MOBILITÉ AUTONOME

PENSER AU-DELÀ DU VÉHICULE

SYSTRA

ÉDITO

La mobilité autonome a rencontré ces dernières années un engouement extraordinaire, à peine freiné par la crise sanitaire. Des centaines de projets ont été menés dans le monde jusqu'à ce jour, nous offrant l'opportunité, à l'aube de cette nouvelle décennie, de tirer les leçons de l'expérience déjà acquise et de préparer les futurs développements.

Jusqu'à présent, les travaux sur la mobilité autonome ont principalement porté sur les technologies des véhicules. Néanmoins, les niveaux de performance de ces derniers ont progressé moins rapidement qu'espéré. C'est pourquoi **nous pensons que la mobilité autonome doit être analysée non pas comme un mode de transport isolé, mais comme la composante d'un écosystème plus vaste et plus diversifié, dans le cadre d'une approche systémique**. Une telle approche est certes synonyme de complexité, mais nous avons la conviction qu'elle garantit la durabilité de ces nouveaux services de mobilité.

Notre livre blanc publié en 2018, « *L'autonomisation des transports publics : perspectives, enjeux et technologies* », s'intéressait aux avantages et aux défis des technologies autonomes appliquées aux modes de transport guidés, comme les trains, métros et tramways. Dans ce nouveau cahier, nous élargissons notre champ de réflexion au transport routier de passagers et nous nous intéressons à la mobilité autonome routière, c'est-à-dire aux différents voyages motorisés utilisant des véhicules routiers autonomes, que nous simplifierons ici avec le terme « mobilité autonome ».

En tant qu'ingénieurs des transports et consultants en mobilité, nous travaillons sur ces sujets depuis de nombreuses années. Nous souhaitons ici partager notre vision de la mobilité autonome en tant que système de transport intégré mais aussi en tant que service, afin d'examiner la faisabilité et l'utilité de ces nouvelles solutions pour les territoires, en réponse aux besoins de mobilité. De plus, en tant que groupe international, nous bénéficions d'un retour d'expérience mondial qui nous permet de disposer d'un aperçu de la variété des approches adoptées dans les différents pays qui souhaitent faire de la mobilité autonome une réalité. Autant de terrains d'expérimentation dont il faudra tirer des enseignements pour préparer la transition vers une mobilité autonome durable.

Nous vous souhaitons une agréable lecture.

Nicolas MASSART
Directeur Technique & Innovation, SYSTRA

RÉSUMÉ

Les véhicules autonomes portent en eux de nombreuses promesses pour les systèmes de mobilité. Tout d'abord le renforcement de la sécurité, premier moteur de développement. Viennent ensuite l'amélioration du confort, les opportunités de création de nouveaux services ou l'optimisation de l'efficacité opérationnelle. Motivés par de telles perspectives, les constructeurs et les acteurs de l'automobile, de la mobilité et du numérique continuent d'investir dans d'importantes recherches en la matière. Ils ont développé des technologies de plus en plus sophistiquées conférant aux véhicules la capacité d'observer, d'analyser et d'agir de façon la plus appropriée sans intervention humaine.

Pour que la mobilité autonome fonctionne, les acteurs de la mobilité, à l'instar des autorités et des opérateurs de transport public, doivent considérer le déploiement des véhicules autonomes au sein d'un système de transport existant. Pour cela, deux approches nous semblent incontournables. En premier lieu, une **approche reposant sur l'ingénierie système** s'avère essentielle pour remédier aux limites des technologies des véhicules autonomes sur les questions de visibilité. Elle permet notamment de mettre l'accent sur le recours à une infrastructure entièrement connectée pour seconder le véhicule et garantir l'efficacité de service tout en maintenant un bon niveau de sécurité. Elle est également indispensable pour préparer l'exploitation et la maintenance du système de transport. En second lieu, une **approche orientée services** permet d'identifier les cas d'usage adaptés aux véhicules autonomes en fonction des besoins des voyageurs et du contexte de mobilité urbaine. Elle garantit que les technologies autonomes sont au service de la mobilité. Avec sa dimension territoriale, elle s'inscrit également dans un cadre stratégique complet et prend en considération le plus large éventail de paramètres nécessaires pour évaluer la pertinence des services de mobilité, comme les politiques énergétiques ou les objectifs de planification urbaine.

De telles évolutions doivent par ailleurs s'adapter au contexte local. La mise en œuvre de services de mobilité autonome dépend en effet fortement de la spécificité des cultures, usages, besoins et contraintes. Selon les pays, on peut observer différentes orientations, qui nourrissent des tendances diverses :

- La promotion de voitures entièrement autonomes, dans la continuité du développement automobile prônant des valeurs d'indépendance et de liberté ;
- L'émergence de nouveaux services de mobilité partagée s'appuyant sur les véhicules autonomes pour enrichir l'offre de mobilité existante ;
- L'intégration de technologies autonomes dans un système de transport existant pour solutionner des problèmes de performance.

Si la première tendance reçoit beaucoup d'attention de la part des médias et reste mieux connue du grand public, c'est sur les deux autres que SYSTRA souhaite apporter son savoir faire. Elles sont en effet plus susceptibles de garantir une réelle amélioration de la mobilité en cohérence avec d'autres systèmes de transport. Nous devons donc apprendre des expérimentations réalisées dans les systèmes de transport public et partagés afin de faire les meilleurs choix pour la mobilité de demain.

SOMMAIRE

1 LE VÉHICULE AUTONOME EN BREF — *7 > 11*
Regard sur le fonctionnement et les avantages des technologies du véhicule autonome

2 APPRENDRE DES SYSTÈMES DE TRANSPORT PUBLIC — *12 > 18*
Les véhicules autonomes au cœur d'un système de transport intégré

3 CONCEVOIR VOS SERVICES DE MOBILITÉ AUTONOME — *19 > 24*
La mobilité autonome au service du citoyen et du territoire

4 S'INSPIRER DE VISIONS INTERNATIONALES — *25 > 33*
Singapour, États-Unis, France : trois approches de la mobilité autonome

SYSTRA

SYSTRA est l'un des premiers groupes mondiaux d'ingénierie et de conseil spécialisés dans les transports publics et les solutions de mobilité. Depuis plus de 60 ans, **le Groupe s'engage auprès des villes et des régions pour contribuer à leur développement** en créant, améliorant et modernisant leurs infrastructures de transport.

Fort de ses 8 200 collaborateurs, le Groupe se donne pour mission de fluidifier les déplacements partout dans le monde, afin de rapprocher les populations et de faciliter l'accès des individus à l'emploi, à l'éducation et aux loisirs.

Signature de référence pour les solutions de transport, SYSTRA accompagne ses partenaires et ses clients sur l'ensemble du cycle de vie de leurs projets.

systra.com

CONCEPTS CLÉS

Les **véhicules autonomes** sont des véhicules équipés de technologies ADS qui leur permettent d'effectuer toutes les opérations de conduite sans aucune intervention humaine. Nous nousintéressons ici aux véhicules routiers déjà existants et destinés à un usage public ou partagé : les bus, les navettes et les taxis sans conducteur.

Un **système de transport autonome** est un ensemble de différents composants à la fois intégrés aux véhicules (appelés « système de conduite automatisée » ou ADS pour « Automated Driving System ») et fixes (infrastructure, alimentation, systèmes de communication, etc.) nécessaires au fonctionnement d'un service de mobilité autonome.

Les **services de mobilité autonome** regroupent les différents services de mobilité qui utilisent les technologies autonomes pour le transport de passagers.

Les **degrés d'automatisation de la conduite** : en 2016, la Society of Automotive Engineers (désormais SAE International) a classé tous les véhicules routiers en six niveaux d'autonomie. Le degré 0 concerne les véhicules ordinaires dépourvus de système d'automatisation, tandis que le degré 5 correspond à une automatisation complète. La dernière mise à jour de cette classification date de 2021.

SAE INTERNATIONAL

SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™

Learn more here: sae.org/standards/content/j3016_202104

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	**You are driving** whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			**You are not driving** when these automated driving features are engaged – even if you are seated in "the driver's seat"		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	
	These are driver support features			**These are automated driving features**		
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering **OR** brake/ acceleration support to the driver	These features provide steering **AND** brake/ acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met		This feature can drive the vehicle under all conditions
Example Features	• automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning	• lane centering **OR** • adaptive cruise control	• lane centering **AND** • adaptive cruise control at the same time	• traffic jam chauffeur	• local driverless taxi • pedals/ steering wheel may or may not be installed	• same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

1 LE VÉHICULE AUTONOME EN BREF

Systèmes de transport automatisés et systèmes autonomes renvoient à deux notions distinctes. Nous définissons ici l'**automatisation** comme l'ensemble des tâches qu'un mode de transport peut effectuer en fonction d'informations spécifiques et de règles prédéfinies. En revanche, l'**autonomie** permet aux systèmes d'agir en s'appuyant sur une compréhension fine de l'environnement et sans intervention humaine ni contrôle à distance. À l'heure actuelle, les efforts de recherche sur les technologies de mobilité autonome mettent le véhicule sur le devant de la scène. Il importe donc de comprendre comment fonctionne le véhicule autonome et les avantages qu'il présente avant de s'intéresser plus en détails au système de mobilité autonome.

DE QUELS VÉHICULES PARLE-T-ON ?

Dans ce document, les véhicules autonomes (VA) relèvent des niveaux 3,4 et 5 de la classification établie par SAE International. Ils sont également qualifiés de véhicules « à délégation de conduite » ou « sans conducteur » et présentent des dispositifs de conduite automatisée qui affranchissent partiellement ou entièrement le conducteur de son rôle. Ces dispositifs se distinguent de simples fonctionnalités d'assistance qui ont pour but d'aider le conducteur dans sa tâche.

Pour le transport de passagers, le véhicule autonome peut exister sous différentes formes, mais trois grandes familles dominent à l'heure actuelle :

La voiture sans conducteur

Un véhicule à usage de taxi individuel doté de technologies autonomes de niveau 4 ou 5. De nombreuses expériences ont été menées avec des véhicules de niveau 3 ou 4 et des services commerciaux sont déjà testés dans des zones spécifiques aux États-Unis et en Chine.

La navette

Un mode de transport public de petite capacité conçu sans chauffeur (niveaux 4 à 5). Les navettes font l'objet d'essais partout dans le monde, la plupart du temps avec des conducteurs « de sécurité » (donc en niveau 3). Des premiers essais de niveau 4 ont débuté en 2020.

Le bus autonome

Un bus qui fonctionne avec un conducteur (niveau 3) et plus tard sans conducteur (niveaux 4 à 5). Les bus autonomes ne sont pas aussi développés que les autres modes, mais quelques prototypes ont été testés d'abord en 2016 (Pays-Bas) et plus récemment en 2020 et 2021 (Singapour, Chine, Royaume-Uni, États-Unis ou France).

D'autres types de véhicules existent également mais se trouvent à un stade de développement moins avancé (tels que des capsules autonomes de 2 à 4 places).

FONCTIONNEMENT D'UN VÉHICULE AUTONOME : UNE AFFAIRE DE TECHNOLOGIE

Technologies de détection

Les technologies de détection créent une "**bulle de sécurité**" autour du véhicule afin d'éviter de potentiels accidents. Ce concept de sécurité s'apparente au système de transport guidé développé depuis de nombreuses années dans l'aviation ou le transport ferroviaire. Les principales technologies de détection existantes sont les suivantes :

- la **CAMÉRA** qui offre une ligne de détection visuelle ;
- le **RADAR** qui utilise les ondes radio pour détecter les objets, notamment par mauvais temps ou la nuit ;
- le **LIDAR** qui ressemble au radar, mais utilise des impulsions laser pour scanner l'environnement et repérer les objets de taille réduite ;
- le **CAPTEUR À ULTRASONS** qui réalise une détection de proximité grâce aux ondes sonores hautes fréquences.

Technologies de communication

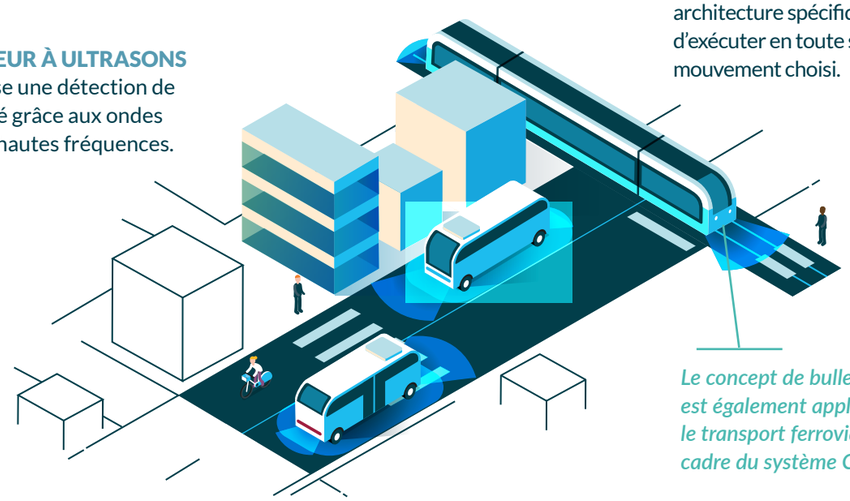
Les technologies de communication permettent au véhicule de se géolocaliser et de recueillir une multitude de données sur l'environnement local :

- le **GNSS associé au RTK** : le GNSS est un système de navigation par satellites souvent appelé GPS et utilisé pour le positionnement du véhicule. La technologie satellite RTK (Real Time Kinematic) a considérablement amélioré la résolution de positionnement du GNSS grâce aux réseaux 4G et 5G ;
- les **technologies V2X** permettent au véhicule autonome de communiquer avec les véhicules (V2V) et infrastructures (V2I/I2V) environnants.

Système de contrôle

Le système de contrôle utilise l'intelligence artificielle (IA) pour traiter les données recueillies et prendre des décisions. Son fonctionnement peut être résumé comme suit :

- **DÉTECTER** : le système de détection de l'environnement (EDS) utilise principalement des algorithmes statistiques. Ces systèmes ont été l'objet d'importants investissements R&D ces dix dernières années ;
- **ANALYSER** : la boucle de contrôle pour la prise de décision est un algorithme qui utilise surtout les lois de la physique et la théorie des mathématiques discrètes ;
- **AGIR** : les actionneurs se composent essentiellement d'un groupe motopropulseur doté d'une architecture spécifique qui permet d'exécuter en toute sécurité le mouvement choisi.



Le concept de bulle de sécurité est également appliqué dans le transport ferroviaire dans le cadre du système CBTC

Si les concepts technologiques clés sont clairement établis, il existe différentes approches concurrentes pour obtenir un fonctionnement optimal des véhicules. Faut-il, par exemple, disposer d'un environnement entièrement cartographié ? Ou avoir un véhicule qui détermine à chaque fois ce qu'il faut faire pour la première fois ? Ou peut-être une combinaison de ces deux approches ?

QUELS SERAIENT LES IMPACTS POSITIFS DU VÉHICULE AUTONOME ?

Une sécurité routière accrue

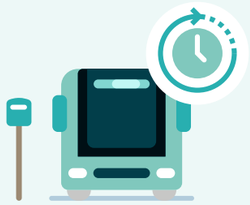
Un objectif principal des technologies autonomes est d'accroître la sécurité des transports, les accidents de la route représentant un coût important pour les sociétés partout dans le monde. Elles permettraient d'abord au véhicule de seconder le conducteur en cas de situation difficile, et plus tard d'assumer pleinement les fonctions de pilotage en garantissant la conduite la plus sûre possible.

Une optimisation de l'exploitation

Les VA permettraient aux exploitants d'améliorer significativement la gestion des opérations. Aussi, avant de voir arriver les VA sur nos routes, les premiers déploiements pourraient d'abord se faire à l'abri du regard des voyageurs. Par exemple, les technologies autonomes offrent la possibilité d'automatiser les manœuvres pour optimiser les opérations de maintenance au sein de nouveaux dépôts adaptés et intelligents.

Une meilleure qualité de service

Un autre bénéfice potentiel du VA est l'amélioration de l'expérience voyageur. Utilisés dans le cadre d'un service de mobilité, les VA permettraient de faire évoluer la fonction du conducteur vers celle d'agent dédié à un meilleur service client. Ce type de fonction peut également accroître l'accessibilité du service notamment pour les personnes en situation de handicap. Enfin, dans les premiers déploiements, les agents à bord pourraient être des facilitateurs capable d'intervenir en cas d'obstruction de la voie et d'aider à l'augmentation de l'acceptabilité des utilisateurs.



Une extension du réseau de transport

Les VA représentent aussi une opportunité pour les opérateurs de développer de nouveaux services de mobilité et compléter les réseaux de transport existants. Ils permettent par exemple d'atteindre des zones mal desservies, où les transports publics traditionnels ne sont pas adaptés – souvent pour des raisons financières – ou bien d'étendre les couvertures horaires proposées en offrant un service plus flexible et adapté à la demande.

La mobilité autonome présente plusieurs avantages tant pour la sécurité des déplacements, pour l'efficacité des services de transport (meilleur management de flotte, flexibilité, optimisation des coûts, etc.) que pour l'inclusivité et l'accessibilité des territoires via le développement de nouveaux services. Mais ces bénéfices ne seront significatifs que si les technologies de mobilité autonome sont intégrées au service de transport en commun. Alors seulement, elle sera un levier intéressant pour l'amélioration de la qualité de vie, participant de fait à la diminution de la congestion du trafic, à la réduction de l'impact environnemental des déplacements et à la préservation de l'espace public.

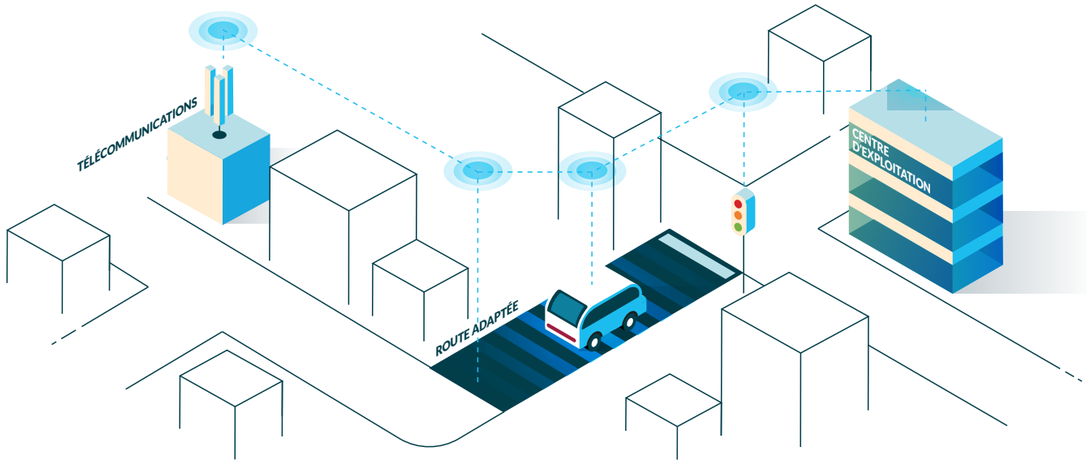
Toutefois, plusieurs défis d'ordres à la fois technologique et règlementaire doivent encore être relevés, comme l'amélioration de la vitesse des véhicules ou la gestion de l'interopérabilité des données entre les véhicules et les infrastructures. Le retrait du « safety driver » jusqu'ici nécessaire à bord des véhicules est également un enjeu clé pour garantir la viabilité économique de la mobilité autonome. C'est pour cela qu'il est essentiel de poursuivre les expérimentations. En Europe, nous multiplions les projets pilotes dans des contextes de plus en plus complexes, par exemple dans le cadre du programme de financement Horizon Europe de la Commission Européenne.

Henriette CORNET
Senior Manager, Mobilité Autonome, Connectée et Coopérative, UITP

2 APPRENDRE DES SYSTÈMES DE TRANSPORT PUBLIC

La mobilité autonome, c'est bien plus qu'une flotte de véhicules à délégation de conduite. Pour réussir à développer un système de transport autonome, il faut tenir compte de nombreux facteurs techniques. Les véhicules seuls ont aujourd'hui du mal à atteindre un bon niveau de performance tout en maintenant une sécurité optimale. Parallèlement à la recherche et aux développements technologiques liés aux aptitudes du véhicule, une approche par l'ingénierie système permet d'apporter des solutions techniques qui répondent aux exigences du service souhaité.

QUELS ENSEIGNEMENTS TIRER DE L'INGÉNIERIE SYSTÈME APPLIQUÉE AU TRANSPORT ?



Le système de transport est composé de plusieurs sous-systèmes interopérables

Les bases d'un système de transport autonome

La mise en place d'un service de mobilité autonome nécessite une **approche intégrée du système de transport** pour atteindre les niveaux requis de sécurité et de performance.

Un « système de transport autonome » s'appuie pour cela sur plusieurs sous-systèmes dont les principaux sont :

- → des véhicules dotés de technologies autonomes ;
- → une infrastructure urbaine adaptée avec des systèmes de capteurs « en bordure de route » ainsi que du mobilier urbain utilisant les télécommunications pour aider les véhicules à s'orienter ;
- → des procédures d'exploitation et de maintenance afin de fournir un service de haut niveau et une bonne expérience client ;
- → un système de contrôle de la circulation permettant par exemple la gestion des feux de circulation intelligents.

Pour que le service soit opérationnel, ces sous-systèmes doivent être capables d'interagir entre eux, mais aussi avec des systèmes externes (des réseaux de stations de recharge par exemple).

L'ingénierie système appliquée à la mobilité autonome

L'ingénierie système veille à ce que **tous les besoins d'un système de transport soient couverts d'un point de vue technique** pour rendre possible le service souhaité. Elle définit toutes les fonctions et exigences au niveau du système de transport global et les affecte de manière à développer chaque sous-système. Elle met enfin en œuvre les processus requis pour à la fois intégrer les différents sous-systèmes, démontrer leur capacité dans leur ensemble, et faciliter la transition vers l'exploitation du système global.

L'ingénierie système inclut la conception du système et des sous-systèmes, puis les phases de développement, d'intégration, d'essai (vérification, validation et certification) et de mise en service. Elle **requiert une approche interdisciplinaire assortie de multiples compétences techniques** (infrastructure urbaine, télécommunications, système de sécurité, signalisation routière, énergie, science des données, etc.) ainsi que de compétences transverses (Assurance Système, Interfaces, Intégration Système, Gestion des Exigences, Exploitation et Maintenance, etc.).

L'ingénierie système est particulièrement pertinente dans le domaine de la mobilité autonome pour les raisons suivantes :

- → elle démontre comment **la sécurité du système de transport autonome sera assurée** avant et pendant la phase d'exploitation ;
- → elle permet de couvrir **les modes nominaux et dégradés** (c'est-à-dire des situations dans lesquelles le système rencontre des événements internes ou externes qui dégradent sa performance nominale) pour garantir un service efficace et rentable en permanence et quelles que soient les conditions de circulation ;
- → elle tient compte de la manière dont **le système de transport sera progressivement déployé**. Le système pourra en effet être amené à passer par des phases de transition liées à l'évolutivité de la technologie (système partiellement déployé au cours d'une première phase, évolution de l'infrastructure, acceptabilité des usagers, optimisation de l'exploitation, etc.). Ces phases de transition constituent des étapes nécessaires avant d'atteindre une configuration finale.

Suivre une démarche d'ingénierie système est essentielle pour augmenter le niveau de confiance dans la mobilité autonome, tout autant que la certification de l'IA des véhicules.

Thomas BRUEL
Directeur Digital Groupe, SYSTRA

La 5G : un élément clé aux exigences de connectivité ?

Alors que les systèmes ferroviaires utilisent leurs propres réseaux de télécommunications, les véhicules routiers autonomes seront connectés aux réseaux existants. Les systèmes de transport autonomes auront des exigences techniques élevées et la 5G jouera un rôle clé pour y répondre. Une coordination soutenue entre les ingénieurs transport et les acteurs du secteur des télécommunications sera essentielle au bon fonctionnement du système.

Sécurité vs performance : une « Dream zone » inaccessible ?

Les systèmes de transport autonome doivent **trouver le compromis idéal entre coût et performance tout en maintenant des standards de sécurité élevés**. C'est ce qu'on appelle la « Dream Zone ».

À l'heure actuelle, les véhicules autonomes peinent à atteindre cette Dream Zone par eux-mêmes. La priorité étant donnée à la sécurité, l**e ralentissement s'impose comme la décision la plus socialement et rationnellement acceptable** lorsqu'une situation se produit à proximité ou au sein de la "bulle de sécurité". On identifie ce type de situation essentiellement dans trois cas :

- → Dans les zones denses en raison du mobilier urbain et du comportement d'autres véhicules ou usagers vulnérables ;
- → Dans les courbes ou virages où la visibilité est réduite ;
- → Sur les routes droites, principalement en raison de véhicules proches aux alentours.

Dans de telles situations, la visibilité restreinte de la bulle de sécurité entraîne une dégradation des performances par rapport à ce que l'on attendrait d'un conducteur. Pour cela, l'ingénierie système est une approche clé pour déployer un système de transport intégré qui viendra **compléter les technologies de détection des véhicules autonomes**.

CONFÉRER SÉCURITÉ ET PERFORMANCE VIA UNE INFRASTRUCTURE CONNECTÉE

Nous croyons fermement que l'infrastructure connectée sera au cœur de la mobilité autonome.

Mathieu MELENCHON
Expert en ingénierie et intégration des systèmes, SYSTRA

L'infrastructure connectée accroît la vision du véhicule

Une infrastructure connectée se compose essentiellement de capteurs situés le long de la route et sur le mobilier urbain, à l'instar des feux de circulation. Ces capteurs utilisent des technologies I2V (de l'infrastructure au véhicule) pour communiquer avec les véhicules environnants et ainsi élargir la vision de la "bulle de sécurité".

La connectivité est donc une solution fiable pour transmettre au véhicule plus d'informations sur son environnement. Ces données supplémentaires améliorent et accélèrent sa perception et sa compréhension des obstacles ou événements rencontrés sur son trajet.

L'infrastructure connectée améliore la qualité de service

Les ralentissements fréquents et soudains résultant du niveau de sécurité des véhicules constituent l'un des principaux points négatifs relevés lors des expérimentations de services de mobilité autonome.

Ces inconvénients dégradent la vitesse commerciale ainsi que le confort du passager et réduisent l'attractivité de ces services.

Face à ce problème, l'infrastructure connectée et les technologies I2V permettront de diminuer les freinages brusques autant que possible et d'augmenter la vitesse commerciale et le confort des passagers tout en préservant un niveau de sécurité optimal.

Diverses architectures possibles du processus de prise de décision

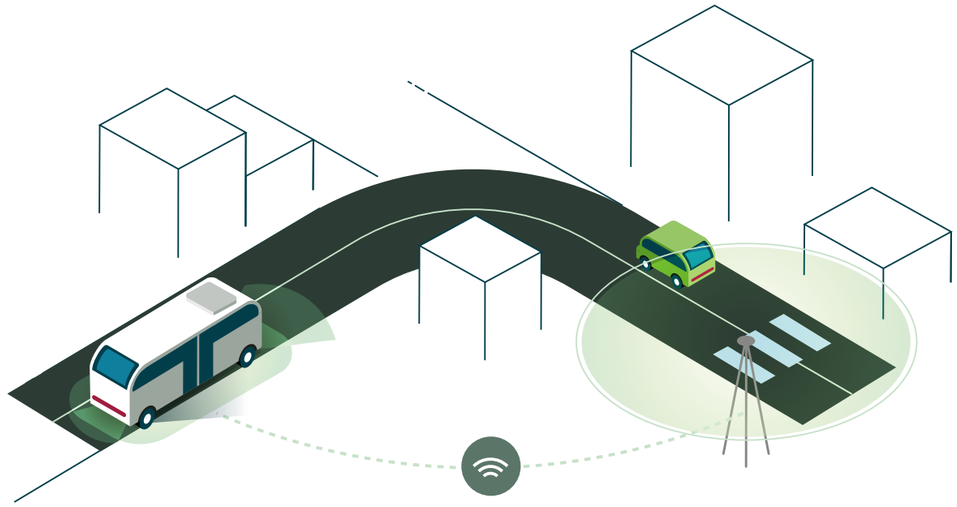
L'I2V améliore la vision des véhicules en leur apportant des données supplémentaires qui permettent de renforcer leur processus de prise de décision. Pour ce faire, différents protocoles sont potentiellement valides. Par exemple :

- → l'infrastructure peut transmettre uniquement des données brutes au véhicule, qui les traite en bloc en interne en même temps que ses propres données ;
- → les capteurs de l'infrastructure peuvent analyser des données en amont et communiquer ces informations enrichies, qui viendront s'ajouter aux données traitées par le véhicule pour agir de manière appropriée.

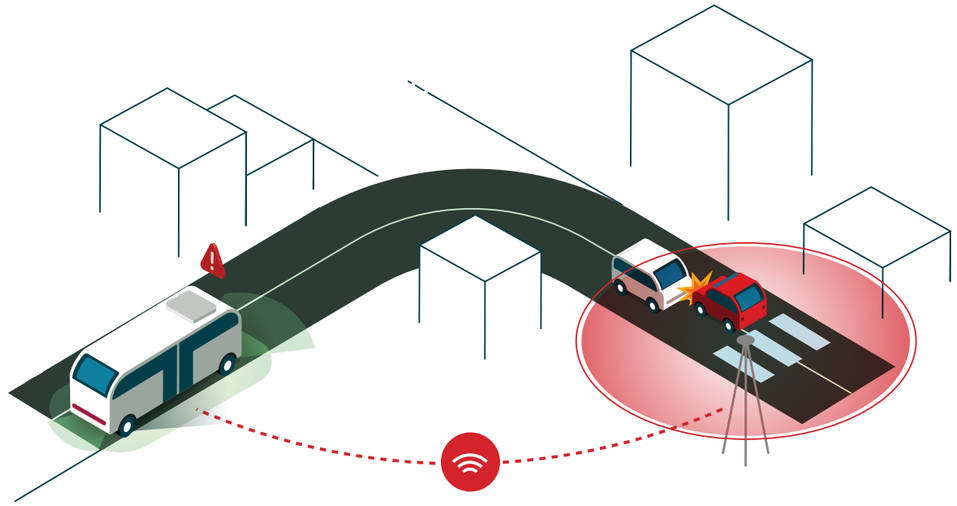
Par ailleurs, les véhicules pourront aussi allier technologies I2V et V2V (de véhicule à véhicule) pour améliorer davantage leur vision et anticiper leurs actions en toutes circonstances.

Ces concepts soulèvent diverses questions techniques que l'ingénierie système permet de résoudre, telles que la standardisation des données et des interfaces afin de garantir l'interopérabilité des sous-systèmes, ou encore le dimensionnement du système pour en optimiser son coût.

Grâce à l'infrastructure connectée la vitesse est calibrée pour maximiser à la fois la sécurité et la performance commerciale.



L'infrastructure connectée permet d'équilibrer vitesse et sécurité même en condition de visibilité réduite.



L'infrastructure connectée permet d'anticiper les accidents en toutes circonstances et de mieux réguler la vitesse.

CONCEVOIR VOS SERVICES DE MOBILITÉ AUTONOME

3

La mobilité autonome est aussi affaire d'usages et d'impacts sur un territoire. Elle doit être au service d'une mobilité plus fluide, plus accessible, plus inclusive et qui répond aux besoins de ses usagers. Plusieurs points doivent être pris en considération pour définir et configurer un service de mobilité adapté qui utilise des technologies autonomes. Au-delà des aspects technologiques, une transition sûre vers la mobilité autonome dépendra de la conception du service en fonction des cas d'usage et de l'adoption d'une stratégie de développement pour les territoires.

IDENTIFIER LES BONS CAS D'USAGE

Intéressantes pour le transport de fret, les technologies autonomes sont aussi pertinentes pour des services de mobilité nouvelle génération. Les domaines d'application sont vastes et pourraient se matérialiser à travers le **développement de nouveaux services partagés** (solution pour le dernier kilomètre, service de mobilité locale...) ou l'**amélioration de services existants** (ligne de bus autonome, service de taxi sans chauffeur...). Les autorités et opérateurs de mobilité peuvent envisager divers services répondant à des contraintes opérationnelles, des opportunités locales et des besoins de mobilité.

Une **approche orientée utilisateurs est essentielle** pour concevoir une telle offre et permettre aux services de mobilité autonome de s'adresser à tous les citoyens. Elle permet de mobiliser les capacités technologiques pour répondre aux besoins des usagers en tirant au mieux profit de la mobilité autonome.

Étudions plus en détail trois exemples de ce que pourrait être un service de mobilité autonome.

1 Un service de robotaxis

Des robotaxis peuvent étoffer l'offre traditionnelle de mobilité dans les zones mal desservies et ainsi permettre de faciliter l'accès aux réseaux de transport en commun.
Les robotaxis seraient potentiellement plus abordables pour les usagers et donc plus accessibles (notamment en zone suburbaines).
Ce type de services qui s'appuie sur des véhicules de petite capacité pourrait toutefois engendrer de nouveaux problèmes de congestion en zones urbaines. L'intégration aux solutions de transport public et une conception de services adéquate sont essentielles pour éviter toute externalité négative.
Une conception de services de robotaxis devrait inclure entre autres une stratégie d'autopartage adaptée aux besoins de l'usager et un processus de gestion de flotte pour optimiser la performance du service tout en garantissant la fluidité du trafic.
Les modèles de robotaxis sont pour l'heure adaptés à partir de voitures existantes, mais les constructeurs pourront concevoir des modèles différents à l'avenir.

Réza VOSOOGHI
Modélisateur Senior, SYSTRA

Correctement conçus, les services de robotaxis peuvent participer au désenclavement de zones mal desservies.

Expérimentations aux États-Unis et en Chine

Michael GREGOREVIC
Consultant Senior, SYSTRA Scott Lister

Selon le contexte, les navettes autonomes peuvent venir compléter ou remplacer les services de mobilité existants.

Expérimentations en Europe, aux États-Unis, en Australie et à Singapour

2 Un service de navettes locales

Les navettes autonomes peuvent avoir une place pertinente dans les zones où la demande n'est pas suffisante pour justifier un service de transport public régulier.
Un réseau de navettes locales permet d'offrir un service à vitesse réduite sur de courts trajets ou pour le premier et le dernier kilomètre.
On peut par exemple le mettre en place dans un campus universitaire vaste ou dans un quartier qui a besoin de se connecter au service de transport en commun.
Actuellement conçues pour transporter un tout petit nombre de passagers dans un espace combinant places assises et debout, les navettes peuvent en outre être spécifiquement adaptées aux personnes à mobilité réduite.
Elles peuvent fonctionner sur des trajets prédéterminés en complément d'itinéraires dynamiques à la demande au sein d'un réseau défini. Dans ce cas, il est nécessaire de développer une plateforme en ligne spécifique pour calculer des itinéraires optimisés en fonction de la demande de l'usager et avec des temps de trajet acceptables.

3 Une ligne de bus autonome

Même ligne, nouveaux matériels roulants : des bus autonomes peuvent être pertinents pour moderniser une ligne de transport.
Les possibilités technologiques actuelles et les exigences de sécurité permettent d'envisager de façon réaliste ce cas d'usage principalement sur des voies dédiées à l'instar du BRT (Bus Rapid Transit). Une telle innovation peut considérablement améliorer les performances et la qualité du service et aider à optimiser les coûts d'exploitation. Les bus autonomes peuvent, par exemple, permettre de rééquilibrer les flottes, réduire le temps de maintenance, mettre en place du « platooning » aux heures de pointe pour accroître la capacité, et étendre la flexibilité des horaires pour augmenter la disponibilité.
La pertinence économique et opérationnelle de ce modèle dépendra toutefois de plusieurs critères qui peuvent être identifiés lors de la conception des services. Dans certains cas, les coûts d'investissement peuvent prendre le pas sur les économies de fonctionnement sans apporter de réelle valeur ajoutée.

Marie CLEUET
Consultante en mobilité, SYSTRA

L'avantage économique de l'autonomie est conditionné par les performances et tend à augmenter avec la vitesse commerciale et la distance parcourue.

Expérimentations à Singapour, en Chine, en Europe et aux Etats-Unis

A chaque situation son modèle spécifique

Les systèmes de transport autonome n'offrent pas de solution clé en main pour les services de mobilité et doivent être adaptés au type de service souhaité. Pour chaque cas d'usage, concevoir correctement un service permet de valider son adéquation aux besoins des usagers, aux exigences de l'opérateur ainsi qu'au contexte régional et local.

La pertinence économique est une question centrale au développement de ces services. Elle est capitale pour les opérateurs et peut s'avérer délicate à évaluer. Les coûts d'investissement et ceux d'exploitation dépendront fortement du contexte local : la longueur d'une ligne, sa complexité ou la qualité de la route influenceront fortement les coûts d'infrastructure, tandis que les coûts de matériel roulant dépendront de la demande de transport et de l'état du marché.

Une évaluation socio-économique permettra de trouver un équilibre entre coûts d'investissement et économies d'exploitation tout en garantissant un service adapté aux besoins des usagers.

CONSTRUIRE LE MEILLEUR CADRE STRATÉGIQUE

La mise en cohérence des projets de mobilité autonome avec des objectifs stratégiques permettra de mieux maîtriser ses impacts sur les villes et les populations.

Mathieu MARTIN, Chef de projet Nouvelles Mobilités, SYSTRA

Établir une vision au sein d'un cadre stratégique

Un cadre stratégique garantit en amont la cohérence globale du déploiement des services de mobilité autonome sur un territoire. Les étapes suivantes sont essentielles à la phase de planification et de prise de décision stratégique :

1. Définir une vision claire pour les futures mobilités, conforme aux priorités et aux valeurs régionales et nationales en matière de développement durable, d'inclusivité sociale, de sécurité et de performance économique.
2. Mener différentes études pour évaluer les besoins de mobilité, en particulier ceux non couverts par les transports publics, ainsi que les bénéfices et impacts potentiels de nouvelles solutions de mobilité autonome dans le périmètre concerné telles que :
   - études des transports et de la circulation
   - études énergétique et environnementale
   - études de sécurité et de sûreté
   - analyses financières
3. S'inscrire dans un schéma directeur conforme aux plans de mobilité et aux programmes d'aménagement et de cohésion territoriale existants.

Adopter une stratégie de planification urbaine

La mobilité autonome doit bénéficier aux usagers et améliorer la qualité de vie, surtout en ville. Son développement doit donc s'inscrire dans des objectifs de planification urbaine visant à améliorer la mobilité et à accroître l'accessibilité des services.

Soutenir les transports collectifs

Introduire les technologies autonomes au sein du transport collectif renforce son attractivité et induit un transfert modal vers les services de transport public.

Promouvoir le covoiturage en complément

Les technologies de conduite autonome peuvent accroître exagérément l'attractivité de services tels que les taxis sans chauffeur et ainsi générer une saturation de véhicules sur les routes. Les services de mobilité partagée doivent être mis en avant avec un accent tout particulier sur la mutualisation des trajets et en vue de compléter l'offre de transports collectifs. Une stratégie de tarification zonale ou horaire peut y contribuer.

Optimiser la circulation des véhicules

Concernant les services de mobilité partagée et à la demande, la multiplication de détours pour les passagers ainsi que des stratégies de déplacement inappropriées à cause des trajets à vide peuvent considérablement affecter la consommation énergétique et augmenter les embouteillages. La flotte a besoin d'être convenablement gérée via une stratégie de rééquilibrage et de répartition des véhicules pour optimiser les itinéraires, maximiser le taux d'occupation des véhicules et minimiser les temps d'attente pour l'usager.

Des objectifs de transition énergétique

Mobilité autonome et électromobilité ne sont pas co-dépendants mais intimement liés, dans la mesure où les nouvelles technologies doivent participer à la transition énergétique en délaissant les combustibles fossiles. La plupart des VA seront électriques et une stratégie de mobilité autonome se doit donc d'être liée à une stratégie énergétique.

Un écosystème dynamique dépendant d'une collaboration public-privé

Les différentes parties prenantes doivent collaborer en amont avec les décideurs et les législateurs dans l'amélioration des politiques et des lois. Ceci est essentiel pour aider à définir la bonne répartition des responsabilités. Une telle coopération est un élément clé pour favoriser le bon développement de nouveaux systèmes de mobilité.

Concevoir vos services avec les bons outils

Les ingénieurs et consultants en mobilité recourent à des outils de planification pour aider les pouvoirs publics à trouver les solutions adaptées à leurs objectifs stratégiques.

Mesurer l'impact des nouveaux services de mobilité

De nouveaux services de transport peuvent créer une nouvelle demande tout en captant la demande réelle déjà identifiée. La modélisation de la demande et les simulations des flux de circulation peuvent anticiper ces impacts spécifiques. À l'échelle macroscopique, les modèles de transport se basent sur les changements modaux et l'évolution de la demande. Ils intègrent en outre l'acceptation des usagers comme paramètre important de choix de mode. À l'échelle mésoscopique et microscopique, les simulations de trafic étudient la fluidité du réseau de transport à la lueur du comportement spécifique des VA en circulation.

Dimensionner votre flotte de véhicules

De nouvelles approches de la modélisation des transports comme avec des systèmes multi-agents sont utilisées pour mieux calibrer la flotte en fonction de la structure démographique de la région concernée et de la variation des besoins de ses habitants. Par exemple, une flotte de bus autonomes composée de véhicules de différentes capacités pourrait potentiellement s'avérer plus performante.

La consultation publique pour une meilleure acceptabilité

Le soutien du grand public est fondamental pour la réussite de la mobilité autonome, au même titre que la faisabilité technique et la pertinence territoriale.
Il est donc essentiel d'intégrer au plus tôt les futurs usagers au processus de conception du service pour évaluer leurs besoins, attentes et préoccupations.
Les méthodes de consultation publiques sont couramment employées à cette fin.

S'INSPIRER DE VISIONS INTERNATIONALES

4

La mobilité revêt diverses formes dans le monde selon les cultures, les environnements et les ressources locales. Le développement de systèmes de mobilité autonome dépendra essentiellement de ces caractéristiques ainsi que des opportunités technologiques et sera donc très variable. Trois pays permettent d'illustrer ces différences résultant d'objectifs stratégiques et de volontés publiques propres, tout en dépendant des écosystèmes locaux : Singapour, les États-Unis et la France.

SINGAPOUR

La mobilité autonome au sein d'une vision publique de la Smart Nation

La volonté, les moyens, l'appétence de la population pour les nouvelles technologies et le développement des structures juridiques nécessaires expliquent comment Singapour est devenue une nation pionnière dans le domaine de la mobilité autonome.

Une réponse pour optimiser l'aménagement territorial

Singapour est une ville à forte densité confrontée à un important problème d'espace. Le réseau routier utilise à l'heure actuelle 12 % du territoire, une proportion considérée comme la limite à ne pas franchir. Les pouvoirs publics cherchent à structurer le développement territorial tout en supprimant les voitures, en optimisant la logistique et en augmentant la part des modes de transport public. Les technologies de transport autonomes sont envisagées comme un outil pour améliorer le système de transport public et la livraison des marchandises. Les principaux effets escomptés sont la baisse du nombre de véhicules privés sur les routes ainsi que la réduction de l'espace utilisé pour le stationnement.

Un élément clé du programme Smart Nation

Le développement et le déploiement des véhicules autonomes constituent l'un des projets de transport phares au sein du programme Smart Nation. En 2014, le Comité au Transport Routier Autonome de Singapour (CARTS) a été créé pour guider la recherche et le déploiement des VA dans le pays et formuler des recommandations, notamment en matière de réglementation et de sécurité. Le CARTS s'implique fortement auprès de la Land Transport Authority (LTA), veillant à la pertinence du projet par rapport aux objectifs de développement territorial.

Population : 5, 686 millions d'habitants (2020)

Densité : 7 810 hab./km²

Position dans l'indice de préparation aux véhicules autonomes KPMG (2020): **#1**

Une stratégie axée sur les expérimentations et le développement de cadres juridiques

Plusieurs projets pilotes ont eu lieu depuis 2010, surtout axés sur les services de transport public et de mobilité à la demande, sur le fret pour le dernier kilomètre et pour de plus grandes distances, ainsi que sur les services publics comme le balayage des routes ou la collecte des déchets.

Dans le même temps, le CARTS a développé de manière anticipée des structures pour établir des règles de sécurité, de responsabilité, et autres règlementations, plaçant Singapour en tête sur ces questions. La création d'un tel cadre a facilité les expérimentations anticipant un futur déploiement « de masse ». En 2017, la LTA et l'Université Technologique de Nanyang (NTU) ont également créé le Centre d'Excellence de Test et de Recherche sur les Véhicules Autonomes (CETRAN), un guide au développement de références techniques et d'une norme internationale relative au déploiement des VA. La NTU et le CETRAN travaillent en partenariat avec de mutliples acteurs internationaux.

DES PROGRAMMES D'INVESTISSEMENT À GRANDE ÉCHELLE

À la fin de l'année 2020, Singapour a lancé son tout dernier plan pour soutenir les investissements en consacrant 25 milliards de dollars singapouriens (soit plus de 15,6 milliards d'euros) à la recherche, à l'innovation et aux activités commerciales entre 2021 et 2025. Ce nouveau plan s'inscrit dans la continuité du RIE2020 (19 milliards SGD investis entre 2016 et 2020).

TR68 : l'ingrédient magique ?

La référence technique 68 (TR68) soutient le bon développement des VA en soulignant les grands principes liés aux comportements de base, à la sécurité, à la cybersécurité et aux types et formats de données des véhicules. Grâce à la participation de Singapour aux travaux de l'ISO, la TR68 contribue également à l'effort mondial d'harmonisation des exigences techniques pour les technologies autonomes.

Wee Shann LAM

Directeur Innovation & Technologies de Transport, LTA

« LTA œuvre pour une ville sans voiture tournée vers la marche, le vélo et les transports publics pour lesquels nous pensons que les VA présentent de nouvelles opportunités. C'est pourquoi nous nous intéressons aux bus autonomes depuis 2014 et examinons également les services partagés à la demande sur de plus petites plateformes.

Nous pensons aussi que le succès du déploiement des VA dépend de deux facteurs clés. Premièrement, la technologie doit être fiable, sûre et adaptée à l'environnement local, par exemple pour faire face à des conditions météorologiques spécifiques. Deuxièmement, la sécurité et l'intérêt du public sont primordiaux pour permettre une bonne acceptabilité.

Promouvoir l'utilisation des VA aujourd'hui peut enfin aider à préparer notre écosystème et notre main-d'œuvre lorsque la technologie sera prête.
Les activités de R&D, les essais et les projets pilotes créeront alors de nouvelles opportunités d'emploi pour les contrôleurs de flotte à distance, les techniciens, les ingénieurs ou encore les data scientists.

État d'avancement

- Essais réalisés sur des voitures de tourisme et des navettes depuis 2010
- Premier trajet pilote en bus autonome ouvert en 2021
- Cadre politique et juridique jugé le plus avancé au monde en 2020

Forces

- Travail approfondi en matière de politiques, de législation et de cadre de sécurité
- Bonne qualité des infrastructures de mobilité
- Grande acceptation des usagers

Challenges

- La taille du marché local pourrait limiter l'attractivité des acteurs de la technologie
- Espace limité pour développer de nouveaux service

ÉTATS-UNIS

Une mobilité autonome centrée sur les véhicules

Avec des capacités technologiques avancées, les États-Unis sont un acteur majeur du développement de la mobilité autonome. Celui-ci se concentre principalement sur les technologies placées à l'intérieur du véhicule pour créer la voiture autonome tout-terrain idéale.

Population : 329, 5 millions d'habitants (2020)

Densité : 33, 27 hab./km²

Position dans l'indice de préparation aux véhicules autonomes KPMG (2020) : **#4**

Le secteur privé aux commandes

Après un développement précoce promu par le département de la Défense américain au milieu des années 2000, les VA ont rapidement attiré l'attention des équipementiers et des entreprises technologiques ainsi que des universités privées, qui conduisent désormais leurs propres programmes. Jusqu'au milieu des années 2010, quelques acteurs se démarquaient aux côtés de Waymo, Tesla ou Uber. En 2018, on comptait plus de 40 parties prenantes dans la course au développement des technologies autonomes.

L'intérêt et l'enthousiasme pour ce développement ont entraîné des investissements considérables. Les États-Unis sont donc naturellement devenus la première nation en matière d'investissement avec un total de 55 G$ entre 2010 et 2018. Malgré un ralentissement dans les années qui ont suivi, les investissements persistent.

Véhicules individuels, partagés et services de livraison

La mobilité autonome se développe sur fond de libertés individuelles et dans de grandes métropoles où la route est reine. Rien d'étonnant donc à ce que les activités de recherche et développement tournent davantage autour de la voiture et impliquent la plupart des constructeurs automobiles. Les véhicules particuliers et les taxis représentent plus de la moitié des projets d'essai sur l'autonomie réalisés dans le pays. Les autres tests de transport de voyageurs utilisent des navettes et sont principalement le fruit de deux sociétés françaises : EasyMile et Navya. Local Motors, un constructeur de navettes américain, participe à environ un cinquième de ces expérimentations.

Les services de transport autonome partagé et de livraison autonome offrent aussi aux constructeurs automobiles une perspective pour de nouvelles sources de revenus, continuant d'attirer les investissements.

Un cadre réglementaire fragmenté

Chaque État garde le contrôle réglementaire en matière d'homologation, d'immatriculation, d'application du Code de la route, d'inspection de sécurité, d'infrastructure, ainsi que d'assurance et de responsabilité.

Chacun des États développe ainsi sa propre législation et son propre cadre réglementaire pour autoriser la conduite autonome sur la route. Le Nevada a montré l'exemple en accordant la toute première autorisation en 2012.

Différents États ont ainsi créé leurs propres groupes de travail ou comités stratégiques pour examiner et envisager une future législation pour les véhicules autonomes, tandis que d'autres n'ont toujours aucun cadre législatif. En 2021, environ trois quarts des États américains ont promulgué des lois ou décrets liés aux essais et à la conduite de véhicules autonomes.

LA NHTSA DÉFINIT DES NORMES DE SÉCURITÉ AU NIVEAU FÉDÉRAL

La NHTSA (Agence fédérale américaine chargée de la sécurité routière) a esquissé une feuille de route pour les États qui souhaitent poursuivre les essais et lancer le déploiement des VA. Elle leur propose des étapes à suivre plutôt qu'une série détaillée de textes législatifs. Cette agence prône aussi activement l'utilisation des technologies de communication I2V et V2V pour la sécurité.

Susan SHAHEEN

Professeure en génie civil et ingénierie environnementale, Université de Berkeley

Les VA partagés devraient avoir un impact marquant sur la mobilité. Les véhicules comme les taxis et les VTC peuvent potentiellement aider à réduire le taux de motorisation ainsi que les besoins de stationnement. Des nouveaux services pourront aussi voir le jour, des travaux sont par exemple en cours pour développer des véhicules de micromobilité autonomes (comme des scooters à trois roues) qui pourraient être réservés en ligne et livrés directement aux usagers. Cependant, les VA partagés pourraient également induire une augmentation des kilomètres parcourus en raison des véhicules vides qui "errent" au lieu de se garer. Ce risque doit être examiné avec attention, notamment par les pouvoirs publics. La sécurité et l'adoption par la société sont également des défis majeurs. Ils peuvent être illustrés par la disparition du "eye contact" avec les conducteurs qui va changer près d'un siècle de comportement humain ! En outre, des mesures devront être prises pour garantir l'équité sociale, la vie privée, la protection des données et instaurer la confiance dans cette technologie émergente.

État d'avancement

- Robotaxis à l'essai depuis 2017 malgré l'accident fatal de 2018 avec Uber
- Premier service pilote de taxis sans chauffeur en 2020
- 16 États autorisent le déploiement complet et 12 les essais

Forces

- Des constructeurs et entreprises technologiques de pointe qui dominent l'industrie des VA
- Un rythme de développement soutenu
- Une forte capacité d'investissement

Challenges

- Disparités entre les États en matière de réglementation
- Un développement principalement axé sur la voiture particulière
- Mise à niveau de l'infrastructure routière

FRANCE

Une stratégie nationale spécifique au développement de la mobilité autonome

Acteur tardif dans la course à l'autonomie, la France a élaboré une stratégie nationale complète et lancé plusieurs expérimentations sur les VA fortement axées sur les transports en commun. Elle partage aujourd'hui sa vision de la mobilité autonome avec le reste du monde et expérimente ses technologies dans de nombreux pays.

Une feuille de route spécifique pour 2022

En 2018, les pouvoirs publics ont adopté une stratégie nationale et un vaste plan d'action publique pour soutenir le développement des VA qui s'articule autour de trois principes fondateurs : sécurité (pour des systèmes), progressivité (des technologies) et acceptabilité (des usagers). Ce plan établit un cadre solide pour répondre à toutes les principales exigences du développement des VA.

Les complexités technologiques et réglementaires, ajoutées à la crise sanitaire, ont toutefois freiné l'ambition initiale qui était de voir les VA entrer en circulation à l'horizon 2020. En décembre 2020, les pouvoirs publics ont mis à jour la feuille de route et fixé un nouvel horizon à 2022.

Priorité au cadre juridique et aux expérimentations dans le transport public

La France est entrée de bonne heure dans la course en matière de législation mais a pris du retard à l'apogée du buzz médiatique. Jusqu'en 2018, le manque de cadre pour normaliser les conditions d'homologation ralentissait le lancement des expérimentations sur les VA, face à une demande croissante des acteurs privés de développer des technologies de mobilité autonome. Une fois la stratégie nationale dévoilée en 2018, de nouveaux outils réglementaires ont facilité la délivrance des autorisations. En 2019, l'agence française de la transition écologique (ADEME) a lancé un programme public d'expérimentations centralisé baptisé EVRA (Expérimentation du Véhicule Routier Autonome). Deux consortiums qui couvrent 16 expérimentations à travers le pays ont été retenus (nommés SAM et ENA), parmi lesquelles une dizaine touchent au transport collectif, principalement en zone péri-urbaine avec des expérimentations orientées vers des services de navettes.

Depuis, les pouvoirs publics continuent de préparer le cadre réglementaire. Un récent décret publié en juillet 2021 autorisera la circulation des véhicules autonomes sur route ouverte d'ici 2022 via une adaptation du Code de la route.

Population : 67, 39 millions d'habitants (Mai 2021)

Densité: 118, 27 hab./km²

Position dans l'indice de préparation aux véhicules autonomes KPMG (2020) : **#19**

Les navettes françaises sont partout

La France est un leader mondial sur le marché des navettes autonomes. Parmi les dizaines d'entreprises qui construisent et testent des navettes, les deux entreprises françaises, EasyMile et Navya, participent le plus aux expérimentations dans ce domaine. D'autres sociétés ont également développé leurs propres navettes comme 2getthere (Pays-Bas) et Local Motors (Etats-Unis).

INTEROPÉRABILITÉ AVEC LES INFRASTRUCTURES EUROPÉENNES

Les VA soulèvent déjà la question de l'harmonisation de l'infrastructure routière au niveau européen. Si elle ne figure pas pour l'heure au rang des priorités dans la mesure où la libre circulation des VA à travers l'Europe n'est envisagée qu'à long terme, la commission européenne a déjà lancé des projets de recherche (tels qu'InterCor et C-Roads) pour mettre en lumière des problèmes d'ordre technique et réglementaire.

Come BERBAIN

Directeur de l'innovation, Groupe RATP

Si nous voulons réduire les embouteillages et construire une meilleure qualité de vie dans nos villes, nous devons continuer à développer la mobilité partagée et la multimodalité. Les navettes autonomes offrent une formidable opportunité. C'est pourquoi la RATP expérimente des navettes depuis 2017 pour le transport public et pour le service aux entreprises avec des progrès continus. Nous avons déjà ouvert en 2021 un premier service opérationnel de navettes autonomes (Arval transport service) et poursuivons notre programme d'expérimentation en région parisienne ainsi que dans différentes villes de France.

Cependant, le modèle économique de ces services doit encore être validé pour démontrer sa rentabilité. Pour ce faire, la suppression de l'opérateur de sécurité à bord est une étape clé et notre prochain grand défi.

État d'avancement

- Plus de 50 autorisations d'essai délivrées jusqu'en 2018
- Un programme d'expérimentations lancé en 2019, toujours en cours en 2021
- Création d'un cadre réglementaire lancée en 2015, toujours en cours d'élaboration en 2021

Forces

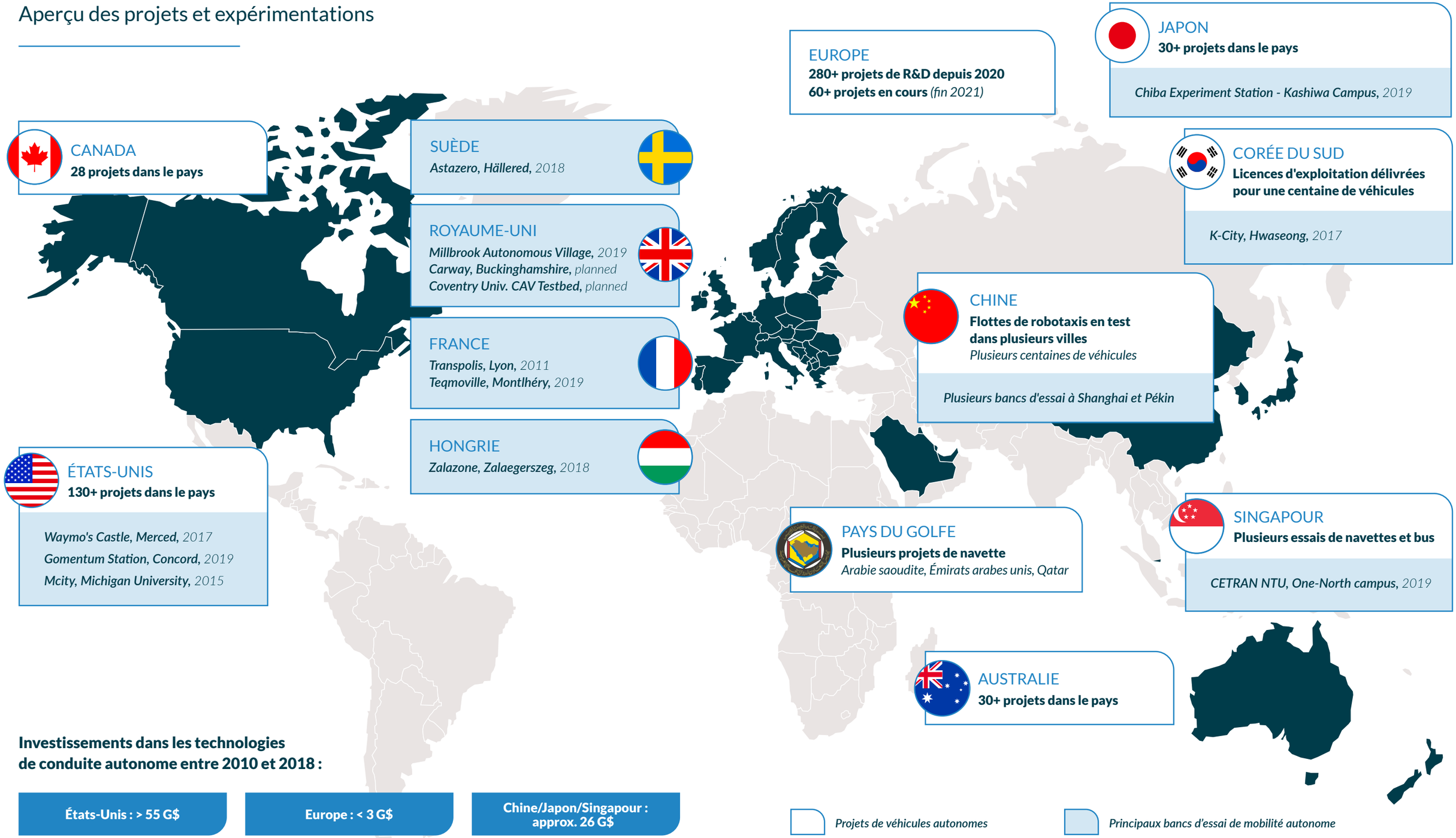
- Une stratégie nationale publique forte
- Une réflexion avancée sur des enjeux clés : cadre, cybersécurité, territoires, usages, acceptabilité
- Des constructeurs qui exportent et expérimentent partout dans le monde

Challenges

- Acceptation et adoption encore mitigées des VA par les usagers
- Implication modérée des grandes entreprises du numérique
- Un contexte européen qui engendre une complexité pour la normalisation et la règlementation

LA MOBILITÉ AUTONOME À TRAVERS LE MONDE

Aperçu des projets et expérimentations



Investissements dans les technologies de conduite autonome entre 2010 et 2018 :

États-Unis : > 55 G$	Europe : < 3 G$	Chine/Japon/Singapour : approx. 26 G$

Source : McKinsey

POUR EN SAVOIR PLUS

PUBLICATIONS SUR SYSTRA.COM

L'autonomisation des transports publics : Perspectives, enjeux et technologies
2018

Les futurs du métro vus par SYSTRA et Usbek & Rica
2020

Mobility as a Service vu par SYSTRA et Usbek & Rica
2021

INTERVIEW

Autonomous shuttles and bus rapid transit: understanding the value and risks
Directrice programme des systèmes de transport innovant chez SYSTRA,
The Future of Transportation World Conference
2019

www.thefutureoftransportconference.com

Direction du projet

Mathieu Martin
Maud Bernard
Thomas Bruel
Tristan Vandeputte

Rédaction

Marie Cleuet
Michael Gregorevic
Mathieu Martin
Mathieu Mélenchon
Reza Vosooghi

Mise en page et illustration

Marie Pfund
Cédric Gerard, BeFree

Traduction

Wessex Translations

www.systra.com

Crédits

P.3 : ©CS/CAPA PICTURES; **p.5** : © 2021 SAE International.; **p.19** : ©Suzi Media - stock.adobe.com; **p.25** : ©Siarhei - stock.adobe.com; **p.26** : ©f11photo - stock.adobe.com; **p.28** : ©Sean Pavone 2015; **p.30** : ©Augustin Lazaroiu;
01/2022

SYSTRA - SA à conseil de surveillance et directoire, SAS au capital social de 33 302 018 euros - 387 949 530 RCS PARIS

SYSTRA