

Les robotaxis chinois sont-ils l'avenir de la mobilité ?

Le véhicule autonome poursuit sa course. Avec l'apprentissage profond et la fusion des données, l'intelligence artificielle a permis un nouveau bond en avant dans la conception de véhicules routiers pouvant circuler sans conducteur. Depuis 2012, une centaine de milliards d'euros en recherche et développement ont été investis dans l'autonomie de conduite, presque exclusivement en Chine et aux États-Unis. Les premiers bénéficiaires sont les robotaxis, mais tous les types de véhicules sont concernés : navettes et bus, poids lourds, droïdes de livraison, nettoyeurs de voirie, etc.

Aux yeux des investisseurs comme des autorités publiques, les avantages des robotaxis seraient massifs : la mobilité se fait inclusive, accessible aux personnes âgées, handicapées ou sans permis ; la sécurité routière est renforcée ; les coûts du transport sont réduits et l'usager récupère le temps de conduite. La porte s'ouvrirait ainsi à une nette diminution du nombre des véhicules possédés par les particuliers. À condition de maîtriser la hausse de la demande de circulation, le déploiement des robotaxis serait donc bénéfique sur les plans économiques, sociaux et environnementaux.

La Chine en est convaincue. Elle s'est dotée d'une stratégie ambitieuse, en s'appuyant sur ces atouts maîtres que sont la taille de son marché et la puissance de son écosystème industriel. En septembre 2023, 15 000 kilomètres de routes et de rues étaient ouverts aux essais de véhicules autonomes, qui avaient déjà parcouru 70 millions de kilomètres en dix ans. Mieux, en 2024, des robotaxis et des navettes autonomes sont en exploitation commerciale dans six villes chinoises – quatre villes aux États-Unis, seul concurrent. Sauf accident majeur, l'expansion s'annonce rapide.

L'Europe et la France accusent un net retard en la matière, ayant concentré leurs efforts sur les navettes et les bus autonomes. Ce retard ne pourra être comblé que par la création d'un écosystème complet, ce qui suppose des financements publics et surtout privés. Des coopérations industrielles, entre pays européens mais probablement aussi avec la Chine ou les États-Unis, seront nécessaires – sous peine de s'exposer à une offensive commerciale de ces deux pays. La réglementation peut constituer une barrière temporaire à l'entrée, mais au risque de freiner aussi les entreprises européennes. Elle doit viser un équilibre entre l'enjeu de sécurité routière et la constitution d'un environnement propice aux essais et aux déploiements du véhicule autonome.

Les exploitants de robotaxis commerciaux en mai 2024 (sans agent de sécurité à bord)

Sociétés	Pays	Villes	Nombre de robotaxis en exploitation commerciale
Waymo	États-Unis	Austin (Texas), Los Angeles (Californie), Phoenix (Arizona) et San Francisco (Californie)	Plus de 300
AutoX	Chine	Shenzhen (Guangdong) et Shanghai	Plus de 1 000 (y compris les véhicules en phase d'essai)
Baidu (Apollo)	Chine	Beijing, Chongqing, Shenzhen (Guangdong) et Wuhan (Hubei)	Plus de 1 000
Didi	Chine	Guangzhou (Guangdong) et Shanghai	Plus de 300
Pony.ai	Chine	Beijing, Guangzhou (Guangdong) et Shenzhen (Guangdong)	Plus de 200
WeRide	Chine	Beijing	Quelques dizaines

Lecture : en mai 2024, dans le monde, on compte 16 flottes urbaines de robotaxis commerciaux (sans opérateur de sécurité à bord), dont 4 aux États-Unis et 12 en Chine. Pour l'heure, les entreprises pionnières – Waymo étant la plus ancienne – se limitent à leur territoire national. Aucune société n'est encore sur les rangs en Europe.

Source : France Stratégie

Jincheng Ni
et Hervé de Tréglodé
conseiller scientifique

Département
Développement durable
et Numérique

La Note d'analyse est publiée sous la responsabilité éditoriale du commissaire général de France Stratégie. Les opinions exprimées engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du gouvernement.

INTRODUCTION

L'autonomie de conduite automobile fait l'objet de recherches depuis au moins 1925, lorsque l'American Wonder radio-commandée a descendu la Cinquième Avenue de New York. Mais le parcours est jonché d'obstacles et d'échecs, tant le dessein est ambitieux.

Depuis 2012, la révolution des neurones artificiels et de l'apprentissage profond, les progrès en matière de capteurs et de traitement des données ont donné une nouvelle impulsion aux recherches sur les véhicules autonomes. Si la vague d'optimisme a été excessive vers 2016-2018, le reflux pessimiste qui a suivi l'a été tout autant, car les progrès sont incessants.

Les défis à relever ont poussé l'industrie naissante à se scinder en deux. D'un côté, la plupart des grands constructeurs automobiles se sont focalisés sur l'enrichissement en fonctions d'autonomie, notamment pour passer du niveau 2 au niveau 3 – soit de l'automatisation *partielle* à l'automatisation *conditionnelle*, où le conducteur ne surveille plus en permanence la route mais se tient prêt à reprendre les commandes (voir Encadré 1 page suivante). De l'autre côté, des entreprises pionnières soutenues notamment par les géants de l'industrie numérique – surtout en Chine et aux États-Unis – ont visé directement le niveau 4, avec des véhicules sans conducteur ni agent de sécurité à bord. Une autre scission s'est dessinée, entre ceux qui privilégient la navette ou le bus, soit le transport collectif sur itinéraire prédéfini – surtout en Europe – et ceux qui se tournent résolument, mais non exclusivement, vers le modèle du robotaxi – en Chine et aux États-Unis.

Cette note analyse les conséquences économiques, environnementales et sociales qu'engendrerait la circulation des véhicules autonomes, en prolongeant et en actualisant une publication de 2016¹. Elle montre en quoi cette filière de la conduite autonome constitue une perspective particulièrement recherchée en Chine, et elle met en évidence l'avance que ce pays a prise par rapport au reste du monde, à l'exception des États-Unis. La note s'interroge enfin sur les risques et les opportunités, pour la France et l'Union européenne, que représentent les progrès observés en Chine et aux États-Unis.

On ne regarde ici que le niveau 4 d'autonomie, donc sans conducteur ni agent de sécurité à bord. Les robots opérant à l'intérieur des bâtiments (entrepôts, gares, etc.) sont exclus de l'analyse. Ne sont pas étudiés non plus les véhicules de transport guidé (sur voies ferrées singulièrement).

VERS UNE RÉVOLUTION DE LA MOBILITÉ ?

La perspective d'une mobilité plus accessible, plus sûre et moins chère

Les véhicules autonomes de niveau 4 peuvent transporter des voyageurs ou servir à des activités robotiques en extérieur, comme la logistique ou le nettoyage de voirie. Ils peuvent circuler ou non sur rue ou sur route ouverte à la circulation générale. Les véhicules évoluant dans un environnement fermé sont plus faciles à concevoir et à exploiter, car ils ne sont pas soumis au code de la route. Sur voie publique, les véhicules autonomes acheminant des voyageurs sont le plus souvent des voitures, des navettes ou des bus, mais il existe aussi des poids lourds autonomes, des robots (ou droïdes) de livraison ou de distribution, des nettoyeurs de voirie, des robots de patrouille de police, etc.

Les voitures autonomes présentent le double avantage de restituer le temps de conduite à l'usager et de permettre les déplacements individuels de ceux dans l'incapacité de conduire. Elles contribuent ainsi à une mobilité plus inclusive, notamment pour les personnes âgées ou handicapées, celles sans permis de conduire, les ménages pauvres ou les habitants des territoires éloignés des réseaux de transport collectif.

La sécurité routière des véhicules autonomes de niveau 4 sera nettement améliorée par rapport à celle des véhicules manuels. C'est la condition *sine qua non* de leur autorisation à circuler sur la voie publique comme de leur acceptation par les voyageurs. L'exploitant américain de robotaxis Waymo², dans une étude portant sur 11,4 millions de kilomètres parcourus sans conducteur, a affirmé chiffres à l'appui que la sécurité de ses robotaxis était rehaussée d'un facteur 7 environ par rapport à une voiture manuelle. Rappelons que 3 170 personnes ont été tuées dans des accidents de la route en France en 2023. Selon l'OMS, il y aurait en Chine environ 250 000 morts chaque année sur les routes : on voit là tout l'enjeu de sécurité dans ce pays.

L'intérêt du véhicule autonome est aussi économique. La rémunération du conducteur constituant une grosse part de ce que coûte une course en taxi ou en VTC, et un véhicule autonome pouvant circuler beaucoup plus longtemps chaque jour, le robotaxi pourrait diminuer considérablement les dépenses de capital et d'exploitation. Ainsi, selon un rapport du ministère français chargé des transports³, le coût des services de robotaxi serait inférieur de 80 %, voire de 90 % à celui des services de VTC ou de taxi. Le prix pourrait être de 30 centimes d'euro par kilomètre, au lieu de 2 ou 2,5 euros. Pour un particulier, la possession d'une voiture, toujours onéreuse, comprend les frais d'achat,

1. Janin L., Nemri M. et Raynard C. (2016), « *La voiture sans chauffeur, bientôt une réalité* », *La Note d'analyse*, n° 47, France Stratégie, avril.
2. Kusano K., Scanlona J., Chena Y.-H., McMurry T., Chena R., Godea T. et Victora T. (2023), « *Comparison of Waymo rider-only crash data to human benchmarks at 7.1 million miles* », Waymo, décembre.
3. Conseil général de l'environnement et du développement durable (2020), *Les nouvelles mobilités : politiques publiques et prévision de la demande*, rapport établi par Alain Sauvart et Emmanuel Raoul, octobre.

Encadré 1 – Véhicule autonome, véhicule automatisé : quelle différence ?

Cette note se réfère aux six niveaux d'autonomie (de 0 à 5) définis par SAE International, une organisation internationale dédiée à l'ingénierie des véhicules automobiles et aéronautiques (voir Tableau 1). Seuls les véhicules de niveaux 3, 4 et 5 peuvent être véritablement considérés comme autonomes. Cette échelle est couramment utilisée partout dans le monde, même si elle manque de précision. En France, l'article R 311-1 du code de la route a retenu une classification un peu différente pour les trois niveaux d'autonomie véritable du « véhicule à délégation de conduite » : véhicule partiellement automatisé, hautement automatisé et totalement automatisé. C'est aussi la définition de l'Union européenne et de l'ONU, en conformité avec les amendements à la Convention de Vienne de 1968. La Chine a fait de même. Par commodité, la présente note use largement de l'adjectif courant « autonome », au lieu de « automatisé » ou de l'expression « véhicule à délégation de conduite », même si ces deux derniers sont plus précis. Reprenant l'échelle de SAE International, le tableau ci-dessous a été dressé par l'Office fédéral des routes en Suisse.

Presque tous les grands constructeurs automobiles dans le monde travaillent au passage du niveau 2 au niveau 3. Le niveau 3 permet au conducteur, par exemple, de travailler sur son smartphone, mais il doit rester vigilant au cas où le système lui demanderait de reprendre le volant. Le niveau 4 est sans conducteur, mais le véhicule opère dans un domaine délimité par avance : une ligne de trans-

port guidé, un quartier de ville, une section d'autoroute, une certaine plage horaire, etc. Il faut distinguer, au sein de ce niveau 4, les navettes et les bus autonomes, qui circulent uniquement sur des itinéraires prédéfinis, parfois en site propre, et les robotaxis, qui sont capables de mener les passagers directement à destination. Inaccessible avant longtemps, le niveau 5 autoriserait un véhicule à circuler sans conducteur dans n'importe quel environnement qui lui serait inconnu.

Pour parvenir à l'autonomie de conduite, on distingue en général trois principaux sous-systèmes correspondant à trois opérations : perception de l'environnement, planification du mouvement et exécution du mouvement. Les véhicules autonomes mobilisent un ensemble de capteurs de type varié dont le nombre augmente avec le niveau d'autonomie : caméras, radars, lidars (laser imaging detection and ranging, soit télédétection par laser), sonars, centrales inertielles, systèmes de géolocalisation... Les capteurs se chevauchent pour fournir des fonctions redondantes de sauvegarde. Le recours à des techniques avancées sur le traitement des données, telles que la fusion des informations provenant en simultanée de plusieurs capteurs, aiguise encore la perception de l'environnement. Les données sont transmises et reçues par un système de communication dit V2X qui relie le véhicule aux différentes sources extérieures : infrastructures routières, autres véhicules, clouds, etc.

Tableau 1 – Les six niveaux d'autonomie du véhicule selon SAE International

NIVEAU 0	NIVEAU 1	NIVEAU 2	NIVEAU 3	NIVEAU 4	NIVEAU 5
Absence d'automatisation	Assistance à la conduite	Automatisation partielle	Automatisation conditionnelle	Automatisation élevée	Automatisation complète
Le conducteur assure le guidage longitudinal et le guidage transversal en permanence.	Le conducteur assure soit le guidage longitudinal, soit le guidage transversal.	Le conducteur doit surveiller le système en permanence et pouvoir reprendre les commandes en tout temps.	Le conducteur n'est plus tenu de surveiller le système en permanence, mais il doit être potentiellement capable d'en reprendre le contrôle sur demande.	Dans des conditions d'utilisation spécifiques*, le véhicule n'a plus besoin de conducteur.	Du départ à l'arrivée, le véhicule n'a plus besoin de conducteur.
Le véhicule comporte seulement des systèmes d'alerte ou d'urgence.	Le système prend en charge le guidage restant.	Le système assure le guidage longitudinal et le guidage transversal pendant un certain temps, dans des conditions d'utilisation spécifiques*.	Le système assure le guidage longitudinal et le guidage transversal pendant un certain temps, dans des conditions d'utilisation spécifiques*.	Le système est capable de maîtriser automatiquement toutes les situations dans des conditions d'utilisation spécifiques*.	Le système prend en charge toutes les tâches de conduite.

■ Conducteur ■ Degré d'automatisation de la tâche

* Les conditions d'utilisation englobent notamment le type de route, les vitesses admises et les conditions environnementales.

Source : OFROU (Office fédéral des routes de Suisse)

de maintenance, d'assurance, de carburant ; les robotaxis pourraient lui faire économiser environ 70 % des dépenses. L'absence de conducteur réduirait aussi, dans une moindre mesure, les coûts d'exploitation des lignes de bus (le coût du conducteur comptant pour environ la moitié, selon la RATP). L'économie réalisée permettrait d'ajouter des dessertes ou d'étendre les plages horaires. Les avantages économiques seraient aussi significatifs pour la logistique urbaine, le camionnage ou la maintenance des voiries.

Un modèle de propriété remis en cause ?

Le faible coût des services de robotaxi, induisant une offre plus abondante, inciterait de nombreux ménages à renoncer à la propriété d'un véhicule personnel ou à en diminuer le nombre dans leur garage. La plupart des études concluent ainsi que le large déploiement des robotaxis, de la taille d'une voiture actuelle ou un peu plus grands (VTC jusqu'à neuf places, par exemple), réduirait les parcs de voitures particulières dans une fourchette comprise entre 30 % et 50 %⁴. Une telle baisse s'accompagnerait d'une utilisation bien plus intense et plus raisonnable des véhicules. Car une voiture particulière ne roule aujourd'hui en moyenne que 5 % du temps, même en comptant les ralentissements dans les embouteillages et la recherche de places de stationnement.

La contraction des parcs automobiles se traduirait par une réduction des impacts environnementaux (émissions de gaz à effet de serre, etc.) comme des ressources nécessaires pour construire les véhicules (eau, énergie, matières premières, etc.). S'y ajouterait une moindre confiscation de l'espace urbain pour le stationnement. Le gain environnemental serait accru par un allègement des voitures partagées, rendu possible par une plus grande sécurité routière. Des bénéfices

sont aussi attendus de la connexion des véhicules, avec ou sans conducteur. Depuis plusieurs années, les pays de l'UE ont commencé à déployer des systèmes de transport intelligent (STI), dont la Commission européenne a mis en évidence les effets positifs⁵, qu'il s'agisse de temps gagné, de carburant économisé ou d'accidents évités.

En résumé, dans le seul cas des robotaxis, les avantages économiques, sociaux et environnementaux seraient principalement déterminés par les quatre propriétés technologiques et commerciales détaillées dans le Tableau 2.

Des obstacles encore à surmonter

À rebours des avantages des véhicules de niveau 4, un risque souvent mis en exergue est la hausse du trafic et des nuisances que provoquerait leur déploiement, notamment à cause de congestions plus nombreuses, surtout là où les transports en commun sont rares. En effet, si l'on prend en compte la désutilité du temps passé par un conducteur dans son véhicule, le *coût généralisé*⁶ diminuerait, notamment parce que serait moindre la valeur du temps⁷ pour les voyageurs libérés de l'obligation de conduire. Mais cette nouvelle façon de voyager risque de multiplier les déplacements dans des véhicules faiblement occupés. Le taux moyen d'occupation en robotaxi pourrait être proche de 0,7, comparable à celui observé aujourd'hui dans les VTC et taxis, alors que le taux est de 1,4 environ en voiture particulière. Les études relatives aux effets des voitures autonomes sur les flux de trafic donnent des résultats encore mal assurés, notamment parce qu'il est difficile de prévoir les comportements des voyageurs et l'évolution de l'offre de transport public, ferré ou non. Plusieurs études néanmoins, comme le rapport précité⁸, démontrent que le renforcement des réseaux ferrés et les incitations à voyager

Tableau 2 – Les avantages des robotaxis en distinguant leurs quatre principales propriétés

Robotaxis électriques	Robotaxis partagés	Robotaxis connectés	Robotaxis autonomes
- Moindres pollutions atmosphériques, sonores, etc. - Moindres émissions de gaz à effet de serre - etc.	- Moins de voitures - Moins de trafic - Moindres coûts d'usage - Moins d'espaces publics de stationnement - etc.	- Meilleure fluidité des trafics - Moindres congestions - Meilleure sécurité routière - Contribution aux villes intelligentes - etc.	- Remise en cause de la propriété individuelle - Utilisation plus intense de voitures bien moins nombreuses - Meilleur confort - Libération du temps de conduite - Meilleure sécurité routière - Meilleure inclusivité - Services de transport bien moins chers

Source : France Stratégie

4. Parmi les nombreuses études, citons par exemple : Ni J., Rupin G. et Certain L. (2023), « La mobilité idéale, réalité ou utopie ? », *Revue générale des chemins de fer* (RGCF), septembre ; ou Boston Consulting Group (BCG) (2016), *Self-Driving Vehicles, Robo-Taxis, and the Urban Mobility Revolution*, juillet. Le Forum international des transports (FIT) de l'OCDE a beaucoup travaillé sur la question des impacts de la mobilité partagée sur les transports routiers. Sa première étude a porté sur Lisbonne (31 mars 2015) : les résultats ont démontré qu'il était possible, sous certaines conditions de politique publique des transports, de déployer un réseau de véhicules partagés en réduisant de beaucoup des émissions de CO₂ et en ne gardant que 10 % au plus des véhicules particuliers. D'autres études du FIT ont confirmé ces résultats : à Helsinki (rapport du 12 octobre 2017), à Auckland (rapport du 27 novembre 2017), à Dublin (rapport du 10 octobre 2018) et enfin à Lyon (rapport du 7 avril 2020). Voir par exemple FIT (2020), « Shared mobility simulations for Lyon », *International Transport Forum Policy Papers*, n° 74.

5. Voir l'étude d'impact (*Impact Assessment Support Study*) publiée par la Commission européenne le 14 décembre 2021 en vue de la révision de la directive européenne sur les STI de 2010 (nouvelle directive approuvée à la fin de 2023). Selon cette étude, si l'on prend en compte toutes les composantes du transport routier et leurs interfaces avec les autres modes de transport, le déploiement des véhicules connectés aura un effet très positif sur le bilan des avantages et désavantages socioéconomiques et environnementaux. Par une analyse socioéconomique, on y démontre que le rapport des bénéfices aux coûts varie entre 6,8 et 14,7 (selon la politique appliquée). La plus grosse part des bénéfices proviendra des temps économisés (jusqu'à 144,5 milliards d'euros en valeur actualisée sur la période 2021-2040), puis de la diminution des coûts externes dus aux accidents (jusqu'à 29,5 milliards d'euros). Cette étude a été faite en supposant que l'autonomie de conduite ne prenait son essor qu'en 2040 ou même au-delà.

6. Le coût généralisé est la somme du coût privé du déplacement et du coût du temps de déplacement.

7. La valeur du temps correspond à la disposition de chaque personne à payer pour gagner du temps.

8. CGEDD (2020), *Les nouvelles mobilités : politiques publiques et prévision de la demande*, op. cit.

à plusieurs dans chaque voiture autonome permettraient de maîtriser ce risque d'une congestion accrue.

Pour être partout apprécié et encouragé, le véhicule autonome devra sans doute un jour procurer à la société à la fois les avantages du robotaxi (pour aller directement d'un lieu à un autre) et ceux de la navette autonome (pour diminuer le nombre de voitures et de trajets, sur des parcours et avec des arrêts prédéfinis)⁹. Aujourd'hui, le robotaxi commercial est, en Chine comme aux États-Unis, un taxi semblable à ceux utilisés par Didi Chuxing (Chine) ou Uber (États-Unis et Europe), mais sans conducteur. C'est en fait une voiture électrique de série que l'on a munie de capteurs et autres équipements spéciaux. Mais déjà des robotaxis spécialement conçus pour l'autonomie de conduite sont en préparation : par exemple, le véhicule autonome de niveau 4 de Zoox, la filiale d'Amazon, comporte quatre places assises en vis-à-vis, sans volant ni tableau de bord¹⁰. Ce gain de place et de confort permet d'envisager l'étape suivante : un robotaxi pouvant accueillir davantage de passagers et circulant sur parcours prédéfini ou non. Serait ainsi réalisée l'hybridation entre la navette actuelle (pouvant acheminer une quinzaine de voyageurs, mais sur un parcours prédéfini) et le robotaxi actuel (souvent limité à un ou deux voyageurs, mais sans rupture de charge) : la frontière entre transport individuel et transport collectif serait alors brouillée.

L'acceptabilité sociale des véhicules autonomes en Europe reste une question empreinte d'incertitudes. Le ministère français chargé des transports a publié sur son site plusieurs résultats d'enquête¹¹. L'acceptation paraît meilleure là où circulent déjà des robotaxis commerciaux : c'est le cas globalement aux États-Unis¹², mais surtout en Chine. Une condition de la pleine acceptabilité – outre la protection des données personnelles – résidera dans *l'explicabilité*, c'est-à-dire l'aptitude à comprendre les décisions prises par un algorithme à base d'apprentissage et de probabilité. Une intelligence artificielle construite grâce à un apprentissage profond peut donner des résultats presque toujours excellents, mais sans qu'on sache vraiment pourquoi. C'est le talon d'Achille des réseaux de neurones en matière de sécurité routière. Plusieurs solutions sont possibles, comme l'association de l'apprentissage profond à des algorithmes symboliques (à base de règles explicites) pour interdire tous les mouvements immédiatement dangereux : rouler vite près d'un piéton ou d'un vélo, etc.¹³ Le développement de l'« intelligence artificielle de confiance » apparaît donc crucial.

Pour les véhicules de niveau 4, le coût reste aujourd'hui un obstacle à un déploiement commercial de grande ampleur : les navettes françaises sont à 250 000 ou 300 000 euros l'unité, le Jaguar I-Pace de Waymo à 150 000 dollars. Les lidars restent onéreux. L'équilibre économique paraît lointain. Il ne pourra être atteint qu'au prix d'investissements qui seront encore longtemps lourds et risqués. Pourtant, les entreprises qui en 2024 exploitent commercialement des robotaxis sans agent de sécurité à bord suivent toutes, sans relâche, des plans ambitieux de déploiement : l'américain Waymo, les chinois AutoX, Baidu (Apollo), Didi Chuxing, Pony.ai et WeRide sont tous persuadés que les coûts de la conduite autonome diminueront vite et qu'une disruption va bouleverser le transport routier.

UN ATTRAIT PARTICULIÈREMENT FORT EN CHINE

Un progrès économique, social et environnemental

En 2022, le parc automobile en Chine comptait 319 millions de voitures pour 1,41 milliard d'habitants, soit 226 voitures¹⁴ pour 1 000 habitants. Ce taux d'équipement deux fois et demi inférieur à celui de la France montre que seule une minorité de ménages chinois possède une voiture. Les grandes villes n'en souffrent pas moins de pénibles congestions qui perturbent la vie des citoyens et freinent le développement économique. La Chine est confrontée à un triple défi : développer des services de mobilité pour le plus grand nombre, fluidifier les circulations routières et réduire les émissions de gaz à effet de serre (en vue de la neutralité carbone en 2060). Les véhicules autonomes, partagés, connectés et électriques sont donc considérés comme un élément obligé de la solution, en complément d'une ambitieuse politique des transports publics. Deux exemples suffisent à illustrer l'ampleur de l'effort en la matière : huit des quinze villes mondiales ayant un métro de plus de 250 km sont chinoises ; et le réseau chinois de lignes à grande vitesse comptait 45 000 km fin 2023, contre 3 000 km environ en Espagne, au Japon ou en France, les trois autres pays les mieux équipés¹⁵. C'est surtout le gain annuel qui est frappant en Chine, même si l'on prend en compte un effet de rattrapage par rapport aux pays occidentaux : les réseaux de métro gagnent environ 500 km de lignes par an, et le réseau à grande vitesse s'allonge de 2 000 à 3 000 km par an.

Conduire en Chine est souvent plus éprouvant et plus dangereux qu'en Europe. D'après l'Organisation mondiale de la

9. Comme le souligne un rapport prospectif publié par McKinsey le 5 janvier 2024. Voir l'article « [Autonomous vehicles moving forward: Perspectives from industry leaders](#) » sur le site de McKinsey.

10. Le slogan de Zoox (« Built for riders, not drivers ») résume bien le changement dans la conception du robotaxi.

11. Voir la page « [Transport routier automatisé et connecté : stratégie et cadre réglementaire](#) », sur le site du ministère de la Transition écologique.

12. Lors de la consultation ayant précédé l'autorisation donnée le 1^{er} mars 2024 à Waymo d'étendre son exploitation commerciale de robotaxis dans la baie de San Francisco et à Los Angeles (voir Encadré 2), les autorités de Californie ont reçu 81 avis favorables (« Responses in Support » par des associations de handicapés, des chambres de commerce, etc.) et seulement 5 oppositions. Néanmoins, des activistes se manifestent encore régulièrement à San Francisco contre les robotaxis.

13. Nombre d'autorités en charge de l'homologation en Europe imposent aussi, dans le cas d'apprentissage profond, que les paramètres des réseaux de neurones soient figés une fois que le véhicule a été homologué.

14. Si la Chine avait le même niveau d'équipement que la France, elle compterait au total 809 millions de voitures.

15. Selon les statistiques de l'Union internationale des chemins de fer (UIC).

santé (OMS), la Chine décompte chaque année 17 morts pour 100 000 habitants, contre 5 en France. Les avantages du véhicule autonome en matière de sécurité routière y sont donc d'autant plus recherchés.

De manière générale, les sondages et le suivi des habitudes de consommation démontrent que les Chinois sont friands de nouvelles technologies. Ainsi les paiements par smartphone avec WeChat et Alipay se sont-ils diffusés rapidement, au point qu'ils constituent depuis plusieurs années les seuls moyens de paiement courant. Souvent, les véhicules autonomes sont présentés comme des objets technologiques de pointe plutôt que comme des moyens de déplacement.

Pour toutes ces raisons, on peut anticiper que les services de robotaxis rencontreront une forte demande dès que l'offre sera suffisamment abondante et le prix des services suffisamment bas.

Les atouts de la Chine

Le véhicule autonome de niveau 4 sur route ouverte reste un pari technologique nécessitant des investissements lourds, notamment en matière d'intelligence artificielle. Les puissantes sociétés numériques en Chine (BATX¹⁶) et aux États-Unis (GAFAM¹⁷) confèrent à ces deux pays un avantage de poids par rapport au reste du monde. Alibaba, Baidu et Tencent se sont en particulier lancées dans la course à l'autonomie en épaulant les nombreuses startups chinoises. Au nombre de 128 en mars 2023, ces jeunes pousses peuvent en outre recourir à des fonds de capital-risque bien plus aisément qu'en Europe (voir plus loin).

La taille du marché intérieur et son unité constituent les autres atouts maîtres de la Chine. Ils se traduisent par des économies d'échelle qui permettent d'amortir les lourdes dépenses en R & D. À l'inverse, le faible tarif des taxis, comparativement à l'Europe ou aux États-Unis, peut retarder le moment où sera viable la balance des recettes et des dépenses. Mais l'opinion dominante en Chine est que la rentabilité est à portée de main, grâce à la baisse du coût des technologies, au progrès incessant de l'intelligence artificielle, à l'équipement général des infrastructures routières, à la puissance des industries numériques et automobiles et enfin à l'immensité du marché.

La détermination conjointe des autorités nationales, provinciales et locales joue en outre un rôle primordial pour accompagner les entreprises privées et pour instaurer un cadre propice aux véhicules autonomes. Ces dernières années, les pouvoirs publics ont publié de nombreux textes visant à faciliter les expérimentations et les déploiements. Une attention particulière est portée à la

couverture des grands axes et des nœuds routiers par le nouveau réseau de communication 5G-V2X. Depuis 2018, quand elle a réservé à ce réseau la bande 5,9 GHz, la Chine a fait le choix de déployer la technologie C-V2X dite cellulaire (4G puis 5G), de préférence aux DSRC (*Dedicated Short Range Communications*) communément appelées Wi-Fi. Plus récentes et de longue portée, les technologies de communication C-V2X offrent plus de fonctionnalités que les DSRC, bien implantées en Europe et aux États-Unis, mais de courte portée. Ainsi, par ce choix déjà ancien, la Chine a pris de l'avance sur les États-Unis et l'UE qui, de leur côté, ont longtemps hésité à se lancer dans les équipements V2X, comme ils ont balancé entre la technologie ITS-G5 (testée en France avec le projet SCOOP) et la C-V2X. Les deux technologies cohabitent en Europe, tandis que la Chine se concentre depuis cinq ans sur la C-V2X – que les États-Unis s'approprient seulement à adopter. Les applications commerciales de la C-V2X ont commencé dès 2019 en Chine. Les constructeurs automobiles sont de plus en plus nombreux à vendre des véhicules équipés pour ces connexions, et la Chine entend promouvoir cette technologie sur tous les grands axes et dans toutes les métropoles.

Par ailleurs, les autorités nationales et locales contribuent activement à construire des zones d'essai pour les véhicules dits intelligents et connectés (*Intelligent and Connected Vehicles, ICV*), quel que soit leur degré d'autonomie. En mars 2023, dix-sept sites d'essai au niveau national étaient ouverts, et plus de vingt autres étaient subventionnés par les gouvernements locaux. En outre, afin de permettre les échanges de données entre véhicules et infrastructures routières, plus de 6 000 équipements groupés d'« unités de bord de route » (UBR)¹⁸ étaient déjà installés en Chine. Dans de nombreux cas, les métropoles mettent en œuvre leurs projets de développement de manière duale, en combinant les systèmes de véhicules intelligents et ceux des villes intelligentes (*Smart Cities*).

Des stratégies ambitieuses

La politique des autorités chinoises s'inscrit dans le cadre de plusieurs *stratégies* prescrites par le gouvernement. Ainsi onze administrations nationales, dont la puissante National Development and Reform Commission (NDRC), ont publié en février 2020 une audacieuse « Stratégie pour l'innovation et le développement des véhicules intelligents ». Mettant l'accent sur les véhicules autonomes, cette stratégie entend donner naissance avant 2025 à un écosystème complet comprenant les innovations technologiques, les filières industrielles, les infrastructures, les réglementations, les moyens de cybersécurité et les intelligences artificielles. Elle a fixé

16. Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi.

17. Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft.

18. Appareils ou systèmes de communication intégrés à une infrastructure routière pour permettre les échanges de données entre des véhicules et cette infrastructure.

un objectif : produire à grande échelle, en 2025 au plus tard, des véhicules autonomes dits conditionnels (donc de niveau 3), ainsi que des véhicules autonomes de niveau 4 pour des *environnements spécifiques*. Si l'objectif ne sera probablement pas atteint pour les véhicules de niveau 3, il l'est presque déjà pour les véhicules de niveau 4. En outre, la stratégie préconise que la 5G (pour la C-V2X) soit omniprésente dans les grandes villes comme sur les autoroutes, les autres itinéraires étant couverts par la première technologie de communication C-V2X (à savoir LTE-V2X).

À l'horizon plus lointain de 2050, l'objectif est d'avoir entièrement achevé l'écosystème des véhicules intelligents, en sorte que la Chine devienne une puissance de premier plan en la matière.

UN LEADERSHIP PARTAGÉ AVEC LES ÉTATS-UNIS

Des investissements très lourds en R & D

La R & D pour la conduite autonome mobilise d'importantes ressources financières partout dans le monde. Une centaine de milliards d'euros ont ainsi été investis au niveau mondial entre 2010 et 2020, soit une dizaine de milliards par an. Environ la moitié est allée aux semi-conducteurs et un tiers aux systèmes avancés d'aide à la conduite¹⁹. La quasi-totalité de la somme a été versée en Chine et aux États-Unis. Par comparaison, pour tous ses besoins (nouveaux modèles, véhicules électriques, etc.), la filière automobile en France (constructeurs, équipementiers, etc.) n'a investi en 2020 que 7 milliards d'euros en R & D. Si l'on met de côté les dépenses d'infrastructures (unités de bord de route, centres publics de recherches et d'essais), les fonds privés jouent un rôle essentiel dans ce financement : 65 % des investissements en R & D pour la mobilité automobile du futur (autonomie de conduite, mobilité intelligente et électrification) proviennent de fonds de capital-risque et de capital-investissement, 28 % des entreprises technologiques et 7 % seulement des grands constructeurs automobiles²⁰. D'après l'OCDE²¹, les entreprises en intelligence artificielle travaillant sur les véhicules sans conducteur et sur les technologies associées ont drainé 19 milliards de dollars américains en fonds de capital-risque en 2020, et 95 milliards de dollars entre 2012 et 2020. La quasi-totalité de ces fonds (98 %) ont été dépensés par des sociétés américaines et chinoises dans leur pays.

L'examen des brevets sur l'autonomie de conduite met en évidence une forte domination chinoise. La Chine a déposé la moitié des familles de brevets entre 2010 et 2022, loin devant les États-Unis (17 %), le Japon (11 %), l'Allemagne (8 %) et la Corée du Sud (8 %)²². La dynamique des dépôts de brevets au niveau mondial témoigne par ailleurs de l'accélération des progrès technologiques : sur les 49 000 familles de brevets enregistrées entre 2010 et la fin de 2022, 75 % l'ont été entre 2016 et 2022.

En Chine, la R & D en matière d'autonomie de conduite porte sur tous les types de transport routier, pour les voyageurs comme pour la logistique. Les plus gros investissements sont concentrés sur les voitures autonomes de niveau 4, surtout les robotaxis. Toutefois, des ressources sont aussi allouées à la mise au point – moins ambitieuse certes – de véhicules autonomes dans les emprises fermées à la circulation publique (ports, aéroports, usines, etc.), ainsi qu'aux robots de livraison ou de distribution sur voie publique. Des entreprises chinoises commencent à exploiter ou à vendre des véhicules autonomes pour le nettoyage des rues, la distribution de produits alimentaires ou les patrouilles de police. Ces robots sont plus faciles à concevoir que les véhicules pour voyageurs, et plusieurs types sont déjà économiquement intéressants, même s'ils se déplacent à petite vitesse.

Une réglementation moins contraignante qu'en Europe

N'ayant pas signé la Convention de Vienne du 8 novembre 1968 sur la circulation routière ni même les accords internationaux de 1958, 1997 et 1998 sur les règles techniques, mais seulement la Convention de Genève du 19 septembre 1949, la Chine et les États-Unis jouissent d'une plus grande liberté que les pays européens pour prescrire les mesures fixant les conditions de circulation et les caractéristiques techniques des véhicules autonomes²³. Le cadre juridique applicable dans ces deux pays est celui de « l'autocertification », bien différente de la « réception par type » retenue par l'Union européenne²⁴ ou le Japon. De manière simplifiée, on peut dire que dans le premier cas, la responsabilité de la sécurité incombe principalement à celui qui a construit ou qui exploite le véhicule autonome, les autorités publiques assurant un contrôle *a posteriori*. Dans le second cas, l'entière prescription incombe aux autorités publiques. La souplesse apportée par l'autocertification a pour contrepartie des exigences de reporting, avec des sanctions qui peuvent être lourdes en cas d'insuffisance ou de faute : en témoigne

19. McKinsey (2021), « *Mobility's future: An investment reality check* », avril.

20. *Ibid.*

21. OCDE (2021), « *A sharp increase in AI-related venture capitalist investments could transform global economies and shape the future of artificial intelligence* », septembre.

22. Questel (2022), « *Autonomous driving and smart transportation. 2022 Patent landscape* », décembre.

23. Néanmoins, la Chine est associée aux travaux internationaux sur les réglementations techniques. Notamment, le groupe dit FEAG (Foreign Experts Advisory Group of China) lui permet d'étudier, avec les autorités et les industriels des pays signataires des accords de l'ONU, les questions relatives à la réglementation des véhicules intelligents et connectés.

24. L'Union européenne définit ainsi la réception par type : « procédure par laquelle une autorité compétente en matière de réception certifie qu'un type de véhicule, de système, de composant ou d'entité technique distincte satisfait aux dispositions administratives et aux prescriptions techniques applicables », voir le [Règlement \(UE\) 2018/858](#) du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018.

la révocation de l'autorisation donnée à Cruise de circuler à San Francisco sans conducteur de sécurité, à la suite de l'accident survenu en octobre 2023 (voir Encadré 2).

Ainsi, comme les États-Unis, la Chine s'en remet largement aux preuves de sécurité apportées par les entreprises elles-mêmes, lorsqu'elles préparent leurs démonstrations, expérimentations, essais ou déploiements sur route ouverte.

Des règles nationales remplacent peu à peu les règlements locaux, encore nombreux néanmoins en Chine comme aux États-Unis. Le « Guide national » publié le 21 novembre 2023 par le ministère chinois chargé de l'industrie représente une avancée importante vers l'harmonisation. La Chine recourt aussi de plus en plus souvent aux normes ISO.

Ces règles américaines et chinoises restent cependant moins contraignantes que celles applicables dans l'Union européenne, notamment celles qui découlent des règlements en vigueur en France et en Allemagne, les deux pays ayant arrêté le corpus juridique le plus complet, et celles prescrites par le règlement d'exécution de la Commission européenne n° 2022/1426 du 5 août 2022. En France, plu-

sieurs textes fondamentaux ont été publiés en 2021 et 2022, qui s'ajoutent à ce règlement européen. C'est le cas singulièrement du décret n° 2021-873 du 29 juin 2021, qui définit les trois catégories de « véhicule à délégation de conduite » : partiellement automatisé, hautement automatisé et totalement automatisé²⁵. Le cœur de la réglementation française et européenne est la « démonstration de sécurité », qui impose une procédure exigeante reposant sur des scénarios de conduite. Pour les entreprises européennes, il est donc plus facile de se tourner vers des activités en emprises industrielles, portuaires ou aéroportuaires, qui sont soumises au cadre juridique – bien moins exigeant – de la directive européenne relative aux machines²⁶ du 17 mai 2006.

Des essais aux déploiements commerciaux dans de nombreuses villes chinoises

En septembre 2023, le ministère chinois de l'industrie et des technologies de l'information décomptait 15 000 km de routes et de rues ouvertes aux essais de véhicules autonomes, des voitures le plus souvent. Au moins 70 millions de véhicules-kilomètres ont été dénombrés en essais et en

Encadré 2 – La Californie, creuset international des expérimentations

Depuis le regain d'intérêt pour le véhicule autonome il y a une douzaine d'années, la Californie est le lieu privilégié des démonstrations, expérimentations, essais et déploiements commerciaux pour les pionniers américains et chinois²⁷. Les entreprises européennes y sont très peu présentes. Les données annuelles publiées par le Department of Motor Vehicles (DMV) californien montrent une constante augmentation des circulations sans conducteur ni agent de sécurité à bord. En 2022, trois entreprises chinoises (Baidu avec son service Apollo, AutoX, WeRide) et quatre américaines (Cruise, Nuro, Waymo et Zoox) disposaient de permis les autorisant à circuler sans conducteur de sécurité. Au total, cinq de ces entreprises (Baidu, Cruise, Nuro, Waymo et WeRide) ont parcouru un million de kilomètres environ sans conducteur en 2022, soit 25 fois plus qu'en 2021.

Les données du DMV le démontrent : les progrès en matière de sécurité routière sont continus. Le record du nombre de kilomètres parcourus avant intervention d'un conducteur de sécurité était détenu en 2022 par la société Cruise, filiale de General Motors, avec 153 442 kilomètres, devant le chinois AutoX avec 78 902 kilomètres. Toutefois, un grave accident survenu à San Francisco le 2 octobre 2023²⁸ a terni la réputation de Cruise, qui a dû cesser temporairement ses activités aux États-Unis dès la suspension de ses autorisa-

tions par le DMV le 24 octobre. Cet événement n'a toutefois pas ralenti l'activité des autres entreprises, aux États-Unis comme en Chine. Waymo, la filiale d'Alphabet, a continué d'offrir ses services commerciaux avec 250 robotaxis (sans agent à bord) à San Francisco, sur une aire de 75 km². Depuis le 1^{er} mars 2024, elle a été autorisée à étendre son exploitation nuit et jour sans agent de sécurité à bord, à une vitesse maximale de 105 km/heure, dans presque toute la baie de San Francisco et surtout à Los Angeles.

Les dernières statistiques du DMV montrent une forte augmentation du nombre de kilomètres parcourus en 2023 par les véhicules autonomes en Californie : 9,3 millions de kilomètres avec un conducteur de sécurité et 5,3 millions sans conducteur de sécurité, soit une hausse de 5,3 millions de kilomètres par rapport à 2022. Waymo est l'entreprise qui a parcouru le plus grand nombre de kilomètres (avec ou sans conducteur : 7,8 millions. Si on considère les reprises en main du conducteur, c'est Zoox, la filiale d'Amazon, qui affiche les meilleurs résultats, avec une reprise en main tous les 285 000 km seulement. Si on retient un kilométrage annuel de 16 000 kilomètres par voiture, cela signifierait une reprise en main... tous les dix-huit ans. Le chinois WeRide arrive en deuxième position avec 34 100 km, l'américain Waymo en troisième position avec 27 900 km.

25. Voir le Décret n° 2021-873 du 29 juin 2021 portant application de l'ordonnance n° 2021-443 du 14 avril 2021 relative au régime de responsabilité pénale applicable en cas de circulation d'un véhicule à délégation de conduite et à ses conditions d'utilisation.

26. Voir la Directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines.

27. Dans l'industrie automobile, on distingue souvent les termes *test* (notamment évaluation d'un composant d'un véhicule), *essai* (notamment évaluation d'un véhicule en circulation), *expérimentation* (notamment évaluation sur route d'une fonctionnalité nouvelle), *démonstration* (notamment présentation limitée dans le temps pour un public) et *déploiement* (notamment mise en service commercial).

28. Un robotaxi de Cruise n'a pu éviter un piéton qui venait d'être renversé par une voiture manuelle roulant en sens inverse. Les autorités ont vivement reproché à Cruise de ne pas leur avoir fourni toutes les vidéos en leur possession sur cet accident.

expérimentations. Outre les dix-sept sites nationaux déjà évoqués²⁹, il y avait à cette date seize villes pilotes, sept zones pilotes de recherche et d'expérimentation en réseau de niveau national³⁰ et 7 000 km de voies équipées d'unités de bord de route. En octobre 2023, les autorités ont précisé que 1 000 véhicules autonomes ont été mis en circulation en Chine dans 100 zones différentes au cours des douze mois précédents. Par ailleurs, environ 200 camions sans conducteur ont été mis en service dans plusieurs ports : Shanghai, Shenzhen, Tianjin, etc. Aux frais des maîtres d'ouvrage, des collectivités locales le plus souvent, les infrastructures routières sont désormais équipées dès la construction d'appareils et de technologies reliés à des plateformes de données, à dessein de faciliter partout l'autonomie de conduite.

Les premiers robotaxis et navettes autonomes sans agent de sécurité à bord sont entrés en exploitation commerciale en 2023 dans plusieurs villes de Chine (et aux États-Unis). La plus active parmi la vingtaine de sociétés chinoises faisant circuler des robotaxis à un stade de développement ou à un autre, Baidu (Apollo) a enregistré 839 000 courses commerciales au quatrième trimestre de 2023 dans quatre municipalités (voir Encadré 3). Les robotaxis chinois roulent

généralement en dehors des hypercentres, là où le trafic est moins dense, et ils commencent à circuler sur les autoroutes menant à des aéroports internationaux. Une étroite et onéreuse supervision³¹ à distance est toujours nécessaire. Dans une ville ou un district, les centres privés de supervision sont obligatoirement adjoints aux centres publics de contrôle et de secours. La juxtaposition en un même lieu permet d'accélérer les interventions des services publics en cas d'accident, et d'associer les différentes parties publiques et privées au bon fonctionnement d'ensemble. Fixée le 21 novembre 2023, la règle nationale est d'avoir au moins un superviseur pour trois robotaxis. Ce ratio devrait toutefois diminuer au fur et à mesure des expansions, allégeant partout le fardeau financier de la supervision.

Les robotaxis chinois circulent actuellement dans seize aires délimitées et équipées dans seize grandes villes chinoises, dans le cadre d'essais ou en service commercial. La Carte 1 page suivante, qui situe ces aires, a été dressée par les auteurs sur la base des données publiées en février 2023 par trois des associations nationales les plus représentatives en Chine pour l'autonomie de conduite³². On peut estimer qu'en mai 2024, cinq trimestres plus tard, le nombre de robotaxis dans ces aires a déjà doublé ou triplé.

Encadré 3 – Les robotaxis de la société Baidu

Au début de 2023, Baidu a précisé que ses robotaxis, gérés par la plateforme Luobo Kuaipao depuis août 2021 (le service lui-même ayant pour nom Apollo Go), avaient déjà parcouru, pour ses essais au niveau 4 (avec personnel de sécurité à bord), quelque 50 millions de kilomètres, dont 4 millions à Beijing (singulièrement dans le quartier de Yizhuang) entre 2018 et 2021. En mai 2024, le total cumulé des distances parcourues par les robotaxis de Baidu en essai ou en déploiement commercial se montait à 100 millions de kilomètres.

En service commercial sans personnel de sécurité à bord, des robotaxis d'Apollo Go circulent déjà :

- *à Chongqing depuis août 2022, de 9 heures 30 à 16 heures 30 dans le district de Yongchuan (30 km²) ;*
- *à Wuhan depuis août 2022, de 7 heures à 23 heures dans la zone de développement économique et technologique dite Auto City (13 km²), mais aussi désormais dans une très large aire (3 000 km²) qui s'étend jusqu'à l'aéroport international de Wuhan Tianhe, avec plus de 300 robotaxis ;*

- *à Beijing, depuis avril 2023, sur un territoire de 160 km² dans la zone de développement économique de Yizhuang (sud de Beijing), superficie qui doit être portée à 500 km² dans le courant de 2024 ;*
- *à Shenzhen depuis juin 2023 dans le district de Pingshan, de 7 heures à 22 heures sur une zone de 188 km².*

La zone de Yizhuang à Beijing, où Apollo Go notamment offre ses services de robotaxis, a été élargie en septembre 2023 à trois itinéraires menant au nouvel aéroport international de Beijing Daxing. Depuis le 1^{er} octobre 2023, cette extension permet à Apollo Go de conduire ses clients jusqu'à cet aéroport situé à 46 km au sud de Beijing pour 299 yuans (environ 38 euros).

La société Baidu a annoncé son intention de déployer des services commerciaux de robotaxis dans 65 villes chinoises en 2025 et dans 100 villes chinoises en 2030. Elle a annoncé mi-2023 qu'elle avait aussi le projet de déployer 100 000 voitures autonomes de niveau 4 appelées RT6, au coût très bas de 250 000 yuans (environ 33 000 euros) comparé à celui des voitures autonomes en service actuellement en Chine. Et en avril 2024, elle a dit sa volonté de dégager vite des bénéfices (objectif de 13 millions d'euros par an dans un premier temps).

29. Ces *national-level test demonstration zones* totalisaient en décembre 2023 quelque 22 000 km de voies ouvertes aux essais, un kilométrage en rapide augmentation.

30. Ces *sept national-level connected vehicle (C-V2X) pilot areas* sont situées à Wuxi (province du Jiangsu), Xiqing à Tianjin, Changsha (Hunan), Liangjiang à Chongqing, Xiangyang (Hubei), Deqing (Zhejiang) et Liuzhou (Guangxi).

31. Sur la question des centres de supervision, souvent mal comprise, il importe de garder à l'esprit ce que Waymo expliquait en décembre 2023 au média CNBC (traduction) : « Je tiens à préciser que la conduite est faite par le système appelé Waymo Driver dans la voiture. Aucune personne à distance ne conduit la voiture. On peut se représenter le centre de supervision comme un centre de contrôle de la circulation aérienne. Le contrôle aérien ne pilote jamais un avion, mais le commandant de bord peut lui poser une question. »

32. Ces trois organismes chinois sont : China Society of Automotive Engineers (China SAE), National Innovation Center of Intelligent and Connected Vehicles (CICV), China Industry Innovation Alliance for the Intelligent and Connected Vehicles (CAICV). Le rapport a été publié en chinois en août 2023.

L'expansion rapide des déploiements commerciaux en Chine paraît plus que probable, sauf accident grave comme celui qui a conduit à la cessation provisoire des circulations commerciales de l'américain Cruise à San Francisco en octobre 2023 (voir Encadré 2 plus haut). La société londonienne BloombergNEF prévoyait en 2023 qu'il y aurait en Chine en 2040 quelque 12 millions de robotaxis, contre 7 millions aux États-Unis³³. Selon une autre prévision, celle

de la société américaine d'information économique IHS Markit³⁴, le chiffre d'affaires des robotaxis en Chine s'élèverait en 2030 à 1 300 milliards de yuans (environ 170 milliards d'euros), soit alors 60 % du chiffre d'affaires des taxis et VTC dans ce pays.

La Carte 2 présente les villes où sont offerts en mai 2024 des services commerciaux de robotaxi en Chine.

Carte 1 – Les seize aires d'essais et de déploiement commercial des robotaxis en Chine en février 2023



Note : voici la liste des seize villes et des douze sociétés qui effectuaient des essais, expérimentations ou déploiements commerciaux en février 2023, avec le nombre de robotaxis quand il est disponible : Beijing (Baidu 324, Pony.ai 30, Didi Global 9, WeRide), Changsha (Baidu 45), Cangzhou (Baidu 30), Chengdu (Baidu 8), Chongqing (Baidu 32), Dalian (Baidu 7), Guangzhou (Pony.ai 17, Baidu, WeRide, AutoX, Didi Global, OnTime), Hangzhou (DeepRoute.ai 10), Hefei (Baidu 10), Qionghai (WeRide 4), Shanghai (Baidu 140, Xiangdao Robotaxi (SAIC Mobility) 88, AutoX 75, Didi Global 30, Pony.ai), Shenzhen (Baidu 22, DeepRoute.ai 30, Pony.ai, AutoX, Xiangdao Robotaxi), Suzhou (Momenta 248, T3 Mobility 70, AllRide.ai 25, Qcraft 25, Xiangdao Robotaxi 20), Wuhan (Baidu 103, DeepRoute.ai 26), Wuzhen (Baidu) et Yangquan (Baidu 10).

Source : carte dressée par les auteurs, d'après un rapport publié en août 2023 par la China Society of Automotive Engineers (China SAE), le National Innovation Center of Intelligent and Connected Vehicles (CICV) et la China Industry Innovation Alliance for the Intelligent and Connected Vehicles (CAICV).

Carte 2 – Aires d'exploitation commerciale des robotaxis en Chine (sans agent de sécurité à bord)



-  Baidu Apollo
-  Didi
-  Pony.ai
-  WeRide
-  AutoX

Note : cette carte diffère de la Carte 1 en ce qu'elle ne montre pas les sites d'essais et d'expérimentations, mais seulement les aires de déploiement commercial sans agent de sécurité à bord.

Source : carte dressée par les auteurs

33. Voir BloombergNEF (2023), *Electric Vehicle Outlook 2023*.

34. IHS Markit (2021), *Prospect of China's Autonomous Driving and Future Mobility Service Market*, document en chinois.



RISQUES ET OPPORTUNITÉS POUR LA FRANCE ET L'UNION EUROPÉENNE

Une stratégie française tournée vers les transports en commun

En matière de conduite autonome, la France et l'Europe se concentrent sur les transports collectifs. Dans le cadre de sa Stratégie nationale de développement de la mobilité routière automatisée et connectée (mise à jour en janvier 2023), la France vise ainsi « le déploiement de services de transports collectifs automatisés et connectés avec les modèles économiques associés », avec une cible en 2030 comprise entre 100 et 500 services de transports de voyageurs automatisés, sans opérateur à bord. Cette stratégie se traduit par un fort soutien public aux projets de R & D mais aussi de commercialisation, notamment en faveur des navettes et des bus autonomes, dans le cadre du plan France 2030³⁵. Ouvert jusqu'en septembre 2024, l'ambitieux appel à projets appelé CORAM 2024 de France 2030, sur la R & D pour l'automobile et les services de mobilité, comprend six volets : le quatrième porte sur les « véhicules et services de mobilité connectés, automatisés³⁶ ».

Les navettes autonomes en expérimentation ou en essai s'apparentent encore à des transports routiers guidés (TRG) à vitesse faible. Leurs capacités d'autonomie sont nettement inférieures à celles des robotaxis américains ou chinois. Leur déploiement reste difficile à prévoir³⁷. En Asie, l'intérêt semble faiblir. C'est ainsi que Singapour, qui s'est beaucoup intéressé aux navettes autonomes, notamment pour permettre le rabattement sur les gares des réseaux principaux de transport en commun, a revu à la baisse ses ambitions.

Les robotaxis ne sont pas la priorité de la stratégie nationale en France. Ce choix fait écho aux orientations des grands constructeurs Renault et Stellantis, qui ont tous deux renoncé à leurs ambitions en ce qui concerne les voitures hautement ou totalement automatisées (niveaux 4 et 5)³⁸. Compte tenu des investissements réservés à la transition électrique, les deux constructeurs, en matière d'autonomie de conduite, visent essentiellement le niveau 2+ ou le niveau 3 pour le haut de gamme. Ce désintérêt pour les robo-

taxis, qui va de pair avec la préférence marquée pour les transports collectifs et les parcours prédéfinis en France comme souvent en Europe³⁹, contraste fortement avec la priorité qui leur est accordée en Chine et aux États-Unis.

Comment combler le retard ?

La Chine et les États-Unis disposent aujourd'hui d'une nette avance en matière d'autonomie de conduite, notamment au niveau 4, par rapport à l'Europe et à la France. La Carte 1 ci-dessus illustre cette avance. Aucun autre pays au monde n'a encore procédé à un déploiement commercial.

Si on cumule les distances parcourues depuis une dizaine d'années par des véhicules autonomes (de niveau 3 ou 4), on arrive à un total pour la France d'un million de kilomètres d'expérimentations et d'essais. En Chine, en septembre 2023, le total cumulé était de 70 millions, chiffre en très rapide augmentation (voir Encadré 3).

Le retard français et européen pose la question du risque d'une offensive en Europe d'entreprises américaines ou chinoises venant y déployer des véhicules autonomes. Les stratégies publiées par les autorités nationales ou locales en Chine fixent explicitement un objectif de coopération internationale. Si les entreprises chinoises ont actuellement pour priorité de parfaire leurs technologies et de consolider leurs capacités commerciales à l'échelle nationale, elles pourraient être prêtes assez rapidement à se déployer à l'international sous une forme ou sous une autre, pour le transport des voyageurs comme pour les autres usages. Le 7 mars 2024, la société chinoise Pony.ai⁴⁰ a ainsi signé avec le ministre chargé de l'économie du Luxembourg un protocole d'entente pour installer dans le Grand-Duché un centre de R & D en vue d'expérimenter et de déployer des véhicules autonomes (robotaxis notamment) dans toute l'Europe⁴¹.

Le risque de domination commerciale – américaine comme chinoise – apparaît encore plus fort pour les véhicules circulant dans les emprises privées, hors du champ du code de la route. Sur les routes et dans les rues, la sévérité des réglementations française et européenne constitue une barrière

35. C'est le cas singulièrement du projet SAM (Sécurité et acceptabilité de la conduite et de la mobilité autonomes), officiellement lancé le 20 juin 2019 par Anne-Marie Idrac (Haute Responsable pour la stratégie nationale de développement des véhicules autonomes), Luc Chatel (président de la Plateforme automobile), Nadège Faul (VEDECOM) et Jean-François Sencerin (PFA). Il a permis treize expérimentations. Son budget initial était de 114 millions d'euros, dont 35 millions apportés par l'État. Il a associé dix-huit partenaires. Le projet a été formellement clos en novembre 2023.

36. Le montant des crédits qui seront alloués à ce quatrième volet ne sera connu qu'après l'examen des projets reçus.

37. Tandis que se préparait la liquidation judiciaire de la société française Navya, le fondateur de la société française de navettes autonomes EasyMile a déclaré : « Tous les acteurs qui travaillent sur la navette autonome se sont trompés » (entretien avec *La Tribune*, 7 février 2023).

38. Le directeur général de Renault a ainsi déclaré au journal *Le Parisien* (1^{er} octobre 2022) : « On travaille sur la voiture autonome, mais je n'ai vraiment pas envie d'être le premier constructeur à en mettre une sur le marché. »

39. Dans son bilan des « Expérimentations de véhicules autonomes » menées en France en 2021, le dernier bilan qu'il ait publié, l'établissement public Cerema a fait état de : quinze expérimentations de navettes ou groupes de navettes, une expérimentation avec un bus, et quelques expérimentations avec voitures (deux voitures de Stellantis, quatre voitures de Renault et deux voitures de Tesla).

40. Fondée en 2016, la société chinoise Pony.ai, qui expérimente en Chine et aux États-Unis des robotaxis et des camions autonomes, exploite déjà en Chine des services commerciaux de robotaxis (sans agent de sécurité à bord) à Beijing et à Guangzhou.

41. Extrait du communiqué de presse du gouvernement luxembourgeois (7 mars 2024) : « Vu l'intention de Pony.ai d'établir un centre d'excellence européen en recherche et développement au Luxembourg, et vu la volonté du gouvernement luxembourgeois de faire du Grand-Duché un pays européen pionnier en matière de conduite autonome, le ministre de l'Économie, des PME, de l'Énergie et du Tourisme, Lex Delles, a signé un protocole d'entente avec Dr. James Peng, co-fondateur de la société ».

à l'entrée. Toutefois, cet obstacle réglementaire freine tout autant les entreprises européennes que les entreprises américaines ou chinoises pour le niveau 4 d'autonomie. Il pourrait donc empêcher la France et l'Europe de bénéficier des avantages économiques et environnementaux des véhicules autonomes aussi rapidement que l'Amérique du Nord, les pays du golfe Persique et l'Asie de l'Est. Il est donc essentiel de rechercher sans cesse un bon équilibre, tant dans les textes réglementaires que dans leurs modalités d'application, entre l'enjeu de sécurité et les enjeux de R & D et de déploiement. Une autre condition du succès est que les autorités publiques et les gestionnaires des infrastructures routières installent rapidement tous les équipements (réseau V2X, capteurs, etc.) permettant ou facilitant la circulation des véhicules

autonomes, comme le font déjà des sociétés d'autoroutes sur quelques tronçons.

Au-delà du financement des infrastructures, les soutiens publics et surtout les investissements privés à la R & D sur les véhicules autonomes de niveau 4 mériteraient d'être renforcés. Une part significative des ressources prévues par la Stratégie nationale pour l'intelligence artificielle pourrait notamment être mobilisée à cette fin. Les soutiens devraient viser la constitution d'un écosystème complet, comprenant les équipementiers (systèmes d'aides avancées à la conduite, capteurs, puces électroniques, logiciels, etc.), les constructeurs d'automobiles, les startups travaillant à l'autonomie de conduite, les gestionnaires d'équipements numériques d'infrastructure, etc.

CONCLUSION

Compte tenu de l'avance prise par la Chine et les États-Unis, il est peu probable que les acteurs français puissent vite combler seuls leur retard en matière de conduite autonome. On ne peut que souscrire à cette recommandation du député Damien Pichereau, dans son rapport au gouvernement de juillet 2021 sur les véhicules automatisés et connectés⁴² : renforcer la R & D sur les véhicules autonomes, notamment en coopération avec les acteurs européens « mais aussi non européens ». À condition, bien sûr, de protéger les savoir-faire critiques et la propriété industrielle des entreprises et des instituts nationaux, des coopérations franco-chinoises ou franco-américaines présenteraient plus d'avantages que d'inconvénients. D'étroites coopérations existent déjà en matière de transports collectifs : citons celle qui associe la RATP à la grande entreprise chinoise CRRC pour mettre au point des bus totalement autonomes, celle qui lie le groupe alsacien Lohr (constructeur entre autres de navettes autonomes) à l'entreprise Mobileye, filiale de l'américain Intel, ou encore le partenariat entre Renault et le chinois WeRide pour développer en France un minibus autonome de niveau 4. D'autres liens de coopération restent à tisser pour les voitures autonomes de niveau 4, ainsi que pour les robots (ou droïdes) de livraison, de distribution ou de logistique.

Toutes ces orientations ne doivent viser qu'à un seul objectif : permettre à la France de rattraper rapidement son retard, notamment en faveur d'un solide écosystème industriel de la conduite autonome (niveau 4). Cet objectif apparaît possible avant 2030, tant la France dispose de compétences de haut niveau, notamment dans le domaine de l'intelligence artificielle, de l'ingénierie et du financement des entreprises.

42. Pichereau D. (2021), *Le déploiement européen du véhicule autonome. Pour un renforcement des projets européens*, rapport, juillet.



Directeur de la publication/rédaction : Cédric Audenis, commissaire général par intérim ;
secrétariat de rédaction : Olivier de Broca, Gladys Caré ;
dépôt légal : mai 2024 - N° ISSN 2556-6059 ;

contact presse : Matthias Le Fur,
directeur du service Édition-Communication-Événements,
01 42 75 61 37, matthias.lefur@strategie.gouv.fr

RETROUVEZ LES DERNIÈRES ACTUALITÉS DE FRANCE STRATÉGIE SUR :



Institution autonome placée auprès du Premier ministre, France Stratégie contribue à l'action publique par ses analyses et ses propositions. Elle anime le débat public et éclaire les choix collectifs sur les enjeux sociaux, économiques et environnementaux. Elle produit également des évaluations de politiques publiques à la demande du gouvernement. Les résultats de ses travaux s'adressent aux pouvoirs publics, à la société civile et aux citoyens.