditionnels du secteur automobile (constructeurs, équipementiers, assureurs, réparateurs, etc.), mais aussi avec les nouveaux acteurs de la mobilité que sont les opérateurs de flottes, les startups de l'intelligence artificielle, les géants du numérique, les fournisseurs de services, etc. Les constructeurs considèrent par exemple devoir supporter seuls une grande partie des investissements dans les capteurs et les systèmes automatisés de conduite qui sont à l'origine de la génération de ces nouvelles données, tandis que les autres acteurs en bénéficient aussi directement.

Conscients de cet enjeu et soucieux de rentabiliser les investissements massifs qu'ils réalisent actuellement pour favoriser le développement de la technologie de conduite autonome, les constructeurs automobiles ont avancé le concept de véhicule étendu (*Extended Vehicle* - ExVe). Ils entendent conserver la propriété de ces données, arguant qu'elles contribuent au fonctionnement du véhicule et qu'elles doivent donc être considérées comme partie intégrante de ce dernier. Le « véhicule étendu » engloberait le véhicule en tant que tel mais aussi les serveurs situés à l'extérieur et qui permettent le fonctionnement de ce dernier. Dans une note de position publiée à la fin de l'année 2016¹³, les constructeurs européens ont fait valoir que ce concept était indispensable pour permettre une gestion technique cohérente des futurs véhicules autonomes et assurer leur sécurité. Les constructeurs soulignent que ce concept n'interdit pas l'accès aux données produites par le véhicule à des tiers mais que cet accès sera rendu possible par les constructeurs.

À l'inverse, les autres acteurs du secteur de la mobilité, notamment les assureurs ou les

réparateurs, dénoncent ce concept en faisant valoir que les données du véhicule doivent rester la propriété des conducteurs. Dans cette perspective, l'association Insurance Europe, AMIC et l'European Automobile Clubs ont lancé une campagne de sensibilisation de l'opinion et des décideurs politiques. Intitulée en anglais « Data4Drivers », cette dernière soulignait les dangers inhérents au fait que les constructeurs auto soient les seuls acteurs à autoriser l'accès à ces données. Ils ont notamment souligné le risque d'une telle approche à la fois pour les consommateurs et surtout pour la concurrence¹⁴. Ils ont plaidé pour qu'un accès direct et universel soit autorisé à l'ensemble des autres acteurs de la mobilité. Cette critique a été reprise par la Commission européenne qui a souligné dans sa stratégie pour le développement de la conduite automatisée publiée en 2018 l'importance de favoriser la libre circulation des données à caractère non personnel¹⁵. Elle a souligné dans cette perspective que le concept de « véhicule étendu » et que la centralisation des données relatives aux véhicules autonomes ne permettaient pas d'assurer une concurrence équitable entre les différents prestataires de services.

En France, le débat est également vif par rapport à ces finalités du traitement des données des véhicules autonomes, ce qui pose la question de l'accessibilité à ces dernières. Les constructeurs s'opposent notamment aux dispositions de la loi d'orientation des mobilités (LOM) adoptée en décembre 2019 qui prévoit un « accès non discriminatoire aux données pertinentes des véhicules pour le développement des services liés au véhicule de réparation, de maintenance, et contrôle technique automobiles, d'assurance et d'expertise automobiles, des services s'appuyant sur la gestion de flottes, des services de distribution de carburants alternatifs (...) et des services innovants de mobilité attachés au véhicule »¹⁶.

¹³ European Automobile Manufacturers Association, 02/12/2016, « Access to vehicle data for third-party services », Position Paper, https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_Position_Paper_Access_to_vehicle_data_for_third-party_services.pdf.

¹⁴ Insurance Europe, 13/12/2016, « Joint statement on access to vehicle data », <https://www.insuranceurope.eu/joint-statement-access-vehicle-data>.

¹⁵ Commission européenne, 17/05/2018, *En route vers la mobilité automatisée : une stratégie de l'UE pour la mobilité du futur*, COM(2018), n°283, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:52018DC0283>.

¹⁶ Article 32, alinéa 6, de la loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités.



Il y a un vrai risque que les données des véhicules soient captées par certains acteurs, soit pour leur usage exclusif soit pour en maximiser la valeur commerciale. L'intérêt général est au contraire d'en permettre un accès équitable à tous les acteurs de l'écosystème afin de favoriser l'innovation et le développement de nouveaux services. Cela implique de rassembler les différentes parties prenantes pour mutualiser les coûts nécessaires à la mise en place de solutions « neutres » d'accès aux données.

Roberto Bolelli, Responsable projets transformation digitale chez Groupama



D'après une étude sur les enjeux économiques et juridiques des données des véhicules connectés réalisée par les cabinets Deloitte et Fréget à la demande du Comité des constructeurs français d'automobiles, cette « régulation *ex ante* n'est ni nécessaire ni justifiée »¹⁷. Il s'agit notamment, selon leur analyse, d'une remise en cause du droit de propriété des constructeurs sur leurs innovations, et de la limitation à un seul modèle économique de l'accès aux données qui serait néfaste pour la concurrence et l'efficacité de ce marché¹⁸ encore émergent. Olivier Sautel, Associé Deloitte Economic Advisory et co-auteur de l'étude, est revenu¹⁹ sur la manière de développer de nouveaux services qui soient économiquement efficaces en termes de variété, de qualité, de prix et aussi de sécurité et de respect de la vie privée.

L'une des questions qui en découle est de savoir s'il faut imposer une régulation d'emblée avec des modalités détaillées, uniformes et non discriminatoires d'accès aux données. Il a alors rappelé les avantages et les risques d'une telle régulation. Celle-ci a un intérêt pour débloquent un marché contrarié ou freiné par un ou plusieurs acteurs ayant une position dominante. Elle a aussi un coût de mise en place et en termes de risques d'erreurs, de freins si le modèle imposé n'est pas le plus efficace, ou encore de dé- incitation des acteurs à développer leurs services.

Les entreprises membres de la communauté ont pour leur part souligné que l'ensemble des données, quelle que soit leur nature et sous réserve du consentement de l'utilisateur, doit être accessible de façon équitable à toutes les

parties prenantes. Cela implique également une parfaite transparence sur les données disponibles. Les choix des utilisateurs du véhicule doivent être rendus réellement effectifs grâce à des modalités fluides et réversibles du recueil de leur consentement. Plusieurs modalités d'accès doivent être prévues afin de préserver la neutralité technologique et d'éviter les situations monopolistiques. Ces accès doivent s'opérer dans des conditions techniques et économiques identiques pour tous les acteurs, du constructeur à l'opérateur indépendant.

Les conditions financières doivent également être raisonnables et compatibles avec le développement de services digitaux innovants. L'accès aux données et aux ressources du véhicule (y compris l'interface homme-machine) doit pouvoir être direct et se faire en temps réel, c'est-à-dire sans délai. Les parties prenantes doivent dans le cadre d'un besoin métier pouvoir accéder aux données essentielles contenues au niveau même des calculateurs. Une approche intersectorielle et coopérative doit permettre de concourir à un objectif partagé de sécurité et de cybersécurité des véhicules. Une réglementation européenne est primordiale, notamment en termes de standards, afin d'asseoir ces principes et une gouvernance neutre.

Si le débat est loin d'être fini, l'avenir de la monétisation des données issues des véhicules autonomes dépendra de la capacité des acteurs de l'écosystème à s'entendre entre eux, mais aussi avec les pouvoirs publics, sur les multiples usages possibles de ces données et leurs limites, notamment en matière de protection de la vie privée des utilisateurs.

¹⁷ Deloitte et Fréget & Associés, 9 janvier 2020, *op. cit.*, p. 3.

¹⁸ Voir *ibid.*, p. 37.

¹⁹ Atelier 5, 03/09/2020, « Les données des véhicules autonomes ».

Un encadrement strict de l'utilisation des données personnelles

L'importance des données dans le fonctionnement des futurs véhicules et services de mobilité autonomes pose la question de la protection des données personnelles des utilisateurs. Dans cette perspective, les données produites par les véhicules autonomes sont soumises au cadre réglementaire en vigueur, principalement la loi dite « Informatique et libertés » en France et le règlement général sur la protection des données personnelles à l'échelle européenne. Ces textes définissent les principes à respecter dans le traitement des données personnelles. Afin d'explicitier ce cadre réglementaire et sa mise en œuvre, la CNIL a élaboré un pack de conformité sur les véhicules connectés qui s'applique aussi aux véhicules autonomes.

La réglementation nationale et européenne sur les données personnelles

La protection des données personnelles liées à l'utilisation des outils informatiques, d'internet et du numérique est encadrée en France par la loi dite « Informatique et libertés »²⁰ adoptée en 1978. Elle a également instauré la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) pour veiller à l'application de ses dispositions. Un large panel de réglementations concernant les données personnelles existe par ailleurs en Europe. Il comprend des dispositions de la Convention européenne de sauvegarde des Droits de l'Homme et des Libertés Fondamentales, la Charte des droits fondamentaux, la directive ePrivacy « vie privée et communications électroniques »²¹, et surtout le règlement général sur la protection des données personnelles (RGPD).

Ce dernier a été adopté par l'Union européenne en 2016 afin de renforcer le respect de la vie privée des consommateurs dans ses pays

membres. Entré en vigueur en mai 2018, il s'applique en cas de traitement, c'est-à-dire de toute opération (collecte, stockage, envoi, manipulation, etc.) portant sur des données à caractère personnel. Il définit des obligations qui s'imposent au responsable du traitement des données, à savoir « la personne qui détermine les finalités ou les moyens du traitement »²², ainsi qu'aux sous-traitants qui agissent au nom ou pour le compte de ce dernier.



D'après ce cadre juridique, une donnée à caractère personnel correspond à « toute information relative à une personne physique identifiée ou identifiable, directement ou indirectement, par référence à un numéro d'identification ou à un ou plusieurs éléments qui lui sont propres »²³. Les données personnelles ne se limitent donc pas seulement aux données nominatives et à celles relatives à la vie privée²⁴. Cela inclut aussi les données techniques si elles peuvent être rattachées à une personne physique. Si toutefois les données font l'objet d'une anonymisation, c'est-à-dire d'un traitement empêchant

²⁰ Loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés.

²¹ Voir Directive 2002/58/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 juillet 2002 concernant le traitement des données à caractère personnel et la protection de la vie privée dans le secteur des communications électroniques.

²² CNIL, octobre 2017, *Véhicules connectés et données personnelles, Pack de conformité*, p. 6.

²³ *Ibid.*, p. 5.

²⁴ Voir GUILBOT Michèle, VASLIN Lucie, ARREGLE, Élise, 2018 « Véhicule connecté, communicant, automatisé et protection des données à caractère personnel des usagers », Congrès ATEC ITS-France, Les rencontres de la mobilité intelligente, Montrouge, p. 2.

leur identification de manière irréversible ou d'une « pseudonymisation » rendant plus difficile d'identifier la personne, alors elles ne sont plus qualifiées de personnelles. Elles ne sont dès lors pas soumises aux dispositions de la loi informatique et libertés ni du règlement général sur la protection des données.

Les principes du traitement des données personnelles

Le RGPD repose sur le principe d'*accountability* qui « désigne l'obligation pour les entreprises de mettre en œuvre des mécanismes et des procédures internes permettant de démontrer le respect des règles relatives à la protection des données »²⁵. Le dispositif insiste également sur les principes de protection des données personnelles dès la conception du produit (« *privacy by design* ») et de protection par défaut (« *privacy by default* »). Ce dernier impose au responsable du traitement d'appliquer des « mesures techniques et organisationnelles appropriées pour garantir que, par défaut, seules les données personnelles qui sont nécessaires au regard de chaque finalité spécifique du traitement sont traitées »²⁶.

De manière générale, la loi Informatique et libertés et le RGPD énoncent cinq grands principes à respecter par le responsable du traitement des données à caractère personnel. Le premier principe touche à la finalité poursuivie à travers le recueil des données (sécurité, aide à la conduite, navigation, maintenance, etc.). C'est au regard de cette finalité qu'est apprécié le deuxième principe de minimisation des données à travers la proportionnalité et la pertinence des informations retenues. Le troisième principe concerne la durée de conservation qui ne peut pas être indéfinie et dépend de la finalité. Le quatrième principe est celui de la sécurité et de la confidentialité, et le cinquième touche au respect des droits des personnes dans l'usage de leurs données (information, accès, rectification, suppression, opposition/

consentement, portabilité, oubli et limitation du traitement etc.).

Le pack de conformité de la CNIL pour les véhicules connectés

L'ensemble de ces principes s'applique au traitement des données personnelles des usagers de véhicules connectés et autonomes. Dans ce contexte, la CNIL a élaboré en 2017 un Pack de conformité sur le sujet. Il énonce des lignes directrices pour aider ces entreprises à mettre en œuvre les mesures de protection des données personnelles récoltées « via les capteurs des véhicules, les boîtiers télématiques ou les applications mobiles »²⁷. Dans ce cas, les données considérées comme personnelles sont celles qui « peuvent être rattachées à une personne physique (conducteur, titulaire de la carte grise, passager, etc.) notamment via le numéro de série du véhicule »²⁸ ou la plaque d'immatriculation. Il peut s'agir des données biométriques, de celles de géolocalisation, des données liées aux usages du véhicule (trajets, style de conduite, etc.) ainsi qu'à ses données techniques (usure des pièces).

Sophie Nerbonne, directrice chargée de co-régulation économique à la CNIL, est revenue auprès de la communauté²⁹ sur l'origine du Pack de conformité. Elle a insisté sur la méthode de travail adoptée à l'époque qui consistait à l'élaborer de manière ouverte en concertation avec les autorités publiques et les professionnels de l'automobile, de l'assurance, des industries électriques, électroniques, et de la communication. Il était utile de laisser de côté les enjeux concurrentiels pour s'attacher à comprendre quels sont les principes de protection des données personnelles et comment les appliquer concrètement aux véhicules connectés. Les objectifs du Pack, qui est un guide de bonnes pratiques, étaient de sécuriser les professionnels dans le lancement d'expérimentations et de faire connaître aux usagers leurs droits.

²⁵ <https://www.cnil.fr/fr/definition/accountability>

²⁶ NIL, octobre 2017, *Véhicules connectés et données personnelles, Pack de conformité*, p. 17.

²⁷ *Ibid.*, p. 4.

²⁸ *Ibid.*, p. 5.

²⁹ Atelier 5, 03/09/2020, « Les données du véhicule autonome ».



Le Pack de conformité analyse en particulier trois scénarios d'usages selon que les données personnelles restent stockées dans le véhicule ou sont transmises au fournisseur de services :

- > le scénario « In-In » quand les données collectées restent dans le véhicule sans transmission au fournisseur de services, par exemple un régulateur de vitesse ;
- > le scénario « In-Out » quand les données sortent pour fournir un service comme avec l'eCall ;
- > le scénario « In-Out-In » quand les données collectées et transmises à l'extérieur reviennent pour déclencher à distance une action dans le véhicule.

La CNIL invite à privilégier le cas d'un traitement local des données au sein même du véhicule qui est plus à même de respecter la vie privée des utilisateurs, et s'avère aussi moins propice aux cyberattaques. Un tel traitement est cependant limité pour des véhicules hautement automatisés dont la technologie embarquée ne pourra accomplir seule les calculs nécessaires sans aide extérieure.

Le but du Pack était plus largement de favoriser au niveau du Comité Européen de la Protection des Données (CEPD) l'adoption d'un référentiel commun aux autorités nationales sous la forme des lignes directrices sur les véhicules connectés et les applications liées à la mobilité³⁰. Selon Thomas Moreau³¹, en charge du secteur transport et mobilités à la direction de la conformité de la CNIL, celles-ci reprennent une grande partie du Pack sur les véhicules connectés et de son équivalent allemand. Il s'agit de recommandations générales de droit souple qui précisent les catégories de données pouvant être collectées, les objectifs et les grands principes de pertinence et de minimisation des données, ainsi que les règles de confidentialité, de sécurité et de transmission des données à des tiers. Elles mettent par ailleurs en avant cinq cas pratiques de traitement des données personnelles : la fourniture de services par un tiers comme l'eCall (voir encadré), les cas d'étude d'accidentologie, la lutte contre le vol des véhicules grâce à leur géolocalisation, et les informations personnelles stockées sur les tableaux de bord des voitures de location.

³⁰ Voir European Data Protection Board, 28/01/2020, *Guidelines 1/2020 on processing personal data in the context of connected vehicles and mobility related applications*, https://edpb.europa.eu/our-work-tools/public-consultations-art-704/2020/guidelines-12020-processing-personal-data-context_en.

³¹ Atelier 5, 03/09/2020, « Les données des véhicules autonomes ».

L'ECALL, UN MODÈLE PERTINENT POUR PENSER LA GESTION

DES DONNÉES ISSUES DES VÉHICULES AUTONOMES ?

Antoine Trarieux, directeur affaires publiques, coordination et suivi des filiales internationales du groupe Inter Mutuelles Assistance (IMA), a présenté³² aux membres de la communauté un retour d'expérience sur le développement du système automatique d'appel d'urgence et d'assistance localisé, baptisé « eCall ». Venu de l'industrie, ce dernier a été rapidement repris et finalement institué en 2018 dans le cadre d'une démarche normative de l'Union Européenne. Ce dispositif a mis vingt ans à voir le jour, dont la moitié consacrée à la mise en place du cadre réglementaire.

En France, la plateforme eCall permet à un véhicule de générer automatiquement ou manuellement un signal d'urgence vers une plateforme de réception. Le signal intègre les données de base du véhicule qui vont être mises en relation en temps réel avec le fichier d'immatriculation des véhicules et le fichier des véhicules assurés afin d'identifier le numéro de la police d'assurance. Les données agrégées sont transmises à une plateforme d'appel qui les transmettra vers différents destinataires, notamment les services de secours. Dans les deux tiers des cas, il n'y a pas de blessé dans le véhicule, ce qui ne supprime pas pour autant le besoin d'assistance. L'idée a donc été d'utiliser le dispositif d'eCall pour pousser les données vers le service d'assistance de l'assureur si l'utilisateur le consent.

Cela a permis d'apporter une solution autofinancée pour l'automobiliste et l'État. Le service est financé par les assureurs qui en bénéficient pour :

- 1 capter la relation avec le client au moment même du déroulement du sinistre ;
- 2 disposer d'un canal digital presque parfait ;
- 3 réaliser des économies par rapport à l'orientation du véhicule vers un réseau de réparateurs agréés.

LeCall constitue la première obligation de connectivité des véhicules. La multiplication de ces véhicules, 70 % du parc à l'horizon 2025, a conduit à l'émergence de nombreux nouveaux acteurs qui jouent un rôle d'intermédiaire entre les données et les assureurs. Selon Antoine Trarieux, la neutralité de ces acteurs pose toutefois question. Elle nourrit un débat à l'échelon européen sur le développement de plateformes neutres pour faciliter l'accès aux données.

³² Atelier 6, 30/09/2020, « L'assurance des véhicules autonomes ».

LeCall permet de tirer plusieurs enseignements pour le développement des véhicules autonomes et plus largement connectés. Il y a tout d'abord un besoin de sécurité et un besoin de pertinence des services proposés. Il y a également des enjeux de conformité, de protection des données et d'interopérabilité à prendre en compte. Les facteurs clés du succès de leCall renvoient à un souci de neutralité dans les partenariats qui peuvent voir le jour. Les intérêts doivent être explicites et clairement exprimés. Les coopérations doivent suivre une logique gagnant-gagnant et apporter la création de valeur économique. Les données permettent également d'envisager de nouveaux services, notamment une capacité à capter des signaux faibles sur l'avant-panne par exemple, afin de permettre la proposition de solutions.

Selon Michèle Guilbot, directrice de recherche en droit à l'Université Gustave Eiffel, leCall constitue également un modèle pertinent de protection des données personnelles pour les enregistreurs de données³³. En effet, une distinction existe entre leCall, qui est un service public d'intérêt général obligatoire pour les constructeurs reposant sur le principe de minimisation des données, et le TPS eCall qui est un service optionnel à valeur ajoutée. Ce dernier s'appuie sur un contrat avec l'acheteur du véhicule et un consentement de l'utilisateur. Il y a notamment une interdiction totale d'échanges de données entre les deux dispositifs.

Au final, la protection des données personnelles est un enjeu majeur à prendre en compte dans la perspective du déploiement des véhicules autonomes. Cette exigence de respect de la vie privée des utilisateurs doit pouvoir se concilier avec la possibilité pour les entreprises d'accéder aux données des véhicules afin de développer de nouveaux produits et services innovants. Pour Sophie Nerbonne de la CNIL, la réglementation sur la protection des données est un catalyseur

garant de sécurité juridique pour savoir qui est responsable de quoi. Elle permet ainsi une meilleure compréhension et lisibilité et apporte de la confiance au niveau des clients et de tout l'écosystème. L'accès aux données est également crucial pour l'identification des causes et des responsabilités en cas d'accident. Cet aspect souligne en creux la montée en puissance d'une autre problématique, souvent sous-estimée, celle de l'assurance des véhicules autonomes.

³³ Atelier 5, 03/09/2020, « Les données des véhicules autonomes ».

QUELLE ASSURANCE POUR LES VÉHICULES AUTONOMES ?

Les données se trouvent au cœur d'une autre révolution provoquée par le développement des véhicules autonomes, celle de l'assurance de ce type de solution de mobilité. Sur le plan juridique, le cadre en vigueur ne constitue pas un obstacle à la mobilité autonome puisqu'il permet d'indemniser les victimes en cas d'accident d'un véhicule autonome. Des difficultés se posent toutefois aux assureurs concernant l'identification des responsabilités et l'accès aux données des accidents. Par ailleurs, l'introduction des véhicules autonomes pose la question de leur impact réel sur les accidents de

la route et sur l'évolution du risque automobile. S'il est possible d'anticiper à moyen et long terme une réduction du nombre d'accidents grâce aux progrès liés à l'automatisation de la conduite, le développement de véhicules autonomes ne fait pas disparaître le risque automobile et même transforme sa nature. Des changements importants touchent dès lors le secteur de l'assurance automobile. Les assureurs se trouvent confrontés à un défi majeur, celui de la réinvention de leur métier et de leur modèle économique à mesure que le marché évolue.

Quel cadre juridique pour l'assurance des véhicules autonomes ?

La réglementation existante en matière de responsabilité civile s'applique sans difficulté pour l'indemnisation des victimes en cas d'accident d'un véhicule autonome. L'établissement des responsabilités s'avère cependant plus délicat avec ce type de véhicule étant donné la multiplication des parties prenantes et la complexité des systèmes automatisés de conduite. L'accès aux données est donc un enjeu important pour les assureurs, ce qui pousse à prévoir la présence d'enregistreurs de données dans les véhicules autonomes.

La responsabilité civile et l'indemnisation des victimes

Le Code des assurances impose une obligation d'assurance pour l'ensemble des véhicules terrestres à moteur. Ce type de véhicule est défini comme « tout véhicule automoteur

destiné à circuler sur le sol et qui peut être actionné par une force mécanique sans être lié à une voie ferrée, ainsi que toute remorque, même non attelée »³⁴. Cette définition devrait permettre de couvrir sans difficulté le déploiement des véhicules autonomes. La Commission européenne a adopté une position similaire en soulignant que la directive relative à l'assurance automobile ne requerrait aucun changement pour accompagner le développement des véhicules autonomes³⁵.

Ces derniers, en tant que véhicules terrestres à moteur, resteront ainsi soumis à une obligation d'assurance. Leur apparition ne pose pas de défi majeur dans le cadre légal de la responsabilité civile en vigueur qui permet la protection des victimes et leur indemnisation en cas d'accident. Celle-ci est régie en France par la loi Badinter³⁶ de 1985. Cette loi, très protectrice, dispose

³⁴ Code des assurances, art. L. 211-1.

³⁵ Commission européenne, 17/05/2018, *En route vers la mobilité automatisée : une stratégie de l'UE pour la mobilité du futur*, COM(2018), n°283, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:52018DC0283>.

³⁶ Loi n° 85-677 du 5 juillet 1985 tendant à l'amélioration de la situation des victimes d'accidents de la circulation et à l'accélération des procédures d'indemnisation.

que toute victime d'un accident impliquant des véhicules terrestres à moteur doit être indemnisée par l'assureur d'un des véhicules. La mise en œuvre de l'assurance n'implique donc pas la notion de contrôle du véhicule et le cadre légal en vigueur permet de couvrir sans difficulté les victimes d'accident, que le véhicule impliqué soit autonome ou pas.

Comme l'a souligné dans son intervention auprès de la communauté³⁷ l'avocate Alexandra Cohen-Jonathan, rapporteur de la commission « véhicules autonomes » du Club des Juristes³⁸, il convient de maintenir au plan civil le principe actuel d'indemnisation de la victime. Il s'agit en effet du meilleur système car tout autre régime nécessiterait pour chaque victime d'engager un procès en responsabilité et de rapporter la preuve de la faute, ce qui serait dissuasif étant donné le coût du procès et l'impossibilité d'accéder facilement aux données du véhicule.

L'établissement délicat des responsabilités en cas d'accident

Si la question de l'indemnisation des victimes ne pose pas sur le principe de difficulté particulière, celle de l'établissement des responsabilités en cas d'accident d'un véhicule autonome constitue un problème épineux. Il incombera notamment aux assureurs la charge de la preuve en matière de responsabilité civile. Or, les véhicules autonomes ne constituent plus uniquement des véhicules individuels, mais des systèmes de systèmes qui sont amenés à communiquer régulièrement avec l'infrastructure. En cas d'accident, il conviendra notamment d'identifier si la responsabilité est imputable à une défaillance du système de conduite automatisé et donc au constructeur ou au fabricant de ce dernier, à un défaut de l'infrastructure connectée et donc à son gestionnaire, ou encore à l'opérateur du véhicule. Pour faire varier le montant de l'indemnisation, les assureurs devront apporter la preuve qu'il y avait bien un conducteur au sein du véhicule au moment de l'accident et démontrer ainsi sa responsabilité dans ce dernier.

La complexité de cette question de l'identification des responsabilités s'accroît encore davantage pour les véhicules autonomes de niveau 3. Ces derniers présentent en effet la particularité de proposer une délégation de la conduite sur des secteurs spécifiques et dans des conditions d'utilisation déterminées. Ils supposent également que le conducteur continue à superviser l'environnement de conduite afin d'être en mesure de reprendre la main au moment opportun. Ce niveau d'automatisation réintroduit donc une forte variabilité liée au comportement humain. Il pose la question du délai d'une éventuelle reprise en main du véhicule, de l'information du conducteur et de sa formation à l'utilisation des systèmes de conduite autonome. Le niveau 3 pose également des questions spécifiques en matière de sécurité.

Selon Michèle Guilbot, directrice de recherche à l'université Gustave Eiffel, l'important dans l'automatisation de la conduite est donc d'être en mesure de déterminer qui du conducteur ou du système fait quoi, où et quand, afin de pouvoir apprécier les liens de causalité et d'imputer les responsabilités en cas d'accident. Pour répondre à ces questions, des enregistreurs de données sont nécessaires pour, d'une part, clarifier si le système de délégation de conduite était ou pas activé au moment des faits et, d'autre part, fournir des éléments sur son fonctionnement et tracer les actions avant l'accident.

Accès et enregistrement des données des véhicules

La complexité de l'établissement des responsabilités en cas d'accident des véhicules autonomes a conduit les assureurs à militer pour accéder aux données des systèmes automatisés de conduite. La loi d'orientation des mobilités (LOM) adoptée à la fin de l'année 2019 permet aux entreprises d'assurance et aux fonds de garantie des assurances d'accéder aux données relatives à la délégation de conduite en cas d'accident³⁹.

³⁷ Atelier 1, 28/04/2020, « Le droit des véhicules autonomes ».

³⁸ La commission « véhicules autonomes » du Club des Juristes a été créée en 2019 et est présidée par Louis Schweitzer. Son but est de faire une compilation des connaissances sur le sujet et de réfléchir à ce que devraient être les éventuelles modifications du droit pour qu'il ne soit pas un obstacle au développement technique et économique des véhicules à délégation de conduite.

³⁹ Art. 32-3 de la loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités.



L'utilisation de ces dernières reste réservée exclusivement à l'exécution du contrat d'assurance. Des discussions sont également en cours afin d'accroître la durée de stockage des données sinistres. Le gouvernement, suivant les recommandations de la profession, envisagerait d'aligner les durées de stockage sur les durées de prescription, cinq ans pour les sinistres matériels et dix ans pour les sinistres corporels. Des débats existent aussi pour recentrer la future ordonnance de la LOM sur l'accès aux données des véhicules, prévue pour 2021 en accord avec l'évolution de l'agenda européen, sur les seules données sécuritaires.

Michèle Guilbot a présenté⁴⁰ la réglementation internationale et européenne en matière d'enregistrement des données des véhicules automatisés. Le règlement de l'ONU sur les systèmes automatisés de maintien dans la voie (*Automated Lane Keeping Systems – ALKS*) adopté en juin 2020⁴¹ autorise l'homologation et la circulation dans certaines circonstances d'un véhicule à délégation de conduite de niveau 3. Parmi les conditions prévues, il y a notamment l'obligation d'avoir un enregistreur opérationnel sous la forme d'un système de stockage

des données pour la conduite automatisée (*Data Storage System for Automated Driving – DSSAD*). Ce dernier permettra de déterminer qui est chargé de la tâche au moment des faits et de la supervision de la fonction, le conducteur ou le système. Il introduit également l'obligation d'avoir un système pour reconnaître la situation (présence, disponibilité, attention, vigilance) du conducteur.

Par ailleurs, la réglementation européenne prévoit l'installation d'un autre type de boîtier, l'enregistreur de données d'événements (*Event Data Recorder – EDR*). En effet, il existe un règlement « réception » cadre de mai 2018 qui vient juste d'entrer en application. Un autre règlement de novembre 2019 relatif à la réception et à l'homologation des véhicules et de leurs équipements sera applicable en 2022. Ce dernier prévoit aussi un enregistreur de données d'événements et un avertisseur de somnolence, de perte d'attention et de distraction du conducteur. La France soutient la généralisation des enregistreurs de données d'événements pour les véhicules autonomes de niveau 3 ou supérieurs⁴².

⁴⁰ Atelier 5, 03/09/2020, « Les données des véhicules autonomes ».

⁴¹ Nations unies, Commission économique pour l'Europe, Comité des transports intérieurs, Forum mondial pour l'harmonisation des Règlements concernant les véhicules, 6 avril 2020, *Proposition de nouveau Règlement ONU énonçant des prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules en ce qui concerne leur système automatisé de maintien dans la voie*, ECE/TRANS/WP.29/2020/81.

⁴² Gouvernement français, mai 2018, *Développement du véhicule automatisé. Orientations stratégiques pour l'action publique*, p. 63.



« Crocodile » *Black Mirror*

Black Mirror est une série télévisée britannique créée par Charlie Brooker et diffusée depuis 2011. Elle présente dans chaque épisode indépendant une vision dystopique des nouvelles technologies. Le titre fait en effet référence à un écran noir (de télévision, d'ordinateur, de téléphone portable etc.) dans lequel se reflète les individus qui le regardent. Adoptant un ton volontairement sombre et angoissant, la série met en scène les dérives des nouvelles technologies mais aussi et surtout de leurs utilisateurs.

L'épisode 3 de la saison 4, intitulé « Crocodile », se déroule en Islande. Rentrant de boîte de nuit alcoolisés, Rob et Mia roulent au petit matin sur une route déserte lorsqu'ils percutent un vélo, tuant le cycliste sur le coup. Complètement paniqué, Rob qui conduisait la voiture convainc Mia de faire disparaître le corps en le jetant dans la mer et de repartir sans rien dire à personne. Cet accident est le point de départ de l'intrigue qui se déroule 15 ans plus tard.

Elle se centre autour de Mia devenue une architecte reconnue et une mère de famille. À la suite d'un colloque en ville où elle est intervenue, Mia reçoit le soir dans sa chambre d'hôtel son ancien compagnon. Alors qu'ils évoquent leur nouvelle vie, Rob fait part à Mia de sa culpabilité et de sa volonté de dévoiler ce qu'ils ont fait dans une lettre anonyme à la femme du cycliste mort. Mia s'y oppose au contraire par peur qu'ils soient retrouvés par la police et que sa vie actuelle soit bouleversée. Dans leur dispute, Mia finit par tuer Rob pour éviter qu'il ne parle. Au même moment, un véhicule autonome de livraison de pizzas renverse et blesse un piéton dans la rue devant l'hôtel.

L'épisode pose la question de l'enregistrement d'informations à notre insu par les nouvelles technologies et de leur utilisation pour déterminer les responsabilités en cas d'accident

ou de crime. Le thème du véhicule autonome en tant que tel est peu présent puisque l'intrigue se noue principalement autour d'un autre type de technologie, à savoir des capteurs reliés à un boîtier appelé « remémorateur » (« *recaller* » en anglais) qui, appliqués sur les tempes d'une personne, permettent de visionner ses souvenirs.



Shazia, une employée de la compagnie d'assurance de l'homme blessé par le véhicule autonome, est en effet chargée d'enquêter sur l'accident. Vu que la caméra de surveillance de la rue a été vandalisée et que celle du véhicule autonome était également hors-service, elle interroge l'homme blessé à l'aide du remémorateur. Elle cherche grâce à ses souvenirs à démontrer la négligence de l'entreprise de livraison Fences Pizza et à obtenir des indemnités pour celui-ci. En utilisant le remémorateur, Shazia parvient à remonter la chaîne des différents témoins dont Mia qui a vu la scène depuis sa chambre



d'hôtel. Elle est en fait le seul témoin direct de l'accident qui est en mesure de témoigner de la vitesse du véhicule et des circonstances du choc. L'enquêtrice d'assurance décide donc d'aller la voir directement chez elle pour boucler son enquête au plus vite, ce qui lui permettra si elle y réussit en moins de 24h de doubler sa prime.

Fidèle au caractère dystopique de la série, l'épisode met en scène un véhicule autonome qui est loin d'être sans danger et parfaitement fiable. Il est en effet à l'origine d'un accident avec un piéton et une partie de son équipement (la caméra avant) était hors-service, l'assurance soupçonnant une négligence de l'entreprise dans l'entretien du véhicule. L'originalité de la technologie présentée réside non pas dans le véhicule autonome mais dans le « remémorateur », cet appareil qui permet de visualiser les souvenirs.

L'épisode permet ainsi d'aborder la question de l'enregistreur de données, qui n'est autre ici que le cerveau humain, et de l'utilisation des informations pour déterminer les responsabilités civile et pénale en cas d'accident. Il met notamment en exergue l'enjeu du tri des données. En effet, le remémorateur ne permet pas de distinguer dans les différents souvenirs et de se concentrer uniquement sur l'objet de la recherche, à savoir la scène d'accident. Du point de vue de la protection des données personnelles, cela pose la question de la finalité du traitement et de la minimisation des données collectées.

Accidentologie et véhicule autonome

Outre ces problématiques juridiques sur l'indemnisation et l'établissement des responsabilités, le développement de la conduite autonome devrait également se traduire par des changements importants en matière d'accidentologie. Malgré la promesse initiale de sécurité, l'effet concret du déploiement des véhicules autonomes sur la réduction du nombre d'accidents apparaît très limité, en particulier lors la phase de cohabitation entre ces derniers et les véhicules traditionnels. En outre, la généralisation de véhicules de plus en plus automatisés est à l'origine d'une évolution du risque et de la nature des sinistres automobiles.

Une promesse de sécurité en débat

L'engouement généré par les développements du véhicule autonome a été notamment rendu possible par une promesse marquante : la disparition des accidents automobiles. Cette promesse reposait sur un postulat simple. L'essentiel des accidents automobiles étant imputable à des erreurs humaines, l'exclusion de l'humain de l'activité de conduite devait permettre in fine de réduire d'une manière très significative le nombre d'accidents. Cette promesse a été mise en avant par les grands acteurs du secteur comme l'un des principaux vecteurs d'attractivité pour le développement du véhicule autonome.

Les premières études réalisées sur la question ont mis en avant une forte baisse du nombre d'accidents, rendue possible par la généralisation de véhicules autonomes de niveau 5. L'agence américaine chargée de la sécurité routière (*National Highway Traffic Safety Administration* – NHTSA) table ainsi sur une baisse des accidents de 94 %⁴³. D'autres études soulignent que la baisse de la sinistralité sera notable dès les premiers niveaux d'autonomie⁴⁴. Elles s'appuient pour cela sur l'impact positif des

dispositifs anticollision qui se généralisent d'ores et déjà dans les mécanismes d'aide à la conduite et qui permettent une réduction du nombre d'accidents.

Le premier accident de véhicule autonome impliquant un piéton, celui d'Uber au mois de mars 2018 en Arizona, a toutefois conduit à une prise de conscience sur les risques que présente encore la technologie de conduite autonome. La promesse initiale d'une réduction quasi complète des accidents de la route a ainsi fait l'objet d'une série de critiques de plus en plus marquées. La première porte sur le postulat initial selon lequel l'exclusion de l'humain permettrait mécaniquement de réduire le nombre d'accidents. L'Institut de l'assurance pour la sûreté des routes américaines (*Insurance Institute for Highway Safety* – IIHS) a ainsi mené une étude sur les rapports d'accidents aux États-Unis⁴⁵. Elle estime au contraire que seulement 34 % de ces accidents seraient directement liés à une erreur du conducteur, les autres relevant de multiples erreurs ou de défaillances techniques n'étant pas uniquement imputables au conducteur.



⁴³ U.S. Department of Transportation, 2018, *Preparing for the future of transportation: Automated vehicles 3.0*.

⁴⁴ BCG, Morgan Stanley, 29/09/2016, *Motor Insurance 2.0*.

⁴⁵ MUELLER, Alexandra S., CICCINO, Jessica B., ZUBY, David S., May 2020, « What humanlike errors do autonomous vehicles need to avoid to maximize safety ? », IIHS.



ALEXANDRA MUELLER (IIHS)

Chercheuse à l'Insurance Institute for Highway Safety (IIHS)

Alexandra Mueller a rejoint l'Institut en 2017. Elle y développe des recherches sur l'utilisation et la sûreté des technologies d'assistance à la conduite, sur le véhicule autonome et sur le comportement des conducteurs âgés. Elle a coréalisé en mai 2020 une étude remarquable sur les causes des accidents automobiles aux États-Unis intitulée « What humanlike errors do autonomous vehicles need to avoid to maximize safety ? ». Elle résume dans l'extrait suivant d'une interview réalisée pour la communauté les principaux résultats de l'étude.

« Le but de cette étude était de développer des directives de conception pour les programmes de conduite automatisée afin d'aider les véhicules autonomes à réaliser leur potentiel de sécurité. Il est communément admis que, comme l'erreur humaine est un facteur contributif dans la plupart des accidents, les véhicules autonomes devraient être implicitement plus sûrs que les humains en supprimant le conducteur et en ayant une meilleure perception de l'environnement routier. Notre analyse montre que ces facteurs à eux seuls ne garantiront pas l'élimination de la plupart des accidents. Nous avons constaté qu'un nombre important d'accidents sont dus à des décisions intentionnelles du conducteur, telles que les excès de vitesse et les manœuvres illégales. Si la façon dont les gens conduisent aujourd'hui est un indicateur des risques que nous acceptons collectivement et tacitement, alors il est probable que les concepteurs et les programmeurs soient poussés par les consommateurs, la société et les entreprises à les intégrer dans le processus de conception des véhicules autonomes, en allant à l'encontre des protocoles qui donnent la priorité à la sécurité. Les véhicules autonomes ne seront pas plus sûrs si leurs concepteurs intègrent les mêmes compromis décisionnels que ceux actuellement réalisés par les conducteurs humains. »⁴⁶

⁴⁶ Interview réalisée le 25/06/2020 par visioconférence, traduite de l'anglais par nos soins.

La seconde critique concerne une absence de prise en compte de l'effet des premiers niveaux d'automatisation. À court terme, l'introduction de systèmes d'assistance à la conduite de plus en plus poussés, notamment de niveau 3, présente le risque d'accroître le nombre d'accidents. En effet, l'obligation faite au conducteur de reprendre la main interroge sur les conditions de sécurité d'une telle procédure. Ce constat a notamment conduit Waymo à recommander en 2017 l'abandon des travaux consacrés au niveau 3, jugé trop dangereux, pour se focaliser uniquement sur des véhicules de niveau 4. Marc Rigolot, directeur de la Fondation MAIF, a rappelé lors des échanges⁴⁷ que le niveau 3 impose une supervision de la conduite par le conducteur, ainsi qu'une supervision cognitive du conducteur par le véhicule pour s'assurer qu'il soit en mesure de reprendre la main rapidement. Les travaux menés par la Fondation MAIF montrent qu'il faut davantage que 4 secondes au conducteur pour reprendre en main le véhicule et être en mesure de faire face à des situations complexes.

La troisième critique à l'encontre de la promesse d'une baisse des accidents porte plus spécifiquement sur la cohabitation entre les véhicules classiques et autonomes pendant les premières années de déploiement. Cette période de transition pourrait se traduire par une hausse du nombre d'accidents, imputables en partie à la difficulté des autres usagers de la route à anticiper le comportement d'un véhicule autonome ou la tendance de certains d'entre eux à adopter des attitudes imprévisibles, voire mal intentionnées, à l'égard d'une voiture sans conducteur⁴⁸. Comme l'a souligné Yann Arnaud, Directeur réponses besoins sociétaux et innovation de la MACIF, les assureurs notent déjà une augmentation des accidents à la suite de l'utilisation de certains dispositifs d'aide à la conduite. Connus sous le nom de « syndrome du péage », ce dernier met en évidence la difficulté des conducteurs humains à anticiper le comportement des systèmes autonomes, ce qui peut conduire à de nouveaux accidents.

Une dernière critique plus philosophique souligne la tendance à sous-estimer la capacité de l'humain à faire face à des situations complexes de conduite et à les anticiper. Souvent, les conducteurs évitent tout un tas d'accidents sur la base d'une simple intuition. Formateur à l'École de conduite française, Gérard Hernja a rappelé⁴⁹ que la plupart des décisions du conducteur sont moins prises en fonction des règles que de ce qu'il juge normal ou pas de faire dans des circonstances données. À l'inverse, l'apprentissage de la conduite par un véhicule autonome est fondé sur la somme des situations qui lui est soumise. Dès lors, la capacité à agir selon le normal plutôt que par rapport aux règles est une difficulté pour ce dernier, d'autant plus lorsqu'il lui faudra prendre en compte la singularité des situations et la diversité des personnes sur la route. Avec le développement de la conduite autonome, il y a moins d'erreurs humaines mais également moins d'adaptation des véhicules aux comportements plus ou moins prudents des autres usagers, ce qui pourrait impacter négativement le nombre global d'accidents pendant la phase de cohabitation.

L'évolution du risque et de la nature des sinistres automobiles

Outre l'augmentation possible du nombre d'accidents, l'avènement de la conduite autonome entraîne une transformation et une complexification du risque et de la nature des sinistres. En effet, l'automobile traditionnelle est marquée par la prédominance d'un risque de fréquence, c'est-à-dire la répétition de sinistres tels que des accidents de la route. À l'inverse, le déploiement du véhicule autonome pourrait conduire à un risque plus volatil, moins fréquent, mais d'un coût beaucoup plus élevé du fait du prix des technologies autonome. Un risque sériel, c'est-à-dire ayant une même origine et affectant plusieurs objets comme un modèle de voiture, pourrait ainsi voir le jour.

⁴⁷ Atelier 6, 30/09/2020, « L'assurance des véhicules autonomes ».

⁴⁸ MOORE, Dylan, CURRANO, Rebecca, SHANKS, Michael, SIRKIN, David, March 2020. « Defense Against the Dark Cars: Design Principles for Griefing of Autonomous Vehicles », *Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 201-209.

⁴⁹ Atelier 3, 04/06/2020, « Mobilité inclusive et véhicules autonomes ».

Éric Marchandise, directeur général de BNP Paribas Cardif qui fait partie de la communauté, a par exemple souligné⁵⁰ lors des échanges que la possibilité pour l'assureur de se retourner contre le constructeur en cas de défaillance du système automatisé de conduite va faire émerger des risques de plus en plus systémiques qui seront assez difficiles à assurer. Les risques ne seront également pas stables dans le temps, par exemple en matière de cybersécurité avec une ou des attaques pouvant survenir à tout instant, ce qui pose un défi pour la maîtrise du risque par les assureurs.

Selon Florence Picard, actuaire et responsable du Centre de veille et de prospective de l'Institut des actuaires, le véhicule autonome tend ainsi à remplacer un risque humain par un risque technologique, en introduisant un risque cyber et logiciel, qui complexifie l'accès aux données explicatives des sinistres et nécessite de nouveaux accords entre acteurs pour éviter les recours en responsabilité. Ce nouveau type de risque limite également les

capacités de mutualisation et pose une nouvelle problématique en matière d'indemnisation des victimes d'accident qui sont indemnisées en France grâce au fond de garantie des assurances obligatoires de dommages.

Les assureurs se sont aujourd'hui organisés pour diminuer le temps d'indemnisation des victimes, notamment grâce à la convention d'indemnisation directe de l'assuré (IDA). Or, selon Florence Picard, la responsabilité étant éclatée entre différents acteurs dans le cas des véhicules autonomes, la question se pose de la réalisation de protocoles d'indemnisation forfaitaire entre assureurs. Il y a donc un véritable sujet d'organisation des acteurs pour réduire le temps d'indemnisation des victimes alors même que l'identification des responsabilités s'avérera très complexe. De ce fait, la matière assurantielle est amenée à changer radicalement puisque le développement de la conduite autonome fait évoluer la cause, la fréquence et la gravité des sinistres automobiles.

⁵⁰ Atelier 1, 28/04/2020, « Le droit des véhicules autonomes ».

Quelles évolutions pour le secteur de l'assurance automobile ?

L'émergence du véhicule autonome se traduit également par une série de changements de fond pour le secteur de l'assurance automobile. Les assureurs font d'abord face à un certain nombre de défis quant à l'évolution de leur métier, du fait notamment de l'importance nouvelle prise par les données et leur maîtrise pour calculer le risque et la prime d'assurance. Ces transformations n'épargnent pas le marché de l'assurance automobile et poussent aussi les assureurs à envisager une transformation de leur modèle d'affaires. Elles sont également à l'origine de l'émergence de nouveaux acteurs sur le marché.

Des défis majeurs pour les assureurs

Fabien Faivre, directeur valorisation des données à la MACIF, a expliqué les besoins d'un assureur par rapport à ces dernières. Elles servent, d'une part, à comprendre les responsabilités en cas d'incident ou d'accident et, d'autre part, à proposer de services dérivés d'assurance, par exemple en matière de prévention. L'intérêt ne porte pas sur l'intégralité des données brutes du véhicule mais sur des données raffinées et standardisées entre les différents constructeurs.

Concernant le premier point, il sera important pour un assureur de comprendre l'efficacité des différents systèmes d'aide à la conduite autonome en ayant accès aux équipements pour savoir s'ils sont activés ou non et retrouver le contexte en cas d'incident. Il y aura cependant une brisure d'historique dans les statistiques des accidents avec l'arrivée de cette nouvelle technologie. Il faudra que les assureurs soient en capacité d'anticiper l'impact de son introduction alors qu'elle restera en même temps marginale dans le parc de véhicules en circulation. L'appréciation du risque constitue donc un enjeu central pour le développement d'une offre assurantielle adaptée aux véhicules autonomes. Il s'agit en particulier

de définir de nouvelles méthodologies de calcul du risque, éventuellement en ayant recours à la simulation plutôt qu'à une analyse historique et statistique du comportement des conducteurs et des accidents. Ce défi pose la question du développement de nouvelles capacités techniques et analytiques de traitement des données pour apprécier l'évolution du risque automobile. Les assureurs devront par exemple être en mesure de comprendre le fonctionnement d'un logiciel et son interaction avec d'autres logiciels.

Concernant le calcul de la prime d'assurance d'un véhicule autonome, le règlement sur les systèmes automatisés de maintien dans la voie (ALKS) adopté en juin 2020 permet déjà d'anticiper certains aspects. Selon Nicolas Rodriguez⁵¹, chercheur en droit au sein de l'institut VEDECOM, le règlement impose au véhicule un comportement a minima semblable à celui d'un « conducteur humain, compétent et prudent »⁵² pour réduire les risques. Il prévoit que le système soit « exempt de risque déraisonnable pour les occupants du véhicule et les autres usagers de la route »⁵³. Ces premières indications permettent de circonscrire, à défaut de définir précisément, le montant de la prime pure qui personifie le risque engendré par un véhicule à délégation de conduite. L'évaluation de la provenance du sinistre est donc envisageable. Si un constructeur ne régent pas son système de conduite à l'aune de ces normes, une action récursoire pourrait être envisagée.

Pour ce qui est de la réduction-majoration de la prime, la réalisation d'un sinistre fait que ce dernier doit impacter l'ensemble de la flotte de véhicules et non plus le seul véhicule ou conducteur impliqué. À l'inverse, considérer qu'un sinistre n'a pas d'impact sur le tarif appliqué à une flotte de véhicules autonomes revient à considérer un gel de la prime d'assurance. Le mécanisme de réduction-majoration ne peut donc s'appliquer de la même manière pour les

⁵¹ Atelier 6, 30/09/2020, « L'assurance des véhicules autonomes ».

⁵² Nations unies, Commission économique pour l'Europe, Comité des transports intérieurs, Forum mondial pour l'harmonisation des Règlements concernant les véhicules, 6 avril 2020, *Proposition de nouveau Règlement ONU énonçant des prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules en ce qui concerne leur système automatisé de maintien dans la voie*, ECE/TRANS/WP.29/2020/81, point 5.2.5., p. 9.

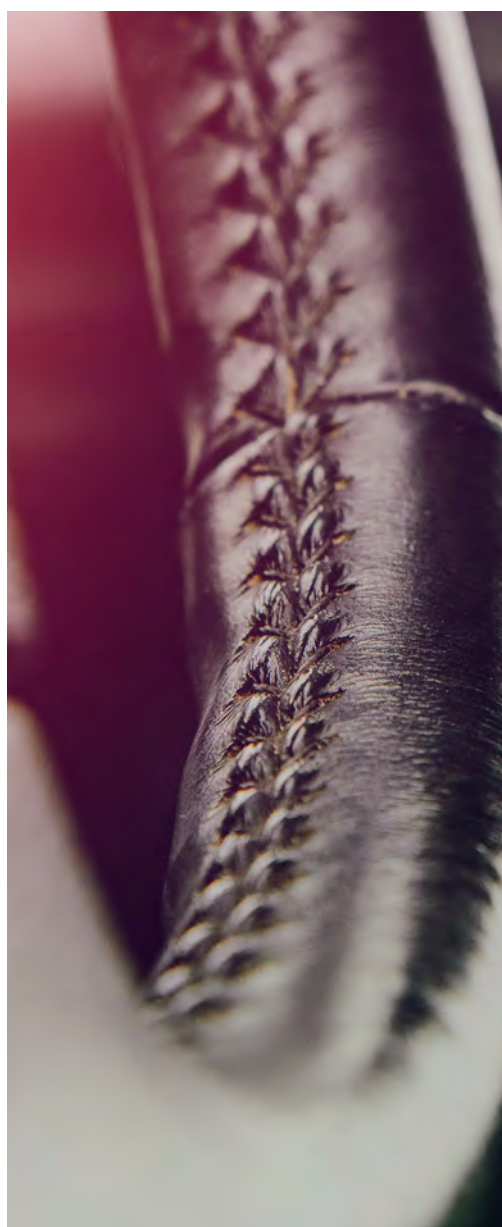
⁵³ *Ibid.*, point 5.1.1.1., p. 7.

véhicules autonomes que pour les véhicules classiques. D'après Nicolas Rodriguez, cela peut conduire à un double calcul de la prime d'assurance : un qui prévaudrait pour la conduite humaine et un pour la conduite autonome. L'assureur devrait alors subdiviser le risque entre celui engendré par le conducteur et celui engendré par le véhicule. Cette évolution nécessitera d'évaluer le niveau de risque induit par la conduite humaine par rapport au système de conduite autonome et de le corrélérer au temps d'utilisation de ce dernier. Cependant, il apparaît pour l'heure difficile de diviser l'assurance du véhicule de celle du conducteur alors même qu'une supervision de la conduite est encore exigée pour un véhicule autonome de niveau 3.

Le développement des véhicules autonomes pose en tout cas des questions essentielles pour les assureurs, car elles touchent au calcul du risque automobile et de la prime d'assurance, et surtout à la possibilité d'une mutualisation. Ce constat général ouvre la porte à une disruption du marché de l'assurance marqué par l'évolution du modèle d'affaires des assureurs et l'apparition de nouveaux acteurs.

Une évolution du marché et du modèle d'affaires des assureurs

Les rapports publiés sur les changements que provoquera l'émergence des véhicules hautement automatisés pour le marché assurantiel font état d'une baisse tendancielle du volume des primes d'assurance⁵⁴. Cette baisse varie en fonction des scénarios retenus et des études, mais elle est évaluée entre 15 à 84 % à l'horizon 2040⁵⁵. Deux raisons principales sont invoquées pour expliquer ce potentiel recul. La première concerne la baisse du nombre d'accidents, même si celle-ci reste très hypothétique, et la réduction de l'importance de ces accidents grâce à l'accroissement de la sécurité des véhicules. La seconde raison concerne l'émergence de la mobilité partagée qui pourrait se traduire par une réduction du taux de motorisation des ménages.



Ces tendances devraient se traduire à terme par des évolutions importantes dans le modèle d'affaires des assureurs concernant, d'une part, une tarification adaptée en fonction du niveau d'automatisation et, d'autre part, la réorientation progressive de leur activité. Comme l'a expliqué Joseph Delawari, de la pratique « *Future of Mobility* » de Deloitte, cette dernière devrait en

⁵⁴ Deloitte, 2017, *Autonomous vehicles and the insurance industry*, Closerlook.

⁵⁵ BCG, Morgan Stanley, 29/09/2016, *Motor Insurance 2.0*.



effet passer d'un modèle centré sur l'assurance individuelle de conducteurs particuliers (*business to consumer* – B2C) à une assurance collective des opérateurs de flottes de véhicules autonomes, donc un modèle économique plutôt axé *business to business* (B2B). Une assurance au kilomètre est également envisageable. Les tarifs devraient pouvoir être instantanés et offrir une couverture variable, par exemple en fonction du nombre de kilomètres parcourus. Certains professionnels du secteur soulignent ainsi l'importance de faire évoluer le mix de leurs produits assurantiels pour leur permettre d'accompagner le développement de la mobilité autonome.

L'émergence de nouveaux acteurs

La problématique centrale des données des véhicules autonomes et de leur traitement a poussé à l'apparition de nouveaux acteurs sur le marché de l'assurance automobile tels que les géants du numérique et les constructeurs. Ces derniers disposent en particulier de l'avantage de maîtriser la technologie et surtout d'avoir d'accès directement aux données des véhicules. C'est

par exemple le cas de Tesla qui du fait de cette connaissance et du coût des pièces détachées est en mesure de proposer une assurance 20 % moins chère que le reste du marché. Selon Florence Picard, la problématique des accidents corporels devrait toutefois être décisive dans cette évolution du marché. Ceux-ci imposent en effet des délais d'indemnisation ainsi que des fonds propres élevés. Tant que le véhicule complètement autonome n'aura pas vu le jour, les constructeurs ont peu d'intérêt à s'embarquer dans des contentieux longs et compliqués.

Il n'en demeure pas moins que cette évolution du marché expose les assureurs traditionnels à un défi majeur. Comme le rappelait Fabien Faivre de la MACIF, le véhicule autonome se trouve à l'intersection de nombreuses transformations pour ces derniers. La question se pose donc du moment où ces transformations se concrétiseront et du degré d'efforts que les assureurs doivent consentir pour s'y préparer. Pour le moment, la plupart des acteurs du secteur privilégient une attitude attentiste face à ces incertitudes. Les logiques de court terme empêchent de mener des investissements massifs.

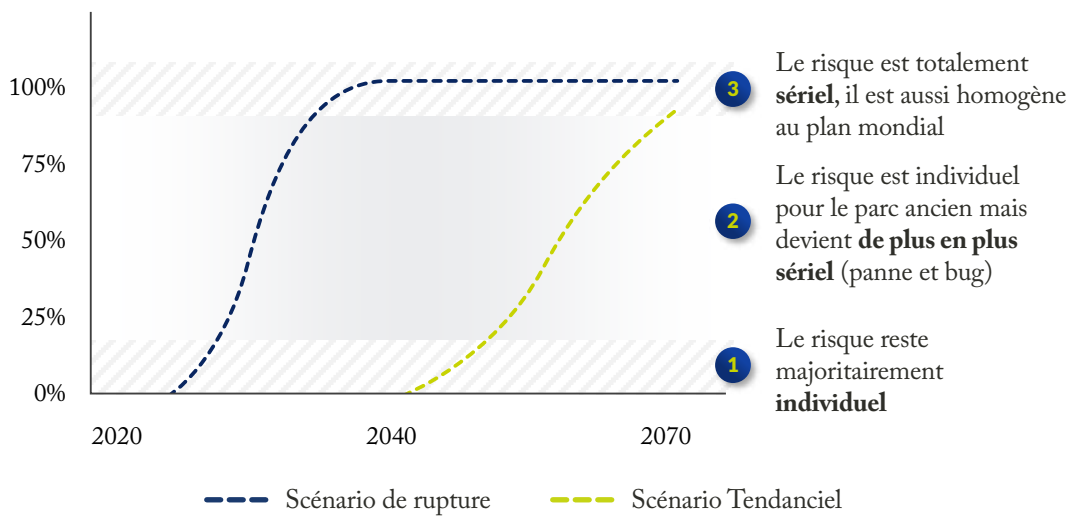


D'après la MACIF, trois grandes étapes peuvent néanmoins être considérées en fonction du taux de pénétration des véhicules autonomes sur le marché :

- 1** une première étape, où le taux de pénétration est faible, le risque reste individuel et la fréquence des sinistres est en baisse. En revanche, une augmentation des coûts peut être envisageable, notamment du fait du besoin de certification plus important des équipements automobiles, du coût des pièces et du manque de maîtrise des réparateurs indépendants. Des coûts de gestion sont également impactés, du fait notamment du manque d'experts ;
- 2** une seconde étape, avec un taux de pénétration plus élevé, le risque individuel demeure pour le parc ancien, mais le risque sériel se développe pour le parc neuf. La fréquence des sinistres continue à diminuer et les coûts à progresser du fait de la sophistication croissante des nouveaux véhicules et d'une raréfaction

du parc roulant classique, qui entraîne une raréfaction des pièces. Le modèle assurantiel est alors susceptible d'évoluer drastiquement avec un changement dans la typologie des risques, la fin des systèmes conventionnels classiques, une gestion complexe des ressources, notamment en matière d'expertise. Cela pourrait se traduire par une évolution vers une logique d'expertise qui prévaut dans le secteur aéronautique avec les boîtes noires ;

- 3** une troisième étape avec une majorité de véhicules autonomes qui voit le risque devenir majoritairement sériel, une fréquence très basse avec un coût moyen très élevé qui peut se rapprocher de ceux observables en matière de catastrophes naturelles. Cela pourrait se traduire par une absence d'assurance ou par la prédominance d'acteurs mondiaux qui seront les seuls en mesure de mutualiser le risque. Il y aurait toujours au niveau local de la place pour des acteurs simplement chargés de la gestion de sinistres.



Évaluation des impacts pour l'assurance des véhicules autonomes⁵⁶

Il apparaît difficile pour un assureur de faire face seul à ces évolutions. La notion de partenariat apparaît donc essentielle avec des investissements massifs à réaliser en matière de gestion des données et d'élaboration des nouveaux produits assurantiels. L'enjeu de l'accès et du traitement des données confirme la nature écosystémique du véhicule autonome. Elle induit une redéfinition des jeux d'acteurs et l'apparition de nouveaux rapprochements stratégiques. L'assureur Axa, qui

a noué en 2018 un partenariat avec le constructeur Navya pour accompagner le développement de ses navettes autonomes, en constitue un exemple. L'ampleur des transformations causées par le développement des véhicules autonomes ne se limite néanmoins pas aux seuls assureurs. Elle engendre aussi un bouleversement du secteur de la mobilité qui oblige l'ensemble des acteurs à changer de stratégie et de modèle économiques pour s'adapter à son arrivée.

⁵⁶ MARESCAUX Nicolas (MACIF), 14/12/2020, « Quel cadre législatif pour la conduite autonome ? », intervention dans le Meetup Voiture Connectée et Autonome de Leonard (Vinci).

VÉHICULES AUTONOMES, VERS UN BOULEVERSEMENT DU SECTEUR DE LA MOBILITÉ

Les travaux autour du véhicule autonome s'inscrivent dans le cadre d'un bouleversement plus général du secteur de la mobilité, souvent résumé aux « trois révolutions »⁵⁷ que sont l'électrification des véhicules, l'automatisation de la conduite, et la mobilité servicielle. Ces révolutions se traduisent par une mutation de la manière même dont les acteurs doivent envisager la production de leur nouveaux véhicules et services de mobilité autonome. C'est en effet l'ensemble du processus de conception qui est bouleversé. La question des financements et des modèles d'affaires qui présideront au développement des véhicules autonomes se pose également de manière aiguë même si des tendances se dessinent en fonction du type de véhicule considéré. Ce changement de paradigme se traduit enfin par une évolution rapide de l'écosystème mondial de la mobilité autonome avec, comme cela a déjà été mentionné, l'arrivée de nouveaux acteurs. Après une première phase

d'effervescence, une consolidation du secteur de la mobilité autonome est notable. Elle s'accompagne d'une mutualisation des coûts et d'une stratégie de rapprochement entre les différentes entreprises impliquées. La France présente pour sa part un positionnement original qui lui permet de s'appuyer sur un riche écosystème d'acteurs autour du véhicule autonome.



Aujourd'hui, il convient de montrer des choses qui fonctionnent et qui témoignent d'une évolution marquée de l'écosystème de la mobilité. Le véhicule autonome pose ainsi trois grandes questions, celle du financement de ces mobilités et de la valorisation d'une spécificité européenne, celle du partage de la valeur créée, celle de la difficulté à faire collaborer des gens avec une culture différente.

Guillaume Crunelle, Associé et responsable
secteur Automobile chez Deloitte



D'une logique de produit à une logique de service

Le véhicule autonome pourrait synthétiser dans un objet unique ces trois « révolutions »⁵⁹ de la mobilité, conduisant à un bouleversement du secteur automobile⁶⁰ et de la mobilité au sens large⁶¹. L'électrification et l'autonomisation des véhicules ouvrent en effet la voie au développement de la mobilité comme service (*Mobility as a Service – MaaS*)⁶². Dans ce cadre, il s'agit non plus de penser la voiture comme un bien

individuel qui serait possédé par le conducteur, mais de l'envisager comme un outil partagé au service de plusieurs utilisateurs ayant à leur disposition une diversité de solutions de mobilité. Cette nouvelle appréhension de la mobilité a été popularisée avec le développement d'entreprises de transport à la demande comme Uber ou Lyft.

⁵⁷ SPERLING, Daniel, 2018, *Three Revolutions: Steering Automated, Shared, and Electric Vehicles to a Better Future*, 2nd edition, Island Press.

⁵⁸ Conseil d'orientation, 22/09/2020.

⁵⁹ SPERLING, Daniel, 2018, *op. cit.*

⁶⁰ SPREI, Frances, 2018, « Disrupting Mobility », *Energy Research & Social Science*, vol. 37, pp. 238-242.

⁶¹ McKinsey & Company, 2016, *Automotive revolution - perspective towards 2030*. Voir aussi sur ce point le chapitre 1.

⁶² La MaaS est parfois qualifiée de TaaS, pour *Transport as a Service*.

Dans cette perspective, l'objet véhicule autonome ne serait plus une fin, mais plutôt un moyen pour la vente d'un service de mobilité.

Cette évolution constitue un changement de paradigme pour les constructeurs automobiles dans la manière dont ils appréhendent leur activité. Elle se traduit en effet par le passage d'une logique de conception de produit à une logique de conception de service. Or, il convient de souligner la spécificité du processus de conception inhérent au développement d'un service. Comme l'a expliqué Sylvain Lenfle⁶³, professeur en management de l'innovation au CNAM et référent scientifique de la communauté, le recours à une méthodologie CK (*concept / knowledge*) permet de penser la réalisation d'un modèle de service pour le véhicule autonome. Développer une telle approche suppose de recueillir des connaissances sur six thématiques qui constituent autant de variables de conception devant être prises en compte pour l'élaboration d'un service innovant. Ces six thématiques sont :

- 1 L'usage et les usagers visés :** le véhicule autonome est capable de répondre à des besoins et à des usages très différents. L'étendue des possibles crée une forte incertitude sur le type d'usage et le profil des usagers qui pourront l'utiliser. Il convient pourtant de prendre en compte l'intégration des usages et des usagers dès le début du processus de conception.
- 2 Le produit support,** en l'occurrence, le véhicule autonome : une incertitude importante est notable par rapport à ce dernier. L'architecture d'un véhicule autonome, en tant que système de systèmes, induit en effet une complexité importante. L'intégration du produit support dans le processus de conception présente également une difficulté particulière dans la mesure où elle oblige les acteurs, notamment ceux qui ambitionnent de vendre des véhicules autonomes, à penser de manière simultanée les processus de conception du produit et du service alors même que ces processus renvoient à des temporalités très différentes.
- 3 Le contrat :** il met en évidence l'importance des questions juridiques dans la conception

d'un service innovant. Elles introduisent une série de variables nouvelles qui impactent directement le processus de conception.

- 4 Le processus de front-office :** cette variable impose de tenir compte de la complexité des services proposés et de former par conséquent les personnels chargés de la vente de ces solutions. Il doit tenir compte du processus d'apprentissage suivi par les clients avant, mais aussi après le lancement commercial d'une telle solution. La conception d'un service innovant, par exemple de l'eCall (voir l'encadré), doit donc inclure un volet de conduite du changement qui suppose de décrire l'ensemble du parcours client.
- 5 L'infrastructure de back-office :** cette variable renvoie au processus de conception qui prévaut dans les entreprises chargées du développement du véhicule autonome. L'infrastructure du *back office* les expose à la difficulté de mettre en place une organisation pour développer un produit qui s'avère être un système de systèmes, donc particulièrement complexe. Cet aspect suppose de sortir d'un processus de conception centré vers l'interne pour intégrer un ensemble d'acteurs intéressés par les véhicules autonomes et sans lesquels son développement est difficilement envisageable. C'est le cas pour d'autres acteurs, par exemple les gestionnaires d'infrastructures, mais aussi les pouvoirs publics à qui reviendra la responsabilité d'encadrer le déploiement de ces nouvelles solutions de mobilité.
- 6 Le modèle économique de financement du service :** ce dernier aspect constitue encore aujourd'hui un enjeu majeur. Il pose la question de la capacité d'un acteur à financer la mise en œuvre d'un tel service innovant. À l'instar de ce qui a été évoqué précédemment, le coût du développement des systèmes de conduite autonome pose la question de la mutualisation des efforts d'investissement et des profits que pourrait générer un tel service, donc de la capacité des acteurs à travailler dans le cadre d'un réseau ou d'un écosystème défini d'acteurs.

⁶³ Atelier 4, 02/07/2020, « Modèles d'affaires & véhicules autonomes ».



PHILIPPE CLOGENSON

Directeur de Choucas Consulting et ancien Directeur Marketing

en charge de la voiture autonome chez Renault

Voici un extrait de l'interview⁶⁴ vidéo réalisée pour la communauté avec Philippe Clogenson qui revient sur les rôles que l'ingénierie et les besoins clients peuvent jouer dans le développement des véhicules autonomes :

« Les besoins clients (UX et usages) devraient être intégrés dès la conception du véhicule autonome. Mais c'est là toute la difficulté, car les deux cycles de développement produits et services sont sur des échelles de temps différents. Celle de « l'ingénierie produit » obéit à une logique de jalonnements très normés sur une échelle de temps de 36 à 48 mois, tandis que celle dite de « services » est régie par un cycle de développement court où l'incertitude prime quant à la viabilité ou pas de ces services à terme. Ce sont deux mondes qui se croisent et qui ont du mal à intégrer les enjeux de chacun. Seuls aujourd'hui les opérateurs de téléphonie portable ont su parfaitement gérer le développement des produits et intégrer les inputs marketing pour coller au marché et aux attentes clients. Il est donc nécessaire chez les constructeurs automobiles d'arriver à ce que ces deux logiques se comprennent au mieux en travaillant ensemble dans un souci d'intégrer dès l'amont les besoins clients. »

⁶⁴ Interview réalisée le 30/10/2020 par visioconférence.



Avec le véhicule autonome, on bascule vers des services de mobilité dans lesquels le véhicule ne constitue qu'un élément dans un écosystème extrêmement compliqué. Il va falloir faire travailler ensemble des gens qui n'ont pas l'habitude de travailler ensemble. Cet objet marque l'entrée dans des logiques de projet très différentes, proches de celles en vigueur pour la conception de services innovants. Cela introduit de nouvelles variables de conception : celle de la formation dans les points de vente ou celle des clients, ainsi que la variable juridique.⁶⁵

Sylvain Lenfle, professeur au CNAM et référent scientifique de la communauté



Quels financements et modèles d'affaires pour les véhicules autonomes ?

Cette dernière problématique pose la question de l'équation économique qu'il convient de résoudre pour faciliter le développement des véhicules autonomes. Comme souligné par Rémi Maniak, professeur à l'École Polytechnique spécialiste de l'industrie automobile et également référent scientifique de la communauté, les coûts en matière de recherche et de développement s'avèrent exponentiels en ce qui concerne la technologie de conduite autonome. Or, les consommateurs montrent dans le même temps une faible propension à payer pour cette nouvelle technologie. La question du modèle d'affaires adapté aux véhicules autonomes se pose ainsi avec force.

Des coûts exponentiels pour la conduite autonome

Rémi Maniak a présenté⁶⁶ auprès de la communauté les investissements nécessaires au développement des véhicules en distinguant, à titre de comparaison, les programmes classiques, électriques et autonomes mis en œuvre dans l'industrie automobile. Le coût respectif de ces derniers est de :

- > 500 millions d'euros pour le développement d'un véhicule classique. La rentabilité est très faible et les marges sont réalisées principalement sur les pièces ;

- > 1 milliard d'euros pour le développement d'un véhicule électrique. La rentabilité est consolidée grâce aux aides des États et à une ingéniosité dans l'application des normes environnementales européennes ;
- > 1 milliard d'euros par an pour le véhicule autonome et 5 milliards d'euros en fusion et acquisition. Pour entrer dans le jeu, un constructeur doit être en mesure de mobiliser près de 20 milliards d'euros pour se positionner sur le secteur à 15 ans et 200 milliards d'euros à l'échelle collective.

Le coût financier du développement des véhicules autonomes équivaldrait donc au montant de l'investissement global réalisé pour le programme lunaire Apollo, mis en œuvre dans les années 1960 aux États-Unis. Pour ce qui est du coût par véhicule, un niveau 5 d'autonomie est évalué aujourd'hui à un surcoût de 20 mille euros par véhicule. Cette estimation reste néanmoins incertaine. Elle dépendra de la baisse du coût des équipements, et plus spécifiquement du pouvoir de négociation des fournisseurs. Cette évaluation du coût d'une telle solution de mobilité pose également la question de la valeur que le véhicule autonome est susceptible de produire, et de manière corrélative celle de la propension des individus à payer pour ce nouveau type de véhicule.

⁶⁵ Conseil d'orientation, 22/09/2020.

⁶⁶ Atelier 4, 02/07/2020, « Modèles d'affaires & véhicules autonomes ».



Une faible propension à payer des consommateurs

Par exemple, le cabinet Deloitte souligne dans son étude 2020 de la consommation automobile mondiale que 60% en moyenne des consommateurs dans les pays développés (Espagne, États-Unis, Italie, Japon, Royaume-Uni) refusent de payer plus de 500 dollars ou 400 euros pour des technologies avancées de conduite autonome. La proportion de consommateurs réticents à payer cette somme dépasse les 65% en Allemagne et en Autriche. La France se distingue quant à elle, avec la Belgique qui affiche les mêmes pourcentages, par la propension à payer la plus faible pour les technologies avancées de conduite autonome (79% de réticents), mais également de connectivité (70%), mesurée parmi les pays d'Europe de l'Ouest⁶⁷.

L'étude souligne tout de même que la propension générale des consommateurs à payer pour des options de conduite autonome tend à progresser. Elle a par exemple augmenté de vingt points en France entre 2017 et 2020, passant de 58% à 37% de consommateurs refusant de payer un surcoût pour la délégation de conduite. La propension à payer est notamment influencée par l'image de marque du constructeur et par le niveau de confiance qui lui est accordé. Elle reste néanmoins faible eu égard aux sommes considérables investies par les constructeurs sur cette technologie. Le piratage des véhicules constitue en particulier un risque qui inquiète les consommateurs, tout comme la gestion de leurs données personnelles.

Cette analyse de la propension des consommateurs à payer pour la technologie de conduite automatisée montre que le financement des véhicules autonomes ne pourra pas uniquement reposer sur l'engagement des consommateurs. Selon Rémi Maniak, la valeur du véhicule autonome est en réalité dépendante d'autres éléments dans la mesure où il représente :

- > **Un bien inertiel.** La dépendance cognitive qu'induit son utilisation se traduit par un niveau de fidélisation très élevé des clients (dépendance aux interfaces homme-machine, déjà observable sur les systèmes d'exploitation des téléphones mobiles) ;
- > **Un bien système.** La valeur de ce dernier dépend des autres systèmes qui seront développés pour faciliter son utilisation, tels que les infrastructures, les cartes HD, etc. ;
- > **Un bien social.** Il y a un arbitrage à faire entre la valeur individuelle et la valeur collective. À titre d'exemple, si le véhicule est soumis à des régulations du trafic, le plaisir de conduite est amené à disparaître.

Le développement du véhicule autonome bouleverse également les systèmes de contrôle de gestion traditionnels. Il induit la nécessité de penser cet objet à l'aune de programmes de lignée, qui donnent notamment la prime aux premiers entrants. Comme l'a rappelé Rémi Maniak, l'équation économique est quasi-impossible à résoudre pour un constructeur automobile. Il y a en effet une dé-corrélation

⁶⁷ Voir Deloitte, January 2020, 2020 Global Automotive Consumer Study. Is consumer interest in advanced automotive technologies on the move?, Europe, p. 5.

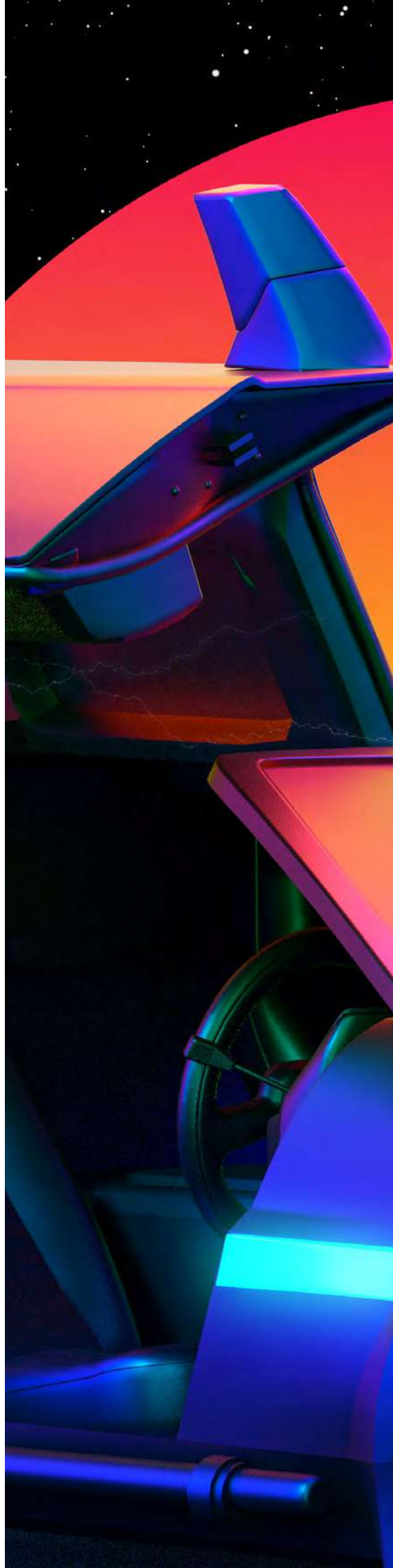
entre le coût et la valeur du véhicule. Il convient donc de repenser la valeur du véhicule autonome non pas sur un seul client, mais sur un système client. Le véhicule autonome constitue dès lors une question politique qui nécessite la mise en œuvre de logiques de programmes. La Chine a suivi cette voie, grâce à une forte intégration publique-privée. Les États-Unis ont laissé pour leur part se développer des oligopoles. L'Union européenne semble quant à elle handicapée par ses règles en matière de concurrence.

Quel modèle d'affaires pour le véhicule autonome ?

Trois modèles d'affaires principaux sont identifiables pour le développement des véhicules autonomes. Ces derniers reposent sur un gradient entre le produit, l'usage et le service pour ce qui est de l'extraction de la valeur⁶⁸ :

- > Le véhicule autonome individuel est centré sur le produit. Dans ce cadre de ce modèle, l'extraction de la valeur résulte de la vente d'un produit pur. Il prolonge les modèles d'affaires en vigueur dans le secteur automobile et prévaut principalement pour les véhicules autonomes de niveau 3.
- > Un deuxième modèle a vu le jour en étant plutôt centré sur l'usage et non plus la possession du véhicule. Les modèles d'affaires inhérents à ce schéma peuvent être très divers, entre ceux qui restent focalisés sur le produit et ceux qui s'orientent plutôt sur le service.
- > Un troisième modèle est centré sur le service et porte sur les flottes de véhicules autonomes. La valeur est alors principalement extraite par le pourvoyeur de service, le constructeur du véhicule autonome se trouvant relégué au second plan par rapport à celui-ci. L'exploitation des données nécessaires à un tel service constitue dans ce cadre une variable essentielle du développement de ces modèles d'affaires.

⁶⁸ BERRADA, Jaâfar, CHRITOFOROU, Zoi, LEURENT, Fabien, 2017, « Which business models for autonomous vehicles? », Conference: ITS Europe, https://www.researchgate.net/publication/329529327_Which_Business_Models_for_Autonomous_Vehicles.





Vers des fermes de véhicules autonomes ? (Isaac Asimov, « Sally », 1953)



La nouvelle « Sally » a été publiée par Isaac Asimov dans la revue *Fantastic* en avril 1953. L'histoire se déroule dans un futur proche, à la fin du XXI^e siècle. Elle s'articule autour

de trois personnages principaux: Jacob Folkers, « éleveur » de voitures autonomes, Raymond Gelhorn, homme d'affaires, et Sally, une voiture autonome datant de 2045.

Dans cette nouvelle, Isaac Asimov affirme un parti pris surprenant. En effet, il rompt avec l'imaginaire industriel qui accompagne le secteur de l'automobile. Il propose au contraire de filer une métaphore avec le secteur agricole et plus particulièrement avec celui de l'élevage. Jacob Folkers est ainsi le propriétaire d'une ferme de voitures autonomes qui fonctionne comme une organisation à but non lucratif. L'objectif de Jacob est d'offrir à ses voitures une retraite et un « soin à perpétuité ».

L'intelligence et l'autonomie de ces véhicules résident dans leur moteur positronique. Ce dernier est dérivé du « cerveau » éponyme proposé par Isaac Asimov dans d'autres nouvelles. Il donne une conscience aux entités qui en sont dotées, similaire à celle des êtres humains.

Raymond Gelhorn se positionne pour sa part comme un homme d'affaires en quête de nouvelles opportunités économiques. Il rencontre Jacob avec l'objectif de le convaincre de s'engager dans un nouveau marché, celui des véhicules autonomes individuels alors que le pays doit se contenter principalement de navettes autonomes collectives. Il propose notamment de réutiliser les moteurs positroniques en les greffant sur d'autres châssis. Jacob s'y oppose catégoriquement en arguant que le moteur et le châssis constituent un tout indissociable, à l'image de l'âme et du corps des êtres humains.

Cette opposition traduit en creux l'émergence d'une lutte sociale des voitures de la ferme, hostiles à l'idée de reprendre le travail après une vie de labeur. La coordination dont vont faire preuve les voitures autonomes va mettre en évidence une autre capacité sociale, leur aptitude à communiquer entre elles et à s'organiser.

Cette nouvelle constitue un des rares exemples d'une œuvre de science-fiction majeure spécifiquement consacrée au véhicule autonome. La science-fiction aborde communément ce thème de manière indirecte, le présentant comme un simple objet destiné à incarner une évolution des modes de vie futurs, sans réellement interroger les enjeux plus larges que pose ce nouveau type de véhicule. Malgré le fait qu'elle ait été écrite en 1953, cette nouvelle traite avec une grande actualité de sujets qui se trouvent au cœur du développement des véhicules autonomes. Elle aborde pêle-mêle les thèmes de l'acceptation sociale de ces nouveaux véhicules, du travail de pédagogie pour permettre leur déploiement, de la segmentation de l'espace public avec la création de voies réservées et l'exclusion des véhicules manuels, des modèles d'affaires qui y sont liés, de la complémentarité entre des navettes collectives, largement accessibles, et des véhicules individuels premium, ou encore ce qui fait le cœur de la trame de la nouvelle : le partage de la valeur produite par un véhicule autonome.

Outre ces trois modèles types, la réflexion porte également sur l'émergence de modèles économiques mixtes ou hybrides qui reposeraient sur le développement de plateformes multimodales et de véhicules modulaires alliant transport de personnes et de marchandises, voire qui comprendraient un volet serviciel. Ces modèles mixtes sont notamment considérés pour faciliter le déploiement des véhicules autonomes dans les zones peu denses où la seule fréquentation du service apparaît insuffisante pour financer le coût potentiel d'un tel service de mobilité.

L'émergence de modèles d'affaires crédibles pour la mobilité autonome, en particulier en milieu rural, dépend également des choix technologiques qui sont faits. Comme souligné précédemment⁶⁹, un débat technique existe en effet sur la part d'autonomie que doivent porter les véhicules autonomes. Aux États-Unis, la tendance consiste à faire supporter l'intégralité de la perception et de l'intelligence sur les véhicules eux-mêmes. À l'inverse, les expérimentations menées en Europe tendent à décharger une partie de la perception de l'environnement de conduite sur les infrastructures. Ce débat est susceptible d'avoir des répercussions importantes sur le financement du véhicule autonome. Les coûts colossaux engendrés par une telle mise à niveau de l'infrastructure routière sont en effet susceptibles de retarder le déploiement de la mobilité autonome, voire de décourager certains acteurs à investir dans cette solution. Une telle évolution imposera également une coordination étroite entre les fabricants de véhicules autonomes et les entreprises ou les collectivités chargées du développement et de l'entretien des infrastructures de transport.

⁶⁹ Voir sur ce point le chapitre 1.



MODÉLISER UN SERVICE DE MOBILITÉ AUTONOME PARTAGÉE

Lors de l'atelier consacré aux modèles d'affaires des véhicules autonomes⁷⁰, Fabien Leurent, professeur à l'École des Ponts ParisTech, a présenté une approche destinée à modéliser les services de mobilité partagée (SMP). Il a insisté sur l'importance d'évaluer la valeur qu'un SMP crée afin d'envisager la place que pourrait occuper un véhicule autonome dans ce type de services.

La modélisation d'un SMP pose des questions concernant :

- > la forme du service proposé, qu'il s'agisse du type de véhicule utilisé, de sa spatialité, ou encore du mode de conduite qui est privilégié ;
- > sa rentabilité si cette dernière est portée par l'opérateur du service ou par la société ;
- > son régime de régulation, qui doit arbitrer entre un monopole libre (MO), un optimum socio-économique (SO), ou un optimum de second rang (S2) ;
- > la planification et le dimensionnement de ce type de service.

Fabien Leurent a présenté une modélisation d'un service de transport autonome partagé réalisée à partir du cas de Saint-Malo. Elle repose sur un circuit en forme d'anneau, avec deux sens de circulation et des arrêts à la demande. Le modèle évalue l'efficacité des différents régimes de régulation (MO, SO et S2) en fonction du tarif du trajet et de la productivité par véhicule. Il repose sur une approche par coût généralisé. Chaque voyageur intègre le coût du transport, mais aussi le temps d'attente, le temps de roulement ainsi que le niveau de congestion du système.

Fabien Leurent a ensuite comparé deux versions de la modélisation : une première basée sur un SMP à la demande à conduite manuelle, et une seconde basée sur un SMP à la demande à conduite autonome. Il a ainsi mis en évidence que la conduite autonome permettrait de réduire le coût du trajet et d'augmenter le taux d'utilisation du système. Cette modélisation confirme que les technologies autonomes pourraient permettre d'améliorer les services de mobilité partagée. L'autonomisation ne constitue pas pour autant l'unique variable à considérer. Le régime de régulation joue également un rôle important, tout comme la forme spatiale du service.

⁷⁰ Atelier 4, 02/07/2020, « Modèles d'affaires & véhicules autonomes ».

Un écosystème de la mobilité autonome en pleine mutation

Le développement du véhicule autonome se traduit par une diversification des acteurs de la mobilité au niveau mondial, à travers notamment l'apparition de nouveaux concurrents tels que les startups et les entreprises chinoises, qui viennent remettre en cause les positions acquises par les acteurs historiques du secteur automobile. Le secteur de la mobilité autonome connaît actuellement une phase de consolidation qui se caractérise par la mutualisation des efforts de recherche et développement et des stratégies d'alliance entre ces différents acteurs. La France se distingue quant à elle dans cette compétition mondiale par un écosystème solide et original sur le véhicule autonome.

Une diversification des acteurs

Les géants américains du numérique ont été les premiers à s'engager réellement dans le développement des technologies liées au véhicule autonome. Cela a notamment été le cas de Google dès 2009 via sa filiale Waymo. D'autres acteurs du numérique se sont également engagés dans cette approche, par exemple Amazon, Intel ou encore Nvidia. Leur implication a été rendue possible par l'importance croissante de la partie logicielle et matérielle, notamment du fait des processeurs de calculs, dans les véhicules autonomes. Les industriels du secteur automobile ont rapidement réagi à l'entrée de ces nouveaux acteurs en développant des programmes de recherche sur les véhicules autonomes. General Motors en constitue un exemple au même titre que Ford ou encore Renault en France. La stratégie des constructeurs consiste néanmoins à se focaliser sur le développement de technologies de délégation de conduite de niveaux 2 et 3, qui prolongent leur modèle économique actuel sans les remettre en cause. C'est également le cas pour les équipementiers, à l'instar de Bosch. Les sociétés et les opérateurs de transport se sont également fortement impliqués sur le sujet en se focalisant sur le développement de systèmes de navettes autonomes en Europe, ou de robots taxis aux États-Unis. L'engagement d'acteurs comme Transdev et la RATP dans le premier

cas, ou d'Uber et Lyft dans le second, témoigne de cet engouement.

Les acteurs économiques impliqués dans le développement du véhicule autonome se répartissent aussi selon une autre ligne de fracture opposant les grands groupes, notamment les acteurs traditionnels du secteur automobile



(constructeurs, équipementiers) à de nouvelles startups de la mobilité (Zoox, Cruise, etc.). Ces startups se sont positionnées sur le secteur de la mobilité autonome grâce au développement de compétences propres dans le domaine de la programmation, du logiciel et de l'intelligence artificielle. Ces dernières constituent souvent des entreprises créées par des ingénieurs ou des chercheurs qui, au moins pour les États-Unis,

ont fait leurs armes lors des challenges organisés par l'Agence américaine pour les projets de recherche avancés de défense (DARPA)⁷¹. C'est le cas par exemple pour Kyle Vogt, un des fondateurs de Cruise. Comme c'est traditionnellement le cas pour les startups, les constructeurs automobiles se sont rapprochés de ces nouveaux acteurs pour tenter de rattraper leur retard par rapport aux géants du numérique. La startup Cruise a ainsi été rachetée par



General Motors qui en a fait sa division véhicule autonome, tandis que Ford a racheté la startup d'intelligence artificielle Argo AI.

Outre une division en fonction du cœur de métier et de la taille des entreprises impliquées, une ligne de fracture géographique est également notable entre les acteurs. Le véhicule autonome

a ainsi mis en évidence une montée en puissance des entreprises chinoises sur le secteur de la mobilité autonome. En effet, la Chine a fait du véhicule autonome un élément clé de sa stratégie industrielle. Le Parti communiste a adopté en 2018 une stratégie sur le développement des véhicules intelligents. Elle vise à faire du pays le leader mondial des véhicules autonomes à l'horizon 2030, afin de lui permettre notamment d'imposer ses normes en matière de conduite automatisée. Le développement de logiciels de conduite autonome par Baidu, le Google chinois, et les startups Pony.ai ou encore WeRide témoigne de l'activisme des entreprises chinoises dans ce domaine. L'entreprise de VTC Didi a par exemple annoncé récemment vouloir intégrer un million de véhicules autonomes à son offre à l'horizon 2030, symbole des ambitions chinoises en la matière. Ces entreprises bénéficient par ailleurs du rapprochement de certains acteurs asiatiques, notamment du constructeur japonais Toyota qui a investi 400 millions de dollars dans la startup Pony.ai en début d'année.

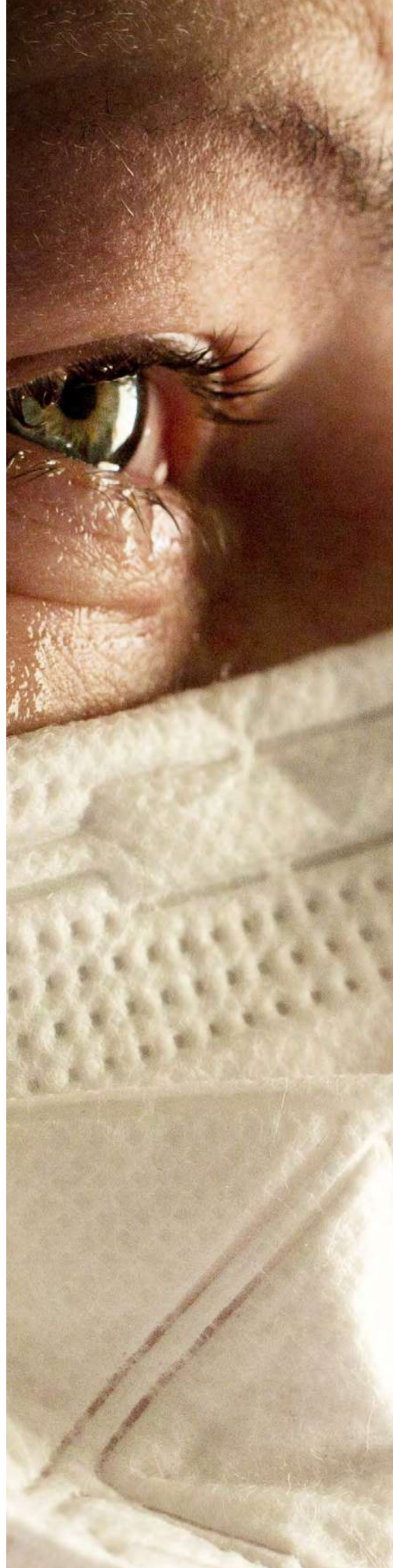
Mutualisation des efforts et stratégies d'alliance

Le secteur de la mobilité autonome connaît actuellement une phase de consolidation marquée par une rationalisation des coûts et une mutualisation des efforts de recherche et développement qui sont accélérées par la crise liée à la Covid-19. Après une phase d'euphorie qui a suivi les premiers moments du cycle du *Hype*, les attentes des acteurs impliqués sur le sujet du véhicule autonome ont en effet diminué. En France, l'annonce de PSA relative au fait que l'entreprise se concentrerait sur le développement de véhicules autonomes de niveau 2 a fait office de révélateur. Les constructeurs automobiles tendent à concentrer leurs efforts sur le développement de systèmes de délégation de conduite qui prolongent leur modèle d'affaires. Les opérateurs de transports se focalisent pour leur part sur le développement de navettes autonomes en Europe ou de robots taxis aux États-Unis pour réduire leurs coûts d'opération liés notamment au conducteur et renforcer leur prédominance dans le domaine de la MaaS.

⁷¹ Voir sur ce point le chapitre 2.

En outre, un développement des stratégies d'intégration et d'alliance est également notable. Par exemple, Ford et Volkswagen ont investi conjointement dans Argo Ai, General Motors et Honda dans Cruise, Fiat-Chrysler et Hyundai au sein d'Aurora. Par ailleurs, l'alliance Renault-Nissan a conclu au printemps 2019 un accord avec Google afin d'explorer les aspects relatifs à la mobilité autonome. En Allemagne, à l'initiative du gouvernement, les constructeurs BMW, Daimler et Audi ont annoncé un projet de collaboration autour des technologies autonomes. L'objectif est de réduire les coûts de recherche et de développement nécessaires au déploiement de cette nouvelle technologie et de favoriser l'émergence d'une stratégie d'union nationale pour les véhicules autonomes.

L'analyse des acquisitions mises en œuvre dans le domaine de la mobilité autonome permet également d'identifier deux stratégies industrielles. Certains acteurs privilégient une stratégie intégrée de développement d'un véhicule autonome. Il s'agit pour ces entreprises de maîtriser l'ensemble de la chaîne de valeur de ce type de véhicule, allant du processeur aux capteurs, en passant par le logiciel. Cette stratégie est par exemple mise en œuvre par Tesla, Mobileye ou encore, dans une moindre mesure, par Cruise. L'autre stratégie vise à nouer des alliances entre des entreprises aux compétences différentes afin de bâtir un véhicule autonome à l'aide des savoir-faire de chacun. C'est l'un des objectifs de l'alliance pour le réseau des véhicules autonomes initié par Volkswagen, Bosch, Nvidia, Continental et Aquantia. Elle est également poursuivie par d'autres acteurs tels que Google ou Uber qui se sont alliés à des constructeurs automobiles, respectivement Jaguar et Volvo, pour leur fournir une plateforme automobile nécessaire au développement de leurs véhicules autonomes. L'accord conclu entre les entreprises chinoises Baidu et Geely au début de l'année 2021 constitue un nouvel exemple de cette tendance de fond.



COVID-19 & VÉHICULES AUTONOMES

L'épidémie liée à la Covid-19 a provoqué une crise majeure dans le secteur de l'automobile. Elle a conduit certains acteurs à revoir leur programme de véhicule autonome. Ford a par exemple repoussé son projet de robots taxis autonomes d'un an, à 2022. Cruise a annoncé pour sa part une réduction de ses effectifs de 8 %. Les programmes de recherche et développement menés dans les entreprises sont menacés et la crise devrait conduire les grandes entreprises à se recentrer sur leurs activités vitales. La décision d'Uber de céder sa filiale ATG à Aurora à l'automne 2020 en a offert un exemple éclairant. À l'inverse, les géants du numérique, qui sortent relativement préservés de la crise, pourraient en profiter pour consolider leur position en procédant à des rachats stratégiques à moindre prix. Le rachat de la startup Zoox par Amazon en offre un exemple. À moyen terme, des constructeurs automobiles pourraient ainsi être amenés à se recentrer encore davantage sur une stratégie de développement de technologies de type ADAS (niveau 2/3 d'automatisation), quand les autres acteurs tels que les géants américains du numérique poursuivraient le développement de véhicules autonomes de niveau 4 destinés à renforcer leur modèle d'affaires.





L'écosystème français du véhicule autonome

La France possède pour sa part un écosystème original de la mobilité autonome. Outre de nombreuses startups œuvrant dans le domaine relatif au logiciel, quatre grands types d'acteurs se distinguent dans la manière dont l'écosystème français répond aux enjeux induits par l'émergence de la mobilité autonome et tentent de faire valoir une spécificité nationale.

Les constructeurs automobiles. Fort d'une longue tradition industrielle automobile, le secteur français héberge des acteurs de renom, qu'il s'agisse de constructeurs classiques tels que Renault et PSA, ou d'équipementiers comme Faurecia ou Valeo. Dans cette perspective, les constructeurs français semblent avoir renoncé au développement de véhicules pleinement autonomes. PSA a ainsi annoncé lors du salon de l'automobile de Genève en 2019 que ses travaux de recherche n'excéderont pas le niveau 3 d'automatisation⁷². Renault a pour sa part fait le choix de conclure un accord de partenariat avec Waymo sur la mobilité autonome. Ces orientations s'inscrivent dans une logique similaire à celle observable dans le domaine de la téléphonie mobile où les fabricants de mobiles ont renoncé, sauf exception, au développement du logiciel embarqué.

Les opérateurs de mobilité. La France dispose d'opérateurs de mobilité parmi les plus importants au monde, notamment la SNCF, la RATP ou encore Transdev et Kéolis. Ces derniers s'investissent de manière croissante dans le développement de la mobilité autonome en France. Ils sont aujourd'hui porteurs d'un grand nombre d'expérimentations⁷³ sur le territoire national et œuvrent au développement du véhicule autonome comme un nouveau mode complémentaire aux transports collectifs. Il s'agit pour ces acteurs d'expérimenter afin de considérer le rôle que pourraient jouer ces futures solutions de mobilité autonome dans

leur offre de services. Il convient néanmoins de souligner que les réflexions sur la mobilité autonome ne sont pas uniquement portées par ces grands opérateurs, mais qu'elles résultent également de petits opérateurs de mobilité, par exemple les sociétés Bertolami dans la Drôme ou Berthelet en Rhône-Alpes, qui y voient un élément essentiel pour la pérennité de leurs activités de transport.

Les gestionnaires d'infrastructures. La France possède aussi dans le domaine des infrastructures des acteurs de renom qui s'impliquent dans le développement de la mobilité autonome, notamment Vinci et Eiffage, et dans une moindre mesure Bouygues. Les travaux menés par ces entreprises concernent principalement la manière dont l'infrastructure peut contribuer au développement de la mobilité autonome et surtout la part d'intelligence qui doit être déportée du véhicule à celle-ci. Certaines approches singulières se distinguent, par exemple le projet d'infrastructures frugales examiné par Eurovia, la filiale de Vinci spécialisée dans la signalisation routière, pour faciliter le développement des véhicules autonomes sur les réseaux secondaires⁷⁴.

Les startups. Tous ces acteurs s'appuient également sur des startups qui se sont spécialisées dans le domaine de la mobilité autonome, en particulier dans le développement de la navette autonome. La France fait office de leader mondial dans le domaine grâce à deux de ses entreprises : Navya et EasyMile dont les navettes circulent en France, mais aussi largement à l'étranger. Deux autres startups spécialisées dans les navettes autonomes sont identifiables, Milla et Transdev-Lohr, qui associe la plateforme d'une navette produite par l'entreprise alsacienne Lohr à la technologie de conduite autonome produite par Transdev. Cette alliance est symptomatique de l'ambition stratégique de ces acteurs. Ces derniers entendent rompre avec une approche au sein de laquelle ils constituent des fabricants de navettes

⁷² CHENERIE, Antoine, 27/03/2019, « Voiture autonome - PSA revoit ses ambitions à la baisse », Motor1, <https://fr.motor1.com/news/315557/voiture-autonome-psa-changement-strategie/>.

⁷³ Voir le chapitre 4 pour avoir un panorama des expérimentations en cours.

⁷⁴ Leonard (Vinci), 24/11/2020, « Pour prendre la route, la première navette autonome en milieu rural coopère avec l'infrastructure », <https://leonard.vinci.com/pour-prendre-la-route-la-premiere-navette-autonome-en-milieu-rural-coopere-avec-linfrastructure/>.



navettes pour focaliser leurs activités sur la partie logicielle et sur le système de conduite autonome. Dans cette perspective, ces acteurs recherchent actuellement des partenariats pour confier le développement de la plateforme véhicule à d'autres acteurs.

“

La grande question du véhicule autonome, c'est la transition. C'est un écosystème qui va se transformer, ce ne sont pas les constructeurs ni les opérateurs de mobilité. Une gouvernance de l'ensemble sera nécessaire, car pour le moment personne ne dispose de la totalité des responsabilités liées aux véhicules autonomes⁷⁵.

Patrick Pélatà, président de Meta Strategy Consulting et membre du Conseil d'orientation

”

Si les acteurs français ne sont pas forcément au niveau des grandes entreprises américaines pour le développement de la mobilité autonome, la France dispose néanmoins d'un atout de poids dans ce domaine : la richesse et la diversité de son écosystème d'acteurs. Il

apparaît en effet clairement que l'émergence de la mobilité autonome ne résultera pas de l'action d'un acteur unique, mais qu'elle sera au contraire le fruit du travail d'un écosystème au sein duquel des acteurs qui n'ont pas l'habitude de travailler ensemble seront nécessairement amenés à coopérer. La France, riche de sa tradition en matière de partenariats public-privé, se trouve ainsi dans une position avantageuse pour réussir le déploiement de la mobilité autonome et s'imposer comme un acteur de référence en la matière. L'ambition de la communauté est justement de contribuer à la consolidation de cet écosystème français.

“

Le futur véhicule autonome français ne sera probablement pas un véhicule de marque, mais bien plutôt celui d'un écosystème national qu'il conviendra de mettre en avant. Il convient de trouver un modèle reproductible et potentiellement exportable, qui se trouve au cœur de l'ambition de cette communauté d'intérêt⁷⁵.

Yann Arnaud, Directeur réponses besoins sociétaux et innovation de la MACIF

”

⁷⁵ Conseil d'orientation, 22/09/2020.

Cette révolution de la mobilité autonome s'appuie sur l'importance croissante prise par la question des données. Outre le volume de données requis pour le fonctionnement d'un véhicule autonome, ces dernières ouvrent aussi la perspective de voir émerger et se généraliser une mobilité servicielle. Les données posent en revanche des défis de taille en matière aussi bien de sécurité que d'accès ou encore de monétisation. À l'image de ce qu'a mis en évidence la généalogie de l'émergence des véhicules autonomes, la centralité de la problématique des données ouvre la porte à l'émergence de nouveaux acteurs, notamment les géants du numérique, mais aussi dans une moindre mesure de petits acteurs spécialisés dans le traitement, la catégorisation et l'analyse de ces données.

La question des données revêt également une acuité singulière pour le secteur de l'assurance automobile. Si la promesse initiale de réduction du risque automobile est régulièrement mise en avant, son impact réel sur les accidents reste indécis, voire limité. En effet, la période de transition qui verra cohabiter des véhicules autonomes et des véhicules classiques présente notamment le risque d'être plus accidentogène. En cas d'accident d'un véhicule autonome, les assureurs devront être en capacité d'accéder et d'analyser les données afin d'identifier la cause du sinistre et établir les responsabilités. Outre cette problématique spécifique, le véhicule autonome provoquera une évolution majeure pour le secteur avec le passage d'un risque de fréquence à un risque sériel pour lequel les logiques d'assurance diffèrent.

Le véhicule autonome précipite enfin plus largement une transformation majeure du secteur de la mobilité, marquée par le passage d'une logique de conception de produit à une logique de conception de service, et la définition d'un nouveau modèle économique pour faire face aux coûts d'investissements colossaux et rentabiliser cette nouvelle solution de mobilité. Cela se traduit ainsi par une remise en question des positions acquises par les acteurs classiques du secteur,

notamment les constructeurs automobiles, qui peinent à faire face à l'émergence de géants du numérique tels que Google ou Baidu. Cette situation pose une question de fond dans le cas français sur comment préserver et favoriser le développement d'un écosystème d'acteurs riche et diversifié autour du véhicule autonome sans se laisser dominer par les grandes entreprises du numérique.

Outre cette problématique inhérente à la politique industrielle de la France et à la défense de la compétitivité à moyen et long terme de l'économie française, le développement du véhicule autonome souligne la nécessité à laquelle sont confrontés les pouvoirs publics de réguler l'émergence de cette nouvelle solution de mobilité. Il s'agit en particulier de s'assurer que la technologie soit sûre, et d'œuvrer à une mobilité plus inclusive et durable, sans pour autant que cette régulation ne constitue un frein à son développement. C'est ce subtil équilibre que cherchent à atteindre les pouvoirs publics dans leur manière d'appréhender le véhicule autonome en France.



LES POINTS À RETENIR :

- > Le fonctionnement d'un véhicule autonome requiert un volume de données important, de l'ordre de 1 Go (gigaoctet) de données par seconde. La sécurité, le stockage et le traitement de ces données constituent des défis majeurs pour les acteurs de la mobilité.
- > La monétisation des données issues des véhicules est présentée comme un moyen de rentabiliser les investissements consentis et de créer de la valeur. L'accès et le partage de ces dernières constitue donc un enjeu essentiel pour tous les acteurs du secteur. La protection des données personnelles des utilisateurs de véhicules autonomes est néanmoins strictement encadrée au niveau national (loi « Informatique et libertés ») et européen (RGPD).
- > La promesse de sécurité qui accompagne le développement des véhicules autonomes est loin d'être certaine. Le nombre d'accidents de la route va probablement augmenter pendant la phase de cohabitation entre des véhicules conventionnels et des véhicules de plus en plus autonomes.
- > Le cadre assurantiel qui prévaut en France pour la responsabilité civile (loi Badinter) permet d'accompagner sans difficulté le développement de la mobilité autonome. En revanche, un changement dans la nature du risque automobile, avec le passage progressif d'un risque de fréquence à un risque sériel, expose les assureurs à une transformation de leur métier et de leur modèle économique.
- > L'ensemble du secteur mondial de la mobilité est bouleversé par l'émergence des véhicules autonomes. La montée en puissance des géants du numérique au détriment des constructeurs automobiles traduit une évolution de la création de valeur qui tend à passer progressivement de la plateforme matérielle du véhicule au logiciel de conduite autonome, et le passage d'une logique de produit à une logique de service.
- > Le secteur de la mobilité autonome tend à se consolider autour de grands partenariats entre des constructeurs automobiles et des startups du numérique et de l'intelligence artificielle. L'écosystème français du véhicule autonome est quant à lui riche et dynamique. Il s'articule autour de grands acteurs comme les constructeurs automobiles, les opérateurs de mobilité, les gestionnaires d'infrastructures et des startups spécialisées dans la fabrication de navettes autonomes. Cet écosystème, que tentent de structurer les pouvoirs publics, constitue un atout majeur pour réussir le développement de la mobilité autonome.

CHAPITRE 4

RÉGULER POUR ORIENTER LE DÉVELOPPEMENT DE LA MOBILITÉ AUTONOME

Les changements occasionnés par le développement des véhicules autonomes s'inscrivent dans le cadre d'une transformation profonde de la mobilité. Ils soulèvent des questions politiques majeures. Afin de mieux comprendre les enjeux que pose la régulation de la mobilité autonome, il convient tout d'abord de revenir sur les aspects juridiques et les questions épineuses que posent l'homologation de cette technologie. L'émergence de solutions de mobilité autonome nécessite en particulier de faire évoluer le cadre législatif et réglementaire de la circulation routière qui pourrait constituer un frein au déploiement de cette nouvelle technologie. Dans ce contexte, la France s'est dotée d'une politique ambitieuse pour favoriser le développement des véhicules autonomes. Elle doit lui permettre de trouver un juste équilibre entre l'enjeu de promotion de l'innovation et celui de sa régulation évoquée précédemment. Les expérimentations constituent dans cette perspective un levier majeur utilisé par le gouvernement pour orienter le déploiement de la mobilité autonome. Elles mettent en évidence une spécificité de l'approche française qui insiste tout particulièrement sur l'importance d'associer les collectivités territoriales, qui jouent un rôle clé dans les expérimentations et dont l'implication sera décisive pour les futurs déploiements de solutions de mobilité autonome.

p. 166

PARTIE 1

UN CADRE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE À FAIRE ÉVOLUER

L'absence de conducteur suppose de repenser le régime juridique qui encadrera la circulation des véhicules autonomes. L'homologation de ces derniers, en tant que système de systèmes, constitue un sujet épineux.

p. 177

PARTIE 2

UNE POLITIQUE FRANÇAISE AMBITIEUSE POUR LE DÉVELOPPEMENT DES VÉHICULES AUTONOMES

La France s'est dotée d'une politique ambitieuse pour favoriser le développement du véhicule autonome. Elle vise à faire de cet objet un élément essentiel de la compétitivité de l'économie française tout en s'assurant que son déploiement améliore la mobilité sur le territoire.

p. 186

PARTIE 3

EXPÉRIMENTER POUR ORIENTER LE DÉPLOIEMENT DE LA MOBILITÉ AUTONOME

L'État cherche à favoriser les expérimentations. Elles permettent de promouvoir le développement de cette technologie, d'identifier des usages pertinents et de favoriser la structuration à l'échelle nationale d'un écosystème d'acteurs pertinent.

p. 204

PARTIE 4

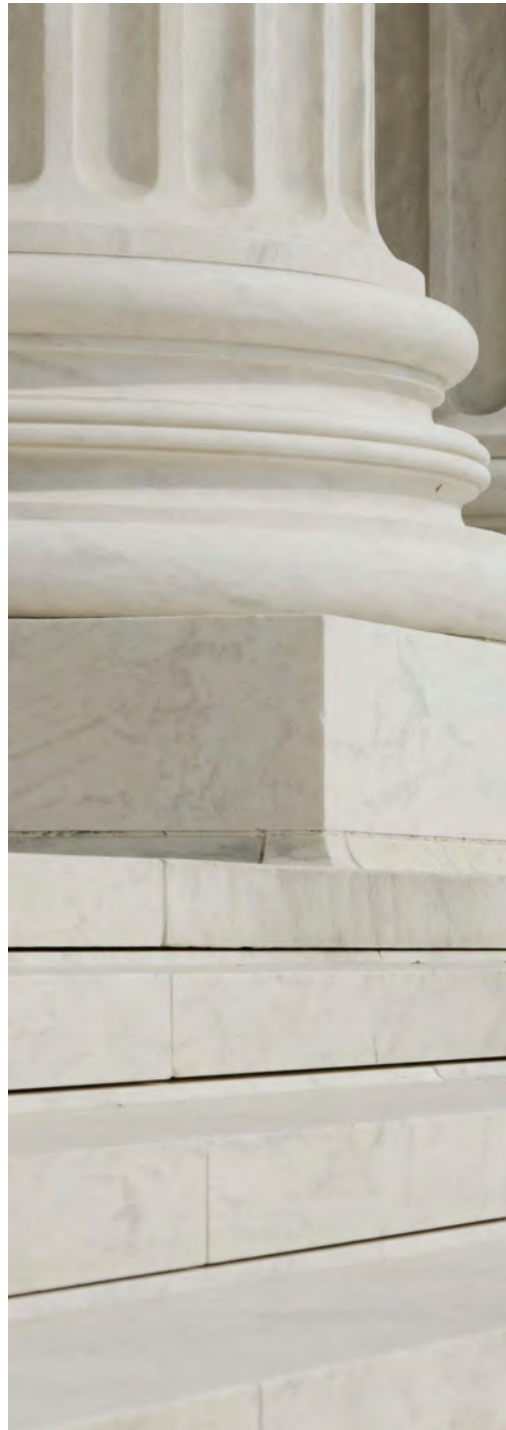
VERS UNE RÉGULATION DE LA MOBILITÉ AUTONOME PAR LES TERRITOIRES ?

Le développement du véhicule autonome s'inscrit dans une réforme plus générale de la mobilité en France. Les territoires seront amenés à jouer un rôle clé dans le déploiement de cette nouvelle solution de mobilité.

UN CADRE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE À FAIRE ÉVOLUER

Le développement du véhicule autonome nécessite d'adapter les règles de droit qui, à la fois aux niveaux international et national, régissent la construction, la circulation et la conduite de véhicules terrestres à moteur. Le véhicule autonome au sens propre du terme, c'est-à-dire qui se passe de conducteur dans toutes les circonstances (niveau 5), n'a pas aujourd'hui d'existence formelle en droit. La réglementation parle précisément de véhicules à délégation partielle ou totale de conduite (VDPTC), allant de ceux équipés de systèmes avancés d'assistance à la conduite (niveaux 1 et 2), jusqu'à ceux disposant de systèmes de conduite automatisés (niveaux 3 et 4). Le véhicule « autonome » correspond ainsi à un véhicule terrestre à moteur, communicant, « enregistreur » de données, et automatisé.

D'un point de vue juridique, les interrogations émergent à partir du niveau 3 d'automatisation et se posent surtout pour les véhicules de niveaux 4 et 5 dont le système de délégation prend totalement en charge la conduite dans certaines ou toutes les circonstances. Le véhicule autonome impose ainsi de repenser le rôle du conducteur au sein de la réglementation de la circulation routière. Si la question de la responsabilité civile en cas d'accident ne pose pas de difficulté, la question de la responsabilité pénale est plus épineuse. De plus, la généralisation à terme des véhicules autonomes suppose le développement d'une réflexion plus générale sur l'homologation technique des systèmes et des technologies de conduite autonome.



LE DILEMME DE L'ENCADREMENT JURIDIQUE D'UNE INNOVATION

Le soutien à l'innovation et la régulation du développement d'une innovation sont souvent présentés comme des objectifs contradictoires. Il est en effet possible de considérer que toute tentative de régulation aura pour conséquence de ralentir la capacité des acteurs privés à innover, voire qu'elle présentera le risque de les enfermer dans une voie de développement sans issue. Il conviendrait donc d'attendre que l'innovation ait trouvé son marché pour envisager sa régulation a posteriori. À l'inverse, il est également possible de considérer qu'une absence de régulation dès les premiers stades de conception et de développement présente le risque de voir émerger des produits ou des solutions qui exposent finalement la société à des effets négatifs majeurs. La question du rôle que l'État doit jouer face au développement d'innovations à caractère systémique anime à la fois les réflexions autour de l'innovation et les débats autour de la politique industrielle.

Le cas du véhicule autonome offre un bon exemple de cette tension et de cette dualité. Le développement du véhicule autonome est présenté comme une évolution porteuse de nombreuses promesses, mais aussi et surtout comme une étape décisive pour le maintien de la compétitivité de l'industrie automobile et de l'économie française. À l'inverse, les conséquences négatives que le développement de cette nouvelle technologie pourrait engendrer sont nombreuses, qu'elles concernent son impact environnemental, social ou territorial. Il convient également de souligner la complexité inhérente à toute volonté régulatrice de la mobilité autonome. La nature écosystémique de cette évolution, mise en évidence précédemment, implique une grande diversité d'acteurs économiques, mais aussi politiques. Les échelles et les domaines de régulation varient donc en fonction des secteurs, des niveaux de régulation considérés, qu'ils soient international, national ou local, et des outils mobilisés, qu'il s'agisse du droit, des politiques publiques ou encore des financements.

Sur le plan juridique, comme l'avait mis en exergue Iris Champagne¹, doctorante à l'université Paris Dauphine, l'encadrement juridique d'une innovation voit se heurter deux logiques différentes. D'un côté, le processus d'innovation suppose une évolution constante qui répond à une forte incertitude. De l'autre, l'encadrement juridique d'une innovation suppose une cohérence et une uniformité d'application difficilement compatibles avec une innovation. Dans ce contexte, le législateur se contente souvent d'une attitude réactive, qui vise à encadrer a posteriori l'utilisation d'une innovation à partir d'un cadre législatif déjà existant. Le développement de l'automobile a par exemple été encadré initialement grâce à la législation en vigueur pour le transport équestre. Cette approche peine néanmoins à faire du droit un outil pour orienter les innovations dès la phase de conception.

¹ Movin'On Summit, 05/06/2019, « La fabrique du droit en situation d'innovation radicale, le cas du véhicule autonome ».

L'évolution des règles de la circulation routière sur le conducteur

L'enjeu juridique principal est la définition d'un cadre adapté à la circulation régulière de véhicules autonomes. Il est en particulier nécessaire de revoir les obligations rattachées au conducteur, qui incarne la clé de voûte du droit international et national de la circulation routière, concernant la maîtrise du véhicule et les activités secondaires autorisées quand les fonctions de délégation de conduite sont activées.

Le conducteur comme clé de voûte du droit de la circulation routière

La réglementation en matière de circulation routière est encadrée à la fois par la Convention de Vienne de 1968² et par le Code de la route³. Elle se fonde sur le principe d'un contrôle du véhicule par le conducteur en toutes circonstances. La Convention définit le conducteur comme une personne physique, mais le texte ne précise pas si elle doit se trouver à l'intérieur ou à l'extérieur du véhicule. Elle doit également avoir le contrôle ou la maîtrise du véhicule. Les navettes autonomes ou les robots taxis sans aucun superviseur sont donc exclus de la Convention de Vienne, ce qui serait différent s'il était possible d'un point de vue technique d'avoir un superviseur à distance en ayant le contrôle. Si tous les États ne sont pas signataires de la Convention de Vienne, notamment le Japon et les États-Unis⁴, ces pays prennent néanmoins part aux discussions sur ses amendements. Lorsqu'il y a un consensus, il est donc possible de considérer sur un plan politique qu'il inclut aussi les pays non-signataires.

La maîtrise du véhicule par le conducteur

D'après Iolande Vingiano-Viricel⁵, docteur en droit et responsable des activités de recherche juridique à l'institut VEDECOM, la question qui se pose en droit est celle de savoir ce que veut dire « maîtriser » le véhicule. Cela signifie-t-il d'avoir la maîtrise de l'environnement, du système de conduite, ou des deux à la fois ? Bien qu'un amendement à la Convention de Vienne entré en vigueur en 2016 reconnaisse désormais les « systèmes embarqués ayant une incidence sur la conduite du véhicule »⁶, il ne représente néanmoins qu'une « exception »⁷ à la prééminence du conducteur humain. En effet, l'article 8.5 bis déroge à l'obligation d'avoir un conducteur ayant un contrôle constant du véhicule, mais il ne remet pas en cause les dispositions relatives aux qualités et aux activités attendues du conducteur⁸.

C'est en fonction de la définition retenue que les interprétations nationales diffèrent concernant l'amendement de 2016 à la Convention de Vienne qui reconnaît les systèmes embarqués d'aide à la conduite. La France a pour l'instant une approche restrictive, considérant dans les différents décrets sur l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite que le conducteur doit avoir la maîtrise de l'environnement et du système de conduite.

Le développement de véhicules hautement ou totalement automatisés nécessite ainsi, selon le professeur de droit Lionel Andreu qui a dirigé un ouvrage sur les voitures autonomes, un « changement de paradigme »⁹ afin de redéfinir

² Voir l'article 8.5 et l'article 13.1 de la Convention sur la circulation routière, fait à Vienne le 8 novembre 1968.

³ Voir l'article R. 412-6.

⁴ Les États non-signataires de cette convention sont soumis à une autre convention internationale, celle de Genève signée en 1949.

⁵ Atelier 1, 28/04/2020, « Le droit des véhicules autonomes ». Voir aussi VINGIANO-VIRICEL, Iolande, 2019, *Véhicule autonome : qui est responsable ? Impacts de la délégation de conduite sur les régimes de responsabilité*, LexisNexis.

⁶ Nations unies, Commission économique pour l'Europe, Comité des transports intérieurs, Groupe de travail de la sécurité et de la circulation routières, 17 avril 2014, *Rapport du Groupe de travail de la sécurité et de la circulation routières sur sa soixante-huitième session*, ECE/TRANS/WP.1/145, Annexe, p. 10.

⁷ TERESI, Laurent, 2020, « Véhicule à délégation de conduite et risque automobile : une lecture juridique », hal-02436006.

⁸ Voir les articles 8.3, 8.4 et 8.6 de la Convention sur la circulation routière, fait à Vienne le 8 novembre 1968.

⁹ Interview écrite réalisée le 06/04/2020 pour la communauté.



la notion centrale de maîtrise du véhicule et de préciser les activités secondaires autorisées pour le conducteur. L'infléchissement dans le contrôle par le conducteur du véhicule lorsque le système de conduite automatique est activé devrait en théorie mener à une baisse des compétences habituellement requises pour conduire. Cependant, le conducteur d'un véhicule à délégation de conduite doit pouvoir reprendre la main sur ce dernier à tout moment.

En plus de maîtriser la conduite ordinaire, il doit aussi être en mesure de « savoir manier les logiciels d'activation et de désactivation du mode autonome, exigeant de sa part des réflexes supplémentaires »¹⁰. L'évolution de la formation à la conduite devient dès lors un enjeu important et pourra mener à imposer un apprentissage, voire un permis particulier pour conduire des véhicules autonomes. Dans cette perspective, ce n'est a priori pas le Code de la route qu'il faut modifier, mais les obligations faites aux constructeurs d'avoir des explications de prise en main et de conduite des véhicules à délégation de conduite qui soient suffisamment simples.

La reconnaissance des activités secondaires du conducteur

Par ailleurs, plus le système de conduite automatique prend de lui-même le contrôle du véhicule et plus le conducteur se voit déchargé d'une partie de ses obligations pour se concentrer uniquement sur la supervision de

l'environnement de conduite et de la machine. Le dessaisissement du conducteur au profit du système de conduite automatique pose ainsi la question des activités accessoires ou secondaires que peut exercer le conducteur.

La Convention de Vienne affirme dans l'article 8.6 l'obligation pour le conducteur d'« éviter toute activité autre que la conduite ». La France a présenté début 2019 au Forum mondial de la sécurité routière (WP.1) de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-ONU) une proposition d'amendement pour le modifier. Elle vise à reconnaître la possibilité pour le conducteur d'exercer d'autres activités que la conduite « lorsqu'un système de conduite automatisé prenant en charge en permanence toutes les tâches du conducteur est actif »¹¹.

Plusieurs pays ont également soumis un projet de résolution au WP.1 pour encadrer et préciser ces activités secondaires. Les recommandations portent, d'une part, sur les méthodes de validation et les prescriptions techniques pour les systèmes de conduite automatique à suivre pour garantir la sécurité de ces activités. Elles énoncent, d'autre part, quatre critères à respecter pour permettre des activités secondaires. Celles-ci ne devraient pas, premièrement, gêner la reprise de la maîtrise du véhicule et devraient, deuxièmement, être compatibles avec le fonctionnement des systèmes automatisés de conduite. Le conducteur devrait, troisièmement, respecter la législation nationale sur la circulation routière en vigueur et, quatrièmement, avoir les capacités nécessaires à la conduite¹².

¹⁰ ANDREU, Lionel (dir.), 2018, *Des voitures autonomes, une offre de loi*, Dalloz, p. 39.

¹¹ Nations unies, Commission économique pour l'Europe, Comité des transports intérieurs, Forum mondial de la sécurité routière, 9 janvier 2019, *Proposition d'amendement à l'article 8 de la Convention de 1968 sur la circulation routière. Communication de la France*, ECE/TRANS/WP.1/2019/1.

¹² Nations unies, Commission économique pour l'Europe, Comité des transports intérieurs, Forum mondial de la sécurité routière, 5 juillet 2019 *Communication de l'Allemagne du Canada, de la Finlande, du Japon, du Luxembourg et du Royaume-Uni. Projet de résolution sur les activités autres que la conduite*, ECE/TRANS/WP.1/2019/3.

Quelle responsabilité pénale en cas d'accident d'un véhicule autonome ?

La question de la responsabilité se pose de manière exacerbée pour le développement des véhicules dotés d'un niveau d'autonomie 3 ou 4 qui supposent une capacité du conducteur, situé à l'intérieur ou à l'extérieur du véhicule, à en reprendre le contrôle. Celle-ci implique d'être en mesure d'identifier quel acteur est responsable au plan pénal en cas d'accident. Comme rappelé précédemment¹³, la législation française apparaît particulièrement protectrice pour les victimes en cas d'accident d'un véhicule terrestre à moteur. Elle ne pose pas de difficulté particulière pour le développement des véhicules autonomes en matière de responsabilité civile, qui renvoie à l'obligation faite de réparer le préjudice causé à autrui en cas d'accident. Ces véhicules rentrent en effet dans le champ d'application de la loi Badinter¹⁴ de 1985 et sont soumis à la même obligation d'assurance que les véhicules conventionnels.

Cependant, la responsabilité pénale inhérente aux véhicules à délégation de conduite pose plus de difficultés. En droit français, l'imputation de la responsabilité pénale n'est en effet possible que pour une personne physique ou une personne morale. Le responsable de l'infraction est aujourd'hui soit le conducteur soit le titulaire du certificat d'immatriculation. Cette situation fait qu'un véhicule doté d'un système de conduite automatisé ne peut être sanctionné pénalement. Face à cette difficulté, le gouvernement a inclus dans la loi d'orientation des mobilités (LOM) la possibilité d'adapter la législation en vigueur grâce à des ordonnances qui seront adoptées d'ici fin 2021. Il s'agira en particulier de définir le régime de responsabilité applicable pour ce type de véhicule, notamment d'examiner si une modification du Code de la route doit être envisagée¹⁵. La question est de savoir qui sera pénalement responsable à la place du

conducteur en cas d'accident, le constructeur du véhicule ou une autre personne.

La loi PACTE a déjà apporté une exception au principe de responsabilité personnelle du conducteur, mais restreinte aux seules expérimentations. Elle prévoit en effet que c'est le titulaire de l'autorisation d'expérimentation d'un véhicule à délégation de conduite qui est tenu civilement et pénalement responsable en cas d'accident lorsque le système de délégation de conduite est activé. Le conducteur, situé à l'intérieur du véhicule ou le supervisant à distance, demeure quant à lui responsable dans les autres cas, notamment à l'issue d'un délai de reprise de contrôle du véhicule précisé par l'autorisation d'expérimentation, dont le conducteur est informé ou lorsque les conditions d'utilisation du système automatisé de conduite ne sont plus remplies¹⁶.

D'après Iolande Vingiano-Viricel, cet enjeu de responsabilité pénale est lié à la question de la preuve et à l'identification de celui qui était en charge de la conduite au moment de l'accident. Le droit de la preuve est étroitement associé à la question des données du véhicule autonome, mentionnée précédemment. Dans cette perspective, il conviendra de distinguer pour l'utilisation des données collectées par les enregistreurs embarqués, ce qui relève d'une obligation légale, permettant de se dispenser du consentement du conducteur, et ce qui relève d'un service optionnel de valeur ajoutée pour lequel le consentement de celui-ci reste obligatoire.

¹³ Voir sur l'aspect responsabilité civile le chapitre 3.

¹⁴ Voir la loi n° 85-677 du 5 juillet 1985 tendant à l'amélioration de la situation des victimes d'accidents de la circulation et à l'accélération des procédures d'indemnisation.

¹⁵ Voir l'article 31 de la loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités.

¹⁶ Voir l'article 125 de la loi n° 2019-486 du 22 mai 2019 relative à la croissance et la transformation des entreprises.



Un procès du véhicule autonome¹⁷

La série *The Good Wife* est une série télévisée américaine créée par Robert et Michelle King en 2009. L'intrigue de l'épisode 7 de la saison 7, intitulé « Intelligence artificielle », tourne autour d'un procès organisé à la suite d'un accident de la circulation impliquant un véhicule autonome de niveau 4, baptisé T-Port. Les confrontations menées permettent à l'héroïne, Alicia Florrick, d'évaluer plusieurs hypothèses.

Elle pointe tout d'abord une possible défaillance des capteurs du véhicule. L'accident a eu lieu par temps de pluie, ce qui aurait pu entraîner une défaillance des systèmes de détection laser. Cette hypothèse est néanmoins écartée, car elle n'explique pas l'incapacité du passager à reprendre le contrôle du véhicule. Faute de réponse probante, Alicia tente d'incriminer le mode « *Fuzzy Driving* » proposé par le constructeur pour rendre ses véhicules plus agressifs et les rapprocher de l'expérience de conduite humaine. Les confrontations mettent également en évidence que le véhicule était autorisé à circuler dans un autre État à des fins d'expérimentation, mais pas dans celui du Michigan où se déroule la série.

Ce constat amène Alicia à considérer que le passager a outrepassé le périmètre d'utilisation autorisée pour le véhicule, et qu'il est donc responsable de l'accident. Cherchant toujours à identifier la cause, les confrontations mettent en évidence que le disque dur du véhicule a été effacé, ce qui empêche d'utiliser les données qu'il contenait. L'hypothèse d'un *hacking* du système par un employé de l'entreprise est finalement retenue et la responsabilité de l'accident imputée au constructeur.

L'épisode présenté ici permet d'appréhender les enjeux juridiques inhérents au développement

des véhicules autonomes. Il montre bien que la responsabilité est initialement attribuée au conducteur qui doit, selon la Convention de Vienne, rester maître du véhicule. Il met également en lumière les enjeux liés aux questions cyber et au risque de piratage des véhicules autonomes. L'originalité de l'épisode est que le piratage résulte d'un employé de l'entreprise automobile. L'accident ne peut donc être imputé à un acte de type terroriste. De ce fait, la responsabilité de l'accident incombe à la personne morale qu'est le constructeur du véhicule.

Cette question de la responsabilité dans les accidents de voitures autonomes constitue un thème récurrent des travaux de science-fiction autour de la conduite autonome. Elle apparaît également dans l'épisode « Crocodile »¹⁸ de la série *Black Mirror* qui expose la question de l'accès à l'enregistreur de données pour expliquer l'accident. Elle est aussi identifiable, bien que moins aboutie, dans la série *Upload*¹⁹, dont l'intrigue démarre par un accident de véhicule autonome qui provoque la mort du héros Nathan.



¹⁷ KING Michelle et Robert, 2015, « Intelligence Artificielle », *The Good Wife*, Saison 7, Episode 7.

¹⁸ BROOKER, Charlie, 2018, « Crocodile », *Black Mirror*, Saison 4, Épisode 3.

¹⁹ DANIELS, Gred, *Upload*, Saison 1.

L'homologation technique des véhicules à délégation de conduite

Le développement de véhicules autonomes connectés oblige à repenser également les procédures d'homologation afin de garantir la sécurité, d'une part, des systèmes de conduite automatique et, d'autre part, des systèmes d'information et de communication qui équipent ces véhicules. L'homologation désigne « l'acte par lequel une autorité administrative d'un État atteste de la conformité du véhicule aux réglementations concernant les exigences techniques applicables pour la sécurité et les émissions de particules »²⁰. Les règles qui encadrent l'homologation technique de véhicule à délégation de conduite en France se fondent notamment sur le règlement n°79 de la CEE-ONU²¹.

Le processus d'homologation des systèmes d'aides à la conduite s'est développé depuis le début des années 2010. Il concerne l'homologation du contrôle électronique de trajectoire (*Electronic Stability Control* – ESC), le freinage automatique d'urgence (*Autonomous Emergency Braking* – AEB), ou encore plus récemment l'automatisation de certaines activités de conduite, notamment de niveaux 2 et 3. Dès lors, si les conditions d'homologation sont définies pour tous les véhicules allant jusqu'à un niveau 3 d'automatisation, les niveaux 4 et 5 continuent à poser des difficultés. De nouveaux risques émergent en effet en matière de défaillances des systèmes ou d'attaques cyber (piratage, détournement à distance, corruption des données, etc.). Ces risques sont renforcés par la complexité des technologies de conduite automatisées, l'opacité des algorithmes d'intelligence artificielle et la très forte dépendance de ce type de véhicule aux réseaux de télécommunication.

La validation des systèmes de conduite automatiques

L'homologation de véhicules conventionnels basée sur la validation de la performance des différents organes (direction, freinage, éclairage, etc.) s'avère inappropriée dans le cas du véhicule autonome disposant d'un système de conduite automatique prenant en charge les manœuvres et supervisant l'environnement à la place du conducteur. Un système de conduite automatique ou automatisé peut être défini comme « la combinaison de matériels et de logiciels permettant d'assurer le contrôle dynamique d'un véhicule de manière durable »²². Le véhicule autonome constitue donc « un système (véhicule + conducteur + conditions de circulation) »²³ complexe qui échappe de fait aux procédures classiques de validation technique des équipements.

L'avocate Alexandra Cohen-Jonathan a présenté²⁴ les travaux sur ce point de la commission « véhicules autonomes » du Club des Juristes dont elle est le rapporteur. Les réflexions font ressortir qu'il ne sera plus possible d'homologuer des composants du véhicule mais des modes d'usage, c'est-à-dire des obligations comportementales dans certaines situations. Par ailleurs, l'homologation devra avoir un périmètre temporel et territorial précis. Un véhicule homologué en Europe ne pourra par exemple pas circuler en mode autonome sur un autre territoire ayant des règles de conduite différentes. De même, lorsqu'un utilisateur ne fera pas les mises à jour demandées de l'intelligence artificielle, le système devra alors se bloquer. Une autre piste de réflexion concerne l'homologation de la carte embarquée du véhicule qui devra être unique.

²⁰ Voir <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/homologation-des-vehicules#e2>.

²¹ Voir Commission économique pour l'Europe des Nations unies, 1er décembre 1988, *Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules en ce qui concerne l'équipement de direction*, Règlement n°79.

²² Nations unies, Commission économique pour l'Europe, Comité des transports intérieurs, Forum mondial de la sécurité routière, 3 octobre 2018, *Résolution du Forum mondial de la sécurité routière (WP.1) sur le déploiement de véhicules hautement et entièrement automatisés dans la circulation routière*, ECE/TRANS/WP.1/165, Annexe I, p. 10.

²³ IDRAC, Anne-Marie, avril 2019, *Développement des véhicules autonomes. Orientations stratégiques pour l'action publique, Un an d'actions publiques Mai 2018 - Avril 2019*, ministère de la Transition écologique et solidaire, ministère chargé des Transports, p. 12.

²⁴ Atelier 1, 28/04/2020, « Le droit des véhicules autonomes ».

Des discussions ont lieu au Forum mondial de l'harmonisation des règlements concernant les véhicules (WP.29) pour faire évoluer le règlement n°79 de la CEE-ONU. En effet, ce dernier n'autorisait que l'homologation de certaines aides à la conduite de niveau 2, telles que le stationnement automatique, l'assistance au maintien de trajectoire et les systèmes d'évitement d'urgence²⁵. L'adoption au printemps 2020 du règlement de l'ONU sur les systèmes automatisés de maintien dans la voie²⁶, dit ALKS (*Automated Lane Keeping Systems*), évoqué précédemment, permet désormais d'encadrer l'homologation des véhicules autonomes de niveau 3 circulant sur autoroute ou voie séparée jusqu'à 60 km/h.

Selon Laurent Teresi²⁷, maître de conférences en droit public à l'université Toulouse III-Paul Sabatier, ces normes techniques, si on les transpose, reviennent à définir ce que sont les obligations du conducteur : conduire prudemment, éviter tous les dangers, avoir la maîtrise du véhicule. C'est donc, en définitive, la norme « technique » qui réceptionne les obligations qui étaient préalablement confiées au conducteur. La question de l'information du conducteur prend en particulier une place primordiale puisque c'est de la bonne information du conducteur au préalable et en cours de trajet que résultera la bonne qualité de la conduite dans le cadre d'une délégation conventionnelle (niveau 3). Ce n'est ainsi plus tant la production du système qui est en cause que son mode de fonctionnement et son comportement routier.

Comme l'a remarqué Alexandra Cohen-Jonathan, il y a ainsi une inversion de la logique d'homologation. Jusqu'à présent, chaque composant d'un véhicule devait se conformer exactement à certaines normes très précises. Dès lors que le constructeur répondait à ces exigences techniques, il y avait

une présomption de sécurité du véhicule. Aujourd'hui, les réflexions sur l'homologation des véhicules à délégation de conduite vont plutôt dans le sens du droit anglo-saxon. Au lieu d'avoir des exigences précises, on posera des principes, à savoir des cas d'usage, auxquels les constructeurs devront répondre tout en conservant une certaine liberté dans la construction du véhicule.

L'homologation des véhicules autonomes de niveau 4 ou 5 devrait également se traduire par un autre changement de paradigme. Comme l'a souligné Alain Piperno²⁸, expert chargé des tests et de l'homologation des véhicules autonomes au sein de l'UTAC CERAM²⁹, si une partie de la perception de l'environnement extérieur du véhicule doit être déportée sur l'infrastructure, ce ne sont plus uniquement les véhicules qu'il conviendra d'homologuer mais également cette dernière. Pour les navettes autonomes par exemple, il conviendra à la fois d'homologuer le véhicule, son parcours, et les infrastructures qu'il empruntera. Cela pourrait se traduire par une certification de certaines parties de la voirie où l'activation des systèmes de conduite autonome serait autorisée. Ce débat autour de la question de l'homologation renvoie à la question plus générale de la part d'intelligence qui doit être déportée du véhicule à l'infrastructure connectée avec laquelle ce dernier interagit.

La validation des systèmes d'information et de communication

Comme souligné dans le chapitre précédent, le véhicule autonome connecté se démarque d'une voiture conventionnelle en ce qu'il constitue un « objet numérique »³⁰ qui collecte, stocke, traite et transmet de très nombreuses données. Un enjeu majeur

²⁵ Voir MOSQUET, Xavier, PÉLATA, Patrick, février 2019, *Renforcer l'attractivité et la compétitivité de la France dans l'automobile et la mobilité de demain*, p. 40.

²⁶ Nations unies, Commission économique pour l'Europe, Comité des transports intérieurs, Forum mondial pour l'harmonisation des Règlements concernant les véhicules, 6 avril 2020, *Proposition de nouveau Règlement ONU énonçant des prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules en ce qui concerne leur système automatisé de maintien dans la voie*, ECE/TRANS/WP.29/2020/81.

²⁷ Atelier 1, 28/04/2020, « Le droit des véhicules autonomes ».

²⁸ PIPERNO, Alain, 16/12/2020, « Quel cadre législatif pour la conduite autonome ? », Meet Up Voiture connectée et autonome organisé par Vinci Leonard.

²⁹ L'UTAC CERAM est chargé par les autorités françaises des tests de mise en conformité des véhicules routiers et de leurs équipements.

³⁰ TERESI, Laurent, 2020, « Véhicule à délégation de conduite et risque automobile : une lecture juridique », hal-02436006.

en matière d'homologation concerne ainsi la validation des systèmes d'information et de communication du véhicule en vue de garantir la sécurité des logiciels et des algorithmes qui composent ces derniers. D'importants travaux ont été menés sur ce sujet au sein du Groupe de travail des véhicules automatisés/autonomes et connectés du Forum mondial de l'harmonisation des règlements concernant les véhicules (WP.29) de la CEE-ONU. Ils ont conduit à l'adoption en juin 2020 de deux nouveaux règlements concernant la mise à jour logicielle³¹ et la cybersécurité³².

Ces règlements conditionnent l'homologation du véhicule au fait, pour le constructeur, de démontrer qu'il a pris les dispositions et les procédures satisfaisantes pour gérer l'ensemble des menaces et minimiser les risques cyber à un niveau acceptable dès la conception (*security by design*) et tout au long du cycle de vie du véhicule. Si ce nouveau cadre juridique international définit les grands principes et les processus à respecter, il laisse cependant le constructeur libre quant aux moyens techniques particuliers à mettre en œuvre pour répondre aux exigences de cybersécurité et de mise à jour logicielle. Ces règlements créent une responsabilité du constructeur au sein d'un cadre normatif qui vise à structurer l'organisation de la production. Il y a donc une véritable transformation de la réglementation technique qui vient dépasser son champ d'application habituel.

D'après Laurent Teresi, c'est un système de garantie des risques qui est finalement proposé plutôt qu'une norme technique en tant que telle. Les normes techniques qui ont été récemment adoptées au niveau de l'ONU vont plus loin qu'une simple obligation de moyens. En effet, la fonctionnalité des composants des systèmes automatiques devra être absolument garantie, ce qui correspond à une obligation de résultat. Il en est de même au regard de la diversité des cas d'usage définis en matière de

cybersécurité dont le respect est imposé au constructeur et à ses fournisseurs sur l'ensemble du cycle de vie du véhicule. C'est également le cas pour la norme ALKS relative aux systèmes automatisés de maintien dans la voie, puisque des simulations informatiques seront réalisées en vue de tester la sécurité du véhicule dans de nombreuses situations.

Les prochaines étapes dans la construction d'une réglementation technique sur les véhicules autonomes concerneront l'homologation des navettes, prévue en France pour 2022, celle des systèmes d'échanges d'information entre les véhicules et les infrastructures (V2I), et celle de l'intelligence artificielle embarquée dans les véhicules. À moyen terme, il conviendra également de développer un cadre d'homologation pour le *platooning* et pour les véhicules autonomes de niveau 4 ou 5, qu'ils évoluent dans un cadre urbain ou sur des routes classiques³³.

Au final, la problématique juridique constitue une question de fond qui structure l'ensemble des efforts et des outils mis en œuvre pour favoriser, encadrer et réguler le développement des véhicules autonomes. Elle renvoie également à une question récurrente en matière d'accompagnement législatif des innovations. Faut-il laisser libre cours aux expérimentateurs pour leur permettre de développer le plus rapidement possible leurs solutions technologiques, quitte à ce que cela présente des risques pour la sécurité ? Ou convient-il plutôt d'encadrer dès le départ le développement technologique pour s'assurer qu'il soit conforme à certains principes de base, quitte à ce qu'il prenne plus de temps ? Au-delà de la question juridique, c'est donc celle de la stratégie politique choisie qui se dessine.

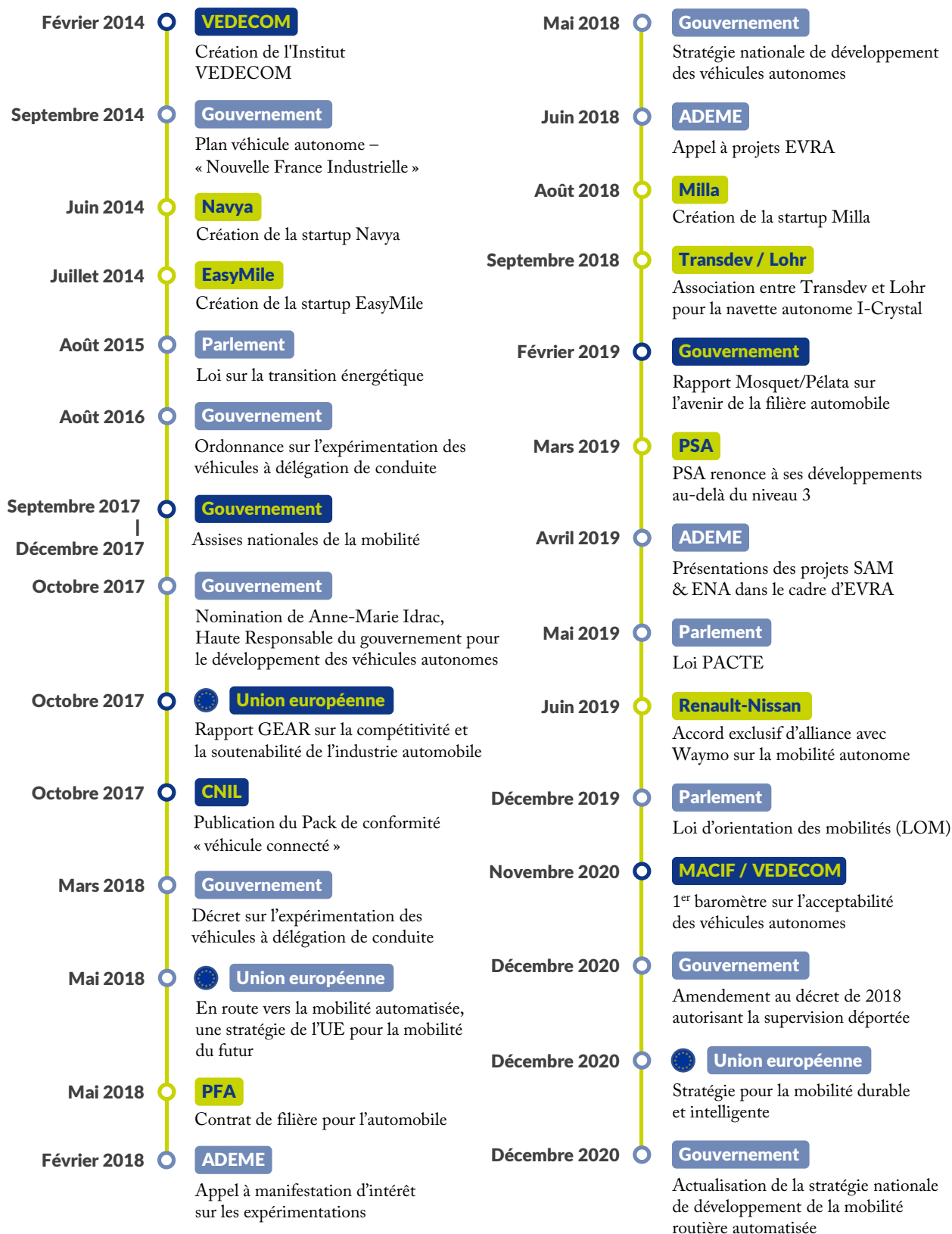
³¹ United Nations, Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations, 31 March 2020, *Proposal for a new UN Regulation on uniform provisions concerning the approval of vehicles with regards to software update and software updates management system*, ECE/TRANS/WP.29/2020/80.

³² United Nations, Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations, 23 June 2020, *Proposal for a new UN Regulation on uniform provisions concerning the approval of vehicles with regards to cyber security and cyber security management system*, ECE/TRANS/WP.29/2020/79 Revised.

³³ PIPERNO, Alain, 16/12/2020, « Quel cadre législatif pour la conduite autonome ? », Meet Up Voiture connectée et autonome organisé par Vinci Leonard.



CHRONOLOGIE DU VÉHICULE AUTONOME EN FRANCE



UNE POLITIQUE FRANÇAISE AMBITIEUSE POUR LE DÉVELOPPEMENT DES VÉHICULES AUTONOMES

Forte d'une industrie automobile au poids économique et symbolique important, la France a affiché très rapidement une volonté de se positionner comme un acteur qui compte dans le développement des véhicules autonomes. Cette mise à l'agenda s'est traduite par l'élaboration progressive d'une politique publique ambitieuse dédiée à cette question, centrée initialement sur les aspects industriels. Le gouvernement a ensuite mis en place en 2018 une stratégie nationale de développement des véhicules autonomes dont le pilotage a été confié à Anne-Marie Idrac. Elle a fait l'objet en

décembre 2020 d'une actualisation qui inscrit aujourd'hui le thème du véhicule autonome dans une perspective plus large, tenant compte de sa contribution potentielle à l'émergence d'une mobilité plus durable et plus inclusive. La nouvelle stratégie nationale témoigne par ailleurs d'une approche volontariste de l'État pour soutenir et organiser le développement des véhicules autonomes qui contraste avec l'approche libérale de la stratégie européenne de transport durable et intelligent.

L'émergence d'une politique publique du véhicule autonome

La première prise en compte du thème du véhicule autonome dans le cadre de politiques publiques en France remonte à 2013. À cette date, le président de la République, François Hollande, a annoncé en présence du ministre du redressement productif, Arnaud Montebourg, ce qui était alors présenté comme une stratégie résolument offensive de réindustrialisation du pays³⁴. Si la philosophie générale de cette nouvelle politique industrielle a été annoncée en septembre 2013, sa déclinaison opérationnelle sous forme de plans, co-construits avec les industriels, a pour sa part été présentée à l'été de l'année suivante. Le secteur automobile y occupait une place centrale avec des plans consacrés aux bornes électriques de recharge, aux batteries et au véhicule autonome.



³⁴ HOLLANDE, François, 12/09/2013, « Déclaration de M. François Hollande, Président de la République, sur les priorités de politique industrielle de la France, à Paris le 12 septembre 2013 », <https://www.vie-publique.fr/discours/188996-declaration-de-m-francois-hollande-president-de-la-republique-sur-les>.



La structuration de ce plan s'est articulée principalement autour de l'industrie automobile et plus particulièrement de la Plateforme de la Filière Automobile (PFA). La chefferie de projet de ce plan a été confiée à Renault, via le PDG du groupe Renault-Nissan, Carlos Ghosn. La coordination et le suivi de la mise en œuvre de ce plan étaient néanmoins confiés au ministère des Finances et plus particulièrement à la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGCIS) devenue depuis 2014 la Direction générale des entreprises (DGE). Il entendait réunir l'ensemble des acteurs concernés par le véhicule autonome répartis en trois catégories : les industriels (PFA, RATP, Ligier, etc.), les fournisseurs de technologie (Akka Technologies, VEDECOM, Dassault Systèmes, etc.) et les acteurs publics, qu'il s'agisse des administrations ou des centres de recherche. Quatre grands axes de travail étaient alors identifiés :

- > Démontrer les bénéfices socio-économiques, sécuritaires et l'acceptabilité ;
- > Investir dans les domaines technologiques clés ;
- > Démontrer l'amélioration de la sécurité dans les cas d'usage ciblés ;
- > Faire évoluer le cadre réglementaire et normatif en vue de l'expérimentation et de la mise sur le marché.

Cette initiative a néanmoins été abandonnée dans le courant de l'année 2015 à l'occasion d'un effort de rationalisation de la politique industrielle française, décidé après l'arrivée d'Emmanuel Macron à la tête du ministère de l'Économie et des Finances³⁵. Ce travail de rationalisation a conduit à la formalisation d'une action industrielle unique destinée à promouvoir une mobilité plus écologique, qui a intégré les travaux menés jusqu'alors sur le véhicule autonome.

L'intérêt de ce premier plan tenait notamment dans sa volonté de contribuer à l'émergence d'un écosystème cohérent d'acteurs français autour du véhicule autonome. Il a notamment donné lieu à la création du programme « Nouvelle France Industrielle Véhicules Autonomes », rebaptisé depuis « France Véhicules Autonomes ». Deux lignes de force peuvent néanmoins être distinguées en regard de la période actuelle. Tout d'abord, le sujet apparaissait principalement structuré autour de l'industrie automobile et de son syndicat, la PFA. Ensuite, le sujet était porté par Bercy pour le compte de la puissance publique. Ce portage témoignait à l'époque de la prévalence d'une vision industrielle du sujet au détriment d'une vision plus orientée « mobilité », qui prévaut actuellement.

L'élection d'Emmanuel Macron à la présidence de la République a conduit à une accélération des réflexions autour du véhicule autonome. Ces dernières ont prolongé celles dont le cadrage avait été imposé par l'industrie automobile. Dans cette perspective, une mission de réflexion plus générale sur l'avenir de la filière automobile française et les nouvelles solutions de mobilité a été confiée par le gouvernement en octobre 2018 à Xavier Mosquet et Patrick Pélat. Les deux experts recommandaient dans leur rapport, rendu en février 2019, d'accélérer le développement des briques technologiques du véhicule autonome par les entreprises françaises, de fédérer les acteurs du sujet autour d'une plateforme commune, de se rapprocher des constructeurs allemands afin de mutualiser les connaissances dans le domaine (maîtrise de la pile logicielle, partage d'une base de données de roulage et des situations de conduite), de favoriser les expérimentations, d'élaborer un cadre réglementaire sur l'homologation et la certification des technologies de conduite autonome, et enfin de travailler à l'acceptabilité sociale du véhicule autonome³⁶. L'objectif est d'encourager le déploiement à terme de véhicules autonomes partagés (robotaxis, navettes, etc.), en particulier dans les territoires périurbains et ruraux.

³⁵ Gouvernement français, 18/05/2015, « Industrie du futur. Réunir la Nouvelle France Industrielle », https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/industrie-du-futur_dp.pdf.

³⁶ Voir MOSQUET, Xavier, PÉLATA, Patrick, février 2019, *Renforcer l'attractivité et la compétitivité de la France dans l'automobile et la mobilité de demain*, pp. 36-42.

La stratégie nationale de développement des véhicules autonomes

Dans cette perspective, le gouvernement d'Édouard Philippe et a pris la décision de créer une nouvelle fonction, celle de Haute Responsable chargée du développement des véhicules autonomes, confiée à l'ancienne ministre Anne-Marie Idrac à la fin du mois d'octobre 2017. Ce travail s'est prolongé par l'élaboration au printemps 2018 d'une stratégie nationale pour le développement des véhicules autonomes afin de faire le bilan des travaux menés depuis 2014 et avec l'ambition de permettre à la France de s'imposer comme un leader sur ce segment à l'horizon 2021. La publication de cette stratégie a marqué une évolution par rapport aux travaux initiaux avec une montée en puissance de la question de la mobilité dans l'appréhension par l'État du thème du véhicule autonome. Le fait que les travaux, au plan administratif, soient principalement menés par le ministère de la Transition écologique et solidaire, ayant la tutelle du ministère chargé des transports, et plus précisément par la Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM) constitue un autre marqueur de cette évolution.

La stratégie nationale pour le développement des véhicules autonomes vise à favoriser et à accompagner le déploiement de véhicules hautement automatisés à l'horizon 2022. Elle repose sur trois principes clés : « sécurité, progressivité, acceptabilité »³⁷. Comme l'a expliqué à la communauté³⁸ Xavier Delache, sous-directeur des études et de la prospective au sein de la DGITM, la stratégie s'articule également autour d'une méthode de travail collaborative, mise en place dès 2013 avec le premier plan véhicule autonome, qui associe le secteur privé et le secteur public dans le processus d'élaboration de cette politique.

Une autre particularité de la stratégie française consiste à se focaliser en particulier sur les

cas d'usage potentiels du véhicule autonome. Cette approche est cohérente avec le désir de progressivité mis en avant dans les principes fondateurs de la stratégie. Elle identifie en particulier trois cas d'usage : le transport de marchandises, le transport collectif et le transport individuel. Cette stratégie a pour objectifs principaux, d'une part, de favoriser de nouvelles formes de mobilité « plus propres, plus accessibles, et plus connectées »³⁹ et, d'autre part, « d'aider les entreprises françaises à se positionner favorablement sur les nouveaux marchés de services et de technologies liés au véhicule autonome »⁴⁰.

La stratégie nationale de développement des véhicules autonomes dévoilée en mai 2018 visait ainsi quatre objectifs principaux :

- 1 établir un cadre législatif et réglementaire pour la circulation des véhicules autonomes ;
- 2 préparer un cadre de validation de sécurité cohérent à l'échelle nationale, européenne et internationale ;
- 3 soutenir l'innovation ;
- 4 évaluer les enjeux d'acceptabilité et les perspectives économiques des véhicules autonomes.

Sur le premier point, relatif au cadre législatif et réglementaire, l'action du gouvernement s'est focalisée dans un premier temps sur la mise en place d'un cadre facilitant le déploiement des expérimentations, présenté plus loin. Le cadre législatif et réglementaire qui encadrera le déploiement généralisé des véhicules autonomes reste pour sa part à construire. Des ordonnances en ce sens sont prévues par la LOM⁴¹ et sont en cours de préparation.

³⁷ IDRAC, Anne-Marie, décembre 2019, « Une stratégie nationale pour le développement des véhicules autonomes », *La Revue du Trombinoscope*, p. 22.

³⁸ Atelier 8, 26/11/2020, « Les politiques publiques des véhicules autonomes ».

³⁹ Gouvernement français, mai 2018, *Développement des véhicules autonomes. Orientations stratégiques pour l'action publique*, p. 4.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 8.

⁴¹ Voir l'article 31 de la loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités.

L'objectif affiché par le gouvernement est de parvenir à une version finalisée du régime juridique de la circulation des véhicules automatisés à l'horizon 2022 pour qu'il couvre les différents cas d'usage mentionnés précédemment.

L'État et les collectivités territoriales ont consenti à des investissements importants pour soutenir l'innovation dans ce domaine, et en particulier les expérimentations. Cet effort s'est traduit par des investissements réalisés en particulier dans le cadre du programme

national « Expérimentation du Véhicule Routier Autonome » (EVRA) lancé en 2018 et doté d'un budget de 120 millions d'euros, dont 42 millions de subventions publiques de l'État. Des projets de recherche et d'innovation, par exemple les activités de l'institut de recherche VEDECOM, sont aussi soutenus dans le cadre du programme d'investissements d'avenir (PIA). Enfin, certaines aides à la conduite autonome ont été intégrées récemment au sein du Plan Auto⁴², même si ce dernier met plutôt l'accent sur la mobilité propre.

L'actualisation de la stratégie pour 2020-2022

Une actualisation de la stratégie nationale de développement des véhicules autonomes a été présentée le 15 décembre 2020 par Jean-Baptiste Djebbari, ministre délégué chargé des Transports, et Agnès Pannier-Runacher, ministre déléguée chargée de l'Industrie⁴³. La nouvelle version de la stratégie met tout d'abord en avant l'idée d'une forte continuité par rapport à la version initiale du texte. Les grands principes de sécurité, de progressivité et d'acceptabilité sont réaffirmés dans la mesure où ils permettent la mise en place d'une stratégie pragmatique et progressive dans le déploiement des véhicules autonomes.

Outre cette continuité, plusieurs évolutions sont toutefois notables. La première concerne le titre de cette nouvelle stratégie, rebaptisée « Stratégie nationale de développement de la mobilité routière automatisée 2020-2022 ». Cette évolution sémantique fait écho aux nombreux débats autour de l'appellation des véhicules autonomes, beaucoup préférant utiliser l'expression de « véhicules automatisés », qui permet de tenir compte de l'ensemble des niveaux d'automatisation de la conduite et de dépasser la rupture mise en évidence entre le niveau 3 et le niveau 4.



⁴² Gouvernement français, 26/05/2020, « Plan de soutien à l'automobile pour une industrie verte et compétitive », https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20200526_DP_Automobile.pdf.

⁴³ Gouvernement français, 15/12/2020, « Stratégie nationale de développement de la mobilité routière automatisée 2020-2022 », <https://www.francemobilites.fr/actualites/publication-la-strategie-nationale-2020-2022-pour-developper-les-vehicules-autonomes>.

Une seconde évolution concerne un enrichissement des cas d'usage et une précision de ces derniers. Les trois grands types de cas d'usage identifiés initialement ont été réaffirmés, à savoir : l'automobile pour la voiture autonome individuelle, le transport pour les services partagés de mobilité autonome, la logistique pour le transport automatisé de livraison de marchandises. Un nouveau type de cas d'usage mixte a également été identifié : il couvre le covoiturage et le développement de transports automatisés coopérant avec l'infrastructure.

Une autre évolution concerne l'ambition générale de la stratégie. Elle ne se focalise plus uniquement sur les aspects d'expérimentation, mais ambitionne également de considérer le passage à l'échelle pour les services de mobilité autonome. Cette préoccupation, en phase avec les objectifs de la communauté d'intérêt, s'appuie sur l'identification de trois conditions préalables qui s'inscrivent toutes dans le développement d'une vision écosystémique du véhicule autonome :

- > L'intégration de l'ensemble des composantes d'un service de mobilité autonome ;
- > Le renforcement des synergies entre les acteurs des filières industrielles et servicielles ;
- > L'appropriation par les territoires de ces futures solutions de mobilité automatisée.

La prise en compte de ces conditions devrait se traduire par la mise en place de quatre grandes catégories de mesures :

- > La finalisation du cadre législatif et réglementaire sur la circulation de véhicules automatisés, en y intégrant notamment le fret et la logistique, ainsi que les problématiques de connectivité ;
- > Le développement d'une doctrine technique de validation et de référentiels de sécurité qui intègrent les diverses problématiques que posent les véhicules autonomes ;
- > La poursuite du soutien à la recherche, à l'innovation et au déploiement d'expérimentations plus importantes qui incluent notamment l'enjeu de l'infrastructure ;

- > Un développement de l'accompagnement et de l'animation de l'écosystème français de la mobilité autonome, en renforçant la coopération entre les acteurs du programme France Véhicules Autonomes et en y associant plus efficacement d'autres acteurs, notamment le secteur routier, les startups et les collectivités territoriales.

L'actualisation de la stratégie nationale permet de mettre à nouveau en évidence le double objectif poursuivi par le gouvernement à l'égard du véhicule autonome. Il s'agit à la fois d'en faire un élément clé de la future compétitivité de l'économie française et de ses entreprises, tout en s'assurant que cette technologie apporte un progrès sociétal réel. Par exemple, son utilisation pourrait contribuer à l'émergence d'une offre de mobilité plus adaptée à la demande des citoyens, notamment plus propre et plus solidaire. La stratégie française se caractérise donc par un volontarisme affirmé. L'État entend jouer pleinement son rôle pour soutenir, organiser et réguler le développement des technologies de conduite autonome. Cette approche contraste avec celle mise en place à l'échelle européenne, qui se veut plus libérale que la stratégie française.



La stratégie européenne de transport durable et intelligent

Cet effort français en matière d'adoption d'une politique de soutien au développement des véhicules autonomes s'est également couplé à un processus d'élaboration stratégique porté au niveau européen. Le thème des véhicules autonomes s'est imposé à l'agenda des autorités européennes à partir de 2017, à l'occasion de la publication d'un rapport d'étude sur la compétitivité et la soutenabilité de l'industrie automobile européenne⁴⁴. Réalisé par le groupe de haut niveau GEAR 2030, associant des représentants du secteur public et du secteur privé, ce rapport formulait des recommandations concrètes pour permettre à l'industrie automobile d'anticiper et de se préparer aux changements à venir à l'horizon 2030, notamment la connectivité et l'automatisation croissante des véhicules. Les principales recommandations de ce groupe de travail ont par la suite été reprises dans le cadre de la stratégie proposée par la Commission européenne pour le développement de la mobilité automatisée présentée au printemps 2018⁴⁵. À l'instar de l'approche française, la stratégie européenne recommande la mise en place d'une approche progressive pour le déploiement de

la mobilité automatisée, basée notamment sur de nombreuses expérimentations destinées à valider la sécurité de ces technologies.

Dans ce cadre, la stratégie de l'Union européenne se concentre plutôt sur les questions de sécurité et de données. Cette orientation s'inscrit dans la politique économique plus générale de l'Union qui tend à se focaliser sur des aspects réglementaires, afin de favoriser le fonctionnement du marché intérieur, et qui promeut une approche neutre dans l'accompagnement du développement de cette technologie. Dans cette perspective, la Commission développe un axe de réflexion important sur la problématique des données⁴⁶ produites par les véhicules autonomes. Elle affirme sa volonté de trouver un équilibre entre la protection des données personnelles, encadrée par le Règlement général pour la protection des données (RGPD), les enjeux de cybersécurité, mais aussi le niveau d'accès à ces données, indispensables à la mise en place d'une concurrence équitable entre les acteurs en vue de favoriser le développement de nouveaux services pour les citoyens.

La sécurité de la mobilité automatisée constitue une autre priorité de la Commission européenne. Cette dernière doit notamment veiller à la cohérence entre les règles de circulation dans l'Union et évaluera l'impact de la conduite autonome sur le permis de conduire ou encore sur la formation des chauffeurs. Des réflexions sont également menées sur la question de l'homologation et de la certification des véhicules autonomes. En revanche, comme le soulignait le groupe de travail GEAR 2030, une harmonisation dans ce domaine n'est pas considérée par les autorités européennes comme souhaitable pour le moment, puisqu'elle risquerait de freiner le développement de cette technologie.



⁴⁴ European Commission, 18/10/2017, *High Level Group GEAR 2030 report on automotive competitiveness and sustainability*, https://ec.europa.eu/growth/content/high-level-group-gear-2030-report-on-automotive-competitiveness-and-sustainability_en.

⁴⁵ Commission européenne, 17/05/2018, « En route vers la mobilité automatisée : une stratégie de l'UE pour la mobilité du futur », COM(2018), n°283, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:52018DC0283>.

L'approche européenne prône également un soutien à l'innovation qui s'appuie sur deux outils financiers : la mobilisation d'une partie du budget de l'Union pour la recherche et l'innovation (Horizon 2020 jusqu'à cette année puis Horizon Europe) avec des financements à hauteur de 300 millions d'euros pour des expérimentations à grande échelle ; et un soutien à la numérisation des infrastructures de transport routier grâce au mécanisme pour l'interconnexion en Europe, doté d'un budget de 443 millions d'euros, qui permet la modernisation des réseaux de transport dans l'Union. L'attention de la Commission à la mobilité autonome a d'ailleurs été réaffirmée au début du mois de décembre 2020 à l'occasion de la présentation de la stratégie pour une mobilité intelligente et durable de l'Union⁴⁷. Celle-ci réaffirme notamment l'opportunité créée par l'émergence d'une mobilité connectée,

coopérative et autonome (*connected, cooperative, and automated mobility* - CCAM), ainsi que les trois grands objectifs de la politique de l'Union sur la mobilité autonome en matière de sécurité, de régulation et de soutien à l'innovation.

Malgré ces initiatives prises au niveau européen, il convient de souligner que la politique française en matière de mobilité autonome reste peu articulée avec celle déployée par les autres États membres. Alors que la stratégie française se veut régulatrice, au sens où elle entend favoriser l'émergence d'un écosystème d'acteurs habitués à coopérer et capables de proposer des services de mobilité autonome pour le transport collectif, la politique de l'Union se veut plus attentiste et libérale, focalisée sur les conditions d'émergence d'un réel marché intérieur autour de la conduite automatisée et donc sur les conditions mêmes de création d'une concurrence équitable entre les acteurs.



⁴⁶ Voir le chapitre précédent pour plus de détails.

⁴⁷ European Commission, 09/12/2020, « Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future », COM 789, <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/legislation/com20200789.pdf>.



Pour autant, l'actualisation de la stratégie nationale présentée en décembre 2020 fait du renforcement de la coordination à l'échelle européenne un axe d'effort prioritaire. Elle cible notamment la possibilité d'une mobilisation du programme d'aide à la recherche et à l'innovation « Horizon Europe », ou encore la mise en place d'un cadre réglementaire d'homologation à l'échelle européenne. Dans cette perspective, une mission d'étude a été confiée au député Damien Pichereau afin d'évaluer les pistes pour un renforcement de l'intégration des travaux français au sein de ceux déployés au niveau de l'Union et les moyens de renforcer les partenariats européens⁴⁸. Ce rapport devrait être rendu en juin 2021. Il doit permettre à la France de jouer un rôle moteur dans la définition du futur cadre réglementaire européen pour encadrer la mobilité autonome.

La position française n'est toutefois pas la même concernant le débat actuellement mené à l'échelle européenne sur la nécessité ou pas d'harmoniser les expérimentations. Xavier Delache a précisé lors de son intervention⁴⁹ que la France était réticente à une telle approche pour deux raisons : d'une part, car l'implication des autorités locales dans les expérimentations joue un rôle majeur et ne requiert pas un cadre européen ; d'autre part, parce qu'il convient de focaliser les efforts sur la convergence du régime permanent et pas sur celui des expérimentations. Ces dernières occupent néanmoins une place majeure dans la stratégie française de développement des véhicules autonomes.

⁴⁸ Gouvernement français, 15/12/2020, « Jean-Baptiste Djebbari et Agnès Pannier-Runacher annoncent la publication de la stratégie nationale 2020-2022 pour développer les véhicules autonomes et le lancement d'une mission parlementaire au député Damien Pichereau », Communiqué de presse, n°496, https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/secteurs-d-activite/industrie/496_publication_de_la_strategie_nationale_2020-2022_pour_developper_les_vehicules_autonomes.pdf.

⁴⁹ Atelier 8, 26/11/2020, « Les politiques publiques des véhicules autonomes ».

EXPÉRIMENTER POUR ORIENTER LE DÉPLOIEMENT DE LA MOBILITÉ AUTONOME

Les expérimentations jouent un rôle clé pour à la fois parfaire et tester la technologie de conduite autonome, en évaluer les apports potentiels, et surtout favoriser l'émergence de cas d'usage qui pourront être commercialisés rapidement. Dans cette perspective, le gouvernement français s'est efforcé depuis 2015 de faciliter la mise en place d'expérimentations de véhicules à délégation de conduite sur la voie publique en adaptant le cadre juridique de la circulation routière. Cela a permis le développement d'un grand nombre de tests autour de quatre cas d'usage principaux que sont la desserte

des grands sites, du premier ou du dernier kilomètre, des zones peu denses et le transport de liaison. Le gouvernement a également utilisé l'instrument du financement public pour bâtir un programme d'expérimentations autour du véhicule routier autonome (EVRA), visant à créer un écosystème cohérent d'acteurs sur le sujet tout en favorisant la mutualisation des retours d'expérience issus de ces tests. Ces initiatives ont fait de la France un territoire privilégié pour les expérimentations menées autour des véhicules autonomes.

Faciliter les expérimentations

Le gouvernement s'est efforcé d'assouplir le cadre législatif et réglementaire de la circulation routière pour faciliter les expérimentations liées au véhicule autonome. Il a pour cela adopté dès 2015, dans le cadre de la loi sur la transition énergétique⁵⁰, une disposition l'autorisant à prendre par ordonnance toute mesure nécessaire pour permettre la circulation de véhicules à délégation de conduite sur la voie publique à des fins d'expérimentation. Une ordonnance en ce sens a été adoptée à l'été 2016⁵¹. Les conditions et les procédures d'attribution d'une autorisation d'expérimentation ont ensuite été précisées par un décret adopté en mars 2018⁵². Il a été suivi d'un arrêté ministériel⁵³ en avril de la même année, autorisant l'expérimentation pour deux ans au maximum de véhicules à délégation partielle ou totale de conduite (VDPTC) sur des routes ouvertes à la circulation publique.

La loi PACTE est venue confirmer l'autorisation d'expérimentation de véhicules autonomes sur la voie publique⁵⁴, sous réserve toutefois qu'un conducteur embarqué ou un superviseur à distance puisse à tout moment reprendre le contrôle du véhicule. Alors que le décret de mars 2018 imposait néanmoins la présence à bord d'un conducteur capable de reprendre à tout instant le contrôle du véhicule lors de l'activation des fonctions de délégation de conduite, l'amélioration des systèmes de conduite autonome a conduit le gouvernement à adopter début décembre 2020 un nouveau décret relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite⁵⁵. Il ouvre la voie à ce que le conducteur puisse être situé hors du véhicule, ce qui permet d'envisager le déploiement de nouvelles expérimentations sans conducteur de sécurité à bord mais avec une simple supervision déportée.

⁵⁰ Voir l'article 37 de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour une croissance.

⁵¹ Voir l'ordonnance n° 2016-1057 du 3 août 2016 relative à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques.

⁵² Voir le décret n° 2018-211 du 28 mars 2018 relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques.

⁵³ Voir l'arrêté du 17 avril 2018 relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques.

⁵⁴ Voir l'article 125 de la loi n° 2019-486 du 22 mai 2019 relative à la croissance et la transformation des entreprises.

⁵⁵ Voir le décret n° 2020-1495 du 2 décembre 2020 modifiant le décret n° 2018-211 du 28 mars 2018 relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques.

LE PROCESSUS D'ÉLABORATION D'UNE EXPÉRIMENTATION⁵⁶

Le décret de mars 2018 ouvre la voie à des expérimentations de véhicules autonomes sur la voie publique pour trois motifs :

- > des essais techniques et de la mise au point ;
- > une évaluation des performances en situation pour l'usage auquel est destiné le véhicule à délégation de conduite ;
- > des démonstrations publiques, notamment lors de manifestations événementielles.

Dans ce cadre, la durée d'une expérimentation ne peut excéder deux ans et peut être renouvelée une fois.

Les dispositions pratiques d'une expérimentation sont fixées dans le cadre de l'arrêté du 17 avril 2018 relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation partielle ou totale de conduite (VDPTC) sur les voies publiques. Il précise les modalités du dossier de demande d'expérimentation ainsi que celles relatives au suivi de cette expérimentation en cas d'accord. La délivrance d'une autorisation d'expérimentation suppose de constituer un dossier précisant la description de l'expérimentation, les conditions de sa mise en œuvre, les caractéristiques du véhicule, la sécurité des personnes et des biens dans le champ de l'expérimentation, les aspects relatifs à la cybersécurité et les mesures de consultation des acteurs.

Une fois constitué, ce dossier est soumis au ministère de l'Intérieur et au ministère chargé des Transports. Au sein de ce dernier, la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) évaluera la sécurité du véhicule, la Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM) évaluera les aspects relatifs aux infrastructures et aux services de transport, l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI) considérera les aspects relatifs à la cybersécurité et enfin la Délégation à la sécurité routière (DSR) et l'Unité de coordination de la lutte contre l'insécurité routière évalueront les aspects relatifs à la sécurité routière. En cas d'avis recevable, le ministère consultera pour avis trois acteurs, le gestionnaire de la voirie, l'autorité compétente en matière de police de la circulation, l'autorité organisatrice de mobilité du territoire, afin d'évaluer l'opportunité de cette expérimentation. En cas de délivrance d'une autorisation d'expérimentation du ministre, l'expérimentateur devra alors demander un certificat WW DPTC, fourni par le ministère de l'Intérieur.

L'État demande enfin à l'expérimentateur de présenter un suivi semestriel de son projet ainsi qu'un bilan annuel de l'expérimentation.

⁵⁶ Ministère de la Transition écologique et solidaire, juin 2019, « Expérimentations des véhicules autonomes. Démarche administrative », <https://www.francemobilites.fr/sites/francemobilites/files/inline-files/Flyer%20Exp%C3%A9rimentations%20de%20VA%20-d%C3%A9marche%20administrative.pdf>

État des lieux des expérimentations autour du véhicule autonome en France

Les expérimentations de véhicules autonomes se sont multipliées en France après 2015 à la suite de l'adoption de ce nouveau cadre législatif et réglementaire. Le communiqué de presse publié en décembre 2020 à l'occasion de la présentation de l'actualisation de la

stratégie nationale de développement des véhicules autonomes fait ainsi état de près de 120 expérimentations autorisées en France sur les véhicules autonomes et affiche un objectif d'un million de kilomètres parcourus à l'horizon 2022⁵⁷.



⁵⁷ Gouvernement français, 15/12/2020, « Jean-Baptiste Djebbari et Agnes Pannier-Runacher annoncent la publication de la stratégie nationale 2020-2022 pour développer les véhicules autonomes et le lancement d'une mission parlementaire au député Damien Pichereau », Communiqué de presse, n°496, https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/secteurs-d-activite/industrie/496_publication_de_la_strategie_nationale_2020-2022_pour_developper_les_vehicules_autonomes.pdf.



“

La notion d'écosystème est fondamentale pour progresser sur le sujet du véhicule autonome, puisqu'il fait intervenir des acteurs très différents. Une expérimentation sur un territoire, avec des voies dédiées, pourrait permettre de réduire le coût d'une possible expérimentation.

Christophe Stevens, Manager Anticipation Stratégique chez Michelin

”

Une étude réalisée et actualisée par le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) permet de mettre en lumière le nombre d'expérimentations réalisées ainsi que leur diversité⁵⁸. Comme le souligne le rapport qui en est issu, la recension de l'ensemble de ces expérimentations est nécessairement compliquée et en propose en général une vision non exhaustive. Les expérimentations menées en France ont ainsi notamment permis de tester des véhicules autonomes particuliers, pensés dans une logique de robot taxi, de transport à la demande ou de navettes autonomes en

s'appuyant sur la richesse de l'écosystème français en la matière. Dans le cadre de ces expérimentations, quatre cas d'usage se distinguent :

- 1 la desserte des grands sites ;**
- 2 la desserte du premier ou dernier kilomètre ;**
- 3 la desserte des zones peu denses ;**
- 4 le transport de liaison.**

⁵⁸ CEREMA, mars 2020, *Les expérimentations de véhicules autonomes. Cadre réglementaire, parangonnage et perspectives servicielles*, https://www.cerema.fr/system/files/documents/2020/07/20200326_cerema_benchmark_experimentations_cadre_reglementaire_va_vf2.pdf.

1 LA DESSERTE DES GRANDS SITES

Les premières expérimentations autour des véhicules autonomes ont principalement vu le jour sur de grands sites privés. Ces derniers ont permis le lancement des premières expérimentations alors que le cadre législatif et réglementaire ne permettait pas encore la circulation de ces véhicules sur routes ouvertes. Ces expérimentations ont permis de valider les premières briques technologiques de la conduite autonome. Elles se sont ensuite développées sur des sites plus ouverts qui ont permis d'évaluer de manière plus concrète l'interaction de ces véhicules autonomes avec les autres occupants de la voirie. Ce type d'expérimentation connaît encore un attrait important aujourd'hui et pourrait se traduire par des déploiements rapides de véhicules autonomes, l'environnement étant moins complexe à gérer et les vitesses de circulation requises plus faibles que celles qui prévalent sur les routes ouvertes. Ce type d'expérimentations est actuellement approfondi par les fabricants de navette tels Navya à Chateauroux⁵⁹ et EasyMile à Toulouse⁶⁰. Il constitue le cas d'usage où un déploiement de navettes dans une logique commerciale apparaît le plus probable à court terme, que ce déploiement prenne place sur une zone industrielle, un campus universitaire, une zone hospitalière, un site touristique ou encore une zone portuaire ou aéroportuaire.

⁵⁹ Navya, 09/07/2020, « Navya franchit une nouvelle étape dans la mobilité autonome avec la première opération en autonomie complète de niveau 4 sur un site fermé », <https://navya.tech/fr/navya-franchit-une-nouvelle-etape-dans-la-mobilite-autonome-avec-la-premiere-operation-en-autonomie-complexe-de-niveau-4-sur-un-site-ferme/>.

⁶⁰ L'Usine Digitale, 15/12/2020, « EasyMile veut tester sa navette autonome sans opérateur de sécurité à Toulouse », <https://www.usine-digitale.fr/article/easymile-veut-tester-sa-navette-autonome-sans-operateur-de-securite-a-toulouse.N1040459>.



CENTRE NATIONAL DE TIR SPORTIF (CNTS) DE CHÂTEAUXROUX



Keolis et Navya ont annoncé en octobre 2020 la première expérimentation d'une offre de mobilité autonome sur le site du Centre National de Tir Sportif (CNTS) de Châteauroux.

Une navette autonome se déplace sur le site pour faciliter l'accès des sportifs et des spectateurs. La navette relie en particulier le parking et l'accueil du site sur une distance de 1,5 km. Elle circule avec une vitesse maximale de 15km/h sur un site fermé mais en circulation mixte.

L'originalité de cette expérimentation tient au fait qu'elle constitue la première expérimentation menée avec un véhicule de niveau 4 pleinement autonome. La navette circule sans opérateur de sécurité à bord et la supervision de la conduite est déportée hors du véhicule, dans un centre de contrôle. Pour ce faire, la navette s'appuie sur des infrastructures connectées mises en place pour l'expérimentation. Une signalisation visuelle adaptée a également été installée pour faciliter le déroulement des tests.

Cette expérimentation s'inscrit dans la logique de développement d'expérimentations articulées autour de la gestion de flottes de navettes autonomes sur des sites privés. Elle constitue un cas d'usage considéré avec attention par les navettistes pour une première exploitation commerciale des navettes autonomes, notamment sur de grands sites fermés tels que les aéroports, les ports ou encore les complexes universitaires.

Année de lancement : **2020**

Site du projet : **CNTS,
Châteauroux, France**

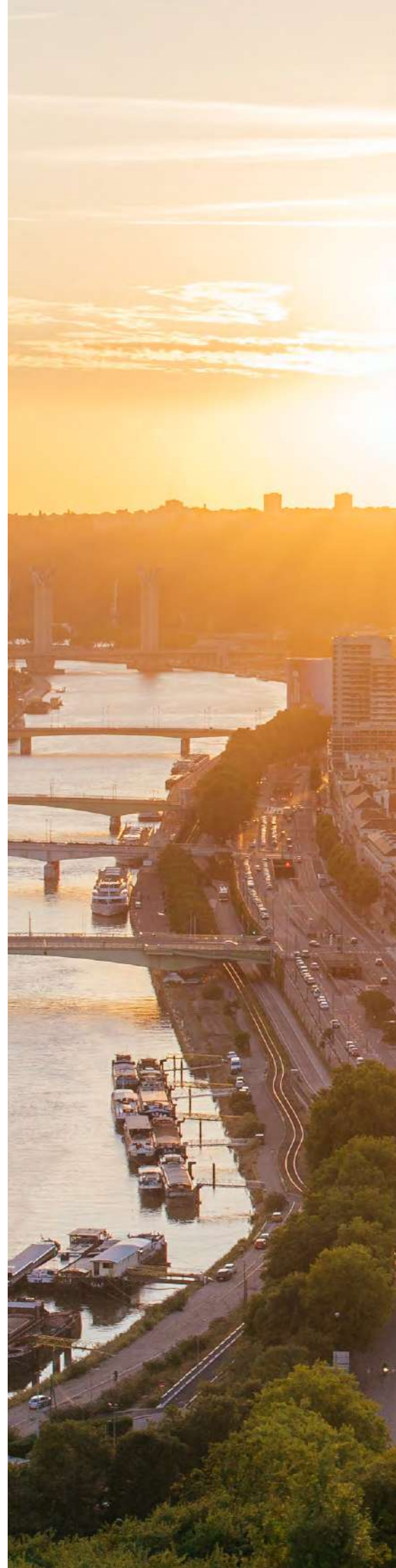


Niveau d'autonomie : **4**

Points clés

- > Expérimentation d'une navette autonome à supervision déportée
- > Desserte d'un site privé
- > Gestion d'une flotte de véhicules autonomes

Le second cas d'usage qui se dégage des expérimentations concerne la mise en place de solutions de mobilité autonome destinées à faciliter le rabattement vers le réseau de transport massifié. Dans ce cadre, l'expérimentation de mobilité autonome s'articule autour d'un point de desserte, une station de tramway ou une gare par exemple. Il s'agit dans cette perspective de contribuer à la réduction de la place de la voiture individuelle. Ces expérimentations sont pensées comme des solutions pour accroître l'amplitude territoriale, en prolongeant par exemple une ligne de tramway, ou encore l'amplitude horaire, en substituant la nuit une ligne de bus ou de Tramway par un système autonome, des transports collectifs. Ces expérimentations sont principalement menées par les opérateurs de transports qui voient dans la mobilité autonome un outil pour développer l'intermodalité et réduire les coûts d'exploitation du transport collectif. Ces expérimentations prennent principalement place dans le cadre de grandes et moyennes agglomérations, par exemple au sein du bois de Vincennes en région parisienne ou à Rouen, dans le cadre du projet mené par Transdev et Renault.



ROUEN NORMANDY AUTONOMOUS LAB



Initié fin 2017, le projet Rouen Normandy Autonomous Lab constitue la première expérimentation d'un véhicule autonome réalisée sur routes ouvertes en Europe. Elle s'intègre dans un scénario de mobilité dit du « dernier kilomètre ». Il est intégré au programme SAM d'EVRA.

Grâce à la circulation de 4 Renault Zoé électriques, elle proposera à terme un service de mobilité à la demande articulé autour de trois circuits de dix kilomètres et de dix-sept points d'arrêt. Le projet se concentre sur la déserte du technopôle de Madrillet situé au sud de l'agglomération rouennaise. Le site sélectionné est représentatif d'un environnement de déplacement en milieu urbain. Le service est actuellement testé sur deux boucles, une de 1,5 km composée de quatre stations et une de 2 km et composée de 6 stations. Le projet a été ouvert au public fin 2018.

Cette expérimentation est pilotée par les groupes Transdev et Renault. Elle s'inscrit dans le cadre du partenariat de recherche conclu entre les deux groupes en 2017 autour de la mobilité autonome. La Matmut, du fait de son implantation historique dans la ville de Rouen, contribue au financement du projet et y apporte son expertise en matière assurantielle. Par ailleurs, l'étude des évolutions de comportement provoquées par cette expérimentation a été confiée au CEREMA.

Le projet bénéficie en outre d'un soutien important de l'État, via la Banque des Territoires, dans le cadre de son programme « smart city », et des collectivités territoriales, via le soutien de la métropole de Rouen et de la région Normandie. Il est également financé par l'Union européenne, par le biais d'un financement du Fonds européen de développement régional (FEDER).

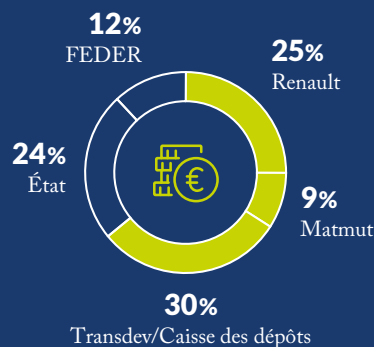
Année de lancement : **2017**

Site du projet : **Rouen, France**



Niveau d'autonomie : **4**

Coût : **11 millions d'euros**



Points clés

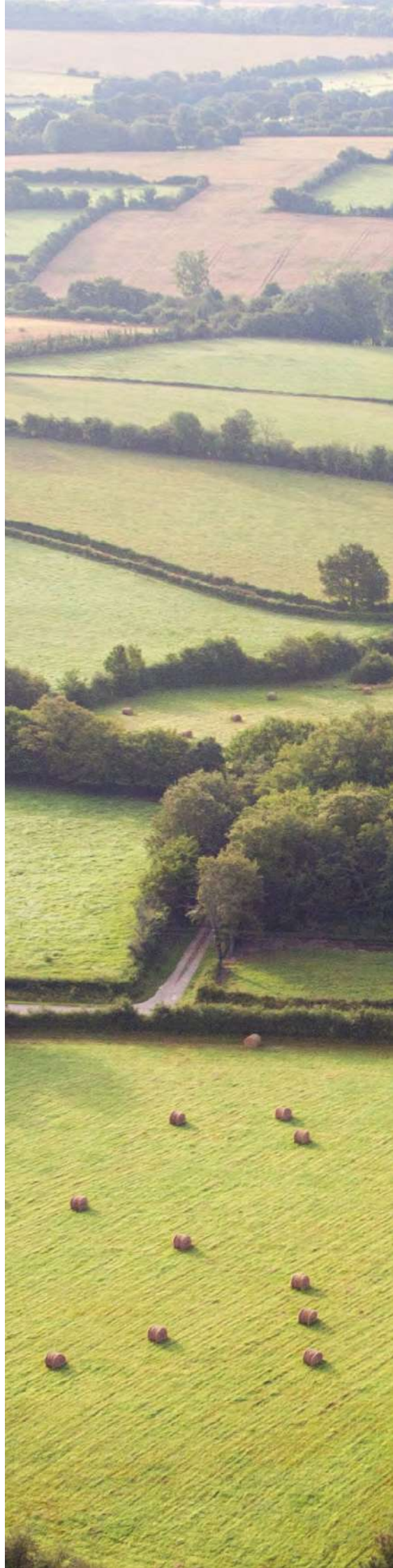
- > Première expérimentation d'un véhicule autonome sur routes ouvertes en Europe
- > Centrée sur l'apport du véhicule autonome pour les mobilités du "dernier kilomètre"
- > Production de données sur la cohabitation entre véhicules autonome et les autres usagers de la route

3 LA DESSERTE DES ZONES PEU DENSES

Ces expérimentations visent à apporter une solution de mobilité dans les zones où la densité de population est faible. Cette caractéristique démographique fait que l'offre de transport en commun y est difficile à déployer, la fréquence d'utilisation de ces transports les rendant trop onéreux. La voiture individuelle y constitue dès lors l'unique moyen de transport et l'absence de permis de conduire ou d'une voiture compromet fortement la mobilité des publics non véhiculés présents sur ces territoires. Les solutions de transport autonome sont perçues comme un moyen de redonner de l'autonomie à ces publics et de l'attractivité à ces territoires. Ce cas d'usage se situe au cœur de l'ambition de cette communauté d'intérêt. Il a donné lieu à un faible nombre d'expérimentations⁶¹. Ces cas d'usage sont jusqu'alors principalement portés par les pouvoirs publics qui y voient un outil pour lutter contre la fracture territoriale et pour favoriser l'inclusion sociale. Quelques expérimentations sont notables, notamment celle portée par Beti dans le Val de Drôme, présentée précédemment, ou encore celle prévue dans la communauté de communes de Cœur de Brenne dans l'Indre.



⁶¹ Voir sur ce point le chapitre 1.



CŒUR DE BRENNE



Le projet Cœur de Brenne⁶² expérimentera en 2022 la circulation de navettes autonomes entre plusieurs villages situés dans le Parc naturel régional de la Brenne dans l'Indre afin de désenclaver le territoire.

Il vise à lutter contre l'isolement des personnes âgées et non motorisées (jeunes sans permis, individus sans voiture, etc.) habitant dans la Communauté de communes du même nom. L'objectif est de désenclaver ce territoire peu dense qui ne dispose pas de transports en commun.

L'objectif est plus largement de développer l'attractivité et la proximité en créant un service de mobilité autonome qui reliera les différents pôles de services disséminés entre les villages situés au sein du Parc naturel régional de la Brenne.

D'ici 2022, une ou deux navettes électriques sans chauffeur effectueront quatre à huit allers-retours par jour sur un trajet d'environ 20 km entre les villages de Martizay, Azay-le-Ferron, Paulnay et Mézières-en-Brenne. Les navettes, d'une capacité de 5 personnes, circuleront sur une route ouverte à double sens à une vitesse compatible avec le trafic normal. Elles pourront fonctionner grâce à cinq pylônes 4G qui ont été récemment installés sur cette même route.

Cœur de Brenne fait partie des trois expérimentations du projet ENA (Expérimentations de Navettes Autonomes) retenu par l'État en 2019 dans le cadre de l'appel à projets EVRA. Le projet est porté par la Communauté de communes Cœur de Brenne qui regroupe onze villages et environ 5000 habitants. L'Université Gustave Eiffel (anciennement l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de

Année de lancement : **2022**

Site du projet : **Par naturel de la Brenne (Indre), France**



Niveau d'autonomie : **4**

Coût : **700-800 mille euros**

Durée : **6 mois**

Points clés

- > Expérimenter une navette autonome en milieu rural
- > Offrir un service de mobilité dans un territoire en commun
- > Lutter contre l'isolement des personnes âgées et non-motorisées

l'Aménagement et des Réseaux - IFSTTAR), la société de transports Berthelet, le constructeur de navettes autonomes Nava, ainsi qu'Eiffage Énergie Systèmes, la branche énergie du groupe de BTP, participent également à l'expérimentation.

⁶² Voir <https://www.experimentations-navettes-autonomes.fr/les-territoires/coeur-de-brenne-desenclavement-du-territoire/>.

3 LE TRANSPORT DE LIAISON

Ce type d'expérimentation conduit à proposer une ligne de transport autonome en complément d'une ligne régulière. Ce cas d'usage se rapproche de celui de la desserte du premier ou du dernier kilomètre, à la différence qu'il relie en général deux points fixes, par exemple deux gares, comme cela a été le cas en 2017 au moment de l'expérimentation menée par la RATP connectant la gare de Lyon à la gare d'Austerlitz grâce à une navette autonome EasyMile, ou bien avec le projet Tornado⁶³ lancé la même année à Rambouillet. Ce dernier a la particularité de regrouper les différents cas d'usage puisqu'il concerne à la fois la desserte d'un grand site, en zone peu dense et le transport de liaison.

⁶³ Voir pour les détails <https://www.tornado-mobility.com/index.php/about/>.



PROJET TORNADO



Lancé en septembre 2017, le projet Tornado porte sur les interactions entre les véhicules autonomes et les infrastructures (V2I) pour des services de mobilité dans les zones à faible densité. Il a pour objectif de favoriser la mobilité du plus grand nombre en zone peu dense, de permettre l'accessibilité au transport intermodal par véhicule autonome, de définir les technologies pour un niveau de sécurité maximum, et d'apporter une « offre de service » pertinente pour les usagers.

Deux cas d'usages sont étudiés à travers ce projet :

- > un service de rabattement/diffusion à partir des gares, sans logique de point d'arrêt et,
- > un service selon une logique de dessertes de points d'arrêt en « zone de rencontre ».

Le projet a permis de mener une série d'expérimentations sur routes fermées et ouvertes telles que : le test en octobre 2018 d'une Renault Zoé sur un circuit fermé de 2 km ; le test en juin 2019 de la navette EZ10 d'Easymile sur le parking du centre commercial de Bel-Air à Rambouillet ; le test en octobre 2019 d'une Renault Zoé sur 3 km de route ouverte entre l'entrée de Gazeran et la zone d'activité Bel-Air ; le test en juin 2020 d'une Renault Zoé sur un trajet de 4,5 km entre la gare de Gazeran et le centre commercial de Bel-Air à Rambouillet.

Le projet Tornado est porté par Renault et co-piloté par la Communauté d'agglomération de Rambouillet Territoires (CART) où se déroule l'expérimentation. L'agglomération souhaite ainsi offrir à l'avenir de nouveaux services de mobilité à la demande aux habitants et améliorer l'accessibilité aux transports en zone rurale. Une communauté d'usagers rattachée au Mobilab, le laboratoire de la mobilité de Rambouillet Territoires, participe au projet

Année de lancement : **2017**

Site du projet : **Rambouillet, France**



Niveau d'autonomie : **4**

Structure du projet :
Partenariat public privé

Coût : **4,6 millions d'euros**

Durée : **36 mois**

Points clés

- > Expérimentation d'un véhicule autonome en zone peu dense
- > Centrée sur les interactions entre véhicules et infrastructures (V2I)
- > Analyse les attentes et l'acceptabilité des utilisateurs par rapport aux véhicules autonomes

pour permettre d'analyser les attentes et l'acceptabilité des utilisateurs face aux transports innovants comme les véhicules autonomes.



La multiplication des expérimentations a permis aux différents acteurs de développer leur technologie de conduite autonome. Cela s'est également traduit par un approfondissement des modèles de déploiement envisageables pour les véhicules autonomes. Pour aller plus loin et examiner les conditions d'un passage à l'échelle

qui permette de considérer un déploiement commercial de futurs services de mobilité autonome, le gouvernement a sélectionné en 2018 un programme d'expérimentations afin d'en faire un outil pour la réussite du développement des véhicules autonomes.

Les ambitions du programme EVRA

Dans le sillage du dévoilement de la stratégie nationale, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) a lancé en juin 2018 un appel à projets intitulé Expérimentation du Véhicule Routier Autonome (EVRA), dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir (PIA). Celui-ci visait à « développer les usages et la connaissance de ces systèmes par les citoyens et les acteurs des territoires, et de construire le futur cadre de régulation, notamment en termes de validation de la sécurité »⁶⁴. Il s'est imposé comme l'un des principaux outils de régulation des développements autour du véhicule autonome utilisé par l'État.

Le programme EVRA s'est structuré plus précisément autour de trois grands objectifs :

- > se focaliser sur l'expérimentation de cas d'usage de véhicules autonomes commercialisables à l'horizon 2022 ;
- > favoriser une structuration de l'écosystème et la coopération entre les acteurs ;
- > concentrer les moyens et structurer les expérimentations.



⁶⁴ Ministère de la Transition écologique et solidaire, ministère chargé des Transports, avril 2019, « Développement des véhicules autonomes - L'État s'engage dans seize nouvelles expérimentations », dossier de presse, p. 4.



Comme l'a expliqué⁶⁵ Bertrand-Olivier Ducreux, ingénieur au service transports et mobilité de l'ADEME chargé du projet, le choix a été fait d'ouvrir dans un premier temps un appel à manifestation d'intérêt⁶⁶. Ce dernier soulignait l'importance de faire émerger des projets collaboratifs, représentatifs d'un possible déploiement commercial, permettant d'apporter des éléments relatifs à la validation environnementale, sociétale et technique des systèmes visés. Il insistait en particulier sur l'importance pour ces projets de « traiter des problématiques environnementales et de sciences humaines et sociales liées au déploiement du véhicule autonome »⁶⁷.

Concernant le deuxième objectif, l'appel à manifestation visait à faciliter la rencontre entre la demande et l'offre de mobilité autonome afin de favoriser l'émergence de ce nouvel écosystème de la mobilité autonome. Dans cette perspective, il a été adressé à deux types d'acteurs : des émetteurs de besoins de mobilité, les territoires, et des pourvoyeurs de solutions technologiques pour y répondre, notamment les entreprises. Les cas d'usage à traiter devaient porter sur ceux identifiés au sein de la stratégie nationale,

à savoir les véhicules individuels, le transport public ou encore le fret et la logistique⁶⁸.

Une attention particulière était néanmoins portée au transport collectif, conformément à la volonté d'affirmer un prisme mobilité dans l'appréhension des enjeux et des développements autour des véhicules autonomes. Il s'agissait de considérer des cas d'usage pour le transport public dans trois types de territoires :

- > l'urbain dense afin d'évaluer, sur des voies protégées, les enjeux de sécurité que pose cette nouvelle solution de mobilité en se focalisant sur la réaction des usagers, le franchissement d'intersections ou encore la réaction à des obstacles éventuels sur la voie. Il s'agissait également d'évaluer concrètement les capacités de supervision de l'environnement de ces futurs véhicules autonomes ;
- > les zones périurbaines et les zones rurales présentant des enjeux similaires, à savoir la gestion d'une demande diffuse et la desserte de pôles d'activités isolés à partir de points d'arrêt des transports massifiés, afin d'évaluer l'insertion de ces véhicules dans le trafic mixte.

⁶⁵ Atelier 2, 20/05/2020, « Mobilité durable et véhicules autonomes ».

⁶⁶ ADEME, 23/02/2018, « Investissements d'Avenir Véhicule et transports du futur. Appel à manifestation d'intérêt. Expérimentation du véhicule routier autonome », <https://appelsaprojets.ademe.fr/aap/EVRA2018-21>.

⁶⁷ *Ibid.*, p. 5.

⁶⁸ ADEME, 23/02/2018, « Investissements d'Avenir Action Véhicule et transports du futur. Appel à manifestation d'intérêt. Annexe 1 - Cas d'usage, fonctionnalités et impacts », <https://appelsaprojets.ademe.fr/aap/EVRA2018-21>.



Dans cette perspective, l'ADEME a notamment demandé aux territoires et aux collectivités locales de faire remonter des besoins de mobilité auxquels pourraient répondre des véhicules autonomes. Pour être éligibles, ces acteurs devaient notamment exposer leurs attentes environnementale, économique et sociale à l'égard de cette nouvelle solution de mobilité, et les moyens financiers, humains et matériels qu'ils souhaitaient mobiliser pour faciliter le déroulement d'une éventuelle expérimentation. Il leur revenait également de veiller à l'implication des élus dans le déroulement de ces projets, conformément à l'ambition affichée par la stratégie nationale visant à faciliter l'appropriation de ces futurs services de mobilité autonome par les territoires.

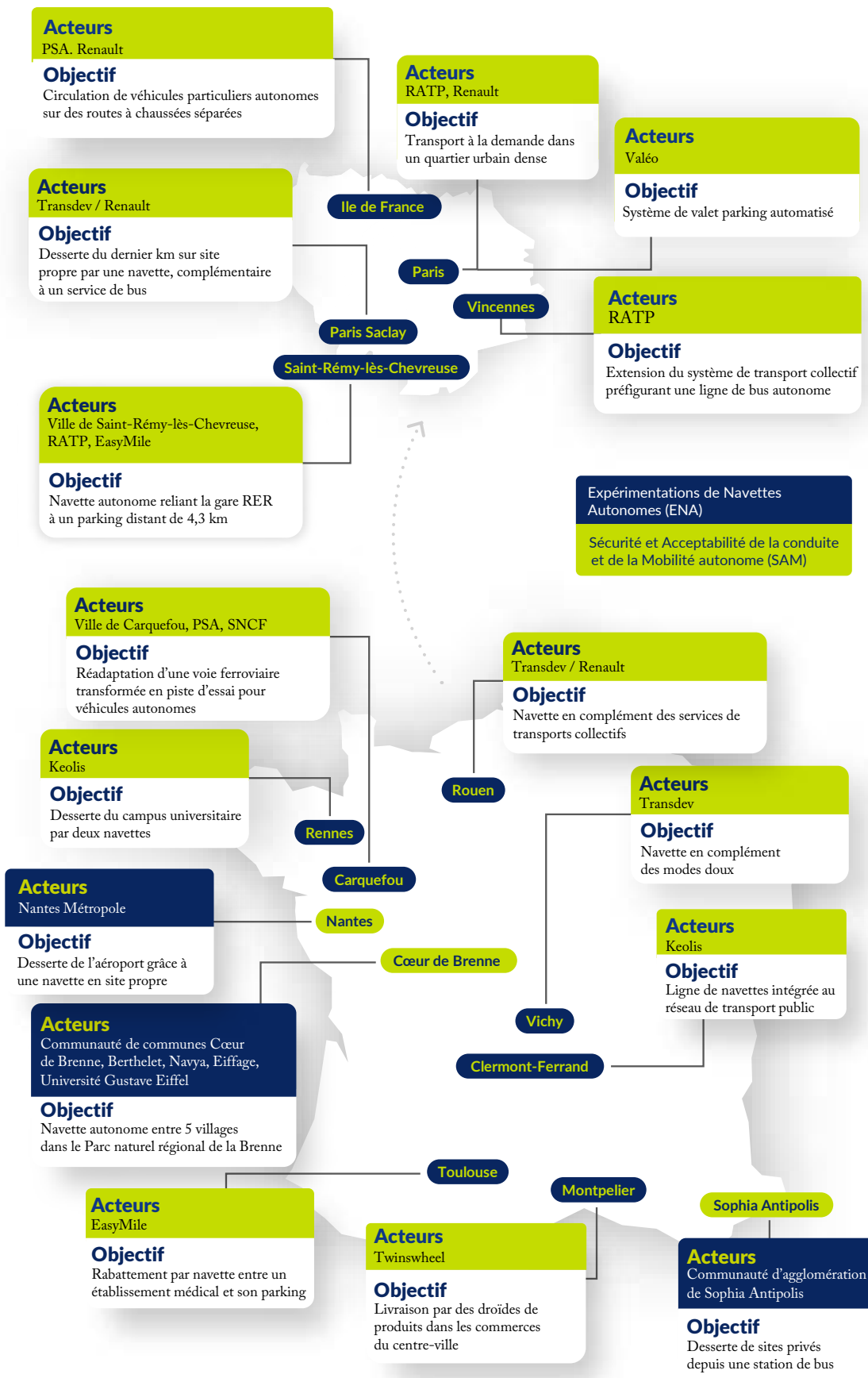
Le programme EVRA entendait également lutter contre le processus d'émiettement des expérimentations notables en France depuis 2015. Si la France a su créer un écosystème très favorable au développement des expérimentations, cet environnement a aussi conduit à une multiplication de petites expérimentations qui n'ont pas réellement permis de considérer le passage à l'échelle. À titre d'illustration, la France avait déjà vu en 2018 se mettre en place plus de 80 expérimentations autour du véhicule autonome⁶⁹. L'ambition du programme EVRA consistait donc à utiliser

la capacité d'entraînement de la puissance publique pour favoriser la mise en place d'expérimentations dotées d'une taille critique suffisante afin de favoriser la création de synergies entre les acteurs publics et privés et d'évaluer concrètement des cas d'usage.

Dans cette perspective, les dossiers reçus par l'ADEME ont permis de donner naissance à deux projets intitulés « Sécurité et Acceptabilité de la conduite et de la Mobilité autonome (SAM) » et « Expérimentations de Navettes Autonomes (ENA) ». Dévoilés le 24 avril 2019 par la ministre des Transports, Elisabeth Borne, ces deux projets sont pilotés respectivement par la Plateforme automobile (PFA) et par l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR), devenu depuis l'Université Gustave Eiffel. Le premier projet, SAM, vise principalement à approfondir la problématique de la sécurité et de l'acceptabilité de la mobilité autonome et s'appuie sur treize expérimentations. Le second, ENA, se focalise sur le déploiement des navettes autonomes et s'articule autour de trois expérimentations.

⁶⁹ Voir Ministère de la Transition écologique et solidaire, ministère chargé des Transports, avril 2019, « Développement des véhicules autonomes - L'État s'engage dans seize nouvelles expérimentations », dossier de presse, p. 4.

PROGRAMME EXPÉRIMENTATION DU VÉHICULE ROUTIER AUTONOME (EVRA)





Bertrand-Olivier Ducreux a souligné que ces deux projets d'expérimentation sont synchronisés pour ce qui est de la mesure de l'impact. Trois grands types de véhicules sont testés : des véhicules légers, des navettes autonomes, et des droïdes de livraison. Trois types de territoires sont par ailleurs étudiés : le rural diffus, le périurbain, et l'urbain. Le budget global de ces expérimentations est évalué à 120 millions d'euros, 200 millions si l'on inclut les contributions des collectivités locales concernées ainsi que celles des acteurs privés. L'État y apporte une contribution directe à hauteur de 42 millions d'euros.

Le programme d'expérimentations EVRA met en évidence les spécificités de l'approche française en matière de véhicules autonomes. Il illustre la prégnance des cas d'usage autour du transport collectif, qui confirme la montée en puissance du prisme mobilité dans l'appréhension des questions posées par le véhicule autonome. Il se focalise notamment sur des logiques relatives à la desserte du dernier kilomètre ou à l'extension des plages de fonctionnement des systèmes de transports collectifs. Dans cette perspective, le programme EVRA matérialise la volonté des pouvoirs publics de réunir les deux visions de la mobilité autonome qui s'expriment au sein de l'écosystème français, à savoir celle des constructeurs automobiles et celle des opérateurs de mobilité. Ces derniers sont ainsi amenés à coopérer directement au sein de trois projets à Paris, sur le plateau de Saclay et à Rouen.

Un dernier aspect saillant concerne la montée en puissance des territoires dans l'appréhension de la mobilité autonome. Si les cas d'usage considérés restent principalement focalisés sur l'urbain ou le périurbain dense, la question des cas d'usage des véhicules autonomes dans les territoires ruraux et peu denses s'affirme progressivement dans le discours politique et dans les expérimentations. L'emphase mise autour du projet de navettes autonomes porté par la communauté de communes Cœur de Brenne au moment de la présentation des consortiums retenus dans le cadre du programme EVRA en offre une illustration marquante.

VERS UNE RÉGULATION DE LA MOBILITÉ AUTONOME PAR LES TERRITOIRES ?

L'analyse de l'évolution de la stratégie nationale pour le développement des véhicules autonomes a mis en lumière l'importance croissante prise par les questions de mobilité. Cela traduit l'affirmation progressive d'une spécificité française qui accorde une place centrale aux territoires pour les prochains déploiements de véhicules autonomes. Cette évolution s'inscrit dans une réforme plus générale de la politique de mobilité. L'adoption de la loi d'orientation

des mobilités (LOM) à la fin de l'année 2019 a réaffirmé le rôle central des autorités locales dans l'organisation de la mobilité. Ces deux éléments ouvrent la voie à une nouvelle régulation du développement des véhicules autonomes par le territoire. Ces évolutions incitent à ne plus considérer les véhicules autonomes à l'aune de leur statut d'objet, mais à celui du territoire et de l'écosystème d'acteurs au sein desquels ils devront s'intégrer.

L'accent mis sur les territoires dans la stratégie nationale

En se basant sur les résultats des Assises nationales de la mobilité (septembre-décembre 2017), qui soulignaient notamment la dégradation des conditions de déplacement dans les territoires périurbains et l'importance de désenclaver les zones rurales en leur offrant davantage d'offres de transports, la stratégie nationale a fait du

déploiement de services de mobilité autonome dans ces territoires un objectif majeur. L'apport potentiel des véhicules autonomes à l'émergence d'une mobilité plus inclusive pour les habitants de ces territoires a constitué un axe fort de la communication gouvernementale relatives aux actions menées sur ce sujet.

ÉLISABETH BORNE

ANCIENNE MINISTRE CHARGÉE DES TRANSPORTS

“ Dans notre combat pour que la mobilité soit accessible à tous nos concitoyens, où qu'ils vivent, les véhicules autonomes sont une des réponses pour apporter des solutions de déplacement à tous et partout.⁷⁰

Je suis convaincue que ça peut être une solution dans des territoires où aujourd'hui on n'a pas d'alternative à la voiture.⁷¹ ”

⁷⁰ Ministère de la Transition écologique et solidaire, ministère chargé des Transports, avril 2019, « Développement des véhicules autonomes - L'État s'engage dans seize nouvelles expérimentations », dossier de presse, p. 2.

⁷¹ Interview sur France info, 24/04/2019, https://www.francetvinfo.fr/politique/gouvernement-d-edouard-philippe/video-vehicules-autonomes-la-ministre-des-transport-devoile-un-plan-de-seize-experimentations_3412411.html.

Cet axe s'est traduit par deux éléments dans la stratégie nationale de 2018. Tout d'abord, la question de la mobilité a progressivement pris le pas sur les seuls enjeux technologiques et industriels, prépondérants dans les premiers travaux menés sur le véhicule autonome. Ensuite, les expérimentations ont été axées autour des enjeux du transport collectif automatisé qui constitue un élément marquant du programme EVRA. Outre ces deux aspects, l'accent a été mis au gré de l'affinement de la stratégie nationale sur le rôle que seront amenés à jouer les territoires dans le déploiement de ces futures solutions de mobilité autonome, en particulier dans les zones périurbaines et rurales. Dans cette perspective, la stratégie nationale a souligné que ces zones présentaient deux types de défis pour le développement des véhicules autonomes : celui de la gestion d'une demande diffuse et celui de la desserte de pôles excentrés. Elle évoquait ainsi des réflexions nécessaires sur les modèles économiques de ces solutions de mobilité autonome dans ces zones peu denses.

Le bilan d'étape dévoilé en avril 2019 a confirmé cet accent en soulignant que les usages partagés des véhicules autonomes, intégrés dans des politiques locales de mobilité, apparaissaient comme plus pertinents que les usages individuels. Il a également insisté sur l'implication des autorités locales, un point d'attention majeur pour le développement des véhicules autonomes en France. Il évoquait notamment la mise en place d'une approche partenariale avec les collectivités locales pour le développement de la mobilité autonome, et la création d'un réseau de territoires et de collectivités destiné à faciliter le partage d'expérience autour d'expérimentations sur le véhicule autonome. Des kits d'information devraient voir le jour en la matière.

L'actualisation de la stratégie nationale présentée le 15 décembre 2020 a confirmé l'importance croissante accordée par les pouvoirs publics à l'examen d'un possible déploiement des véhicules autonomes dans les zones rurales et périurbaines, et surtout à la prise en compte des territoires dans les futurs déploiements. Comme souligné par le ministre

délégué chargé des transports, Jean-Baptiste Djebbari, l'ancrage de ces nouveaux services de mobilité dans les territoires constitue la seconde priorité de la nouvelle stratégie nationale, juste après le renforcement des partenariats entre acteurs traditionnels et entreprises de nouvelle technologie du secteur⁷². Cela se traduit notamment par une précision apportée au second cas d'usage considéré dans le cadre de la stratégie nationale, celui des transports.

Il est ainsi stipulé que le déploiement de ces futurs systèmes de transport public automatisé devra être développé pour répondre aux besoins des territoires. Cela a pour conséquence de souligner le rôle central que devront jouer les collectivités locales dans le développement des services de mobilité autonome, en particulier puisqu'elles devront intégrer ces nouveaux véhicules à leur politique locale de mobilité. La nouvelle stratégie nationale souligne d'ailleurs que l'appropriation par les territoires de ces nouvelles solutions de mobilité constitue une condition indispensable pour permettre le passage à l'échelle de la mobilité autonome en France. Cette orientation traduit une évolution dans la manière d'appréhender les véhicules autonomes. Il ne s'agit plus uniquement de se focaliser sur les futurs véhicules, mais également de considérer les territoires dans lesquels ils se déploient.



⁷² Ministère chargé des Transports, 15/12/2020, « Stratégie nationale de développement de la mobilité routière automatisée 2020-2022 », https://www.entreprises.gouv.fr/files/secteurs-d-activite/industrie/20171_strategie-nationale-vehicule_automatise_web.pdf.

Dans ce cadre, l'accompagnement des territoires est présenté comme un point de renforcement prioritaire dans la nouvelle version de la stratégie nationale. Il doit permettre d'associer plus étroitement les territoires aux travaux sociotechniques menés autour des véhicules autonomes, à la mise en place des expérimentations, et à l'évaluation de ces nouveaux services potentiels de mobilité. Concrètement, cet accompagnement et cette plus forte association devraient se traduire par plusieurs mesures phares, évoquées par Xavier Delache⁷³, qui devraient être mises en place à l'horizon 2022 :

- > Des actions de communication autour de la stratégie nationale pour favoriser sa visibilité et son appropriation par les acteurs de l'écosystème et en particulier par les territoires. Cela devrait aussi se traduire par une valorisation plus importante des expérimentations mises en œuvre sur la plateforme de France Mobilité et par une recension de l'intérêt potentiel des territoires pour la mobilité autonome grâce à un travail d'enquête mené par la Banque des territoires ;
- > La réalisation d'une étude sur l'impact de la mobilité autonome et de son cadre réglementaire sur les services de l'État. Comme le soulignait Alexandra Cohen-Jonathan lors du premier atelier consacré aux questions juridiques⁷⁴, cet accompagnement devra également comporter une prise en compte des aspects juridiques très fins relatifs aux règles des marchés publics et aux expérimentations de véhicules hautement automatisés afin de permettre aux collectivités locales de faire circuler des véhicules avec des superviseurs situés à l'extérieur du véhicule sans que leur responsabilité ne soit engagée ;
- > La mise à disposition de guides méthodologiques pour l'évaluation des projets de mobilité autonome, que cela concerne l'impact social et environnemental de ces projets, l'évaluation économique des

services considérés, ou encore les besoins de connectivité à prendre en compte pour le réseau routier ;

- > La mise en place avec les territoires d'un programme pluriannuel de soutien à l'émergence de services de mobilité autonome qui inclurait : les expérimentations de services de mobilité sur site à circulation restreinte, celles pour le fret et la logistique en zones sécurisées, l'équipement de portions de voies pour des expérimentations d'automatisation, le développement des logiciels de supervision, les plateformes de mutualisation des données, les scénarios de conduite ou encore l'interface homme-machine. L'intérêt de ce dernier est en particulier d'associer plus étroitement les territoires aux développements techniques que requièrent ces futurs services de mobilité autonome.

La nouvelle version de la stratégie nationale pour 2020-2022 devrait donc se traduire par une plus forte association des territoires dans les développements et les expérimentations menées autour des véhicules autonomes. Cette réaffirmation de la centralité des territoires pour réussir le passage à l'échelle des services de mobilité autonome s'inscrit dans un mouvement plus large de réforme du rôle des collectivités locales dans la gouvernance de la mobilité.



⁷³ Atelier 8, 26/11/2020, « Les politiques publiques des véhicules autonomes ».

⁷⁴ Atelier 1, 28/04/2020, « Le droit des véhicules autonomes ».

La LOM, repenser une gouvernance de la mobilité par le territoire

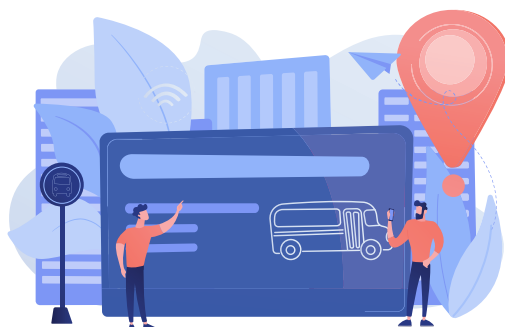
Ces mesures sur le véhicule autonome se sont inscrites dans un mouvement plus large de réforme de l'organisation de la mobilité en France. Cette réforme a été initiée à l'occasion des Assises nationales de la mobilité de 2017, présentées comme un axe structurant pour le quinquennat d'Emmanuel Macron, ayant porté une attention particulière aux transports de la vie quotidienne ainsi qu'aux zones périurbaines et rurales. Elles ont conduit à l'élaboration de la loi d'orientation des mobilités (LOM) présentée par le gouvernement en 2018 et finalement adoptée par le Parlement en décembre 2019. Elle ouvre la voie à une implication plus marquée des collectivités territoriales dans le développement des véhicules autonomes.

La loi d'orientation des mobilités marque une évolution majeure dans l'organisation de la mobilité en France. Elle propose un nouveau schéma pour la compétence mobilité et repose sur trois piliers qui visent à :

- > Investir plus et mieux dans les transports du quotidien ;
- > Faciliter le déploiement de nouvelles solutions pour permettre à tous de se déplacer ;
- > Engager la transition vers une mobilité plus propre.

Outre les aspects mentionnés précédemment pour faciliter les expérimentations du véhicule autonome, la LOM prévoit une réforme de la gouvernance et des compétences en matière de mobilité. Les Assises de la mobilité ont en effet mis en évidence la présence de très nombreuses « zones blanches »⁷⁵ de la mobilité en France, 80% des territoires n'ayant aucune autorité chargée d'organiser les services de transports.

La gouvernance de la mobilité est en effet organisée en France autour des autorités organisatrices de la mobilité (AOM). Ces dernières se voient confier l'organisation des services et des systèmes de transports sur leur



territoire, notamment le développement des modes de déplacement terrestres non motorisés et des usages partagés des véhicules terrestres à moteur. Les AOM sont généralement des intercommunalités (métropoles, communautés urbaines, communautés d'agglomération, communautés de communes, syndicats intercommunaux, syndicats mixtes, etc.).

Afin de lutter contre les « zones blanches » de la mobilité, la LOM prévoit que l'ensemble du territoire national sera désormais couvert par des AOM. Cependant, la compétence mobilité demeure globale et son exercice facultatif puisqu'il dépend des besoins du territoire. Une AOM peut ainsi décider de ne pas organiser un service régulier de transport collectif sur son territoire. La LOM encourage les communautés de communes à prendre en charge la compétence mobilité en lieu et place des communes, à qui la loi NOTRe⁷⁶ avait confié cette responsabilité. Le transfert de compétences devra prendre effet au 1er juillet 2021.

Dans le cas où les communautés de communes ne se saisiraient pas de cette compétence, les régions deviendraient par défaut des AOM afin de garantir la couverture de l'intégralité du territoire national. En effet, la région est consacrée comme une autorité organisatrice à part entière et se voit confier par la réforme le rôle de chef de file de la mobilité. C'est en effet à elle que revient la responsabilité de coordonner les actions de l'ensemble des autorités organisatrices de la mobilité présentes sur son territoire.

⁷⁵ CABIRON, Christine, janvier 2020, « Mobilité en territoires peu denses : vers la fin des zones blanches ? », *Maires de France*, p. 38.

⁷⁶ Voir la n° 2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République.

Le rôle des collectivités locales dans le déploiement des véhicules autonomes

Dans cette perspective, les AOM sont amenées à jouer un rôle clé dans le développement de services de mobilité autonome en France. Les expérimentations sont en effet autorisées par l'État et ce sont les collectivités locales qui supportent une partie du coût et le risque inhérent aux tests de véhicules fortement automatisés qui sont menés. Les expérimentations réalisées dans le cadre du *Rouen Autonomous Lab* ou du projet Tornado à Rambouillet en offrent de bons exemples. La LOM prévoit par ailleurs le lancement d'un appel à projets de 50 millions d'euros pour accompagner les autorités organisatrices dans le déploiement de véhicules autonomes et connectés⁷⁷.

Ainsi, comme l'a rappelé Louise Larcher⁷⁸, conseillère technique à l'Association des Maires de France et des Présidents d'intercommunalité, il est vital d'associer les collectivités territoriales à l'élaboration des expérimentations. En matière de mobilité, elles agissent en effet à double titre en tant que, d'une part, pourvoyeuses de services de mobilité et, d'autre part, régulatrices de ces activités (police, voirie etc.). Sur ce dernier aspect, il convient de souligner que les collectivités territoriales ont notamment la responsabilité de la gestion des réseaux de voirie, qui constituent un bien public dont les usages doivent être régulés entre ses multiples utilisateurs.



Une mobilité efficace et sûre ne peut s'envisager que via une approche systémique. L'infrastructure est donc partie prenante d'un système de mobilité, au même titre que les véhicules. Aux acteurs de l'infrastructure de proposer les solutions, physiques et numériques, qui permettront un déploiement rapide de la mobilité autonome pour tous.

Pierre Delaigue, Directeur des projets de mobilité autonome, connectée et électrique chez Vinci



⁷⁷ Voir l'article 189 de la loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités.

⁷⁸ Atelier 8, 26/11/2020, « Les politiques publiques des véhicules autonomes ».



TRUST, JEAN-PIERRE ORFEUIL, YANN LERICHE⁷⁹

Dans leur ouvrage, Jean-Pierre Orfeuil et Yann Leriche étudient en détail les principales dimensions à prendre compte pour préparer l'arrivée des véhicules autonomes. Celles-ci sont regroupées sous l'acronyme TRUST qui fait référence aux cinq dimensions suivantes :

T technologies,

R règles,

U usages,

S systèmes et services,

T territoires.

Selon Orfeuil et Leriche, TRUST constitue à la fois une « grille d'analyse », un « outil », et « une clé de compréhension »⁸⁰ pour appréhender les transformations causées par les véhicules autonomes. Ils insistent également sur le mot formé par l'acronyme TRUST, la confiance en français, qui est une condition majeure du développement, de la diffusion et de l'appropriation des véhicules autonomes à l'avenir.

⁷⁹ ORFEUIL, Jean-Pierre, LERICHE, Yann, 2019, *Piloter le véhicule autonome au service de la ville*, Descartes & Cie.

⁸⁰ *Ibid.*, p. 30.

Dans cette perspective, Jean-Louis Missika, ancien maire adjoint de Paris, a soulevé auprès de la communauté⁸¹ la question des infrastructures pouvant être utilisées par les États et les villes, en particulier les métropoles, comme un outil de souveraineté face aux géants américains et asiatiques de la mobilité autonome. Ces derniers développent en effet une stratégie qui consiste à positionner toute l'intelligence dans le véhicule afin de pouvoir s'affranchir des infrastructures et d'agir de manière indépendante partout dans le monde. Si les villes ne peuvent gagner la bataille en matière de technologie, elles peuvent en revanche la gagner sur les infrastructures connectées. Selon Jean-Louis Missika, l'objectif des métropoles comme Paris doit donc être de transformer les liaisons interurbaines en axes serviciels et d'équiper les infrastructures en capteurs dont la durée d'amortissement est relativement courte. Les villes pourraient ensuite développer des plateformes de plateformes et imposer aux acteurs privés l'utilisation de ces infrastructures servicielles. Celles-ci pourraient notamment être imaginées sur le modèle du transport ferroviaire, avec des hubs de services proches des gares.

Alors que des incertitudes demeurent en matière de sécurité, d'usage, d'aménagement urbain, de coordination entre les acteurs publics et privés, les collectivités locales sont amenées à jouer un rôle de pivot pour préparer l'avènement de la mobilité autonome. Selon Jean-Pierre Orfeuil et Yann Leriche, elles doivent prendre en compte plusieurs aspects. D'abord, elles devront développer un « savoir-faire en matière d'homologation »⁸² technique des véhicules adaptés aux réalités de chaque territoire, et ce dès la phase d'expérimentation. Elles auront également à répondre à une série de questions concernant « l'organisation de la présence de ces nouveaux véhicules et services sur la chaussée, [...] l'évolution des droits et devoirs des différents usagers de l'espace public [...] la tarification et le financement de la mobilité »⁸³, ou encore l'usage des données collectées.

Elles pourront notamment profiter de la période de transition pour tester la réaction des usagers aux technologies de conduite autonome et

la possibilité d'un déploiement concret du modèle de mobilité servicielle et partagée sur leur territoire. Les collectivités devront ainsi contribuer à forger, avec les autres acteurs locaux, une représentation collective du territoire au sein duquel ils souhaitent vivre, mais aussi renforcer la confiance dans la capacité du véhicule autonome à y participer. Elles doivent donc être intégrées à ces expérimentations qui ne doivent pas concerner uniquement les aspects techniques et économiques, mais aussi les aspects inclusifs et serviciels.

Deux obstacles demeurent néanmoins. Louise Larcher a souligné qu'il subsiste tout d'abord des interrogations fortes sur la responsabilité des maires, chargés du pouvoir de police et de gestion de la voirie, dans le cadre de ces expérimentations. Le cadre juridique incertain fait donc peser une lourde responsabilité sur les collectivités.



⁸¹ Atelier 8, 26/11/2020, « Les politiques publiques des véhicules autonomes ».

⁸² ORFEUIL, Jean-Pierre, LERICHE, Yann, 2019, *op. cit.*, p. 239.

⁸³ *Ibid.*, p. 241.

Les décrets d'application de l'article 31 de la LOM, qui posent la question du régime de responsabilité applicable à la circulation des véhicules automatisés, sont en cours de discussion et devraient permettre d'y apporter une réponse. Ensuite, le coût financier de ces expérimentations constitue toujours un obstacle majeur, alors même que la crise sanitaire liée à la Covid-19 et la crise économique qui l'a suivie ont fortement impacté les finances des collectivités. Le versement mobilité reste faible sur les territoires peu denses puisqu'il est financé par les entreprises. Par ailleurs, il est réservé aux communautés de communes et conditionné à la mise en place d'un service de mobilité régulier. Il existe néanmoins beaucoup d'autres solutions de financement, des aides de l'État, des prêts de la Banque des Territoires, etc.

Ces deux obstacles ne doivent cependant pas limiter le rôle des collectivités qui peuvent favoriser l'émergence vertueuse du véhicule autonome. Elles peuvent par exemple créer des voies réservées ou encore favoriser l'intermodalité. Les compétences d'aménagement du territoire de ces collectivités permettent déjà de penser la cohabitation entre les futurs véhicules autonomes et les autres usagers de la voirie. Comme l'a souligné Louise Larcher, les collectivités sont très demandeuses d'informations à ce propos. Les véhicules autonomes sont considérés par beaucoup de collectivités territoriales comme une alternative au transport à la demande, qui reste encore souvent trop coûteux aujourd'hui. Ils pourraient en effet permettre de baisser les coûts des services de mobilité liés à la présence d'un chauffeur et à la consommation énergétique du véhicule.



GOUVERNER LES VÉHICULES AUTONOMES PAR LES DONNÉES

Jean-Louis Missika et Pierre Musseau soulignent dans leur ouvrage intitulé *Des robots dans la ville*⁸⁴ le rôle central que les villes seront amenées à jouer pour la gouvernance de la mobilité autonome. L'accroissement du rôle des villes s'inscrit dans le cadre d'un processus plus large, qui voit les États concurrencés à la fois par les géants du numérique comme les GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft) et les métropoles. Ces dernières constituent le cadre optimal de régulation, du fait de leur connaissance et de leur gestion des problématiques de mobilité. Il leur revient d'œuvrer à la création et à la structuration des écosystèmes d'acteurs qui permettront le développement de ces nouveaux moyens de transport.

Les auteurs plaident en faveur d'une approche souveraine et publique des données de mobilité et d'une nouvelle stratégie de gouvernance par les données, ce qui constitue l'originalité réelle de l'ouvrage. Prolongeant les réflexions de Nicolas Colin et Henri Verdier⁸⁵, ils appellent les villes à se transformer en plateformes. Cela doit permettre de garantir une mise à disposition de « données d'intérêt général » pour permettre un développement de services permettant une valorisation de ces dernières.

Les auteurs s'appuient sur l'exemple de la ville de Paris. La municipalité envisage de créer un service public de la donnée avec une ambition de souveraineté et d'ouverture. Cela s'est traduit par la création d'un data center qui stockera l'ensemble des données de la capitale. À terme, il s'agira de construire une plateforme qui agrégera l'ensemble des données de mobilité, y compris celles des opérateurs privés opérant sur le territoire de Paris.

La maîtrise de ces données est présentée comme un élément clé des futurs schémas de gouvernance. L'ouverture doit permettre d'accroître la concurrence entre les acteurs du secteur. Il est également possible de repenser le partage de l'espace public, par exemple grâce à une signalisation dynamique, ou encore en accompagnant plus finement les transitions que provoquera nécessairement le développement des véhicules autonomes. Les auteurs soulignent que la maîtrise de ces données et des algorithmes de traitement doit permettre aux municipalités de se doter de nouveaux outils de pilotage.

⁸⁴ MISSIKA, Jean-Louis, MUSSEAU, Pierre, 2018, *Des robots dans la ville. Comment les voitures autonomes vont changer nos vies*, Tallandier Essais.

⁸⁵ COLIN, Nicolas, VERDIER, Henri, 2012, *L'âge de la multitude : Entreprendre et gouverner après la révolution numérique*, Armand Colin.

Le développement de la mobilité autonome s'est accompagné d'un effort singulier de régulation par les autorités publiques. Menée sous l'égide de l'État en France, cette régulation s'est mise en place à l'aune de deux préoccupations majeures : la compétitivité de l'économie française et la volonté de s'assurer que cette nouvelle technologie contribue au progrès social et à l'émergence d'une mobilité plus durable et inclusive. Le premier volet s'est traduit par un effort intense mené par le gouvernement pour lever d'éventuels freins au développement des expérimentations de véhicules autonomes. Cela s'est traduit par une réforme du cadre juridique en vue de faciliter les expérimentations sur le territoire national afin de ne pas entraver le développement de cette technologie. Cet enjeu de compétitivité s'est également traduit par une approche plus volontariste de l'État pour favoriser l'émergence d'un écosystème national de la mobilité autonome. Cette ambition s'est incarnée dans l'élaboration et la mise en œuvre de la stratégie nationale de développement des véhicules autonomes et du programme EVRA, destinés à favoriser la coopération entre les acteurs concernés par la mobilité autonome.

Il convient néanmoins de souligner que l'action du gouvernement ne s'est pas résumée à un soutien à l'innovation. Elle est également marquée par une volonté d'œuvrer à ce que le développement de cette technologie favorise l'émergence d'une mobilité plus inclusive et plus durable. C'est dans cette perspective que la question de la mobilité a pris une place croissante dans la stratégie nationale et que le gouvernement a insisté de façon croissante sur la nécessité d'associer les territoires pour réussir le développement de la mobilité autonome. Ces deux orientations ne sont pas antinomiques et confirment également l'intérêt des partis pris de cette communauté d'intérêt. En effet, le choix de rompre avec un prisme tout technologique a permis de mettre en lumière à la fois les apports potentiels de cette nouvelle solution de mobilité, et l'ampleur des défis qui restent à relever.

Dans cette perspective, il apparaît dès lors que l'évaluation de l'apport des véhicules autonomes à une mobilité plus inclusive et plus durable, en particulier dans les territoires peu denses, ne peut se résumer à la seule étude de l'objet. Il convient au contraire, comme l'affirme l'actualisation de la stratégie nationale publiée à la fin de l'année 2020, de considérer plus finement le rôle que les territoires devront jouer dans le futur déploiement de cette nouvelle solution de mobilité.

LES POINTS À RETENIR :


- > Le développement de la mobilité autonome conduit à un changement du cadre législatif et réglementaire de la circulation routière. Cela nécessite de faire évoluer la notion centrale de conducteur et des activités secondaires qui lui sont associées. En cas d'accident, l'identification de la responsabilité pénale constitue un sujet épineux qui doit encore être éclairci.
- > Un changement de paradigme peut également être anticipé pour l'homologation technique des véhicules autonomes. Il conviendra d'homologuer des systèmes de systèmes, ce qui rapprochera le processus d'homologation de celui qui prévaut actuellement dans l'aéronautique.
- > La France s'est dotée d'une stratégie ambitieuse de développement des véhicules autonomes. Elle vise à faire de ces nouveaux véhicules un élément clé de la compétitivité de l'économie française en promouvant l'émergence d'un écosystème national de la mobilité autonome. Elle entend dans le même temps s'assurer que cette nouvelle technologie contribue à l'émergence d'une mobilité plus inclusive et plus durable, et qu'elle constitue par conséquent un réel progrès social.
- > Pour ce faire, la stratégie française repose notamment sur une approche originale et coordonnée des expérimentations qui concourt à ces deux objectifs.
- > Elle s'accompagne également d'une affirmation marquée du rôle que seront amenés à jouer les territoires dans le déploiement de la mobilité autonome.

A blue-tinted photograph of a group of people in a meeting. One person in the foreground is holding a black coffee cup. The background shows other people's hands and arms, suggesting an active discussion.

CONCLUSION

LES CONTROVERSES DU VÉHICULE AUTONOME

—



Au vu des résultats produits lors de cette première année de travaux et au terme de ce rapport, il apparaît clairement que le véhicule autonome ne constitue pas uniquement un objet technologique. Au contraire, il apparaît comme le catalyseur de multiples transformations à l'œuvre dans nos sociétés. En ce sens, l'analyse du véhicule autonome ne peut faire l'économie d'une analyse plus approfondie des implications sociétales et des attentes que l'émergence de cet objet suscite.

Fort de ce constat, une évolution des outils d'analyse apparaît nécessaire pour tenter de caractériser les débats et les interrogations autour des véhicules autonomes. En effet, si ces derniers n'ont pas encore provoqué un vrai débat de société, au sens où ils ne constituent pas encore un sujet « grand public », il n'en demeure pas moins que cet objet se trouve à l'intersection d'un grand nombre de transformations technologiques, économiques, juridiques, politiques et sociales. Son développement cristallise ainsi des débats qui lui sont directement liés, le dilemme moral du tramway en offrant un bon exemple, et d'autres qui sont moins connexes, tel que le débat sur la technologie de communication de 5^e génération (5G).

Afin de rendre compte de ces débats et des acteurs qui les animent, cette conclusion propose d'élaborer une cartographie des controverses qui se sont progressivement structurées autour du véhicule autonome. Afin de permettre au lecteur de se forger un avis éclairé sur ce sujet, elle ambitionne *in fine* de renouveler les approches qui prévalent traditionnellement dans l'appréhension de cette nouvelle solution technologique et des services qui y sont associés.

LA CARTOGRAPHIE DES CONTROVERSES, PRÉSENTATION MÉTHODOLOGIQUE

La méthodologie de la cartographie des controverses est issue de la sociologie des sciences. Élaborée initialement par Michel Callon et Bruno Latour¹, elle visait à présenter une vision pédagogique de la théorie de l'acteur réseau. Contrairement à ce qui est souvent imaginé, celle-ci démontre que les savoirs scientifiques ne se construisent pas autour de faits objectifs, mais résultent de la coagulation de réseaux d'influence, d'alliances entre acteurs, et surtout d'incertitudes.

La cartographie des controverses a néanmoins dépassé le seul champ de la sociologie des sciences dans le courant des années 2000. Il s'agissait alors d'appliquer cette méthodologie pour comprendre les controverses qui peuvent voir le jour autour d'objets sociotechniques². L'utilisation de cette méthode devait notamment permettre de rendre compte des débats techniques, politiques, sociaux et moraux qui accompagnent l'émergence d'une nouvelle technologie. Le succès de cette méthodologie a conduit les chercheurs en sciences sociales à l'appliquer à l'ensemble des controverses qui peuvent apparaître dans la société.

Une controverse renvoie à une situation de conflit qui voit plusieurs groupes d'acteurs s'opposer sur une question ou un objet sociotechnique. La méthodologie de la cartographie des controverses vise à rendre compte de l'ensemble des points de vue développés sur le sujet. Le travail de cartographie permet d'en rendre compte de manière imagée et de saisir la portée de cette dernière, ainsi que le positionnement des acteurs qui s'opposent sur cette question. Elle doit ainsi permettre de rendre intelligible une situation particulièrement complexe où les acteurs observent souvent l'objet en question à l'aune de leur seul prisme d'analyse et de leurs seuls intérêts.

L'application de cette méthodologie aux véhicules autonomes permet d'obtenir une vision synthétique de l'ensemble des acteurs qui sont mobilisés par cet objet. L'intérêt du sujet véhicule autonome est de présenter une controverse dite « chaude », autrement dit sur laquelle une forte incertitude demeure et qui suscite des débats importants entre différents acteurs. Cette méthodologie permet de dessiner l'arbre des débats que génèrent les véhicules autonomes en mettant en lumière les controverses, les acteurs impliqués, et surtout les arguments mobilisés par chacun pour faire valoir sa position. Cette approche synthétique met en évidence certaines oppositions de principe et invite donc à considérer les véhicules autonomes sous un angle nouveau en ne donnant pas la priorité à un point de vue sur un autre, mais en permettant une distanciation critique.

¹ AKRICH, Madeleine, CALLON, Michel, et LATOUR, Bruno, 2006, *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*, Presses des Mines ; LATOUR, Bruno, 2007, « La cartographie des controverses », *Technology Review*, n°0, pp. 82-83.

² PESTRE, Dominique, 2007, « L'analyse de controverses dans l'étude des sciences depuis trente ans. Entre outil méthodologique, garantie de neutralité axiologique et politique », *Mil neuf cent. Revue d'histoire intellectuelle*, n° 25, pp. 29-43.

Cartographie des controverses non-techniques autour des véhicules autonomes

La constitution de cette cartographie des controverses s'appuie sur l'ensemble des travaux menés au cours de cette première année de la communauté d'intérêt. Parmi les sources utilisées, on peut mentionner les notes de synthèse préparées avant chaque atelier, les interventions des acteurs sollicités, et plus encore le travail mené dans le cadre de l'observatoire. Ce dernier a été mis en place pour suivre l'actualité du véhicule autonome en France et dans le monde et les principales productions scientifiques qu'il suscite.

Conformément au premier parti pris autour duquel s'articulent les travaux de la communauté d'intérêt, à savoir l'adoption d'un prisme non-technologique pour appréhender cet objet, la réalisation de cette cartographie des controverses se focalisera principalement sur les débats non-techniques suscités par le développement des véhicules autonomes.

Les approches purement technologiques de l'objet, par exemple le recours ou non à un LIDAR³ pour aider les véhicules à analyser leur environnement extérieur, ou encore l'utilisation d'une puce informatique native, deux sujets techniques qui opposent notamment Tesla à ses concurrents dans le développement de la technologie de conduite autonome, sont

ainsi laissées de côté. À l'inverse, les débats techniques qui trouvent des prolongements sociaux ou politiques sont considérés. C'est par exemple le cas en ce qui concerne le choix de faire porter l'intelligence de la conduite autonome uniquement sur le véhicule comme dans l'approche américaine, ou d'en déporter une partie sur les infrastructures connectées, ce qui est privilégié dans l'approche continentale européenne. Autre exemple, les débats autour de la connectivité des véhicules autonomes, notamment le fait de savoir si cette dernière doit reposer sur une technologie wifi ou 5G ne sont pas présentés. En revanche, la controverse autour de l'impact environnemental de la 5G figure en bonne place dans cette cartographie dans la mesure où les véhicules autonomes sont présentés comme l'un des principaux cas d'usage pour justifier l'intérêt de son déploiement.

La cartographie suivante présente donc les principaux points de contentieux et de débat que suscitent les développements autour des véhicules autonomes. Sans prétendre à l'exhaustivité, elle positionne également certains des acteurs emblématiques de ces controverses pour mettre en lumière leurs stratégies et la manière dont ces dernières sont amenées à s'entrechoquer.

Le véhicule autonome, un objet catalyseur des transformations sociales de notre temps

La réalisation de cette cartographie des controverses sur le véhicule autonome permet de mettre en lumière les différentes composantes du sujet et la position de l'objet à l'intersection de multiples dynamiques de transformations sociales. Outre les aspects purement technologiques, cinq grands champs de controverses sont identifiables autour du développement des véhicules autonomes :

- 1 relatif aux usages,
- 2 économique,
- 3 environnemental,
- 4 juridique et normatif,
- 5 politique, qui englobe logiquement les champs précédents, mais qui dispose de ses propres caractéristiques et acteurs.

³ LIDAR est l'acronyme de l'anglais « *light detection and ranging* ».

USAGES

Intérêt du développement du VA



Arguments des promoteurs

Accroissement de la sécurité routière
Réduction de l'empreinte environnementale
Mobilité plus inclusive



Arguments des détracteurs

Réduction de la place de l'humain
Disproportion entre les besoins et les coûts,
préférence pour des solutions « *low-tech* »

Rapport à la conduite



Arguments des promoteurs

Nouveau temps
de qualité disponible



Arguments des détracteurs

Disparition du plaisir
de conduire

Conséquences sociales du développement du VA



Arguments des promoteurs

Mobilité pour des personnes
qui en sont dépourvues



Arguments des détracteurs

Impact sur l'emploi
Difficulté à compenser les emplois perdus

Conséquences sociales du développement du VA



Arguments des promoteurs

Mobilité pour des personnes
qui en sont dépourvues
Amélioration des services publics
Nouveaux métiers



Arguments des détracteurs

Impact sur l'emploi
Difficulté à compenser
les emplois perdus

Niveau d'automatisation



Géants du numérique

Développement de systèmes
de robots taxis (niveau 5)



Opérateurs de mobilité

Développement de navettes
autonomes (niveau 4)



Constructeurs

Développement de systèmes
d'assistance de niveau 3 (ADAS)

Modèle de déploiement



Mobilité servicielle partagée

Robots taxis



Transport public automatisé

Navettes

Zones de déploiement



Zones urbaines

Robots taxis, géants du numérique



Zones rurales et périurbaines

Navettes, opérateurs de mobilité

Monétisation des données



Acteurs historiques

Constructeurs et équipementiers



Nouveaux acteurs

Géants du numérique, constructeurs
de navettes et startups de l'IA

ÉCONOMIE

ENVIRONNEMENT

Circulation / congestion



Arguments des promoteurs
Réduction du nombre de véhicules pour un volume de déplacements équivalent



Arguments des détracteurs
Mise en concurrence des transports publics
Congestion accrue

Connectivité



Arguments des promoteurs
Amélioration de l'efficacité grâce à la 5G



Arguments des détracteurs
Explosion du volume de données et interrogations sur les conséquences écologiques et sanitaires de la 5G

Motorisation



Arguments des promoteurs
Réduction du volume des émissions grâce aux nouvelles motorisations (électrique / hybride)



Arguments des détracteurs
Coût environnemental des batteries et dépendance à l'énergie nucléaire

Stratégies nationales



Mobilité servicielle partagée
Laissant une grande latitude aux acteurs (États-Unis)



Stratégie interventionniste
Rôle structurant de l'État dans le développement de la technologie (Chine)



Stratégie régulatrice
Rôle incitateur de l'État dans le développement et la structuration de l'écosystème (Europe / France)

Aménagement du territoire



Arguments des promoteurs
Adaptation des villes et des infrastructures pour favoriser la mobilité autonome



Arguments des détracteurs
Adaptation des VA aux villes

Niveau de régulation



International
National
Local

POLITIQUE

Intelligence du véhicule déportée



Arguments des promoteurs
Outil de gouvernance du développement de la mobilité autonome pour les territoires



Arguments des détracteurs
Opérations souveraines partout dans le monde pour les géants du numérique

Responsabilité en cas d'accident



Délai de reprise en main
Pour les véhicules autonomes de niveau 3



Identification des responsabilités
En cas de défaillance d'un élément du véhicule

Disparition du conducteur



Personnalité juridique du VA
Reconnaissance d'une personnalité juridique pour le VA



Conducteur déporté
Possibilité d'un conducteur déporté

Données



Véhicule étendu
Les constructeurs restent propriétaires des données



Ouverture de l'accès aux données
Pour identifier les responsabilités et développer de nouveaux services

Homologation



Maintien du système d'homologation
Homologation du véhicule et de ses équipements



Système de certification
Certification du véhicule et de l'infrastructure pour un déploiement par zone ou par licences

Éthique



Dilemme du tramway
Choix entre les passagers et les usagers de la route



Principes et normes à respecter
Pour la conception, les usages et le déploiement des VA

JURIDIQUE

Quels usages et quel intérêt du véhicule autonome ?

Le premier champ de controverses sur le véhicule autonome concerne l'objet en tant que tel, ses usages et la réalité de son déploiement. Il constitue un domaine qui fait directement écho à la question de l'intérêt du développement de cette nouvelle technologie et aux critiques de « *techno push* » évoqués en introduction. Ce champ est composé de plusieurs sous-controverses qui interrogent le sens même de cette technologie, son impact social ou encore les modalités et les zones de son déploiement.

- * Le premier sous-champ de la controverse touche au sens de cette technologie et à son utilité même. Il interroge le rapport de nos sociétés au progrès.



Les promoteurs de cette technologie mettent en avant les avancées traditionnellement créditées aux véhicules autonomes, à savoir un accroissement de la sécurité routière, une réduction de l'empreinte environnementale de la mobilité, la mise en œuvre d'une mobilité plus inclusive, que ce soit pour les territoires ou les personnes, et l'amélioration de la qualité de vie via la libération d'un nouveau temps de qualité (« *quality time* ») préalablement dévolu à l'activité de conduite.



À l'inverse, les contempteurs du véhicule autonome dénoncent une forme de fatalisme technologique qui affirme l'inéluctabilité de cette révolution de la mobilité⁴. Cette critique s'inscrit dans une dénonciation plus générale de la réduction de la place de l'humain dans les activités économiques provoquée par le développement de la robotisation. Elle insiste en particulier sur l'idée d'une disproportion entre les besoins réels que ces technologies sont susceptibles de couvrir et le coût et l'incertitude liés à leur développement. Elle renvoie à une idée simple : si les sommes dépensées étaient

directement allouées à la résolution de ces problèmes, cela permettrait d'apporter beaucoup plus rapidement des solutions concrètes aux habitants plutôt que de faire reposer la résolution de ces défis sur une hypothétique solution technologique encore très incertaine. Cette critique oppose souvent des solutions dites « *low tech* », présentées comme moins coûteuses d'un point de vue économique, social, écologique etc., et plus faciles à déployer. Dans cette perspective, les acteurs qui défendent ces positions expliquent l'engouement des industriels autour de cette technologie par la volonté hégémonique des géants du numérique. Ils soulignent également le défi auquel sont confrontés les constructeurs automobiles, contraints de se réinventer pour survivre⁵. Ces derniers sollicitent l'appui de l'État, également contraint de développer des politiques ambitieuses pour soutenir un secteur industriel dont le poids économique, social et symbolique est déterminant pour l'avenir du pays.



⁴IZOARD, Célia, 2020, *Merci de changer de métier. Lettres aux humains qui robotisent le monde*, Dernière Lettre Eds.

⁵WOLMAR, Christian, 2020, *Driverless Cars: On a Road to Nowhere?*, 2nd édition, London Publishing Partnership.

- * Ce sous-champ de controverse sur le sens même de la technologie de conduite autonome trouve un écho dans le débat autour des conséquences sociales provoquées par le développement de ces nouvelles solutions de mobilité.

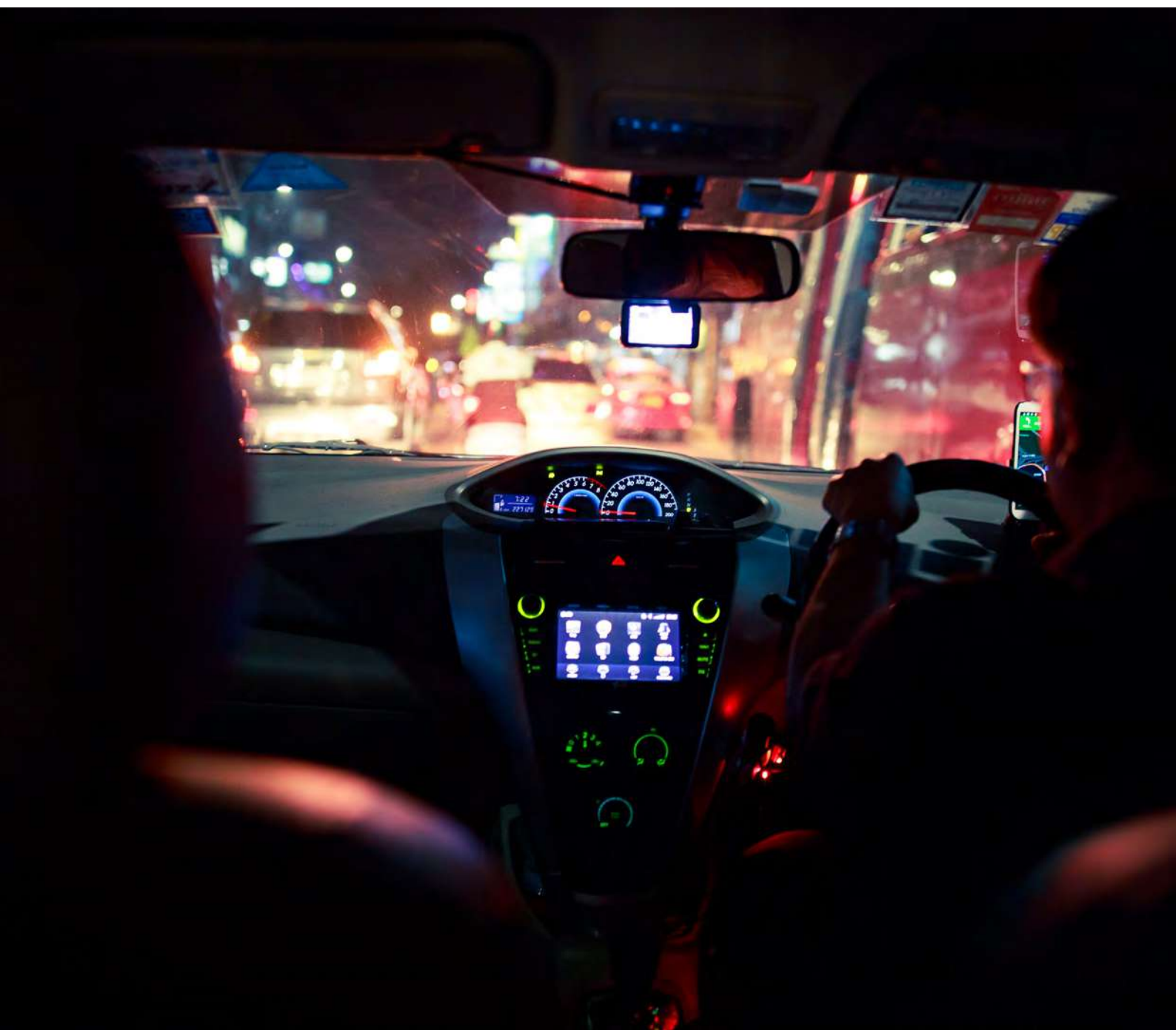


Les promoteurs du véhicule autonome soulignent la capacité de cette solution à redonner de la mobilité à des personnes qui en sont pour le moment dépourvues.



À l'inverse, les opposants à cette automatisation de la conduite soulignent son impact sur les nombreux emplois de chauffeurs.

Ils insistent sur la transformation radicale qui va affecter certains métiers (conducteur de bus ou de poids lourd, chauffeur de taxis, livreurs, réparateurs, experts automobiles, etc.) et sur la difficulté à compenser les emplois perdus à l'occasion de ce processus de robotisation.





Mythologies (Roland Barthes)⁶

Dans *Mythologies*, Roland Barthes consacre trois pages célèbres à la « Nouvelle Citroën », la DS 19. Il y déconstruit la mythologie de l'automobile dans la société de consommation des années 1950. Il décrit le changement que l'introduction de ce nouveau modèle opère dans le rapport du public avec la voiture.

La nouvelle Citroën se rend ainsi plus accessible, plus appropriable pour le public. Après la phase de vénération, l'automobiliste peut consommer, de manière quasiment charnelle, « les joints sont touchés, les rembourrages palpés, les sièges essayés, les portes caressées, les coussins pelotés ; devant le volant, on mime la conduite avec tout le corps. L'objet est ici totalement prostitué ». Le mouvement décrit par Barthes rend compte d'une focalisation nouvelle du discours publicitaire de l'époque sur le souci du confort, de la sécurité et de l'équipement.

Les évolutions que Barthes décrit dans la construction de la mythologie automobile des années 1950 font échos à celles que nous observons aujourd'hui dans l'appréhension du véhicule autonome. Ce dernier a dans un premier temps été abordé en tant qu'objet, générant des discussions autour du progrès technologique. À l'instar de l'automobile dans l'après-guerre, il alimente la « néomanie », c'est-à-dire l'obsession du nouveau, du XXI^e siècle. Cette focalisation lui a notamment valu d'être vu comme un sujet d'experts et de technophiles, déconnecté du débat public.

La multiplication, ces dernières années, des expérimentations et des baromètres dédiés à l'acceptabilité, voire à la désirabilité, du véhicule autonome, notamment celui présenté par la MACIF et l'Institut VEDECOM à l'automne 2020, illustre un déplacement de l'intérêt sur les

questions d'usage et d'appropriation de cet objet. Ces initiatives inaugurent la construction d'une nouvelle mythologie du véhicule autonome, impliquant de nouveaux acteurs, notamment les géants du numérique, et un rapport nouveau du public à la voiture du futur.



⁶ BARTHES, Roland, 1957, *Mythologies*, Points.

- * Concernant les usages, il convient de souligner que ce sous-champ voit aussi s'affronter des arguments relativement classiques.



D'un côté, on retrouve les partisans d'une libération de la conduite offrant un gain de temps pouvant être mis à profit pour d'autres activités.



De l'autre, on retrouve ceux qui mettent au contraire en avant la spécificité de l'automobile et le rapport quasi charnel qu'ils peuvent entretenir avec la voiture. Dans cette perspective, ils soulignent que l'automatisation de la conduite va engendrer une disparition du plaisir de conduire, limitant de fait l'acceptation sociale d'une telle solution technologique. Il convient toutefois de souligner des différences significatives sur ce point entre les pays et les cultures nationales, les consommateurs européens, notamment en Allemagne ou en Italie, restant beaucoup plus attachés à la conduite que les consommateurs asiatiques, par exemple chinois.

- * Les apports des véhicules autonomes en matière de sécurité routière sont également questionnés.



Les approches les plus optimistes soulignent que les services de mobilité autonome permettraient de réduire le nombre d'accidents de la route de l'ordre de 90 %, en expliquant que la majorité de ces accidents sont imputables à des erreurs humaines.



Cependant, d'autres études remettent en cause ce postulat en soulignant la complexité et l'entrelacement des dynamiques et des facteurs qui conduisent *in fine* à un accident (voir l'interview d'Alexandra Mueller). D'autres, à l'instar du chercheur et professeur de conduite Gérard Hernja, soulignent en particulier le nombre d'accidents que sont capables d'éviter les conducteurs humains grâce à leur capacité d'anticipation et de prudence, voire à leur capacité à transgresser les règles de conduite en vigueur lorsque cela est nécessaire.

Plus généralement, les assureurs soulignent également le risque inhérent à la période de transition qui verra cohabiter des véhicules classiques et des véhicules autonomes. Comme le rappelle Yann Arnaud, Directeur réponses besoins sociétares et innovation à la MACIF, certains processus automatisés, par exemple le passage des péages, se traduisent par une hausse du nombre d'accidents, les conducteurs éprouvant des difficultés à anticiper une réaction inattendue des véhicules qui les précèdent. Une telle situation pourrait se traduire, avec l'introduction progressive de véhicules de plus en plus automatisés, par une hausse du nombre d'accidents à court et moyen terme, avant une éventuelle diminution à long terme grâce à la généralisation des véhicules autonomes.



Ces apports en matière de sécurité posent également la question de l'évolution de la nature du risque automobile. Si la plupart des assureurs s'accordent sur le passage à moyen terme d'un risque individuel à un risque sériel, le débat porte sur la rapidité avec laquelle cette transition s'opérera. Certains prévoient une transition progressive suivant un scénario tendanciel, tandis que d'autres mettent en avant une transition brutale avec un scénario dit de rupture.



CÉLIA IZOARD, MERCI DE CHANGER DE MÉTIER (2020)⁷

“ Aujourd’hui, vous mettez tout ce qui fait de vous des gens vivants et en mouvement au service de ce projet-là. Votre énergie, votre talent, votre temps, tout ceci vous sert à perfectionner des capteurs, à éduquer des algorithmes pour que le système ne confonde pas la feuille morte avec l’enfant qui joue. (...)”

Hier, le véhicule autonome n’était qu’un rêve futuriste un peu délirant porté par Google, tellement irréaliste que, nous disait-on, c’était une perte de temps de le critiquer. Aujourd’hui, tout est lancé, il semble tout aussi futile de le critiquer puisque, de toute façon, c’est déjà là. (...)

Et, donc, pourquoi ? Pourquoi, à l’heure où le réchauffement climatique semble déjà dépasser les prévisions les plus pessimistes du GIEC, où la perspective de méga feux et de robinets à sec, même dans des climats tempérés comme le nôtre, se rapproche dangereusement – pourquoi la première urgence serait-elle de faire rouler des véhicules sans conducteur ? Pourquoi, dans un monde empoisonné par le chômage et la pollution, n’y aurait-il rien de plus urgent que de mobiliser les universités et les centres de recherche les plus prestigieux, d’impliquer, bientôt, toute la société, dans le but d’accomplir cette prouesse : faire conduire les véhicules par des machines ? (...)

On voit donc que, bien avant sa concrétisation, ce projet a déjà un rôle : celui de remettre à plus tard des décisions urgentes, celui de phagocyter toute réflexion pratique sur les politiques de transport en commun, celui de flécher tous les financements pour la mobilité écologique. (...)

Et même si je sais que vous ne le diriez pas en ces termes, c’est ce que vous êtes en train de faire. La technologie que vous développez est l’instrument d’une guerre de classes. Une guerre silencieuse dans laquelle la bourgeoisie entrepreneuriale du numérique œuvre, le plus souvent sans s’en rendre compte et en toute bonne conscience, contre la majorité des travailleurs et travailleuses. ”

⁷ IZOARD, Célia, 2020, op. cit.

ERWANN TISON, GUILLAUME TATOUEIX,

UN ROBOT DANS MA VOITURE (2020)⁸

“ Imaginez-vous dans quelques années, confortablement installés dans l'habitacle d'une voiture sans volant ni pédales, qui se conduirait toute seule, vous libérant du temps pour pouvoir lire votre journal, regarder un film ou bien répondre à vos mails sans vous soucier des autres véhicules, de la circulation ou du temps de votre trajet. Ce véhicule s'invoquera simplement à l'aide d'un smartphone, à toute heure du jour ou de la nuit, n'importe où en France, que vous soyez en plein cœur de Paris, dans la banlieue lilloise, au fin fond du Morbihan ou sur le plateau ardéchois. (...) ”

Cette technologie, en plus de révolutionner les transports, va modifier notre rapport aux distances et au temps. Il n'y aura plus de zones enclavées ou de personnes intransportables coupées du monde par manque d'infrastructures publiques ou privées, contraintes de vivre en marge de la société et de la grande marche du monde. (...)

Dans les années à venir, les utilisateurs des véhicules autonomes pourront goûter au plaisir de réaliser un trajet Strasbourg - Nice tout en regardant un film en étant confortablement installé dans l'habitacle de son véhicule qui pourrait rouler à plus de 160 km/h sans crainte d'accidents ou de collision, tout en le commandant par la voix, celui-ci obéissant et exécutant tous les ordres qu'on souhaite lui donner. (...)

Ces nouveaux véhicules disposeront d'une conscience totale de leur environnement avec lequel ils seront interconnectés, ils pourront ainsi anticiper tous les dangers se présentant à eux. Un véhicule autonome possèdera la vision de Legolas et les réflexes d'Obi-Wan Kenobi. La question sous-jacente n'est plus : « est-ce que ces véhicules verront le jour ? » mais bien : « quand est-ce que ces véhicules arriveront sur nos routes ? ». Il n'y a aucun doute sur le fait que ces transports d'un nouveau genre sont en passe d'envahir nos routes et nos rues dans un futur proche. ”

⁸ TISON, Erwann, TATOUEIX, Guillaume, 2020, *Un robot dans ma voiture. Prendre le virage du véhicule autonome*, MA Editions, p. 13-16.

Quelle économie pour les véhicules autonomes ?

Le deuxième champ de controverses concerne l'économie. Il constitue le théâtre d'une compétition classique entre les entreprises qui développent des visions concurrentes de l'avenir des véhicules autonomes. En cela, la controverse qui prévaut dans ce champ renvoie à un conflit d'experts et à la confrontation économique entre différents modèles. Quatre sous-ensembles principaux de controverse sont identifiables :

- * L'un porte sur le type de véhicule automatisé à privilégier, la manière de commercialiser ces nouveaux objets, et la valorisation des données issues des véhicules autonomes.



Les constructeurs automobiles tendent à privilégier une vision de la mobilité autonome axée autour d'un véhicule doté de systèmes avancés d'assistance à la conduite (niveaux 2 et 3 d'automatisation).



Les géants du numérique (Google, Uber, Amazon etc.) poussent quant à eux davantage pour le développement de véhicules sans conducteur humain, réellement autonomes (niveaux 4 et 5). La France possède pour sa part un positionnement original avec un écosystème d'acteurs articulé autour de la navette autonome, et pousse plutôt dans le sens d'un développement de solutions de transports publics automatisés.

- * Une autre controverse porte sur les types de territoires à investiguer pour le développement de ces nouvelles solutions de mobilité. Ce débat vaut principalement pour les acteurs qui défendent une vision servicielle de la mobilité autonome, qui impose des contraintes en termes de fréquentation et de partage pour envisager une éventuelle rentabilité du service. Dans cette perspective, la plupart des acteurs se focalisent, pour le transport public, sur des zones de déploiement urbaines ou périurbaines, où la densité de population et donc la demande restent fortes. Les véhicules autonomes utilisés entrent

souvent en concurrence avec d'autres types de mobilités, qu'il s'agisse du transport massifié ou des mobilités douces. Les cas de déploiement ruraux restent encore peu développés, à l'exception du Japon où une impulsion politique forte s'est faite jour en ce sens. Outre la desserte de sites publics, il convient de souligner la montée en puissance des cas d'usage de véhicules autonomes sur sites privés (campus universitaires, entreprises, zones d'activités, etc.), en particulier pour le transport de biens et la logistique automatisés.

Ces débats économiques se prolongent également dans l'ensemble des réflexions à l'œuvre autour de l'idée d'un passage de la possession d'une voiture individuelle à



la consommation d'un service de mobilité. Si une évolution tendancielle vers une mobilité partagée et servicielle est notable pour l'ensemble des acteurs, les géants du numérique tels qu'Uber font office de précurseurs en la matière. Des acteurs européens, comme BlaBlaCar, inscrivent également leurs activités dans cette tendance. Ce débat a des conséquences sur les types de véhicules autonomes qui sont actuellement développés, entre les partisans d'un véhicule individuel automatisé (niveau 3), ou d'un service de robots taxis et des navettes autonomes (niveaux 4 et 5). Il se traduit aussi par un conflit de visions entre ceux qui prônent une mobilité autonome individuelle, réservée à petit nombre de privilégiés, et ceux qui prônent au contraire l'utilisation de services de mobilité autonome partagés.

* Un autre sous-champ de la controverse économique autour des véhicules autonomes concerne la question des données et la capacité des acteurs à monétiser celles produites par les véhicules. Un des enjeux est notamment de savoir si la création de valeur résultera principalement de l'exploitation de ces données par les acteurs historiques du secteur automobile (constructeurs, équipementiers, assureurs, etc.) ou par de nouveaux acteurs sur le marché (startups, géants du numérique, sociétés de divertissement, etc.), ou encore par des acteurs émergents spécialisés dans le traitement et la gestion de ces données. Un débat très vif est notable sur l'enjeu de partage et de l'accès à ces données afin de permettre le développement de services de mobilité autonome utiles et innovants.



Quel impact environnemental pour les véhicules autonomes ?

Le troisième champ de controverses concerne l'impact environnemental des futurs véhicules autonomes. Dans cette perspective, un débat existe sur la question de savoir si ces derniers permettront ou non de réduire l'empreinte environnementale de la mobilité et contribueront à la transition écologique. Cette controverse environnementale se traduit concrètement en sous-controverses qui interrogent le mode de déploiement de ces véhicules, leur motorisation, mais aussi l'influence de leur connectivité.

- * Concernant le processus de déploiement, il convient de souligner que le futur de la mobilité autonome reste encore très incertain. Comme l'a souligné Laura Brimont de l'IDDRI, les bénéfices environnementaux des véhicules autonomes dépendront notamment des modèles de déploiement qui verront le jour. Trois scénarios peuvent être opposés en la matière : un dominé par une mobilité autonome privée et individuelle, un autre favorisant une mobilité collective et partagée, et un dernier centré sur des services privés de type robots taxis. Le premier pourrait favoriser l'autosolisme et la préférence des citoyens pour l'automobile en augmentant la congestion routière et ses conséquences néfastes. Les deuxième et troisième permettraient de mieux limiter l'impact environnemental de la mobilité autonome. Si le futur de la mobilité autonome mélangera probablement ces différents scénarios, il reviendra néanmoins aux pouvoirs publics d'encadrer son déploiement pour s'assurer qu'elle concoure à l'émergence d'une mobilité plus durable et plus inclusive. Plus généralement, les arguments des défenseurs et des contempteurs du véhicule autonome sur cette thématique environnementale sont les suivants :



Les partisans de ce dernier mettent en avant le développement d'une mobilité autonome servicielle

favorisant le report modal vers les transports collectifs lourds. D'autres soulignent la possibilité d'assurer avec des robots-taxis ou des navettes autonomes un volume de déplacements similaire à la situation actuelle mais avec un nombre de véhicules significativement limité, permettant de fait de réduire l'impact environnemental de la mobilité. C'est notamment la principale conclusion de plusieurs études réalisées par le Forum International des Transports de l'OCDE simulant un déploiement de taxis autonomes partagés à Lisbonne au Portugal pour assurer toutes les demandes de transport porte-à-porte dans la ville⁹.



À l'inverse, les opposants aux véhicules autonomes insistent en particulier sur le risque de concurrence que présentent les robots-taxis avec les transports publics qui conduiraient inévitablement à une augmentation du parc automobile. Ils ciblent notamment l'effet rebond qui veut qu'une amélioration des conditions de mobilité se traduise par une augmentation équivalente du volume des déplacements. Une telle évolution conduirait donc, selon eux, à une dégradation pour l'environnement due à une congestion accrue. Cette position est notamment défendue par l'Union internationale des transports publics (UITP) qui souligne régulièrement les dangers d'une telle évolution pour les transports publics.

- * L'autre sous-ensemble de controverses porte sur la motorisation des futurs véhicules autonomes. Il se trouve à l'intersection d'autres controverses techniques sur le sujet, qui opposent principalement trois types de motorisation : une hybride, une électrique rechargeable et une hydrogène. L'ensemble de ces solutions sont présentées comme des moyens de baisser significativement les émissions de CO₂ des véhicules autonomes. Si la réduction des émissions de gaz à effet de serre ne suscite pas réellement de débat, exception faite pour les motorisations hybrides, la

⁹ Voir OECD, International Transport Forum, *Urban mobility system upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic*, Corporate Partnership Board Report, 2015, et OECD, International Transport Forum, *Shared Mobility, Innovation for Liveable Cities*, Corporate Partnership Board Report, 2016.

controverse porte en revanche sur les autres conséquences environnementales de ce type de motorisation. Les critiques des nouvelles motorisations soulignent par exemple le coût environnemental de production de l'hydrogène et pointent une stratégie des multinationales du pétrole et du gaz pour se réinventer. Concernant les batteries électriques, beaucoup soulignent le coût environnemental inhérent à la production et à leur recyclage, quand d'autres pointent du doigt une dépendance accrue à l'énergie nucléaire. Ces controverses dépassent très largement la seule question des véhicules autonomes, mais elles trouvent des résonances importantes lorsqu'il s'agit de considérer l'impact écologique potentiel de ces véhicules une fois que leur déploiement sera généralisé.

- * Le dernier sous-champ de la controverse environnementale porte sur l'impact pour le climat de la connectivité de ces futurs véhicules. Beaucoup s'accordent sur l'impératif que constitue cet aspect pour le développement des véhicules autonomes.



Les contempteurs de l'hyperconnectivité pointent du doigt une explosion du volume de données échangées et stockées pour permettre le fonctionnement et la circulation de ces véhicules. Cette problématique pose la question du refroidissement des centres d'hébergement des données (*data centers*), et du surplus d'émissions de gaz à effet de serre généré pour ce faire.



Un autre aspect de la controverse, plus vif, porte également sur les conséquences sanitaires de cette hyperconnectivité. Les débats autour des premiers déploiements de la 5G, les inquiétudes qu'ils peuvent susciter, ou encore les résistances de certains acteurs locaux et citoyens à leur encontre témoignent de la vitalité et de la tension de la controverse sur ce sujet. Celle-ci impacte nécessairement la controverse générale sur le véhicule autonome dans la mesure où cet objet est présenté par les acteurs comme l'un des cas d'usage bénéfiques rendu possible par la 5G.



Quel encadrement juridique et normatif des véhicules autonomes ?

Le quatrième champ de controverses identifiable autour du développement de la mobilité autonome concerne les questions juridiques et normatives soulevées par cette nouvelle technologie. Ce champ joue un rôle déterminant dans la mesure où il reste dominé par une double incertitude. Le législateur doit en effet élaborer un cadre législatif et réglementaire adapté, qui ne bride pas l'innovation, alors même que la technologie et les modèles de déploiement de ces futurs véhicules restent encore très incertains. Dans le même temps, les acteurs économiques font face à une incertitude équivalente dans la mesure où ils doivent intégrer ces contraintes dès le début du processus de conception. Sylvain Lenfle, professeur au CNAM et référent scientifique de la communauté, a notamment mis en exergue cet aspect à travers son analyse du développement de l'eCall, le système automatisé d'alerte d'urgence. Cette controverse juridico-normative porte sur plusieurs sous-champs.

- * Le premier concerne la réforme de l'encadrement de l'activité de conduite et la disparition progressive du conducteur, alors même que le Code de la route et les conventions internationales sur la circulation routière reposent sur ce concept juridique. Le transfert exceptionnel dans les expérimentations de la responsabilité au titulaire de l'autorisation lorsque le système automatisé de conduite est activé, ainsi que la reconnaissance récente de la possibilité d'avoir un conducteur ou superviseur déporté, témoignent toutefois d'une évolution progressive en France des règles en la matière. Un des débats concerne aussi la possibilité de doter un véhicule autonome d'une personnalité juridique, une option qui semble pour le moment évacuée.
- * Le deuxième concerne la responsabilité en cas d'accident. En matière de responsabilité pénale, un enjeu est notamment lié à la notion de conducteur évoquée précédemment. Cette question se pose de manière accrue pour les véhicules autonomes de niveau 3 qui supposent

une capacité des conducteurs à reprendre la main en cas de difficulté ou lorsque le système de conduite automatisé n'est plus activé. Comme les échanges menés au sein de la communauté l'ont montré, un débat existe sur le temps minimal qui doit être laissé à un conducteur pour lui permettre de reprendre la main en cas de problème. En matière de responsabilité civile, les échanges montrent un consensus sur le fait que le cadre en vigueur de la loi Badinter ne pose pas de difficulté et continuera à s'appliquer pour l'indemnisation des victimes de véhicules autonomes. En revanche, dans le cadre des recours, il ne s'agira plus de se référer aux seules règles de conduite édictées par le Code de la route. Des considérations techniques, notamment en cas de défaillance des systèmes de délégation de conduite, devront être abordées. L'appréciation de la faute du conducteur du véhicule autonome, qu'il soit à bord ou à l'extérieur, devrait faire apparaître de nouvelles discussions. De plus, les responsabilités de nouveaux acteurs pourraient plus souvent être invoquées comme celles du constructeur ou du concepteur du logiciel embarqué dans le véhicule. Par ailleurs, le développement des véhicules autonomes se traduit par une évolution du risque automobile. En passant d'un risque de fréquence à un risque sériel, se pose notamment la question de la capacité des assureurs classiques à faire face à une telle évolution, et donc à proposer des solutions d'assurance adaptées aux nouveaux enjeux de la mobilité autonome.

- * Un troisième sous-champ concerne l'homologation des véhicules autonomes et les conditions initiales à remplir pour permettre leur déploiement. Cette thématique reste encore sujette à une forte incertitude. Deux grands points de vue se distinguent en la matière.



Le premier prolonge le système en vigueur avec un processus d'homologation classique qui définit quel doit être le comportement et les caractéristiques principales d'un véhicule autonome. Ce point de vue est notamment défendu par les constructeurs automobiles et par les acteurs qui focalisent leurs travaux sur le niveau 3 d'autonomie.

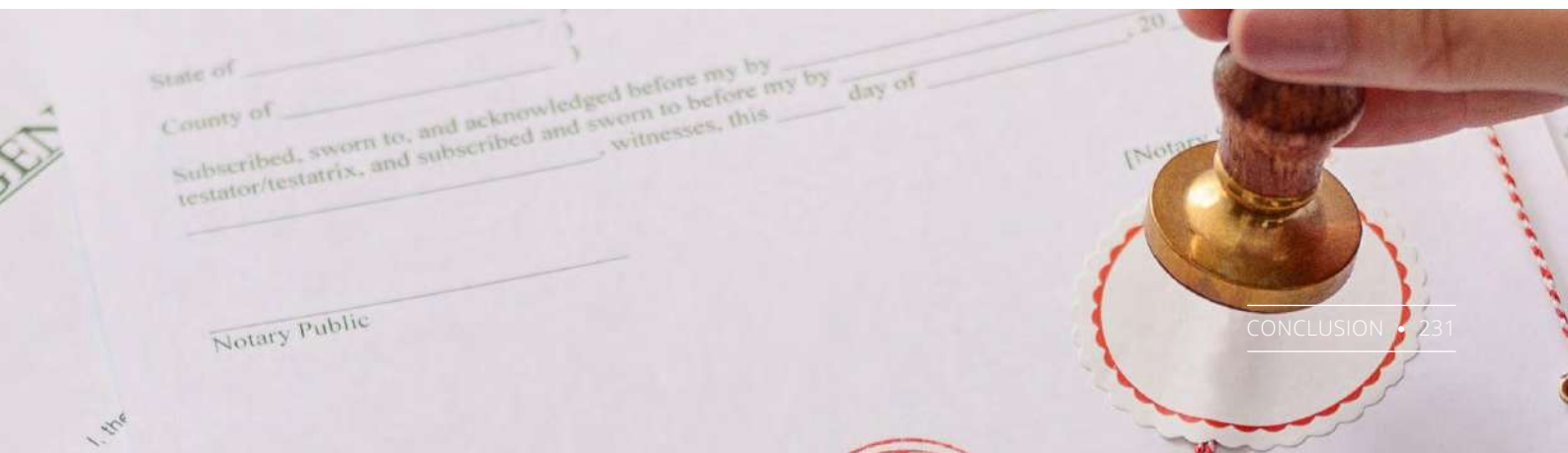


Un deuxième groupe d'acteurs propose de passer d'un système d'homologation du véhicule à un système de certification, alliant la validation du véhicule et des infrastructures liées en s'inspirant notamment de ce qui prévaut dans le domaine de l'aviation. L'utilisation d'un véhicule autonome serait alors contrainte à un type d'environnement particulier. Cette position traduit un élargissement de l'approche puisqu'il ne s'agit plus uniquement du véhicule qui doit être homologué, mais également des infrastructures qui l'accueillent.

- * Un quatrième sous-champ de controverse porte sur la question des données et sur la réglementation de leur usage. Les règles en matière de protection des données personnelles, notamment le règlement général sur la protection des données (RGPD), font l'objet d'un consensus en Europe. En revanche, le débat porte plus spécifiquement sur les données techniques et sur l'ouverture de l'accès à ces dernières pour tous les acteurs de l'écosystème. Si les constructeurs automobiles plaident pour que ces dernières restent leur propriété, en faisant notamment valoir le concept de « véhicule étendu », d'autres soulignent l'importance de permettre à tous les acteurs d'accéder à ces données. C'est notamment le cas des gestionnaires d'infrastructures et des assureurs pour proposer un service d'assistance efficace en cas d'urgence,

renforcer la prévention et la sécurité routière, mais aussi des collectivités publiques, en particulier des métropoles qui, dans une logique de plateforme, souhaitent favoriser l'émergence d'une régulation de la mobilité autonome par la donnée.

- * Un dernier sous-champ de la controverse juridico-normative autour des véhicules autonomes porte sur les enjeux éthiques. L'expérience « Machine Morale » a réactualisé le dilemme du tramway et la question de savoir qui sacrifier entre les passagers du véhicule et les autres usagers de la route en cas d'accident. Certains constructeurs comme Mercedes-Benz ont suscité la polémique en affirmant leur volonté de privilégier la sécurité des occupants, et donc de leurs consommateurs, au détriment par exemple des piétons. De nombreux pays comme l'Allemagne et la France se penchent sur ces enjeux éthiques et appellent à la préservation de toute vie humaine. La Commission européenne a également établi un groupe d'experts sur le sujet qui préconise notamment de réfléchir à la distribution du risque entre les différents usagers de la route et à la réduction des inégalités de vulnérabilité, en adoptant des mesures particulières de protection des usagers les plus vulnérables comme les enfants. Par ailleurs, les débats sur l'éthique ne se limitent pas à la conception et au fonctionnement des véhicules autonomes pour garantir la plus grande sécurité possible. Ils touchent aussi aux dilemmes suscités par leur usages et aux conséquences socialement acceptables de leur déploiement, dont la responsabilité incombe dès lors à l'ensemble des parties prenantes (constructeurs, opérateurs de mobilité, gestionnaires d'infrastructure, prestataires de service, pouvoirs publics, utilisateurs, citoyens etc.).



Quelle régulation politique des véhicules autonomes ?

Le cinquième et dernier grand champ de controverses identifiable autour du véhicule autonome est le champ politique. Il comporte un caractère englobant dans la mesure où il tend à se superposer à l'ensemble des autres champs de controverses identifiés précédemment. Il interroge en particulier le rôle que doivent jouer les pouvoirs publics dans l'accompagnement et l'encadrement des véhicules autonomes, et pose la question de la gouvernance et de l'arbitrage entre différents types d'acteurs aux intérêts parfois divergents. Quatre grands sous-champs de controverses sont identifiables dans cette perspective.

- * Le premier concerne la stratégie que les gouvernements s'emploient à déployer pour encourager le développement de leurs écosystèmes nationaux autour des véhicules autonomes, ce qui suscite une controverse quant à la manière la plus efficace de remporter cette course mondiale aux véhicules autonomes.



Les États-Unis privilégient à titre d'exemple une stratégie libérale qui laisse beaucoup de latitude aux acteurs privés, notamment en matière d'expérimentations, dépendantes d'une autorisation de chaque État fédéré. La stratégie nationale qui est déployée se veut purement indicative pour éviter que cette dernière n'interfère avec le processus d'innovation.



À l'opposé, le modèle concurrent, en Chine, repose sur la mise en place d'un système fortement intégré au sein duquel l'État joue un rôle clé dans le processus de développement des véhicules autonomes.



Les modèles qui voient le jour en Europe sont quant à eux plutôt des systèmes mixtes, qui prennent la forme de partenariats public-privé. C'est notamment le cas en France où l'État entend jouer un rôle de catalyseur pour la structuration d'un écosystème national de

la mobilité autonome, notamment via une stratégie ambitieuse et un programme public d'expérimentations. Une controverse existe néanmoins sur la taille critique des acteurs économiques qui devront nécessairement porter cette stratégie, certains soulignant le caractère contraignant des règles de la concurrence à l'échelle européenne qui empêche le développement d'un acteur européen de la mobilité autonome. Les tentatives de coordination des efforts des industriels, comme celles menées en Allemagne, se sont par exemple soldées par un échec.

- * Le second sous-champ de cette controverse politique porte sur la question des instruments de régulation de la mobilité autonome. Une opposition est notable entre l'approche par le marché, où la régulation s'opère de manière naturelle du fait de la compétition entre les acteurs, et une approche plus interventionniste qui consiste à réguler en amont les développements de la mobilité autonome pour qu'ils concourent à des grands objectifs publics, par exemple l'inclusion sociale, la réduction de la fracture territoriale, ou encore la diminution de l'empreinte écologique des transports.

- * Dans ce contexte, un débat existe notamment sur la question de la bonne échelle de régulation pour ces nouveaux systèmes de mobilité autonome. Certains acteurs soulignent que la régulation doit être portée à un niveau international, quand d'autres prônent au contraire une approche plus locale qui laisserait aux collectivités territoriales (les métropoles, les régions, les intercommunalités et/ou les communes) la charge d'organiser la future mobilité autonome. Les questions des données, de l'accès à ces dernières, du développement d'une infrastructure connectée, constituent dans cette perspective un enjeu majeur de gouvernance, comme le soulignait Jean-Louis Missika¹⁰, ancien maire-adjoint de la ville de Paris lors de l'atelier consacré aux politiques publiques de la mobilité autonome.

¹⁰ Atelier 8, 26/11/2020, « Les politiques publiques des véhicules autonomes »

Enfin, certains acteurs prônent de réguler le déploiement de la mobilité autonome grâce un système plus contraignant basé sur un système de licences qui seraient octroyées par les pouvoirs publics. Inspiré de l'approche qui prévaut dans le domaine des télécoms, ce système permettrait de fixer un contrat de performance et de service et d'encadrer plus spécifiquement le développement de ces nouvelles solutions de mobilité autonome.

- * Le troisième sous-champ concerne le processus d'aménagement du territoire, notamment la manière dont les infrastructures doivent être intégrées dans le processus de développement de la mobilité autonome. Cela renvoie au premier champ de controverse et à la question de savoir si une partie de l'intelligence des véhicules autonomes doit être déportée sur l'infrastructure, mais recouvre aussi un enjeu de souveraineté.



Les grands acteurs de la mobilité autonome, notamment américains, y sont hostiles puisqu'une telle approche les contraindrait à négocier leurs futurs déploiements avec les collectivités publiques chargées de la gestion de la voirie et de l'infrastructure. Elle restreindrait ainsi leur souveraineté et la liberté de leurs opérations.

D'autres acteurs, notamment les villes, y voient au contraire un outil d'affirmation de leur souveraineté. L'équipement de l'infrastructure, voire le développement d'une infrastructure servicielle, est présenté comme un outil pour contraindre les futurs géants de la mobilité autonome à négocier avec les villes. Une telle approche permettrait selon eux à des acteurs en retard dans la course à la technologie de ne pas se cantonner à un rôle de simple spectateur, mais de participer à moindre coût dans le futur de la mobilité autonome.



- * Le quatrième sous-champ pose la question de la manière dont les villes et les territoires seront amenés à évoluer sous l'effet du développement de la mobilité autonome.



Elle oppose ceux, peu nombreux, qui considèrent que la ville et les infrastructures devront être adaptées pour faciliter le développement de la mobilité autonome, notamment en favorisant la construction de voies dédiées.

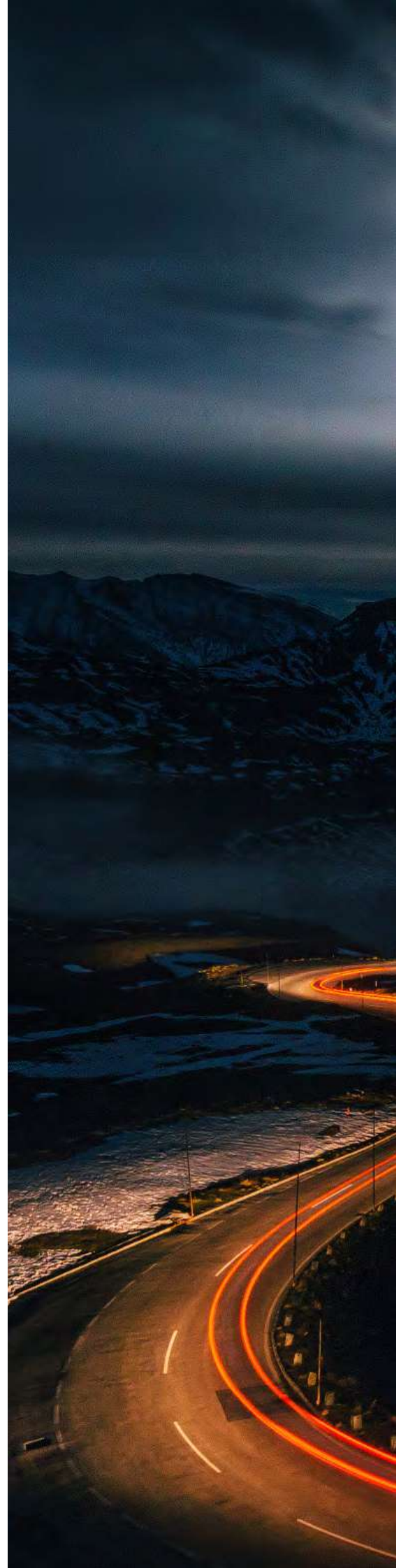


Les autres mettent en garde contre le risque de répéter les mêmes erreurs que celles commises au moment de la généralisation de l'automobile, où la ville a été asservie à la voiture. Ils prônent ainsi la mise en place d'un aménagement du territoire qui ne soit pas uniquement centré sur les véhicules autonomes, mais qui soit pensé à travers le prisme de l'intermodalité et favorise une offre diversifiée de modes de transport, y compris les modes doux (marche, vélo, etc.), dont les véhicules autonomes ne constitueraient qu'une composante parmi d'autres.



Cette cartographie des controverses que suscitent les véhicules autonomes permet finalement de faire un état des différents arguments échangés autour des aspects non-techniques de cette nouvelle solution de mobilité. Elle met en évidence l'intérêt et la richesse des débats, mais aussi et surtout l'incertitude qui continue de demeurer autour de ce sujet émergent. Cette approche permet également de dépasser une perspective qui serait uniquement centrée sur la notion d'acceptabilité. Elle permet en effet de revenir à l'essence même de cette notion en tenant compte de l'attente des consommateurs, mais aussi des enjeux que pose le développement de cette nouvelle technologie. À l'image des résultats produits dans le cadre du premier baromètre d'acceptabilité des véhicules autonomes consacré à la question par la MACIF et VEDECOM, l'acceptabilité du véhicule autonome ne va pas de soi.

La controverse particulièrement vive autour du déploiement des communications 5G en offre un exemple révélateur. Il convient donc de bien considérer les usages et surtout l'apport potentiel de cette nouvelle solution pour une mobilité durable et inclusive afin de démontrer l'utilité et le sens des véhicules autonomes et d'apporter une réponse aux nombreuses questions qui ont vu le jour autour de cet objet. Il s'agit de comprendre pourquoi cette solution technologique est une réponse concrète aux défis de mobilité qui se présentent aujourd'hui à nos sociétés. En somme, cette cartographie des controverses constitue une ouverture vers la suite des travaux de la communauté d'intérêt. En effet, il s'agira en 2021 non plus de considérer les controverses et les dimensions non-techniques autour des véhicules autonomes, mais d'aller approfondir l'analyse des territoires, en particulier ruraux et périurbains, au sein desquels ils pourraient être déployés.





A photograph of three men in dark suits and white face masks, standing in a red stadium or arena. They appear to be in conversation. The background shows rows of red seats with small white cards attached to them. The overall scene is dimly lit with a blueish tint.

ET MAINTENANT ?

DE LA DÉCONSTRUCTION DE L'OBJET AU SERVICE RENDU SUR LES TERRITOIRES

Les travaux de cette première année de la communauté d'intérêt sur le véhicule autonome ont été articulés autour de deux objectifs phares : penser le véhicule autonome hors d'un prisme tout technologique et évaluer la place que ces véhicules peuvent occuper dans les territoires ruraux et périurbains. Ils ont permis de disposer d'une vision globale inédite des véhicules autonomes et d'appréhender les différents enjeux et les controverses qu'ils suscitent. Cette approche générique a également confirmé que les véhicules autonomes n'ont pas été pensés pour les territoires peu denses et que la question des conditions de leur déploiement dans ces territoires reste posée. Ce constat ouvre une série d'approfondissements nécessaires pour l'année prochaine et souligne l'intérêt d'axer les travaux de la communauté sur la question du territoire qui accueillera les futurs services de mobilité autonome.

Penser le véhicule autonome hors d'un prisme technologique

Sur le fond, il ressort en premier lieu des travaux menés jusqu'à présent qu'une interrogation persiste sur le concept de « véhicule autonome », qui recouvre des réalités et des types de véhicule différents. Il convient de bien distinguer les véhicules à délégation de conduite (niveaux 2 et 3) des véhicules véritablement autonomes (niveaux 4 et 5), par exemple des navettes autonomes ou des robots taxis. Les deux objets partagent des technologies communes mais les règles, les acteurs, les modèles d'affaires et les usages en sont radicalement différents. Cette précision sur les types de véhicules autonomes analysés permet de mieux cerner les enjeux et la temporalité liés au déploiement d'une mobilité autonome. En effet, les différents niveaux d'automatisation des véhicules sont plus ou moins adaptés et pertinents selon les territoires et les objectifs poursuivis (développement durable, inclusion sociale, désenclavement territorial, aide des personnes à mobilité réduite, rentabilité économique, etc.). Par exemple, l'atelier sur la mobilité durable plaide en faveur de la navette autonome partagée ayant un impact moindre sur l'environnement, tandis qu'elle apparaît plus utopique et moins adaptée comme solution de mobilité que le véhicule à délégation de conduite en milieu rural et pour les personnes à mobilité réduite.

Un autre aspect central que nos ateliers ont permis de mettre au jour concerne la portée systémique des bouleversements engendrés par le développement des véhicules autonomes. Les échanges ont par exemple fait ressortir la nécessité de considérer, au plan économique, non pas l'objet en lui-même mais le service rendu. C'est en effet l'ensemble du système de mobilité qui sera impacté par le déploiement des véhicules autonomes à travers notamment le développement de la mobilité comme service (MaaS). L'apparition de ce nouveau véhicule pourrait aussi engendrer et accélérer une reconfiguration des modes de vie en ayant une influence sur la localisation résidentielle et l'étalement urbain, la motorisation des ménages, les demandes de déplacements, etc. Ces changements systémiques posent enfin une question de gouvernance avec l'élargissement des acteurs publics et privés impliqués pour supporter le coût et assurer le déploiement,

l'exploitation et la gestion des véhicules autonomes.

La qualification des usages et des usagers des véhicules autonomes constitue en troisième lieu un prérequis indispensable dans l'optique d'une expérimentation et du déploiement à l'échelle d'un nouveau service de mobilité innovant. Plutôt que de rester cantonné à l'objet, il semble en effet bien plus pertinent de renverser la perspective en sortant de l'approche dite « *techno push* » pour questionner d'abord les besoins de mobilité. Cela permet d'analyser ensuite comment, sous quelle forme et à quelles conditions les véhicules autonomes pourraient y répondre. D'où l'importance d'interroger au préalable les utilisateurs, notamment les habitants des territoires ruraux, les publics précaires et les personnes à mobilité réduite, afin de définir des cas d'usage précis et d'enquêter sur les leviers de l'acceptabilité du véhicule autonome en zone rurale et périurbaine. Ce besoin de penser et de construire le véhicule autonome avec les usagers tient également au fait qu'il ne s'agit pas encore d'un sujet de société mais seulement d'experts.



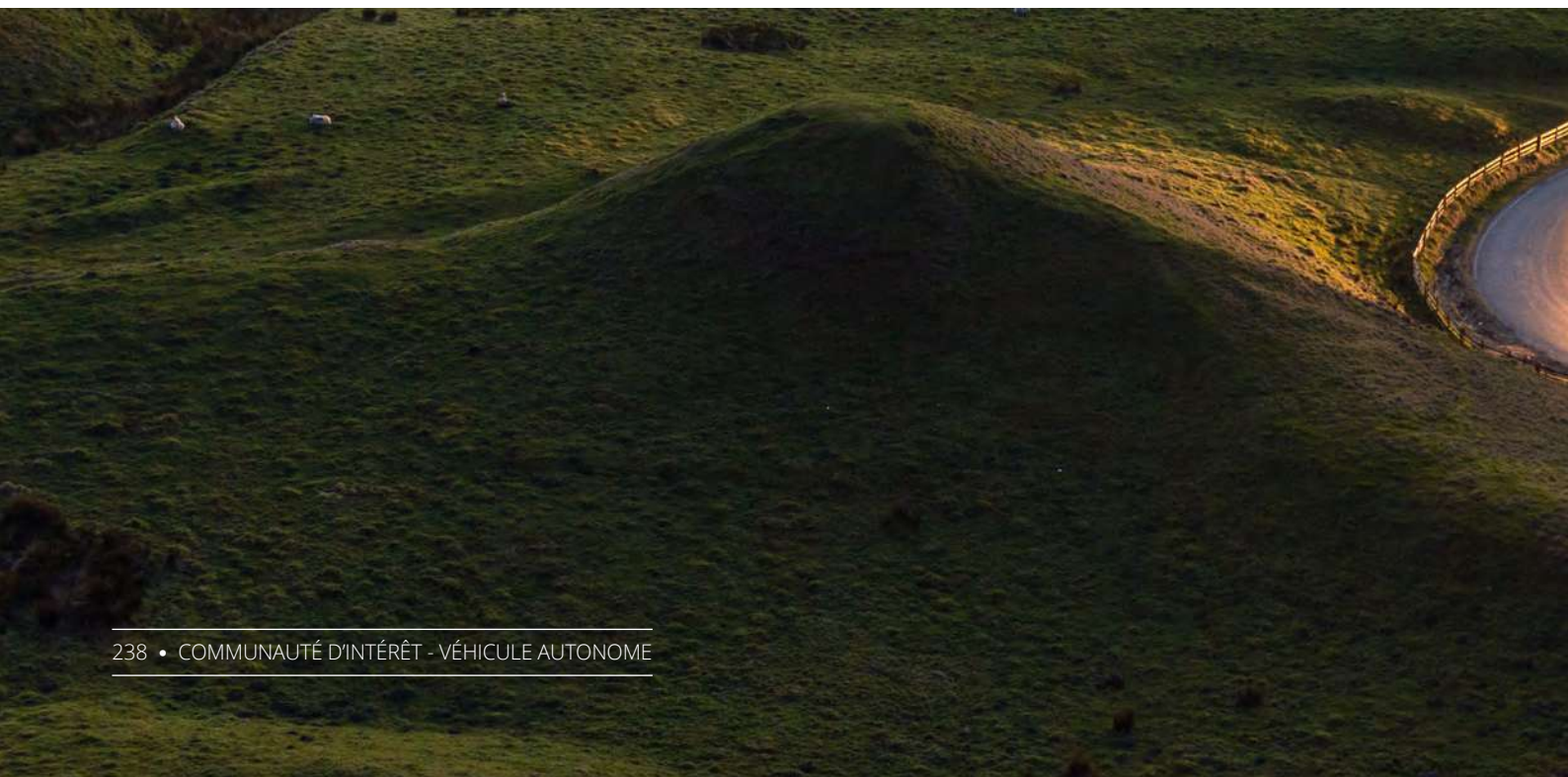
Véhicules autonomes et zones peu denses, un questionnement qui demeure

Cette première année a permis de déconstruire l'objet « véhicule autonome » dans toutes ses composantes non-techniques, de mettre en évidence les débats et les controverses autour du déploiement de cette nouvelle technologie, ainsi que les politiques publiques mises en œuvre pour favoriser le développement de cette solution de mobilité. En revanche, la perspective d'un déploiement des véhicules autonomes dans les zones peu denses reste sujette à interrogation, bien qu'elle constitue un des axes forts poussés par les pouvoirs publics dans leur tentative de régulation. Le faible nombre d'expérimentations réalisées dans ces zones en offre un aperçu révélateur.

Dans cette perspective, les travaux menés lors de cette première année ont confirmé que les véhicules autonomes n'ont pas été pensés pour les territoires ruraux et leurs habitants. En effet, le rural pose des défis particuliers au développement de la mobilité autonome étant donné des conditions spécifiques en termes d'infrastructures routières (signalisation absente ou non entretenue, ronds-points, tunnels de végétation, routes non répertoriées etc.), de conditions d'exploitation (vitesse de circulation des navettes, distances parcourues plus grandes etc.), d'environnement de conduite (présence

de véhicules agricoles, d'animaux, etc.), et de coût et de rentabilisation du service (volume et fréquence de la demande moindres). Ces défis ne signifient pas que des services de navettes autonomes, robots bus ou robots taxis ne verront jamais le jour dans ces territoires, mais plutôt que les conditions de leur déploiement sont encore à questionner et à préciser.

Malgré ce constat, les échanges ont également souligné que c'est dans les territoires ruraux et périurbains que les véhicules autonomes pourraient représenter une solution de mobilité d'avenir face aux limites importantes de l'offre de transports collectifs. Ils ont toutefois fait ressortir que les véhicules équipés d'aide à la conduite (niveaux 2 et 3) semblent plus adaptés à court et moyen termes au contexte, aux attentes et aux besoins de mobilité en zone rurale et périurbaine que les navettes autonomes et les robots taxis (niveaux 4 et 5). Le lien entre véhicules autonomes partagés, inclusion et ruralité n'apparaît donc pas évident. Ces premiers travaux confirment l'intérêt d'interroger l'articulation entre ces éléments afin de comprendre comment les véhicules autonomes peuvent participer à désenclaver les territoires ruraux et à faciliter la mobilité et l'autonomie de leurs habitants.



Passer de l'objet au territoire, perspectives pour 2021

L'objectif de la communauté est de mettre en place une expérimentation à l'horizon 2022, qui permette d'envisager un réel passage à l'échelle pour la mobilité autonome dans les zones peu denses. Les travaux de la communauté vont donc, après avoir été centrés sur l'objet véhicule autonome lors de cette première année, s'orienter en 2021 vers l'examen des territoires qui seront amenés à accueillir ces futurs systèmes de transport autonome. Cette orientation doit permettre de comprendre les modalités concrètes de déploiement nécessaires pour une expérimentation autour du véhicule autonome dans les territoires ruraux et périurbains.

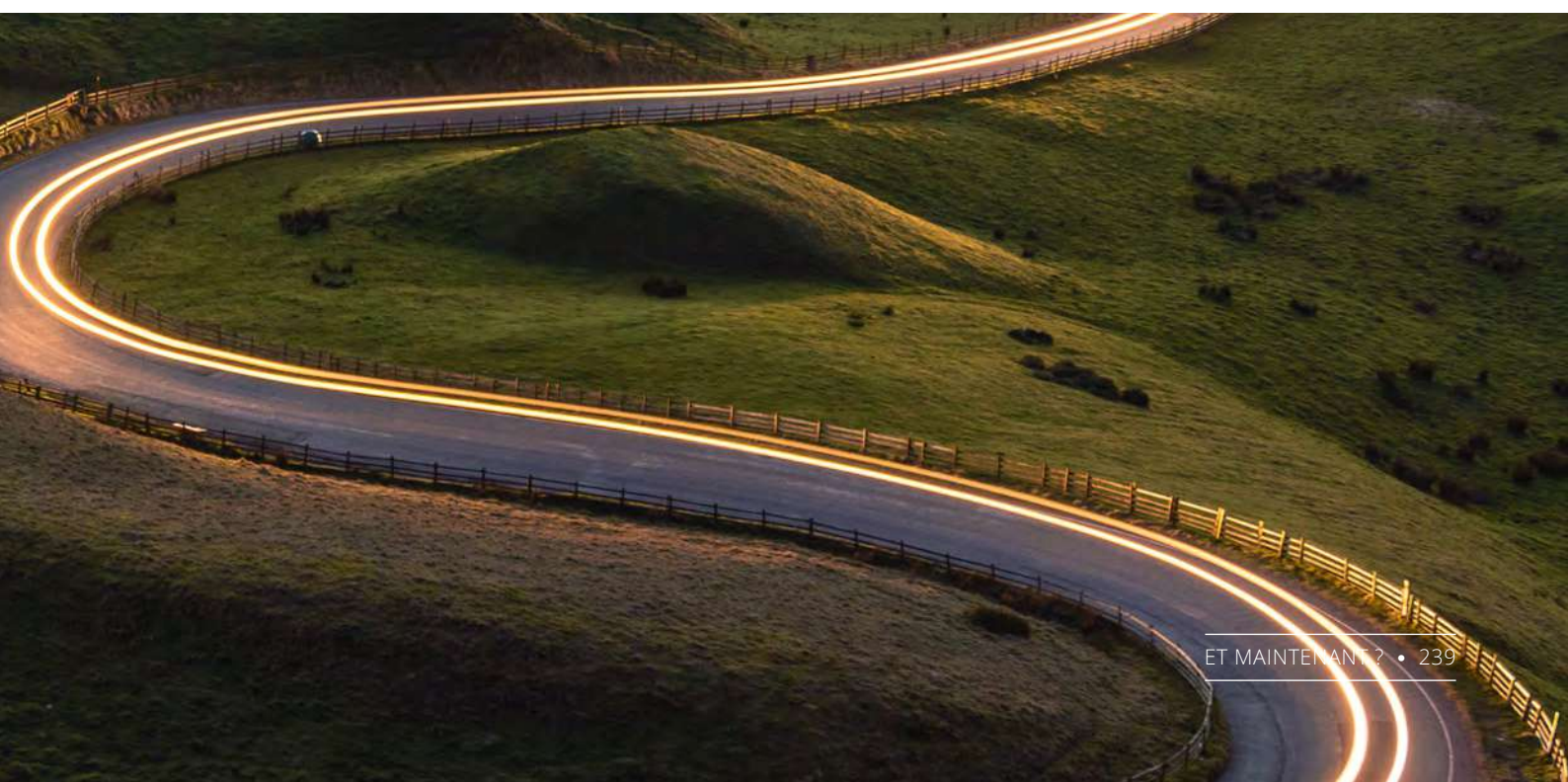
L'objectif est également d'approfondir des questions soulevées cette année et qui n'ont pas encore trouvé de réponses satisfaisantes, notamment concernant la future gouvernance de la mobilité autonome, le modèle économique qui sera déployé dans les zones peu denses et la question essentielle de la prise en compte de ces nouvelles solutions technologiques pour répondre aux besoins de mobilité de leurs habitants. Dans ce sens, l'orientation des travaux de cette deuxième année rejoint l'ambition affichée par les pouvoirs publics lors de l'actualisation en décembre 2020 de la stratégie nationale pour le développement des véhicules autonomes de mettre l'accent sur une plus forte

association des territoires aux développements de la mobilité autonome.

Dans cette perspective, il s'agira également de rompre avec une approche générique du véhicule autonome, indispensable au départ pour comprendre l'objet, et d'adopter une approche spécifique qui se focalisera sur l'analyse de plusieurs cas d'étude relatifs au déploiement de la mobilité autonome dans les territoires peu denses. Cet examen en profondeur doit permettre de préciser plusieurs aspects indispensables à l'élaboration et à la mise en œuvre d'une expérimentation en 2022:

1 Qualifier les besoins de mobilité dans les territoires ruraux et périurbains

Le premier objectif est de permettre de mieux comprendre les besoins de mobilité dans les territoires ruraux et périurbains, en particulier des publics exclus de la mobilité. En mobilisant les acteurs des territoires, qu'ils s'agissent d'élus, de responsables associatifs, d'entrepreneurs ou encore de simples citoyens, il conviendra d'identifier les besoins de mobilité spécifiques à ces territoires et à leurs habitants et à la manière dont le véhicule autonome pourrait répondre à une partie des demandes non traitées pour le moment.



2 Identifier la place et le rôle que pourraient occuper les véhicules autonomes dans les plans de mobilité en vue de favoriser l'intermodalité

À l'aune de l'analyse des besoins de mobilité propres aux zones peu denses, il conviendra d'analyser les plans de mobilité développés par les autorités organisatrices de la mobilité (AOM) sur chaque territoire étudié. Il s'agira de comparer ces derniers en fonction des terrains sélectionnés et d'identifier les interstices dans lesquels les véhicules autonomes pourraient s'imposer comme une nouvelle solution pertinente de mobilité en complément des lignes de transport existantes pour favoriser l'intermodalité et la multimodalité.

3 Caractériser la gouvernance et l'articulation entre les acteurs qui piloteront le déploiement des véhicules autonomes sur ces territoires

Un autre enjeu consiste à éclairer les jeux d'acteurs qui voient le jour dans les territoires autour de la mise en œuvre de nouvelles solutions de mobilité. L'objectif sera notamment de caractériser la gouvernance qui se met en place autour du véhicule autonome, qu'elle soit de type public-public (coordination entre l'État, les collectivités territoriales et les AOM) ou de type public-privé. Il s'agira d'interroger le processus d'organisation de la mobilité à travers l'articulation des compétences entre acteurs, la gestion de l'intermodalité et de la concurrence modale, ou encore les mécanismes de consultation mis en place en vue de mieux comprendre la manière dont s'opérationnalisent les réformes induites par la LOM en matière de gouvernance de la mobilité et leurs conséquences pour le déploiement de véhicules autonomes.

4 Identifier la structuration et le niveau des financements pour déployer des véhicules autonomes en zones rurales et périurbaines

Ce dernier axe vise à déconstruire les systèmes de financement des plans de mobilité mis en place par les AOM. Il s'agira de comprendre le

rôle des autorités publiques dans le financement de ces plans, la part respective de chaque acteur, les aides en vigueur et la place qu'occupent les acteurs privés dans le cadre de délégations de service public parfois octroyés à ces derniers. Cet axe permettra d'intégrer la problématique inhérente au financement des infrastructures et de leur mise à niveau afin d'évaluer le coût global lié au développement d'un service de transport autonome sur un territoire et les types de financements qui pourraient être envisagés.

Les clarifications fournies pour chacun de ces quatre axes permettront de mieux définir le périmètre et la portée de l'expérimentation envisagée pour 2022 et d'améliorer la pertinence des tests réalisés afin de contribuer *in fine* à la qualité des productions et des préconisations de la communauté.





La Région
Auvergne-Rhône-Alpes

La Région
Auvergne-Rhône-Alpes

EUROVIA
bertolami

VAL de Drôme
et Bivallee

CASA

DÉPARTEMENT

REMERCIEMENTS

Anne Aguiléra • Université Gustave Eiffel – LVMT | **Mathieu Alapetite** • Wimoov | **Lionel Andreu** • Université de Poitiers – Club des Métiers du Droit | **Michel Basset** • Université de Haute Alsace | **Benjamin Beaudet** • Bertolami | **Marlène Bel** • CEREMA | **Fabien Bertolami** • Bertolami | **Jean-Baptiste Boneu** • RATP Dev | **Jean-François Bonnefon** • CNRS – Toulouse School of Economics | **Virginie Bouteuil** • LVMT | **Hadrien Bréau** • Eurovia | **Laura Brimont** • IDDRI | **Alban Brisly** • EasyMile | **Iris Champagne** • Université Paris Dauphine | **Philippe Clogenson** • Choucas Consulting | **Stéphanie Coeugnet-Chevrier** • VEDECOM | **Alexandra Cohen-Jonathan** • cabinet August Debouzy – Club des Juristes | **Jean-Baptiste Colas** • Agence de l'innovation de défense | **Mathieu Colas** • ancien de Deloitte | **Jean-Bernard Constant** • Communauté de Communes Cœur de Brenne | **Olivier Coppin** • ancien de Faurecia | **Henriette Cornet** • Union Internationale des Transports Publics | **Pauline Dalicier** • Eurovia | **Xavier Delache** • DGITM – Ministère de la Transition écologique | **Joseph Delawari** • Deloitte | **James Dick** • RATP Dev | **Pierrick Drapeau** • Deloitte | **Valérie Dreyfuss** • Laboratoire de la mobilité inclusive | **Bertrand-Olivier Ducreux** • ADEME | **Laurent Eisenman** • SNCF | **Fabien Faivre** • MACIF | **Michael Fernandez-Ferri** • Goggo Network | **Jochen Funk** • Deloitte | **François Gatineau** • Mobilee | **Thomas Grandin** • Groupama | **Michèle Guilbot** • CNRS – Université Gustave Eiffel | **Vincent Guien** • BNP Paribas Cardif | **Étienne Hermitte** • Navya | **Gérard Hernja** • École de Conduite Française | **David Herrgot** • Régions de France | **Louise Larcher** • AMF | **Anne Lavaud** • Association Prévention Routière – UNIR | **Éric Le Breton** • Université Rennes 2 | **Thomas Le Gallic** • CIRED | **Fabien Laurent** • École des Ponts ParisTech | **Gaële Lesteven** • LVMT | **Alexis Marcadet** • auteur | **Jean-Louis Missika** • ancien maire-adjoint de Paris | **Thomas Moreau** • CNIL | **Alexandra Mueller** • IIHS | **Robin R. Murphy** • Texas A&M University | **Fawzi Nashashibi** • INRIA | **Sophie Nerbonne** • CNIL | **Damien Noworyta** • MACIF | **Jean-Pierre Orfeuil** • Université Paris Est – IVM | **Emmanuel Petit** • MACIF | **Florence Picard** • Institut des Actuaire | **Nicolas Pujos** • Régions de France | **Coralie Renard** • Transdev | **Isabelle Rio-Lopes** • Kantar | **Marc Rigolot** • Fondation MAIF | **Nicolas Rodriguez** • VEDECOM | **Olivier Sautel** • Deloitte | **Pierre-Edouard Sorel** • Michelin | **Laurent Téresi** • Université Toulouse 3 – Paul Sabatier | **Mariane Thebert** • LVMT | **Antoine Trarieux** • Inter Mutuelles Assistance | **Iolande Vingiano-Viricel** • VEDECOM – Aix-Marseille Université | **Christian Wolmar** • journaliste | **Scheherazade Zekri** • Keolis

Table ronde

MEMBRES DU CONSEIL D'ORIENTATION



Yann Arnaud



Alexis Offergeld



VÉHICULES
AUTONOMES

VÉHICULE
AUTONOME

MOVINON
LAB

LISTE DES ACRONYMES

| | |
|---|--|
| ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie | GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat |
| ADAS : <i>Advanced Driver Assistance Systems</i> | IIHS : <i>Insurance Institute for Highway Safety</i> |
| ALKS : <i>Automated Lane Keeping Systems</i> | INRIA : Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique |
| AMF : Association des Maires de France et des Présidents d'intercommunalité | MaaS : <i>Mobility as a Service</i> |
| AOM : Autorité organisatrice de la mobilité | OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques |
| CEPD : Comité Européen de la Protection des Données | PFA : Plateforme de la Filière Automobile |
| CEE-ONU : Commission économique pour l'Europe de l'Organisation des Nations Unies | PIA : Programme d'Investissements d'Avenir |
| CEREMA : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement | RGPD : Règlement général sur la protection des données |
| CCFA : Comité des Constructeurs Français d'Automobiles | SAM : Sécurité et Acceptabilité de la conduite et de la Mobilité autonome |
| CNIL : Commission nationale de l'informatique et des libertés | SMP : Service de mobilité partagée |
| CITEPA : Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique | STPA : Systèmes de Transports Publics Automatisés |
| DARPA : <i>Defense Advanced Research Projects Agency</i> | TBLA : Transports de biens et logistique automatisés |
| DGITM : Direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer | VA : Véhicule autonome |
| DSSAD : <i>Data Storage System for Automated Driving</i> | VAC : Véhicule autonome connecté |
| EDR : <i>Event Data Recorder</i> | VDPTC : Véhicule à délégation partielle ou totale de conduite |
| ENA : Expérimentations de Navettes Autonomes | V2V : <i>Vehicles to vehicles</i> |
| EVRA : Expérimentation du Véhicule Routier Autonome | V2I : <i>Vehicles to infrastructures</i> |
| | V2X : <i>Vehicles to everything</i> |

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et articles scientifiques

AGUILÉRA, Anne, LE GALLIC, Thomas, octobre 2019, *Diffusion des véhicules autonomes et modes de vie*, IFFSTAR, LVMT.

AKRICH, Madeleine, CALLON, Michel, LATOUR, Bruno, 2006, *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*, Presses des Mines.

ALTER, Norbert, 2002, *Les logiques de l'innovation*, La Découverte.

ANDERSON, James M., KALRA, Nidhi, STANLEY, Karlyn D., SORENSEN, Paul, SAMARAS, Constantine, OLWATOLA, Oluwatobi A., 2014, *Autonomous Vehicle Technology, A Guide for Policymakers*, Rand Corporation.

ANDREU, Lionel (dir.), 2018, *Des voitures autonomes, une offre de loi*, Dalloz.

AWAD, Edmond, DSOUZA, Sohan, KIM, Richard, SCHULZ, Jonathan, HENRICH, Joseph, SHARIFF, Azim, BONNEFON, Jean-François, RAHWAN, Iyad, 2018, « The Moral Machine experiment », *Nature*, 563, pp. 59–64.

AWAD, Edmond, DSOUZA, Sohan, SHARIFF, Azim, RAHWAN, Iyad, BONNEFON, Jean-François, February 2020, « Universals and variations in moral decisions made in 42 countries by 70,000 participants », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117 (5), pp. 2332–2337.

BEJERANO, Paula, 2019, *Autonomy: Autonomous Vehicles and Emerging Business Models*, New Degree Press.

BEL, Marlène, 2016, *Prédire l'utilisation d'une technologie nouvelle : Le cas des Systèmes de Transports Intelligents Coopératifs*, thèse de doctorat en sciences de l'éducation de l'Université Grenoble-Alpes.

BEL, Marlène, COEUGNET, Stéphanie, WATTEAU, Philippe, mars 2019, *Monographie : Acceptabilité du véhicule autonome*, manuscrit livré par VEDECOM à la Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM).

BERRADA, Jaâfar, CHRITOFOROU, Zoi, LEURENT, Fabien, 2017, « Which business models for autonomous vehicles? », Conference: ITS Europe.

BIMBRAW, Keshav, 2015, « Autonomous Cars : Past, Present and Future - A Review of the Developments in the Last Century, the Present Scenario and the Expected Future of Autonomous Vehicle Technology », *Proceedings of the 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO)*, pp. 191–198.

BONNEFON, Jean-François, 2019, *La voiture qui en savait trop. L'intelligence artificielle a-t-elle une morale ?*, Humensciences Éditions.

CHRISTENSEN, Clayton M., 1997, *The Innovators Dilemma: when new technologies cause great firms to fail*, Harvard Business School.

COLIN, Nicolas, VERDIER, Henri, 2012, *L'âge de la multitude : Entreprendre et gouverner après la révolution numérique*, Armand Colin.

COUDERT, Xavier, FONTANES, Marc, ORFEUIL, Jean-Pierre, mars-avril 2015, « Les difficultés de mobilité dans la France d'en bas : revue de détail », *Transports*, n° 490, pp. 14–29.

DIEZ, Jérémy, LANAUD, Elsa, DE SAINT-DENIS, Matthias, 12 décembre 2020, « Revue bibliographique synthétique des études sur l'acceptabilité du véhicule autonome », DGITM/SAGS/EP1.

- GALLEZ, Caroline, KAUFMANN, Vincent, 2009, « Aux racines de la mobilité en sciences sociales. Contribution au cadre d'analyse socio-historique de la mobilité urbaine » dans FLONNEAU, Mathieu, GUIGUENO, Vincent, (dir.), *De l'histoire des transports à l'histoire de la mobilité ?*, Presses Universitaires de Rennes, pp. 41-55.
- GALLEZ, Caroline, MOTTE-BAUMVOL, Benjamin, 2017, « Inclusive Mobility or Inclusive Accessibility? A European Perspective », *Governing Mobility in Europe: Interdisciplinary Perspectives*, pp. 79-104.
- GUILBOT Michèle, VASLIN Lucie, ARREGLE, Élise, 2018 « Véhicule connecté, communicant, automatisé et protection des données à caractère personnel des usagers », Congrès ATEC ITS-France, Les rencontres de la mobilité intelligente, Montrouge.
- GUSFIELD, Joseph R., 2009, *La culture des problèmes publics. L'alcool au volant : la production d'un ordre symbolique*, Economica.
- HERNJA, Gérard, MERGIER, Alain, janvier 2020, *La mobilité des jeunes dans un territoire rural*, synthèse du rapport, Laboratoire de la mobilité inclusive.
- HOULE, Alexandre, LEVY-HEIDMAN, Hugo, 2018, *Véhicules autonomes : ne ratons pas la révolution !*, Presses des mines.
- HUBERT, Etienne, February 2020, « When AI Ethics Goes Astray: A Case Study of Autonomous Vehicles », *Social Science Computer Review*, pp. 1-11.
- HUMMER, Joseph, 2020, *Driverless America: what will happen when most of us choose automated vehicles*, SAE.
- IZOARD, Célia, 2020, *Merci de changer de métier. Lettres aux humains qui robotisent le monde*, Dernière Lettre Eds.
- JEAN, Aurélie, 2019, *De l'autre côté de la Machine. Voyage d'une scientifique au pays des algorithmes*, Éditions de l'Observatoire.
- KAUFMANN, Vincent, 2017 *Les paradoxes de la mobilité. Bouger, s'enraciner*, 3^e éd., Presses polytechniques et universitaires romandes.
- KROGER, Fabian, 2016, « Automated Driving in Its Social, Historical and Cultural Contexts », in MAURER, Markus et al., 2016, *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*, Springer Open, pp. 41-68.
- KROGER, Fabian, 16/09/2020, « Lessons from the research history of autonomous driving in the US, Europe and Japan (1950-2000). A transnational study on pioneers, innovations and technological change », Robomobile Life Future Workshop.
- LATOURE, Bruno, 2007, « La cartographie des controverses », *Technology Review*, n°0, pp. 82-83.
- LE BRETON, Éric, 2019, « Deux décennies de mobilité inclusive. Émergences et déploiement d'une innovation à la croisée du territoire et du social ».
- MCGRATH, Michael, 2018, *Autonomous Vehicles: Opportunities, Strategies, and Disruptions*, Amazon.
- MISSIKA, Jean-Louis, MUSSEAU, Pierre, 2018, *Des robots dans la ville. Comment les voitures autonomes vont changer nos vies*, Tallandier Essais.
- MONÉGER, Ferdinand, 2018, *Conception d'un service de transport par navettes autonomes acceptable et sécurisé : approche ergonomique par l'analyse des expériences vécues et des valeurs en acte*, thèse de l'Université Clermont Auvergne.
- MOORE, Dylan, CURRANO, Rebecca, SHANKS, Michael, SIRKIN, David, March 2020, « Defense Against the Dark Cars: Design Principles for Griefing of Autonomous Vehicles », *Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 201-209.
- MUELLER, Alexandra S., CICCHINO, Jessica B., ZUBY, David S., May 2020, « What humanlike errors do autonomous vehicles need to avoid to maximize safety ? », Insurance Institute for Highway Safety (IIHS).
- MURPHY, Robin, 2018, *Robotics Through Science Fiction: Artificial Intelligence Explained Through Six Classic Robot*, MIT Press.

- MURPHY, Robin, 2020, « Autonomous cars in science fiction », *Science Robotics*, Vol. 5, Issue 39.
- NARAYANAN, Santhanakrishnan, CHANIOTAKIS, Emmanouil, ANTONIOU, Constantinos, 2020, « Shared autonomous vehicle services: a comprehensive review », *Transportation Research Part C*, pp. 255-293.
- NICOLAS, Jean-Pierre, LICHÈRE, Vincent, octobre/novembre 2016, « Véhicule autonome en milieu urbain : quelles perspectives pour les transports collectifs? Illustration à travers le projet e-vasion. Interview », *Transflash*, n°408, p. 5.
- NIELSEN, Jakob, 1993, *Usability engineering*, Academic Press.
- NOOTHIGATTU, Ritesh, GAIKWAD, Snehal Kumar 'Neil' S., AWAD, Edmond, DSOUZA, Sohan, RAHWAN, Iyad., RAVIKUMAR, Pradeep, PROCACCIA, Ariel D., 2018, « A voting-based system for ethical decision making », *Proceedings of the 32th AAAI Conference on Artificial Intelligence*, AAAI Press.
- ORFEUIL, Jean-Pierre, LERICHE, Yann, 2019, *Piloter le véhicule autonome - au service de la ville*, Descartes & Cie.
- ORFEUIL, Jean-Pierre, APPEL-MULLER, Mireille, CHAUBET, Christine, LEVISELLI, Daniel, août 2020, *Attitudes et opinions sur les véhicules autonomes en France et dans le monde*, IVM-VEDECOM.
- PERRIN, Jérôme, septembre 2020, « Éthique de responsabilité et de sollicitude dans la conception et l'usage des véhicules autonomes », *Revue d'éthique et de théologie morale*, vol. 307, pp. 44-61.
- PESTRE, Dominique, 2007, « L'analyse de controverses dans l'étude des sciences depuis trente ans. Entre outil méthodologique, garantie de neutralité axiologique et politique », *Mil neuf cent. Revue d'histoire intellectuelle*, n° 25, pp. 29-43.
- SAUJOT, Mathieu, BRIMONT, Laura, SARTOR, Oliver, juin 2018, « Mettons la mobilité autonome sur la voie du développement durable », *Studies* n°2, IDDRI, Paris.
- SIMOUDIS, Evangelos, 2017, *The Big Data Opportunity in Our Driverless Future*, Corporate Innovators.
- SPERLING, Daniel, 2018, *Three Revolutions: Steering Automated, Shared, and Electric Vehicles to a Better Future*, 2nd edition, Island Press.
- SPREI, Frances, 2018, « Disrupting Mobility », *Energy Research & Social Science*, vol. 37, pp. 238-242.
- TERESI, Laurent, 2020, « Véhicule à délégation de conduite et risque automobile : une lecture juridique », hal-02436006.
- THÉBERT, Mariane, LESTEVEN, Gaëlle, octobre 2018, *Le véhicule autonome comme objet médiatique, scientifique et social (VACOM)*.
- TISON, Erwann, TATOUEIX, Guillaume, 2020, *Un robot dans ma voiture : Prendre le virage de la voiture autonome*, MA Éditions.
- TOWNSEND, Anthony, 2020, *Ghost Road: beyond the driverless car*, WW Norton & Co.
- VINGIANO-VIRICEL, Iolande, 2019, *Véhicule autonome : qui est responsable ? Impacts de la délégation de conduite sur les régimes de responsabilité*, LexisNexis.
- WILSON, Benjamin, HOFFMAN, Judy, MORGENSTERN, Jamie, 2019, « Predictive Inequity in Object Detection », *Arxiv*.
- WOLMAR, Christian, 2018, *Driverless cars. On a road to nowhere*, London Publishing Partnership.

Rapports d'experts

BCG, Morgan Stanley, 29/09/2016, *Motor Insurance 2.0*.

Chronos, janvier 2018, « À quelles conditions le véhicule autonome peut-il faire sens en zone peu dense ? », *Notes sur le véhicule autonome pour le ministère de la Transition écologique et solidaire*, Atelier « La vie robomobile ».

CITEPA, juillet 2019, « Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2017 », *Rapport National d'Inventaire / Format Secten*.

CEREMA, mars 2020, *Les expérimentations de véhicules autonomes. Cadre réglementaire, parangonnage et perspectives servicielles*.

Deloitte, 2017, *Autonomous vehicles and the insurance industry*, Closerlook.

Deloitte et Fréget & Associés, 9 janvier 2020, *Données du véhicule connecté et concurrence : quels enjeux économiques et juridiques ?*.

Deloitte, January 2020, *Global Automotive Consumer Study. Is consumer interest in advanced automotive technologies on the move?*, Europe.

Horizon 2020 Commission Expert Group to advise on specific ethical issues raised by driverless mobility (E03659), 2020, *Ethics of Connected and Automated Vehicles: recommendations on road safety, privacy, fairness, explainability and responsibility*.

INRIA, 2018, *Véhicules autonomes et connectés. Les défis actuels et les voies de recherche*, Livre blanc n°02.

Kantar pour l'Institut Montaigne, 2017, *Quelle place pour la voiture demain ?*.

Kantar, 2019, *Mobility Futures: Shaped by the world's great cities*.

Kantar, 2019, *Connected Car 2019*.

McKinsey & Company, 2016, *Automotive revolution - perspective towards 2030*.

MOSQUET, Xavier, PÉLATA, Patrick, février 2019, *Renforcer l'attractivité et la compétitivité*

de la France dans l'automobile et la mobilité de demain.

Rapports et documents d'organisations internationales et gouvernementales

CNIL, octobre 2017, *Véhicules connectés et données personnelles, Pack de conformité*.

Commission européenne, 18/10/2017, *High Level Group GEAR 2030 report on automotive competitiveness and sustainability*.

Commission européenne, 17/05/2018, « En route vers la mobilité automatisée : une stratégie de l'UE pour la mobilité du futur », COM(2018), n°283.

Commission européenne, 09/12/2020, « Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future », COM 789.

Gouvernement français, 18/05/2015, « Industrie du futur. Réunir la Nouvelle France Industrielle ».

Gouvernement français, mai 2018, *Développement des véhicules autonomes. Orientations stratégiques pour l'action publique*.

Gouvernement français, 26/05/2020, « Plan de soutien à l'automobile pour une industrie verte et compétitive ».

Gouvernement français, 15/12/2020, « Stratégie nationale de développement de la mobilité routière automatisée 2020-2022 ».

International Energy Agency, 2020, *Global Energy Review 2020*.

IPCC, 2018, « Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change ».

Ministère de la Transition écologique et solidaire, ministère chargé des Transports, avril 2019, *Développement des véhicules autonomes. Orientations stratégiques pour l'action publique, Un an d'actions publiques Mai 2018 – Avril 2019*.

Ministère de la Transition écologique et solidaire, ministère chargé des Transports, avril 2019, « Développement des véhicules autonomes - L'État s'engage dans seize nouvelles expérimentations », dossier de presse.

Ministère de la Transition écologique et solidaire, décembre 2019, *G7 expert group on automated and connected driving. Autonomous vehicle acceptance: overview of recent studies and research*, DGITM/SAGS/EP.

OECD, International Transport Forum, 2015, *Urban mobility system upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic*, Corporate Partnership Board Report.

OECD, International Transport Forum, 2016, *Shared Mobility, Innovation for Liveable Cities*, Corporate Partnership Board Report.

U.S. Department of Transportation, 2018, *Preparing for the future of transportation: Automated vehicles 3.0*.




VÉHICULE
AUTONOME
— COMMUNAUTÉ D'INTÉRÊT —

MOVIN'ON
 LAB
a Michelin Initiative

POWERED BY
conseil & recherche