

## Comment accélérer la mobilité durable avec le véhicule autonome ?

Mathieu Saujot, Oliver Sartor, Laura Brimont (Iddri)

**L**a mobilité autonome suscite depuis quelques années une attention médiatique importante. D'après les prédictions de ses promoteurs, des véhicules connectés et totalement autonomes seront commercialement disponibles d'ici une dizaine d'année et permettront de faire baisser la congestion et la mortalité routières.

Cet optimisme tend toutefois à masquer les incertitudes qui entourent le futur de cette technologie, au premier rang desquelles figurent les incertitudes technologiques : le chemin vers l'autonomie complète est encore long et incertain. De plus, différents scénarios et modèles de développement de cette innovation peuvent se concrétiser (flotte de taxi partagé vs véhicule individuel), portant chacun des risques mais aussi des opportunités. Confrontés à l'impératif de construire une mobilité plus durable, plus accessible et efficace, les décideurs publics doivent s'interroger sur la manière dont l'autonomie peut aider à transformer la mobilité : dans quelle mesure les véhicules autonomes (VA) contribueront-ils à réduire la pollution locale et à décarboner le secteur des transports ? À réduire le nombre de voitures et leur emprise sur l'espace ? Permettront-ils d'améliorer l'accessibilité pour tous et contribueront-ils à réduire les coûts de mobilité ?

Les réponses à ces questions dépendent de la trajectoire de développement de la mobilité autonome. Faisant l'hypothèse que cette trajectoire reste à écrire et que les pouvoirs publics locaux et nationaux ont un rôle clé à jouer pour l'orienter, notamment en définissant les conditions d'entrée sur le marché, cet *Issue Brief* présente les principaux facteurs structurants de la mobilité autonome, sur lesquels les décideurs publics devront intervenir pour que les VA soient des moteurs de la mobilité durable. La seconde partie de ce *Brief* illustre pour sa part les risques et les opportunités du VA pour la mobilité durable.

### MESSAGES CLÉS

- La mobilité autonome a un fort potentiel de transformation de la mobilité, notamment vers plus de durabilité. Mais à rebours des messages diffusés par les promoteurs de la mobilité autonome, son futur est loin d'être écrit : plusieurs scénarios contrastés de développement et d'impacts peuvent se concrétiser.
- Les autorités publiques auront un rôle clé à jouer pour orienter cette technologie vers les scénarios souhaitables et fixer les conditions d'intégration de la mobilité autonome (aménagement de la voirie, régulation de la mobilité locale, soutien aux expérimentations, tarification des services).
- Elles doivent en amont se demander à quelles conditions les VA peuvent les aider à atteindre leurs objectifs de mobilité durable.
- Le secteur privé doit également s'interroger sur la manière dont les solutions technologiques et industrielles qu'il développe s'intégreront dans le système de mobilité de demain.
- Cette vision commune de la mobilité autonome devrait s'élaborer avec les pouvoirs publics locaux et nationaux.

Cette publication a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-10-LABX-01.

Institut du développement durable  
et des relations internationales  
27, rue Saint-Guillaume  
75337 Paris cedex 07 France

## 1. QUELLE MOBILITÉ AUTONOME ?

Nous considérons que le développement de la mobilité autonome sera structuré par les points de rencontre entre des possibles technologiques et serviciels et des demandes à la fois individuelles et collectives (réduction de la congestion, de la pollution, garantie d'un droit à la mobilité pour tous, etc.).

### 1.1. Quel niveau de maturité de la technologie autonome ?

#### *Possibles technologiques*

Il existe cinq paliers d'autonomie<sup>1</sup>, définis par la capacité croissante du véhicule à réaliser une diversité de manœuvres sans la surveillance d'un conducteur et ce dans une diversité de situations de conduite. Le niveau 5 renvoie à un horizon théorique de véhicule autonome en toute situation.

L'obstacle majeur au développement de niveaux élevés d'autonomie est la complexité de l'interaction des VA avec les véhicules classiques durant la phase de coexistence et avec les autres usagers de la voirie. Cette contrainte implique d'atteindre un certain niveau d'acquisition de données de conduite, de développer une grande capacité de calcul et des protocoles de test permettant de confronter les algorithmes des VA à une grande variété de situations.

Face à ces enjeux technologiques, les acteurs de la mobilité autonome développent différentes stratégies en fonction des compétences et des ressources de leur cœur de métier : apprentissage progressif *via* une autonomisation perçue comme un équipement supplémentaire des automobiles (constructeurs automobiles, Tesla) ; apprentissage *via* des navettes sur sites propres (opérateurs de transports urbains) ; ou déploiement plus direct par exemple *via* des flottes avec un conducteur de sauvegarde (Google Car, Uber).

Enfin, la cartographie de la mobilité autonome pose une question de régulation et de sécurité publique, dans la mesure où elle va devenir une nouvelle infrastructure digitale de la mobilité. Dans ce contexte, la question de savoir quel acteur imposera sa cartographie constitue un véritable enjeu politique.

1. Le niveau 1 et le niveau 2 incluent respectivement une et plusieurs fonctions autonomes simultanées (ex. volant et accélération) tout en laissant la surveillance de la conduite au conducteur. Le niveau 3 d'autonomie conditionnelle permet au conducteur de ne plus avoir à surveiller la conduite dans certaines situations, tout en restant derrière le volant en cas de besoin. Le niveau 4, plus nettement disruptif, renvoie à des véhicules qui n'ont plus besoin de conducteur humain dans un nombre significatif de modes de conduite.

L'autonomie fait ainsi face à de nombreuses contraintes techniques, qui imposent des investissements importants, comme par exemple la nécessité de créer des zones ou des voies dédiées au VA, ou de posséder une cartographie précise du territoire. La manière dont l'action publique pourra ou non lever ces contraintes sera décisive pour orienter le développement de la mobilité autonome et rendre ainsi possible des services de rupture.

### 1.2. Qui pourra se payer l'autonomie ? Rencontre entre possibles serviciels et demandes individuelles

Une des promesses de la mobilité autonome est d'économiser le coût des chauffeurs des transports en commun et des taxi/VTC pour développer de nouvelles offres de mobilité non économiquement viables dans le contexte actuel. Face à cette promesse de gain économique se pose la question du coût de la technologie autonome, décisive pour déterminer la nature de l'offre de services et de ses utilisateurs potentiels : s'agira-t-il d'un marché de niche à coût élevé ou pourra-t-on développer des services offrant à l'utilisateur un prix proche de celui des transports en commun ?

La littérature existante prévoit qu'à terme le matériel numérique nécessaire pourrait représenter quelques milliers d'euros par véhicule et que le coût au km d'une flotte de VA pourrait s'avérer compétitif vis-à-vis des autres modes de transport urbain. Cette prévision dépend des avancées technologiques, de la capacité des acteurs à profiter de rendements d'échelle et des choix qui seront réalisés sur l'usage des VA : une vitesse élevée implique par exemple de plus grands besoins en termes de capacité de calcul et donc une infrastructure numérique plus lourde, tandis que le partage des véhicules permettrait de faire baisser le coût du km/usager. Si les incertitudes concernant ces facteurs sont grandes, les investissements massifs consentis par de nombreux acteurs privés sur ce secteur semblent indiquer que des offres de mobilité autonome pourraient être économiquement viables à moyen terme.

**Le coût de la mobilité autonome sera également déterminé par le cadre de régulation (subventions, taxes, modes de tarification) imposé.**

### 1.3. Quelles seront les premières offres de mobilité autonome ? Rencontre entre possibles technologiques et serviciels et demandes collectives

Différentes configurations de possession et d'usage pour le VA (entendu ici à des niveaux d'autonomie 4 ou 5) sont envisageables et peuvent en

théorie coexister : voiture individuelle classique, voiture individuelle pouvant être reversée dans une flotte lorsqu'elle n'est pas utilisée par son propriétaire (modèle de Tesla), flotte privée de VA partagés (type UberPool) ou non, réseau de minibus opéré par un opérateur de transport public, etc.

La gestion de la coexistence entre le VA et les autres modes de transport sera déterminante dans la viabilité de ces offres servicielles : les aménagements de la voirie réalisés seront plus favorables à certaines offres que d'autres ; les premières expériences détermineront la perception du grand public sur cette technologie ; les effets de réseaux donneront un temps d'avance aux premiers acteurs, etc.

**Les acteurs publics auront donc un rôle crucial à jouer pour assurer une coexistence acceptable entre le VA et les autres modes de transports, et de manière plus large la coordination avec le reste du système de mobilité.**

#### 1.4. Quelles demandes, quels usages ? *Demandes individuelles et collectives*

Le succès de la mobilité autonome dépendra de la confrontation entre son coût et ses bénéfices pour les usagers, notamment en termes de confort et de gain de temps<sup>2</sup>.

Les formes d'usage des VA dépendront également du niveau d'acceptation d'un transport collectif et partagé. Est-ce que la tendance au partage de trajet s'étendra progressivement à toute la société grâce au VA ? Ou cela sera-t-il un obstacle ?

D'autres enjeux liés aux usages structureront également le déploiement de la mobilité autonome : peur suscitée par la dépendance à une technologie perçue comme non fiable, réticence face à l'abandon de la conduite, opposition des autres usagers de la voirie.

**Plus fondamentalement, la mobilité autonome s'inscrira-t-elle dans la prolongation d'un modèle de mobilité individuelle, synonyme de confort et demain de connectivité (la voiture comme lieu de service et de divertissement) ? Ou dans celui d'un modèle de « mobility as a service », synonyme de flexibilité où c'est le service rendu en termes de mobilité, quel que soit le véhicule, qui prime ? Si les pouvoirs publics n'ont pas la maîtrise de tous les leviers pour orienter cette transformation sociale et technique, ils ont néanmoins un rôle clé à jouer pour l'influencer.**

2. L'une des promesses du VA est de permettre aux passagers de consacrer le temps de transport à d'autres tâches que la conduite. Mais on peut également imaginer que le VA diminue les temps de parcours, par exemple s'ils permettent de diminuer la congestion.

## 2. QUELS RISQUES ET OPPORTUNITÉS POUR UNE MOBILITÉ DURABLE ?

La Figure 1 (page suivante) regroupe un ensemble de risques et opportunités liés à la mobilité autonome et les organise suivant différentes dimensions. Les cinq cercles bleus représentent les déterminants des consommations énergétiques et des émissions<sup>3</sup> de gaz à effet de serre de la mobilité, tandis que le cercle violet regroupe les impacts sociaux. Cette section décrit deux visions afin d'illustrer ces risques et opportunités.

### 2.1. Vision 1 : flotte de VA totalement autonome (ITF 2015)

Cette vision, basée sur un exercice de modélisation comme celui réalisé par ITF (2015), reflète un choix public radical : les véhicules « classiques » sont interdits d'un centre-ville où est déployée une flotte de VA<sup>4</sup>. Les usagers ont une incitation forte (voire sont contraints) à partager les véhicules.

Les impacts sont très positifs. Neuf véhicules sur dix sont enlevés de la circulation, ce qui permet d'économiser de l'espace urbain. Avec un régulateur unique qui alloue les voyageurs aux véhicules disponibles, on peut en outre significativement augmenter le taux d'occupation des véhicules et ainsi réduire la consommation énergétique par passager. L'usage intensif des véhicules pourrait également être favorable à un choix de motorisation électrique : comparativement aux véhicules thermiques, les véhicules électriques sont plus coûteux à l'achat mais moins coûteux à l'usage.

Toutefois, pour assurer les besoins de mobilité, ces véhicules roulent de manière intensive et il est difficile de faire baisser la circulation (nombre de veh.km) et le niveau d'occupation de la voirie<sup>5</sup>. Assurer un haut niveau de partage paraît indispensable pour éviter des effets rebonds en termes de veh.km. Enfin, cette vision illustre les risques

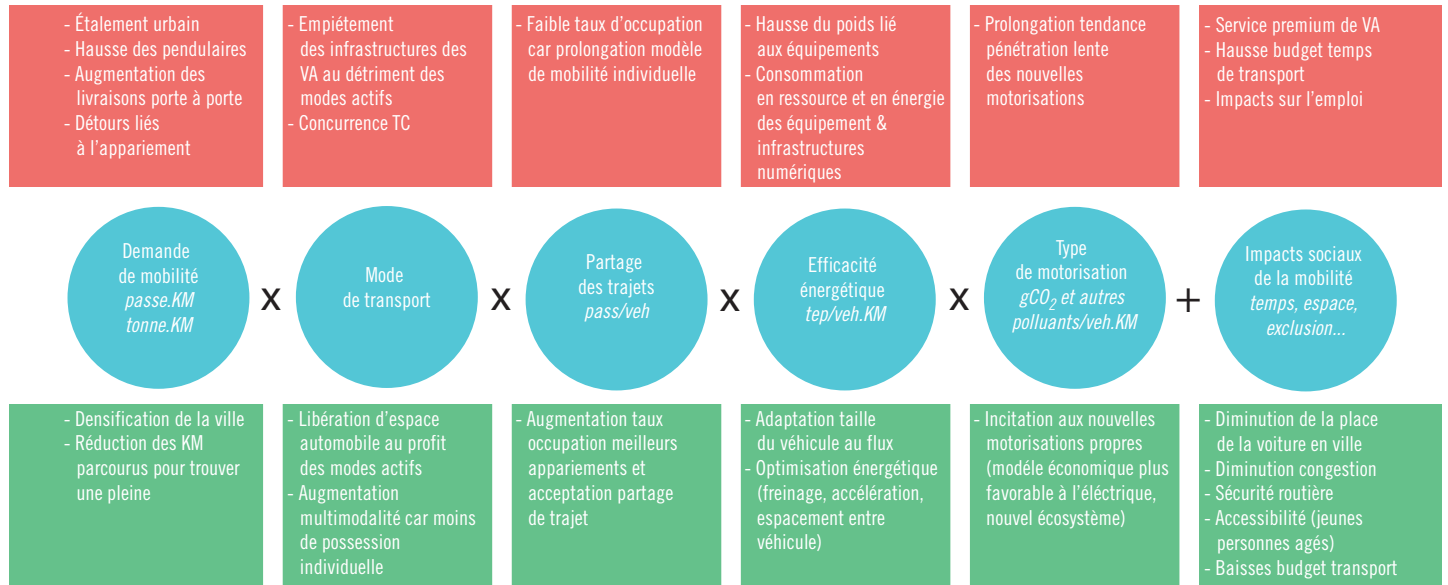
3. Calculer les émissions totales de CO<sub>2</sub> d'un système de mobilité nécessite d'informer chaque cercle (combien de pass.km par mode, efficacité énergétique de chaque mode...) et de les multiplier.

4. International Transport Forum, 2015, Urban mobility system upgrade. Le scénario d'ITF est testé selon trois hypothèses : 100 % des voitures individuelles et des bus sont remplacés soit par une flotte de taxis partagés (A), soit par une flotte de taxis classiques (B) ; scénario de transition où coexistent véhicules classiques (50%) et VA (C). Il y a 3 tailles de taxi (1-2 ; 3-5 ; 5-8) et un algorithme qui alloue les usagers à ces offres, en s'assurant qu'elles respectent des contraintes de temps acceptables.

5. Résultats en termes de circulation (+6 % de veh.km pour A car report usagers des bus + détours + stationnement ; +50 % durant la pointe pour B avec métro) et de congestion (niveau d'occupation de la voirie assez similaire à la référence pour A mais +80 % pour B sans métro).

Figure 1. Risques et opportunités liés à la mobilité autonome

Risque pour la mobilité durable - conséquences possibles de l'autonomie qui vont impacter les indicateurs des cercles bleus



Opportunités pour la mobilité durable - conséquence possible de l'autonomie qui vont impacter les indicateurs des cercles bleus

associés à la période de transition : en prenant l'hypothèse que les VA coexistent avec des véhicules « classiques », la diminution du parc automobile est moins importante que dans le premier scénario, et la circulation augmentée<sup>6</sup>.

## 2.2. Vision 2 : effets rebonds généralisés

Dans cette vision<sup>7</sup>, la technologie autonome est utilisée pour améliorer la mobilité individuelle en termes de confort et de gain de temps. On fait également l'hypothèse que la congestion diminue grâce à une fluidification du trafic. La conséquence indirecte de cette amélioration de la mobilité individuelle est un éloignement des lieux de résidence des ménages par rapport à leur lieu de travail, dans une dynamique d'étalement urbain. Le VA pourrait également devenir un véritable lieu de vie (bureau, lieu de rencontre entre amis) et n'être plus seulement un moyen de transport. Ainsi, le nombre de kilomètres parcourus pourrait fortement augmenter, sans modification significative du taux d'occupation, ce qui reviendrait à augmenter les consommations énergétiques. Dans

les centres urbains où le coût du stationnement est élevé, les propriétaires pourraient renvoyer leur véhicule se garer dans les zones périphériques, générant des km supplémentaires parcourus « à vide ». La transformation des pratiques d'achat en ligne pourrait se combiner à l'autonomie pour conduire à une inflation des déplacements liés aux livraisons ; des offres de magasins ambulants pourraient se développer, à partir du moment où le coût de la mobilité autonome serait inférieur aux coûts du loyer d'un bail commercial. Les VA pourraient également concurrencer les transports en commun et fragiliser leurs modèles économiques.

Ces images radicales du futur ne sont pas forcément les plus probables, mais permettent d'illustrer les risques et les opportunités du VA pour la mobilité durable. Les pouvoirs publics locaux et nationaux ont un rôle clé à jouer pour orienter le développement de cette technologie que ça soit en termes de réglementation mais aussi en termes de choix d'investissements industriels et d'infrastructures. Encore faut-il pour cela disposer d'exercices de prospective ouverts aux transformations radicales envisageables avec la mobilité autonome et permettant d'identifier leurs conditions de mise en œuvre et leurs conséquences pour la mobilité durable. **Tel est l'enjeu du projet « New Mobility Clean Mobility ? » actuellement mené par l'IDDRI.**

6. Si on conserve 50 % de voitures « classiques », seuls 2 véhicules sur 10 sont retirés et le nombre de veh.km durant la pointe augmente [A +35 % ; B +55 %].

7. Voir par exemple la vision de Robin Chase, présidente de Zipcar. <https://www.youtube.com/watch?v=DeUE4kHRpEk>