

étroitement définis, caractérisés par une météo, un éclairage et une circulation ordinaires, des lieux géolocalisés et cartographiés avec grande précision et, dans de nombreux cas, équipés de fonctionnalités de support d'infrastructure physique et numérique *ad hoc*.

Ensuite, comme il faut éviter tous les dangers de la circulation sans l'intervention d'un humain, les systèmes doivent garantir un niveau de sécurité beaucoup plus élevé que les ADS sous supervision humaine. Ces dispositifs s'appuieront sur de multiples prises d'information dans l'environnement du conducteur et ses dangers. Ces données proviennent de caméras, de lidars (télé-détection par laser), de radars et d'un géopositionnement précis, combinés à des cartes numériques très détaillées.

VERS DES DRONES ROULANTS

Par ailleurs, bien que de nombreux développeurs d'ADS revendiquent la capacité à circuler sans dépendre des communications sans fil avec d'autres véhicules – ou d'alertes provenant des usagers de la route ou de l'infrastructure routière elle-même –, des travaux récents ont montré que la généralisation d'ADS dépourvus d'une telle communication coopérative aurait sans doute des effets pervers sur le trafic, la consommation d'énergie et les émissions dans l'environnement, car elle empêcherait d'anticiper les changements dans les conditions de circulation.

Enfin, la technologie va d'abord être mise en application dans certains usages spécialisés, comme la livraison locale de colis, le fret longue distance sur autoroute, les services de transport

— En bref —

> Les promesses des constructeurs n'ont pas été tenues: le véhicule capable de se conduire seul n'existe pas encore.

> Les difficultés techniques ont été sous-estimées. Percevoir et gérer l'environnement du conducteur en toutes circonstances (trafic, météo) est encore hors de portée.

> Faisant preuve désormais de réalisme, les développeurs se réorientent vers les flottes commerciales et le transport de marchandises, en ville et sur autoroute.

> L'option d'une assistance humaine à distance des véhicules automatisés a été négligée, alors qu'elle est sans doute une activité porteuse.

urbain avec itinéraires fixes et, à échelle plus réduite, le transport automatisé de passagers en ville et en banlieue. Même si les ADS sont capables de conduire des véhicules sans l'assistance d'un conducteur à bord, ils auront quand même besoin du soutien à distance d'opérateurs qualifiés en conduite pour gérer les «guêpiers» de la circulation dont les automates ne sauront s'extraire.

Ces conclusions découlent des leçons déjà tirées par les développeurs de la technologie.

Première d'entre elles : il y a une complexité inhérente à la conduite d'un véhicule, qui rend difficiles, pour les systèmes automatisés, la perception de l'environnement du conducteur, l'anticipation des actions des autres usagers, l'identification et la gestion des dangers de la circulation.

Un peu comme des enfants qui apprennent à contrôler leurs mouvements, les ADS doivent pouvoir se lever avant de marcher, et marcher avant de courir. Pour cette raison, leur mise en œuvre et leur amélioration se feront dans des environnements simples. Les confrontations complexes avec des usagers de la route imprévisibles (y compris les piétons et les cyclistes) ou le mauvais temps viendront après.

Afin d'opérer en toute sécurité, les ADS devront percevoir leur proche environnement et déterminer leur position à l'aide d'une technologie fondée sur des principes de la physique. Savoir gérer l'adversité leur sera indispensable, qu'elle prenne la forme d'interférences électromagnétiques dues aux orages ou à des gros équipements électriques voisins, du soleil bas sur l'horizon capable d'aveugler les caméras, des précipitations ou de la fumée qui diffusent la lumière nécessaire aux capteurs optiques ou de

	0	1	2	3	4	5
	Aucune automatisatisation (No Driving Automation)	Conduite assistée (Driver Assistance)	Conduite partiellement automatisée (Partial Driving Automation)	Conduite automatisée sous conditions (Conditional Driving Automation)	Conduite hautement automatisée (High Driving Automation)	Conduite totalement autonome (Full Driving Automation)
	Simple avertissement (ex: détecteur d'angle mort) ou assistance très ponctuelle (ex: freinage d'urgence).	Aide pour maintenir sa vitesse OU rester dans sa voie, mais le conducteur garde la main.	Aide pour maintenir sa vitesse ET rester dans sa voie, mais le conducteur garde la main.	Conduite automatique dans certaines conditions. Quand le système l'exige, le conducteur reprend la main (ex: assistant de conduite en embouteillage).	Conduite automatique dans certaines conditions. Dans ces phases, l'intervention du conducteur n'est pas requise (ex: taxi sans chauffeur).	Conduite entièrement automatique, sans aucune intervention humaine. Le véhicule est dépourvu de volant et de pédales.
Celui qui surveille l'environnement routier	 Pilote humain	 Pilote humain	 Pilote humain	 Pilote automatique	 Pilote automatique	 Pilote automatique
Celui qui a la main en cas d'urgence	 Pilote humain	 Pilote humain	 Pilote humain	 Pilote humain	 Pilote automatique	 Pilote automatique
La part de la conduite qui est assistée ou automatisée	 Aucune	 Certaines phases	 Certaines phases	 Certaines phases	 De nombreuses phases	 Tout

cyberattaques ciblant les capteurs du véhicule. Acquérir des informations sur les infrastructures à proximité et le mouvement relatif des objets alentour sera tout aussi nécessaire. Tous ces capteurs récoltent des données qui, une fois fusionnées, construisent une représentation de l'espace autour du véhicule.

En conséquence, les critères qu'exigent les capteurs, le traitement et le stockage des données pour ce niveau de perception de l'environnement sont tels qu'ils feront gonfler les coûts



Le niveau d'automatisation de la conduite d'un véhicule est défini par SAE International, l'Association internationale des ingénieurs automobiles. Six niveaux existent (de 0 à 5) et sont révisés régulièrement. Aucun véhicule au monde ne peut encore prétendre au niveau 5, celui de l'autonomie réelle.

de la technologie ADS. Des dépenses néanmoins nécessaires, si cette technologie vise à égaler les compétences du conducteur, sans pour autant compromettre sa sécurité. Les analyses de rentabilisation du déploiement des ADS se réorientent donc vers une autre destination : celle des véhicules commerciaux. En effet, ceux-ci sont utilisés toute la journée pour engendrer du revenu, là où les véhicules particuliers ne servent qu'une à deux heures par jour. Un autre avantage, à l'heure où la technologie d'automatisation progresse encore, est qu'à l'échelle d'une flotte l'entretien des composants sensibles est facilité, tout comme la mise en place d'un système d'assistance à distance.

Cette question, essentielle, de l'assistance humaine à distance pour la conduite autonome n'a pas reçu le niveau d'attention public qu'elle mérite. Les ADS dépourvus de conducteur à bord

doivent pouvoir s'appuyer sur des opérateurs humains, installés dans un centre de gestion de flotte, qui aideraient le système à prendre des décisions tactiques en cas de besoin. L'assistant humain pourra compenser les carences matérielles et logicielles des véhicules, mais il fournira surtout des conseils. Par exemple, quand il faudra contourner des obstacles inattendus qui obstruent la voie, être contraint de violer le Code de la route, reconnaître les gestes des agents de la circulation ou identifier des objets sur la trajectoire du véhicule.

CONDUITE ACCOMPAGNÉE... À DISTANCE

Certains développeurs envisagent aussi la conduite à distance comme un moyen de gérer des portions de route trop difficiles pour l'ADS.



← Depuis 2009, la société Waymo, filiale d'Alphabet, la maison mère de Google, travaille sur des véhicules autonomes. À ce jour, c'est la seule entreprise qui propose un service commercial de course à la demande, Waymo One, sans présence d'un chauffeur humain.

La question, essentielle, de l'assistance humaine à distance n'a pas reçu le niveau d'attention qu'elle mérite

Ces fonctions support à distance seront particulièrement importantes au début, lorsque la technologie sera en rodage. Elles créeront de l'emploi pour les nombreux chauffeurs routiers peu à peu remplacés par les ADS. Leurs conditions de travail pourraient en être améliorées : ils travailleront plus près de leur domicile, subiront moins la fatigue et l'usure physique, et seront bien sûr moins exposés aux risques d'accidents associés au transport routier.

Il y a quelques années, les projections estimaient que la conduite autonome servirait surtout les services de course à la demande, mais c'est désormais le transport automatisé de biens qui concentre l'attention : on envisage à la fois des poids (très) lourds sur de longues distances et, sur le dernier kilomètre, des petits véhicules peu rapides pour la livraison locale de colis en zone urbaine et périurbaine. Ce changement d'orientation a commencé avant la pandémie, et s'est accéléré pendant la crise du Covid-19. Certes, les services de courses à la demande, incluant voyages courts et covoiturage dans des zones urbaines denses, ont le profil de demande le plus favorable. Mais ce sont aussi les environnements les plus éprouvants pour la technologie des ADS.

A contrario, les transports longue distance sur autoroute sont soumis à des trafics plus simples à gérer, avec des infrastructures routières également plus faciles à contrôler, en particulier si les points de départ et d'arrivée sont directement connectés aux autoroutes, avec des voies réservées. La livraison de colis peut être assurée par des véhicules trop petits pour héberger un humain, mais capables d'opérer sur des trottoirs ou sur des pistes cyclables si leur vitesse

est réduite. De surcroît, les véhicules de fret sans conducteur ont l'avantage de pouvoir être conçus pour une conduite plus sûre, susceptible d'éviter les conflits avec d'autres usagers de la route, et sans avoir à se soucier de l'impatience ou de la sécurité de leurs propres passagers..

DES CONSTRUCTEURS OBSTINÉS

Toutes les entreprises d'ADS n'ont pas adopté cette approche. Tesla, en particulier, continue de suivre le modèle traditionnel de l'industrie automobile, lequel consiste à vendre des véhicules personnels privés répondant à tous les usages. L'entreprise d'Elon Musk tente de faire progresser ses capacités en matière d'ADS en les greffant sur son système d'assistance à la conduite actuel, plutôt que de concevoir un nouveau système, qui répondrait aux exigences élevées en matière de redondance et de gestion des pannes. Récemment, la société a fait le choix de dépendre exclusivement d'un système de vision artificielle, faisant l'impasse sur les capteurs complémentaires (cartographie, localisation de précision), qui fournissent pourtant des informations vitales sur l'environnement d'un véhicule.

Cette approche réduit certes les coûts de production, mais au détriment de la sécurité et de la fiabilité, qu'il faudra garantir malgré les variations inévitables de la circulation et de l'environnement. En utilisant à tort et à travers les termes « autopilote » et « conduite entièrement autonome » (*full self-driving*, en anglais) pour ses produits actuels, Tesla a d'ailleurs semé la confusion dans l'esprit du public sur les capacités de ses produits. Pour ne rien arranger, dans