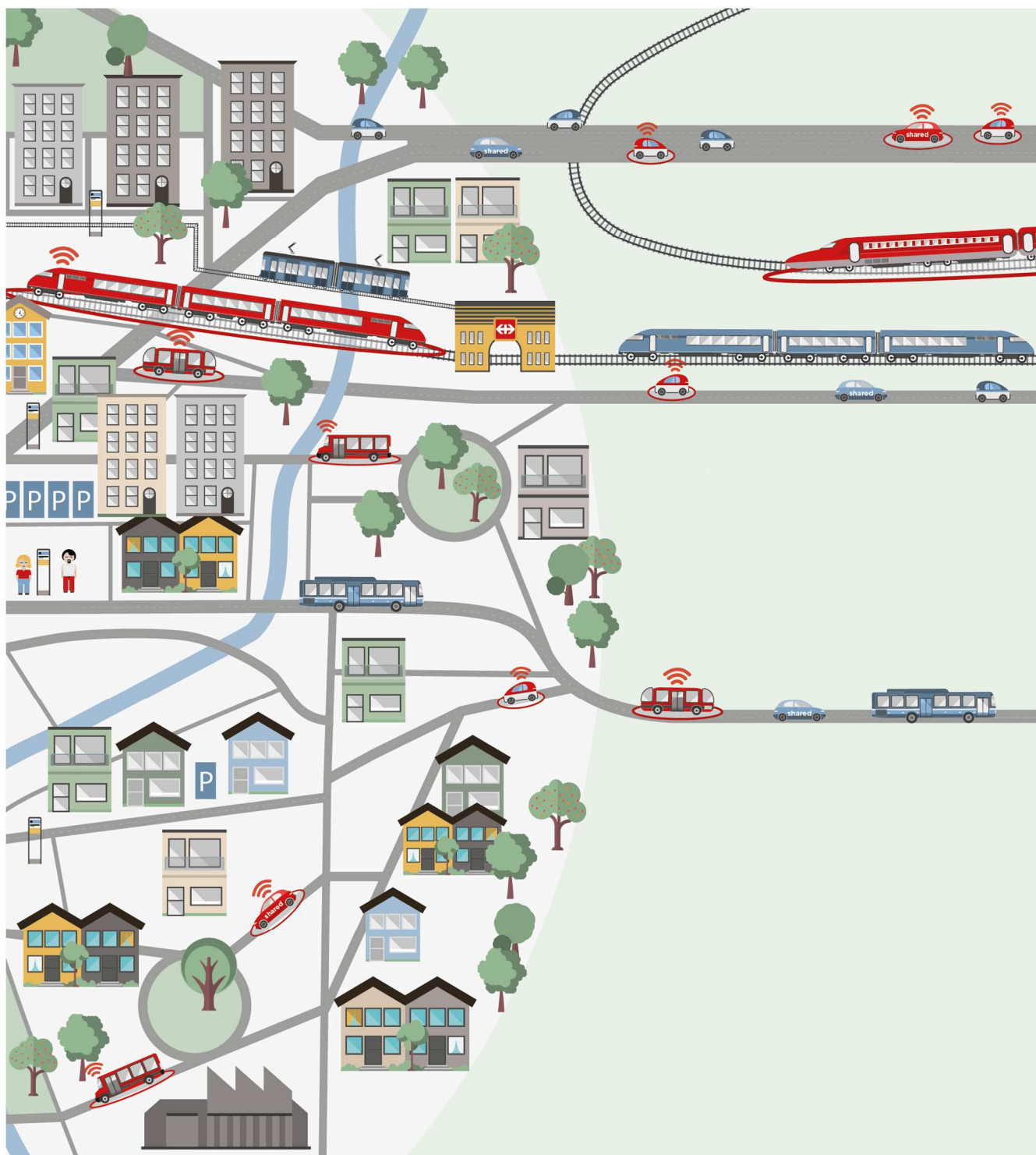


Utilisation de véhicules automatisés au quotidien : les applications envisageables et leurs effets en Suisse

Résumé de l'analyse fondamentale (phase A) et des études d'approfondissement (phase B)
Version du 11 septembre 2018



Partenaires du projet

BaslerFonds
Union des villes suisses
Ville de Zurich et Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ)
Ville de Berne et Bernmobil
Schweizerische Südostbahn AG (SOB)
Canton de Saint-Gall
Canton de Zurich
Canton de Bâle-Ville et Basler Verkehrsbetriebe (BVB)
Canton d'Obwald
Ville de Winterthur
AXA (recherche sur les accidents et prévention)
Car Postal
Ville du Zoug
Ville de Pully
Ville de Nyon
Commune de Regensdorf
Ville de Saint-Gall (Office de l'environnement et de l'énergie)
Autobus AG Liestal (AAGL)
Viasuisse SA
Coop
Galliker Transport

Team de projet

Fabienne Perret
Remo Fischer
Frank Bruns
Dr Christoph Abegg
Dr Peter de Haan
Dr Ralph Straumann
Dr Markus Deublein
Christian Willi
Matthias Hofer
Lorenz Raymann

EBP Schweiz AG
Mühlebachstrasse 11
8032 Zürich
Suisse
Téléphone +41 44 395 16 16
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Illustration de couverture : Représentation d'un modèle d'environnement avec circulation automatisée (réalisée par les auteurs)

Date : 11. septembre 2018

Fichier : 180911_BaslerFonds_aFz_Phase A+B_summary_französisch.docx

Table des matières

1.	Résumé d l'analyse fondamentale (phase A)	4
2.	Technique des transports (phase B)	10
3.	Données et infrastructures informatiques (phase B)	16
4.	Formes d'offres possibles dans les transports collectifs (TP et TIP, phase B)	19
5.	Villes et agglomérations (phase B)	26
6.	Ressources, environnement, climat (phase B)	30
7.	Transport de marchandises, logistique des centres-villes (rues et routes, phase B)	32

1. Résumé d l'analyse fondamentale (phase A)

Le Basler Fonds, l'Union des villes suisses, quatre villes, quatre cantons, plusieurs entreprises de transport et d'autres institutions élaborent conjointement avec le soutien d'EBP l'étude intitulée *Utilisation de véhicules automatisés au quotidien : applications et effets imaginables en Suisse*. Cette étude se concentre sur les possibilités d'utilisation de la mobilité au quotidien en Suisse.

Un premier rapport fondamental sur les applications et effets imaginables en Suisse est maintenant disponible. Il montre entre autres de façon réaliste comment la conduite automatisée devrait se développer en Suisse au fil des prochaines années. Les constatations qu'il contient constituent la base essentielle des travaux d'approfondissement prévus dans la deuxième phase de l'étude, qui est sur le point de commencer.

Situation initiale

La conduite automatisée est actuellement portée par la technologie et l'industrie. On ne dispose quasiment d'aucune connaissance vérifiée sur les effets de l'utilisation de tels véhicules sur les habitudes de déplacement, le trafic général, le développement territorial ou les besoins en infrastructure. L'OFROU a présenté en décembre 2016 son rapport intitulé *Conduite automatisée – Conséquences et effets sur la politique des transports*. Ce rapport met l'accent sur les routes nationales ; les réseaux secondaires et les transports publics y sont à peine abordés. Mais pour les planificateurs et les planificatrices des villes et des cantons et pour les entreprises de transports publics, c'est précisément dans ces domaines que se posent des questions majeures : quelle influence les véhicules automatisés ont-ils sur les capacités de l'infrastructure des réseaux de transport ? A-t-on besoin de nouvelles infrastructures ? Quelles adaptations du droit sont-elles nécessaires ? Quels sont les rôles et les responsabilités des pouvoirs publics ? À qui les données produites appartiennent-elles ? Quelles sont les offres de mobilité qui représentent des opportunités sur le marché ?

De nombreux systèmes d'assistance sont aujourd'hui largement répandus dans la circulation au quotidien, par exemple les assistants de freinage, l'aide au stationnement, les régulateurs de vitesse adaptatifs sur les autoroutes ou les assistants au maintien de trajectoire. Certains constructeurs d'automobiles ont développé des chauffeurs sur autoroute à haut niveau d'automatisation et travaillent maintenant sur des pilotes automatiques sur autoroute et pour le stationnement, capables de conduire en automatisation complète dans un environnement défini. Dans le trafic ferroviaire, des trains sans mécanicien sont déjà en service depuis longtemps sur des lignes isolées et clairement délimitées dans l'espace, comme la ligne de desserte de l'aéroport de Zurich ou le métro de Lausanne. Toutefois, il n'existe pas encore dans le monde d'application complètement automatisée pour le trafic régional et grandes lignes.

Les possibilités technologiques sont déjà considérablement avancées. Mais à l'heure actuelle, la conduite automatisée est interdite en Suisse sans autorisation spéciale. Ces autorisations s'adressent à des groupes sélectionnés et sont limitées à des tronçons expérimentaux, comme les minibus sans conducteur à Sion et à Zoug, ainsi que prochainement à Fribourg, Schaffhouse et Berne.

Évolution possible en Suisse

La situation initiale permettant d'évaluer l'évolution future est complexe : les exigences du point de vue technologique, juridique et en ce qui concerne les infrastructures, sont grandes. Différentes tendances ont un effet porteur (évolution démographique, besoins croissants de sécurité, dynamique des innovations), mais d'autres ont un effet inhibant (protection des données, sphère privée). L'évolution s'orientera également dans différentes directions en fonction des valeurs futures de la population.

Cette étude montre à l'aide d'une storyline une piste de développement sur six degrés, qui est jugée plausible aujourd'hui du point de vue des spécialistes. Quant à savoir quelle succession d'étapes sera effectivement suivie, cela dépend entre autres des développements techniques, des conditions-cadre légales, de l'acceptation par la société et des décisions du monde politique.

On part du principe qu'aucune solution isolée n'est envisagée en Suisse, mais bien plutôt que des développements provenant d'Europe seront repris, en particulier dans le transport individuel. Dans les transports publics par contre, on peut tout à fait imaginer que la Suisse ait une influence considérable sur les développements internationaux, ou même qu'elle ait un rôle de précurseur.

Le transport individuel motorisé verra sans doute une évolution générique progressive, du véhicule conventionnel circulant par lui-même jusqu'à l'automatisation complète. Les autorisations ou les admissions nécessaires seront élargies tant du point de vue technique que du point de vue spatial, allant de l'autorisation spéciale pour des tronçons expérimentaux accordée à des développeurs individuels à l'autorisation générale pour des réseaux entiers, en passant par l'autorisation temporaire de tronçons pilotes pour des utilisateurs disposant de véhicules homologués à cet effet. Avant que des voitures à conduite automatisée ne circulent sur les routes de Suisse, il faut modifier la législation des admissions. La *Loi fédérale sur la circulation routière* pré-suppose aujourd'hui que tout véhicule a un conducteur et que celui-ci reste constamment maître de son véhicule. Mais avant tout, c'est la *Convention de Vienne sur la circulation routière* qui doit être modifiée. Des efforts sont déjà faits dans ce sens. À l'avenir, les systèmes de conduite automatisée seront autorisés s'ils peuvent être à tout moment supplantés par le conducteur. Cependant, une voiture circulant entièrement par elle-même ne pourra toujours pas bénéficier d'une admission sur ce seul critère. Il y a aussi nécessité d'agir sur la législation en matière de responsabilité. En lieu et place des causes d'accidents d'origine humaine, apparaissent des défauts de programmation et de systèmes. Les véhicules automatisés devraient s'imposer d'abord sur les autoroutes et dans l'espace urbain. Pour les autoroutes, qui

constituent un système fermé, ce sera comparativement plus simple : un seul sens de circulation, les conflits n'apparaissent qu'en lien avec des processus de changement de voie, aucun autre mode de transport ne s'y trouve et le développement de systèmes d'assistance est déjà bien avancé. Dans les espaces urbains, la situation est certes nettement plus complexe qu'à l'extérieur des localités en raison du trafic mixte et du volume élevé de trafic. Mais les technologies actuelles des capteurs éprouvent encore des difficultés en ce qui concerne la détection d'objets en déplacement, en particulier à vitesse élevée. De plus, la couverture des réseaux radio est nettement meilleure dans les espaces urbains que dans les zones rurales.

Dans les TP, la transition vers l'automatisation est moins complexe que dans le trafic individuel motorisé : les véhicules circulent sur des lignes fixes, sont aujourd'hui déjà intégrés à des niveaux supérieurs de contrôle, et les achats et les rénovations s'effectuent par flottes entières. Mais la rapidité avec laquelle la conduite automatisée s'imposera dépend aussi des générations de véhicules : le matériel roulant des TP est nettement plus longtemps en service que celui du trafic individuel.

La juxtaposition de différents modes de transport se renforce en particulier dans l'espace urbain : on n'aura plus seulement à faire la distinction entre la circulation à pied, à vélo, en transport public et en trafic individuel motorisé. En matière de trafic motorisé, il faudra faire aussi la distinction entre les différents niveaux d'automatisation, et entre leurs besoins et leurs obligations respectifs dans l'espace de circulation. Il existera de nouvelles formes mixtes entre les TP et le TIM.

Ce qui sera déterminant pour la pénétration du marché des véhicules privés, ce sont les bénéfices individuels supplémentaires (l'accroissement de la sécurité du trafic, le gain de temps généré par la liberté de faire autre chose pendant le déplacement, ou le confort des trajets engendré par la réduction de la responsabilité), mais aussi les coûts supplémentaires : équipement avec des radars de détection onéreux, augmentation des coûts de communication.

Pendant une phase relativement longue, les véhicules seront capables de faire davantage que ce qui leur est autorisé. Mais à l'inverse, cela signifie que la réalisation des conditions technologiques préalables ne suffit pas encore à elle seule pour qu'on puisse s'attendre à une diffusion rapide de la conduite automatisée, qu'il s'agisse des TP ou du TIM.

La situation du marché sera marquée pendant plusieurs années par la présence d'un grand nombre d'acteurs. Malgré une situation de concurrence entre eux et quelques obstacles, on peut estimer que des coopérations seront incontournables en raison de la complémentarité de leurs diverses compétences. Au-delà de toute cette évolution, l'étude attribue un rôle important non seulement aux constructeurs de véhicules et aux opérateurs de services de navigation, mais aussi aux entreprises de transport et aux autorités chargées de l'admission des véhicules. Les producteurs officiels de géodonnées, les analystes de données et les prestataires de services de mobilité gagneront eux aussi en importance. Enfin, les autorités compétentes en matière

de transport ne seront pas les dernières à prendre de plus en plus d'importance : d'une part, la population attend des réglementations dans le domaine de la sécurité et des gains d'efficacité, et d'autre part ces autorités disposent du potentiel de contrôle et d'exploitation des données.

Opportunités et défis à relever

Du point de vue des cantons et des villes, la conduite automatisée offre de nombreuses opportunités : gains d'efficacité et de surfaces de stationnement, gains de capacité sur la route, nouvelles possibilités de contrôle du trafic, développement d'offres de *Mobility-as-a-Service* (association de diverses prestations de transport publiques et privées, organisées depuis une plateforme), meilleure qualité des accès grâce à de nouvelles offres, etc. Que doivent donc faire les autorités afin d'exploiter de telles opportunités ?

Comme le montre la storyline, plusieurs autorités ont un rôle majeur dans le succès du développement de la conduite automatisée. Dans leur rôle d'autorité compétente en matière d'admission des véhicules, la Confédération et les Offices cantonaux des transports doivent pouvoir définir en temps voulu l'admission des véhicules automatisés. Compte tenu de la dépendance des systèmes des véhicules vis-à-vis des logiciels, il serait quasiment impossible dans les conditions actuelles pour les autorités chargées de l'admission des véhicules de vérifier que les niveaux de sécurité exigés par les procédures d'homologation de type soient garantis. C'est pourquoi la garantie de la sécurité du produit devrait relever exclusivement de la responsabilité du fabricant. Simultanément, on a besoin au plan national suisse de conditions-cadre d'admission qui définissent certains paramètres des adaptations du véhicule pour des raisons logicielles, et clarifient dans quelles conditions un véhicule doit être à nouveau contrôlé.

De plus, les véhicules automatisés sont tributaires d'une infrastructure adéquate de transmission des données. En ce qui concerne l'infrastructure de transport, on a besoin en outre d'un nombre suffisant de possibilités d'arrêt (par ex. des bandes d'arrêt d'urgence continues sur les autoroutes) ; les marquages sur les routes et les panneaux de signalisation doivent être visibles et détectables par les capteurs quelles que soient les conditions météorologiques. Pour permettre l'exploitation des potentiels de l'automatisation, les feux de circulation doivent être équipés d'une communication bidirectionnelle vers les véhicules, et les centrales de gestion du trafic doivent être dotées des matériels et des logiciels nécessaires. De plus, les espaces routiers urbains doivent éventuellement être adaptés aux exigences d'un trafic mixte entre véhicules automatisés, non automatisés et d'autres usagers.

Il incombe aux autorités compétentes en matière de transport de définir en temps voulu les réglementations nécessaires à l'applicabilité (voire, beaucoup plus tard, l'éventuelle obligation d'application) de la conduite automatisée sur le réseau routier, et à sa coexistence avec la circulation non automatisée mais aussi la coopération avec les constructeurs et les opérateurs constitueront au cours des prochaines années l'un des plus grands défis à relever.

Lorsque l'état d'automatisation complète aura été atteint, les autorités continueront à avoir un rôle important. Selon l'étude, en l'absence de mesures

d'incitation, le volume de trafic augmentera car plusieurs effets amplificateurs de la demande se superposent : les trajets à vide deviendront possibles, de nouvelles offres de transport apparaîtront, et sans la nécessité d'un conducteur, des utilisateurs non titulaires du permis de conduire pourront eux aussi se déplacer dans des véhicules automatisés. Les autorités auront à intervenir de façon directive au moyen de diverses mesures de planification, de technique et de politique des transports, et à corriger d'éventuelles dérives. Ainsi l'utilisation de systèmes de véhicules entièrement automatisés pourrait-elle par exemple devenir obligatoire pour les véhicules ayant cette fonction dans les zones où un volume élevé de trafic entraîne régulièrement des embouteillages. On peut imaginer que les véhicules soient contrôlés à un niveau supérieur par un système intelligent de gestion du trafic, afin d'optimiser le flux de circulation. À partir d'une date donnée, on pourrait ne plus immatriculer que des véhicules à automatisation élevée. L'adaptation en fonction de la situation de la vitesse de circulation pour le trafic individuel permettrait d'optimiser le flux de circulation et de gagner en efficacité. Des débats se tiendront aussi sur le subventionnement des offres d'autopartage, le maintien de lignes de bus et de tram, les droits de transit et redevances de stationnement, les restrictions d'accès aux centres-villes et la prévention des trajets à vide. Quant à savoir jusqu'à quel point de telles mesures pourront être appliquées, tout dépendra au final de la politique des transports aux plans national, cantonal et communal.

L'étude retient que la Suisse pourrait avoir un rôle de précurseur en matière de conduite automatisée dans les transports publics. L'automatisation complète apporte aux TP routiers de nouvelles perspectives, en particulier et avant tout en trafic local. À plus long terme, il est possible d'organiser la mobilité pour mieux répondre à la demande et de supprimer les regroupements de déplacements existant actuellement du fait des courses et des lignes.

La possibilité de faire circuler des véhicules autonomes engendre aussi, dans les transports privés et publics, de nouvelles possibilités d'organisation des chaînes de transport. À titre d'exemple, des véhicules complètement automatisés peuvent circuler par eux-mêmes d'un site à un autre entre deux trajets avec des passagers en autopartage ou en covoiturage. Ils pourraient aussi être utilisés, sur réservation des trajets, pour plusieurs personnes. De nouvelles formes mixtes apparaissent entre les TP et le TIM ; il en résulte là aussi de nouvelles perspectives de développement, de nouvelles formes d'offres et de nouvelles définitions du TIM et des TP. La conséquence en est vraisemblablement une redistribution des modes de transport. L'interconnexion des différentes offres et modes de transport est un facteur central de réussite des transports publics. Sa complexité présuppose des planifications à long terme, ce qui implique des délais tout aussi longs en amont. De plus, la durée de vie du matériel roulant et de l'infrastructure est très longue.

La réorganisation de la chaîne de transport est liée à l'association de prestations de transports publics et privés ainsi que de différents moyens de transport par l'intermédiaire d'une plateforme qui organise les itinéraires complets et le paiement vers un compte unique. Pour les entreprises de transport public, la question se pose aujourd'hui déjà de savoir dans quelle

mesure elles peuvent exploiter les opportunités de services de mobilité de cette nature (*Mobility-as-a-Service*).

Conclusion

La conception de la storyline et de ses six états nous amène à faire les constatations les plus diverses. Les abondantes hypothèses fondamentales de l'étude montrent déjà à quel point l'avenir de la conduite automatisée en Suisse pourrait effectivement prendre des formes multiples.

Il ne nous reste au final qu'à débattre des avantages de la conduite automatisée que nous voulons exploiter en tant que société, et des évolutions indésirables que nous voulons éviter. Les avantages des véhicules automatisés, par ex. les gains en termes de sécurité ou d'efficacité, ne se concrétiseront pas d'eux-mêmes : les conditions-cadre devront être mises en œuvre progressivement et efficacement. Si l'on n'y parvient pas, le véhicule automatisé est susceptible de paralyser le transport individuel (urbain ou non) par une croissance du trafic. La volonté d'agir du monde politique a donc ici un rôle central : sans une réglementation appropriée d'un état à un autre, on peut prévoir des évolutions défavorables : augmentation des embouteillages, perturbations du trafic.

Perspectives pour la phase B

Cette étude fondamentale a permis de conclure une première étape des réflexions en cours. Les premières constatations font désormais apparaître de nombreux points de repère. Conformément au concept de recherche, il est prévu pour la phase B six domaines d'approfondissement : la technique des transports, la sécurité des transports et des données, les opportunités et défis à relever dans les TP, les défis pour les villes et les agglomérations, le secteur « ressources, environnement, climat » et celui du trafic marchandises et de la logistique des centres-villes.

2. Technique des transports (phase B)

Le rapport présente des effets possibles des véhicules automatisés sur la technique des transports. Ceci comprend le comportement des véhicules routiers automatisés, la quantification des effets sur la capacité, les mesures envisageables de gestion du trafic ainsi que les implications concernant le besoin en infrastructure. Ce rapport constitue une base pour les planifications stratégiques et se fonde sur l'étude fondamentale¹.

L'utilisation de véhicules automatisés touche aussi à de nombreux autres sujets comme, à titre d'exemple, le développement territorial et urbain, les transports collectifs et les transports de marchandises, ou la sécurité routière. Le présent rapport ne traite ces aspects que de façon marginale. On se reportera à ce sujet aux autres études d'approfondissement consacrées à l'*Utilisation de véhicules automatisés au quotidien*.

Comportement des véhicules routiers automatisés

En matière de technique des transports, la principale question posée par l'utilisation de véhicules automatisés est celle de l'intervalle de temps qui doit être respecté entre deux véhicules. De cet intervalle dépend la capacité d'une infrastructure routière. Les intervalles de temps successifs actuels pourraient être diminués par des systèmes techniques des fractions de temps nécessaires à l'humain entre les étapes voir/comprendre un événement, du temps de réaction et du temps de déplacement du pied. Sur les routes à haut débit, on mesure aujourd'hui par exemple des intervalles moyens de 1,1 à 2,0 secondes ; ils sont dans certains cas sensiblement inférieurs aux abords des points nodaux urbains, grâce à l'anticipation. Pour les véhicules automatisés, les experts estiment les potentiels de réduction des intervalles à 0,3 – 0,9 seconde. Grâce à l'automatisation, les intervalles de temps devraient aussi pouvoir être harmonisés. En outre, en particulier aux abords des nœuds, on accélère plus vite et de façon plus uniforme, de sorte que des vitesses de dégagement plus élevées sont atteintes. Sur les routes à haut débit, on s'attend à des changements de voie plus rapides et à des vitesses plus homogènes. Si les véhicules sont interconnectés, des intervalles de temps plus courts peuvent en principe être appliqués pour les changements de voie.

Effets sur la capacité

On considère la capacité comme étant l'intensité de trafic la plus élevée pouvant être atteinte par le flux de circulation sur une section donnée. Si les intervalles de temps effectifs entre les véhicules peuvent être réduits du fait de l'automatisation, il en résulte des effets positifs sur la capacité de l'infrastructure existante. Cette augmentation est plus que proportionnelle par rapport à la pénétration des véhicules automatisés dans l'ensemble du parc. Dans les états intermédiaires comportant un trafic mixte de véhicules automatisés et non automatisés, les effets sur la capacité en sont sensiblement

1 EBP : Utilisation de véhicules automatisés au quotidien : les applications envisageables et leurs effets en Suisse, Rapport final sur l'analyse fondamentale (phase A) ; à la demande du Basler-Fonds, de l'Union des villes suisses et d'autres partenaires ; 24/10/2017

plus réduits. Les résultats de simulations pour les routes à haut débit présentent actuellement une augmentation maximale de capacité d'environ 30 % pour un intervalle de temps de 0,9 seconde et un parc de véhicules entièrement automatisé sur route dégagée. Sur le réseau suisse des routes à haut débit, la densité des entrées, sorties et échangeurs a toutefois un effet déterminant sur la capacité. Sur ces tronçons, les intervalles de temps successifs sont aujourd'hui déjà très faibles et ne pourront être optimisés plus que de façon minime. Les effets sur la capacité sont plus réduits sur le réseau secondaire que sur les routes à haut débit ; de même, ils sont plus réduits aux points nodaux que sur les routes dégagées. Pour les points nodaux urbains, on s'attend à des effets sur la capacité d'un ordre de grandeur de 15 % (pour une réduction de l'intervalle de temps de 0,3 seconde et une pénétration complète).

La stabilité du flux de circulation augmente avec les véhicules automatisés. Pour une même charge de trafic élevée il est possible de réduire les perturbations de la circulation avec une perte de performance correspondante.

Gestion de la mobilité et du trafic

L'automatisation pose de nouvelles exigences en matière de gestion de la mobilité (orientation de la demande) et de gestion du trafic (configuration du flux de trafic sur le réseau routier). Pour cela, de nombreux instruments (qu'ils soient nouveaux ou déjà existants) sont envisageables ; ils se distinguent par le niveau d'interconnexion nécessaire, la pénétration du parc de véhicules par les véhicules automatisés qu'ils présupposent et par les libertés qu'ils touchent en matière de mobilité (choix de l'horaire, choix du mode de transport, choix de l'itinéraire, occupation des véhicules, conduite par un humain ou par un système). Parmi les instruments évoqués, on trouve les interdictions de trajets à vide, l'attribution de créneaux de circulation sur l'infrastructure ou l'introduction de zones réservées exclusivement aux véhicules automatisés. Dans la mesure où les libertés de mouvement ne doivent pas être restreintes par des interdictions et des sanctions, il est possible d'influencer le trafic par des incitations temporelles (par ex. en donnant la priorité aux feux de signalisation) ou financières (par ex. tarification de la mobilité). La gestion des places de stationnement, qui est aujourd'hui un instrument de contrôle particulièrement important pour les villes, pourrait perdre une partie de son importance avec l'accroissement de l'automatisation, en raison d'une utilisation accrue des services d'autopartage et de co-voiturage ainsi que d'éventuels trajets à vide en TIM.

Besoins en infrastructure

Les capacités de l'infrastructure existante n'augmentent avec l'automatisation de façon significative que si le niveau de pénétration du parc de véhicules est élevé et si les intervalles de temps sont effectivement réduits, même sur des goulots d'étranglement déterminants pour la capacité. Il ne se dessine à moyen terme aucun saut de capacité déterminant de plus de 20 % qui serait susceptible de supprimer des goulots d'étranglement marqués sur le réseau. Même une réduction temporaire de la capacité n'est pas exclue si on respecte, en s'appuyant sur les réflexions menées en matière de sécurité, des intervalles de temps en trafic mixte plus longs entre les véhicules. À long terme

toutefois, les intervalles de temps successifs des véhicules automatisés devraient être plus réduits que les intervalles observés aujourd'hui avec des conducteurs humains. Cette évolution sera favorisée par l'interconnexion. Les effets sur la capacité peuvent contribuer à ce que les aménagements de l'infrastructure ne deviennent nécessaires que plus tard, ou même qu'on puisse s'en passer.

Dans la perspective actuelle, un tracé en site propre pour les véhicules automatisés (par ex. dans les états intermédiaires avec trafic mixte) paraît peu réaliste en Suisse puisqu'on ne dispose souvent pas de l'espace nécessaire et que la densité des points nodaux est élevée. Aussi longtemps que des véhicules conduits par des humains circuleront sur les routes et que les dimensions des véhicules des utilisations déterminantes pour le dimensionnement (par ex. TP, camions, service hivernal) ne changent pas, une réduction de la largeur des voies ne semble pas réaliste. De tels gains de surface ne peuvent être obtenus que par l'utilisation de petits véhicules et/ou d'un parc de véhicules entièrement automatisé. Les surfaces d'attente peuvent éventuellement être adaptées si l'on atteint des différences significatives pour les flux de dégagement aux points nodaux. Avec une forte pénétration des véhicules automatisés, il est envisageable de supprimer les feux de signalisation grâce à l'attribution de créneaux dans l'espace et dans le temps. À cet égard, les questions posées par la coexistence des véhicules automatisés, des piétons et des cyclistes ne sont pas encore résolues. Dans les villes, des arrêts doivent être aménagés par ex. pour permettre la montée ou la descente des utilisateurs de services d'autopartage automatisés ainsi que des surfaces de chargement/déchargement pour le transport automatisé de marchandises, et les règles de leur utilisation doivent être définies.

2.2 Recommandations d'action

Des recommandations d'action sont formulées ci-après sur la base des travaux du module d'approfondissement *Technique des transports* à l'intention des autorités, notamment des villes et des cantons, quant à savoir comment les défis de la conduite automatisée pourraient être abordés afin d'en exploiter les opportunités et d'en éviter les risques. Ces recommandations doivent être considérées comme des approches possibles. Elles sont toujours basées sur les objectifs stratégiques individuels des acteurs mentionnés.

Capacités

Recommandations

- On obtient des effets sur la capacité du réseau grâce aux véhicules automatisés dans la mesure où ces derniers permettent des intervalles de temps plus courts qu'avec les véhicules conduits par des humains. Les autorités doivent à cet effet acquérir une meilleure connaissance du **comportement effectif d'un convoi** de véhicules automatisés. Sur cette base, elles peuvent faire en sorte, en définissant les règles d'admission des véhicules et dans le respect des normes de sécurité, que seuls les véhicules ayant un effet positif sur la capacité du réseau soient admis.
→ à court ou long terme

- La connaissance des **interactions** entre les véhicules automatisés et la circulation piétonne et cycliste ainsi qu'avec les TP, automatisés ou non, est limitée. Il faut dans ce domaine collecter des informations sur les capacités et les limites des systèmes de véhicules. Concernant l'admission des véhicules, les autorités des villes et des cantons devraient s'impliquer dans la définition des exigences techniques concernant les interactions.
→ à court ou moyen terme
- Dans les centres-villes et les agglomérations, des **essais pilotes** de véhicules automatisés devraient être autorisés, accompagnés et analysés, en particulier sous l'aspect de l'interaction avec d'autres usagers de la circulation. On veillera à cet effet à ce que soient testées différentes approches technologiques de divers constructeurs afin que le comportement des véhicules soit observé de la façon la plus large possible.
→ à court ou moyen terme (éventuellement sans nécessité d'intervenir)
- Concernant les systèmes ou les systèmes d'assistance existants ainsi que les niveaux d'automatisation dans l'ensemble du parc de véhicules admis, un **monitoring** devrait être réalisé afin de disposer d'informations de base sur les capacités des véhicules ainsi que sur la pénétration des systèmes. → à court ou long terme

Demande de transport

Contexte

La conduite automatisée a un effet amplificateur de la demande de trafic routier, en premier lieu par l'utilisation du temps de trajet pour d'autres activités, par l'apparition de nouveaux groupes d'utilisateurs et par les trajets à vide (cf. rapport fondamental). La conséquence en est une augmentation de la pression sur l'infrastructure, qui est déjà fortement chargée aux heures de pointe aujourd'hui en Suisse. C'est pourquoi il existe un besoin d'orientation de la demande, en particulier dans les espaces denses et fortement sollicités. Des mesures efficaces doivent être trouvées en matière de gestion de la mobilité (orientation de la demande) et de gestion du trafic (orientées sur l'utilisation de l'infrastructure ou sur le flux de trafic). Dans un contexte d'exigences croissantes en matière de mobilité, on ne peut y parvenir que si **l'occupation des véhicules** peut être augmentée et que pour une même prestation de transport (pers km), un nombre inférieur de véhicules et des distances parcourues inférieures (véh km) sont nécessaires.

Recommandations

- En matière de politique des transports, il doit être tenu un **discours public** sur les risques d'un volume accru de trafic résultant de l'automatisation. Le besoin d'action et les approches à ce sujet devraient être débattus conjointement par le monde politique, la sphère économique et la société. → à court ou moyen terme
- En matière de **gestion du trafic**, le **taux d'occupation** des véhicules devrait pouvoir être mesuré et, avec l'augmentation de l'automatisation, utilisé pour le contrôle du trafic. Cela peut servir de base à un ordre de priorité des trajets et des véhicules, ou à une tarification.
→ à moyen ou long terme

- En matière de **contrôle du trafic**, les éventuels gains de capacité en TIM (par ex. à l'approche des carrefours équipés de feux de signalisation) devraient être utilisés activement au profit de la circulation piétonne et cycliste ainsi que des TP. → *à court ou moyen terme*
- En matière de **gestion de la mobilité**, il y a lieu de favoriser des taux d'occupation élevés par des mesures « *push* » (par ex. des instruments favorisant le covoiturage, la réduction de la disponibilité des places de stationnement) et par des mesures « *pull* » (par ex. des allègements fiscaux pour l'utilisation collective des véhicules, des bonus pour la durabilité). → *à moyen ou long terme*
- En matière de politique des transports, des instruments comme le ***mobility pricing*** sur la base du taux d'occupation et dans des zones dans lesquelles la demande dépasse la capacité, devraient être étudiés. Il faut en outre trouver une réglementation pour les **trajets à vide** (par ex. l'interdiction dans le TIM, et pour les offres de partage seulement sur justification d'une meilleure efficacité par rapport au TIM). → *à moyen ou long terme*

Autres besoins en infrastructure

Recommandations

- Pour les offres de partage entièrement automatisées, il faut mettre à la disposition des usagers des **arrêts** (montée/descente), ainsi que des **surfaces de chargement/déchargement** pour le transport de marchandises ; les règles de leur utilisation doivent être définies. Pour cela, des sections de rues ou, le cas échéant, des surfaces appropriées doivent être définies (en prenant en compte les surfaces de stationnement longitudinales éventuellement libérées), les exigences de signalisation doivent être clarifiées et le besoin d'adaptation de l'*Ordonnance sur les règles de la circulation routière* doit être étudié, et ce au plus tard avant la mise en service du premier véhicule partagé entièrement automatisé. → *à moyen ou long terme*
- Dans le contexte de l'automatisation, il faudra en permanence vérifier si des **optimisations des surfaces** aux points nodaux sont possibles (par ex. : réduction des surfaces d'attente pour le TIM). → *à moyen ou long terme*
- Des informations sur la qualité nécessaire des **marquages au sol** et de la **signalisation** pour les véhicules automatisés sur l'espace routier devront être collectées (par ex. : détection des bords des routes). Les longues phases de trafic mixte de véhicules automatisés et non automatisés laissent à penser que les systèmes existants de marquage au sol et de signalisation seront utilisés encore longtemps. → *à court ou long terme*
- Concernant l'**interconnexion** entre véhicules et infrastructure (C2I), une décision de principe est nécessaire. Cette décision est liée aux possibilités d'avoir une influence sur les itinéraires individuels en vue d'une optimisation du système global de transports. L'éventail des possibilités va d'une absence totale d'interconnexion des véhicules pendant la conduite jusqu'à un centre de contrôle du trafic en TIM. Il faudra, sur la base de

cette décision de principe, définir les exigences concernant **l'infrastructure de communication**, créer les bases légales, trouver un modèle d'exploitation et élaborer les dispositions contractuelles correspondantes.
→ *à moyen (décision) ou long terme (mise en application)*

3. Données et infrastructures informatiques (phase B)

Le rapport présente des évolutions possibles avec l'utilisation de véhicules automatisés et leurs implications concernant les données et les infrastructures informatiques. Il constitue une base pour des planifications stratégiques et un cadre pour la définition de concepts de mise en application.

Les développements dans le domaine des systèmes intelligents au sens large (par ex. les *smart cities* ou *smart regions*) sont un aspect important de l'utilisation de véhicules automatisés. Les systèmes intelligents s'optimisent à partir de données, d'algorithmes intelligents et de décisions humaines. Les *smart cities* poursuivent des objectifs d'amélioration de l'efficacité, d'équité, de durabilité et de qualité de vie. Alors que les *smart cities* ciblent le bien commun, les véhicules automatisés (et en premier lieu ceux qui sont affectés au trafic individuel motorisé) ont, grâce à leur meilleur équipement technique et à leur interconnexion, une plus forte capacité à opérer des optimisations au profit de l'individu (par ex. de la distance parcourue ou du temps de trajet) que les véhicules traditionnels.

Les efforts d'optimisation des *smart cities* (point de vue du système) et les efforts d'optimisation des véhicules individuels et de leurs occupants (point de vue individuel) peuvent engendrer des conflits d'objectifs qui devront être résolus à l'avenir dans le cadre de la *Gestion du trafic 4.0*. Ainsi, non seulement les véhicules automatisés seront tributaires de données pour leurs fonctionnalités, mais les autorités le seront aussi pour la surveillance et le contrôle du trafic (automatisé) conformément aux objectifs de la politique des transports.

On peut identifier différents types de données en lien avec la conduite automatisée : données des capteurs, données C2X (communication de véhicule à véhicule et communication de véhicule à infrastructure), données agrégées de capteurs, données de base topographiques et de trafic, données d'événements et données administratives provenant de relevés ou de mesures, ayant différents degrés d'importance dans les différents états de la conduite automatisée (chap. 3.1.6 et 3.3.4).

Après identification des flux de données pertinents (déjà existants et/ou importants à l'avenir) entre les véhicules, les constructeurs de véhicules ou leurs partenaires pour l'analyse des données d'une part et les pouvoirs publics d'autre part (chap. 3.4), il est présenté une esquisse des opportunités et des risques assortis de recommandations en conséquence (chap. 4). Ces dernières ont pour objectif d'inciter à une approche prudente permettant aux autorités municipales, cantonales et fédérales d'établir une compétence en matière de données dans le contexte de la mobilité et des *smart cities*, compétence qui sera encore plus sollicitée à l'avenir, d'utiliser celle-ci pour le bien commun et de réduire au minimum les mauvais investissements et les retards coûteux à l'obtention et à la fourniture de données.

Il s'agit ici de relever des défis comme

- La mise à disposition de données et leur obtention ;
- La propriété et l'accessibilité des données ;

- L'utilisation et la gestion des données ;
- L'éthique et la politique.
- On a rassemblé des recommandations sur ces sujets :
- Échange d'expériences et coordination avec d'autres autorités, y compris au plan international ;
- Élaboration d'une position dans la politique suisse en matière de données, en cours de constitution, éventuellement en lien avec la formulation d'une stratégie de *smart city* ou de *smart region*, voire des concepts de mise en application associés.
- Sensibilisation des décideuses, décideurs, collaboratrices et collaborateurs en interne
 - aux questions éthiques, politiques et sociétales en lien avec les données et des développements comme les *smart cities* ou les *smart regions* ;
 - aux questions de souveraineté des données (*data governance*, *open data*), de propriété des données (*my data*), de qualité des données, de sécurité de l'information et de protection des données ;
 - au travail avec des données (*data literacy*).

Conservation ou préservation de la maîtrise des données pour les données critiques des autorités.

- Étude des efforts de standardisation au plan international, et éventuellement national concernant les types de données, les modèles de données, les canaux et protocoles de transmission ainsi que les bonnes pratiques.
- Prise en compte, dans la planification du renouvellement des infrastructures, organisations et processus des autorités, des évolutions futures décrites en matière de données et d'infrastructures informatiques et de mobilité, ainsi que des activités de standardisation dans le domaine de la C2I et de la *Gestion du trafic 4.0*.
- Poursuite du développement des outils et processus existants pour la collecte de données par les autorités dans le domaine de la mobilité, par exemple : transmission sans fil des données de mesures en temps (quasi) réel vers des systèmes en aval.
- Fourniture par les autorités de données de base topographiques et de trafic, et de données d'événements pour la conduite automatisée. Pour cela, il s'agit entre autres de prendre éventuellement en main une stratégie adéquate d'*open data*, ou la planification de la mise en œuvre de celle-ci, de poursuivre le développement de systèmes techniques de workflows continus numériques et automatisables et de les adapter aux standards internationaux émergents.
- Clarification et mise à jour des besoins des autorités concernant
 - Les données (en lien avec la conduite automatisée ou la mobilité) ;
 - Les systèmes de traitement des données (par ex. aptitude au traitement en temps réel, aptitude au traitement de grands volumes de données) ;

- La détermination des opportunités et des risques de différentes sources de données et des approches de solutions techniques. Tests approfondis de données prometteuses d'un nouveau genre dans des applications pilotes.

4. Formes d'offres possibles dans les transports collectifs (TP et TIP, phase B)

Situation initiale et étendue de la mission

La présente étude d'approfondissement dans le cadre du projet de recherche du BaslerFonds *Utilisation de véhicules automatisés au quotidien : les applications envisageables et leurs effets en Suisse* examine les formes d'offres futures en matière de transport collectif. On trouvera dans cette étude une description des formes d'offres et en quoi certaines formes d'offres pourraient gagner en importance. Cette analyse permet de déduire des opportunités et des risques pour les TP classiques et pour de nouvelles formes d'offres dans la zone de transition émergente du transport individuel public (TIP). Ces opportunités et ces risques s'appuient sur des estimations du potentiel de la demande et de la rentabilité économique de telles formes d'offres. Partant de l'analyse fondamentale (phase 1) (EBP, 2017a), le présent rapport prend en considération en priorité les états 5 et 6. Toutefois, les recommandations d'action portent aussi sur des états antérieurs.

Formes d'offres

On entend ici par transport collectif toutes les formes dans lesquelles une personne utilise un véhicule proposé par une entreprise, ce véhicule pouvant aussi être utilisé conjointement (temporairement ou non) par d'autres personnes pendant son trajet (partage simultané du véhicule). Le transport collectif comprend les TP conventionnels actuels, et le TIP. Le TIP se distingue des TP par une flexibilisation de l'heure de départ (transport à la demande), de l'itinéraire ou de la ligne, par des arrêts variables (sans arrêts fixes) ou par une combinaison de ces éléments. Les offres de covoiturage sur une base non privée entrent aussi dans la définition du TIP, mais dans ce cas la délimitation avec le transport privé n'est pas tranchée. Dans le présent rapport, on a étudié et décrit du point de vue du client le développement futur des TP actuels vers une offre *Basic*, et des produits de TIP envisageables dans le futur (*Flex* et *Select*). En fonction de leur voyage, les clients peuvent combiner les différentes offres avec souplesse (cf. tableau ci-après).

Markus, informaticien, célibataire, Oerlikon ZH en centre-ville

Marcus travaille à Zurich, dans le quartier de Seefeld. Pour ses déplacements dans la ville, il dispose d'un abonnement *Basic* qu'il utilise au quotidien, le plus souvent en combinant les bus autonomes, le RER et le tram, pour les déplacements pendulaires domicile-bureau et pour des activités de loisirs.

À l'occasion de manifestations culturelles ou d'un dîner à l'extérieur avec son amie dans le centre-ville, il s'offre volontiers une mise à niveau *Flex* et commande un minibus autonome qui l'emmène sans changement de la *Löwenplatz* jusqu'à 100 m de son logement. Le temps d'attente étant le plus souvent d'environ 15 minutes, il commande le bus à l'avance, et en chemin celui-ci fait quelques détours pour déposer d'autres passagers ; mais en contrepartie, il arrive presque directement à la maison. En raison des restrictions imposées aux taxis-robots individuels en zone urbaine, ce type de véhicule est sensiblement plus cher. Il n'y recourt que la nuit, lorsqu'il veut rentrer rapidement à la maison ou lorsqu'il doit aller à l'aéroport ou à la gare avec de nombreux bagages.

Tableau 1 : Extrait des cas concrets (suite page suivante)

Patricia, médecin et mère de deux adolescents, Häggenschwil SG centre-ville – espace rural Patricia reçoit ses patients dans un cabinet médical collectif à Saint-Gall. Pour ses trajets pendulaires aux horaires normaux dans la journée, elle possède un abonnement <i>Flex</i> avec lequel un monospace autonome peut transporter à chaque trajet de 3 à 7 autres personnes du même quartier vers la gare ou inversement. Patricia a réservé des créneaux horaires fixes dans le monospace autonome. Si elle souhaite partir à un autre moment, elle doit le signaler 40 minutes à l'avance. Pour faire ses courses et en cas d'urgence, elle réserve aussi souvent une offre <i>Select</i> à la demande avec un taxi collectif autonome qui ne prend d'autres passagers que si leur trajet est en partie identique. Avec l'offre <i>Select</i>, elle bénéficie d'un trajet de porte à porte sans changement. Ses deux fils ont un abonnement <i>Select</i> fixe pour un taxi collectif autonome qu'ils utilisent deux fois par semaine pour aller à leur entraînement de hockey sur glace. Leur équipement est volumineux et ainsi, ils ne sont pas obligés de le porter si loin. Pour les sorties de loisirs avec son mari ou avec toute la famille, Patricia utilise aujourd'hui comme hier son offre <i>Basic</i>. Elle est particulièrement séduite par la possibilité de transporter leurs vélos électriques dans le train et sur certaines lignes de bus.
Yvette, employée de bureau et mère de famille, Schlatt ZH agglomération – espace rural Yvette travaille à temps partiel dans une entreprise d'Oberwinterthur. En fonction de son programme de travail de la journée et de la flexibilité de ses horaires, elle utilise soit une offre <i>Basic</i> (minibus autonome à horaires fixes) avec laquelle il lui faut changer de ligne au hub de mobilité d'Oberwinterthur, soit une offre <i>Flex</i> plus rapide (monospace autonome). Avec l'offre <i>Flex</i>, elle peut aller sans changement du point de dépose et de prise en charge de son quartier jusqu'à proximité de son bureau, et de plus elle peut accompagner facilement sa fille handicapée à l'école d'infirmiers, ou aller l'y chercher. Mais en général, c'est son mari qui emmène leur fille avec la voiture qui appartient à la famille, car Yvette doit réserver l'offre <i>Flex</i>, et en particulier le trajet via l'école d'infirmiers, 45 minutes à l'avance. Quant aux courses familiales, Yvette les fait en général livrer à la maison par des robots de livraison. Le weekend, la famille utilise sa propre voiture pour les courses et les sorties de loisirs.

Tableau 1 : Extrait des cas concrets

Potentiel de demande et estimations de la rentabilité économique

Les véhicules automatisés donnent l'accès à la mobilité automobile à des groupes supplémentaires d'utilisateurs (par ex. à des personnes souffrant d'un handicap physique). De tels effets ont déjà été mis en lumière dans le rapport de la phase A (EBP, 2017a). Le présent rapport traite surtout des modifications en matière de répartition modale. S'appuyant sur les grilles quantitatives de trafic du *Modèle global de circulation 2040* du canton de Zurich (GVM-ZH), on a évalué pour des relations spécifiques les modifications de la répartition modale sur la base de prestations de transport motorisé. L'illustration 1 présente les résultats en comparaison avec l'année 2010 (année de l'analyse du GVM-ZH).

L'offre *Basic* correspond à une évolution future des actuels TP classiques. Bien qu'il soit possible d'envisager ici des élargissements substantiels des offres grâce aux économies sur les coûts d'exploitation, nous partons (par mesure de prudence) du principe qu'il n'y aura pas de modification significative de la répartition modale par rapport à aujourd'hui. Il en va de même pour les offres *Basic* orientées sur les besoins. Elles présentent l'opportunité de proposer des navettes améliorées et économiquement viables vers le distributeur intermédiaire ou le centre régional le plus proche.

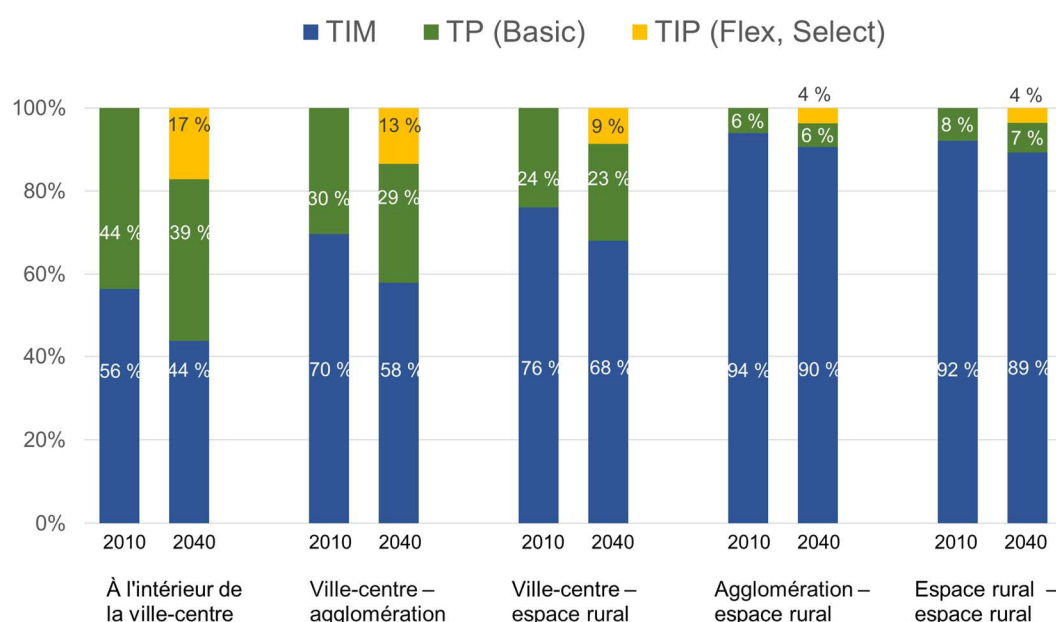


Illustration 1 : Répartition modale en 2010 et estimations de la répartition modale du point de vue de la prestation de transport après automatisation complète et introduction du TIP pour l'année 2040.

À l'état de la prévision, le TIP apparaît à la zone de transition entre le TIM et les TP. La répartition modale au profit du TIP se fait à partir des TP et principalement de trajets actuellement effectués en TIM. Les nouvelles formes d'offres *Flex* et *Select* sont attrayantes du point de vue du client puisqu'elles représentent une alternative à la possession d'un véhicule en propriété, le TIP étant plus flexible que les actuels TP. Par rapport au transport privé, il en résulte pour le passager une augmentation du temps de trajet qui n'est que minime voire nulle, et des concessions minimales en matière de confort. Dans les espaces urbains, une priorisation du TIP vis-à-vis du transport privé est aussi plausible. Toutefois, le potentiel de modification du choix du mode de transport n'est pas évalué à la même hauteur dans tous les espaces. La part du transport collectif (*Basic*, *Flex* et *Select*) dans la prestation globale de transport s'accroît par rapport à aujourd'hui sur toutes les relations, la part du transport collectif en centre-ville étant évaluée à environ 56 %. Plus la structure de l'espace est dispersée, plus le potentiel de demande du transport collectif chute.

L'automatisation des véhicules ouvre de grandes opportunités pour les transports publics :

- Nous partons du principe qu'une offre *Basic* financée par des indemnités publiques continuera d'exister et qu'elle aura à l'avenir les plus grandes parts de marché dans les transports collectifs. Les indemnités restant identiques, les gains de rationalisation¹ permettront des élargissements substantiels des offres, ou d'importantes baisses de tarifs, surtout dans les transports de proximité urbains ou suburbains, dans lesquels il est aujourd'hui quasiment impossible de proposer des liaisons tangentielles et des dessertes de quartiers qui soient à la fois rentables, flexibles et peu coûteuses. Mais de nouveaux potentiels existent aussi dans l'espace rural.

- Sur les segments Select et Flex, il existe un potentiel que de nouveaux opérateurs privés, par exemple issus du domaine du covoiturage, mais aussi de nouveaux arrivants lancent des offres de transport collectif, surtout si de tels opérateurs proposent aussi le covoiturage, ou si, en tant qu'entreprises de covoiturage, ils utilisent aussi leur flotte entretemps automatisée dans le transport collectif. Des exemples montrent qu'aujourd'hui déjà, des investisseurs sont disposés à implanter des flottes de véhicules en grand nombre dans une ville. Ainsi, plus de 200 monospaces-navettes doivent être lancés dans la ville de Hambourg avec le soutien de Volkswagen d'ici à la fin 2018 ; ces véhicules proposeront une flexibilité de prise en charge et de dépose sur un segment similaire aux véhicules Flex et Select (Moia, 2017).
- La rentabilité économique constituera un défi important. On peut certes imaginer que différents opérateurs d'offres Flex et Select apparaîtront sur le marché avec des flottes de tailles diverses. Mais au final, on peut tabler sur le fait que par le jeu de la concurrence sur les prix et des économies d'échelle, l'offre s'amplifiant, le marché s'assainira et que seul un petit nombre d'opérateurs restera. C'est ce que montrent les expériences de libéralisation des autobus interurbains en Allemagne : sur environ huit opérateurs au début, un seul s'est finalement imposé, rachetant les autres ou les reléguant vers de petits marchés de niche.
- Dans l'espace rural, le potentiel de demande pour de nouvelles offres en transport collectif est considéré comme minime. En raison d'une demande faible et dispersée dans l'espace, la part des trajets à vide est plus élevée et le besoin en véhicules sensiblement plus faible. Pour les clients, cela signifie une nouvelle fois des délais d'inscription encore plus longs. Sous la forme présentée, les offres Flex et Select occuperont en comparaison avec le TIM un segment de niche. En revanche, les offres Basic orientées sur les besoins présentent l'opportunité de proposer des navettes améliorées et économiquement viables vers le distributeur intermédiaire ou le centre régional le plus proche.

Du point de vue des villes, on en retire les considérations suivantes :

- Le gain de rationalisation à lui seul fait naître de grandes opportunités pour des transports publics améliorés, à niveau constant d'indemnisation. Ces opportunités doivent être exploitées.
- Les véhicules automatisés entraînent une augmentation du trafic sur route, mais aussi un gain de capacité. Ces deux effets pourraient se compenser à peu près, de sorte qu'au final les villes se trouveront devant les mêmes défis qu'aujourd'hui si elles veulent organiser un trafic adapté à la ville. En particulier dans les espaces urbains, la promotion du transport collectif doit se faire en interaction avec l'aménagement de l'espace urbain (par ex. planification de la circulation piétonne et cycliste).
- Les villes poursuivent l'objectif de concrétiser un trafic compatible avec le milieu urbain. Les offres nouvelles, améliorées, de transport collectif ont le potentiel pour contribuer à la réalisation de cet objectif si elles améliorent la répartition modale au bénéfice des moyens de transport écolo-

riques et augmentent le taux d'occupation moyen sur l'ensemble des véhicules, ce qui peut être rendu possible par la mise en place des conditions-cadre correspondantes.

Règlementation

Pour que les opportunités se réalisent et que les risques restent minimes, le cadre de la réglementation doit être conçu en conséquence. En résumé, on obtient le schéma suivant :

BASIC (TP classiques)	PLUS	PREMIUM	Sharing Pooling privé	Taxi	TIM
← TP		← TIP		← TIM	
flottes commerciales			véhicules privés		
Procédure de commande publique	Initiative entrepreneuriale		Initiative personnelle / décisions privées		
Subventionnement	Autosuffisance		Parrainage privé		
Service public / Offre pour tous avec des possibilités améliorées pour des offres orientées vers la demande	Focus sur des groupes de clients sélectionnés		Communauté Idée de groupe/club		
Licencement	Approbation avec conditions d'exploitation		Autorisation des véhicules et assurance responsabilité civile Régime de quotas pour les taxis		
Obligation de transport Vérifier la flexibilisation de l'horaire et des obligations opérationnelles	pas d'autres obligations		pas d'autres obligations		
Respect d'autres exigences (en particulier l'accès aux personnes handicapées)	pas d'autres exigences		pas d'autres exigences		

Illustration 2 : Règlementation et exploitants possibles dans les segments de l'offre.

Recommandations d'action

Pour les entreprises de TP, la Confédération, les cantons et les communes, il est formulé les recommandations d'action ci-après :

Recommandation d'action	états concernés		
	1-2	3-4	5-6
Entreprises de TP			
— Poursuivre la phase des essais de fonctionnement, tester dans la pratique les véhicules automatisés et les concepts d'offres qui y sont liés, trouver ce qui fonctionne et a du succès auprès des passagers	x		
— Voir les opportunités résultant des effets de la rationalisation et les transformer en nouvelles propositions d'offres : les véhicules automatisés au niveau <i>level 5</i> en ville sont encore de la musique d'avenir, mais on devrait dès aujourd'hui réfléchir à de telles offres et en développer les concepts.	x	x	
— Élargissement de l'offre avec des offres de TIP complémentaires et intégration aux canaux existants d'information et de distribution, ce qui permet un renforcement du rôle de prestataire de services de mobilité		x	x

— Étant donné la nécessité de certaines modifications déjà perceptibles aujourd'hui et dont la mise en œuvre ne sera possible qu'à long terme, on pourra organiser cette transition de manière socialement acceptable. D'un côté, on économisera des conducteurs, de l'autre de nouvelles tâches apparaîtront. Il faut donc développer des compétences et des savoir-faire (cf. essais). Cette tâche doit être abordée dès maintenant.	X	X	
— Examen de nouvelles possibilités de positionnement et préparation aux tâches futures, par ex. en tant qu'opérateur proposant des offres <i>Flex</i> ou <i>Select</i> , ou en tant que prestataire de services de réparation, de services divers ou de parcs de stationnement pour les opérateurs d'offres <i>Flex</i> ou <i>Select</i>		X	X
— Développer des savoir-faire et des infrastructures (de données ou autres) dans le domaine de l'activité à la demande et de la gestion du trafic multimodal s'il existe un souhait du monde politique ; éventuellement potentiel de remplir des tâches de gestion de l'ensemble du trafic	X	X	X
Cantons, villes/régions et communes			
— Réinvestir le bénéfice de la rationalisation issu de l'automatisation dans les transports collectifs ou publics.		X	X
— Élaboration d'une procédure d'admission pour les opérateurs de TIP avec examen d'éventuelles conditions d'exploitation, concernant entre autres les possibilités de stationnement et de maintenance, l'équipement technique des véhicules en vue de leur intégration dans une gestion du trafic par la Ville, les prescriptions devant avoir une influence sur le volume de trafic (par ex. le taux d'occupation minimal pour l'ensemble de la flotte, la distance minimale de transport par trajet, la part maximale des trajets à vide, les objectifs de répartition modale à atteindre), les restrictions ou facilitations d'accès dans l'espace, le traitement dans le contrôle du trafic (par ex. de façon similaire à la priorité donnée aujourd'hui aux TP)	X		
— Contexte urbain : avec les véhicules automatisés, les villes seront confrontées à des défis comparables à ceux d'aujourd'hui si elles veulent organiser un trafic compatible avec l'espace urbain. L'automatisation favorise un surcroît de trafic et de nouvelles offres de TIP viennent s'y ajouter. En particulier dans les espaces urbains, la promotion du transport collectif doit se faire en interaction avec l'aménagement de l'espace urbain (par ex. planification de la circulation piétonne et cycliste). Dans les villes, on s'efforcera de contrôler l'offre de façon ciblée par la réglementation. Il faudra pour cela clarifier la fonction souhaitée pour le TIP dans l'espace urbain ainsi que la hiérarchisation des modes de transport.		X	X
— Contexte régional rural : poursuivre la détermination de l'offre de base souhaitée, observer l'évolution et exploiter aussi rapidement que possible les nouvelles formes d'offres à faible coût.		X	X
— Au niveau communal, en général : déterminer quels arrêts ont le potentiel de devenir des hubs de mobilité, réserver les surfaces stratégiques en matière d'aménagement du territoire	X	X	X
Confédération			
— Au niveau de la Confédération : créer rapidement un cadre juridique d'essais complets pour les formes d'offres innovantes sur le marché, rendre plus souples les exigences rigides de la <i>Loi sur le transport de voyageurs</i> (LTV) avec une distinction stricte entre TP et transport privé.	X		
— Clarification du cadre juridique et financier ou de l'organisation et des tâches des entreprises de TP sur la route : on examinera par ex. la séparation des entreprises en deux secteurs : le premier pour les transports commandés et indemnisés, le second pour des produits à gestion économique propre (éventuellement sur le modèle des CFF : entreprise dédiée à l'infrastructure y compris l'exploitation et le contrôle, entreprise dédiée au trafic régional, trafic grandes lignes à gestion économique propre)	X	X	

Tableau 2 : Recommandations d'actions

En conclusion

En matière de transports collectifs, les opportunités et potentiels liés à l'automatisation peuvent l'emporter sur les risques. Les offres conventionnelles par lignes avec un nombre croissant de trains, de trams et de bus automatisés continueront de constituer la structure fondamentale du système de TP. L'automatisation et le développement des TIC (interconnexion) induisent un important potentiel de rationalisation permettant de produire pour un coût moindre des offres de TP plus nombreuses et plus attrayantes. De plus, les TP restent à l'avenir le mode de transport qui rentabilise le mieux les surfaces.

Dans un premier temps, de nouvelles formes d'offres vont compléter le système de TP en Suisse, en particulier dans le domaine du trafic de proximité. Il s'agira surtout de véhicules de petite à moyenne taille qui circuleront partiellement ou totalement en fonction des besoins. Des formes d'offres similaires non automatisées sont déjà exploitées aujourd'hui dans d'autres pays. Dans le contexte suisse, l'automatisation et l'interconnexion créent de nouvelles conditions qui permettront une exploitation rentable ou, à tout le moins, financièrement viable. Mais l'attractivité des nouvelles formes d'offres sera aussi limitée par la qualité du trafic sur route : les potentiels d'augmentation des capacités résultant de l'automatisation des véhicules seront compensés (voire surcompensés) par un surcroît de trafic. Les embouteillages sur la route ne disparaîtront pas !

Les nouvelles formes d'offres de transport collectif peuvent apporter une contribution précieuse à la réalisation des objectifs de la politique des transports. Un cadre réglementaire adapté constitue pour les entreprises de TP et pour les villes une opportunité de promouvoir non seulement une fidélisation encore plus efficace des voyageurs des TP et des TIP, mais aussi la hiérarchisation souhaitée dans le système de transport. Il appartient aux pouvoirs publics, s'appuyant sur leurs instruments de contrôle dans le domaine réglementaire, de jouer en la matière un rôle central de conception et d'organisation.

5. Villes et agglomérations (phase B)

Situation initiale et mission

La présente étude d'approfondissement établie dans le cadre du projet d'étude du BaslerFonds « Utilisation de véhicules automatisés au quotidien – les applications envisageables et leurs effets en Suisse » analyse les effets de l'utilisation de véhicules automatisés sur les espaces urbains en Suisse. Ces effets se reflètent à deux échelles spatiales : d'une part à petite échelle au sein des villes et des agglomérations, par exemple sur l'espace urbain, et d'autre part, également à grande échelle sur la structure du milieu bâti.

L'étude s'appuie sur les hypothèses et les constatations issues de l'étude de base ainsi que des autres modules d'approfondissement². Elle considère les effets de l'utilisation de véhicules automatisés sur le trafic dans l'espace urbain et les espaces de mobilité dans des villes et des agglomérations. Force est de constater que ces effets diffèrent selon la fonction d'un espace routier et dépendent du contexte respectif lié aux affectations limitrophes et à la « mobilité vécue ». Pour l'analyse spatiale, cinq types d'espaces de mobilité ont donc été distingués : axe de circulation principal, artère centrale, route de quartier, zone artisanale et centre de transport multimodal.

Effets dans les villes et les agglomérations

Les changements probables dans des villes et agglomérations qui résultent d'un état d'automatisation complète sont décrits au vu des différents types de trafic. Les chances et les risques qui en découlent sont différenciés selon les espaces considérés. L'illustration 1 présente un aperçu des espaces de mobilité susceptibles d'être particulièrement concernés par les changements subis par les différents types de trafic.

	Trafic fluide	Véhicules en stationnement	Trafic collectif	Trafic piétonnier et cycliste	Trafic de marchandises
Axe de circulation principal	●	●	●	●	●
Artère centrale	●	●	●	●	●
Route de quartier	●	●	●	●	●
Zone artisanale	●	●	●	●	●
Centre de transport multimodal	●	●	●	●	●

Illustration 1: Importance des changements subis par les types de trafic dans chaque espace de mobilité

² Les autres modules d'approfondissement traitent les thèmes suivants : technique des transports; données et infrastructures informatiques; formes d'offres possibles dans les transports collectifs (transports publics et transports individuels publics); ressources, environnement, climat; transport de marchandises, logistique des centres-villes (rues et routes)

Le tableau permet de constater dans quelle mesure les espaces de mobilité sont concernés au niveau spatial au sein des villes et agglomérations. D'une manière générale, les axes de circulation principaux et les zones artisanales sont les moins touchés étant donné leur moindre complexité. En revanche, sur les artères centrales, aux nombreuses fonctions et affectations essentielles pour le développement urbain, plusieurs effets probables sur la circulation routière se superposent. Il s'agit toutefois d'attirer l'attention sur le fait que la fonctionnalité d'un système de trafic global urbain résulte de l'interaction de tous les modes de transport et de l'ensemble des espaces partiels.

Pour les villes et les agglomérations, la conduite automatisée comporte des chances potentielles mais aussi des risques et défis prévisibles. Comme les réunions de travail avec le groupe d'accompagnement du projet l'ont montré, un certain scepticisme règne chez les représentantes et représentants des villes et des agglomérations impliquées dans le projet en ce qui concerne les effets imaginables. Du point de vue des villes, l'effet à long terme dépendra fondamentalement de l'exploitation des avantages de la conduite automatisée dans le but de renforcer les transports collectifs. En revanche, l'augmentation probable de l'attrait (relatif) du TIM s'accompagnera d'effets indésirables. Les villes et agglomérations envisagent ainsi de manière particulièrement critique une éventuelle altération du trafic piétonnier et cycliste ainsi que l'aménagement des espaces publics. D'autre part, un autre défi sera aussi de savoir exploiter la grande opportunité qui découle des éventuels gains d'efficacité dans le trafic motorisé au profit du trafic piétonnier et cycliste.

À l'heure actuelle, des incertitudes manifestes entourent encore l'évaluation des effets envisageables dans les villes et agglomérations de par les inconnues des développements technologiques. Par ailleurs, au niveau spatial, les effets sur le territoire résultants de l'utilisation des véhicules automatisés ne peuvent pratiquement pas être analysés de manière isolée. Pour la mise en place complète de la conduite automatisée, le système de transport d'une ville doit être planifié à long terme, et est par conséquent influencé par un grand nombre d'autres évolutions au niveau des transports, de la société ou de l'économie. En outre, la cohabitation de véhicules appartenant aux différents niveaux d'automatisation, avec des véhicules non-automatisés et d'autres usagers de la route caractérisera encore pendant des décennies le paysage des transports dans les villes et agglomérations.

Possibilités d'action

Le principal défi pour les villes et les agglomérations est et reste la mise en place d'un trafic respectueux de l'espace urbain et de l'environnement. Les possibilités d'action en ce qui concerne l'utilisation de véhicules automatisés doivent donc être intégrées dans une considération globale plus vaste qui regroupe des aspects de planification en termes de trafic, de territoire et d'aménagement urbain. Le rapport détaillé formule dix orientations stratégiques et les mesures envisageables correspondantes pour les villes et agglomérations.

- **Planifier la mobilité de manière globale et respectueuse de la ville** : il s'agit de réfléchir dans quelle mesure la conduite automatisée peut contribuer à une mobilité adaptée à la ville.
- **Tester des possibilités, échanger des expériences et élargir les connaissances** : il est possible d'acquérir des expériences et de faire des constatations relatives aux effets en termes de trafic et de territoire. Un échange entre les villes ainsi que la Confédération et les cantons permet d'exploiter des synergies tout en contribuant à un développement progressif du niveau de connaissances.
- **Intégrer les besoins et les requêtes des villes et agglomérations** : il est recommandé aux villes et aux agglomérations de suivre activement les développements et applications de la conduite automatisée, d'échanger leurs connaissances et leurs expériences et d'entretenir une formation d'opinion commune. C'est sur cette base qu'elles peuvent faire valoir leurs besoins et leurs requêtes auprès de la Confédération et des cantons.
- **Entretenir les discussions avec la population et augmenter la sensibilisation** : une discussion publique à tous les niveaux augmente la sensibilisation à la thématique de la conduite automatisée et permet de tenir un débat à large assise en ce qui concerne les influences et les effets sur le trafic et l'espace urbain.
- **Limiter le surplus de trafic** : les nouvelles offres de mobilité basées sur des véhicules automatisés ainsi que la possibilité d'effectuer des trajets à vide peuvent induire un surplus de trafic. Une réduction et une meilleure maîtrise de ce surplus de trafic sont réalisables à l'aide de mesures appropriées.
- **Renforcer les offres de transport collectif** : en tant que mode de transport de surface le plus efficace, il faut que les trafics collectifs (TP et TIP³) continuent d'être attrayants, abordables et efficaces et que la répartition modale soit influencée en faveur des formes de mobilité durable comprenant des offres intéressantes.
- **Gérer et contrôler intelligemment les flux de trafic** : une pénétration massive des véhicules automatisés et une interconnexion dense permettent de gérer et de contrôler intelligemment les flux de trafic. Les pics de la demande peuvent ainsi être mieux influencés dans le temps et l'espace.
- **Optimiser l'utilisation des surfaces publiques et privées** : les concepts de stationnement doivent être adaptés aux véhicules automatisés. Les surfaces de stationnement libérées peuvent servir à d'autres fonctions de l'espace urbain. En complément, il convient de développer des concepts relatifs aux zones d'arrêt et aux surfaces de transbordement pour le transport collectif et le transport individuel.

³ Par rapport aux TP, le TIP se distingue par une flexibilisation des heures de départ (demande de trafic), du trajet/ligne, des arrêts variables (sans arrêts fixes) ou d'une combinaison de ces éléments. Les offres de pooling publiques font aussi partie du TIP. Ici, on constate toutefois une transition fluide vers le trafic privé.

- **Garantir la sécurité de tous les usagers du trafic** : en prenant des mesures adaptées, les problèmes de sécurité peuvent être réduits tant pendant la phase transitoire de trafic mixte que pendant la phase d'automatisation complète.
- **Contribuer à une logistique de centres villes respectueuse de l'espace urbain** : les villes et les agglomérations peuvent d'une part soutenir les efforts du secteur privé visant à mettre en place dans l'espace urbain des concepts de livraison de marchandises efficaces et d'autre part, les réglementer pour en assurer leur compatibilité avec l'espace urbain.

Effets à grande échelle sur la structure du milieu bâti

La structure de l'espace devrait subir des changements majeurs notamment liés aux modifications de l'accessibilité dans le TIM. Les espaces ruraux devraient en tirer le plus grand profit par des gains d'accessibilité substantiels. L'utilisation du temps de trajet continuera de renforcer l'attrait du trafic pendulaire vers les espaces centraux. C'est tout particulièrement dans les zones rurales pauvres en offres de TP, que des groupes d'utilisateurs supplémentaires comme les enfants ou les personnes âgées pourront améliorer leur mobilité.

En revanche, dans les villes et agglomérations, les gains d'accessibilité devraient être plus faibles voire même négatifs. En effet, les encombrements pourraient augmenter compte tenu du surplus de trafic estimé et des capacités limitées. À cela vient s'ajouter le risque que le surplus de trafic et la faible distance inter-véhicules réduisent la qualité de vie et de séjour.

En raison du décalage de l'attrait relatif, les zones rurales peuvent redouter un mitage du paysage soutenu ou accru. On peut toutefois escompter que les gains d'efficacité dans le TP et les nouvelles formes d'offres dans le TIP assureront l'attrait des espaces urbains et continueront à renforcer les tendances d'urbanisation existantes. En ce qui concerne les effets sur la structure du milieu bâti, l'interaction et la concurrence entre le TIM et le trafic collectif (TP, TIP) seront déterminants. On ne peut toutefois pas escompter que la mobilité automatisée à elle seule puisse modifier fondamentalement le rapport entre les espaces. D'autres effets tels que l'évolution démographique, la numérisation et les chaînes de plus-value modifiées ou encore les influences climatiques marqueront pour le moins dans un même ordre de grandeur le développement structurel de l'espace.

La question de savoir dans quelle mesure les ajustements de l'attrait entre les espaces en raison de la conduite automatisée se répercuteront à grande échelle, dépendra en majeure partie des réglementations applicables à ce mode de conduite ainsi qu'à la gestion du trafic et à l'aménagement du territoire. Cela exige une planification harmonisée du trafic et du territoire qui tient compte des effets envisageables de la conduite automatisée. Dans ce contexte, la conduite automatisée offre la chance d'optimiser les chaînes de mobilité intermodale, d'améliorer la liaison entre les différents modes et moyens de transport et d'intégrer les groupes d'utilisateurs qui, jusqu'à ce jour, ne disposaient pas d'auto-mobilité.

6. Ressources, environnement, climat (phase B)

Les effets de l'automatisation de véhicules routiers sur les ressources, l'environnement et le climat sont potentiellement importants. On peut distinguer cinq catégories différentes d'effets potentiels :

- **Besoins en énergie, émissions de gaz à effet de serre et autres impacts environnementaux (bruit, gaz d'échappement) :** Les émissions dépendent de la distance parcourue ainsi que de la technologie de propulsion. Le covoiturage et la réduction du poids des véhicules sont aussi des facteurs déterminants de réduction des émissions. On peut identifier en tant que risques l'utilisation du temps de trajet pour d'autres activités ainsi que les trajets à vide. Concernant la technologie de propulsion, d'autres opportunités peuvent être induites par l'électromobilité si les effets liés l'exploitation du véhicule ne sont pas compensés (voire surcompensés) par la production d'électricité ou la fabrication des véhicules.
- **Ressources :** L'étendue des ressources mobilisées dans les véhicules dépend de la taille du parc global. Le covoiturage et l'autopartage peuvent réduire considérablement le parc global. Le levier « sécurité active » présente d'autres opportunités à travers la réduction du poids des véhicules individuels.
- **Besoin de surfaces pour le stationnement :** Les surfaces de stationnement peuvent être réduites par un accroissement du covoiturage et de l'autopartage.
- **Besoin de surfaces pour la circulation :** Le besoin de surfaces pour les rues et routes peut être réduit si le covoiturage est exploité de façon plus intensive. L'effet des véhicules automatisés sur la capacité et l'effet de fluidification peuvent engendrer localement une réduction du besoin de surfaces ; toutefois les effets sur le réseau doivent être examinés plus précisément (déplacement de goulets d'étranglement). L'utilisation des temps de trajet pour d'autres activités ainsi que les trajets à vide représentent un risque.

Si l'on considère globalement tous ces effets, c'est le covoiturage qui constitue la meilleure opportunité pour les ressources, l'environnement et le climat. Une exploitation améliorée des véhicules permet de réduire non seulement la prestation de transport et la distance parcourue, mais aussi le nombre de véhicules. Toutefois, la condition nécessaire au succès du covoiturage sur le marché est que le TIM devienne en général plus onéreux, avec une raréfaction et un renchérissement des places de stationnement. À défaut de mesures d'accompagnement réglementaires de cette nature, les incitations économiques au covoiturage sont trop faibles, d'autant que la disparition du conducteur avec la conduite automatisée entraînera la suppression du poste de dépenses le plus important.

Le risque le plus important est engendré par le levier utilisation du temps de trajet pour d'autres activités. Cela renforce considérablement l'attractivité du TIM (au détriment des autres modes de transport). La prestation de transport et la distance parcourue augmentent, avec les conséquences qui s'ensuivent pour l'environnement et le climat. Les trajets à vide font craindre eux aussi un accroissement sensible de la distance parcourue en raison de l'automatisation. Pour parer à ces risques, il faudrait que le TIM soit généralement renchéri (internalisation des coûts externes, y compris l'occupation des surfaces), de préférence avec une tarification nettement différenciée dans l'espace et dans le temps.

7. Transport de marchandises, logistique des centres-villes (rues et routes, phase B)

Le rapport présente les possibles développements de l'utilisation de véhicules automatisés dans le transport de marchandises et dans la logistique des centres-villes. Il constitue ainsi une base pour des planifications stratégiques.

L'utilisation de véhicules automatisés pour le transport de marchandises et la logistique des centres-villes est liée à différents autres sujets comme le développement territorial et urbain, la technique des transports ou la sécurité routière. Le présent rapport ne traite ces aspects que de façon marginale. On se reportera à ce sujet aux autres études d'approfondissement consacrées à l'*Utilisation de véhicules automatisés au quotidien*.

L'augmentation du trafic dans les centres-villes à laquelle on doit déjà s'attendre en raison de l'évolution démographique accentue la nécessité de mettre en œuvre des concepts de logistique des centres-villes. Il est possible de parvenir à une décharge du réseau routier urbain si les flux de marchandises sont regroupés et si les véhicules sont exploités à pleine charge à l'aller comme au retour. Ainsi les concepts de logistique des centres-villes prévoient-ils entre autres des centres de distribution à la périphérie des villes ou des centres-villes. Une utilisation optimale de tous les véhicules à pleine charge présuppose la collaboration volontaire ou contrainte de différentes entreprises à l'exécution de ces transports, ce qui va à l'encontre d'un renforcement de la concurrence ou d'une tendance vers la privatisation. Pour parvenir à des synergies, les standardisations sont utiles : solutions spécifiques à une branche, système de conteneurs, interfaces logicielles, etc. Ces défis posés au transport de marchandises existent indépendamment des véhicules automatisés.

L'introduction de véhicules automatisés de transport de marchandises peut renforcer la tendance à un surplus de trafic et accroître d'autant le besoin de concepts innovants d'approvisionnement en marchandises. Le regroupement des transports de marchandises sur le « dernier kilomètre » est de première importance pour endiguer l'accroissement de ce trafic en zone urbaine et pouvoir continuer à garantir le flux de circulation. Mais les véhicules automatisés engendrent de nouvelles possibilités, comme la « collecte de marchandises sans accompagnement », ce qui peut aller à l'encontre de l'objectif recherché de regroupement des transports.

L'utilisation de véhicules automatisés de transport de marchandises implique de redéfinir ou, selon le cas, de clarifier les compétences et les interfaces dans chacun des processus de chargement, de transport et de déchargement. Ceci concerne les chargements complets et, plus fortement encore, les chargements partiels. S'il n'y a plus de conducteur dans le véhicule, un plus grand nombre de tâches est transféré à l'expéditeur ou au destinataire, à moins que la livraison de la marchandise sur le « dernier mètre » ne soit elle-même assurée par un robot de livraison.

Mais pour le « dernier mètre », de nouveaux modèles commerciaux sont imaginables. Il est possible que de petites stations pour colis ou des casiers à colis en libre-service à distribution automatisée s'établissent dans les quartiers, en particulier pour le secteur du B2C.

Se posent alors des questions d'ordre sociétal, comme de savoir comment les personnes à mobilité réduite accèderont aux marchandises si les livraisons jusqu'à la porte du logement devaient ne plus être la norme.

Ainsi l'utilisation de véhicules automatisés dans le transport de marchandises implique-t-elle la confrontation des villes à différents effets qui devront être observés et examinés de plus près le moment venu, et qui exigeront probablement des mesures au niveau communal ou à un niveau supérieur :

- Une définition claire des tronçons de rues ou des surfaces appropriées au chargement et déchargement de marchandises en zone résidentielle, idéalement sur terrain privé et spécifiquement optimisés au plan acoustique pour le chargement et déchargement de marchandises ;
- Des « casiers à colis » mobiles ou à répartir de façon dispersée et/ou des stations pour colis dans l'espace urbain public et/ou privé, avec des concepts d'exploitation appropriés ;
- La clarification des conditions de l'utilisation de robots pour la livraison de colis dans les zones piétonnes et sur les trottoirs ;
- La réglementation de l'utilisation de drones dans l'espace résidentiel.