



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Berne, le 21 décembre 2016

Conduite automatisée – Conséquences et effets sur la politique des transports

Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat
Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Automobilité»

O353-1246

Condensé

De multiples possibilités

Le postulat 14.4169 «Automobilité. Voitures sans conducteur. Impact pour la politique des transports» prie le Conseil fédéral de soumettre au Parlement un rapport sur l'impact des voitures-robots sur la politique des transports.

Ces prochaines années, la numérisation croissante ne manquera pas d'influencer également le domaine de la mobilité. Les véhicules automatisés et les autres possibilités du monde numérique ouvrent en effet d'intéressantes perspectives et ont le potentiel de transformer le paysage suisse des transports dans les 15 à 25 ans à venir. Ces technologies pourront favoriser une mobilité plus sûre, plus propre et plus efficace, surtout si les véhicules automatisés seront tous interconnectés et si leur utilisation sera intelligemment combinée avec les nouvelles possibilités – en plein essor – qu'offrent la numérisation, les services de télécommunication et les services Internet.

Possibilités intéressantes pour le trafic routier et pour les transports publics

Les véhicules automatisés permettront d'améliorer la sécurité du trafic routier, de fluidifier la circulation et de mieux exploiter les capacités disponibles. Pour les usagers de la route, se déplacer dans des véhicules autonomes ne sera plus du «temps perdu» et ils seront dispensés d'activités fastidieuses, comme stationner ou conduire sur des routes surencombrées. Ces véhicules permettront en outre à de nouveaux groupes d'usagers, comme les personnes âgées ou handicapées et les enfants, d'accéder à l'auto-mobilité et augmenteront l'attrait des offres d'autopartage et de covoiturage.

Dans les transports publics également, les véhicules autonomes combinés aux autres possibilités du monde numérique présentent d'intéressantes perspectives, ouvrant la voie à des offres mieux adaptées aux besoins, plus efficaces et plus avantageuses. Sont concernées en particulier la couverture du «premier et du dernier kilomètres» ainsi que la desserte des zones rurales. De plus, à long terme, des offres d'un genre nouveau, comme les «taxis collectifs», les modèles d'autopartage et des modalités d'exploitation sans lignes prédéfinies ni horaire fixe, pourront compléter voire parfois remplacer efficacement les offres actuelles. La frontière entre transports publics et trafic individuel devrait progressivement s'estomper, en même temps que s'offriront de nouvelles possibilités de combiner les divers modes de transport. Il faudra cependant pour cela qu'en particulier les exploitants de services de transports publics régionaux et locaux s'emparent activement de ces possibilités, afin de se positionner avec succès sur un marché qui sera en pleine mutation.

Chances et risques en matière de besoins en ressources et d'environnement

Ces développements – aussi divers qu'attrayants – se traduiront par une augmentation générale du niveau de mobilité. Or, si les nouvelles technologies automobiles sont utilisées prioritairement pour gagner encore en confort et pour lancer des offres supplémentaires de mobilité relevant du trafic individuel, il pourrait en résulter une aggravation de la situation actuelle: l'occupation moyenne de chaque véhicule diminuera en raison de courses effectuées à vide et les problèmes de capacité du réseau routier ne feront ainsi qu'empirer. Cela aura pour effets d'accroître les besoins en surfaces, de réduire l'efficacité énergétique, d'augmenter la consommation d'énergie et de soumettre l'environnement à une pression accrue.

Si, au contraire, les nouvelles possibilités offertes par les véhicules automatisés sont combinées intelligemment avec celles du monde numérique et si l'acceptation du modèle de l'économie du partage augmente fortement, le tableau pourrait être très différent: la fluidification de la circulation, l'utilisation de véhicules plus légers et surtout la diminution du volume du trafic résultant de l'utilisation accrue de «taxis collectifs» réduiront sensiblement les besoins en surfaces et en énergie, ainsi que les émissions sonores et polluantes, liés au trafic routier. De plus, le nombre de véhicules diminuera, si bien que la nécessité d'étendre les infrastructures de transport se fera moins pressante. Enfin, surtout dans les villes, les besoins en places de stationnement diminueront également, ce qui permettra d'affecter les surfaces libérées à d'autres usages.

Au final, les effets de la conduite automatisée sur le volume du trafic, sur les besoins en surfaces et sur l'environnement dépendront fortement de la façon dont la société, l'économie et les pouvoirs publics géreront les nouvelles possibilités technologiques et de la mesure dans laquelle le vaste potentiel d'offres d'un genre nouveau sera exploité.

Effets importants sur le monde du travail

Les progrès de l'automatisation entraînent des changements dans le monde du travail dans presque tous les secteurs. La mobilité n'échappera pas à cette tendance: la conduite automatisée va progressivement remplacer – même si ce ne sera pas entièrement – les chauffeurs de camions, de bus et de taxis. Par ailleurs, si les véhicules sans conducteur pénètrent massivement le marché et que, dans la foulée, les offres d'autopartage et de covoiturage s'imposent largement, le nombre de véhicules nécessaires reculera. À cela s'ajoute que la propension à investir dans la propriété d'un véhicule personnel diminuera, du fait que la relation souvent très émotionnelle que les automobilistes entretiennent actuellement avec leur voiture devrait disparaître. Ces deux facteurs auront d'importantes répercussions sur l'industrie automobile et ses sous-traitants, les contraignant à réorienter leurs activités en profondeur.

Enfin, il faut s'attendre à ce que l'automatisation et ses nouvelles possibilités technologiques, ainsi que la combinaison de transports publics et de trafic individuel qui en résultera, auront également des effets sur les exploitants de transports publics régionaux et locaux. Eux aussi devront réorienter leurs activités.

Questions essentielles encore largement ouvertes

Comment la société, les milieux politiques et l'économie vont-ils gérer ces nouvelles possibilités technologiques? La question est encore largement ouverte. De plus, plusieurs aspects essentiels de la conduite automatisée sont encore à clarifier au niveau international. Ils concernent notamment la connexion des véhicules entre eux et avec l'infrastructure, la réglementation des échanges de données résultant de cette connexion, les exigences que devra satisfaire l'infrastructure numérique nécessaire, les questions de cybersécurité et de protection des données ainsi que le traitement de fond des questions juridiques.

Les avis des experts sur ces questions essentielles divergent encore largement et les nouvelles technologies en jeu ne pourront dans tous les cas s'imposer sur le marché que dans un avenir assez lointain. Tant que ces questions resteront ouvertes, il sera impossible d'estimer avec fiabilité quels seront les effets des véhicules sans conducteur sur le volume du trafic, sur les infrastructures de transport, sur les transports publics, sur l'environnement et sur l'aménagement des villes et du territoire. La seule certitude, en l'état, est que ces nouvelles technologies verront le jour et qu'elles ont le potentiel de métamorphoser le paysage suisse des transports.

TABLE DES MATIÈRES

Condensé.....	2
1. Mandat / Contenu du postulat	5
2. Contexte et contenu du rapport.....	6
2.1. Système de transport de qualité se heurtant de plus en plus à ses limites	6
2.2. Gagner en efficacité: une nécessité	6
2.3. Automatisation et numérisation dans le domaine de la mobilité: une chance à saisir	6
2.4. Contenu du rapport	7
3. Intégration et développements possibles	8
3.1. Les diverses facettes de la conduite automatisée	8
3.2. Technologie automobile: développements en cours et à venir	8
3.3. Nouveaux potentiels grâce à l'interconnexion.....	10
3.4. Combinaison avec les autres possibilités du monde numérique	10
3.5. Mise en œuvre de la conduite automatisée: deux approches envisageables	12
3.6. Diversité des développements internationaux	13
3.7. Essais pilotes en cours dans le monde entier	14
4. Effets possibles des nouvelles technologies.....	15
4.1. Effets certains et effets incertains	15
4.2. Diversité des effets sur le trafic	15
4.3. Chances et risques pour l'environnement et les besoins en ressources	18
4.4. Chances et risques pour l'aménagement des villes et du territoire	18
4.5. Effets importants sur le monde du travail.....	19
4.6. Conclusion: effets potentiellement contrastés.....	19
5. Défis et mesures à prendre	21
5.1. But: réaliser les potentiels disponibles	21
5.2. Aspects sociétaux, éthiques et politiques	21
5.3. Création des conditions techniques	22
5.4. Aspects liés à la planification et à la conception	23
5.5. Législation	25
6. Diversité des activités de la Confédération	28
6.1. Générer des connaissances et les mettre à disposition.....	28
6.2. Créer les conditions de planification et les conditions techniques	28
6.3. Créer les bases légales.....	29
6.4. Autres activités	30
7. Réponses aux questions du postulat	31
Annexe 1: Définition des six niveaux d'automatisation.....	33
Annexe 2: Développements technologiques disponibles ou prévisibles	34
Annexe 3: Bibliographie.....	35

1. Mandat / Contenu du postulat

Le postulat 14.4169 «Automobilité. Voitures sans conducteur. Impact pour la politique des transports» prie le Conseil fédéral de soumettre au Parlement un rapport sur l'impact des voitures-robots sur la politique des transports, ce rapport devant répondre aux questions suivantes:

1. Quand peut-on s'attendre à ce que les voitures-robots soient produites en série et mises sur le marché?
2. Quel impact la conduite sans chauffeur aura-t-elle sur la demande de prestations de transports publics et notamment sur les CFF?
3. De quelles infrastructures (route, rail) aura-t-on besoin si les voitures-robots deviennent un mode de transport de masse?
4. Quelles normes seront-elles requises ou prévoit-on d'imposer s'agissant de l'admission des voitures-robots en Suisse?

Dans son avis du 25 février 2015, le Conseil fédéral concluait qu'il est pour l'instant impossible de répondre de manière détaillée à ces questions. Il se déclarait néanmoins prêt à évaluer les effets de la conduite automatisée sur un plan général et, partant, à en esquisser les possibles effets sur la politique des transports.

Établi en vertu de cet engagement du Conseil fédéral, le présent rapport donne une vue d'ensemble des développements en cours et à venir dans le domaine de l'automatisation des véhicules et met en évidence les chances et les risques qui en découlent pour le système suisse de transport. Il présente également les défis liés à cette évolution, ainsi que la manière dont le Conseil fédéral entend les surmonter.

2. Contexte et contenu du rapport

2.1. Système de transport de qualité se heurtant de plus en plus à ses limites

La Suisse dispose d'un réseau routier très dense, de transports publics d'excellente qualité, d'un financement largement assuré de ses infrastructures de transport ainsi que d'une sécurité élevée de son approvisionnement.

Cette très bonne offre de transports – y compris en comparaison internationale – est cependant de plus en plus menacée: une population en constante augmentation et à la mobilité croissante ainsi que la grande prospérité et le développement économique du pays sont autant de facteurs qui poussent de plus en plus souvent le système de transport jusqu'à la limite de ses capacités. Aux heures de pointe, les trains et les bus surpeuplés font désormais partie du quotidien, tandis que sur les routes, le nombre d'heures d'embouteillage augmente chaque année.

Maîtriser cette surcharge croissante passe inéluctablement par un développement des infrastructures de transport. Or, dans un pays aussi densément peuplé que la Suisse, ce développement se heurte de plus en plus à ses limites spatiales, écologiques, sociétales et systémiques.

2.2. Gagner en efficacité: une nécessité

Pour poursuivre le développement des infrastructures de transport, il est par conséquent nécessaire et urgent de suivre de nouvelles approches intelligentes, propres à garantir le bon fonctionnement du système suisse de transport à l'avenir. L'utilisation plus efficace des offres existantes joue à cet égard un rôle clé.

Le système de transport actuel présente en effet de graves lacunes en termes d'efficacité: nos voitures sont inutilisées pendant 96 % du temps, sont onéreuses aussi bien à l'achat qu'à l'usage et sont très mal exploitées, puisque l'on ne compte en moyenne que 1,1 occupant par véhicule dans le trafic pendulaire. De plus, outre que le trafic individuel motorisé présente un risque accru d'accidents, le comportement souvent émotionnel des automobilistes ainsi que leurs habitudes horaires quotidiennes vont à l'encontre d'une exploitation optimale des capacités disponibles.

Quant aux transports publics, ils ne sont utilisés – en moyenne journalière – qu'à hauteur de 30 % de leurs capacités¹ [OFS 2016]. Ils présentent en outre un taux de couverture de leurs coûts inférieur à 50 %, tant sur le rail que sur la route, alors que le trafic individuel motorisé et le trafic lourd couvrent les leurs à hauteur respectivement de 90 % et de plus de 97 % [OFS 2016].

2.3. Automatisation et numérisation dans le domaine de la mobilité: une chance à saisir

L'utilisation de véhicules automatisés permettra d'augmenter encore la sécurité routière et de mieux exploiter les capacités disponibles.

Cette nouvelle technologie aura en outre un potentiel encore bien plus important si elle est intelligemment combinée avec les possibilités en plein développement du monde numérique. Citons pour exemples la capacité de collecter et d'analyser des volumes de données toujours plus grands ou la rapide diffusion de services Internet. Cela permettra de mieux regrouper la demande et de mettre à disposition des offres de mobilité plus flexibles, mieux adaptées aux besoins et plus avantageuses, ouvrant ainsi la voie à une transformation et à une amélioration du système suisse de transport.

Ce potentiel ne pourra cependant être pleinement exploité que si les usagers du système de transport acceptent de largement changer de comportement. Cela concerne en particulier les automobilistes: ils devront être davantage disposés à partager les véhicules avec des tiers et à renoncer en partie à leur autonomie personnelle. Si l'on ne parvient pas à proposer des offres attrayantes favorisant un tel chan-

¹ Trafic grandes lignes

gement de comportement et si, au contraire, le gain de confort personnel et le lancement d'offres supplémentaires relevant du trafic individuel prévalent, les véhicules autonomes pourront même aggraver les actuels problèmes de capacités du trafic routier.

2.4. Contenu du rapport

Le présent rapport est structuré comme suit:

- Le chapitre 3 fait l'inventaire des développements technologiques en cours et à venir en relation avec la conduite automatisée. Il présente ensuite les relations existant entre les technologies automobiles nécessaires à cette conduite et les autres possibilités offertes par la progression rapide de la numérisation. Enfin, il passe brièvement en revue les développements en cours à l'échelle internationale.
- Le chapitre 4 est consacré à une première estimation des possibles effets de ces développements technologiques sur la Suisse. Il montre que ces effets pourront largement différer selon l'utilisation qui sera faite des nouvelles possibilités technologiques et selon leur pénétration du marché.
- Le chapitre 5 présente les défis découlant des développements en cours et dresse la liste des questions ouvertes dans divers domaines: aspects sociétaux, éthiques et politiques, création des conditions techniques, planification et conception et, enfin, conditions légales.
- Le chapitre 6 donne une vue d'ensemble des mesures que la Confédération a prises à ce jour pour faire face à ces défis en temps utile.
- Enfin, le chapitre 7 répond aux questions posées dans le postulat – dans la mesure où l'état des connaissances actuelles le permet –, récapitulant du même coup les constats faits dans les chapitres précédents.

3. Intégration et développements possibles

3.1. Les diverses facettes de la conduite automatisée

La conduite automatisée a pour condition préalable fondamentale l'existence de la technologie automobile nécessaire à sa réalisation, autrement dit de la technologie permettant que la conduite des véhicules soit partiellement ou entièrement assurée par des systèmes techniques. Relevons que les possibilités en la matière seront bien plus importantes si les véhicules automatisés seront tous connectés aussi bien entre eux qu'avec l'infrastructure et si les dernières avancées de la numérisation ainsi que des services de télécommunication et des services Internet seront utilisés intelligemment.

L'échange permanent d'informations entre eux et avec l'infrastructure permettra par exemple aux véhicules de s'avertir mutuellement d'un danger, de rouler plus près les uns des autres et d'éviter les embouteillages, ce qui se traduira par une utilisation des capacités routières plus efficace qu'aujourd'hui. De plus, la combinaison judicieuse de ces technologies avec les nouvelles possibilités – en plein essor – résultant de la capacité de collecter et d'analyser des volumes de données toujours plus grands et de la diversification des services Internet favorisera l'éclosion d'offres et de modèles d'affaires d'un genre nouveau (voir illustration 1).

L'estimation des effets de la conduite automatisée doit donc tenir compte des trois niveaux suivants: «technologie automobile», «interconnexion» et «combinaison avec les autres possibilités du monde numérique».



Illustration 1: Le potentiel de la conduite automatisée ne pourra être pleinement exploité que moyennant une interconnexion globale et l'utilisation des autres possibilités de la numérisation ainsi que des services de télécommunication et des services Internet.

3.2. Technologie automobile: développements en cours et à venir

Les grands constructeurs automobiles et nombre d'entreprises informatiques développent et testent actuellement de nouvelles technologies de conduite automatisée. Précurseur en la matière, Google a commencé à tester des véhicules complètement automatisés avant 2010 et proposé en 2014 une approche entièrement nouvelle, voire révolutionnaire, fondée sur des véhicules sans volant ni pédales.

L'industrie automobile fait quant à elle la distinction entre des véhicules à automatisation partielle, conditionnelle, élevée ou complète (véhicules autonomes). Les véhicules à automatisation partielle, conditionnelle ou élevée sont capables d'assurer tout ou partie de la conduite dans des situations clairement définies. Dans les autres situations, ils rendent les commandes au conducteur. Les véhicules à automatisation complète circulent quant à eux constamment de façon autonome. Le degré d'automatisation des véhicules est donc très variable et c'est pourquoi une classification en a été établie. Elle compte six niveaux, allant de «Aucune automatisation» à «Automatisation complète» (voir annexe 1).

Certaines de ces technologies, connues sous le nom de systèmes d'assistance à la conduite, font déjà partie de l'équipement de série de nombreux véhicules et en secondent ainsi le conducteur. Citons pour

exemples le régulateur de vitesse adaptatif ou l'assistant au maintien de trajectoire. En constante évolution, ces technologies sont régulièrement enrichies de nouvelles fonctionnalités. En particulier l'assistance à la conduite dans les embouteillages est un système partiellement automatisé qui est d'ores et déjà disponible. Combinant le régulateur de vitesse adaptatif et l'assistant au maintien de trajectoire, il assure la conduite automatisée du véhicule en situation de circulation ralentie. Le conducteur se contente de surveiller le système et n'intervient qu'en cas de besoin.

L'automatisation de la conduite va poursuivre sa progression ces prochaines années et plusieurs véhicules entièrement automatisés sont déjà en phase de test. Les développements technologiques actuellement prévisibles sont présentés ci-dessous.

- **Stationnement automatisé sans conducteur à bord (voiturier automatique)**

Il existe déjà des systèmes de stationnement partiellement automatisés qui prennent le contrôle aussi bien du volant que de l'accélérateur et des freins, le conducteur n'ayant plus qu'une fonction de surveillance.

La technologie dite du voiturier automatique est une évolution de ces systèmes partiellement automatisés: une fois arrivé à destination, le conducteur pourra quitter le véhicule et le laisser se garer en toute autonomie, sur une place de stationnement déterminée.

Dans une étape de développement ultérieure, le véhicule se dirigera de lui-même vers une place de stationnement libre située à proximité du lieu de débarquement de ses occupants, puis, le moment venu, reviendra au même lieu pour en permettre l'embarquement.

- **Pelotons routiers**

Des véhicules interconnectés au moyen d'un système de communication normalisé seront groupés pour former des «attelages» virtuels, ou pelotons routiers. La distance entre les véhicules pourra ainsi être réduite au minimum et le «commandement» du peloton sera assuré par le véhicule de tête. La conduite en pelotons routiers est envisageable pour le transport de voyageurs comme pour celui de marchandises, même si, du point de vue économique, elle semble plus intéressante pour le second.

- **Conduite automatisée sur autoroute et sur route nationale**

Dans un système à automatisation conditionnelle, la conduite sur autoroute sera entièrement assurée par le véhicule lui-même. Dans une première étape de développement, le conducteur exercera uniquement une fonction de contrôle lorsque le système le lui demandera, toujours avec une anticipation suffisante². En l'absence de réaction du conducteur, le véhicule se mettra de lui-même en sécurité.

Dans l'étape de développement suivante, le conducteur ne devra même plus exercer de fonction de contrôle. Le système coordonnera la restitution sûre des commandes au conducteur avant de sortir de l'autoroute ou dans les situations critiques. Si ce n'est pas possible, il dirigera le véhicule vers un endroit sûr et en assurera l'arrêt complet.

- **Véhicules sans conducteur**

La chaîne des développements en cours aboutira à une offre de véhicules (voitures, bus et camions) qui rempliront en permanence toutes les fonctions de conduite: ils circuleront, stationneront et s'approvisionneront en énergie en toute autonomie. Comme ils n'auront plus besoin de conducteur, tous leurs occupants seront des passagers. Ces véhicules auront pour seule finalité d'assurer le transport sûr et fiable de voyageurs ou de marchandises de A à B. Ils seront peut-être dépourvus de volant et de pédales et pourront aussi être utilisés sur des réseaux routiers urbains complexes³.

² Par exemple lorsqu'en cas de chute de neige ou de forte pluie, la sécurité de la conduite automatisée ne sera plus garantie.

³ Voir par exemple le projet pilote «SmartShuttle» de CarPostal Suisse SA, en cours de réalisation à Sion (ch. 3.7).

3.3. Nouveaux potentiels grâce à l'interconnexion

Les véhicules actuels produisent déjà de très nombreuses données. Il s'agit toutefois de données propriétaires, dont les échanges ne sortent généralement pas du giron du fabricant des véhicules concernés. Certains constructeurs estiment d'ailleurs qu'il devra en rester ainsi.

C'est faire peu de cas du fait que la connexion globale des véhicules autonomes (et traditionnels), aussi bien entre eux (*car to car communication*, C2C) qu'avec l'infrastructure (*car to infrastructure*, C2X), présente un vaste potentiel de gain d'efficacité en matière d'utilisation des capacités et des offres existantes. Le cas échéant, il en résultera notamment les possibilités suivantes:

- l'échange entre tous les véhicules de données relatives à la sécurité – par exemple sur le freinage – augmentera considérablement la sécurité des usagers de la route. La distance entre les véhicules pourra en outre être réduite, ce qui augmentera la capacité des routes;
- les véhicules pourront être groupés pour former des «attelages» virtuels, ce qui permettra de gagner de la place (pelotons routiers, voir ch. 3.2);
- grâce à la communication entre véhicules et infrastructure, les routes existantes – notamment les carrefours urbains – pourront être utilisées plus efficacement. Les véhicules pourront en outre recevoir automatiquement des informations sur l'occupation des parkings, tandis que les exploitants de réseaux pourront leur transmettre directement des données sur les routes de contournement recommandées et sur les limitations de vitesse;
- l'interconnexion permettra de disposer d'informations plus complètes et plus précises sur l'état du trafic. L'estimation de la durée des trajets sera ainsi plus fiable que ce n'est le cas aujourd'hui et la gestion du réseau routier gagnera en efficacité, aussi bien pour les véhicules privés que pour les transports publics.

Cette interconnexion sera-t-elle réalisée et, le cas échéant, dans quelle mesure? La question est encore largement ouverte (voir ch. 5.3).

3.4. Combinaison avec les autres possibilités du monde numérique

Outre qu'elle permettra de sensiblement améliorer les offres de transport existantes, la combinaison de technologies automobiles de pointe avec les autres possibilités de la numérisation, des services de télécommunication et des services Internet favorisera l'éclosion d'offres d'un genre entièrement nouveau. Trois domaines sont particulièrement concernés:

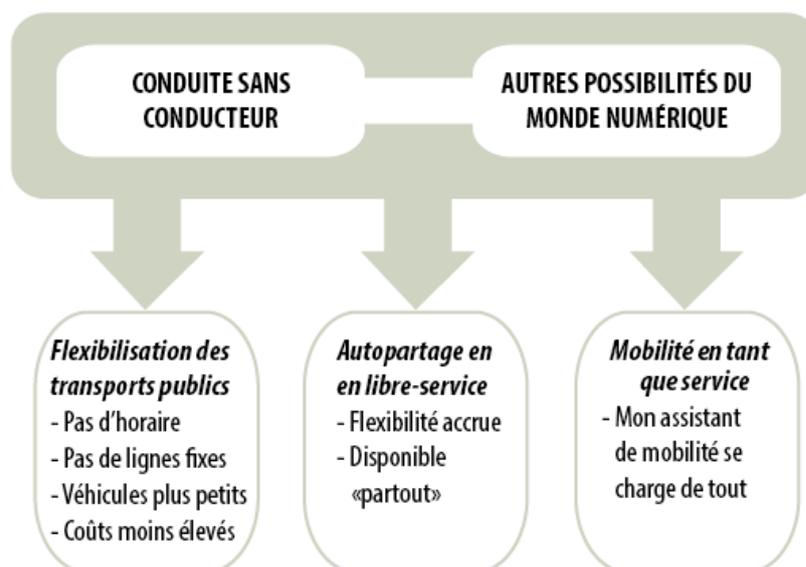


Illustration 2: La combinaison des véhicules automatisés avec les autres possibilités du monde numérique favorisera l'éclosion d'offres et de modèles d'affaires d'un genre nouveau.

- **Flexibilisation et individualisation des transports publics**

Il est concevable que des véhicules sans conducteur circulent à l'avenir, dans un périmètre donné, sans horaire fixe ni tracés de lignes prédéfinis. Les heures de passage des véhicules et leur itinéraire dépendront des demandes des usagers reçues en temps réel, ces demandes étant coordonnées, optimisées et gérées par un ordinateur central. Les usagers commanderont la course désirée par exemple au moyen d'une application, qui leur communiquera le lieu et l'heure du départ.

Les véhicules autonomes combinés avec les autres possibilités du monde numérique permettront de concevoir des offres de transports publics plus flexibles et plus individualisées. Idéalement et dans un futur plus éloigné, ce sera non plus aux clients de se plier aux tracés de lignes et aux horaires proposés, mais au contraire à ces derniers de s'adapter aux besoins des clients.

Les nouvelles technologies sont toutefois également intéressantes à court et à moyen termes pour assurer une meilleure couverture du «premier et du dernier kilomètres»⁴. Elles devraient en outre permettre de proposer des offres plus avantageuses et répondant mieux aux besoins, même dans les zones rurales, avec des effets positifs sur le taux de couverture des coûts.

- **Développement de l'autopartage et du covoiturage**

Le développement des offres actuelles d'autopartage et de covoiturage ouvrira des perspectives similaires. Moyennant la combinaison de véhicules sans conducteur avec les autres possibilités du monde numérique, ces offres gagneront en attrait. L'utilisation systématique de ces possibilités permettra de regrouper efficacement des modèles de demande souvent semblables, de proposer divers types de véhicules – tels que des véhicules disposant d'un équipement bureautique approprié ou d'une offre de divertissement attrayante – ainsi que de commander et de payer ces offres à l'aide d'une application.

Des simulations réalisées aux États-Unis [Burns 2013] montrent quel est le potentiel (théorique) de groupement des besoins de mobilité dans les grandes zones urbaines. Il en ressort que si l'ensemble du trafic actuel était assuré exclusivement au moyen de «taxis collectifs» autonomes, le nombre de véhicules nécessaires diminuerait de 90 %. Des études de l'École polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ) réalisées dans la région zurichoise confirment ce résultat.

Outre qu'ils seront probablement moins coûteux à exploiter que par exemple les taxis, les véhicules sans conducteur dispenseront les usagers d'avoir à conduire eux-mêmes et leur épargneront, par rapport aux offres actuelles d'autopartage, la double corvée consistant à prendre le véhicule en charge à un emplacement fixe et à l'y ramener⁵. Il sera en outre toujours possible, selon ses préférences, d'utiliser le véhicule seul ou de le partager avec d'autres passagers. Enfin, des offres d'autopartage et de covoiturage attrayantes compléteront idéalement les transports publics, de telle manière qu'elles pourront, au niveau de la desserte capillaire, se substituer aux trains régionaux des lignes peu fréquentées.

Comme le montre la plateforme de véhicules de transport avec chauffeur d'Uber, de telles offres sont concevables même sans véhicules automatisés. Ces derniers contribueront cependant à les étendre et à en améliorer la qualité, du fait qu'ils permettront de flexibiliser les offres de transports publics ainsi que celles d'autopartage et de covoiturage, comme décrit ci-dessus.

- **La mobilité en tant que service**

À l'avenir, l'utilisateur pourra gérer sa mobilité dans son ensemble en s'appuyant sur un ou plusieurs prestataires centraux de services de mobilité. Il indiquera la destination et l'heure d'arrivée souhaitées, ainsi que ses éventuelles autres préférences, dans son «assistant personnel de mobilité». Chaque prestataire de mobilité sollicité lui proposera alors son itinéraire porte à porte optimal, compte tenu des souhaits exprimés, de l'état du trafic et des moyens de transport disponibles. Il pourra s'agir en l'occurrence des moyens et des modes de transport les plus

⁴ Voir à ce sujet le projet pilote «SmartShuttle» de CarPostal Suisse SA, en cours de réalisation à Sion (ch. 3.7).

⁵ En août 2014, Catch a Car lançait à Bâle une nouvelle offre d'autopartage sans emplacement fixe. Suite au succès de l'essai pilote bâlois, l'offre a été étendue à Genève. De plus, Mobility offre désormais la possibilité d'effectuer des trajets aller simple sur certains parcours.

divers. L'utilisateur choisira l'offre qui lui convient le mieux, puis se laissera piloter par l'assistant personnel de mobilité.

Le prestataire de mobilité collectera toutes les données nécessaires – dans les limites prescrites par loi –, assemblera l'offre optimale pour le voyageur, enregistrera la réservation de ce dernier et encaissera le montant dû pour chaque composante de l'offre. Il se pourra en outre que le parc de véhicules nécessaires soit en partie la propriété du prestataire de mobilité et qu'il inclue des véhicules autonomes.

3.5. Mise en œuvre de la conduite automatisée: deux approches envisageables

Les multiples possibilités technologiques sont susceptibles d'être développées et utilisées de façons très différentes. En ce qui concerne le développement des véhicules automatisés, deux approches de principe opposées sont actuellement discutées:

- **Scénario évolutif:** ce scénario repose sur un développement progressif des systèmes d'assistance à la conduite, jusqu'à la réalisation de véhicules autonomes. À court et à moyen termes, les véhicules seront toujours équipés d'un volant et de pédales et leur conducteur pourra en reprendre le contrôle à tout moment. Le «plaisir de conduire» restera d'actualité, de même que la relation émotionnelle que nombre de conducteurs entretiennent avec leur véhicule.

Soutenu en particulier par l'industrie automobile traditionnelle, ce scénario privilégie une augmentation du confort et de la sécurité. Il s'agit principalement d'épargner au conducteur les activités fastidieuses, comme la recherche d'une place de stationnement ou la conduite sur autoroute lorsque la circulation y est dense, et de lui permettre de vaquer à d'autres occupations que la conduite durant le trajet. L'exploitation du potentiel de l'interconnexion, tel que décrit plus haut, combinée à l'utilisation des autres possibilités du monde numérique servira surtout le gain de confort. Des utilisations plus étendues – comme le groupement de la demande selon le modèle des «taxis collectifs» ou l'individualisation des offres de transports publics – seront certes possibles, mais ne font pas partie des priorités de ce scénario.

L'avantage de cette approche réside en ceci que les véhicules pourront être progressivement adaptés à l'évolution de leur environnement, ainsi qu'à celle des usagers, des exploitants des infrastructures et des prestataires de services.

- **Scénario révolutionnaire:** ce scénario prévoit de passer sans transition des véhicules actuels aux véhicules sans conducteur. Il met la priorité sur la prévention des accidents, sur l'utilisation optimale des différentes offres de transport et sur la réduction des émissions de CO₂. Ce faisant, il propose un véritable changement de paradigme en matière d'utilisation des véhicules: le plaisir de conduire soi-même ne jouera plus aucun rôle et il s'agira exclusivement de se déplacer de A à B de la manière la plus confortable, la plus sûre et – idéalement – la plus écologique possible, ce qui nécessitera une interconnexion de tous les véhicules, combinée à l'utilisation systématique des autres possibilités du monde numérique.

Les tenants de ce scénario sont surtout les entreprises technologiques n'appartenant pas au secteur automobile, comme Google.

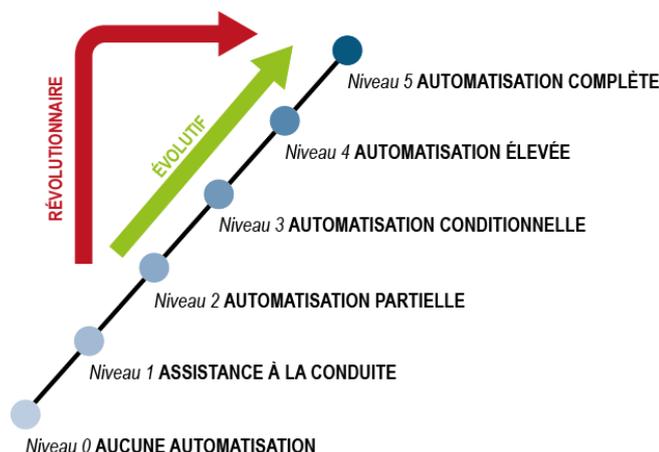


Illustration 3: Scénarios évolutif et révolutionnaire

Lequel de ces deux scénarios l'emportera-t-il? Il est trop tôt pour le savoir. La réponse à cette question dépend largement du délai dans lequel les véhicules du niveau 5 seront disponibles et de la manière dont la société voudra utiliser ces nouvelles possibilités technologiques.

Il y a cependant de fortes chances que les deux scénarios se combinent, en fonction des groupes d'utilisateurs concernés et du milieu. Il est tout à fait possible, par exemple, que le scénario révolutionnaire se vérifie pour les nouveaux groupes d'utilisateurs – comme les personnes âgées ou handicapées – en milieu rural ainsi que pour les jeunes pendulaires en milieu urbain, tandis que les automobilistes «traditionnels» favoriseront le scénario évolutif.

3.6. Diversité des développements internationaux

Le train révolutionnaire présenté par Google roule toujours plus vite. Et d'autres néophytes en matière de construction de véhicules ont avancé leurs pions: depuis le 14 septembre 2016, poursuivant activement sa stratégie en matière de conduite automatisée, Uber exploite des véhicules autonomes à Pittsburgh, en Pennsylvanie, et, début 2016, c'était Faraday Future qui présentait un véhicule expérimental. Tesla a en outre démontré qu'un constructeur non établi pouvait se lancer dans la production commerciale de véhicules et propose aujourd'hui en option un logiciel d'automatisation de ses voitures.

Aux États-Unis, quelques États ont délivré les premières autorisations d'essais de véhicules complètement automatisés, sur la base des directives de l'autorité fédérale compétente [NHTSA 2013]. La Californie, par exemple, a adopté une réglementation relativement restrictive. Les autorités fédérales américaines ont en outre mis un projet de réglementation globale en consultation [US DOT 2016].

En 2015, le Royaume-Uni a fixé les principes à observer en application de sa législation actuelle pour pouvoir faire circuler des véhicules entièrement automatisés sans autorisation spéciale [UK DfT 2015].

Fin 2015, conformément à sa stratégie présentée en cours d'année, l'Allemagne a lancé le projet *Digitales Testfeld Autobahn*, consistant à réaliser des essais sur autoroute en conditions réelles [BMVI 2015]. La stratégie allemande postule notamment que la Convention de Vienne sur la circulation routière⁶ (voir ch. 5.5) doit être adaptée de manière à admettre qu'un ordinateur puisse remplir la fonction de conducteur.

Enfin, l'Union européenne (UE) a établi, conjointement avec toutes les parties intéressées, un premier rapport sur les véhicules connectés et coopératifs [C-ITS 2016]. Ce rapport insiste notamment sur l'importance de la cybersécurité et de la protection des données. La prochaine étape consistera à intégrer la conduite automatisée dans le reporting stratégique de l'UE.

⁶ RS 0.741.10

3.7. Essais pilotes en cours dans le monde entier

De nombreux essais pilotes de conduite entièrement automatisée sont en cours dans le monde entier. Il n'est cependant encore nulle part permis de réaliser de tels essais sur la voie publique sans la présence d'un conducteur à bord. Aux États-Unis, les véhicules de Google initialement dépourvus de volant et de pédales ont dû en être équipés après coup. Le Royaume-Uni, grâce à sa législation spéciale régissant les essais de véhicules entièrement automatisés, a pu adopter une réglementation simple qui permet, à certaines conditions, de recourir à un téléopérateur, autrement dit à un conducteur contrôlant le véhicule à distance. Quant à l'Allemagne, avec son projet *Digitales Testfeld Autobahn*, elle entend tester les véhicules autonomes les plus divers en conditions réelles. En Suède, à Göteborg, Volvo étudie, sur certains tronçons de voie publique, les interactions entre véhicules entièrement automatisés et véhicules conventionnels. Les Pays-Bas souhaitent pour leur part promouvoir la formation de pelotons routiers transfrontaliers, tandis qu'en Finlande, on travaille depuis longtemps à des modèles de mobilité en tant que service. Enfin, l'UE prévoit d'étendre sa plateforme de systèmes coopératifs (*cooperative intelligent transport systems*, C-ITS), de s'engager davantage en faveur de la conduite automatisée et de poursuivre ses discussions sur le sujet avec toutes les parties prenantes.

Ne sont brièvement présentées ci-dessus que quelques-unes des activités prometteuses en cours dans le monde entier. Qu'en est-il de la Suisse? Notre pays n'est pas en reste: l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) a étudié et présenté des minibus sans conducteur [EPFL 2015]. En 2015, le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) a délivré à Swisscom une autorisation de durée déterminée permettant à l'opérateur de réaliser des essais de conduite entièrement automatisée sur certains tronçons de voie publique [OFROU 2015]. En juin 2016, c'était au tour de La Poste Suisse d'obtenir du DETEC une autorisation d'essais de durée déterminée, pour un projet particulièrement intéressant: deux navettes sans volant ni pédales transportent des passagers sur un tracé prédéfini au centre de la ville de Sion [CarPostal 2016]. Cet essai couvre les principales possibilités présentées aux ch. 3.2 et 3.4, respectivement sous les titres «Véhicules sans conducteur» et «Flexibilisation et individualisation des transports publics».

4. Effets possibles des nouvelles technologies

4.1. Effets certains et effets incertains

L'estimation des effets possibles de la conduite automatisée est encore loin de faire l'unanimité parmi les experts.

Ce qui est sûr, c'est que la conduite automatisée sera tôt ou tard une réalité et qu'elle ouvre d'intéressantes perspectives en matière de trafic routier: l'utilisation de la voiture gagnera encore en confort et en sécurité, de nouveaux groupes d'usagers pourront plus facilement accéder à la mobilité et les véhicules automatisés permettront d'exploiter les capacités disponibles plus efficacement, du fait qu'ils circuleront plus près les uns des autres et communiqueront tous entre eux. L'ampleur de ces effets positifs dépendra principalement de la pénétration du marché que ces nouvelles technologies et offres atteindront.

Les effets sur les facteurs d'influence essentiels que sont le volume du trafic, l'occupation du sol et l'efficacité énergétique sont par contre encore très incertains: si les conditions-cadres sont fixées adéquatement et les possibilités des nouvelles technologies exploitées opportunément, ces domaines connaîtront certainement des améliorations. Si l'on ne se préoccupe toutefois que de gagner en confort et de lancer de nouvelles offres de trafic individuel, la conduite automatisée pourra entraîner une augmentation du volume du trafic et, partant, une aggravation de la situation.

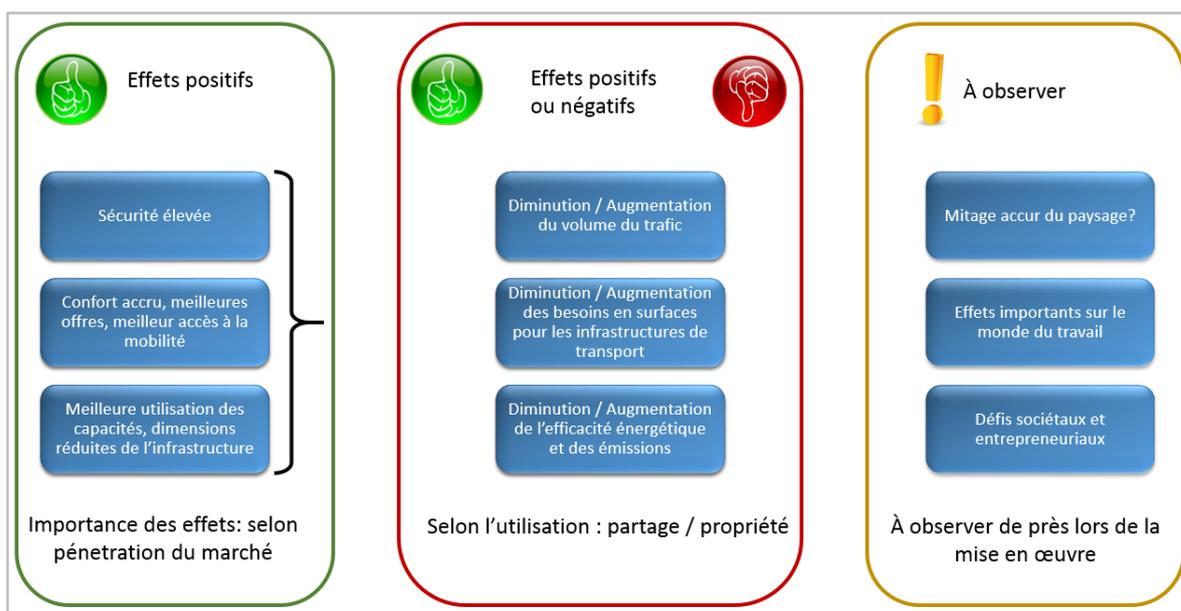


Illustration 4: Vue d'ensemble des effets potentiels de la conduite automatisée et des autres possibilités du monde numérique

4.2. Diversité des effets sur le trafic

Nette amélioration de la sécurité de la circulation routière

Les experts estiment qu'aujourd'hui plus de 90 % des accidents sont dus à une erreur humaine. Les véhicules autonomes élimineront ce facteur de risque.

En attendant que des véhicules entièrement automatisés soient disponibles, le développement de nouveaux systèmes d'assistance à la conduite va déjà progressivement accroître la sécurité de la circulation. Celle-ci va ensuite encore s'améliorer avec l'automatisation complète et l'interconnexion de tous les véhicules, mais il convient de souligner que même ces nouvelles technologies ne permettront pas de garantir une sécurité absolue.

Meilleure utilisation des capacités existantes

Les véhicules autonomes seront garants d'une conduite toujours correcte et optimale et non influencée par des émotions. Même sur des routes encombrées, il ne s'agira plus de gagner du temps individuellement, en concurrence avec les autres usagers: ce qui primera, ce sera l'utilisation optimale des capacités disponibles. Les nouvelles technologies permettront en particulier de réduire la distance entre les véhicules. Les véhicules autonomes présentent donc un gros potentiel d'amélioration de la fluidité du trafic sur autoroute et sur route nationale, ainsi que d'utilisation à la fois plus efficace et plus efficiente de l'infrastructure existante. Pour que ce potentiel se réalise pleinement, il faudra cependant que les véhicules soient tous connectés aussi bien entre eux qu'avec l'infrastructure.

L'effet d'augmentation des capacités sera directement proportionnel à la pénétration des véhicules autonomes sur le marché. Durant la phase de transition, il faut cependant s'attendre à ce que cet effet diffère largement selon le type de routes et selon leur localisation. Il est probable par exemple que les autoroutes et les routes nationales seront assez rapidement empruntées (presque) exclusivement par des véhicules autonomes, tandis que dans les zones urbaines et sur les routes secondaires, la part des véhicules avec conducteur restera élevée à plus long terme.

Une pénétration massive des véhicules autonomes sur le marché se traduira par une importante amélioration de l'utilisation des capacités disponibles. Si tous les véhicules étaient autopilotés avec précision et communiquaient en permanence entre eux, il serait concevable par exemple d'aménager des voies supplémentaires sur l'aire de circulation des autoroutes, sans étendre l'infrastructure existante, et de flexibiliser le système en modifiant le sens de circulation sur ces voies en fonction de la charge de trafic dans un sens et dans l'autre. L'utilisation exclusive de tels véhicules permettrait en outre d'augmenter sensiblement la capacité des routes et en particulier celle des carrefours dans les agglomérations. Assistera-t-on à de tels développements? La question reste ouverte. Et même si cela devait être le cas, ce ne sera possible que dans un avenir assez lointain. De plus, dans les agglomérations, les véhicules autonomes devront longtemps encore partager les infrastructures de transport avec les piétons, les cyclistes, les motocyclistes et d'autres véhicules non automatisés.

Les estimations quantitatives de l'effet d'amélioration de l'utilisation des capacités divergent encore largement et sont actuellement à l'étude. L'amélioration devrait cependant être significative.

Réduction du dimensionnement et de l'équipement des infrastructures routières

Les véhicules autonomes seront parfaitement adaptés au réseau routier. Les routes sur lesquelles circuleraient exclusivement de tels véhicules pourraient par exemple être conçues moyennant l'application de principes de dimensionnement réduit, tant pour la largeur de la chaussée que pour le rayon des virages [Maurer 2015]. Il en va de même du dimensionnement des places de stationnement. Grâce à l'automatisation des véhicules, celles-ci pourront être plus petites qu'aujourd'hui, d'une part parce que les véhicules auront besoin de moins de place pour manœuvrer et, d'autre part, parce qu'il n'y aura plus besoin de laisser des espaces latéraux suffisants pour sortir du véhicule ou y entrer.

Il sera également possible d'économiser sur l'équipement technique des routes. Ainsi, la signalisation physique et les installations de signaux lumineux pourront être largement supprimées aux carrefours, dans la mesure où les informations nécessaires seront transmises directement aux véhicules. Cela présupposera toutefois que plus aucun véhicule conventionnel ne circule sur les routes concernées et que la communication entre véhicules ainsi qu'entre ces derniers et l'infrastructure soit fiable. La réalisation d'un tel système n'est toutefois envisageable que dans un avenir assez lointain. De plus, il faudra tenir compte du fait que les routes des agglomérations continueront d'être empruntées également par des piétons, des cyclistes et des véhicules non automatisés.

Effets incertains sur le volume du trafic et sur l'utilisation des véhicules

Avec l'automatisation des véhicules combinée aux autres possibilités du monde numérique, les gens vont certainement être encore plus mobiles qu'aujourd'hui. Le temps passé dans un véhicule autonome pourra être utilisé pour différentes activités et ne sera plus forcément considéré comme du «temps perdu». De plus, si une part croissante de la population renonce à l'avenir à posséder un véhicule propre, la mobilité sera beaucoup plus avantageuse qu'aujourd'hui, avec probablement des trajets plus longs et plus fréquents. Par ailleurs, les nouvelles possibilités technologiques vont permettre à de nouveaux groupes d'usagers, comme les personnes âgées ou handicapées et les enfants, d'accéder à

l'auto-mobilité. Enfin, l'automatisation des véhicules ouvrira la voie à des possibilités d'utilisation entièrement nouvelles, par exemple comme «espace habitable», «bureau» ou encore «dépôt de matériel». La manière dont le niveau de mobilité accru se répercutera sur le volume du trafic dépendra donc de l'utilisation qui sera faite des véhicules autonomes.

Une diminution du volume du trafic sera possible à condition que les véhicules autonomes et les autres possibilités du monde numérique soient mis à profit pour regrouper globalement les transports et pour mettre à disposition des offres d'autopartage et de covoiturage répondant mieux aux besoins. Ces «taxis collectifs» constitueront de fait une offre de transports publics sans lignes prédéfinies ni horaire fixe: ils circuleront en fonction des besoins et passeront là où ils pourront embarquer le plus de passagers. Complétée par des offres attrayantes de mobilité en tant que service (voir ch. 3.4), cette nouvelle approche augmentera sensiblement l'efficacité du système de transport.

Cela présuppose toutefois que la relation souvent très émotionnelle que les automobilistes entretiennent avec leur voiture s'estompe et que chacun soit disposé à effectuer l'essentiel de ses déplacements avec des tiers, et à renoncer ainsi à une partie de son autonomie.

Si, au contraire, l'accent est mis sur l'augmentation du confort et sur la propriété de véhicules individuels, l'utilisation de véhicules automatisés pourra rendre le système de transport encore moins efficace qu'aujourd'hui. L'occupation moyenne d'un tel véhicule pourrait en effet descendre à moins d'une personne, si par exemple l'usager s'en sert le matin pour se rendre au travail, puis le «renvoie» vide à la maison pour conduire un enfant à l'école et l'utilise ensuite pour différentes courses autonomes. Conjugée à l'augmentation générale du niveau de mobilité, une telle évolution se traduirait par une augmentation du volume du trafic. De plus, les nouveaux modèles d'affaires reposant sur l'utilisation de véhicules automatisés dans les transports publics pourront aussi accroître la charge pesant sur l'infrastructure routière. Ajoutés les uns aux autres, ces développements pourraient surcompenser les gains d'efficacité découlant de l'automatisation des véhicules, aggravant ainsi les problèmes de capacité du réseau routier.

Chances pour les transports publics de voyageurs

Les progrès technologiques ouvrent d'intéressantes perspectives aux transports publics également. Des offres d'un genre nouveau, comme les «taxis collectifs», l'autopartage et des modèles d'exploitation sans lignes prédéfinies ni horaire fixe, pourront compléter voire parfois remplacer les offres actuelles, en particulier pour les courtes et moyennes distances ainsi que dans les zones rurales. La frontière entre transports publics et trafic individuel devrait ainsi progressivement s'estomper. Les modèles d'exploitation devraient également se transformer sous l'influence de nouveaux modèles d'affaires, tels que la mobilité en tant que service (voir ch 3.4). De plus, il se pourrait que de nouveaux acteurs se profilent comme possibles bénéficiaires de subventions et posent ainsi de nouvelles exigences au système de subvention des transports publics. Ces changements auront cependant pour moteur non pas tant les véhicules autonomes que l'évolution du monde numérique. Toutes ces possibilités ouvrent d'intéressantes perspectives, qui devraient déboucher sur des offres répondant mieux aux besoins, plus efficaces et plus avantageuses. Il faudra cependant pour cela qu'en particulier les exploitants de services de transports publics régionaux et locaux s'emparent activement de ces possibilités, afin de réussir à se positionner sur un marché qui sera en pleine mutation. Il en va de même pour la Confédération, les cantons et les villes, qui, en tant que copropriétaires de nombreuses entreprises de transport, seront aussi exposés à ces changements.

Risques pour le transport ferroviaire de marchandises

L'approvisionnement des villes en marchandises (logistique urbaine) profitera aussi des nouvelles possibilités liées à l'utilisation de véhicules automatisés, de même que le transport routier de marchandises: sans chauffeurs, ce dernier sera plus avantageux et pourra être assuré sans les restrictions découlant des prescriptions légales sur les durées de conduite et les temps de repos.

Soulignons qu'une telle évolution pourrait mettre encore davantage sous pression le transport ferroviaire de marchandises et la politique fédérale de transfert de ce transport de la route au rail.

4.3. Chances et risques pour l'environnement et les besoins en ressources

Consommation d'énergie et émissions

La conduite automatisée et l'utilisation systématique des autres possibilités du monde numérique ouvrent également de nouvelles possibilités en matière de consommation d'énergie ou d'émissions sonores et polluantes dues au trafic: les véhicules qui circuleront en pelotons automatisés consommeront jusqu'à 20 % de carburant en moins [Knight 2013] [Wadud 2016]. D'autres économies résulteront de la fluidification du trafic, de la systématisation d'une conduite automatisée écologique et de l'utilisation de véhicules moins puissants [Wadud 2016]. Les plus gros potentiels d'économies résideront cependant dans l'exploitation de véhicules plus légers et dans l'application généralisée de modèles d'autopartage et de covoiturage. En effet, vu la diminution de la fréquence des accidents qu'entraînera leur utilisation, les véhicules autonomes connectés pourront être construits de façon plus légère que les véhicules d'aujourd'hui. Il sera ainsi possible d'économiser environ 70 % des ressources actuellement nécessaires à la production de véhicules. De plus, si l'autopartage faisait reculer les ventes de véhicules de 30 %, les ressources totales nécessaires à cette production ne représenteraient plus que 10 % de ce qu'elles sont aujourd'hui [Folsom 2012] [Riederer 2015].

Il en ira cependant tout à fait autrement si les nouvelles possibilités découlant de la conduite automatisée (déplacements plus fréquents et plus longs, diminution des coûts d'exploitation, nouveaux groupes d'utilisateurs) débouchaient sur une augmentation massive du trafic routier [Wadud 2016] et sur l'utilisation accrue de véhicules plus grands («espace habitable»).

Besoins en aires de circulation

Les nouvelles technologies auront également des effets sur les besoins en aires de circulation. Leur application généralisée garantira en effet une utilisation plus efficace de l'infrastructure routière existante, si bien que la nécessité de l'étendre devrait se faire moins pressante. Il en va de même de l'infrastructure ferroviaire, dont l'utilisation devrait aussi gagner en efficacité grâce à une meilleure répartition des tâches entre la route et le rail.

D'autres économies de surfaces pourront être réalisées si les aires de stationnement seront conçues de façon à gagner de la place et gérées plus efficacement qu'aujourd'hui moyennant leur complète automatisation, ou si les besoins en parkings urbains seront réduits par l'utilisation accrue de «taxis collectifs».

Les besoins en aires de circulation pourront au contraire augmenter si, malgré les gains d'efficacité qu'elle entraînera, la conduite automatisée accroîtra le volume du trafic et, par conséquent, la nécessité de développer l'infrastructure routière.

4.4. Chances et risques pour l'aménagement des villes et du territoire

La fluidification du trafic résultant de la conduite automatisée devrait améliorer l'accessibilité des villes et des agglomérations de petites et moyennes dimensions bénéficiant déjà d'une bonne intégration dans le réseau routier [Meyer 2016]. De plus, étant donné qu'effectuer des trajets plus longs sera moins fastidieux et qu'elles seront plus facilement accessibles, les régions rurales pourraient regagner en attrait comme zones résidentielles. Or ces deux facteurs sont de nature à favoriser le mitage du paysage. Le législateur a cependant déjà adopté certaines mesures pour lutter contre ce phénomène indésirable, en inscrivant dans la législation fédérale sur l'aménagement du territoire plusieurs dispositions visant le «développement de l'urbanisation vers l'intérieur». Il s'agira donc de vérifier régulièrement si ces dispositions ont les effets escomptés et garantissent effectivement un développement approprié du territoire.

Par ailleurs, les surfaces de stationnement éventuellement économisées pourront être affectées à d'autres usages, tandis que le trafic généré par les véhicules cherchant à se garer – qui compte actuellement pour une bonne partie de la circulation urbaine – disparaîtra [Rodoulis 2014]. Ces deux effets se traduiront par une augmentation de l'attrait des zones urbaines. Enfin, l'actuelle obligation de prévoir des places de stationnement lors de toute construction ou transformation de logements pourra être assouplie, ce qui diminuera les coûts de construction et les besoins en surfaces.

4.5. Effets importants sur le monde du travail

La numérisation et l'automatisation bouleversent le monde du travail dans tous les secteurs économiques. Dans celui des transports, la conduite automatisée va progressivement remplacer – même si ce ne sera pas entièrement – les chauffeurs de camions, de bus et de taxis, ainsi que certains collaborateurs des entreprises de logistique et de distribution.

Toutefois, dans le même temps, de nouveaux métiers verront le jour, notamment dans le domaine de la gestion et de la surveillance du trafic automatisé et chez les fournisseurs du secteur. De plus, la conduite automatisée ouvrira de nouveaux domaines d'activités relevant de la «nouvelle économie», des liaisons entre véhicules et appareils, du traitement des données et de l'infodivertissement [Winterhoff 2015].

Si, dans le sillage de l'automatisation, l'autopartage et le covoiturage ainsi que le principe «accès plutôt que propriété» devaient s'imposer, les besoins en véhicules devraient considérablement diminuer. Le cas échéant, il est à prévoir que les entreprises concernées par cette diminution tendront à se convertir en sociétés de services et à proposer des offres de mobilité globales. Cette tendance se vérifie d'ailleurs déjà: Daimler, par exemple, possède une société d'autopartage – Car2GO – conjointement avec Europcar, tandis que General Motors a investi dans le service de taxis Lyft. Plusieurs autres constructeurs automobiles opèrent également dans ce segment.

Enfin, cette tendance s'observe aussi chez les exploitants de transports publics régionaux et locaux.

4.6. Conclusion: effets potentiellement contrastés

Il ressort de ce qui précède que les nouvelles possibilités découlant des technologies d'automatisation de la conduite pourront avoir des effets contrastés, que ce soit sur le trafic ou aux niveaux économique et écologique. Suivant leur application, le cadre réglementaire qui les régira et leur acceptation par la société (voir chap. 5), elles pourront déboucher, idéalement, sur une sensible amélioration de la situation, grâce à une satisfaction de nos besoins de mobilité plus efficace, plus sûre et moins gourmande en ressources, ou, à l'opposé, sur une accélération de la croissance du trafic routier, avec son cortège d'effets négatifs sur les besoins en ressources et sur l'environnement.

Ce qui sera décisif, ce sera la mesure dans laquelle les nouvelles offres – mobilité en tant que service, transports publics plus flexibles, autopartage et covoiturage – seront utilisées: plus ce sera le cas, plus la conduite automatisée aura des répercussions positives (voir illustration 4).

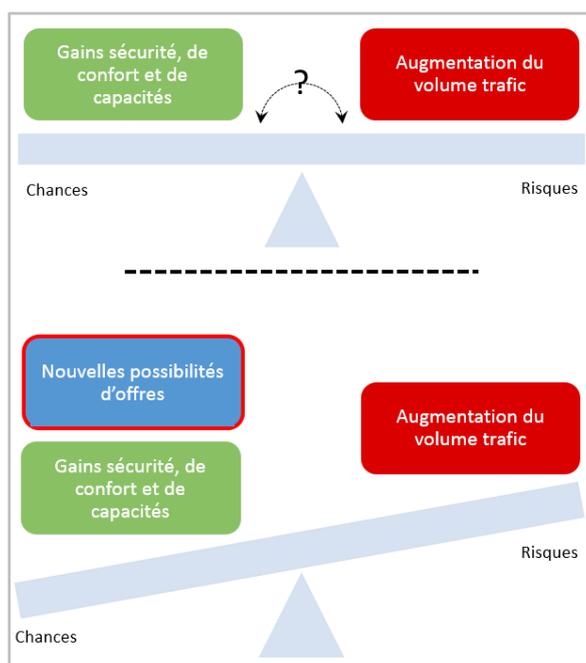


Illustration 4: Chances et risques des nouvelles possibilités technologiques, avec ou sans utilisation des autres possibilités du monde numérique.

Le Forum international des transports (FIT) de l'OCDE a présenté en 2016, au World Economic Forum, une estimation quantitative des effets qu'aurait dans les 15 à 20 prochaines années une utilisation généralisée de ces nouvelles offres, mettant ainsi leurs potentiels en évidence (voir illustration 5).

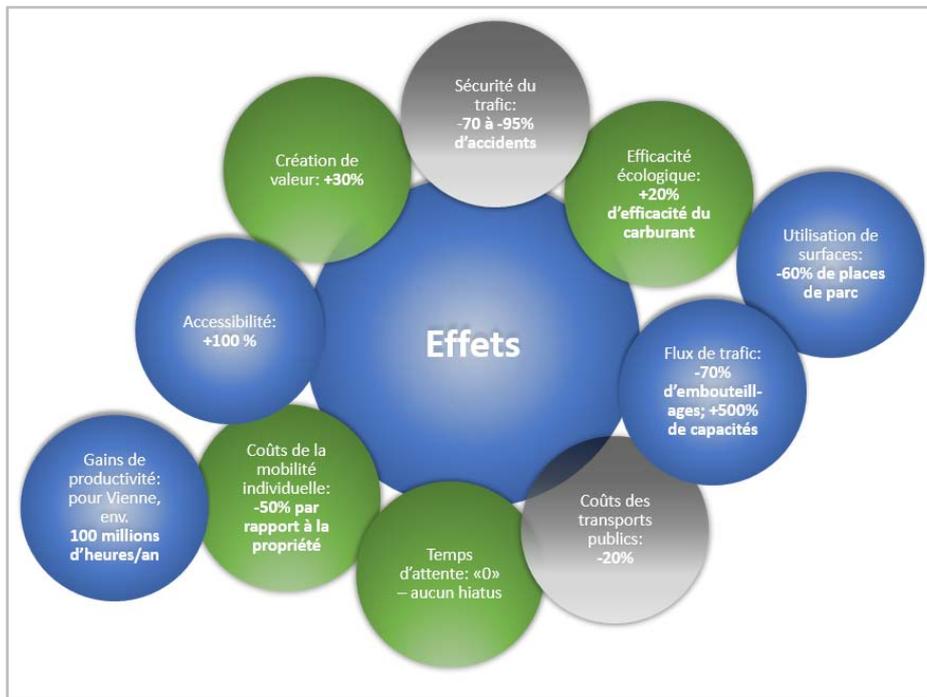


Illustration 5: Potentiels de la conduite automatisée et des autres possibilités du monde numérique [World Economic Forum, FIT OCDE, Fraunhofer 2016].

5. Défis et mesures à prendre

5.1. But: réaliser les potentiels disponibles

Du point de vue des politiques des transports, de l'environnement et de l'énergie, seule une utilisation «intelligente» des nouvelles possibilités liées à l'automatisation de la conduite entre en ligne de compte dans notre pays. Il faut en outre être conscient qu'il ne sera pas possible d'en assurer la mise en œuvre intégrale et qu'à cet égard, la Suisse dépendra largement, si ce n'est entièrement, des développements internationaux.

Abstraction faite de ces remarques, l'automatisation est un phénomène général en plein essor qui place la société et les pouvoirs publics face à de nombreux défis. Il en va de même dans le secteur de la mobilité, où ces défis sont principalement les suivants:

- la clarification des divers aspects sociétaux, éthiques et politiques;
- la création des conditions techniques nécessaires et, en amont, celle des conditions-cadres la permettant;
- la maîtrise des questions de planification et de conception;
- l'indispensable adaptation de la législation et de la réglementation.

5.2. Aspects sociétaux, éthiques et politiques

L'évaluation du développement de l'automatisation en général est ambivalente: d'un côté, ce phénomène ouvre sans aucun doute d'intéressantes perspectives, à la société comme à l'économie; de l'autre, il présente des risques importants et s'accompagne de profondes transformations. Cette ambivalence vaut aussi pour le domaine de la mobilité.

Définition d'axes directeurs

Les effets de la conduite automatisée et du rapide développement des possibilités du monde numérique dépendront largement de l'éventuelle réglementation de leur utilisation commerciale que les pouvoirs publics édicteront et, le cas échéant, de l'étendue de cette réglementation.

La société doit commencer par s'accorder, à la faveur d'un processus politique, sur les développements qu'elle juge souhaitables et sur ceux qu'il s'agira si possible d'éviter. Il est indispensable à cette fin d'ouvrir un large débat sur les axes directeurs susceptibles d'être suivis et sur leurs effets. Les résultats de ce processus serviront de base à la fixation des conditions-cadres politiques et à la définition du rôle que les pouvoirs publics doivent jouer dans la mise en œuvre des nouvelles possibilités technologiques relevant du domaine de la mobilité.

Acceptation par la société

La définition des axes directeurs est indissociable de l'examen de plusieurs questions d'acceptation.

La première de ces questions concerne la disponibilité des usagers de la route à confier leur vie à un «robot». Ils devront non seulement être convaincus que les véhicules automatisés sont vraiment sûrs [Viereckl 2015], mais aussi s'accoutumer à cette nouvelle technologie. La diffusion des véhicules dépendra donc fortement de la proportion de ceux qui y parviendront et du temps que cela prendra.

L'acceptation générale des véhicules automatisés reste également à vérifier. Conduire soi-même et posséder son propre véhicule présentent encore un côté fortement émotionnel pour de larges couches de la population. Les mots clés sont autodétermination, indépendance, sphère privée et individualisme. Conduire sa propre voiture est souvent aussi une façon de se «mettre en vitrine», de s'épanouir. Pour nombre de personnes, ces émotions sont si fortes qu'elles les poussent à investir dans la propriété d'un véhicule et dans leur mobilité individuelle des sommes qui vont bien au-delà des limites du rationnel. Le succès des véhicules automatisés est donc suspendu à la disponibilité d'une grande partie de la population à largement renoncer à ces émotions. Cela vaut en particulier pour le succès des «taxis collectifs», ainsi que d'autres formes alternatives de mobilité.

Un autre domaine sensible est celui de la protection des données: les véhicules automatisés et les nouvelles formes de mobilité qu'ils offriront généreront d'importants flux de données. Il sera dès lors

techniquement possible d'établir le profil complet et détaillé des déplacements de chaque usager⁷. La gestion de ces données sera donc un facteur d'influence déterminant de l'acceptation des nouvelles offres.

Questions éthiques

Les véhicules automatisés soulèvent également toute une série de questions éthiques [Doll 2015]: quelle décision devra prendre le véhicule lorsqu'un accident sera inévitable? Devra-t-il mettre la priorité sur la protection des passagers ou sur la réduction des conséquences globales de l'accident? Quels algorithmes dicteront cette décision et qui les concevra? Le débat porte donc sur des questions aussi essentielles que la valeur de la vie et, de façon plus générale, sur l'«éthique des machines». Les questions éthiques sont en outre étroitement liées aux questions de responsabilité ainsi qu'à celles de sécurité des véhicules (voir ch. 5.5).

5.3. Création des conditions techniques

Il reste encore plusieurs obstacles techniques à franchir sur le chemin conduisant à la maturité du marché des véhicules complètement automatisés. Les prévisions quant au délai et à l'ampleur de leur lancement varient donc beaucoup. Leur développement technologique est cependant suffisamment avancé pour que la question centrale soit non plus «vont-ils s'imposer?», mais «comment et quand vont-ils s'imposer?».

La création des conditions techniques qui garantiront l'utilisation efficace des véhicules automatisés et des autres possibilités du monde numérique revêt aussi une importance fondamentale. La pleine exploitation de ces possibilités place la barre très haut en matière de disponibilité et d'échanges de données, posant ainsi des questions dont plusieurs sont encore sujettes à controverse.

Connexion entre les véhicules et l'infrastructure

L'interconnexion présente des avantages incontestables. Elle est particulièrement importante en relation avec les «processus d'apprentissage» des véhicules automatisés. L'échange systématique des données enregistrées par les capteurs des véhicules ainsi que des enseignements qui en sont tirés – aux fins par exemple de la mise à jour du matériel cartographique ou de l'optimisation du comportement de conduite des véhicules – sera en effet de nature à fortement accélérer ces processus [Da Lio 2015]. Cela conduira à un Internet des objets «autoapprenant», ou Internet des objets cognitif [Wu 2014]. Plusieurs constructeurs automobiles établis sont toutefois d'avis que les véhicules autonomes ne devraient s'en remettre qu'à leurs propres capteurs. Cette question doit donc être clarifiée au niveau international.

Une autre question qui reste ouverte est celle de l'«intelligence» de l'infrastructure. Il y a lieu d'examiner en particulier si et dans quelle mesure les informations devront être transmises aux véhicules directement par cette dernière ou, par exemple, par un prestataire de services. Cette question touche donc aussi les deux options évoquées plus haut: les véhicules devront-ils disposer d'une interface ouverte ou, au contraire, rester des systèmes fermés? Sa résolution devra en outre tenir compte des réserves émises par l'industrie automobile en matière de sécurité des données (cybersécurité). Nul doute cependant que des réflexions d'ordre commercial joueront elles aussi un rôle important.

Enfin, il se pose une autre question relevant de la même problématique: les exploitants de l'infrastructure routière devront-ils avoir la possibilité, pour piloter les flux de trafic ou établir les itinéraires, de fournir des informations aux véhicules de l'extérieur et d'influer activement sur les algorithmes de calcul d'itinéraires? Actuellement, les recommandations d'itinéraires sont établies par des appareils de navigation embarqués, programmés et alimentés en informations par les fabricants des véhicules ou par des prestataires de services de navigation. Les exploitants de l'infrastructure n'ont pas accès à ces informations, ni ne peuvent influencer les recommandations qui en résultent.

Échanges de données

Le débat sur l'interconnexion soulève aussi des questions concernant les échanges de données et l'infrastructure numérique nécessaire à cet effet. Au niveau international, il s'agira de régler la possibilité d'utiliser et de combiner les données aussi librement que possible et l'organisation des flux de données

⁷ Rappelons qu'un fournisseur de smartphones dispose déjà de cette possibilité.

entre usagers, fabricants, prestataires de services et autorités. Il faudra en outre définir quelles données devront être fournies, sous quelle forme, ce qu'il en adviendra, qui y aura accès, etc.

Il faudra aussi régler la répartition des tâches entre le secteur privé et les pouvoirs publics en relation avec la mise en place et l'exploitation d'un tel système de données. Enfin, il sera nécessaire de trouver des solutions garantissant de la fiabilité et de la rapidité des échanges des énormes quantités de données qu'impliquera l'exploitation de ce système. Le projet de recherche CONVERGE, avec sa couche de gouvernance, est un des modèles informatiques possibles de système de données exploité conjointement [CONVERGE 2015].

Cybersécurité

La numérisation de la mobilité s'accompagnera d'une augmentation du potentiel d'actes abusifs commis par des pirates informatiques. On observe aujourd'hui déjà des problèmes de cet ordre en relation avec la personnalisation des moteurs ainsi qu'avec l'assurance vol. Pour prévenir ces problèmes, les constructeurs automobiles établis tiennent à garder leurs véhicules sous leur propre contrôle, en tant que systèmes globaux. Toutefois, en raison de l'interconnexion croissante, cette position de principe devient de plus en plus difficile à défendre. C'est ainsi qu'aux États-Unis, suite à des enquêtes du Congrès [Markey 2015], l'industrie automobile a fini par se déclarer disposée à établir une collaboration minimale avec les autorités américaines [Auto Alliance 2015].

Il faut s'attendre à ce que cette problématique s'accroisse – gagnant tant en ampleur qu'en intensité – avec les progrès de l'interconnexion et à ce qu'elle ait un impact direct sur le bon fonctionnement de l'infrastructure routière. Des mesures propres à garantir l'indispensable protection de la population et de cette infrastructure critique devront donc être prises, aux niveaux tant national qu'international.

Communication

La communication est le fondement de l'échange de données. Forts de ce constat, les constructeurs automobiles et l'industrie des télécommunications ont ouvert un dialogue industriel européen (*EU Industry Dialogue*), à l'occasion du Salon international de l'automobile 2015 de Francfort-sur-le-Main [ACEA 2015]. Dans quelle mesure cette intention de collaborer portera-t-elle ses fruits? Il est trop tôt pour le dire. Pour l'instant, l'industrie mise sur la norme ITS-G5, la variante européenne de la norme WiFi pour véhicules. Cela peut certes suffire pour de premiers essais et expériences en matière de traitement des données, mais les capacités de cette norme et sa technologie ne conviendront sans doute pas à une utilisation à grande échelle [Shields 2013]. Les technologies de téléphonie mobile de quatrième génération (4G) – LTE et LTE-Advanced – proposent aussi des solutions, qui doivent cependant encore être mises en œuvre [ERTICO 2015]. La prochaine génération (5G) sera développée avec en point de mire l'Internet des objets, autrement dit l'échange de petits paquets de données avec des latences courtes, soit exactement ce qu'il faut pour la communication des véhicules. Soulignons à cet égard que la situation de la Suisse en matière de communication mobile est excellente.

5.4. Aspects liés à la planification et à la conception

L'automatisation et les autres développements technologiques finiront par s'imposer dans le domaine de la mobilité et sont donc appelés à transformer le paysage suisse des transports à long terme. Il s'écoulera cependant encore un certain temps avant que l'on sache précisément comment et quand cette transformation aura lieu et quels seront ses effets concrets. On peut néanmoins supposer, vu la forte dépendance de ces développements du monde numérique, les rapides avancées de ce dernier et les progrès de l'interconnexion à l'échelle mondiale, que des changements interviendront assez rapidement, du moins dans certains secteurs.

À ce dynamisme s'oppose la pesanteur de la planification et de la réalisation de l'infrastructure nécessaire ainsi que l'action de l'État. La gestion de ces incertitudes et celle de processus de changement qui s'annoncent très profonds placent les pouvoirs publics face à d'importants défis, notamment en matière de planification.

Migration

Il faut partir du principe que les routes seront empruntées pendant encore assez longtemps à la fois par des véhicules conventionnels et par des véhicules partiellement ou complètement automatisés, jusqu'à

ce que les différentes technologies automobiles finissent – selon toute probabilité – par s'unifier. Il n'en reste pas moins que même dans ce lointain avenir, les véhicules entièrement automatisés devront cohabiter, surtout en agglomération, avec des piétons, des cyclistes et des moyens de transport non automatisés. De plus, nombre d'usagers continueront à éprouver du plaisir à conduire eux-mêmes et, par tant, le besoin de le faire. Cette cohabitation de véhicules dotés d'équipements techniques très différents lance au législateur ainsi qu'aux exploitants et aux usagers du réseau routier des défis de taille.

Besoins d'infrastructures de transport supplémentaires

Il ressort des ch. 4.2 et 4.6 que l'automatisation des véhicules pourra avoir des effets d'une grande diversité sur le volume du trafic. Les futurs besoins en matière d'infrastructures de transport seront donc eux aussi très diversifiés.

On ne dispose toutefois pas pour l'instant de données suffisamment fiables pour justifier que l'on revoie l'actuelle planification des infrastructures routière et ferroviaire. En l'état, la seule conclusion que l'on puisse avancer est qu'avec l'essor des véhicules automatisés, les transports routiers devraient encore gagner en importance.

Des questions se posent en outre en matière d'équipement des routes et d'aménagement des surfaces affectées à ces dernières. Tous deux pourraient en effet subir des changements visant à les adapter à la circulation de véhicules entièrement automatisés et connectés avec l'infrastructure. Soulignons à cet égard que la mise en place d'une infrastructure virtuelle, avec par exemple le remplacement progressif des signaux physiques par une signalisation électronique transmise directement aux véhicules, pourrait techniquement débiter dès aujourd'hui.

En ce qui concerne le système de transport dans son ensemble, les plateformes de transbordement intermodal devront certainement remplir de nouvelles exigences. Dans ce contexte, on discute déjà de l'aménagement de plateformes dites de mobilité, où se concentreront les offres de transport les plus diverses, complétées par des offres de loisirs, des galeries commerciales, etc.

Aspects liés à l'urbanisation et à l'aménagement du territoire

En particulier dans les zones urbaines, il y aura lieu d'étudier comment les surfaces routières devront être réparties lorsque l'automatisation des véhicules et l'«individualisation» des transports publics seront devenues une réalité. Il faudra également clarifier à quels usages devront être affectées les surfaces qui seront libérées par la diminution des besoins en aires de stationnement et, le cas échéant, par une nouvelle conception des transports publics locaux. En ce qui concerne ces derniers, il conviendra aussi de tenir compte des nouveaux besoins qu'ils pourraient générer. Il pourra s'agir par exemple d'installations d'embarquement et de débarquement des passagers des «taxis collectifs», de stations-services électriques ou de plateformes de mobilité.

Enfin, il y aura lieu d'examiner très attentivement si la nouvelle donne nécessitera de modifier l'actuelle législation sur l'aménagement du territoire.

Nouveaux modèles d'exploitation des transports publics

La possible interpénétration du trafic individuel motorisé et des transports publics, avec notamment l'émergence de «transports publics individualisés», devrait déboucher sur de nouvelles formes de collaboration entre les communes, les cantons et les services fédéraux concernés, ainsi qu'entre les pouvoirs publics et les entreprises de transport privées. Il s'agira donc de concrétiser ces nouvelles formes de collaboration et d'en garantir la mise en œuvre ordonnée.

Les nouveaux services, tels que la mobilité en tant que service (voir ch. 3.4), vont aussi influencer les actuelles formes de collaboration dans le domaine des transports publics. Il faudra notamment régler l'échange de données entre les différents prestataires de services de mobilité et discuter des possibilités de distribution de ces services au titre des transports publics, ainsi que des compétences en matière de fixation des tarifs. Ce faisant, il sera nécessaire de tenir compte de l'influence croissante des prestataires de plateformes internationales.

Nouvelles formes de collaboration

L'automatisation, l'interconnexion et les autres possibilités du monde numérique posent de nouvelles exigences à la collaboration au sein des administrations publiques: la planification, la construction et

l'exploitation des infrastructures de transport sont de plus en plus étroitement liées aux technologies de l'information et de la communication. Le fonctionnement des divers moyens de transport et leurs offres respectives vont progressivement se confondre. De plus, l'exploitation de ces moyens de transport et la conception des offres gagneront encore en importance par rapport à la planification et à la réalisation de nouvelles infrastructures. Développer, tester et déployer les technologies nécessaires, en rapide évolution, nécessitera en outre d'intensifier la collaboration entre la recherche, l'industrie et l'administration.

Enfin, l'appréhension plus étendue des tâches, les structures en place ainsi que les obstacles de nature juridique (droit des achats) et administratif compliquent la gestion de ces processus de changement toujours plus dynamiques. Il est donc indispensable, pour garantir l'efficacité des processus de changement prévisibles dans le domaine de la mobilité, de concevoir de nouvelles formes de collaboration et d'en permettre la réalisation.

5.5. Législation

Droit de la circulation routière, responsabilité et punissabilité

L'admission et l'utilisation de véhicules sans conducteur en Suisse dépend largement d'accords et de règlements internationaux sur la circulation routière. Le plus important est la Convention de Vienne, dont le but est de garantir et de simplifier le trafic transfrontière. Elle fixe à cet effet des normes minimales relatives à l'admission des véhicules et aux règles fondamentales de la circulation, permettant ainsi aux usagers de la route de se déplacer dans toute l'Europe dans des conditions pratiquement identiques. Les règlements de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) fixent en outre les exigences spécifiques auxquelles doivent satisfaire les équipements et les pièces susceptibles d'être montés sur des véhicules.

Les dispositions actuelles prévoient que tout conducteur de véhicule doit rester, en toutes circonstances, maître de son véhicule. Or l'apparition de certains systèmes d'assistance à la conduite a remis en question l'applicabilité de ce principe de base. La Convention de Vienne a donc été adaptée en conséquence en mars 2016 et précise désormais qu'en cas de manœuvre assurée par un système automatisé d'assistance à la conduite, le véhicule est réputé maîtrisé pour autant que le système puisse être neutralisé ou désactivé par le conducteur ou qu'il soit conforme aux prescriptions d'admission énoncées par ailleurs dans les instruments juridiques internationaux (règlements de la CEE-ONU). Il s'ensuit que les véhicules équipés d'un tel système peuvent en principe être légalement admis à la circulation, y compris transfrontière. Ils doivent cependant toujours avoir un conducteur, qui n'est exempté ni des obligations ni des responsabilités qui lui incombent en tant que tel. La question centrale qui se pose dans ce contexte est donc celle des conditions qui devraient être remplies pour que le conducteur puisse être exempté de ses obligations et responsabilités en cas d'utilisation d'un système automatisé. Il s'agit en particulier de définir le niveau de sécurité que le véhicule doit atteindre, ainsi que les exigences relatives à la preuve que ce niveau est effectivement atteint.

Les véhicules sans conducteur ne pourront donc être admis en Suisse que lorsque les preuves nécessaires en matière de sécurité de la technique automobile seront disponibles et que le cadre réglementaire international le permettra. Le droit national ne doit toutefois pas rester à la traîne: il est important qu'il permette de réagir rapidement et en souplesse à l'évolution de la Convention de Vienne et d'appliquer en temps utile les nouvelles possibilités qui en résulteront. Pour que la législation suisse présente cette indispensable flexibilité, il y aurait lieu d'inscrire dans la loi fédérale sur la circulation routière (LCR) une délégation de compétences permettant au Conseil fédéral de régler la circulation des véhicules automatisés ou autonomes par voie d'ordonnance.

Nécessité de légiférer

Compte tenu des progrès de l'automatisation, qui déboucheront sur une offre de véhicules entièrement automatisés, il sera nécessaire de réviser la législation fédérale sur la circulation routière dans plusieurs domaines, de manière à l'adapter à l'évolution du droit international. Les principaux domaines concernés sont brièvement présentés ci-dessous.

- **Règles de circulation:** dans ce registre, il s'agira de définir à quelles conditions le conducteur pourra être exempté de ses obligations. Pour des raisons de sécurité évidentes, cette exemption ne pourra intervenir que lorsque l'état de la technique aura atteint de manière probante un niveau de sécurité suffisant, qui reste à définir. Il s'agira également, pour les véhicules à automatisation partielle ou conditionnelle, d'élaborer des prescriptions réglant la remise du contrôle du véhicule au système automatisé ainsi que sa restitution au conducteur. Des règles spéciales, comme la réduction de la distance entre véhicules circulant en mode automatisé, pourront également être adoptées. Enfin, il y aura lieu de régler la façon d'immobiliser, voire de commander de l'extérieur, les véhicules entièrement automatisés en cas de besoin.
- **Admission des véhicules:** en ce qui concerne les systèmes de conduite automatisée qui prendront le contrôle du véhicule avec exemption du conducteur de ses obligations, la question se pose de leurs effets sur le système d'admission traditionnel (actuellement réglé au niveau international), qui repose sur la procédure de réception par type. Vu la complexité des systèmes de conduite automatisée, il ne sera guère possible de définir les fonctionnalités requises ainsi que la procédure de preuve correspondante directement dans les prescriptions d'admission (règlements CEE-ONU). De plus, les autorités d'admission et les organes d'expertise chargés de la procédure de réception par type ne seront probablement pas à même de vérifier que le niveau de sécurité requis est atteint. Ainsi, tant que cela ne sera pas possible, il y aura lieu d'appliquer le principe de l'industrie informatique, selon lequel la garantie de la sécurité du produit relève exclusivement de la responsabilité du fabricant.
- **Admission des conducteurs:** tant qu'il pourra encore intervenir, le conducteur devra posséder un permis de conduire. Il ne sera possible d'y renoncer que pour les véhicules sans conducteur. Ce qui pourrait changer toutefois, c'est que s'il présente certains déficits d'aptitude à la conduite, le conducteur pourra néanmoins être admis moyennant l'obligation d'utiliser des systèmes d'assistance à la conduite – tels que système anticollision, assistant de vision nocturne ou assistant de conduite sur autoroute – à même de pallier ces déficits. Cela permettra aux personnes qui n'ont actuellement pas accès au permis de conduire ou qui ont dû y renoncer (p. ex. seniors) d'en obtenir un ou de le conserver.
- **Punissabilité:** tant que, malgré l'utilisation d'un système de conduite automatisée, il lui incombera d'accomplir des tâches de conduite, le conducteur ne pourra pas être exempté de sa responsabilité pénale. Ce sera le cas notamment lors de la conduite de véhicules partiellement automatisés. En revanche, si le système utilisé présente un degré d'automatisation tel que tous les occupants du véhicule ne sont plus que de simples passagers – que ce soit, en fonction du système, uniquement dans certaines situations (p. ex. sur autoroute) ou en permanence –, l'obligation de rester maître du véhicule prévue à l'art. 31, al. 1, LCR pourra être supprimée ou adaptée, ce également uniquement dans certaines situations ou en permanence. Ainsi, dès qu'il aura cédé le contrôle du véhicule au système et qu'il n'en aura plus la responsabilité, le conducteur ne pourra pas être puni pour des raisons relevant du comportement du véhicule dans la circulation. Demeureront néanmoins réservés les cas d'utilisation erronée, de manipulation ou de défauts manifestes du système, et c'est pourquoi il devra être possible de déterminer a posteriori si c'était l'être humain ou la machine qui était responsable du véhicule au moment des faits. Pour que ce constat puisse se faire de manière probante, les véhicules seront équipés d'appareils d'enregistrement appropriés (boîte noire).
- **Responsabilité et assurance:** l'obligation légale de s'assurer imposée au conducteur vise à garantir que les tiers lésés lors d'un accident seront indemnisés des dommages subis (droit de créance direct des lésés). Pour que ce soit aussi le cas lors d'accidents survenant à l'étranger, les bureaux nationaux d'assurance ont conclu des contrats multilatéraux, qui se fondent généralement sur des principes de responsabilité identiques. C'est ainsi que la responsabilité, et par conséquent la couverture des dommages par l'assurance, n'a pas pour condition qu'une faute ait été commise (responsabilité causale). Elle découle du risque inhérent à l'utilisation du véhicule. Ces règles de responsabilité semblent donc appropriées également dans les cas où la responsabilité de la conduite sera cédée au véhicule. Les progrès de l'automatisation auront toutefois des effets sur les rapports internes, en ceci que l'assureur pourra plus facilement se retourner contre le fabricant du véhicule. Il se pourrait en outre, selon les dispositions légales

qui seront adoptées, que ce droit de recours gagne également en importance contre d'autres acteurs du système, tels que les prestataires de services de navigation ou les exploitants de l'infrastructure. Selon toute probabilité, il ne sera cependant pas nécessaire de modifier en profondeur le système actuel des assurances responsabilité civile et véhicules à moteur. Cela n'empêche pas les assureurs de discuter de nouvelles approches et solutions [IRGC].

En raison notamment du potentiel que présente la conduite automatisée, il existe un intérêt légitime à encourager le développement de véhicules sans conducteur, moyennant la création des bases légales nécessaires à cet effet. Il y a deux moyens d'agir dans ce sens: d'une part, jouer un rôle actif dans les organismes internationaux qui s'occupent d'adapter le droit international et de clarifier les questions que cette adaptation soulève; d'autre part, adopter une attitude libérale en relation avec l'octroi des autorisations d'essais et simplifier les procédures d'obtention de ces autorisations.

Protection et disponibilité des données

Pour que leur potentiel puisse être pleinement exploité, les véhicules autonomes devront être connectés. Or les échanges de données que cela implique permettront en principe de créer un profil complet des déplacements de chaque véhicule, ce qui ne manque pas d'être problématique du point de vue de la protection des données.

Conformément aux législations européenne et suisse sur la protection des données, les usagers de la route auront le droit de savoir quelles données personnelles les concernant seront collectées et de décider si et comment elles pourront être utilisées. Dès lors, étant donné que les données enregistrées dans les véhicules pourront facilement être associées à des personnes, leur traitement sera soumis à l'autorisation de ces dernières. Pour en garantir l'utilisation efficace, il faudra donc créer une base légale qui définisse notamment les buts que cette utilisation sera admise à poursuivre. Cette base légale devra aussi régler, au moins au niveau des principes, la façon dont les données devront être échangées entre les véhicules entièrement automatisés. De plus, pour pouvoir intégrer les données des acteurs du secteur privé, il y aura lieu de clarifier qui détiendra le droit de souveraineté sur les données et quel traitement elles pourront subir. Enfin, les logiciels installés dans les véhicules joueront également un rôle important: que collecteront-ils? Que transmettront-ils? Que feront-ils des données? Pour garantir un maximum de transparence en la matière, il a été proposé d'utiliser des logiciels *open source*, autrement dit dont le code source est public [c't 23/2015].

Autres mesures à prendre

Selon la façon dont les nouvelles possibilités technologiques seront utilisées et conçues, il y aura également toute une série d'autres questions à clarifier en termes de réglementation. Quelques exemples en sont présentés ci-dessous.

- Prescriptions en matière de modèles d'affaires, tels que la mobilité en tant que service: il pourra être nécessaire de régler les questions de l'apparition d'un éventuel monopole, de la fixation des tarifs et de l'échange global de données entre les divers prestataires de services, de même que les relations de ces derniers avec les autres acteurs du secteur, comme les exploitants de transports publics ou les fournisseurs de services d'autopartage.
- Restrictions d'accès frappant les véhicules traditionnels: à moyen terme, il est possible que seuls les véhicules disposant d'un équipement technique donné puissent accéder par exemple aux autoroutes.
- Adaptation technique des véhicules traditionnels: pour garantir la sécurité et l'efficacité des flux de trafic, il sera peut être nécessaire de prescrire l'installation a posteriori de certains équipements techniques sur les véhicules traditionnels, par exemple l'équipement assurant l'échange de données.
- Transports publics: il y aura lieu d'examiner différentes questions, comme celle des services de transport qui devront être utilisés pour garantir un service universel de qualité et aussi efficace que possible.

6. Diversité des activités de la Confédération

S'agissant de clarifier les principaux aspects de la conduite automatisée, la Suisse dépend largement des développements internationaux en cours dans ce domaine. Il y a donc lieu de les suivre de près et de prendre en temps utile les mesures qui permettront d'utiliser les nouvelles possibilités qui en découleront. La Confédération a déjà entrepris de remplir plusieurs des tâches que cela implique.

6.1. Générer des connaissances et les mettre à disposition

- **Recherche:** dans le cadre de la recherche en matière de routes, l'OFROU a lancé un programme de recherche sur la conduite automatisée. Par ce programme, la Confédération entend combler les lacunes que présentent les connaissances de ce domaine et permettre aux organismes de recherche de se saisir de cette thématique tournée vers l'avenir.

Le projet inaugural, qui a déjà démarré, a pour but de définir l'étendue et les modalités de l'ensemble du programme. La Confédération a également donné le coup d'envoi à un projet de recherche de l'EPFZ portant, d'une part, sur l'analyse des effets des véhicules autonomes sur le système suisse de transport et, d'autre part, sur l'acceptation des nouvelles offres potentielles.

Les connaissances tirées de ces recherches sont immédiatement intégrées aux activités de la Confédération relevant du domaine de la «mobilité intelligente».

Enfin, l'Institut fédéral de métrologie (METAS), qui dispose d'une vaste expérience en matière de données de mesure et de sécurité des données, renforce actuellement ses compétences dans le domaine «véhicules autonomes et sécurité des données».

- **Coopération au sein d'organismes internationaux:** l'OFROU est représenté depuis longtemps dans les organismes techniques spécialisés de l'UE, où il participe à l'élaboration des directives et des normes internationales relatives à la conduite automatisée. La Suisse entretient également des contacts internationaux réguliers dans le domaine du droit de la circulation routière.

Ces coopérations garantissent l'intégration rapide des développements internationaux dans les activités correspondantes en Suisse.

- **Échanger des connaissances et les mettre à disposition:** la Confédération s'engage – aux côtés d'associations spécialisées, de hautes écoles et d'organes cantonaux – dans its-ch, la plateforme suisse de télématique des transports. its-ch promeut le lancement en Suisse de produits et de services relevant de la télématique des transports, ainsi que le réseautage des acteurs concernés des milieux scientifiques, de l'industrie et de l'administration. La mobilité intelligente est une des priorités autour de laquelle its-ch organise régulièrement des manifestations de réseautage et des conférences spécialisées et publie des rapports de situation.

L'OFROU a également lancé, en collaboration avec l'Académie de la mobilité du TCS, une plateforme web consacrée à la conduite automatisée. Cette plateforme a pour but de rassembler les connaissances nationales et internationales en la matière et de les mettre à la disposition des milieux intéressés.

En encourageant la création et l'exploitation de plateformes d'échanges de connaissances et en organisant des manifestations spécialisées, les pouvoirs publics soutiennent les parties prenantes du secteur dans l'accomplissement de leurs tâches et en facilitent le réseautage.

6.2. Créer les conditions de planification et les conditions techniques

- **Conditions de planification et de conception:** dans le cadre de l'élaboration de son modèle de mobilité, le DETEC fixe actuellement, entre autres, les principes qui détermineront l'importance qu'auront en Suisse les nouvelles possibilités technologiques relevant de la mobilité, ainsi

que les principes qui en régiront la gestion. Les modèles de mobilité et les programmes d'infrastructures actuels seront ensuite réexaminés à la lumière de ce modèle et, si nécessaire, adaptés.

- **Plan d'action stratégie «Suisse numérique»:** divers éléments de la stratégie «Suisse numérique» sont en cours d'approfondissement – sous la conduite de l'Office fédéral de la communication (OFCOM) – dans le cadre du plan d'action reposant sur cette stratégie. Ce plan d'action prévoit notamment de faire un état des lieux de la politique de la Confédération en matière de données, de créer une infrastructure de données nationale, de mettre en place une gestion du trafic intermodale et interconnectée reposant sur des systèmes informatiques (y c. pour la conduite automatisée) et d'examiner les questions de cybersécurité et de sécurité des données. Sans ces éléments, il ne sera pas possible de développer la conduite automatisée.

Aux mesures du plan d'action s'ajoutent les activités de l'industrie, qui s'emploie actuellement à développer et à normaliser la technologie de communication de prochaine génération (5G). Celle-ci pourrait jouer un rôle important dans l'interconnexion des véhicules automatisés.

- **Conditions techniques:** l'OFROU est responsable depuis plusieurs années du projet «Architecture système Suisse», qui vise à harmoniser et à normaliser les équipements d'exploitation et de sécurité des routes nationales sur le plan technique. L'une des tâches permanentes découlant de ce projet consiste à continuellement moderniser les équipements en place pour les mettre en conformité avec le dernier état de la technique. Ces travaux sont une condition préalable de la connexion des véhicules automatisés avec l'infrastructure en Suisse.

De plus, dès que les normes techniques de communication entre les véhicules et l'infrastructure seront suffisamment stables au niveau international, il y aura lieu de définir et d'appliquer les mesures éventuellement nécessaires pour s'y conformer dans notre pays.

Enfin, devront également être définies les tâches des pouvoirs publics en relation avec la mise en place et l'exploitation des systèmes de données que nécessitera l'automatisation du trafic. Ces tâches pourront aller de la simple mise à disposition de données jusqu'à la participation active à la conception, à la mise en place et à l'exploitation de ces infrastructures numériques.

6.3. Créer les bases légales

- **Législation sur la circulation routière:** il conviendra de créer le cadre légal dans lequel s'inscriront la conduite automatisée et l'utilisation des autres possibilités du monde numérique dans le domaine de la mobilité. Il s'agira dans un premier temps de rendre possible le développement de la conduite automatisée prévisible à court et à moyen termes en Suisse, ainsi que son harmonisation avec les développements internationaux.

L'OFROU a déjà élaboré un modèle régissant les modifications des règles de circulation ainsi que des conditions d'admission des véhicules et des conducteurs auxquelles il faudra procéder. Les adaptations des bases légales concernées sont en cours d'élaboration. Elles visent à rendre légalement possibles les développements technologiques nécessaires pour atteindre, en Suisse, le niveau 4 de la conduite automatisée (voir annexe 1).

- **Autres législations:** le besoin de légiférer dans d'autres domaines que celui de la circulation routière, par exemple en matière de protection des données, de cybersécurité, d'exploitation de systèmes de données ou d'influence des pouvoirs publics sur le trafic, doit encore être déterminé. Les travaux législatifs nécessaires devront être coordonnés avec les activités prévues dans le plan d'action stratégie «Suisse numérique».

De plus, suivant les positions qu'adopteront la société et les milieux politiques à l'égard des effets des développements technologiques nécessaires à l'automatisation de la mobilité, diverses autres mesures de réglementation devront être adoptées. Ces mesures devront être identifiées, puis adressées aux services compétents pour qu'ils en précisent les contenus et, enfin, soumises au processus de décision politique.

6.4. Autres activités

Au surplus, la Confédération fournit des prestations dans les domaines ci-dessous.

- **Permettre et suivre les essais pilotes:** la Confédération s'emploie activement à rendre possible la réalisation d'essais pilotes en relation avec les véhicules autonomes. Le DETEC a déjà délivré les premières autorisations d'essais (voir ch. 3.7) et d'autres suivront.

Les enseignements tirés des essais pilotes sont intégrés au fur et à mesure aux travaux de la Confédération.

- **Coordonner et piloter les travaux en cours:** début 2016, l'OFROU a créé un groupe restreint dénommé «Mobilité intelligente». Ce groupe de travail interdisciplinaire est chargé de développer des idées d'application de la mobilité intelligente, de coordonner les activités déployées dans ce domaine et de mettre en œuvre les sous-programmes adoptés.

L'un de ces sous-programmes porte sur la création et l'exploitation d'une plateforme de données, sur laquelle l'OFROU mettra toutes les données concernant le trafic à la disposition des utilisateurs intéressés.

- **Garantir la fluidité du trafic sur les routes nationales:** depuis plusieurs années, l'OFROU déploie des efforts considérables pour garantir la fluidité du trafic sur les routes nationales. Citons en particulier l'amélioration continue de la fourniture d'informations en temps réel sur l'état de la circulation, l'installation sur les routes nationales d'équipements propres à influencer le trafic, la réalisation d'installations permettant de mettre la bande d'arrêt d'urgence temporairement à la disposition du trafic général, ou la mise en œuvre de projets d'extension s'inscrivant dans le cadre du programme d'élimination des goulets d'étranglement.

- **Concrétiser le modèle de tarification de la mobilité:** l'OFROU et l'Office fédéral des transports (OFT) travaillent actuellement à concrétiser le rapport sur la tarification de la mobilité adopté par le Conseil fédéral. Le but est d'approfondir les réflexions conceptuelles qu'il contient et d'accumuler de l'expérience dans l'application de cet instrument. À moyen et à long termes, la tarification de la mobilité pourrait contribuer à contrer les développements indésirables que pourrait présenter la conduite automatisée.

- **Assurer le financement:** le financement actuel du trafic routier repose pour l'essentiel sur l'impôt sur les huiles minérales. Or, ne serait-ce qu'en raison de l'électrification (partielle) du parc automobile qui pointe à l'horizon, ce financement est appelé à trouver une nouvelle base dans un avenir relativement proche. De plus, étant donné que les progrès de l'automatisation sont susceptibles d'accélérer cette électrification, la nécessité d'agir pourrait se faire encore plus pressante. La redevance sur les véhicules électriques prévue dans le projet de fonds pour les routes nationales et le trafic d'agglomération (FORTA) est un premier pas effectué vers une nouvelle forme de financement. Du fait toutefois qu'elle est indépendante des kilomètres parcourus, cette redevance ne peut être qu'une solution transitoire. On ne sait en outre pas avec certitude si l'automatisation progressive du trafic routier nécessitera des investissements, ni, le cas échéant, quelle sera leur importance. Si cette nécessité se vérifiait, il faudrait disposer des moyens financiers correspondants en temps utile.

7. Réponses aux questions du postulat

Compte tenu de tout ce qui précède, le Conseil fédéral donne aux questions du postulat les réponses ci-dessous.

1. **Quand peut-on s'attendre à ce que les voitures-robots soient produites en série et mises sur le marché?**

Le Conseil fédéral s'attend à ce que les véhicules automatisés représentent une part notable des véhicules routiers admis à la circulation d'ici 15 à 20 ans.

2. **Quel impact la conduite sans chauffeur aura-t-elle sur la demande de prestations de transports publics et notamment sur les CFF?**

Avec les véhicules automatisés, le trafic routier sera encore plus sûr et plus confortable. Ces véhicules permettront en outre à de nouveaux groupes d'usagers, comme les personnes âgées ou handicapées et les enfants, d'accéder à l'auto-mobilité.

De plus, les progrès technologiques ouvrent d'intéressantes perspectives aux transports publics également. Des offres d'un genre nouveau, comme les «taxis collectifs», l'autopartage et des modèles d'exploitation sans lignes prédéfinies ni horaire fixe, pourront compléter voire parfois remplacer les offres actuelles, en particulier pour les courtes et moyennes distances ainsi que dans les zones rurales. La frontière entre transports publics et trafic individuel devrait ainsi progressivement s'estomper. Les modèles d'exploitation devraient également se transformer en profondeur sous l'influence de nouveaux modèles d'affaires, tels que la mobilité en tant que service (voir ch 3.4). De plus, il se pourrait que de nouveaux acteurs se profilent comme possibles bénéficiaires de subventions et posent ainsi de nouvelles exigences au système de subvention des transports publics. Ces changements auront cependant pour moteur non pas tant les véhicules autonomes que l'évolution du monde numérique.

Toutes ces possibilités ouvrent d'intéressantes perspectives, qui devraient déboucher sur des offres répondant mieux aux besoins, plus efficaces et plus avantageuses. Il faudra cependant pour cela qu'en particulier les exploitants de services de transports publics régionaux et locaux s'emparent activement de ces possibilités, afin de se positionner efficacement sur un marché qui sera en pleine mutation. Il en va de même pour la Confédération, les cantons et les villes, qui, en tant que copropriétaires de nombreuses entreprises de transport, seront aussi exposés à ces changements.

3. **De quelles infrastructures (route, rail) aura-t-on besoin si les voitures-robots deviennent un mode de transport de masse?**

Il ressort du présent rapport que l'automatisation des véhicules pourra avoir des répercussions d'une grande diversité sur le volume du trafic. Les futurs besoins en matière d'infrastructures de transport seront donc eux aussi très diversifiés.

On ne dispose cependant pas pour l'instant de données fiables justifiant que l'on revoie l'actuelle planification des infrastructures routière et ferroviaire. En l'état, la seule conclusion que l'on puisse avancer est qu'avec l'essor des véhicules automatisés, les transports routiers devraient encore gagner en importance.

Il est probable en outre que la fluidité du trafic sur les autoroutes et sur les routes nationales s'améliorera, de même que l'efficacité et l'efficience de l'utilisation des infrastructures actuelles. Pour que ce potentiel se réalise pleinement, il faudra cependant que les véhicules soient tous connectés aussi bien entre eux qu'avec l'infrastructure.

L'effet d'augmentation des capacités sera directement proportionnel au taux de pénétration des véhicules autonomes sur le marché. Il pourra cependant différer – au moins durant la phase de transition – selon le type de routes et selon leur localisation.

Une pénétration massive des véhicules autonomes sur le marché se traduira par une importante amélioration de l'utilisation des capacités disponibles. Si tous les véhicules étaient autopilotés avec précision et communiquaient en permanence entre eux, il serait concevable par exemple d'aménager des voies supplémentaires sur l'aire de circulation des autoroutes, sans étendre l'infrastructure existante, et de flexibiliser le système en modifiant le sens de circulation sur ces voies en fonction de la charge de trafic dans un sens et dans l'autre. L'utilisation exclusive de tels véhicules permettrait en outre d'augmenter la capacité des routes et, en particulier, celle des carrefours dans les agglomérations. Assistera-t-on à de tels développements? La question reste ouverte. Et même si cela devait être le cas, ce ne sera possible que dans un avenir assez lointain. De plus, dans les agglomérations, les véhicules autonomes devront longtemps encore partager les infrastructures de transport avec les piétons, les cyclistes, les motocyclistes et d'autres véhicules non automatisés.

4. Quelles normes seront-elles requises ou prévoit-on d'imposer s'agissant de l'admission des voitures-robots en Suisse?

L'admission et l'utilisation de véhicules sans conducteur en Suisse dépend largement d'accords et de règlements internationaux sur la circulation routière. Le plus important est la Convention de Vienne, qui fixe les principes régissant les règles de circulation routière, les exigences techniques générales que doivent satisfaire les véhicules, les obligations des conducteurs ainsi que l'octroi et la reconnaissance des permis de conduire et des certificats d'immatriculation. Les règlements de la CEE-ONU fixent en outre les exigences spécifiques auxquelles doivent satisfaire les équipements et les pièces susceptibles d'être montés sur des véhicules.

Les dispositions actuelles prévoient que tout conducteur de véhicule doit rester, en toutes circonstances, maître de son véhicule. Or l'apparition de certains systèmes d'assistance à la conduite a mis en question l'applicabilité de ce principe de base. La Convention de Vienne a donc été adaptée en conséquence en mars 2016 et précise désormais qu'en cas de manœuvre assurée par un système automatisé d'assistance à la conduite, le véhicule est réputé maîtrisé pour autant que le système puisse être neutralisé ou désactivé par le conducteur ou qu'il soit conforme aux prescriptions d'admission énoncées par ailleurs dans les instruments juridiques internationaux (règlements de la CEE-ONU). Il s'ensuit que les véhicules équipés d'un tel système peuvent être légalement admis à la circulation, y compris transfrontière. Ils doivent cependant toujours avoir un conducteur, qui n'est exempté ni des obligations ni des responsabilités qui lui incombent en tant que tel. La question centrale qui se pose dans ce contexte est donc celle des conditions qui devraient être remplies sur le plan technique pour que le conducteur puisse être exempté de ses obligations et responsabilités en cas d'utilisation d'un système automatisé. Il s'agit en particulier de définir le niveau de sécurité que le véhicule doit atteindre, ainsi que les exigences relatives à la preuve que ce niveau est effectivement atteint.

Les véhicules sans conducteur ne pourront donc être admis en Suisse que lorsque les preuves en matière de sécurité de la technique automobile seront disponibles et que le cadre réglementaire international le permettra. Le droit national ne doit toutefois pas rester à la traîne: il est important qu'il permette de réagir rapidement et en souplesse à l'évolution de la Convention de Vienne et d'appliquer en temps utile les nouvelles possibilités qui en résulteront. Pour que la législation suisse présente cette indispensable flexibilité, il y aurait lieu d'inscrire dans la loi fédérale sur la circulation routière (LCR) une délégation de compétences aussi large que possible permettant au Conseil fédéral de régler la circulation des véhicules automatisés ou autonomes par voie d'ordonnance.

Annexe 1: Définition des six niveaux d'automatisation

Le degré d'automatisation d'un véhicule est généralement classé selon une taxonomie comptant six niveaux [SAE J3016].

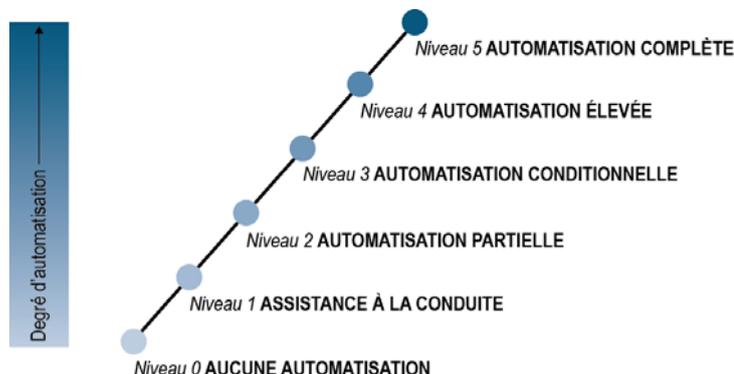


Illustration A1: Niveaux d'automatisation selon SAE J3016

- Niveau 0: Aucune automatisation**
 Le véhicule est équipé uniquement de systèmes d'alerte. La conduite est entièrement assurée par le seul conducteur.
- Niveau 1: Assistance à la conduite**
 Le système assure le guidage soit longitudinal soit transversal du véhicule et le conducteur celui des deux que le système ne prend pas en charge. Le conducteur doit néanmoins surveiller le système en permanence et pouvoir reprendre le contrôle complet du véhicule à tout moment.
- Niveau 2: Automatisation partielle**
 Le système assure pendant un certain temps ou dans des situations spécifiques, comme un dépassement sur l'autoroute, le guidage aussi bien longitudinal que transversal du véhicule. Le conducteur doit néanmoins surveiller le système en permanence et pouvoir reprendre les commandes du véhicule à tout moment.
- Niveau 3: Automatisation conditionnelle**
 Comme au niveau 2, le système assure pendant un certain temps ou dans des situations spécifiques le guidage aussi bien longitudinal que transversal du véhicule. Le conducteur n'aura toutefois plus à surveiller le système en permanence. Il devra simplement être à même de reprendre le contrôle du véhicule lorsque le système le lui demandera, toujours avec une anticipation suffisante.
- Niveau 4: Automatisation élevée**
 Le véhicule est capable, dans des types d'utilisation spécifiques – p. ex. en cas de circulation sur autoroute –, de maîtriser automatiquement toutes les situations. Avant la fin du type d'utilisation concerné, le système invite le conducteur à reprendre les commandes. Si ce dernier ne s'exécute pas, le véhicule se met de lui-même dans un état de risque minimal.
- Niveau 5: Automatisation complète**
 Le conducteur n'a plus à intervenir, du départ à l'arrivée. Le système assume toutes les tâches de conduite, quels que soient le type de route, la vitesse et les conditions environnementales.

Les niveaux 3 à 5 sont particulièrement intéressants sur les plans juridique et technologique, en ceci que la responsabilité du véhicule passe, à certaines conditions ou de façon permanente, du conducteur à une «machine».

Annexe 2: Développements technologiques disponibles ou prévisibles

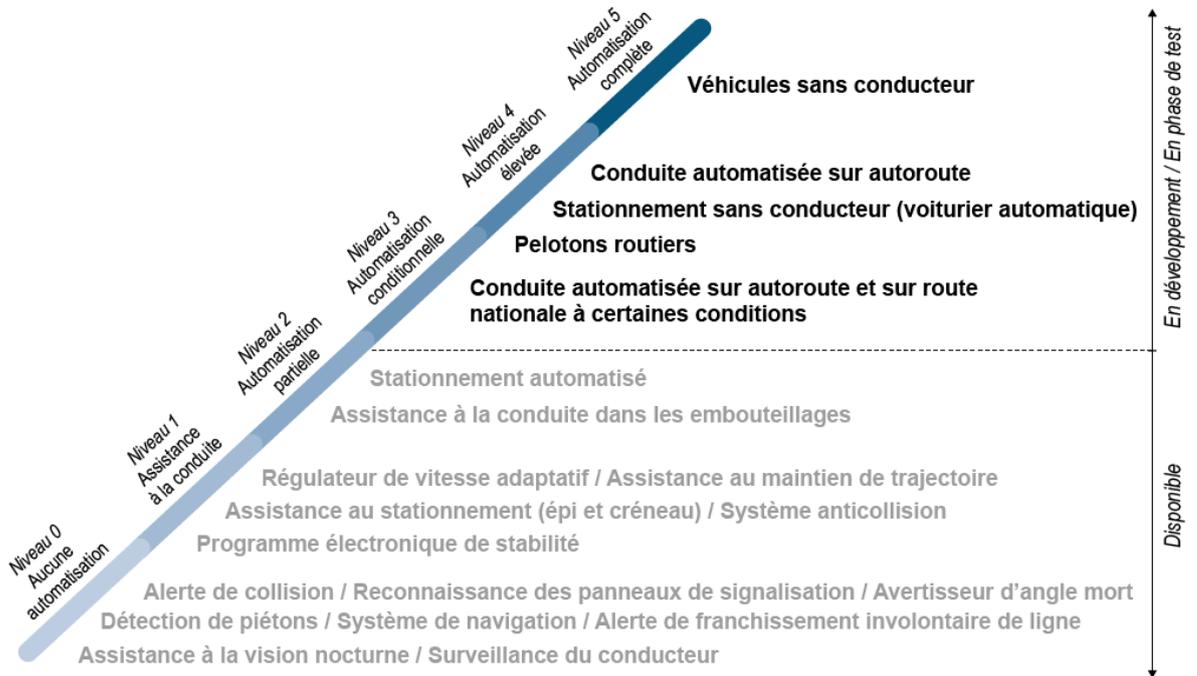


Illustration A2:

Développements technologiques disponibles ou prévisibles dans le domaine de la conduite automatisée

Annexe 3: Bibliographie

- [OFS 2016]: Publikation BFS „Kosten und Finanzierung des Verkehrs – Strasse und Schiene 2013“, 11 octobre 2016. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/mobilite-trans-ports/couts-financement.assetdetail.811-1300.html>
- [BAST 2012]: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung: gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe. Publié par Tom M. Gasser. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. F, Fahrzeugtechnik, Heft F 83. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2012.
- [NHTSA 2013]: U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development | National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/U.S.+Department+of+Transportation+Releases+Policy+on+Automated+Vehicle+Development> (consulté le 29 avril 2015).
- [Etemad 2015]: Etemad, Aria: exposé à la Conférence ITS de l'UE, session «Connectivity and automation: the odd couple», Bruxelles, 24 avril 2015, http://ec.europa.eu/transport/themes/its/events/2015-04-24-its-conference_en.htm.
- [Ericsson 2012]: «Connected Car services come to market with Volvo Car Group and Ericsson». *Ericsson.com*, 17 décembre 2012. <https://www.ericsson.com/news/1665573>.
- [UK DfT 2015]: «Driverless cars in the UK: a regulatory review - Publications - GOV.UK». <https://www.gov.uk/government/publications/driverless-cars-in-the-uk-a-regulatory-review> (consulté le 29 avril 2015).
- [BMVI 2015]: BMVI – Pressemitteilungen – Dobrindt présente la «Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren». <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2015/092-dobrindt-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.html> (consulté le 16 septembre 2016).
- [C-ITS 2016]: Plateforme C-ITS 2016: «Final Report», EU DG MOVE, Bruxelles, janvier 2016, http://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en.htm
- [EPFL 2015]: «Testez gratuitement les minibus sans chauffeur». <http://actu.epfl.ch/news/testez-gratuitement-les-minibus-sans-chauffeur/> (consulté le 21 juillet 2016).
- [OFROU 2015]: www.news.admin.ch – «Le DETEC donne son feu vert à un projet-pilote visant à tester un véhicule autonome», 28 avril 2015, <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiqués.msg-id-57035.html>.
- [CarPostal 2016]: «Projet «SmartShuttle» | CarPostal Suisse SA». <https://www.postauto.ch/fr/smartshuttle> (consulté le 21 juillet 2016).
- [Burns 2013]: Burns, Lawrence D., et al.: «TRANSFORMING PERSONAL MOBILITY», 27. Janvier 2013, The Earth Institute, Broadway, NY, <http://sustainablemobility.ei.columbia.edu/files/2012/12/Transforming-Personal-Mobility-Jan-27-20132.pdf>.
- [Bösch 2015]: Bösch, Patrick. «Required autonomous vehicle fleet sizes to serve different levels of demand», 2015. <http://e-citations.ethbib.ethz.ch/view/pub:163885>
- [Meyer 2016]: Meyer, Jonas, H. Becker, P. M. Bösch, K. W. Axhausen.: «Impact of Autonomous Vehicles on the Accessibility in Switzerland», 24 juillet 2016.
- [Winterhoff 2015]: Winterhoff, M., Mishoulam, D., Shirokinskiy, K., Chivukula, V. & Freitas, N. (2015, Februar). *Automotive 4.0: A Disruption and New Reality in the US?* Roland Berger: Think Act, 2015.
- [Viereckl 2015]: Viereckl, R., Ahlemann, D., Koster, A. & Jursch, S. (2015). *Connected Car Study 2015: Racing Ahead with Autonomous Cars and Digital Innovation*. Strategy& PwC. Abgerufen von: <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Connected-Car-Study-2015.pdf>.
- [Doll 2015]: Doll, N., Vetter, P. & Tauber, A. (2015, 14. September). *Wen soll das autonome Auto lieber überfahren? Die Welt*. Abgerufen von: <http://www.welt.de/wirtschaft/article146407129/Wen-soll-das-autonome-Auto-lieber-ueberfahren.html>
- [Maurer 2015]: Maurer, Markus, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, und Hermann Winner, éd. *Autonomes Fahren*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-45854-9>.
- [Folsom 2012]: Folsom, T.C.: «Energy and Autonomous Urban Land Vehicles», *IEEE Technology and Society Magazine* 31 (2): 28–38. doi:10.1109/MTS.2012.2196339.

- [Knight 2013]: Knight, W. (2013, 22. Oktober). Driverless Cars Are Further Away Than You Think. MIT Technology Review. <http://www.technologyreview.com/featuredstory/520431/driverless-car-sare-further-away-than-you-think/>
- [Rodoulis, 2014]: Rodoulis S., The impact of autonomous vehicles on cities, journeys: Sharing urban transport solutions (S. 12-19). Singapore: Land Transport Academy, 2014. http://www.lta.gov.sg/ltaacademy/doc/J14Nov_p12Rodoulis_AVcities.pdf
- [Riederer 2015]: Riederer, Markus. «Thème prioritaire: Potentiels de synergies présentés par les évolutions dans les pays voisins – Approfondissement: véhicules sans conducteur». its-ch, mai 2015. http://www.its-ch.ch/fileadmin/redacteur/pdf/2015_1_its-ch_Schwerpunktbericht_International_2015-1_def.pdf.
- [Da Lio 2015]: Da Lio, M., F. Biral, E. Bertolazzi, M. Galvani, P. Bosetti, D. Windridge, A. Saroldi et F. Tango: «Artificial Co-Drivers as a Universal Enabling Technology for Future Intelligent Vehicles and Transportation Systems», IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 16 (1) 2015: 244–63. doi:10.1109/TITS.2014.2330199.
- [Wadud 2016]: Wadud Z., D. MacKenzie, P. Leiby: “Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles”, Transportation Research Part A 86 (2016) 1–18, Elsevier Ltd., 2016.
- [Wu 2014]: Wu, Qihui, Guoru Ding, Yuhua Xu, Shuo Feng, Zhiyong Du, Jinlong Wang et Keping Long. «Cognitive Internet of Things: A New Paradigm Beyond Connection». *IEEE Internet of Things Journal* 1, n° 2 (avril 2014): 129–43. doi:10.1109/JIOT.2014.2311513.
- [CONVERGE 2015]: Wieker, Horst. «CONVERGE, COmmunication Network VEhicle Road Global Extension, Proposal for a Car2X Systems Network, Deliverable D4.3, „Architecture of the Car2X Systems Network“». University of Applied Sciences, Saarbrücken, 31. Januar 2015. www.converge-online.de.
- [Auto Alliance 2015]: «Cyber Security | Alliance of Automobile Manufacturers». *Auto Alliance*. <http://www.autoalliance.org/index.cfm?objectid=D7F39E80-A2D1-11E5-997E000C296BA163> (consulté le 30 mai 2016).
- [ACEA 2015]: «Automotive and telecom industries launch joint EU dialogue at the Frankfurt IAA | ACEA - European Automobile Manufacturers' Association». 16 septembre 2015. <http://www.acea.be/news/article/Automotive-and-telecom-industries-launch-joint-EU-dialogue-at-the-Frankfurt>.
- [Shields, 2013]: Shields, Russell T.: «ITS Communication Technologies: Disaster is Looming», présentation, ygomi, 6 février 2013, ETSI ITS Workshop, Vienne, http://docbox.etsi.org/Workshop/2013/201302_ITSWORKSHOP/S01_KEYNOTES/YGOMI_SHIELDS.pdf.
- [ERTICO 2015]: ERTICO, EU, 5G-PPP. «5G Automotive Vision», 30 octobre 2015, <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Automotive-Vertical-Sectors.pdf>
- [Markey 2015]: «Markey, Blumenthal Continue Investigation of Automotive Cyber Security and Privacy Practices». *Senator Ed Markey*. <http://www.markey.senate.gov/news/press-releases/markey-blumenthal-continue-investigation-of-automotive-cybersecurity-and-privacy-practices> (consulté le 21 juillet 2016).
- [Greenblatt 2016]: Greenblatt, N. A. «Self-driving cars and the law». IEEE Spectrum 53, n° 2 (février 2016): 46–51. doi:10.1109/MSPEC.2016.7419800
«Self-Driving Cars Will Be Ready Before Our Laws Are». *IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News*, 19 janvier 2016. <http://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/selfdriving-cars-will-be-ready-before-our-laws-are>.
- [UE C(2016)1958]: «COMMUNICATION DE LA COMMISSION du 5 avril 2016 – Le Guide bleu relatif à la mise en œuvre de la réglementation de l’Union européenne sur les produits 2016», <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/18027?locale=fr>
- [c't 23/2015]: Schmidt, Jürgen. «Editorial: Dinge, denen wir vertrauen können». *c't*. 16 octobre 2015. <http://www.heise.de/ct/ausgabe/2015-23-Editorial-Dinge-denen-wir-vertrauen-koennen-2844188.html>.
- [SAE J3016]: SAE Information Report: (J3016) «Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems», SAE International – mobility engineering, WARRENDALE, Pa., 2 octobre 2014, http://www.sae.org/servlets/press-Room?OBJECT_TYPE=PressReleases&PAGE=showRelease&RELEASE_ID=2715.

- [US DOT 2016]: «Federal Automated Vehicles Policy – septembre 2016». Texte Department of Transportation, 19 septembre 2016. <https://www.transportation.gov/AV/federal-automated-vehicles-policy-september-2016>.
- [IRGC 2016]: 2016 Activities | IRGC, Autonomous cars, «Creating the appropriate regulatory context; Dealing with insurance, liability and perception issues», <http://irgc.epfl.ch/page-128879-en.html>.