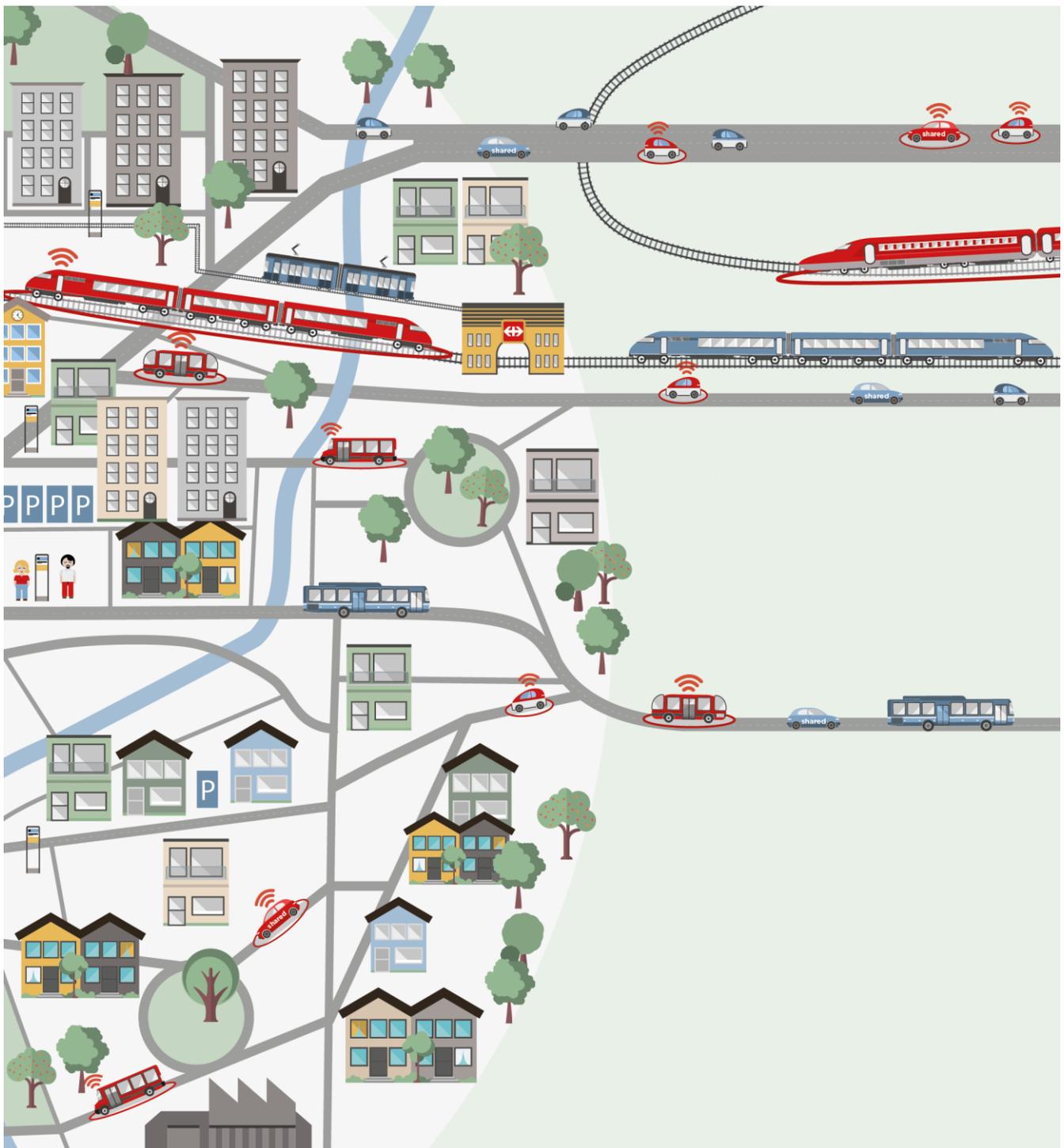


Utilisation de véhicules automatisés au quotidien: les applications envisageables et leurs effets en Suisse

Rapport final sur l'analyse fondamentale (phase A)
Version définitive du 24/10/2017



Partenaires du projet

BaslerFonds

Union des villes suisses (UVS)

Ville de Zurich (TAZ, DAV, VBZ)

Ville de Berne (Départements génie civil, transports et espaces verts,
planification de la circulation)

Bernmobil

Schweizerische Südostbahn AG (SOB)

Canton de Saint-Gall (TBA, AÖV)

Canton de Zurich (AFV, AWEL)

Canton de Bâle-Ville (Département des travaux publics et des transports,
mobilité)

Basler Verkehrsbetriebe (BVB)

Canton d'Obwald (espaces et transports)

Ville de Winterthur (Office de l'urbanisme)

AXA Winterthur (recherche sur les accidents et prévention)

Ville de Saint-Gall (Office de l'environnement et de l'énergie)

Autobus AG Liestal (AAGL)

Viasuisse SA

Team de projet

Fabienne Perret

Frank Bruns

Lorenz Raymann

Simon Hofmann

Remo Fischer

Dr Christoph Abegg

Dr Peter de Haan

Dr Ralph Straumann

Dr Stephan Heuel

Dr Markus Deublein

Christian Willi

EBP Schweiz AG

Mühlebachstrasse 11

8032 Zurich

Suisse

Téléphone +41 44 395 16 16

info@ebp.ch

www.ebp.ch

Avant-propos

On a pu lire ces dernières années dans la presse quasiment chaque jour des articles sur des véhicules dits « autonomes » ou « automatiques » : on y parle par exemple de la *Google car*, dont le développement a entretemps été arrêté, de camions circulant en convois, de la Tesla et de ses possibilités techniques, de tronçons expérimentaux en Allemagne, des premiers minibus sans conducteur en Suisse, etc. Ce sujet est traité le plus souvent dans un contexte technologique ou industriel, mais les médias s'en emparent aussi fréquemment sous l'angle du marketing. Certains suivent ces développements dans l'euphorie, d'autres sont plus sceptiques. Les automobilistes, les utilisateurs et utilisatrices des transports publics, les autorités responsables, les planificateurs et planificatrices et les entreprises de transport posent des questions, alors que d'autres agissent et sont déjà passés à l'expérimentation. Mais on manque encore, et dans une large mesure, de connaissances solides sur les directions vers lesquelles tous ces développements peuvent mener, sur ce qui est souhaitable et sur ce qu'on voudrait éviter. Les différentes thèses au sujet d'améliorations massives des rendements désorientent le lecteur. On ne dispose non plus d'aucune information vérifiée – ou presque – sur les effets de l'utilisation de tels véhicules sur les habitudes de déplacement, le trafic général, le développement territorial et les besoins en infrastructure.

Du point de vue des planificateurs et planificatrices des villes, agglomérations et cantons ainsi que des entreprises de transport public, l'influence du véhicule automatisé sur, par exemple, les capacités de l'infrastructure du réseau routier, les développements du trafic urbain et en premier lieu des transports publics et d'autres aspects non techniques ont une grande importance. Les points intéressants sont le besoin spécifique de nouvelles infrastructures (notamment en ce qui concerne le transfert de données) et, généralement, les conditions d'ordre juridique, les business plans possibles et les rôles des acteurs ou les responsabilités des pouvoirs publics, par exemple leur rôle dans la mise à disposition de données et en tant que donneur d'ordre des transports publics.

Ce qui est certain, c'est que la société et le monde politique doivent relever ces nouveaux défis. De nombreuses bases légales doivent être adaptées aux possibilités techniques que le monde économique propose déjà aujourd'hui sur le marché. Il y a donc lieu de discuter et de définir quels avantages nous, en tant que société, souhaitons en tirer, et quels développements indésirables nous voulons éviter.

Le présent rapport a été élaboré en collaboration avec les partenaires les plus divers de la branche des transports. Il a pour but de donner un aperçu complet du développement de la conduite automatisée en Suisse, tant du point de vue des pouvoirs publics (villes, agglomérations et cantons) que de celui des prestataires de services de transport ainsi que des planificatrices et planificateurs. Il se concentre sur les possibilités d'utilisation dans le cadre de la mobilité quotidienne. Ce rapport esquisse dans l'optique actuelle la façon dont les véhicules automatisés pourraient se répandre en Suisse et le rôle que les différents acteurs joueront dans cette évolution. Il identifie les questions en attente d'une réponse et donne des pistes de réflexion concernant les discussions techniques et politiques à venir.

Summary

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* présuppose 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 dé-

veloppement 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.

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1	Situation initiale	1
1.2	Concept de recherche	2
1.3	Structure et public cible du rapport	2
1.4	Évolution des tendances et scénarios de valeurs	3

2.	Véhicules automatisés	5
2.1	Développements à l'étranger et en Suisse	5
2.2	Définitions et délimitations	6
2.3	Exigences techniques	16
2.4	Exigences légales	22
2.5	Importance du trafic mixte	24

3.	La storyline : une voie de développement imaginable	26
3.1	Objets et finalités de la storyline	26
3.2	Hypothèses fondamentales	27
3.3	Les états	33

4.	Données, infrastructures informatiques et parties prenantes	42
4.1	Données	42
4.2	Algorithmes et infrastructures informatiques	42
4.3	Les parties prenantes et leurs rôles	43

5.	Effets sur le trafic	46
5.1	Arguments de vente et pénétration du marché	46
5.2	Effets sur les habitudes de déplacement	50
5.3	Parc automobile	59
5.4	Constatations tirées de l'évaluation des effets sur le trafic	60

6.	En conclusion	62
6.1	Marges de manœuvre et formation de l'opinion politique	62
6.2	Effets sur le trafic	63
6.3	Nouvelles formes mixtes entre les TP et le TIM	64
6.4	Exigences croissantes en matière d'infrastructure	64
6.5	Organisation des essais, entreprises pilotes et admissions	64

7.	Perspectives	67
----	--------------	----

8.	Glossaire et liste d'abréviations	68
----	-----------------------------------	----

9.	Bibliographie	72
----	---------------	----

10.	Ouvrages complémentaires	75
-----	--------------------------	----

Annexes

A1	Concept de recherche	A
A2	Évolution des tendances	B
A3	Scénarios de valeurs	I
A4	Délimitations, descriptions complémentaires	P
A5	Niveaux d'automatisation	Q
A6	États par domaine d'application	R

Rapports joints

- Module 2c : *Verkehrliches Mengengerüst*, EBP 2017
- Module 2d : *Daten, IT-Infrastrukturen und Algorithmen*, EBP 2017

1. Introduction

1.1 Situation initiale

C'est certain : un jour ou l'autre, les véhicules automatisés appartiendront au quotidien en Suisse. La société, le monde politique et les professionnels doivent dès à présent relever ces nouveaux défis afin d'en orienter le développement dans la direction désirée. De nombreuses bases légales doivent être adaptées aux possibilités techniques que le monde économique propose déjà aujourd'hui sur le marché. Il y a donc lieu de discuter et de définir quels avantages nous, en tant que société, souhaitons en tirer, et quels développements indésirables nous voulons éviter. Aux États-Unis d'Amérique en particulier, ce processus est déjà en marche sous la pression de la branche des technologies de l'information : Google fait le pronostic qu'à l'avenir, des ordinateurs pourront se qualifier en tant que conducteurs (Shepardson & Lienert, 2016). Alors que des véhicules automatisés sont déjà autorisés dans trois états fédérés des États-Unis, l'automatisation des manœuvres de stationnement est encore, pour le moment, illégal en Suisse (Theis, 2015) et d'autres applications ne sont possibles que dans des applications pilotes soumises à une autorisation spéciale. Et enfin, une des questions pertinentes pourrait être celle de savoir à quel moment approprié il conviendra de poser des jalons aux plans technique et juridique, et de définir qui doit décider quoi.

Au regard de ces questions encore sans réponse, un groupe interdisciplinaire composé d'experts issus de cinq départements d'EBP a été dédié à ce sujet. L'intérêt général pour ces questions sur l'avenir dans les domaines d'activité concernés a conduit début 2016 à tracer l'esquisse d'un concept de recherche. Des acteurs concernés par les développements ont été contactés par EBP dans la perspective d'un soutien par le BaslerFonds. Le concept de recherche a été adopté le 15/08/2016 suite aux discussions avec l'Union des villes suisses et d'autres partenaires intéressés¹ (cf. annexe A1).

Une ambition importante de l'étude, qui démarque aussi le présent document d'autres travaux fondamentaux, consiste à ne pas traiter le sujet de la conduite automatisée de façon générale et abstraite ou sous l'angle de la technique (qu'elle soit automobile ou autre), mais de façon interdisciplinaire et avec une focalisation concrète sur les possibilités d'utilisation dans la mobilité du quotidien en Suisse. Ainsi a-t-on pris en compte par exemple les habitudes de déplacement spécifiques à la Suisse, l'importance particulière des transports publics et de leur passation de commande, les défis d'aménagement du territoire, le parc de véhicules, les questions d'admission, la possession du permis de conduire ou encore la structure fédérale.

1 BaslerFonds: *Einsatz automatischer Fahrzeuge im Alltag. Forschungskonzept für denkbare Anwendungsformen und Effekte in der Schweiz.* (Utilisation de véhicules automatisés au quotidien. Concept de recherche de formes d'applications et d'effets imaginables en Suisse) EBP, 15/08/2016

1.2 Concept de recherche

Les travaux ont pu être entrepris à l'automne 2016 avec le soutien des partenaires du projet dont la liste figure à la rubrique des mentions légales. Ces travaux s'organisent en trois phases, le présent rapport venant en conclusion de la première phase. Les recherches de littérature ont constitué une source centrale de référence pour les travaux de cette phase (cf. à ce sujet la bibliographie à la page 72 ainsi que les ouvrages complémentaires à la page 75). La mise en lien et le classement de multiples articles consacrés à un sujet unique se sont effectués à travers un échange interdisciplinaire entre les experts.

Les travaux ont reçu le soutien d'un groupe d'accompagnement composé de représentants des partenaires du projet dans le cadre d'ateliers et de communications d'avis sur les résultats des études. Sur la base du présent rapport ou, selon le cas, de la première phase, des études thématiques d'approfondissement démarreront à fin 2017 dans une deuxième phase au cours de laquelle il est prévu d'entreprendre des analyses d'impact et de présenter des possibilités d'action pour différents sujets. Le choix des sujets et les cahiers des charges qui s'y rapportent sont fixés par les partenaires principaux sur la base de leurs besoins et des informations recueillies à l'issue de la première phase. La troisième et dernière phase comprend la communication des résultats et des informations recueillies dans le cadre du projet de recherche.

1.3 Structure et public cible du rapport

Le présent rapport présente les travaux et résultats des analyses fondamentales suivantes : scénarios de valeurs, analyse des tendances, terminologies et définitions des véhicules automatisés, de leurs formes d'applications, les thématiques des données, des infrastructures informatiques et des algorithmes ainsi que leurs parties prenantes, l'évolution de la pénétration du marché de flottes de véhicules et les grilles quantitatives de trafic. On retrouve dans une large mesure les modules thématiques abordés dans le concept de recherche dans les titres des chapitres, et selon le cas dans les annexes. L'élément central en est la « storyline » développée dans le cadre de l'étude. On y esquisse six états imaginables et on retient des hypothèses fondamentales quant aux évolutions de la conduite automatisée en Suisse. La future pénétration du marché par les véhicules automatisés ainsi que ses effets sur les habitudes de déplacement et, de ce fait, sur la demande de trafic, fournissent enfin les premières grilles quantitatives sur les capacités de transport et les distances parcourues en Suisse.

Il existe pour certains sujets des rapports joints complémentaires dans lesquels les résultats des travaux sont décrits en détail. Les informations centrales recueillies dans l'analyse fondamentale sont rassemblées dans une première synthèse. Elles constituent une base essentielle pour les travaux à venir dans la phase d'approfondissement. On recherchera ensuite les réponses à des questionnements concrets dans le cadre d'études d'approfondissement thématiques.

Ainsi le rapport s'adresse-t-il en premier lieu à tous les partenaires du projet et aux membres de l'Union des villes suisses. Les informations essentielles recueillies seront aussi publiées en concertation avec les partenaires principaux afin, comme on l'a exposé en introduction, de donner matière à réflexion dans les discussions techniques et politiques.

1.4 Évolution des tendances et scénarios de valeurs

La mobilité est un aspect important de notre société actuelle et future. Et les véhicules automatisés ont le potentiel d'une modification fondamentale de la mobilité. Les principaux moteurs faisant émerger la conduite automatisée sont les mégatendances que sont la numérisation et l'automatisation. Mais au-delà, de nombreux autres facteurs ont un effet sur le développement de la mobilité en général et de la conduite automatisée en particulier. Afin d'évaluer l'importance de ces tendances, on a déterminé de façon systématique au début de l'étude les facteurs d'influence sur la base du *Trend Report* d'EBP². Cette évaluation des tendances de l'environnement a fourni de précieux points de départ aux discussions menées dans le cadre du projet et constitue aussi une base en vue des travaux d'approfondissement de la deuxième phase. Les résultats en sont documentés à l'annexe A2.

Parallèlement à l'évolution des tendances, les valeurs de notre société auront elles aussi un rôle central dans l'importance future des véhicules automatisés : le monde politique laissera-t-il les mains libres aux personnes privées ou aux entreprises, et notre mobilité sera-t-elle à l'avenir dominée par des formes individuelles de la conduite automatisée ? Ou l'État régulera-t-il l'utilisation de véhicules automatisés en œuvrant pour un usage plus collectif voire confié à des concessionnaires ? Y aura-t-il des incitations ou des interdictions à l'utilisation de véhicules automatisés ? L'équipe du projet a d'abord appréhendé ces questions sur la base de l'étude de Swissfuture³ sur l'évolution des valeurs. Des formes possibles de conduite automatisée ont été développées pour les quatre scénarios développés par les futurologues : *ego*, *clash*, *balance* et *bio control*. Elles ont servi aux personnes participant à l'étude d'une part de « *mind opener* » pour se pencher sur la question indépendamment de l'idée qu'elles s'en faisaient personnellement ; et d'autre part elles ont livré des indications importantes en vue des études d'approfondissement de la phase suivante. Ces scénarios de valeurs devront être analysés en particulier lorsque le rôle des pouvoirs publics sera traité dans le détail. Les décisions qui doivent être prises pendant le développement de la conduite automatisée dépendent fortement de ces systèmes de valeurs. Les quatre scénarios de valeurs sont documentés à l'annexe A3.

2 *Trend Report* (version de décembre 2016); BaslerFonds / EBP, Groupe de travail recherches prospectives

3 *Wertewandel in der Schweiz 2030* (Évolution des valeurs en Suisse en 2030), Swissfuture, 2011 et *Vertiefungsstudie Wertewandel Mobilität* (Étude d'approfondissement sur l'évolution des valeurs et la mobilité), Swissfuture / EBP, 2013.

La synthèse de l'analyse des tendances et des scénarios de valeurs montre qu'il existe majoritairement des tendances motrices et quasiment aucune tendance inhibitrice. Ceci est pertinent puisque d'une part ces puissantes tendances motrices représentent pour les institutions de l'État un domaine d'action de grande envergure ; et d'autre part, il apparaît que de nombreuses interdépendances ne peuvent être jugées que dans le contexte du système de valeurs de la société. Il est donc important que le discours politique et public à ce sujet soit entamé et que la Suisse étudie aux plans technique, politique et sociétal quels développements et quelles formes d'utilisation de la conduite automatisée sont compatibles avec notre système de valeurs et doivent être favorisés, et lesquels s'orientent éventuellement dans une direction non souhaitable.

2. Véhicules automatisés

Le présent chapitre donne un aperçu de l'état des connaissances en matière de véhicules automatisés, ou selon le cas de conduite automatisée, à l'été 2017. Après un exposé des développements actuels à l'étranger et en Suisse, on présentera la terminologie et les niveaux d'automatisation utilisés dans le présent rapport. Un état des lieux des technologies et des services permet de décrire les exigences techniques et légales de la conduite automatisée. On aborde enfin les défis particuliers que constitue le trafic mixte entre différents usagers et entre des véhicules dotés de différents niveaux d'automatisation.

2.1 Développements à l'étranger et en Suisse

En matière de conduite automatisée et de véhicules automatisés, l'influence sur la Suisse des développements internationaux a un rôle important tant au plan technologique que légal. On part du principe qu'aucune solution isolée n'est recherchée ou envisagée en Suisse, mais bien plutôt que des développements provenant d'Europe seront repris, ou que la Suisse s'adaptera à des développements européens. On peut ici tabler sur le fait que la Suisse, en matière de transport individuel, aura moins un rôle de pionnier qu'une position d'attente et d'adaptation. La branche de l'automobile a une importance économique plus forte dans les pays voisins. L'UE (en particulier l'Allemagne) n'agit sur la Suisse comme un moteur puissant que de façon indirecte. De plus, l'économie de la Suisse est relativement peu influencée par l'industrie automobile, alors que le lobby de l'automobile exerce, par exemple en Allemagne, une influence toujours plus forte au plan politique et fait progresser fortement l'idée de l'automatisation. Malgré cela, la Confédération agit de façon proactive et a inscrit différents points concernant la mobilité intelligente interconnectée dans la stratégie de l'OFROU, qui doit se consacrer entre autres à l'accompagnement des essais pilotes de véhicules autonomes, à l'adaptation de la législation sur la circulation routière ainsi qu'aux questions relatives à la circulation et à la sécurité des données, et doit en outre collaborer avec des instances internationales (ASTRA, 2017, p. 13).

Ces hypothèses n'incluent pas les développements dans les transports publics. Dans ce domaine, 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. Ainsi la ville de Berne a-t-elle par exemple retenu pour objectif dans ses directives pour la législature 2017-2020 un essai pilote de véhicules autonomes dans les transports publics, en collaboration avec BERNMOBIL (Ville de Berne, 2017, p. 26). D'autres entreprises de transport suisses misent elles aussi de plus en plus sur l'automatisation de leur flotte. Par exemple, CarPostal Suisse SA teste des formes d'utilisation de « navettes autonomes » dans l'espace public dans le cadre du projet « *SmartShuttle* » conjointement avec la ville de Sion, le canton du Valais, l'EPFL et d'autres partenaires (CarPostal, 2017). Des essais pilotes similaires sont effectués par les transports publics de Zurich et de Schaffhouse dans un laboratoire dédié aux transports publics situé à

Neuhausen am Rheinfall (NZZ, 2017), par les CFF, *Mobility car sharing* et les *Zugerland Verkehrsbetriebe* entre la gare de Zoug et le site de l'entreprise V-Zug (LZ, 2017) ainsi que par les transports publics fribourgeois (TPF) avec la première ligne autonome de transport public sur route ouverte en Suisse entre l'arrêt « Marly, Cité » de la ligne 1 et le *Marly Innovation Center* (MIC) (Saner, 2017). Du côté des entreprises ferroviaires, on note en particulier les réflexions approfondies menées par les Chemins de fers fédéraux et la *Südostbahn* sur des sujets comme l'automatisation et la numérisation. Il en résulte des programmes d'entreprises comme « *fit4future* », « *SmartRail 4.0* » ou des projets concrets d'automatisation du trafic (*automatic train operation*) sur l'infrastructure existante. À titre d'exemple, l'objectif de la SOB est de tester des trains autonomes en Suisse entre Mogelsberg et Wattwil, en exploitation pilote (SOB, 2017). Par ailleurs, la SOB est aussi à la tête d'un sous-projet du programme national « *SmartRail 4.0* », dans le cadre duquel on teste la conduite techniquement automatisée sur des lignes régionales, en exploitation pilote, qui s'est donné pour objectif de parvenir à « une solution consensuelle acceptée pour la branche » (Valda, 2017).

2.2 Définitions et délimitations

Le débat sur la conduite automatisée fait appel à différents concepts. D'une source à l'autre, la conduite est qualifiée d'autonome, automatique ou automatisée. À ce sujet, il n'est pas inutile de consulter les définitions linguistiques (DIN V 19233, année non spécifiée) :

- « autonome » signifie indépendant, décidant par lui-même, vivant selon ses propres règles. Ce concept est habituellement employé dans un contexte politique. On utilise souvent « autonome » en lien avec des systèmes capables d'autoapprentissage.
- « automatique » est un concept issu de la technique qui signifie, en ce qui concerne la conduite, « équipé d'une autorégulation, ne nécessitant pas d'opérateur ». Un automate est en conséquence une machine qui exécute d'elle-même des processus prédéfinis.
- « automatisé » décrit la transposition technique de fonctions de l'humain vers des systèmes artificiels, ou selon le cas « ... l'équipement d'un dispositif de telle façon que ce dernier fonctionne totalement ou partiellement sans intervention de l'homme, conformément à sa destination ».

On utilise dans la présente étude le concept de « véhicule automatisé » (VA) parce qu'il relève du domaine technique et qu'il permet aussi une différenciation de la prise en charge (totale ou partielle) par un système de fonctionnalités liées à la conduite. En lien avec des sources bibliographiques, les mots « autonome » et « automatique » sont repris sous leur forme originale, entre guillemets.

En matière de conduite automatisée, les professionnels utilisent un grand nombre d'abréviations et de termes techniques qu'on trouvera rassemblés au chapitre « Glossaire et liste d'abréviations » à la p. 68.

2.2.1 Conduite automatisée

En matière de conduite automatisée (CA), différentes tendances se superposent. L'illustration présente les sujets actuellement fortement débattus dans le secteur de l'automobile. Cette branche voit un fort potentiel de développement dans des domaines comme l'interconnexion, l'électromobilité, le partage (*sharing*) et le covoiturage (*pooling*). Ces quatre thèmes relèvent de la mégatendance de la numérisation. En principe, ces champs thématiques ne sont pas obligatoirement liés à la conduite automatisée. En effet, un véhicule traditionnel, non automatisé, peut déjà être exploité en tant que véhicule électrique ou comme véhicule partagé. Toutefois, en lien avec la conduite automatisée, d'autres synergies et des formes d'application différenciées apparaissent, qui peuvent conduire à des modifications de l'organisation du trafic et, de ce fait, des habitudes individuelles de déplacement. Ces champs thématiques sont décrits plus précisément ci-après.

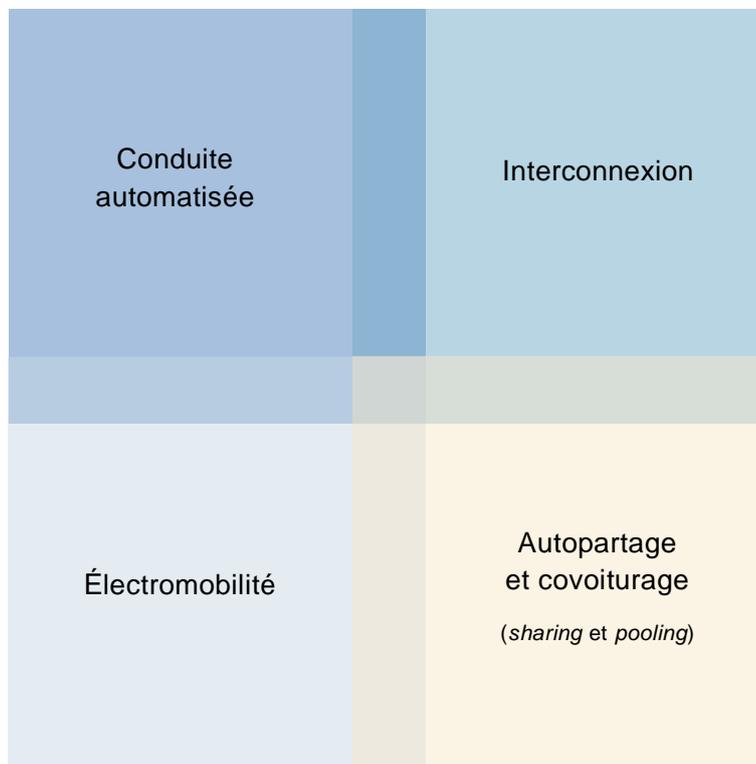


Illustration 1 : Champs thématiques et délimitation de la conduite automatisée

Interconnexion

L'interconnexion de véhicules avec leur environnement est souvent désignée par l'expression « *Car-to-X-communication* » (C2X). On entend par là un concept général de transmission de données entre un véhicule et l'ensemble de son environnement. Ce concept peut lui-même être différencié en « *Car-to-car-communication* » (C2C, aussi appelée « *vehicle-to-vehicle* ») et en « *Car-to-infrastructure-communication* » (C2I, aussi appelée « *Car-to-roadside* »). Une description détaillée de ces concepts et de ce qui les différencie est fournie à l'annexe A4.

Il serait peu opportun de traiter distinctement la conduite automatisée de l'interconnexion. Un grand nombre d'avantages attendus de la conduite automatisée (augmentation des capacités, réduction des accidents, etc.) ne peuvent être complètement réalisés qu'à travers l'apport de données complémentaires issues de l'interconnexion. Ainsi la Confédération ne voit-elle actuellement pas dans la conduite automatisée sans interconnexion une forme d'application pertinente : « *Pour que leur potentiel puisse être pleinement exploité, les véhicules autonomes devront être connectés.* » (OFROU, 2016).

Électromobilité

On entend par électromobilité l'utilisation de véhicules à entraînement électrique disposant d'un accumulateur d'énergie (batterie). Le degré d'électrification peut varier. Le plus souvent, on prend en considération pour l'essentiel les aspects de durabilité puisqu'il n'existe localement (sur le véhicule) aucune émission de gaz d'échappement et que l'impact sur le climat peut être réduit et l'efficacité énergétique améliorée. L'efficacité énergétique du fonctionnement global et l'impact sur le climat dépendent du mode de production du courant électrique.

Les véhicules automatisés (totalement ou partiellement) disponibles aujourd'hui sur le marché sont fréquemment dotés de moteurs électriques. Ainsi l'introduction de nouvelles technologies permet-elle une utilisation plus large d'une forme d'entraînement modifiée. Mais en principe, les véhicules automatisés peuvent aussi être équipés de moteurs à combustion. Aussi le lien entre les deux sujets n'est-il pas aussi pertinent que dans le cas de l'interconnexion décrite plus haut.

Sharing et pooling

Les concepts de « *sharing* » (autopartage, *car sharing*) et « *pooling* » (covoiturage, *ride sharing*) décrivent l'utilisation de certains véhicules par différentes personnes, soit successivement (autopartage), soit en même temps (covoiturage). Une description détaillée de ces concepts et de ce qui les différencie est fournie à l'annexe A4.

Ces deux formes d'utilisation sont pertinentes dans le débat sur la conduite automatisée puisque la possibilité de véhicules autonomes ouvre de nouvelles possibilités d'organisation des itinéraires de transport. À titre d'exemple, des véhicules complètement automatisés peuvent d'eux-mêmes changer de site entre deux trajets avec des passagers afin d'optimiser leur utilisation en autopartage. Les utilisateurs sont ainsi dispensés du trajet d'accès au site des véhicules en autopartage, ce qui facilite la modification des comportements, de l'utilisation du véhicule personnel vers la consommation d'un service de mobilité. Ceci correspond au concept de « *Mobility-as-a-Service* » (MaaS). Il est lié 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.

2.2.2 Véhicules automatisés

Les analyses fondamentales ont pour objet les véhicules suivants :

Trafic routier

Les véhicules motorisés autorisés à circuler sur l'espace routier public (voitures de tourisme, véhicules de livraison, camions), ainsi que les véhicules des transports publics routiers (autobus, tramways) comptant au moins quatre roues et d'une vitesse maximale autorisée d'au moins 50 km/h. Sont exclus par exemple les motocycles, y compris les quads à quatre roues, les minivoitures non conventionnelles et les aides à la conduite. Du côté du transport de marchandises, sont exclus les dispositifs de transport destinés au transport des marchandises à l'intérieur de l'entreprise et au transbordement de marchandises dans les installations de logistique comme les ports, aéroports, terminaux de fret, *city hubs* et installations industrielles.

Trafic ferroviaire

Les locomotives et motrices sur tous les réseaux ferroviaires de Suisse (à l'exception par exemple des funiculaires).

Les aéronefs et les drones n'entrent pas dans l'objet de l'étude fondamentale.

2.2.3 Classifications du trafic routier

Classifications existantes

Il existe déjà au plan mondial de nombreuses formes de conduite automatisée, et beaucoup d'autres sont prévisibles. Elles se distinguent avant tout par leur degré de complexité. Pour leur structuration, on dispose de différentes classifications (niveaux d'automatisation ou *levels of automation*) :

- norme SAE J3016 ⁴
- NHTSA ⁵
- BASt ⁶
- POST/DfT ⁷

4 La *Society of Automotive Engineers* est l'association professionnelle internationale des ingénieurs et experts techniques associés de l'industrie aérospatiale, automobile et des véhicules commerciaux. Elle a publié en janvier 2014 la norme J3016 qui décrit six niveaux de *driving automation for on-road vehicles*. La différenciation s'effectue en fonction des tâches partielles de conduite dynamique attribuées selon le cas au conducteur ou au système.

5 La *National Highway Traffic Safety Administration* est l'autorité civile fédérale chargée de la sécurité des routes et des véhicules aux États-Unis d'Amérique. Elle a pour missions entre autres d'élaborer les normes de sécurité nationales et de les faire appliquer à travers l'homologation de systèmes. La NHTSA a élaboré en 2013 une classification de l'automatisation sur cinq niveaux.

6 L'Institut de recherche technique et scientifique de l'Agence fédérale des routes (Allemagne), a publié en 2015 une classification qui n'est pas structurée en niveaux chiffrés, mais définit les niveaux de façon qualitative.

7 Le *Parliamentary Office of Science and Technology* et le *Department for Transport* de Grande-Bretagne ont également publié une classification en 2015, qui se concentre en particulier sur la différenciation entre *High Automation* et *Full Automation*.

En général, les définitions correspondent très bien, mais dans certains cas elles sont différentes. Aucune des classifications ne distingue les voitures de tourisme des véhicules routiers affectés au transport des marchandises ; ce point est traité de la même manière dans nos propres analyses fondamentales en général. C'est avant tout dans les niveaux élevés d'automatisation qu'il y a lieu de faire des différences dans la classification : parfois, l'automatisation complète illimitée est totalement absente.

Classification utilisée

En raison de la différenciation détaillée des tâches de conduite ainsi que de l'évolution des normes internationales, la présente étude utilise les définitions de la norme SAE J3016 comme base de la description des niveaux d'automatisation. Cette norme définit six niveaux d'automatisation, de 0 à 5. En ce qui concerne la description des niveaux d'automatisation, on se réfère aussi à la définition du BAST, qui est compatible dans une large mesure. En comparaison, elle ne doit être complétée que d'un niveau 5 (*level 5*), dans lequel « le système » peut exécuter toutes les tâches d'une conduite dynamique dans toutes les situations qu'un conducteur humain pourrait rencontrer.

Différences essentielles entre les niveaux d'automatisation

Le Tableau 1 fournit un aperçu des différentes caractéristiques des niveaux d'automatisation, dont la description est donnée ci-dessous :

- L0** Le niveau 0 (*level 0*) décrit la « conduite conventionnelle » (absence d'automatisation) sans transfert d'aucune tâche de conduite à un système. Dans ce niveau, seule l'assistance au conducteur par des systèmes d'alerte est possible (par ex. alerte de franchissement de ligne, alertes de l'assistant d'angle mort, alerte à la collision).
- L1** Au niveau 1, le guidage soit longitudinal, soit transversal du véhicule est confié temporairement et pour des situations spécifiques à des systèmes d'« assistance à la conduite ». Le conducteur doit surveiller le système en permanence et pouvoir reprendre le contrôle complet du véhicule à tout moment. Les exemples de technologies disponibles à l'heure actuelle à ce niveau sont l'assistant de freinage, l'assistant de stationnement (le système ne gérant que la direction), le régulateur de vitesse adaptatif et l'assistant au maintien de trajectoire.
- L2** Le niveau 2 (« automatisation partielle ») se démarque du niveau 1 par la prise en charge par le système du guidage longitudinal et transversal du véhicule ; toutefois les limitations (caractère temporaire, situations spécifiques) et les exigences vis-à-vis du conducteur (surveillance du système, être prêt à reprendre les commandes à tout moment) restent les mêmes. De tels systèmes sont aujourd'hui déjà proposés à la vente, comme l'assistant de conduite sur autoroute (maintien de la trajectoire entre autres).
- L3** Le niveau 3 « automatisation conditionnelle » se distingue du niveau 2 en ce que l'exigence d'une surveillance constante par le conducteur est assouplie. Ainsi le conducteur n'est-il plus obligé d'être prêt à reprendre le contrôle du véhicule que lorsque le système lui demande, et ce

toujours avec une anticipation suffisante. Le système exécute donc les tâches de conduite mais doit connaître ses limites et être capable de demander au conducteur de reprendre les commandes. Du fait de cette obligation de reprise des commandes par le conducteur, le système n'a pas besoin de pouvoir atteindre à tout moment et par lui-même un état de risque minimal (par ex. arrêt sur une aire de circulation sûre). Les textes de base ne quantifient pas l'anticipation entre l'ordre de reprise des commandes par le conducteur et la reprise effective des commandes. On peut toutefois tabler sur quelques secondes, ce qui limite l'éventail des possibilités d'activités annexes du conducteur. Le niveau 3 est aujourd'hui atteint par quelques constructeurs automobiles (« chauffeur sur autoroute »).

- L4** Le niveau 4 (« automatisation élevée ») se distingue du niveau 3 par la capacité du système, dans des types d'utilisation spécifiques (avec des limites liées à l'espace, au type de route, au temps, à la plage de vitesse, condition de l'environnement), de parvenir à tout moment à un état de risque minimal. Bien sûr, l'ordre de reprendre le contrôle de la conduite est donné au conducteur si les limites du système sont atteintes, mais ce dernier peut gérer la situation si le conducteur ne réagit pas. Ainsi le conducteur n'a-t-il plus la contrainte de surveiller le système ni même d'intervenir obligatoirement. Dans la plupart des cas d'application, il lui faut tout de même être à bord afin de diriger le véhicule après avoir quitté le cas d'application. L'éventail des cas d'application est donc large : il peut inclure aussi bien des cas particuliers, clairement délimités qu'une superposition d'un grand nombre de cas d'application, qui ne se distingue quasiment pas d'une application illimitée. La question se pose de savoir concrètement comment cet « état de risque minimal » se définit. Ainsi, s'arrêter ne présente pas un risque minimal dans toutes les situations et les surfaces d'arrêt doivent être clairement définies. Pour l'industrie automobile, le niveau 4 est actuellement un large champ d'innovations (cf. par ex. le « pilote automatique sur autoroute », le « *park pilot* »).
- L5** Le niveau 5 (« automatisation complète ») se distingue du niveau 4 en ce que le système ne connaît pas de restrictions dans les cas d'application ; au contraire, il peut assumer toutes les tâches de conduite quel que soit l'environnement. De ce fait, la présence d'un conducteur à bord devient superflue et des trajets à vide sont possibles, ce qui pose des exigences très élevées au regard des innombrables possibilités de combinaisons entre les conditions de conduite et les interactions entre les véhicules prenant part au trafic.

L°	Dénomination	Exemples	Conducteur				Système		
			Guidage longitudinal et guidage transversal (gl et gt)	Surveillance	Capacité à reprendre les commandes	Permis de conduire	Guidage longitudinal et guidage transversal	Reconnaissance de toutes les limites du système	État de risque minimal ⁸
0	Conduite 100 % conventionnelle	Véhicule conventionnel avec alerte franchissement de ligne et alerte collision	toujours				Aucun		
1	Systèmes d'assistance	Systèmes d'assistance au freinage, au stationnement (gt seulement), de maintien de trajectoire, d'angle mort, régulateur de vitesse adaptatif, <i>lane centering</i>	À la demande du conducteur, transfert du gl <u>ou</u> du gt au système, temporairement et dans des situations spécifiques	Surveillance en permanence	À tout moment	Oui, sous la forme actuelle	gl <u>ou</u> gt à la demande du conducteur, temporaire, situation spécifique	La reconnaissance des limites du système n'existe pas.	État de risque minimal non atteint
2	Automatisation partielle	Régulateur de vitesse adaptatif avec <i>lane centering</i> , assistant de conduite sur autoroute	À la demande du conducteur, transfert du gl <u>et</u> du gt au système, temporairement et dans des situations spécifiques				gl <u>et</u> gt à la demande du conducteur, à tout moment		
3	Automatisation conditionnelle	Chauffeur sur autoroute	À la demande du conducteur, transfert du gl <u>et</u> du gt au système, temporairement et dans des situations spécifiques	surveillance non permanente	Ordre de reprise de la conduite avec anticipation suffisante		Total, dans des cas d'application définis		
4	Automatisation élevée	Pilote automatique sur autoroute, système anticollision automatique, pilote automatique de stationnement	Transfert systématique du gl <u>et</u> du gt au système, total, dans des cas d'application définis	pas de surveillance	Jamais	Total dans toutes les situations	Dans toutes les situations		

Tableau 1 : Niveau d'automatisation : diminution de la responsabilité du conducteur (bleu) et augmentation des fonctions du système (rouge). Les exemples mentionnés : assistant de conduite sur autoroute (L2), chauffeur sur autoroute (L3) et pilote automatique sur autoroute (L4) sont censés refléter une augmentation de l'automatisation ou une intensification de la conduite par « le système » sur l'autoroute.

8 État de risque minimal : aptitude à atteindre un état de risque minimal, s'appuyant sur les règles de la Commission d'éthique du Ministère fédéral allemand des Transports et des Infrastructures numériques (BMVI) : « Dans les situations d'urgence, le véhicule doit parvenir de façon autonome, c'est-à-dire sans intervention humaine, à un « état de sécurité ». » (BMVI, 2017, p. 13)

Applications complètement automatisées dans le transport individuel

L'automatisation complète (L4 et L5) soulève d'autres questions, notamment celle de savoir si le conducteur a seulement la possibilité d'intervenir. Cette différenciation est capitale pour les applications possibles, (formes d'exploitation, modèles d'affaires) et pour les suites concernant la circulation (utilisation de l'offre, capacité, etc.) ainsi que pour l'indispensable gestion du trafic. Elle a en outre des effets sur les équipements du véhicule et, le cas échéant, sur l'infrastructure routière. C'est la raison pour laquelle l'annexe A5 recense en complément différentes applications complètement automatisées centrées sur le transport individuel (TI). En particulier, les différenciations entre les TI 4a⁹, 4b¹⁰, 5a¹¹ et 5b¹² devraient se révéler utiles pour la phase d'approfondissement à venir. Il en résulte différentes applications et différentes conditions-cadres. Dans les pages qui suivent, on ne détaillera pas davantage cette différenciation dans le cadre de la présente étude fondamentale.

Applications complètement automatisées dans le transport public routier

Au-delà des niveaux décrits au titre du transport individuel, les applications dans les transports publics présentent elles aussi le plus grand intérêt pour la Suisse, pays traditionnellement orienté vers les transports publics (TP). Mais la classification utilisée, à travers l'affectation de tâches de conduite au conducteur et au système, est fortement orientée vers le transport individuel. Dès le niveau 4 en particulier, elle ne couvre de ce fait que de manière insuffisante les exemples d'applications dans les TP routiers. C'est pourquoi on opère pour les applications des véhicules automatisés une différenciation suivant l'orientation TI et TP.

L'automatisation complète apporte aux TP routiers de nouvelles perspectives, en particulier et avant tout en trafic local, puisque dans ce cas une offre attractive n'est souvent réalisable qu'avec une dépense élevée. À plus long terme, il est possible d'organiser la mobilité pour mieux répondre à la demande et de supprimer les regroupements de mouvements de personnes existant actuellement du fait des courses et des lignes. C'est pourquoi les niveaux d'automatisation complète pertinents pour une réflexion orientée TP seront adaptés sur la base d'applications tests existantes.

9 IV 4a : la conduite par une personne est possible dans le cadre d'un cas d'application si le système permet un transfert des commandes. Ce dernier peut toutefois être refusé, par exemple en raison de contraintes de sécurité ou de capacité. En dehors du cas d'application, le conducteur doit obligatoirement reprendre les commandes.

10 IV 4b : la possibilité d'une conduite humaine n'existe pas ; d'ailleurs le véhicule ne comporte aucun dispositif à cet effet (pédales d'accélérateur et de frein, volant). Le véhicule ne peut donc être exploité que dans le cadre du cas d'application.

11 IV 5a : la conduite par un conducteur humain n'est possible dans toutes les situations que si le système permet un transfert des commandes. Ce dernier peut toutefois être refusé, par exemple en raison de contraintes de sécurité ou de capacité. Mais contrairement au IV 4a, l'autorisation ne se limite pas à des cas d'application clairement définis ; elle s'applique au contraire toujours et partout.

12 IV 5b : la possibilité d'une conduite humaine n'existe pas ; d'ailleurs le véhicule ne comporte aucun dispositif à cet effet (pédales d'accélérateur et de frein, volant). Le système se charge de la conduite dans toutes les situations. Mais contrairement au IV 4b, l'autorisation ne se limite pas à des cas d'application clairement définis ; elle s'applique au contraire toujours et partout.

Dans le cadre du projet CityMobil2 ainsi que de l'essai pilote de CarPostal Suisse SA, on a utilisé (et, respectivement, on va utiliser) des minibus complètement automatisés qui ne sont équipés ni de pédales d'accélérateur et de frein, ni d'un volant. Toutefois ces véhicules ne sont pas surveillés par une centrale disposant d'une possibilité de commande ni (pour le moment) accompagnés par une personne à l'intérieur du véhicule, susceptible de reprendre les commandes en cas d'urgence. En raison d'une application limitée dans l'espace, en tout cas dans le cadre de l'essai pilote, ces véhicules sont classés au niveau 4.

L'automatisation complète orientée TP peut également être différenciée selon les applications TP 4a¹³, 4b¹⁴ et 5¹⁵ (cf. annexe A5).

2.2.4 Classifications du trafic ferroviaire

Applications complètement automatisées dans le trafic ferroviaire

L'Union internationale des transports publics (UITP) est une association internationale dédiée aux transports publics qui se focalisent sur la mobilité durable. Elle a élaboré une classification des niveaux d'automatisation pour le trafic ferroviaire, qui va de L0 (conduite à vue) à L4 (conduite automatisée). Le tableau donne la description des tâches partielles de la conduite d'un train pour chaque niveau d'automatisation.

Les systèmes de métro et les applications techniquement isolées et clairement délimitées dans l'espace, comme les lignes de desserte des terminaux d'aéroport, exploitent aujourd'hui déjà tous les niveaux d'automatisation. L'exploitation en conduite automatisée permet déjà de réduire les coûts en personnel, améliore l'efficacité énergétique (vitesse maximale moins élevée, comportement à l'accélération et au freinage) et augmente la capacité des lignes (optimisation permanente des flux de trafic).

Pour les grandes lignes et le trafic régional, il n'existe encore aucune application complètement automatisée au monde. Plusieurs raisons expliquent cela : non-isolation du réseau, matériel roulant hétérogène, quais et voies différents et différences d'équipement technique des réseaux.

Pour les niveaux d'automatisation, les systèmes suivants de surveillance et d'exploitation des trains sont nécessaires (ou ont un rôle central) :

- la « supervision automatique des trains » (ATS, *Automatic Train Supervision*): la supervision automatique des trains surveille les itinéraires et la circulation des trains sur l'ensemble du réseau et transmet au centre de contrôle toutes les informations nécessaires à la sécurité de l'exploitation.
- la « protection automatique des trains » (ATP, *Automatic Train Protection*) : contrôle du respect de la vitesse et des espacements entre les points d'arrêt, freinage automatique possible, calcul de la limitation de

13 TP 4a : si la circulation des véhicules est liée à des lignes (itinéraires), l'application est alors restreinte dans l'espace et aussi dans le temps (horaires) (« cas d'application »).

14 TP 4b : des exigences supplémentaires résultent du libre choix des itinéraires. Celui-ci est rattaché au niveau L4 à certaines conditions (par ex. seulement dans un périmètre limité de l'espace urbain).

15 TP 5 : libre choix des itinéraires sans restrictions d'application.

la vitesse sur la base de l'occupation des blocks-systèmes suivants, transfert d'information au train par l'intermédiaire d'installations fixes.

- la « conduite automatique des trains » (ATO, *Automatic Train Operation*) : prise en charge du contrôle de la conduite selon l'horaire (y compris les arrêts et l'horaire d'arrivée), avec transmission des informations concernant les arrêts selon l'horaire et les vitesses par l'intermédiaire d'installations fixes.
- le « contrôle automatique du train » (ATC, *Automatic Train Control*) : ce principe d'exploitation, actuellement utilisé surtout dans le secteur des métros, est basé sur les trois sous-systèmes cités ci-dessus : ATP, ATO et ATS.
- l'exploitation des trains sans mécanicien (DTO, *Driverless Train Operation*) : pour un contrôle complet de la conduite, le système prend aussi en charge l'ouverture et la fermeture des portes. Le conducteur n'est plus nécessaire que pour des tâches de service et le contrôle en cas d'urgence.
- l'exploitation sans personnel à bord des trains (UTO, *Unattended Train Operation*) : le système peut traiter les incidents (exigences élevées de sécurité contre les pannes, nécessité de détection des obstacles), le personnel à bord n'est plus nécessaire.

GoA	Fonctionnement	Départ	Arrêt	Fermeture des portes	Incident
0	Traditionnel , à vue (par ex. tramway)	conducteur	conducteur	conducteur	conducteur
1	Manuel , avec contrôle de la marche des trains, influence ponctuelle sur les trains, influence continue sur les trains, ETCS, ATS ; dans certains cas, déjà ATP avec conducteur	conducteur	conducteur	conducteur	conducteur
2	Semi-automatique (STO) ATP et ATO, avec conducteur	automatique	automatique	conducteur	conducteur
3	Complètement automatique (DTO) ATP et ATO, sans conducteur	automatique	automatique	personnel d'accompagnement du train	personnel d'accompagnement du train
4	Conduite sans personnel (UTO) ATC	automatique	automatique	automatique	automatique

Tableau 2 : Niveaux d'automatisation (UITP). GoA : *Grade of Automatisation*, selon l'UITP.

2.3 Exigences techniques

Il existe des liens complexes entre les différents niveaux d'automatisation des véhicules, entre les technologies utilisées pour l'interconnexion, pour les cas d'application possibles et les services nécessaires à cet effet. On trouvera ci-après la visualisation de telles structures, d'une part avec l'orientation sur les technologies utilisées et d'autre part avec les formes d'utilisation imaginables, le tout dans l'optique de créer une base pour les développements possibles dans le temps.

L'utilisation des nombreuses technologies de plus en plus employées dans le trafic motorisé et des services associés n'est pas réservée aux véhicules complètement automatisés L4 et L5 ; elle est aussi envisageable aux niveaux L2 et L3, et même sur les véhicules à conduite conventionnelle des niveaux L0 et L1. Le tableau 3 présente la délimitation et, selon le cas les liens entre technologie et véhicule, ainsi qu'avec les services associés, d'une part pour les véhicules à conduite conventionnelle, d'autre part pour les véhicules automatisés dès le niveau L2. Les seules technologies qui caractérisent exclusivement le véhicule automatisé sont les systèmes d'automatisation du véhicule avec les capteurs et les logiciels de contrôle du véhicule

Le tableau 4 présente un aperçu des formes d'utilisation des technologies et des services décrits, avec une différenciation possible selon le but du trajet ou, selon le cas, du voyage et le contexte spatial.

Les chapitres qui suivent décrivent les possibles exigences posées par les technologies de la conduite automatisée sur l'infrastructure du trafic, sur l'infrastructure numérique et sur les véhicules eux-mêmes. Quant à savoir quelles exigences devront être remplies à l'avenir par l'infrastructure, la réponse dépend entre autres de conditions préalables d'ordre légal qui restent encore à définir. On peut aussi imaginer une position selon laquelle les véhicules doivent pouvoir faire face dans les conditions actuelles sans recourir explicitement à un investissement dans l'amélioration de l'infrastructure.

Ces exigences doivent être considérées non seulement isolément, mais aussi sous l'aspect de leurs dépendances réciproques. Ainsi faut-il, pour que la conduite complètement automatisée L4/L5 soit autorisée, que les exigences posées pour les différents domaines de la technologie et de l'infrastructure soient remplies simultanément. Cela signifie que l'admission du véhicule à elle seule ne suffit pas, mais que doivent aussi être disponibles l'infrastructure de transfert des données (par ex. la disponibilité de bandes de fréquences appropriées) ainsi que l'infrastructure routière nécessaire. Sont ainsi concernées différentes autorités, et les fabricants et opérateurs doivent être coordonnés non seulement au plan technique (normes par exemple), mais aussi en ce qui concerne les processus, les business plans, les contrats ainsi que leurs actions dans le temps.

TECHNOLOGIES Mot-clé / explications		Véhicules automatisés et cas d'application (L2 à L5)	Véhicules à conduite conventionnelle (L0 et L1)	Services
Navigation	GPS, sans précision GPS, précision élevée Super systèmes de localisation (jusqu'au cm)	Application dans les VA de tous niveaux et toutes formes d'application	Utilisables dans, mais aussi à l'extérieur du véhicule	Par exemple TomTom
Systemes d'automatisation embarqués	Capteurs et logiciels pour la commande du véhicule, pour différentes situations de circulation	Technologie centrale spécifique, en particulier pour L4 et L5, éventuellement avec différenciation selon les cas d'application	---	Constructeurs de véhicules, par ex. pour les mises à jour des logiciels en mode <i>push</i> Sous-traitants aussi
C2C	Communication d'événements extraordinaires, conditions d'environnement de véhicule à véhicule	Tous les niveaux avec actions (totalement ou partiellement) automatisées du VA. Éventuellement « collectifs » distincts (au sens de collectifs à apprentissage « autonome ») pour différentes applications aux niveaux L4/L5.	Applications imaginables, toutefois limitées à la collecte et à l'échange de données (sans actions obligatoires du conducteur).	Plateformes de traitement et d'échange de données, opérateurs de communications, réseaux et services des différents constructeurs de véhicules
Car2street	Communication avec l'infrastructure de la route/rue, par exemple les installations de signaux lumineux (communication bidirectionnelle) ; signalisation routière intelligente ; éventuellement marquage au sol	Tous les niveaux et tous les cas d'application. Pour le gestionnaire des routes : avec des développements imaginables en vue de la gestion du trafic 4.0	Imaginable sans limitation du véhicule à l'infrastructure routière ; de l'infrastructure routière au véhicule : information seulement, sans action obligatoire du conducteur	En complément au C2C : réseaux et services des différents organismes responsables de la route : ponts et chaussées, police, etc.
Car2infrastructure de comm.	Par exemple téléphonie mobile, radio, dans chaque cas avec des services spécifiques associés	Tous les niveaux et tous les cas d'application	Imaginable pour tous les véhicules	Opérateurs de télécommunication, radios, service RDS, plateformes d'information
C2X	Interconnexion absolue des informations, par exemple par l'Internet actuel, avec accès à toutes les offres numériques possibles.	Tous les niveaux et aussi, de façon spécifique, pour tous les types d'applications	Imaginable pour tous les véhicules	Services de MaaS, plateformes de mobilité, constructeurs de véhicules ; services de logistique ; offres d'info-divertissement ; eCall avec les services d'urgence concernés

Tableau 3: Délimitations et liens entre les technologies, les véhicules automatisés (L4 et L5) et les services associés, et comparaison avec les véhicules à conduite conventionnelle.

FORMES D'UTILISATION Mot-clé / éventuellement sous-groupe		Niveaux et types d'utilisation de VA (L2 à L5)	Véhicules à conduite conventionnelle (L0 et L1)	Services
Transport individuel (« TIM »)	Transport d'enfants, ramassage de visiteurs, transport privé de marchandises sans conducteur, ou transport de personne(s) automatisés. « <i>mobile office</i> »	Limité aux niveaux L4 a/b (TIM) et L5 a/b (TIM)	---	En ce qui concerne la technologie et la navigation, systèmes embarqués et conditions préalables obligatoires C2X
Car sharing	À titre privé À titre commercial	Tous niveaux	n'est quasiment lié à aucune restriction	Par exemple les applis, logiciels de gestion et services d'information, de réservation et de paiement
Ride sharing (pooling)	À titre privé À titre commercial (taxi collectif)	Tous niveaux	quasiment aucune restriction	Par exemple les applis, logiciels de gestion, services d'information, de réservation et de paiement
MaaS	Par des prestataires commerciaux du secteur privé Par des ETC ou entreprises de TP PPP	Tous niveaux, et aussi pour toutes formes d'application	quasiment aucune restriction ; par exemple même les taxis et transports publics conventionnels sont intégrables au système MaaS	Plateformes de données et d'informations ; offres d'optimisation de voyages, services de stationnement et de réservation, prestations de tarification et d'encaissement, services de gestion d'entreprise
TP	Offre avec petits véhicules Offre avec grands véhicules : villes Offre avec grands véhicules : périphérie	Différentes formes d'application TP 4a,4b et 5	offres actuelles sans restrictions	Exploitation similaire à celle d'aujourd'hui pour l'affectation conventionnelle des véhicules ; avec toutefois une modification de la flexibilité
Trafic marchandises et logistique urbaine	Transports en convoi, avec maintien de l'accompagnement, donc avec conducteurs à bord ayant toutefois d'autres occupations. Collecte et distribution de colis en logistique de centre-ville	imaginable dès L2 L4	Conduite conventionnelle par le conducteur	Outils de logistique élargis pour l'occupation des conducteurs en déplacement Droit d'utiliser certains parcours ou voies réservées Le cas échéant services de robots pour le chargement et déchargement chez le client et appli pour les droits d'accès

Tableau 4: Délimitations et liens entre les formes d'engagement, les véhicules automatisés (L2 à L5) et les services associés, et comparaison avec les véhicules à conduite conventionnelle (L0 et L1).

Exigences vis-à-vis de l'infrastructure des modes de transport

De nouvelles exigences légales et aussi, éventuellement, des exigences d'ordre politique ou autre concernant l'exploitation de tout le potentiel des véhicules automatisés peuvent rendre nécessaires, dans certains cas, des adaptations des infrastructures. Concernant l'infrastructure des modes de transport en lien avec la conduite automatisée, les éléments suivants peuvent avoir une certaine importance :

- *Surface de la chaussée* : possibilités d'arrêt (par ex. bande d'arrêt d'urgence continue sur les routes à grand débit)
- *Marquages au sol* : visibles quelles que soient les conditions météorologiques, et détectables par les capteurs
- *Panneaux de signalisation* : visibles quelles que soient les conditions météorologiques et détectables par les capteurs
- *Installations de gestion des nœuds* : feux de signalisation (feux) ou selon le cas installations de régulation du trafic, le cas échéant avec communication jusque dans les véhicules
- *Gestion du trafic* : centrales de gestion du trafic, y compris les équipements matériels et logiciels (principes d'action et algorithmes de contrôle de la gestion du trafic)

Le tableau 5 présente, par l'exemple de l'autoroute, les exigences légales nécessaires et le renforcement des exigences en matière d'infrastructure des chaussées en cas d'augmentation du niveau d'automatisation. Des développements similaires peuvent en être déduits pour les routes hors des localités et les rues dans les espaces urbains.

Niveau d'automatisation	Exigences légales	Exigences vis-à-vis de l'infrastructure des modes de transport
L2 Assistant de conduite sur autoroute	Est aujourd'hui autorisé. Le conducteur doit avoir à tout moment la main sur le volant. Le conducteur est responsable à 100 %. Permis de conduire comme aujourd'hui	Comme aujourd'hui, les marquages au sol sur les routes et les panneaux de signalisation devant être en permanence bien lisibles (quels que soient les conditions météorologiques et l'état des routes)
L3 Chauffeur sur autoroute Le conducteur doit pouvoir reprendre le contrôle avec une anticipation suffisante.	Le temps de réaction doit être défini (env. 10 à 15"). Définition des activités admises pour le conducteur pendant l'utilisation du chauffeur sur autoroute Permis de conduire comme aujourd'hui, mais le cas échéant avec formations complémentaires	Le cas échéant installation de panneaux avancés de sortie d'autoroute : à la fin d'un trajet sur autoroute, ils déclencheront un avertissement de reprise des commandes par le conducteur.
L4 Pilote automatique sur autoroute Le « système » doit être capable de parvenir à un état de risque minimal.	Définition de l'« état de risque minimal » pour chaque situation de circulation dans le cadre du cas d'application : par ex. conduite à vue, vitesse limitée à 30, arrêt, etc. Le cas échéant déplacement de la responsabilité du conducteur vers le détenteur (la responsabilité se déplace sur l'absence de défaut dans la maintenance par le détenteur ; la responsabilité du produit reste celle du constructeur).	Le pilote automatique sur autoroute doit être capable de détecter ses propres limites d'utilisation grâce à des signalisations appropriées (ou des signaux dans le véhicule). Il faudra le cas échéant prévoir des marquages au sol, des signalisations ainsi que des constructions (par ex. des bandes d'arrêt d'urgence continues) afin d'atteindre les différents « états de risque minimal » définis.
L5 Cf. L4	Pose la condition d'une définition de l'« état de risque minimal » pour toutes les situations de réseau, de trafic, de météorologie et d'environnement (le système doit réagir à <i>tout moment</i> en toute sécurité). Le cas échéant le détenteur du véhicule doit obtenir une autorisation pour faire circuler le véhicule sans personne à bord (trajets à vide).	Il faudra le cas échéant prévoir des marquages au sol, des signalisations ainsi que des constructions (par ex. des bandes d'arrêt d'urgence continues) afin d'atteindre les différents « états de risque minimal » définis. L'obligation pour le véhicule d'être en mesure de reconnaître ses propres limites d'utilisation disparaît, de sorte qu'on peut se passer de cette signalisation.

Tableau 5 : Exemple de relations de dépendance possibles d'exigences sur l'infrastructure vis-à-vis d'exigences légales sur la base des développements techniques de l'« assistant de conduite sur autoroute » (L2), du « chauffeur sur autoroute » (L3) et du « pilote automatique sur autoroute » (L4 et L5).

Exigences vis-à-vis des véhicules et des infrastructures informatiques

Au-delà de l'accroissement des exigences vis-à-vis de l'infrastructure des modes de transport, il existe aussi des exigences vis-à-vis des technologies des véhicules et des infrastructures informatiques. On peut les subdiviser comme suit :

Domaine	Exigences	Commentaires
Technologies embarquées	Capteurs : fiabilité	Fiabilité insuffisante pour une utilisation généralisée pour les véhicules sans surveillance humaine (L4 et L5), en particulier en trafic mixte
	Architecture du système dans le véhicule	Obsolète selon certaines sources, potentiel de développement jusqu'à L4 ou L5 trop réduit
	Algorithmes pour le comportement en conduite	Potential de développement trop faible sans système capable d'apprentissage pour la sécurité de circulation nécessaire à une conduite complètement automatisée (L4, L5)
Connectivité, technologie de la communication	Puissance de transmission	Optimisation des performances des émetteurs entre la gestion des fréquences, la fiabilité du transfert de données et l'exposition des personnes aux rayonnements. La puissance des émetteurs doit être la plus faible possible afin de raccourcir la distance de réutilisation d'une même fréquence, mais d'un autre côté suffisamment élevée pour une transmission fiable des données.
	Fiabilité de la transmission de données	Transmission lacunaire des données : pour des raisons de sécurité des données, le taux d'échec doit être très faible
	Couverture de l'espace (tous les réseaux routiers dans toutes les régions d'importance)	Attribution optimisée dans l'espace de fréquences radio dans un marché fondamentalement limité et concurrentiel. Un VA doit être en mesure de fonctionner dans le monde entier, donc l'attribution des fréquences pour la CA doit être harmonisée au plan mondial, ou les VA doivent être capables de traiter tous les blocs de fréquences autorisés pour la CA.
	Interfaces infrastructures	Les composantes des infrastructures et leurs interfaces doivent également être standardisées dans l'optique de l'automatisation.
	Frais et facturation de la transmission de données et business-modèles supportés par la technique	Les aspects concurrentiels de l'économie de marché rendent plus difficiles la mise en œuvre de business-modèles adaptés (nécessité d'une collaboration de l'industrie automobile, de l'industrie des télécommunications et des autorités compétentes pour les routes)
Système capable d'apprentissage Flotte de véhicules	Sécurité des données (<i>security</i>)	La complétude (quantité de données) et la fiabilité (qualité des données) des données nécessaires doivent pouvoir être garanties dans l'ensemble du système « véhicules x réseaux de télécommunications »
	Protection des données	Il faut trancher la question de la propriété des données et garantir la protection des données
	Algorithmes pour le comportement d'apprentissage des flottes de véhicules	Où les algorithmes d'apprentissage de la flotte de véhicules sont-ils localisés ? La rapidité de la transmission des données peut-elle être garantie ? S'agit-il de systèmes propriétaires, ou de systèmes publics ?

Tableau 6 : Répartition des technologies embarquées et des infrastructures informatiques en lien avec la conduite automatisée, avec des observations concernant les exigences spécifiques dans chaque cas.

2.4 Exigences légales

Les exigences légales ont une importance dans de nombreux domaines en ce qu'elles servent de base à l'admission de différents niveaux d'automatisation des véhicules en Suisse, ainsi que pour la réglementation des technologies et services (tableau 3) ainsi que des formes d'utilisation (tableau 4), avec dans certains cas de nouveaux modèles d'affaires.

Les considérations qui suivent constituent un résumé du rapport du Conseil fédéral sur la motion Leutenegger Oberholzer de décembre 2016 (OFROU, 2016). Ce rapport se concentre sur le droit de la circulation routière, l'admission des véhicules, les permis de conduire et les certificats d'immatriculation. La Confédération prend en outre position, entre autres sujets, sur certains aspects des prestations de services de mobilité numérique dans le rapport du SECO du 11/01/2017 sur les principales conditions-cadre pour l'économie numérique (SECO, 2017).

Droit de la circulation routière

La Convention internationale de Vienne et le dispositif réglementaire central pour la concertation internationale en matière d'admission des véhicules à la circulation et de règles de circulation. Le trafic routier transfrontière repose sur des standards minimaux définis. Une des prescriptions qui y figurent énonce que le conducteur a l'obligation de toujours maîtriser son véhicule. Avec l'adaptation de mars 2016, il a été précisé relativement aux questions que pose la conduite automatisée que cette condition est remplie si le conducteur peut prendre la main sur le système automatisé d'aide à la conduite ou désactiver ledit système, ou si des prescriptions d'admission internationales¹⁶ fixent d'autres règles en la matière. L'OFROU retient : « 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. » [Rapport : Confédération helvétique : Conduite automatisée – Conséquences et effets sur la politique des transports (OFROU, 2016).

Admission des véhicules à la circulation

Les véhicules à moteur construits en série sont en Suisse soumis, aux termes de la loi fédérale sur la circulation routière, à une réception par type (LCR, 2016). En la matière, c'est l'OFROU qui constate si les véhicules respectent les prescriptions du droit suisse. Si c'est le cas, cette autorité délivre une réception par type pour la Suisse ou, selon le cas, une fiche technique.

La Confédération retient dans son rapport que « 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. » On vise ici en particulier la Convention de Vienne. Selon les auteurs, l'organisation législative doit être adaptée afin que le droit national permette

¹⁶ par ex. les règlements de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-ONU)

de réagir rapidement et en souplesse à l'évolution de la Convention de Vienne. (OFROU, 2016)

Actuellement, il n'apparaît pas possible aux autorités chargées de l'admission des véhicules de contrôler à travers la procédure de réception par type si les niveaux de sécurité exigés sont garantis. La complexité des systèmes des véhicules automatisés est trop élevée pour cela, et une définition complète des critères de contrôle n'est (au moins pour le moment) pas autorisée. C'est pourquoi la garantie de la sécurité du produit devrait relever exclusivement de la responsabilité du fabricant. Cet état des choses est renforcé par la dynamique des systèmes : au-delà de la nécessité de mises à jour régulières du véhicule, à l'avenir le véhicule pourra aussi apprendre pendant son fonctionnement. (Maurer, Gerdes, Lenz, & Winner, 2015)

Permis de conduire

Par principe, un permis de conduire est nécessaire aussi longtemps que le conducteur d'un véhicule peut ou doit intervenir sur le système. On ne peut s'en dispenser que dans le cas de la conduite complètement automatisée sans possibilité de conducteur (L4b, L5b). Toutefois, selon la Confédération, d'éventuelles formes intermédiaires sont imaginables : « 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 pilote automatique 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. séniors) d'en obtenir un ou de le conserver. » (OFROU, 2016). La punissabilité du conducteur de véhicule est traitée de façon similaire : Dans le cas des systèmes partiellement automatisés, le conducteur reste punissable tant qu'il est responsable des tâches de conduite. Dès qu'il cède le contrôle du véhicule au système et n'en a plus la responsabilité, il ne peut pas être puni (exceptions : utilisation erronée, manipulation, défectuosité manifeste du système). Afin de déterminer les responsabilités, des appareils d'enregistrement (boîtes noires) seront donc nécessaires comme dans l'aviation, avec des protocoles précis de passation des commandes entre le conducteur et le système. (OFROU, 2016)

Il y a lieu en outre de clarifier la question de la responsabilité dans le cas d'accident avec des véhicules automatisés. La Confédération retient à ce sujet : « l'obligation légale de s'assurer imposée aux conducteurs vise à garantir que les tiers lésés lors d'un accident seront indemnisés des dommages subis [...]. La responsabilité découle du risque inhérent à l'utilisation du véhicule. » Cela ne devrait pas changer à l'avenir. On peut s'attendre à un nombre croissant de recours à l'encontre des constructeurs de véhicules ; mais on peut aussi imaginer des recours à l'encontre des exploitants des infrastructures et des prestataires de services de navigation. (OFROU, 2016)

Prestations de services de mobilité

Dans son rapport, l'OFROU se limite aux acteurs directement concernés par les technologies de la conduite automatisée et leurs conséquences sur le trafic. Le contexte juridique des tendances de la prestation de services dans le domaine de la mobilité est traité par le SECO dans son rapport sur les principales conditions-cadre pour l'économie numérique (SECO, 2017). La Confédération y prend entre autres position sur les aspects des prestations de services de mobilité. Le rapport constate qu'il existe un besoin d'adaptation du cadre réglementaire régissant les transports à caractère professionnel ; et qu'en outre il est nécessaire d'entreprendre une vérification des bases juridiques en ce qui concerne les prestations de services multimodales.

2.5 Importance du trafic mixte

Le trafic routier d'aujourd'hui, étant un trafic mixte de voitures, bus, trams, vélos et piétons en particulier dans les espaces urbains, ne dispose ni des conditions d'un espace fermé du trafic, ni d'une surveillance externe, à la différence du trafic aérien et, selon les réseaux ferrés, de certaines parties du trafic ferroviaire. C'est la raison pour laquelle les solutions permettant l'homologation du pilotage automatisé des avions et respectivement de la conduite automatisée sur rail ne sont pas directement transférables à la conduite automatisée sur route. Il reste encore à clarifier le rôle que prend sur la route le trafic mixte, mélange de véhicules à conduite conventionnelle et de véhicules automatisés à des niveaux d'automatisation différents (Maurer, Gerdes, Lenz, & Winner, 2015). Sur le réseau des routes à grand débit, sur lequel aujourd'hui déjà tous les usagers de la route ne sont pas autorisés, et où il est prescrit non seulement une vitesse maximale, mais aussi une vitesse minimale, la question du trafic mixte avec des véhicules à conduite conventionnelle devrait être un défi moins fort que sur les réseaux urbains ou sur les routes à grande circulation. Il a déjà été démontré que l'amélioration des performances sur les routes à grand débit dépend du pourcentage de véhicules automatisés dans le flux de circulation (Prognos, 2016, S. 28), cf. illustration 2.

Du point de vue actuel, le trafic mixte sur les réseaux routiers à l'intérieur des localités et sur les routes à l'extérieur des localités entraîne des exigences techniques de sécurité incomparablement plus élevées que sur les routes à grand débit. Alors que ces dernières constituent dans une large mesure un espace de circulation fermé (ou qu'au moins un tel espace fermé pourrait être établi avec une dépense prévisible), et qu'une surveillance extérieure est imaginable, cela serait probablement difficilement possible dans un espace urbain, non seulement pour des raisons techniques, mais aussi pour des raisons d'organisation.

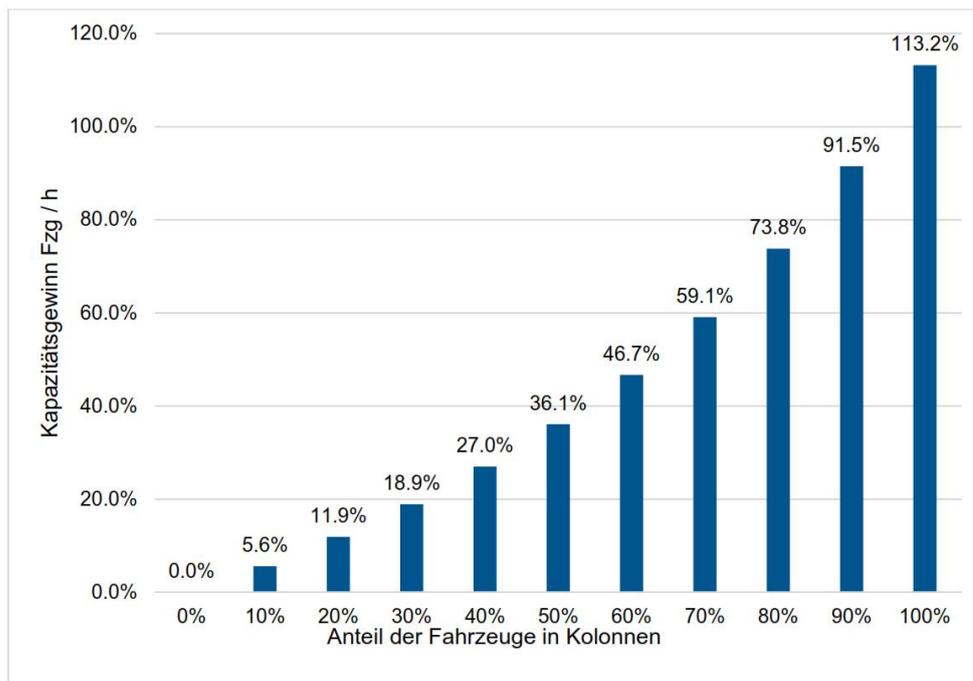


Illustration 2: Gains de capacité obtenus par des déplacements en convois sur routes à grand débit (Prognos, 2016, S. 28)

3. La storyline : une voie de développement imaginable

3.1 Objets et finalités de la storyline

L'analyse de la situation et le traitement des bases tel qu'il est décrit montrent qu'il existe des bases innombrables, et pour certaines même contradictoires, que la terminologie est fréquemment utilisée de façon différente, que les exigences du point de vue juridique, technologique et des infrastructures sont fortes, que différentes tendances sont porteuses, mais qu'un petit nombre d'entre elles ont un effet inhibant, et que selon les valeurs que l'on retient, le développement peut prendre des orientations très diverses. On se trouve donc devant une situation de départ très complexe pour en entrevoir le développement en Suisse. L'un des moyens de travailler avec un tel degré de complexité est d'élaborer des scénarios. Mais on a aussi constaté qu'il existe déjà différents scénarios de cette nature traitant des développements possibles en Suisse (OFROU 2015/004, 2017) (Meyer et al., 2016). Comme ils sont fréquemment rédigés à très long terme et que certains sont très éloignés des autres, ils ne constituent le plus souvent pas une base qui puisse être mise en pratique afin de détecter des marges de manœuvre.

À titre d'alternative, on a développé dans les pages qui suivent une storyline sur l'utilisation des véhicules automatisés en Suisse. Il s'agit là d'une voie de développement considérée, dans la perspective actuelle, comme imaginable par des expert·e·s et des parties concernées, et qui démontre comment les différents développements en matière de conduite automatisée pourraient évoluer. La storyline se définit comme une chronologie d'états successifs délimités par des transitions avec des conditions modifiées (cf. illustration 3). À chaque étape, l'état suivant commence lorsque toutes les conditions préalables sont remplies. Ces dernières concernent entre autres les aspects juridiques (admissions, assurances, droit routier), les jalons technologiques, les modifications de l'infrastructure et l'acceptation sociale.

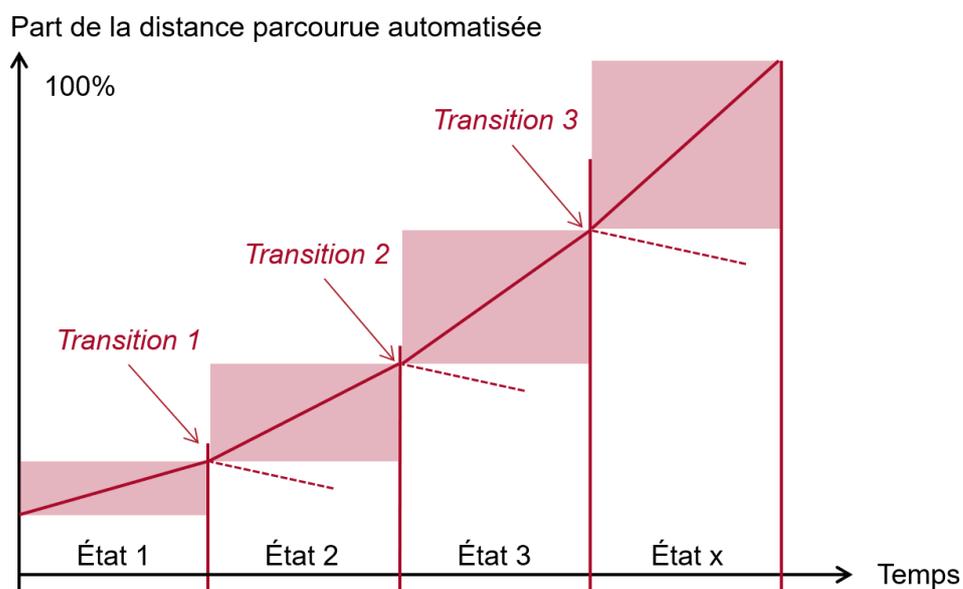


Illustration 3 : Illustration de la storyline

Il existe fondamentalement deux voies de développement des véhicules automatisés : la voie générique, du véhicule conventionnel autonome au niveau d'automatisation L4 ou L5, et le passage direct au véhicule-robot complètement automatisé (prototype Google, divers pilotes de bus navettes). Ces deux voies ont leur importance pour la Suisse. Toutefois on part du principe pour la storyline que la voie générique concernera la part la plus grande du TIM et marquera de ce fait dans la même mesure les changements du trafic au quotidien en Suisse. C'est la raison pour laquelle cette voie générique a été placée au premier plan dans la storyline. On table en outre sur des systèmes de valeurs de la société similaires à ceux qui sont connus aujourd'hui.

On a donc représenté dans les pages qui suivent une seule voie de développement, et l'on renonce explicitement à considérer différentes évolutions dans plusieurs scénarios : le développement de la storyline a pour but de réduire la complexité d'ensemble tout en faisant ressortir les éléments pertinents à l'intention des acteurs. Il convient ici d'observer que cette storyline n'a pas la prétention de représenter la seule évolution possible. La storyline de la conduite automatisée est le reflet de l'état de la connaissance pendant son élaboration à l'été 2017. Malgré ces réserves, elle constitue une base appropriée pour des études complémentaires et approfondies. La storyline fait en outre apparaître des états cohérents qui suscitent des discussions sur les effets de la conduite automatisée.

3.2 Hypothèses fondamentales

On aborde au présent chapitre les hypothèses fondamentales constituant la base de la description des états. Des sources ont été citées lorsque c'était possible ; certaines hypothèses proviennent d'estimations émises par des experts. Les travaux se basent en outre sur les résultats des études partielles et sur les niveaux d'automatisation selon les explications figurant au chapitre 2.2.

3.2.1 Domaines d'application

En raison des différentes conditions-cadre et des différentes vitesses de développement, on peut distinguer des voies de développement spécifiques imaginables pour chacun des trois domaines d'application suivants :

- TIM (transport de personnes et de marchandises ¹⁷)
- TP routiers (transport des personnes ¹⁸)
- Trafic ferroviaire (transport de personnes et de marchandises)

17 On entend par transport de marchandises d'une part le transport individuel de biens, c'est-à-dire de bagages et de marchandises dans des voitures de tourisme, ce qui comprend le transport dans les véhicules privés et les véhicules de service des entreprises. D'autre part, le transport routier de marchandises comprend aussi le trafic de marchandises purement axé sur le transport à titre commercial, avec des véhicules de livraison et des camions. Pour l'étude des questions fondamentales, le transport routier de marchandises est assimilé au TIM.

18 Dans la réflexion sur les pistes spécifiques de développement, les trams sont assimilés aux TP routiers puisqu'ils circulent souvent en trafic mixte avec le TIM et le trafic des piétons et vélos, et que les développements des conditions-cadre légales et des conditions technologiques évoluent pour une grande part parallèlement aux développements du TIM. Il en va de même pour les hybrides train-bus (*Autonomous Rail Rapid Transit*, ART) (Kemmer, 2017), qui disposent d'un guidage sur leur voie sous la forme d'un marquage sur la route. Cette possibilité peut être un élément d'automatisation et favoriser son développement.

Pour ces trois domaines, on dispose de tableaux détaillés avec des explications sur les paramètres suivants : droit (admissions et autorisations, assurances, Code de la route), infrastructures routières, technologies (véhicules et capteurs), données, infrastructures des communications et acceptation sociale¹⁹. Les applications spécifiques dans le domaine du transport des marchandises (circulation en convois par exemple) et de la logistique de centre-ville (concepts de collecte et services de livraison à domicile par exemple) seront traitées dans le cadre de la phase d'approfondissement B.

3.2.2 Autorisations et admissions en matière de TIM

Dans l'optique d'une succession logique d'états, la storyline est basée sur un développement générique des conditions d'autorisation et d'admission. Ce modèle suit une extension progressive de l'autorisation technique, spatiale et temporelle ; il est expliqué ci-après à travers le trafic routier :

(1) *Autorisations spéciales* pour tronçons expérimentaux²⁰

Les utilisateurs individuels, exploitants ou développeurs (par ex. les constructeurs de véhicules) reçoivent une autorisation spéciale. L'objectif principal est d'établir la preuve d'une faisabilité de principe et de la sécurité routière au plan technique dans le processus de développement. Ceci correspond à l'état réglementé par le droit en vigueur aujourd'hui.

(2) *Autorisation temporaire* pour des tronçons pilotes²⁰

Tous les utilisateurs intéressés et habilités peuvent, avec un véhicule homologué en conséquence, utiliser sur les tronçons pilotes le niveau d'automatisation techniquement possible et autorisé par l'autorisation. L'autorisation temporaire peut s'appliquer à certaines heures de la journée, à certains jours de la semaine ou à des périodes plus longues. Ces autorisations ne sont plus liées à des bénéficiaires spécifiques, mais à des véhicules.

(3) *Autorisation générale* dans la circulation en conditions réelles

Sur certains réseaux (par ex. autoroutes) ou sur certaines parties de réseau définies, équipés selon les besoins des infrastructures nécessaires, l'utilisation des technologies d'automatisation visées par une autorisation est possible sans limitation dans le temps.

On peut admettre des étapes d'autorisation spécifique ou générale similaires pour tous les niveaux d'automatisation. On peut partir du principe que chaque état peut être défini en rapport avec les admissions des véhicules, avec les autorisations d'exploiter et de conduire pour les utilisateurs, et le cas échéant avec les conditions techniques concernant l'infrastructure. Il faut à cet effet que les paramètres d'admission des véhicules, des autorisations accordées aux utilisateurs et des conditions liées à l'infrastructure soient harmonisés entre eux. S'ils ne le sont pas, il en résulte des incertitudes, des risques de sécurité et un défaut de fiabilité au plan opérationnel.

¹⁹ cf. Annexes 6.1, 6.2 et 6.3

²⁰ On entend essentiellement par tronçons expérimentaux ou pilotes des tronçons de lignes ; mais il peut s'agir aussi de zones ou de secteurs.

3.2.3 Commande de transports publics

Les pouvoirs publics passent commande auprès des entreprises de transport de prestations de transports publics locaux, régionaux et sur longues distances. Les autorités jouent donc de ce fait un rôle central dans l'organisation de l'offre de transports publics. La storyline examine d'abord les questions juridiques et techniques relatives au transport public routier et au trafic ferroviaire et part du principe que les processus de commande et les compétences resteront tels qu'ils sont aujourd'hui. Dans les approfondissements qui suivent, ces questions seront examinées de façon plus fouillée et le rôle des pouvoirs publics en tant que donneurs d'ordre en matière de TP sera étudié plus précisément dans l'optique des formes d'utilisation automatisées. On trouvera davantage d'informations à ce sujet dans la synthèse au chapitre 6.

3.2.4 Législation et responsabilité

Conformément à la pratique juridique actuelle, la législation relative à la responsabilité s'adaptera aux conditions modifiées. En la matière, ce processus est déjà engagé avec le traitement des systèmes d'assistance. En lieu et place des causes d'accidents d'origine humaine, apparaissent avec les véhicules automatisés des défauts de programmation et de systèmes (Hochstrasser, 2015, S. 691).

La loi fédérale sur la circulation routière prévoit une responsabilité du détenteur du véhicule pour risque²¹ (LCR, art. 58 al. 1). De l'avis de Hochstrasser, cette responsabilité pour risque s'applique aussi à la voiture à conduite automatisée ; elle va de pair avec l'obligation d'assurance. L'art. 63 al. 1 LCR prescrit pour chaque véhicule automobile mis en circulation sur la voie publique une assurance obligatoire en responsabilité civile. Cette assurance, tout comme l'« action directe »²², peuvent aussi s'appliquer à la voiture à conduite automatisée. Comme l'accident survenant en conduite automatisée n'est pas causé par une faute du conducteur, mais par une faute du constructeur, le recours de l'assureur devrait être possible à l'encontre du constructeur. Aujourd'hui, ce recours n'est pas garanti si la personne responsable répond de manière causale, comme c'est le cas du constructeur en application de la responsabilité du fait des produits.

Avant que des voitures à conduite automatisée ne circulent sur les routes de Suisse, il faut, selon Hochstrasser, modifier la législation des admissions. La LCR présuppose en effet que tout véhicule a un conducteur et que celui-ci reste constamment maître de son véhicule (LCR, art. 31 al. 1). Une voiture automatisée ne pourrait pas être admise aujourd'hui : une modification de la LCR est selon l'auteur nécessaire. Toutefois, il faudrait d'abord modifier la *Convention de Vienne sur la circulation routière*, à laquelle la Suisse a adhéré, et qui exige également un conducteur. Des efforts sont déjà faits

21 La responsabilité pour risque est la responsabilité pour des dommages résultant d'un risque autorisé (par ex. exploitation d'une installation dangereuse, détention d'un animal domestique ou d'un véhicule).

22 Action directe : droit de la victime d'un dommage à faire valoir son préjudice directement vis-à-vis de l'assurance en responsabilité civile de la personne, ou selon le cas du détenteur du véhicule qui a causé le dommage.

dans ce sens²³. Selon Hochstrasser, il est probable que la LCR reprendra les modifications de la Convention de Vienne. (Hochstrasser, 2015)

Dans son rapport sur la conduite automatisée et interconnectée, la commission d'éthique du Ministère fédéral [allemand] des Transports et des Infrastructures numériques se penche sur les questions éthiques, sociétales et juridiques. Les règles qui y figurent donnent des indications sur la forme que la situation juridique pourrait aussi prendre à l'avenir en Suisse. Ces règles répondent, entre autres sujets, à la question de la responsabilité de la façon suivante : « Dans le cas de systèmes de conduite automatisés et interconnectés, cette responsabilité réservée à l'humain se déplace du conducteur du véhicule aux constructeurs et aux exploitants et aux instances de décision infrastructurelles, politiques et législatives. » (BMVI, 2017, S. 11). La commission retient en outre qu'on doit absolument pouvoir identifier si le système utilisé est un système sans conducteur, ou si un conducteur disposant d'une possibilité d'*overruling* en assume toujours la responsabilité. Il faut que la répartition des compétences et les processus de transfert des commandes entre l'humain et la technique soient documentés et enregistrés (BMVI, 2017, S. 13). Reste à trancher la question de savoir si la conduite (l'exploitation) d'un véhicule complètement automatisé L5 nécessite ou non un permis de conduire, ou éventuellement un « certificat d'exploitation ».

3.2.5 Réseaux routiers

Différenciation des niveaux de réseau

En matière de trafic routier (TIM, transport public routier et transport de marchandises routier), les cas d'application sont différenciés pour les niveaux de réseau ci-dessous, la vitesse maximale autorisée à titre général étant déterminante dans l'organisation de la structure :

— « RGD » : autoroutes et routes cantonales à grand débit

Vitesses autorisées très élevées (plus de 100 km/h)

Aucun trafic mixte avec les TP ni avec la circulation des piétons et vélos,
pas de conflits aux croisements

— « RGC à l'extérieur des localités » : routes à grande circulation à l'extérieur des localités, routes interurbaines

Vitesses autorisées élevées (entre 60 et 80 km/h)

Trafic mixte peu élevé, peu de conflits aux croisements

— « à l'intérieur des localités » : routes cantonales et urbaines ou communales à l'intérieur des localités, caractérisées par une vitesse autorisée peu élevée (jusqu'à 50 km/h maximum)

Trafic mixte intense, nombreux conflits aux croisements

exigences de conception en conséquence, en fonction du contexte :
favorisation du trafic ou de l'aspect résidentiel

²³ La *Working Party on Road Traffic Safety* de la CEE-ONU du 24 au 26/03/2014 a approuvé une modification de la convention. À l'avenir, les systèmes de conduite automatisée seront autorisés s'ils peuvent être à tout moment supplantés ou déconnectés par le conducteur. Cependant, une voiture circulant entièrement par elle-même (L4/L5) ne pourra toujours pas bénéficier pour cette raison d'une admission.

Défis technologiques en lien avec le trafic mixte

Concernant le TIM, on part en principe du fait que sur les réseaux secondaires en particulier, il se trouvera constamment l'une ou l'autre forme de trafic mixte (cf. 2.5). On peut estimer que la conduite automatisée sera d'abord proposée sur le réseau RGD et testée dans les centres-villes, et s'étendra finalement aussi aux RGC à l'extérieur des localités. La raison en est, comparativement, la faible complexité du système RGD puisque ce dernier est exploité sur des chaussées à sens unique, que les conflits n'apparaissent qu'en lien avec des processus de changement de voie, qu'aucun autre mode de transport ne s'y trouve et que les nœuds sont conçus de manière dénivelée. En outre, le développement de systèmes d'assistants conçus pour une utilisation sur autoroute est déjà largement avancé.

Bien que la situation du trafic dans les espaces urbains soit nettement plus complexe qu'à l'extérieur des localités en raison du trafic mixte et du volume élevé de trafic, l'évolution actuelle des technologies laisse plutôt penser que la conduite automatisée pourrait bien apparaître plus rapidement dans des espaces urbains formant une entité que sur les routes à grande circulation à l'extérieur des localités. Les technologies de détection sont conçues pour reconnaître les panneaux, détecter les obstacles et les bâtiments ; elles sont toutefois limitées dans la détection d'objets en mouvement et en particulier pour reconnaître la vitesse et la direction des autres usagers de la route (Boudette, 2016). Ceci restreint les possibilités d'utilisation de la conduite automatisée à l'intérieur des localités, mais aussi en particulier à l'extérieur des localités puisque les vitesses élevées mettent encore ces technologies à rude épreuve. Le nombre de possibilités pour s'orienter dans l'espace à l'aide de contours fixes est bien plus grand dans une zone construite que à l'extérieur des localités, surtout si la route traverse une région plane sans objet détectable à l'horizon. La technologie des lidars, qui contribue actuellement de façon déterminante au développement de la conduite automatisée, reste difficilement utilisable en cas de fortes précipitations (pluie, neige mais aussi brouillard) (Mouio, 2016). Cet aspect fortement limitant ressort en particulier lorsque le véhicule se déplace à des vitesses élevées dans un espace non construit. En raison de la constitution technique de la technologie des lidars, on peut actuellement partir du principe qu'aucune solution à ces limitations ne devrait être trouvée à court terme.

Au-delà, il existe d'autres motifs pour lesquels la conduite automatisée à l'intérieur des localités devrait se réaliser plus tôt à l'intérieur des localités qu'à l'extérieur des localités : l'un des motifs les plus importants est le fait que la couverture du réseau de transmission de données par radio est aujourd'hui déjà nettement meilleure dans les espaces urbains que dans les zones rurales, où il existe un risque de transmission lacunaire des données. Mais pour des raisons de sécurité, les véhicules automatisés interconnectés sont tributaires d'un taux de transfert de données aussi élevé que possible et d'une disponibilité maximale du réseau, ce qui peut être garanti plutôt dans les espaces urbains (cf. rapports joints : *Modul 2d – Daten, IT-Infrastrukturen und Algorithmen*, EBP 2017).

Cette succession dans l'extension des possibilités d'utilisation dans l'espace des véhicules automatisés est attendue aussi, de la même manière, dans le transport public routier (Rüffer, 2017, S. 28 ff.). Concernant les TP, on doit tabler en général sur une vitesse de développement différente de celle du TIM, pour diverses raisons qui seront exposées plus tard.

3.2.6 Réseaux de transport ferroviaire

Du côté du transport ferroviaire, les autorisations d'ordre technique ou temporel passent plutôt au second plan dans le développement générique de la storyline. Dans le transport ferroviaire, c'est bien plutôt le rapport à l'espace qui est au premier plan : de ce fait, les autorisations en matière d'espace dans le trafic ferroviaire devraient s'étendre de façon progressive.

Le tableau 2 à la page 15 présente une synthèse simplifiée des niveaux d'automatisation dans le trafic ferroviaire. L'exploitation automatisée des trains sera admise dès le niveau d'automatisation 3, en principe dans l'ensemble du réseau à voie normale pour les entreprises de transport concessionnaires (ETC), et sera définie pour l'essentiel par des limites dans l'espace (tronçons partiels, parties de réseaux, etc.). Les cas d'application dans le transport ferroviaire se distinguent comme suit :-

- Tronçons isolés : systèmes de voies ferrées souvent souterraines en site propre continu (par ex. métro de Lausanne)
- Trafic régional de voyageurs (TRV), y compris le trafic ferroviaire local de voyageurs : desserte de base des régions, souvent essentiellement par des réseaux de type RER (S-Bahn)
- Trafic grandes lignes, y compris le trafic ferroviaire de voyageurs grandes lignes : liaisons entre les régions du pays
- Trafic marchandises, y compris ferroviaire : mouvements de manœuvre, formation de trains, trains longues distances, etc.

En ce qui concerne la mise en œuvre de la conduite automatisée, les défis d'ordre technique sont au premier plan ; on ne peut de ce fait se référer au développement des TP routiers que dans une faible mesure. Mais comme le transport mixte sur les réseaux de transport accessibles au public constitue le plus grand des défis, la storyline se concentre sur les applications de conduite automatisée dans les TP routiers.

Les conditions-cadre d'exploitation évolueront de façon très similaire pour le trafic ferroviaire de marchandises et pour le trafic ferroviaire de voyageurs ce qui, dans le transport mixte, est nécessaire pour des raisons systémiques. Les écarts mineurs dans le paramétrage des systèmes ne sont pas abordés ici. On ignore encore le rôle qu'aura la conduite automatisée dans le trafic par wagons complets isolés.

3.3 Les états

Le passage à un nouvel état dépend de façon décisive de l'adaptation de la législation. On peut imaginer que du fait de la fixation de nouvelles règles légales, d'autres conditions aient à être remplies, comme, à titre d'exemple, des adaptations des infrastructures ou de la signalisation.

Les effets d'un nouvel état sur le trafic ne se manifesteront que peu à peu, ne parvenant à une certaine stabilité qu'après quelques années dans chaque cas. En l'occurrence, le parc de véhicules peut se renouveler avant l'entrée en vigueur, mais sans que les fonctionnalités de conduite correspondantes ne puissent encore être utilisées de façon légale (la possibilité matérielle précède la possibilité légale).

3.3.1 État 1

Cet état représente le niveau actuel de l'utilisation et reflète les conditions-cadre technologiques et légales d'aujourd'hui.

Concernant le TIM, l'état 1 se caractérise en particulier par une diffusion relativement large des systèmes d'assistance dans le trafic au quotidien (L1, L2). Des niveaux d'automatisation plus élevés sur des véhicules de série sont techniquement possibles, mais ils ne sont pas admis à titre général du point de vue légal. De telles applications ne sont possibles qu'avec des autorisations spéciales limitées. Elles s'adressent à des groupes sélectionnés (utilisateurs, exploitants) et sont limitées à des tronçons expérimentaux (à titre d'exemples : minibus L4 comme à Sion et à Zoug, ainsi que prochainement à Fribourg, Schaffhouse et Berne). Dans le cadre de cet état, on pourrait aussi imaginer des tronçons expérimentaux sur les autoroutes suisses pour une conduite automatisée au niveau L3, comme c'est déjà le cas en Allemagne.

Ainsi, la conduite automatisée est-elle possible dans l'espace public avec une autorisation spéciale. Sur les terrains privés, dans la mesure où ces derniers ne sont pas accessibles au public, aucune autorisation n'est nécessaire et la conduite automatisée est possible tant du point de vue légal que technique. On trouve des exemples de telles possibilités de conduite dans les aéroports, les ports ou les campus, ainsi que dans les parkings automatisés. En cas de raccordement direct au réseau routier public, il y a lieu de noter que la loi fédérale sur la circulation routière s'applique aussi sur le terrain privé et que la conduite automatisée sur de tels terrains privés n'est de ce fait possible qu'avec autorisation spéciale.

Du côté des TP, au-delà de trajets d'essais avec des minibus, on a aussi réalisé les premières applications automatisées dans le trafic ferroviaire. À l'état 1, ces dernières sont encore techniquement isolées, et clairement délimitées dans l'espace. Les funiculaires existants comme le *Polybahn* de Zurich, complètement automatisé depuis 1996, en sont un exemple typique. Les téléfériques et les chemins de fer à crémaillère peuvent eux aussi circuler sans conducteur. Plusieurs lignes de métro sans conducteur sont déjà en service en Suisse, comme à l'aéroport de Zurich ou dans le métro de Lausanne. Parmi les trajets d'essai clairement délimités dans l'espace, on compte les bus-navettes de Sion et de Zoug.

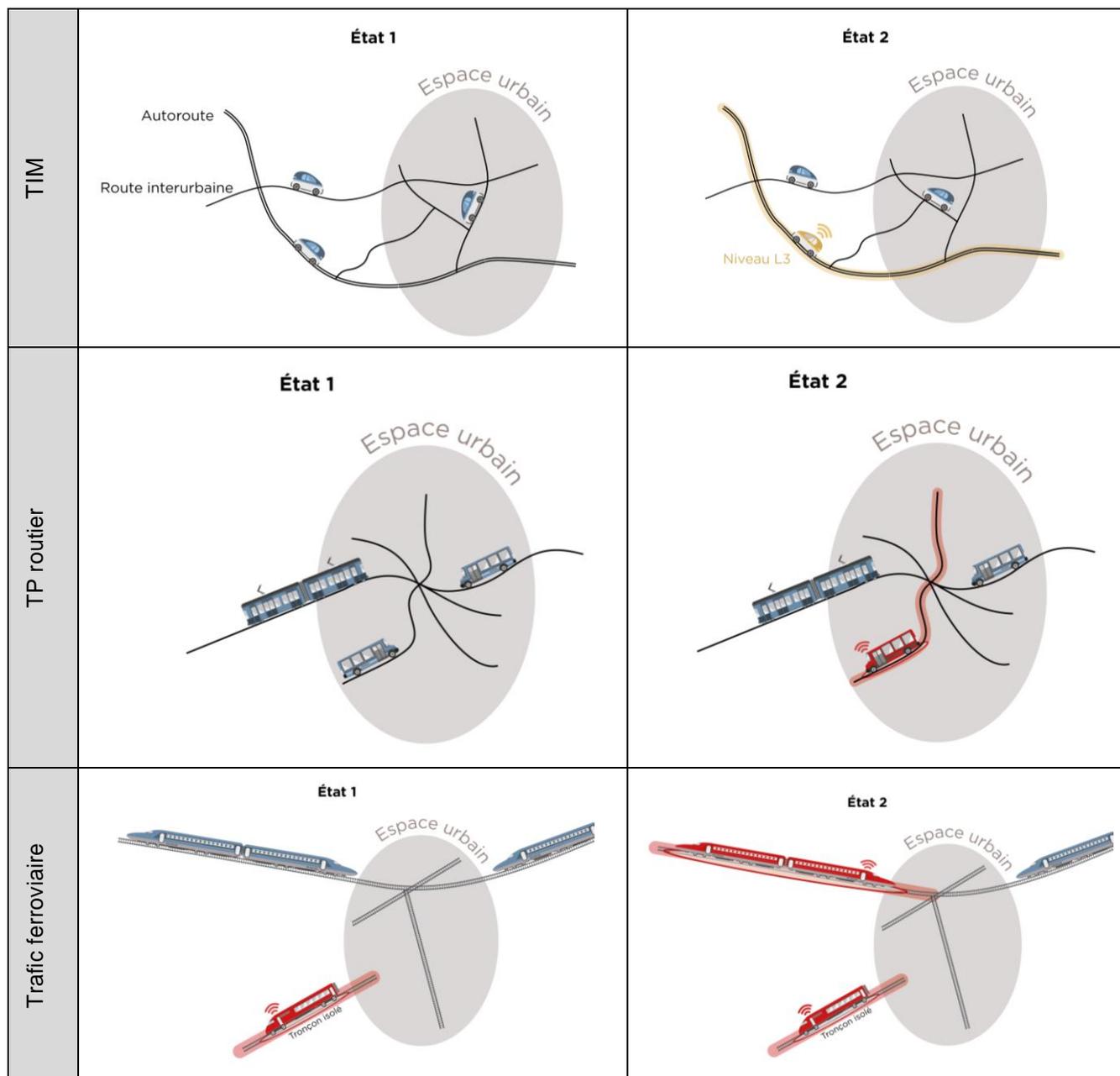


Illustration 4 : Passage de l'état 1 à l'état 2

3.3.2 État 2

La conduite automatisée rencontre un premier obstacle. Alors que le niveau L3 n'était ouvert à l'état 1 pour le TIM que sur des tronçons pilotes, l'état 2 l'autorise sur l'intégralité du réseau des RGD. En outre, le niveau L4 est autorisé sur les RGD sur des tronçons pilotes. Sur le réseau secondaire, on ouvre les premiers tronçons expérimentaux pour le niveau L3 dans des espaces urbains formant une entité. Ceci est rendu possible par les essais pilotes réussis à l'état 1 ainsi que par la poursuite du développement de la technologie de la conduite automatisée et par une acceptation plus élevée de cette dernière dans la société. Les automobilistes exploitent pleinement cette possibilité puisqu'ils peuvent ainsi utiliser autrement la durée de leurs déplacements sur l'autoroute. Au-delà, on autorise aussi les manœuvres de

stationnement automatisé dans l'espace routier public, étant précisé que seules des distances extrêmement courtes directement liées aux manœuvres de stationnement peuvent être parcourues.

Dans les TP aussi, la conduite automatisée est aussi poussée plus loin. Dans les TP routiers, on fait circuler des applications de bus liés à un trajet, clairement délimités dans l'espace. C'est ainsi que sur des trajets sélectionnés, les premiers minibus automatisés au niveau d'automatisation L4 circulent en service régulier. Ainsi, des applications de TP peuvent circuler de façon complètement automatisée sur le premier ou le dernier kilomètre. Les stations de bus et de tramway sont dans ce cas les points de départ, intermédiaires et d'arrivée des autorisations données pour un tronçon ; à l'état 2, leurs emplacements sont prédéfinis et non modifiables.

On teste l'exploitation de trains sans mécanicien sur des voies normales, sur des tronçons d'essais isolés. Des entreprises de transport concessionnaires équipent leurs véhicules de systèmes de commande basés sur les communications (*communications-based train control*, CBTC) et testent sur des tronçons sélectionnés l'exploitation de trains sans mécanicien avec accompagnement (niveau d'automatisation L3) ou même l'exploitation de trains complètement automatisés sans conducteur (niveau d'automatisation L4). À cet effet, la condition fondamentale est l'ECTS dès L2 ainsi que la protection automatique des trains (ATP) et la conduite automatique des trains (ATO).

On peut supposer qu'une majorité de la société est convaincue des possibilités des nouvelles technologies, tant sur la route que sur le rail. Le niveau L3 semble généralement complètement établi, contrairement aux premières applications L4 qui, pour commencer, rencontrent encore un certain scepticisme.

3.3.3 État 3

Concernant le TIM, d'autres applications deviennent possibles : après des essais réussis sur des tronçons pilotes à l'état 2, le législateur autorise à titre général la conduite automatisée de niveau L4 sur les autoroutes. Il s'agit de la première autorisation générale sur le réseau RGD. Les véhicules doivent obligatoirement atteindre par eux-mêmes un état de risque minimal.

Sur le réseau routier secondaire, la conduite automatisée L4 est autorisée pour le TIM sur des tronçons d'essais sélectionnés en espace urbain. Toutefois, le droit de parcourir les tronçons d'essais avec son propre véhicule n'est pas donné à tout le monde ; l'attribution des autorisations fait l'objet d'une évaluation au plan politique et sociétal : dans leur bilan global, les applications doivent présenter des avantages, par exemple être utilisables par les personnes à mobilité réduite, ou accroître le taux d'occupation. De la même manière, les manœuvres de stationnement automatisées (L4) sont autorisées à titre général dans les parkings adaptés en conséquence. Pour la première fois, des véhicules L3 circulent sur les routes interurbaines grâce à des autorisations spéciales.

La majorité des usagers des TP ainsi que des entreprises de transport sont convaincus par les développements des technologies et acceptent la mise en service de trains automatisés sans conducteur sur certaines parties des réseaux. On procède à l'équipement à la fois des lignes et des véhicules

avec pour objectif de rendre l'utilisation des technologies obligatoire. En raison du long cycle de vie des véhicules ferroviaires, il est toutefois nécessaire d'équiper les lignes et les véhicules avec une compatibilité descendante afin que les véhicules ferroviaires équipés de systèmes traditionnels ou plus anciens de contrôle des trains puissent continuer à circuler sur ce réseau ou, au moins, sur des tronçons prédéfinis. En conséquence, il n'existe sur ces tronçons aucune obligation d'application, mais les véhicules sont équipés en fonction des possibilités de composantes du système avec compatibilité ascendante, afin de soutenir au moins en partie les avantages systémiques du niveau d'automatisation L3. Le passage du niveau d'automatisation L2 (avec mécanicien de la locomotive) au niveau L3 (avec personnel d'accompagnement mais sans mécanicien) ainsi que du niveau d'automatisation L3 au niveau L4 (sans personnel) suscite des débats dans le monde politique et la société. Les exigences posées vis-à-vis du niveau d'automatisation L4 (exploitation des trains sans mécanicien) sont très élevées, en particulier en ce qui concerne la fiabilité des ordinateurs de commande et des dispositifs de communication ; c'est la raison pour laquelle des autorisations sont nécessaires à cet effet.

Après que la conduite automatisée s'est établie à l'état 2 dans les TP routiers, tant au plan technique que vis-à-vis de la société, pour des applications liées à certains tronçons, délimitées dans l'espace, elle rencontre un nouvel obstacle : l'affectation à un tronçon précis est abandonnée et le niveau L4 est autorisé partout, Ce qui rend possibles des formes d'offres d'un nouveau genre. Par exemple, de nouveaux services de transport axés sur la demande apparaissent, avec un regroupement adaptatif, optimal de souhaits de transport dans une zone, les arrêts continuant à rester des sites non modifiables dans le système. L'exploitation classique par lignes dans les TP routiers est conservée dans la plupart des lieux. Sur les lignes à très faible demande ou celles pour lesquelles les effets de regroupement sont moindres, cette évolution peut entraîner la disparition de l'exploitation de la ligne concernée. Les services automatisés de *pooling* avec des véhicules L4 d'opérateurs privés titulaires de concessions concurrencent les TP routiers. Ils créent une extension des offres classiques de TP à travers des services complémentaires. La superposition de tels services rend possibles des chaînes de transport optimales, individualisées ; les limites entre TP et TIM s'effacent. Les pouvoirs publics encouragent ces nouvelles formes d'offres dans l'intérêt d'une limitation du parc automobile et des distances parcourues.

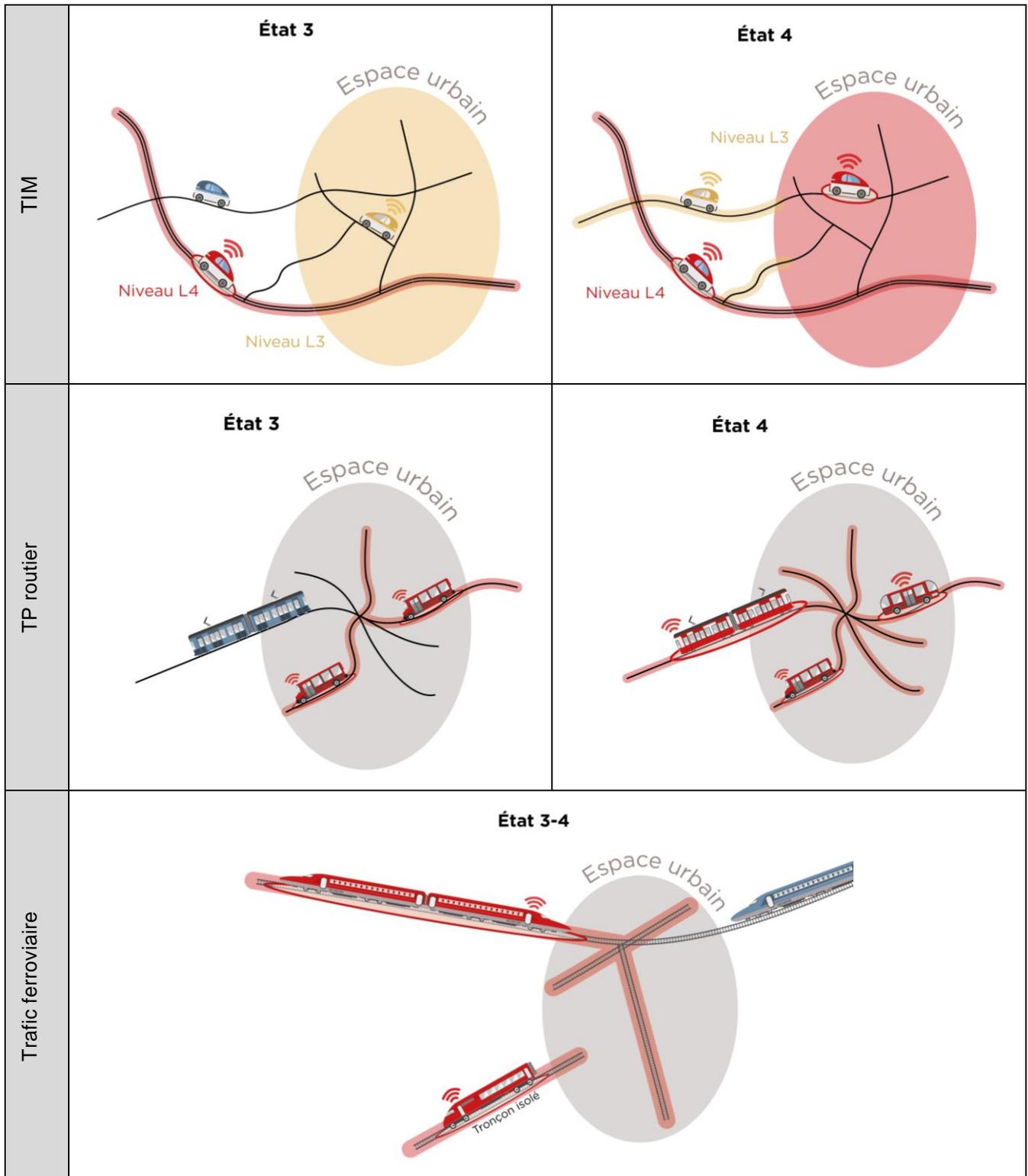


Illustration 5 : Passage de l'état 3 à l'état 4

3.3.4 État 4

Du côté du TIM, la conduite automatisée a largement progressé, le parc de véhicules est déjà constitué pour plus de la moitié de véhicules L4 ou L5. Après les premières expériences au niveau L4 dans les espaces urbains, les autorisations sont progressivement étendues. Compte tenu du

développement positif de la technologie et de son acceptation dans la population, les limitations appliquées à certains cas d'application sont par la suite complètement levées. Il est désormais possible de circuler en L5 dans des espaces urbains formant une entité et sur des tronçons de RGD. De ce fait, des trajets complètement automatisés ininterrompus d'espace urbain à espace urbain deviennent possibles et autorisés si le lieu de départ et le lieu d'arrivée sont directement raccordés au réseau RGD. Les premières liaisons L5 interrégionales avec mise en œuvre ininterrompue de véhicules complètement automatisés apparaissent. Dans la mesure où aucune situation ne peut entraîner la nécessité d'une prise de contrôle du véhicule par le conducteur, il est aussi possible d'utiliser en continu un véhicule automatisé de niveau L5 sans obligation de posséder un permis de conduire. Dans ce cas, les trajets à vide sont possibles eux aussi.

Tous ces développements modifient à la fois les besoins de mobilité et les formes d'offres imaginables. C'est ainsi qu'apparaît une nouvelle offre dans la zone de transition du TIM vers les TP, visant à regrouper les trajets et dans le même temps à mieux répondre aux exigences et aux souhaits individuels. Ce trafic de ramassage et de distribution (TRD) utilise exclusivement des véhicules automatisés du niveau L5. L'une des nombreuses formes d'offres imaginables sont les taxis collectifs complètement automatisés, qui proposent une liaison de porte à porte ; les arrêts fixes disparaissent. Dans le même temps, les trajets peuvent être regroupés. Ce regroupement, spécifique en fonction de la demande, engendre des détours qui peuvent dépendre de ce que les voyageurs sont prêts à payer.

Du côté des TP routiers, on poursuit plus avant l'optimisation des offres en fonction de la demande dans des périmètres définis. Les TP adaptatifs sans horaire ni parcours prédéfinis avec des minibus au niveau L5 sont déjà devenus la règle à l'intérieur des localités, les arrêts restant comme antérieurement des points de passage fixes. Les véhicules de grande capacité (bus et trams traditionnels) continuent de regrouper les déplacements sur les axes à forte demande et circulent selon un horaire et un parcours établis. L'offre de services de sharing et pooling par l'économie privée ou organisée par l'État et concédée prend de l'ampleur. Les flottes de taxis complètement automatisés au niveau L5 sont admises à l'intérieur des espaces urbains. La frontière entre le TIM et les TP continue à fondre. Les trames circulent sur l'ensemble du réseau au niveau d'automatisation L3 (comparable au L4). Les premiers essais de trams complètement automatisés (niveau L4) s'effectuent sur des tronçons expérimentaux (circulation sans conducteur). Les lignes de tram sont progressivement séparées du reste du trafic par des mesures constructives lorsque c'est possible. La raison en est que dans un trafic mixte, les trams, avec leur longue distance de freinage, ne pourraient autrement circuler qu'à de très faibles vitesses.

La phase de transition du niveau d'automatisation L2 au niveau L3 dans le trafic ferroviaire dure très longtemps en raison du faible taux de renouvellement des véhicules ferroviaires ainsi que des très hautes exigences concernant les technologies. C'est pourquoi, en ce qui concerne le trafic ferroviaire, l'état 4 correspond fondamentalement aux caractéristiques de l'état 3.

3.3.5 État 5

Dans ce qui est du point de vue technologique le dernier état de la storyline, les TP comme les TI utilisent pleinement l'automatisation. La *Convention de Vienne* et la législation nationale ont été adaptées de façon à ce que le « système », dans son rôle de conducteur, soit capable de maîtriser toutes les situations du trafic et soit de ce fait admis sans restriction. Du côté du TIM, la conduite automatisée au niveau L4 est maintenant admise même sur les RGD à l'extérieur des localités, ce qui constitue une étape vers une admission à titre général du niveau L5. Cela signifie que désormais, les trajets à vide et les déplacements dans des véhicules de niveau L5 sans permis de conduire sont autorisés partout et en tout temps.

La plus grande part des véhicules est maintenant apte au moins au niveau L4 et plus de la moitié du parc de véhicules dispose déjà de technologies du niveau L5. Certes, des modèles plus anciens peuvent encore circuler, mais du point de vue de la planification, ils ont une importance moindre ; en raison de leurs fonctionnalités limitées ou dépassées, ils sont aussi de moins en moins demandés. Grâce aux nombreux avantages offerts par les véhicules automatisés dans cet état, les besoins de mobilité individuelle évoluent une nouvelle fois nettement : dans les véhicules automatisés, les voyageurs se consacrent de plus en plus à des activités de bureau ou à des tâches qui auraient été effectuées autrefois dans des locaux de bureaux. Les enfants sont maintenant conduits à l'école de façon automatisée et sont ramenés à la maison de la même façon. Il en va de même pour les clients, ou les bagages qu'on peut désormais déposer resp. livrer en porte à porte de façon complètement automatisée. En outre, on assiste aussi à l'apparition de trajets à vide.

Du côté des TP routiers, les TP adaptatifs (sans horaire prédéfini, sans parcours prédéfini) sont devenus la règle sur l'ensemble du réseau. Certes, les arrêts sont encore souvent présents, mais ils ne sont plus obligatoirement des points de passage fixes déterminants dans le système. En conséquence, le regroupement des déplacements montre une tendance à la baisse et se concentre sur les axes à forte demande. Sur ces trajets, on continue à utiliser des trams qui, entretemps, circulent en général et là où c'est possible sur des tronçons isolés et complètement automatisés (niveau d'automatisation L4).

Dans le trafic ferroviaire, on autorise l'utilisation de trains automatisés sans conducteur sur l'ensemble du réseau, ce qui devient simultanément obligatoire (niveau d'automatisation : au moins L3). Après une phase de transition, les véhicules ferroviaires non équipés en conséquence ne sont plus autorisés.

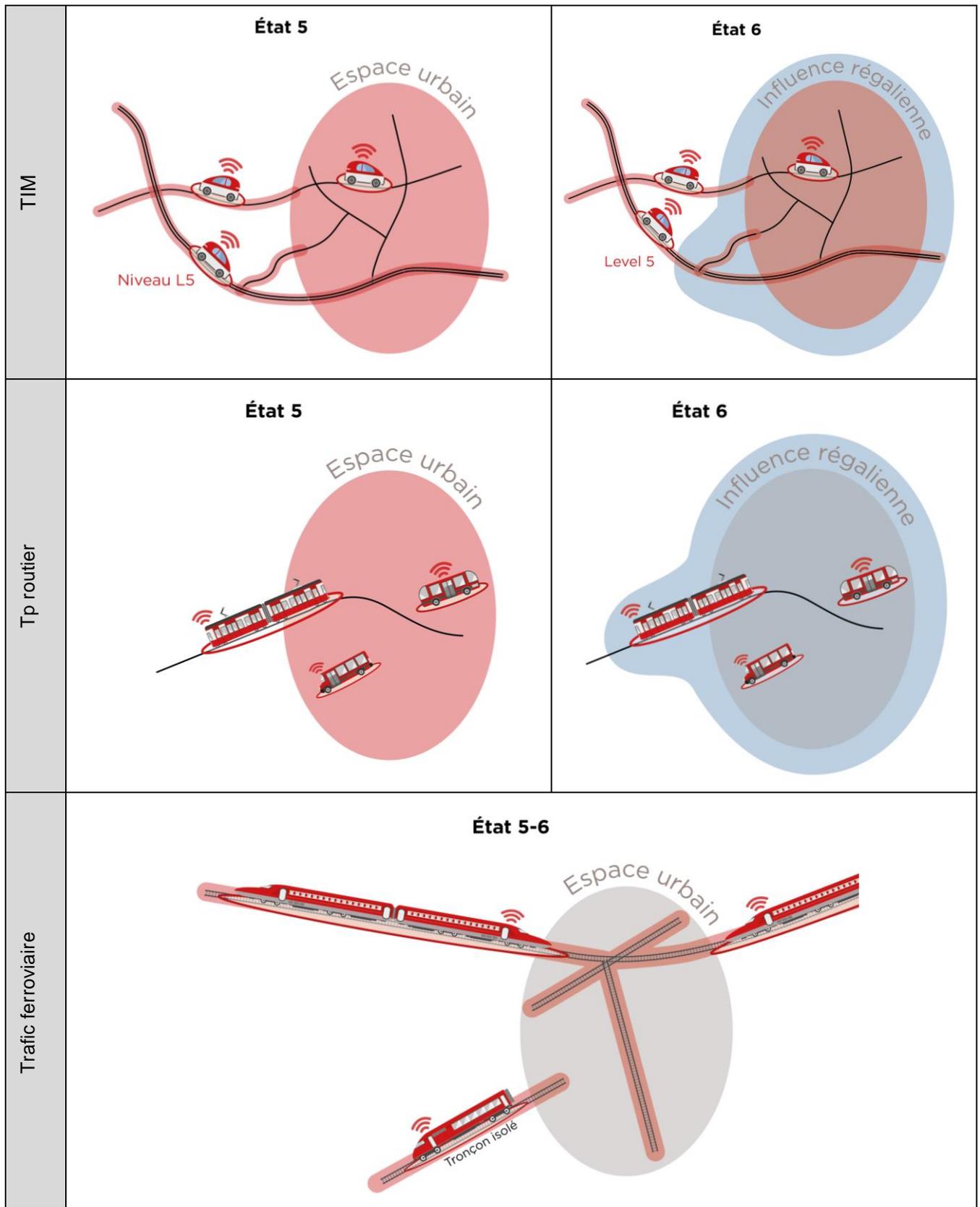


Illustration 6 : Passage de l'état 5 à l'état 6

3.3.6 État 6

Du point de vue technologique, l'état 6 correspond à l'état 5. Ces deux états se distinguent par la prise en compte des décisions politiques : à l'état 6, la société et l'État ont tiré les leçons des développements inadéquats de l'état 5, et interviennent aux plans technique et politique à travers différentes mesures de planification de la circulation. Ainsi l'utilisation des niveaux L4 et L5 devient-elle par exemple obligatoire pour les véhicules possédant l'équipement correspondant dans les zones dont la capacité est critique et où la demande élevée entraîne régulièrement des embouteillages. Dans ce cas, une gestion intelligente du trafic prend les commandes des fonctionnalités des véhicules à un niveau supérieur, optimisant ainsi les flux de circulation. L'obligation est fondée sur le fait que les avantages en termes de performances et de sécurité ne peuvent être obtenus que si la part la plus large possible des divers comportements de conduite humains est inhibée. Ceci vaut surtout pour le TIM et en particulier sur les routes à grand débit ainsi que dans les espaces urbains à forte densité.

Les mécanismes de commande et de contrôle conçus à cet effet, ou selon le cas les compétences de la puissance publique garantissent le respect de ce mode obligatoire. Il revient à ces dernières de vérifier que tous les usagers (ou respectivement les robots L5 eux-mêmes) respectent les règles d'optimisation du trafic global. Ne sont plus admis que des véhicules du niveau d'automatisation L4. Ainsi la part des véhicules L4 et L5 augmente-t-elle fortement à long terme.

À cela s'ajoute l'effet de mesures de type dissuasion et incitation. Ces mesures se distinguent en fonction de l'orientation de la Confédération, des cantons ou des communes en matière de politique des transports. On peut imaginer comme mesures dissuasives, par exemple, la régulation de la demande par les prix, un taux d'occupation minimal à respecter en TIM et une obligation de concession pour les offres de partage. Au titre des mesures incitatives, on peut envisager par ex. des tarifications adaptées ou des offres subventionnées. Les incitations aident à regrouper davantage les trajets, en particulier sur les axes de circulation importants ou dont la capacité est critique. L'application d'une même vitesse de conduite dans une même situation pour le TIM permet d'harmoniser le flux de circulation et d'en accroître l'efficacité.

Le trafic routier de marchandises est également intégré dans ce système d'obligation. Cela vaut de la même manière pour les TP routiers, par exemple pour les bus grandes lignes automatisés sur les RGD.

Toutes ces évolutions décrites ci-dessus ont pour effet que la part des véhicules de niveau L5 augmente encore en comparaison avec l'état 5.

4. Données, infrastructures informatiques et parties prenantes

Sur la base des six états de la storyline, il a été mené une discussion sur la thématique des données, des infrastructures informatiques et des algorithmes concernant les acteurs, les interactions et leurs implications ²⁴. On trouvera ci-après un aperçu des points pertinents à ce sujet.

4.1 Données

La conduite automatisée utilise des données et en produit. Elle se base principalement sur des données des capteurs qui sont les plus précises possibles, collectées et traitées en temps réel (par exemple : données vidéo ou optiques, lidars, radars). Certaines exigences ne peuvent être remplies que par l'intermédiaire de ces données collectées et traitées pendant la conduite, comme la perception des autres usagers ou la prise en compte de l'état actuel de la route et des conditions météorologiques.

Les données des capteurs sont vraisemblablement transmises sous forme agrégée puis traitées (par ex. par le constructeur du véhicule) et incorporées dans d'autres bases de données. Pendant la conduite, les données des capteurs sont ensuite complétées si possible par des données spatiales de base, moins dynamiques mais d'une précision élevée (par exemple des informations sur la largeur de la route, le nombre de voies, la signalisation, la topographie). À partir de ces données de base agrégées, il est possible de générer d'autres produits de données qui pourraient s'avérer dignes d'intérêt par exemple pour les autorités, comme des informations concernant l'état de l'infrastructure routière, sur le comportement pendant la conduite, etc.

Ces dernières données, produites et utilisées pendant les derniers états, sont différentes des données actuellement utilisées par les appareils de navigation GPS courants. Elles sont aussi différentes des géodonnées de base qui sont produites, administrées et publiées ou vendues par les services officiels (villes, cantons, Confédération) ou par des personnes privées (par ex. OSM).

Les différences de ces trois types de données concernant le trafic routier sont présentées par le tableau 7, qui en compare les caractéristiques.

4.2 Algorithmes et infrastructures informatiques

Les algorithmes utilisés dans la conduite automatisée sont, dans toute la mesure du possible, aussi inaccessibles que ceux d'une « boîte noire », sauf pour les constructeurs de véhicules. Il est clair que les différentes données sur lesquelles se fonde la conduite automatisée doivent être rassemblées, interprétées et transposées en instructions dans le véhicule. Ainsi les algorithmes constituent-ils un élément central entre les capteurs et les actionneurs.

²⁴ cf. rapport Module 2d : *Automatisiertes Fahren: Daten, IT-Infrastrukturen und Algorithmen* (Conduite automatisée : données, infrastructures informatiques et algorithmes), EBP, 2017

Mais les algorithmes et les infrastructures informatiques sont aussi employés ailleurs. Dans la mesure où la conduite automatisée utilise la communication C2C et C2I, il est nécessaire de mettre en place une infrastructure informatique, vraisemblablement dans le *cloud* dans le cas de la communication C2C, pour le C2I sous la forme d'une « partie de l'infrastructure routière ». Ici aussi, des algorithmes doivent commander ces flux de communication.

	« Données de base » pour la CA	Données de navigation	Géodonnées officielles
Ex. de propriétaires des données	Constructeurs d'automobiles	TomTom, Garmin	Swisstopo, OFROU, Direction des constructions du canton de Zurich
Exigences	axées sur la conduite automatisée	axées sur l'assistance au conducteur humain	Les exigences sont axées sur la mensuration officielle, les produits cartographiques et/ou les législations spécialisées.
Topologie	obligatoire	obligatoire	existe ou non en fonction du jeu de données
Actualité	la plus élevée possible ; les données fournissent une « première image » qui est complétée ou corrigée pendant la conduite par les données des capteurs.	la plus élevée possible Les utilisateurs peuvent signaler des erreurs	Faible ; le rythme des mises à jour se compte en mois ou en années
Précision dans l'espace	très élevée : de l'ordre du centimètre	basse : de l'ordre du mètre	variable d'une source de données à l'autre

Tableau 7 : Comparaison des caractéristiques des données géographiques

4.3 Les parties prenantes et leurs rôles

On compte sur le marché des véhicules automatisés, porté par différents secteurs, un grand nombre d'acteurs. Leurs intérêts ainsi que leurs rôles actuels et ceux qu'ils pourraient avoir dans le futur se retrouvent en partie dans les communiqués de presse et autres publications. Mais pour des raisons de concurrence, ils sont parfois dissimulés et on ne peut que faire des suppositions. Le tableau 8 donne un aperçu des groupes de parties prenantes, de leurs intérêts et de leurs rôles en principe possibles. Cette compilation se réfère spécifiquement à la situation en Suisse. Même si chacun d'eux poursuit ses propres intérêts et que de multiples situations de concurrence existent, on peut tabler sur le fait qu'en raison des diverses compétences des parties prenantes, des coopérations seront incontournables en vue d'une large diffusion de la conduite automatisée, bien que les développements actuels montrent aussi des obstacles à de telles coopérations.

Dans l'esprit de la storyline, il a été attribué dans le rapport joint du module 2d (*Daten, IT-Infrastrukturen und Algorithmen*, EBP, 2017) un rôle à certaines parties prenantes sélectionnées sous la forme d'une thèse. Pour l'essentiel, cette thèse montre aussi si une partie prenante gagne ou perd en importance en Suisse. Tout en mentionnant aussi des évolutions dans les TP, on s'est focalisé sur le TIM puisque d'une part, davantage d'acteurs y sont présents et d'autre part, on s'y attend à des développements plus

complexes. Ces thèses sont rassemblées ci-dessous en fonction de leur pertinence pour les états 1 à 6²⁵.

Parties prenantes	Exemples	Rôles, intérêts en cause
Constructeurs de véhicules	Mercedes, Ford, Fiat	souhaiteraient positionner les véhicules automatisés avec succès sur le marché, structurer ou améliorer leurs données et éventuellement les affiner
Fournisseurs de logiciels de navigation	TomTom, Garmin, Google, Microsoft	souhaiteraient étendre le plus possible en direction de la CA (ou, selon le cas, conforter) leur position actuelle sur le marché concernant les données de navigation
Fournisseurs privés de géodonnées	HERE, OSM	souhaiteraient conforter leur rôle de spécialistes des données et des infrastructures informatiques et prendre position sur le marché de la préparation et de la valorisation des données de base de CA
Fournisseurs officiels de géodonnées	Swisstopo, OFROU, Direction des constructions du canton de Zurich	divers
Sociétés technologiques	Google, Microsoft	souhaiteraient conforter leur position d'acteurs-clés dans l'industrie de la mobilité, qui est à leurs yeux mure pour une disruption et stratégiquement importante.
Autorités compétentes pour l'immatriculation des véhicules	Office de la circulation routière et de la navigation du canton de Berne	souhaiteraient assumer leur responsabilité et définir en temps opportun l'admission des véhicules automatisés
Autorités compétentes en matière de transport	OFROU, Office de la circulation routière et de la navigation du canton de Saint-Gall	souhaiteraient assumer leur responsabilité et définir en temps opportun les réglementations nécessaires pour l'applicabilité (voire, beaucoup plus tard, éventuellement aussi l'obligation) de la conduite automatisée sur le réseau routier et la cohabitation avec le trafic non automatisé
Autorités compétentes en matière d'infrastructure	OFROU, services des ponts et chaussées de la ville de Berne et du canton de Saint-Gall	souhaiteraient ne pas manquer les évolutions technologiques et construire les infrastructures éventuellement nécessaires au meilleur coût avec la meilleure sécurité possible pour l'avenir
Prestataires de services de mobilité pooling & sharing	Uber, Lyft, Sharoo, Mobility	souhaiteraient utiliser la conduite automatisée afin de faire baisser les coûts en personnel, ne pas être concernés par le droit des assurances sociales (pooling) et pour mieux exploiter le parc de véhicules (sharing)
Prestataires de services de mobilité TP	Entreprises de transport comme CarPostal SA, Bernmobil, VBZ, TPF, VBSH, etc.	souhaiteraient utiliser la conduite automatisée pour, entre autres, optimiser les formes d'offres en adéquation avec la demande, réduire les coûts de personnel, augmenter la sécurité, etc.
Entreprises de logistique	Amazon, DHL, Planzer...	souhaiteraient utiliser la conduite automatisée pour diverses raisons, par ex. : introduire de nouvelles formes d'offres, appliquer de nouvelles approches de planification, réaliser un relevé d'état de la mobilité, réduire les coûts de personnel, améliorer l'exploitation du parc de véhicules ou la sécurité

Tableau 8 : Aperçu des groupes de parties prenantes, de leurs intérêts et de leurs rôles en principe possibles. Cette compilation se réfère spécifiquement à la situation en Suisse.

25 Le rapport consacré au module 2d explique pour chaque thèse les raisons pour lesquelles l'évolution est attendue de telle manière, et le rôle joué par les données, les algorithmes et les infrastructures informatiques. On y mentionne dans certains cas des évolutions alternatives possibles.

Pertinent dans tous les états :

- Les entreprises de transport et les constructeurs de véhicules deviennent (encore) plus importants
- Les prestataires de services de navigation perdent en importance puisqu'ils ne peuvent plus fournir aucune valeur ajoutée.
- Les autorités compétentes pour l'immatriculation des véhicules deviennent des acteurs (plus) importants.
- Les sociétés technologiques (« *Silicon Valley* ») gagnent en importance dans leur rôle de développeurs de technologies.
- Les constructeurs de véhicules définissent de manière autonome l'interconnexion des véhicules et ont un rôle moteur dans la communication entre véhicules.

Importance à partir de l'état 2

- Les producteurs officiels de géodonnées ne deviennent plus importants que s'ils sont en mesure de créer des données réglementaires.
- Les fournisseurs privés de géodonnées perdent en importance puisque les géodonnées sont collectées par les prestataires de services de mobilité eux-mêmes.
- Les autorités chargées des infrastructures peuvent établir des standards dans le domaine C2I.
- Les constructeurs de véhicules deviennent plus importants puisqu'ils possèdent la plateforme logicielle sur laquelle fonctionnent le système d'exploitation et les logiciels d'application.
- Les opérateurs de réseaux perdent en importance puisque leur offre est un produit de grande consommation remplaçable.

Importance à partir de l'état 3

- Les analystes de données deviennent plus importants puisque des données provenant de sources diverses doivent être préparées (analyse de données).
- Les grandes firmes de la *Silicon Valley* (les « *big five* ») deviennent plus importantes, puisque grâce à leur grande capacité financière, elles achèteront un constructeur de véhicules qui leur permettra de mettre en œuvre de façon optimale leurs propres compétences en matière de données et de logiciels.

Importance à partir de l'état 4

- Les prestataires de services de mobilité du TIM gagnent en importance puisque c'est la nouvelle offre de véhicules automatisés qui leur permet de proposer une offre flexible et avantageuse.
- Les autorités compétentes en matière de transport gagnent en importance puisqu'elles profitent de cette évolution (accès aux données, potentiel de contrôle) et que la population attend des réglementations concernant la sécurité.

5. Effets sur le trafic

5.1 Arguments de vente et pénétration du marché

Dans l'optique d'une évaluation des effets sur le trafic, il a été étudié dans le module 2b comment les véhicules d'un niveau d'automatisation de plus en plus élevé pourraient se diffuser en Suisse dans la vie quotidienne. Le développement de la pénétration du marché se fonde sur les modèles EBP pour le développement technologique de voitures neuves, pour le marché des voitures neuves et pour le renouvellement du parc automobile, tels qu'ils ont été utilisés dans plus de dix cantons pour l'analyse des politiques énergétiques de l'Office fédéral de l'énergie, et pour des pronostics sur les recettes futures des impôts sur les véhicules automobiles.

5.1.1 Bénéfices supplémentaires, arguments d'achat

Pour l'acheteur de véhicules automatisés, l'amélioration de la sécurité routière et la possibilité d'un gain de temps ou, selon le cas, la liberté de se consacrer à d'autres activités pendant le trajet sont des arguments en faveur de l'achat.

Certes, la sécurité est aujourd'hui souvent citée comme un critère d'achat ; mais pour la plupart, les modèles de véhicules sont perçus comme offrant une sécurité similaire. L'importance de la sécurité en tant que critère de différenciation à l'achat d'un véhicule neuf a régressé au fil des dernières années. Sur ce point, les véhicules automatisés amèneront une revalorisation significative du critère de sécurité. Dans une première phase (états 1 à 3), la conduite automatisée ira surtout de pair avec une sécurité passive plus élevée (les capteurs du véhicule ainsi que les interventions sur le guidage longitudinal et transversal réduisent l'ampleur et les conséquences des accidents avec d'autres usagers, que ces derniers utilisent ou non des technologies similaires). À partir de l'état 4, la communication de véhicule à véhicule progresse elle aussi, et les véhicules se coordonnent de plus en plus, de telle sorte que la quasi-totalité des accidents peut être évitée (accroissement de la sécurité active).

Même si globalement, le temps de déplacement reste le même, le gain de temps utilisable autrement engendre une réduction des coûts liés à la durée des déplacements. La conduite automatisée permet notamment sur les autoroutes d'enregistrer des gains de temps substantiels dès l'état 3. Par contre, l'accroissement des portions de trajet réalisées en conduite automatisée à l'état 4 ne devrait quasiment pas s'accompagner d'un accroissement perceptible de la durée des déplacements utilisable autrement. À partir de l'état 5 au contraire, les occupants d'un véhicule peuvent se consacrer à d'autres activités pendant tout le trajet, ce qui représente encore une fois un accroissement de la qualité du temps de trajet. On peut représenter cela dans la modélisation des achats de véhicules neufs sous la forme d'une réduction du coût kilométrique. En conséquence, l'utilisation de véhicules automatisés permet de tabler sur des longueurs de trajet plus longues et des accessibilités plus élevées. Ces avantages rendent possible un bénéfice supplémentaire qui augmentera progressivement de l'état 1 jusqu'aux états 5 et 6 (cf. illustration 7).

La disposition à l'achat devrait être renforcée en complément par d'autres bénéfices attendus, comme l'accroissement du confort de voyage, ainsi que par la flexibilité dans le temps grâce à la possibilité de « mandats de transport », ou par le fait de ne pas être obligé d'assumer les tâches liées au transport en tant que conducteur, et enfin par la perspective d'une valeur de revente supérieure.

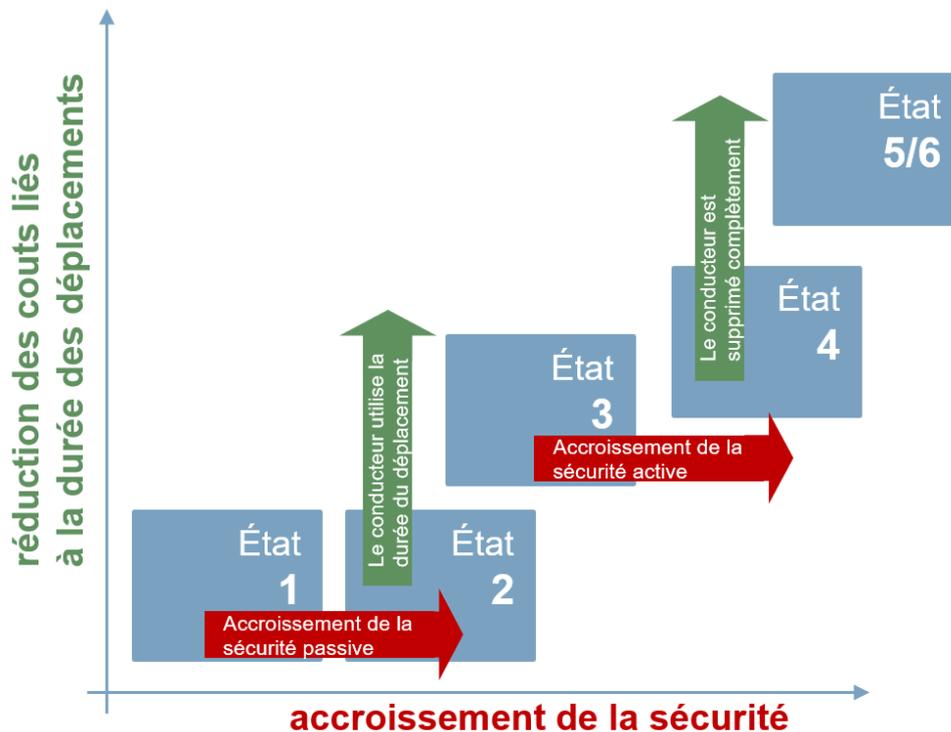


Illustration 7 : Bénéfices supplémentaires des véhicules automatisés dans le TIM, de l'état 1 aux états 5 et 6

Une utilisation individuelle engendre des coûts en contrepartie. Les coûts supplémentaires à l'achat d'un véhicule devraient varier de façon significative d'un niveau à l'autre, donc d'un état à l'autre. Une hausse marquée des coûts devrait intervenir au passage du niveau 2 au niveau 3. La principale raison en est qu'à partir du niveau 3, les capteurs radar sont une condition préalable qui, dans la perspective actuelle, constitue encore un obstacle technique et financier non négligeable. On peut en outre prévoir qu'à partir du niveau 4, les coûts liés aux communications devraient augmenter en raison de la communication en temps réel de données d'environnement tridimensionnelles entre les véhicules et les services de cartographie.

5.1.2 Décalage entre les possibilités matérielles et légales

En ce qui concerne l'étape de travail entre la diffusion des véhicules automatisés sur le marché et l'évaluation des effets de la conduite automatisée sur les routes de Suisse, il faut prendre en compte l'existence d'une différence entre ce qui est techniquement possible dans un état particulier de la storyline (« ce que les véhicules peuvent faire ») et les fonctions autorisées par la loi (« ce que les véhicules ont le droit de faire ») (cf. illustration 8).

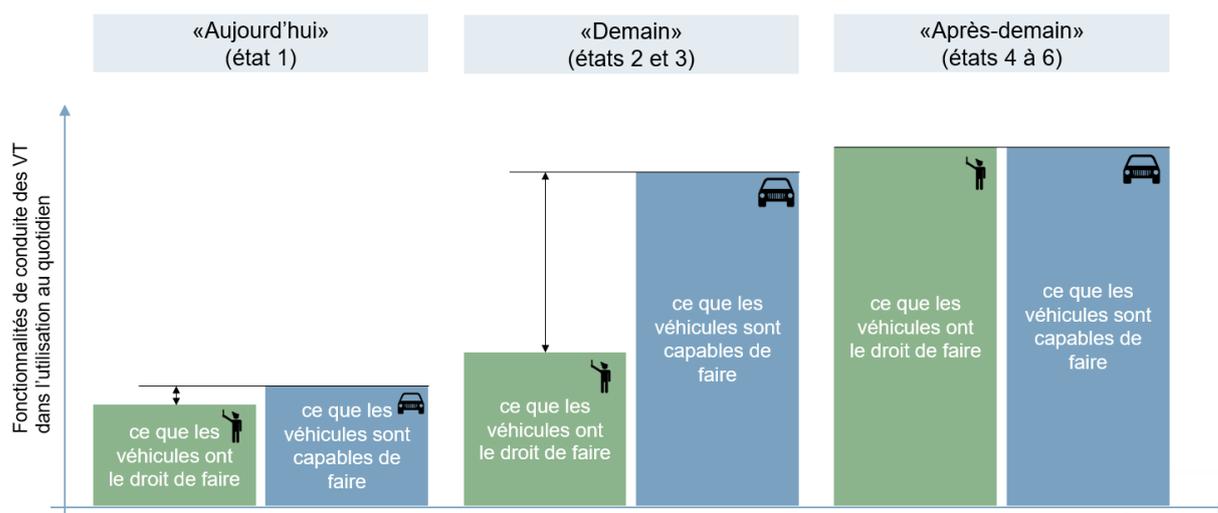


Illustration 8 : Ce que les voitures de tourisme automatisées peuvent faire et ont le droit de faire

Dans l'état 1 actuel, cet écart est encore modeste, mais il devrait être considérable dans les états 2 et 3. On peut imaginer comme raison de ce décalage le fait que la perspective de pouvoir utiliser prochainement des avantages potentiels et la valeur de revente accélèrent la diffusion des innovations techniques. On ne peut pas encore évaluer à ce jour dans quelle mesure les organes d'exécution voudront et pourront faire appliquer le respect des prescriptions. La différence entre les possibilités matérielles et les possibilités légales diminuera ensuite fortement aux états 4 à 6 : les fonctionnalités possibles et les possibilités légales devraient se rapprocher par l'effet de mesures réglementaires.

5.1.3 Évolution de la pénétration du marché dans le TIM

Pour la modélisation des parts de marché des différents niveaux d'automatisation (L1 à L5), on part du principe que les technologies de la conduite automatisée pénètrent le marché à travers le segment premium. Grâce à des économies d'échelle, les coûts supplémentaires restent à peu près stables bien que les moyens techniques augmentent à chaque niveau. Les acheteurs étant de plus en plus disposés à payer (pour une sécurité accrue et une réduction des coûts liés à la durée des déplacements), la part de marché des véhicules automatisés progresse en conséquence. On prend pour hypothèse qu'avec le temps, les niveaux les plus élevés évinceront complètement du marché les niveaux inférieurs, c'est-à-dire qu'à un moment il n'y aura plus un seul véhicule de niveau 1 sur le marché des véhicules neufs, etc. La modélisation s'effectue par pas d'une année : pour illustrer les 6 états, on représente pour chacun d'eux les parts de marché pour des années de références définies. L'illustration 9 présente l'évolution correspondante du marché des véhicules neufs. Sur le marché des véhicules neufs, la question de savoir si ou dans quelle mesure les véhicules pourront circuler de façon automatisée n'a qu'une importance limitée : puisqu'il existera en Europe des possibilités d'utilisation au moins sur des tronçons expérimentaux, de telles technologies s'imposent déjà sur le marché des véhicules neufs. Les acheteurs de voitures neuves cherchent toujours à éviter le risque de ne pas pouvoir utiliser leur véhicule plus tard, ou de ne pouvoir le revendre qu'à une valeur résiduelle réduite (« minimisation des

regrets potentiels » au lieu de la « maximisation du bénéfice »). Il faut aussi compter, dans les états 2 et 3, sur le fait que des véhicules circuleront dans certains cas de façon automatisée sur des trajets ou dans des conditions de conduite pour lesquelles cela ne sera pas encore permis.

Pareillement, chaque niveau plus élevé va de pair avec une sécurité accrue, même si les technologies ajoutées ne peuvent pas légalement être utilisées directement pour la conduite automatisée.

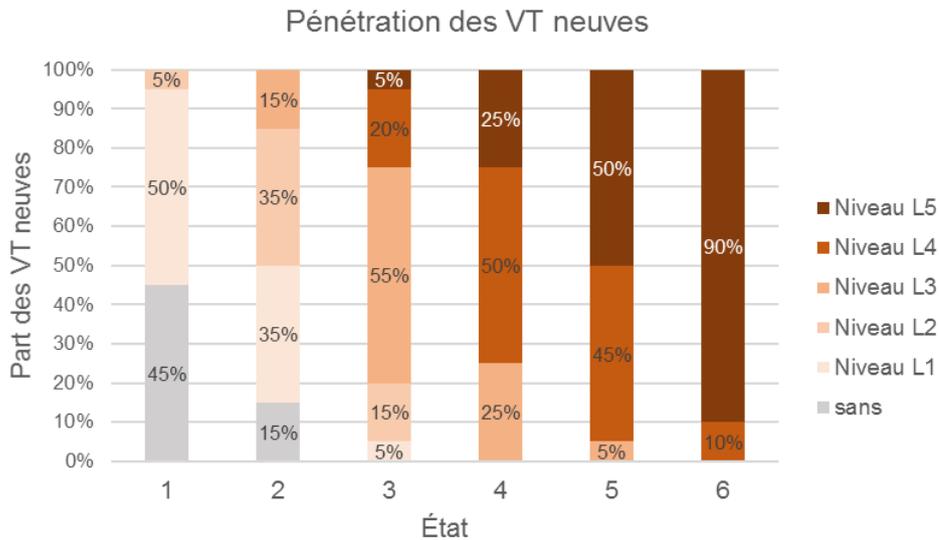


Illustration 9 : Pénétration du marché des voitures de tourisme neuves sur la base des cycles de renouvellement en Suisse, par niveau d'automatisation

Le parc de véhicules dans chaque état se développe lui aussi, avec un décalage dans le temps par rapport au marché des véhicules neufs (cf. illustration 10). On utilise pour cela les taux de survie issus de la modélisation du parc de véhicules par EBP, tels qu'ils ont été déduits des chiffres réels de voitures de tourisme pour la Suisse, pour les petits, moyens et grands véhicules.

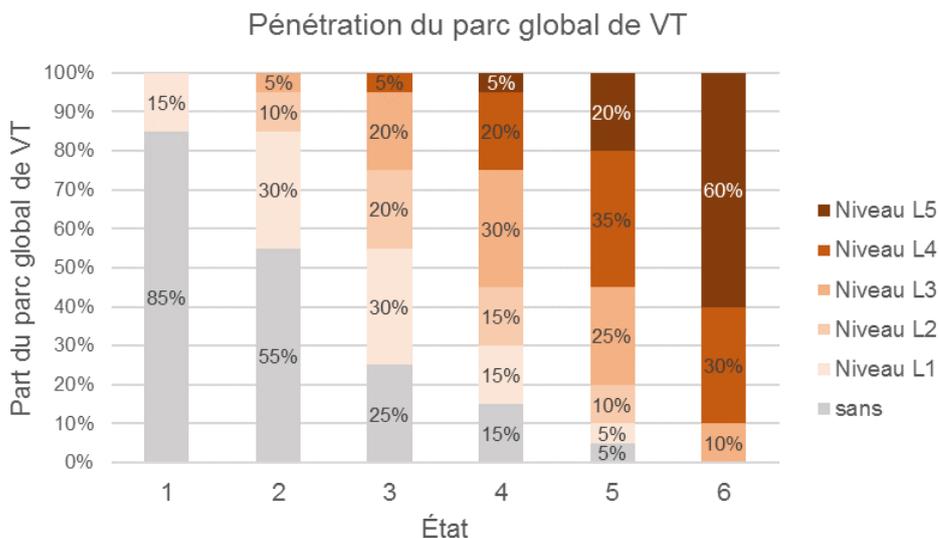


Illustration 10 : Pénétration du parc global de voitures de tourisme en fonction des différents niveaux d'automatisation, sur la base des cycles de vente de véhicules neufs

5.2 Effets sur les habitudes de déplacement

On trouvera ci-après les principaux résultats de l'estimation des grilles quantitatives de trafic (capacités de transport, distances parcourues). Des informations plus détaillées sont disponibles dans le rapport du module 2c.

5.2.1 Effets sur la demande

Dans les états tels qu'ils sont décrits, l'automatisation n'induit pas seulement une modification des conditions légales et de l'offre ; elle modifie aussi la demande. Si l'on prend en compte les niveaux d'automatisation et la pénétration du marché, on peut imaginer les effets sur la demande qui sont décrits ci-après. On trouvera en outre la description des approches qui ont été utilisées pour l'évaluation des grilles quantitatives de trafic.

Utilisation de la durée de déplacement

À partir du niveau L3, le conducteur n'est plus obligé de surveiller en permanence le système qui prend en charge le guidage longitudinal et latéral. Il peut donc se consacrer à d'autres activités à bord du véhicule, par exemple à son travail. La durée des déplacements devient donc utilisable à d'autres fins. Il doit toutefois, au niveau L3, être prêt à reprendre le contrôle de la conduite avec une anticipation suffisante. Les possibilités d'activités sont définies par la longueur de ce délai d'anticipation ainsi que par la fréquence des passations et reprises des commandes. Dans les cas d'application du niveau L4 et en particulier au niveau L5, cette disponibilité du conducteur à la reprise des commandes n'est pas obligatoire ou, respectivement, la possibilité pour un passager de reprendre les commandes peut disparaître, ce qui permet d'élargir l'éventail des activités possibles. L'exploitation de la durée des déplacements fait baisser les coûts liés à la durée des déplacements ; c'est la raison pour laquelle on choisira éventuellement des destinations plus éloignées. La durée des trajets et les distances parcourues peuvent augmenter.

Approche : L'utilisation de la durée des déplacements conduit à une réduction des coûts liés à la durée des déplacements. À cet effet, la littérature spécialisée dans l'économie et transport utilise le rapport des coûts liés à la durée des déplacements dans le TIM et les TP, puisqu'on peut déjà exploiter le temps de trajet dans les TP. Les gains réalisés sont dans certains cas réinvestis dans des temps de déplacement supplémentaires.

Nouveaux groupes d'utilisateurs

En conduite automatisée, des tâches de conduite sont transférées du conducteur au système, temporairement aux niveaux d'automatisation les plus bas et de plus en plus longtemps aux niveaux les plus hauts. La possibilité pour un passager de reprendre les commandes peut disparaître complètement aux niveaux d'automatisation les plus élevés. De ce fait, les exigences vis-à-vis du conducteur diminuent, de telle sorte que des personnes jusque-là à mobilité réduite peuvent utiliser des véhicules (sans permis de conduire et sans assistance d'un conducteur). Ceci concerne en particulier les enfants et les seniors.

Approche : On utilise comme valeur indicative le taux de possession du permis de conduire. Selon le microrecensement mobilité et transports 2015 (OFS/ARE, 2017) 82 % des personnes de 18 ans et plus domiciliées en

Suisse sont titulaires d'un permis de conduire. Si l'on extrapole à la population totale (mineurs de moins de 18 ans inclus), environ deux tiers de la population suisse possèdent un permis de conduire. Le tiers restant comprend potentiellement de nouveaux groupes d'utilisateurs puisque lorsque l'automatisation sera complète, aucun permis de conduire ne sera plus nécessaire. Il y a toutefois lieu de prendre en compte le fait que tous ne pourront pas voyager seuls, soit parce qu'ils ne sont pas mobiles, soit parce qu'un accompagnement leur est nécessaire (par ex. enfants).

Trajets à vide et taux d'occupation moyens

Si des véhicules circulent en mode complètement automatisé, un conducteur n'est plus nécessaire à bord. Un grand nombre de trajets à vide devrait donc en résulter pour déposer et ramener des personnes ou des marchandises, surtout dans le cadre d'une utilisation privée. Mais il faudrait aussi accomplir des trajets sans passager avec des véhicules en partage, entre les points d'arrivée et de nouveau départ. Ces trajets à vide doivent être pris en compte dans le calcul du taux d'occupation moyen, ainsi qu'en ce qui concerne les distances parcourues.

Approche : En se fondant sur les valeurs données dans la littérature spécialisée, on admet que les trajets à vide augmentent d'environ 15 % la distance parcourue (vkm) par les véhicules automatisés utilisés à titre privé. Ainsi le taux actuel d'occupation de 1,56 (OFS/ARE, 2017) descendra-t-il à 1,36 lorsque la pénétration du parc automobile par les véhicules automatisés sera complète. En ce qui concerne les taxis collectifs à la transition entre TIM et TP, le taux d'occupation sera plus élevé du fait du covoiturage. Sur la base de l'étude *Shared Mobility* de l'OCDE (OCDE/FIT, 2016) on admet qu'il se situe à environ 2,3 personnes/véhicule.

Modification du choix du mode de transport

Au fil du processus d'automatisation, les offres de transport verront leurs caractéristiques se modifier. On part du principe que de nouvelles offres apparaîtront en particulier dans la zone de transition entre TIM et TP. En outre, les caractéristiques du TIM et des TP seront elles aussi adaptées. Grâce à l'automatisation, les TP routiers peuvent par exemple inclure aussi, en plus des véhicules circulant sur des lignes, des bus à la demande complètement automatisés. Sur les axes importants, on devrait continuer à utiliser dans les TP des véhicules de grande taille (circulant éventuellement de façon automatisée) : trams, bus, RER, etc., puisque les bus à la demande ou, selon le contexte, les véhicules dans la zone de transition entre TIM et TP, n'atteindront quasiment jamais la capacité de transport de masse nécessaire dans les villes et les agglomérations. Il existe par ailleurs, grâce aux économies de coûts générées par l'automatisation dans le secteur des TP, différentes possibilités susceptibles d'augmenter la demande : à niveau constant d'indemnités compensatoires et de tarifs, il est possible de commander davantage d'offres et d'étendre ainsi l'offre globale. À niveau constant d'indemnités compensatoires et offre identique, les tarifs peuvent

être abaissés, ce qui générerait encore un surcroît de trafic²⁶. Le choix du mode de transport est dépendant de l'offre et se modifiera en conséquence.

Approche : L'offre de modes de transport est réaménagée du fait de l'automatisation complète à partir de l'état 4 avec des véhicules sans conducteur. La distribution des parts respectives des différents modes de transport est modifiée. On doit partir du principe qu'à la fois une partie du TIM et une partie des TP routiers se reportent sur le trafic de ramassage et de distribution (TRD). Pour cette évaluation, deux évolutions alternatives sont définies et examinées sur la base des informations données au paragraphe 5.2.2: dans le cas A, le TRD prendra des parts significatives, dans le cas B, il ne revient au TRD qu'un rôle secondaire.

Capacité et durée des déplacements

L'automatisation peut engendrer des augmentations de la capacité de l'infrastructure existante (Maurer et al., 2015), puisque les intervalles de temps entre les véhicules complètement automatisés pourraient être plus réduits. Cette modification de l'offre pourrait entraîner un trafic induit sur route (génération de nouveaux trajets, modification du choix des destinations) et des reports entre les modes de transport. L'interaction entre l'offre et la demande modifie les temps de trajet et donc les critères d'accessibilité.

Approche : La structure des effets est dépendante de l'infrastructure concrète ; sa description nécessite une modélisation macroscopique du trafic. On doit y renoncer ici pour des raisons de coût. C'est pourquoi les modifications de capacité sur route ne seront abordées qu'à travers une évaluation approximative. Le besoin de capacité des transports publics sera lui aussi négligé.

Politique des transports

La potentielle augmentation des prestations de transport provoque des interventions de l'État qui concernent à la fois la gestion de la mobilité et celle du trafic. À titre d'exemple, les incitations au regroupement de trajets dans des taxis collectifs ou des bus, ou la limitation des trajets à vide ont une influence directe sur la demande de transport. Par ailleurs, il faut aussi prendre en compte les indemnités de l'État ou, selon le cas, la modification de ces indemnités.

Approche : Les mesures relevant de la politique des transports sont prises en compte pour l'état 6 à travers l'ajustement des taux d'occupation ainsi que par les modifications du choix du mode de transport. On a pris pour base les évaluations faites par les auteurs. Les valeurs figurent dans l'analyse de sensibilité.

5.2.2 Comparaison des prix

Le choix d'un mode de transport est dépendant des caractéristiques de l'offre (prix, durée des déplacements, confort, etc.). Au plan mondial, on s'attend notamment à ce que le TIM, en ce qui concerne la prestation de

²⁶ Il n'existe pas d'accroissement de la demande dans les TP dans le seul cas où les économies sur les coûts entraînent un abaissement des indemnités de la part des pouvoirs publics et où cette économie profite aux budgets publics.

transport, perde des parts sur les formes d'offres à la transition entre TIM et TP, alors que les TP restent constant. Il a ainsi été pronostiqué pour le TIM des pertes d'env. 25 à 30 points de pourcentage au plan mondial jusqu'à 2030 (Roland Berger, 2016) et 15 à 20 points de pourcentage jusqu'à 2040 en Allemagne (Oliver Wyman, 2016).

Bösch et al. ont étudié pour la Suisse à la fois l'aspect des coûts et celui des prix des modes de transport consécutivement à l'automatisation (partielle ou complète). Ils décrivent la part des coûts fixes et variables ainsi que les effets sur les flottes de véhicules (Bösch et al., 2017).

Pour le choix d'un mode de transport, il faut prendre en compte les coûts et les prix qui ont une importance dans la prise de décision. Cela comprend non seulement les coûts variables des véhicules, mais aussi d'autres coûts qui doivent être répercutés sur le prix. Pour les véhicules en partage, il s'agit par ex. des coûts de gestion et d'entretien des flottes de véhicules, des marges bénéficiaires, des taxes et de la TVA. Bösch et al. font ici la démonstration d'une nouvelle situation de concurrence des modes de transport (cf. illustration 11). En milieu urbain, le bus public complètement automatisé avec un taux d'occupation moyen est largement plus économique que des taxis complètement automatisés transportant des clients seuls ou des véhicules partagés monoplaces (« *Shared aSolo* »). Au plan régional toutefois, ces taxis sont plus avantageux que des bus complètement automatisés. Pour les nouvelles offres (partage, covoiturage), on prend par ailleurs en compte le nombre de passagers qui peut encore faire baisser les prix (cf. illustration 12). Plus le nombre de passagers est élevé, plus les prix sont faibles (en fonction de la taille du véhicule). Pour les véhicules privés, les coûts globaux sont plus élevés dans ces deux espaces ; toutefois les coûts variables pertinents pour la prise de décision du choix du mode de transport sont toujours plus bas.

Ainsi les véhicules automatisés privés restent-ils attractifs. Il faut remarquer par ailleurs que ces derniers offrent à l'avenir un confort élevé et permettent aussi des courses de messagerie complètement automatisées. De la part des constructeurs de véhicules, on doit s'attendre en outre à ce que l'accent soit mis sur le lien émotionnel de l'utilisateur avec le véhicule privé. D'autres raisons parlent en faveur du véhicule complètement automatisé privé : on peut y stocker des objets personnels (par ex. un équipement de sport) dans le coffre et on peut personnaliser l'équipement de son véhicule.

Du fait de l'automatisation, les TP deviennent plus avantageux mais ils sont concurrencés en particulier par les taxis partagés (ou le TRD). Les taxis partagés complètement automatisés ne sont pas, au regard des coûts, aussi avantageux que ce qu'admettent des études internationales déjà publiées, car de nombreux coûts n'y sont pas pris en compte (Bösch et al., 2017), à savoir les frais généraux des entreprises, les coûts de stationnement ainsi qu'une charge accrue pour l'entretien et le nettoyage puisque les utilisateurs seront probablement peu soigneux. Les exploitants ont toutefois des perspectives intéressantes, en particulier dans la fonction d'acheminement vers les TP en milieu rural. Les TP restent très attractifs, en particulier si les indemnités de l'État sont maintenues, en raison de la possibilité d'une part de baisser les tarifs, d'autre part d'élargir l'offre.

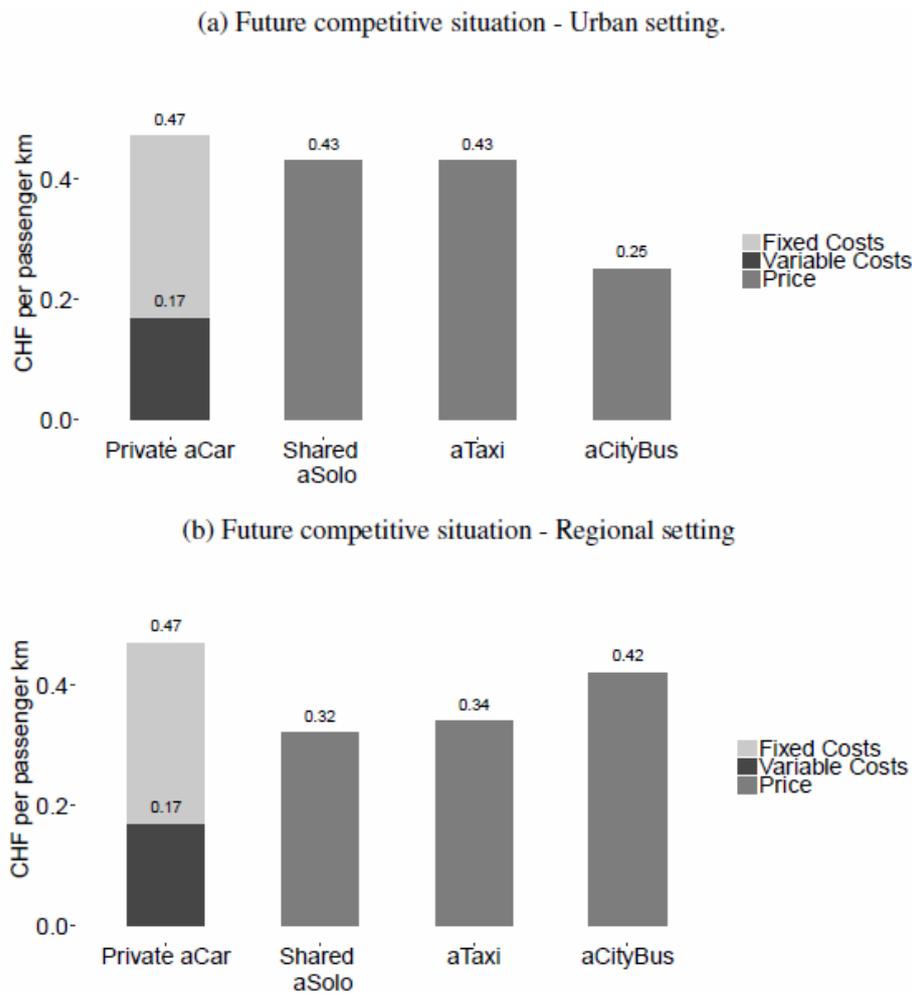


Illustration 11 : Situation de concurrence future du fait de l'automatisation en milieu urbain (en haut) et en milieu rural (en bas) ; comparaison des coûts fixes et variables pour un véhicule automatisé privé avec les prix des offres de partage, de taxis et de TP (Bösch et al., 2017).

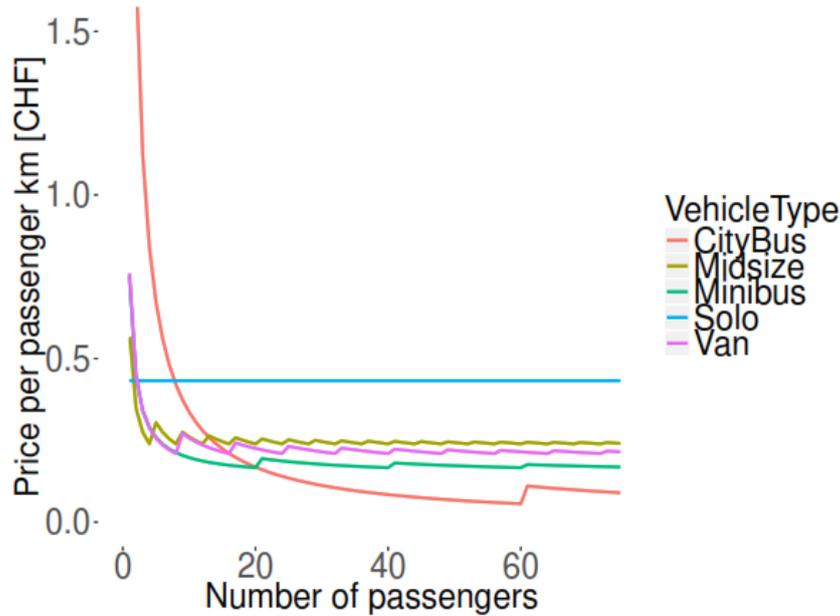


Illustration 12 : Relations de dépendance entre les prix et le nombre de passagers des flottes de véhicules automatisés ; les décalages dans les courbes sont dus à la taille des véhicules (Bösch et al., 2017).

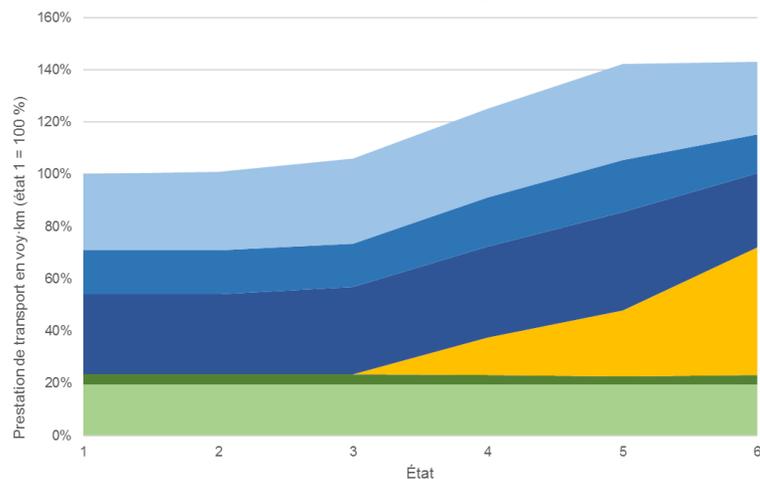
Bösch et al. exposent en outre que les véhicules utilisés en covoiturage devraient présenter des taux d'occupation plutôt faibles et que de ce fait les avantages en termes de coût ne seront pas pleinement exploités (Bösch et al., 2017). Le covoiturage implique de plus longs détours, ce qui augmente la durée des déplacements. De plus, le fait de regrouper dans un même véhicule des personnes qui ne se connaissent pas peut entraîner un rejet des utilisateurs. Ces effets doivent être pris en compte dans le choix du mode de transport.

Alors que certaines études internationales créditent la zone de transition entre TIM et TP d'un fort potentiel, il faut relativiser les effets sur les coûts (Bösch et al., 2017). On doit toutefois considérer, en matière de choix du mode de transport, toutes les caractéristiques de l'offre (par ex. la disponibilité). Pour la comparaison ci-dessus, on part du principe que seuls les coûts variables sont pertinents pour la prise de décision parce qu'une VT est déjà disponible. Mais si l'on est sur le point d'acquérir une première voiture, ou si l'on se pose la question de l'acquisition d'une première VT, il faut prendre en compte l'intégralité des coûts, qui sont élevés. À ce moment-là, la question de savoir quelles offres alternatives sont intéressantes a son importance. Des systèmes de covoiturage existants, opérationnels, et des systèmes de TP de bonne qualité peuvent constituer une raison de renoncer à sa propre VT. Le *car sharing* est aujourd'hui déjà une possibilité de ce type.

5.2.3 Résultats de l'évaluation

Prenant en compte la superposition des hypothèses concernant les effets liés à la demande, il a été élaboré une grille quantitative selon les illustrations ci-après, représentant les prestations de transport et les distances parcourues (cas A avec un TRD important, cas B avec un rôle réduit du TRD). Concernant la prestation de transport (voy·km), on trouve aussi les valeurs des TP ; du côté des distances parcourues (véh·km), elles ne sont pas représentées en raison du taux d'occupation élevé des véhicules et, pour cette raison, des très petites distances parcourues en comparaison avec le TIM.

Cas A avec part élevée du trafic de ramassage et distribution (TRD)



Cas B avec rôle réduit du trafic de ramassage et distribution (TRD)

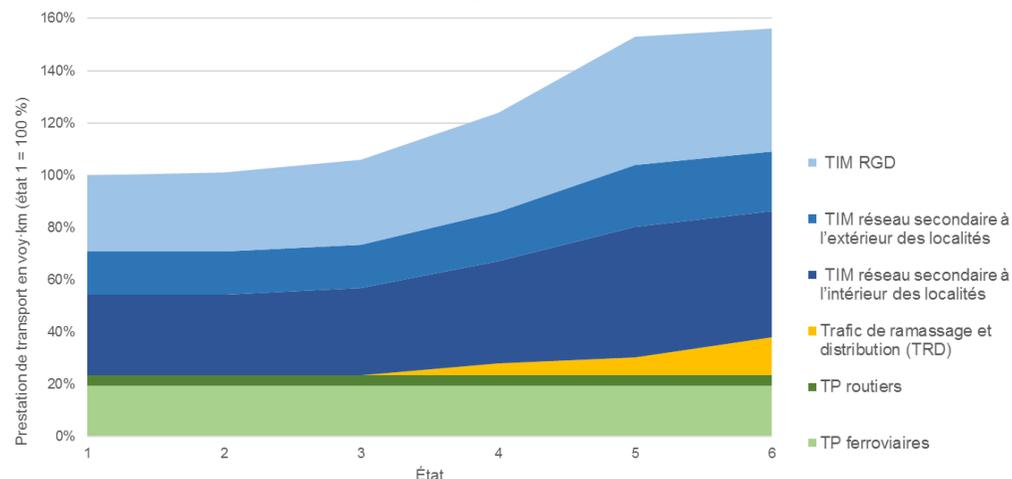
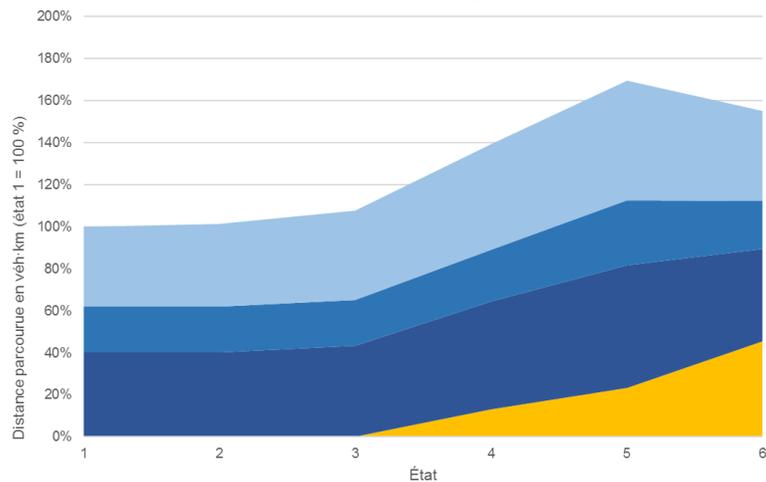


Illustration 13 : Évaluation de l'évolution de la prestation de trafic par mode de transport et niveau de réseau [voy-km], l'augmentation générale du trafic étant négligée (cas A avec une part élevée de TRD, cas B avec une faible part de TRD)

Cas A avec part élevée du trafic de ramassage et distribution (TRD)



Cas B avec rôle réduit du trafic de ramassage et distribution (TRD)

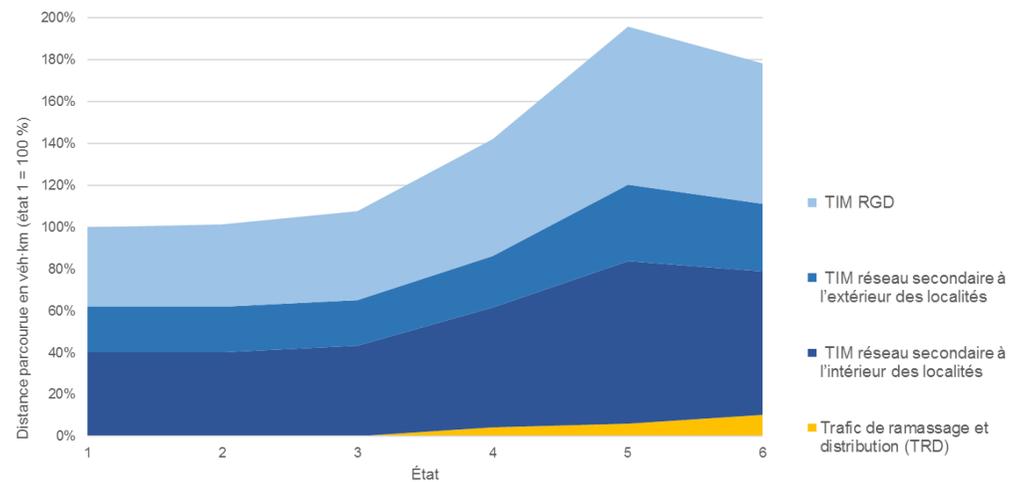


Illustration 14 : Évaluation de l'évolution des distances parcourues du TIM (par niveau de réseau) et du TRD [veh-km], l'augmentation générale du trafic étant négligée (cas A avec une part élevée de TRD, cas B avec une faible part de TRD)

Les prestations de transport augmenteront globalement du fait de la superposition des différents effets liés à la demande. De plus, on prend pour hypothèse selon le cas un transfert du TIM vers le TRD. Dans les TP ferroviaires, la demande reste constante dans une large mesure ; du côté des TP routiers, le *modal shift* est en général petit en comparaison. On trouvera ci-après une explication plus détaillée de l'essentiel des évolutions de l'état 1 à l'état 6.

État 1 (« aujourd'hui »)

- On utilise comme chiffres référence les valeurs de l'année 2020 qui proviennent des *Perspectives pour le trafic voyageurs et le transport de marchandises en Suisse d'ici à 2040* (ARE, 2016) ainsi que de l'extrapolation des statistiques de transport en Suisse de 2005 à 2015 (BFS, 2017).
- La conduite automatisée n'étant possible à l'état 1 que sur les tronçons expérimentaux sur RGD, on prend pour hypothèse que la demande est inchangée.

État 2

- On a le droit de circuler au niveau L3 sur les RGD. La durée des déplacements peut maintenant être utilisée pour des activités qui sont toutefois limitées.
- Aucun trajet à vide n'est encore possible, le taux d'occupation reste inchangé (env. 1,6).
- Les effets de l'automatisation sur les prestations de transport et les distances parcourues sont encore très minimes.

État 3

- On a le droit de circuler au niveau L4 sur les RGD. L'éventail des activités pendant le trajet est de ce fait élargi ; en conséquence les coûts liés à la durée des déplacements continuent à baisser et une partie des avantages sont eux-mêmes réinvestis dans les prestations de transport et les distances parcourues.
- Le niveau L3 devient possible à l'intérieur des localités. On admet à nouveau une diminution du facteur de frais liés à la durée des déplacements, mais la part du parc automobile de niveau L3 est maintenant nettement supérieure.
- Aucun trajet à vide n'est encore possible, le taux d'occupation reste inchangé (env. 1,6).
- Maintenant, l'influence sur les distances parcourues n'est plus marginale. Les distances parcourues sur le réseau secondaire à l'extérieur des localités restent inchangées au total ; on ne relève des transferts qu'au niveau régional.

État 4

- En raison d'une pénétration accrue du marché par les véhicules automatisés, de l'utilisation de la durée des déplacements qui en résulte ainsi que de l'élargissement de l'autorisation de circuler aux réseaux secondaires, la demande continue à croître.
- Nouveaux groupes d'utilisateurs : à l'état 4, les trajets complètement automatisés sans conducteur sont pour la première fois possibles, mais limités à certains tronçons des RGD et à des rues à l'intérieur des localités. Les distances parcourues et les prestations de transport progressent du potentiel des nouveaux groupes d'utilisateurs.
- Trajets à vide : le besoin d'un conducteur ayant disparu (niveaux L4 et L5), les véhicules peuvent désormais circuler sur les RGD et dans les rues à l'intérieur des localités même sans aucune personne à bord. Sur la base de la proportion de la flotte, la demande augmente en fonction du taux d'occupation qui en résulte (env. 1,45).
- TRD : puisque désormais les véhicules complètement automatisés sont possibles, de nouvelles formes d'offres apparaissent dans la zone de transition entre le TIM et les TP. Ces dernières modifient le choix du mode de transport beaucoup plus nettement dans le cas A que dans le cas B.
- Les effets de la conduite automatisée sur la demande de transport apparaissent désormais clairement.

État 5

- La demande continue de croître à tous les niveaux du réseau grâce à l'augmentation de la pénétration des véhicules automatisés ainsi qu'à l'autorisation des niveaux L4 et L5 sur le réseau secondaire à l'extérieur des localités.
- L'exploitation du potentiel des nouveaux groupes d'utilisateurs est renforcée.
- Les trajets à vide sont possibles à tous les niveaux du réseau. Le nombre de trajets à vide augmente grâce à l'accroissement de la pénétration du marché par les véhicules automatisés. Le taux d'occupation moyen est d'env. 1,4.
- TRD : grâce à l'élargissement des offres de transport de ramassage et de distribution, la part de celui-ci progresse à la hausse. Dans le cas A, environ 14 % de la distance parcourue et 18 % de la prestation de transport reviennent aux taxis collectifs. Dans le cas B, les parts du TRD dans la distance parcourue et la prestation de transport sont de 4 %.

État 6

- Par rapport à l'état 5, les trajets à vide sont limités sur des critères de niveau de réseau et de temps par des mesures de politique des transports.
- Des mesures appropriées (par ex. des incitations, obligations et interdictions) rendent les TP et TRD attractifs, faisant ainsi progresser le

regroupement de trajets dans un même véhicule, ce qui a pour effet en particulier une diminution des distances parcourues.

- Cependant, la tendance à la croissance de la prestation de transport est maintenue. Du fait de la progression de la part du TRD, on doit maintenant faire des détours, Ce qui entraîne une augmentation des passagers-kilomètres, même si telle n'est pas l'intention initiale.

5.2.4 Sensibilité

Afin de déterminer l'influence des différents effets de la demande sur la distance parcourue et la prestation de transport, on soumet le résultat à une analyse de sensibilité élémentaire. On fait varier pour cela les paramètres pertinents de $\pm 20\%$ conformément au tableau 9, et l'on observe les effets sur les distances parcourues et les prestations de transport à l'état 5.

Paramètre	Modification	Influence
Utilisation de la durée des déplacements	véh-km/voy-km $\pm 11\%$	élevée
Pénétration du marché	véh-km/voy-km $\pm 7\%$	moyenne
Nouveaux groupes d'utilisateurs	véh-km/voy-km $\pm 3\%$	plutôt faible
Trajets à vide	véh-km TIM $\pm 12\%$	élevée pour TIM, TRD
Facteur de détours TRD	véh-km/voy-km TRD $\pm 20\%$	élevée pour TRD
Modification du choix de mode de transport	véh-km/voy-km TRD $\pm 19\%$	élevée
Mesures de politique des transports	forte pour véh-km/voy-km	élevée

Tableau 9 : Aperçu de l'étude de sensibilité élémentaire, modification des paramètres de $\pm 20\%$

Il est particulièrement intéressant de constater, premièrement, dans quelle mesure l'économie réalisée par la baisse des coûts liés à la durée des déplacements est réinvestie dans des trajets plus longs, et notamment à partir de quelle distance ou durée de trajet un bénéfice apparaît à travers d'autres activités ; deuxièmement, le taux d'occupation (qui est une conséquence des trajets à vide générés) et l'évolution du *modal split* apparaissent comme étant déterminants pour la distance parcourue.

Les mesures de politique des transports visant à éviter les trajets à vide à l'état 6 ont une forte influence sur la distance parcourue. Les mesures concernant le choix du mode de transport ont une influence sur la distance parcourue et sur la prestation de transport.

5.3 Parc automobile

Lorsqu'il est question des véhicules automatisés dans le débat public, on note également souvent que du fait du covoiturage, le besoin de véhicules peut être réduit de façon sensible, Ce qui pourrait apporter des améliorations au plan écologique (du côté de la production d'automobiles) et, économiquement, des gains substantiels en efficacité (immobilisation de capital plus faible). Les effets sur le trafic qui ont été examinés montrent que les effets n'ont pas une orientation clairement déterminée :

- De nouveaux groupes d'utilisateurs pourraient maintenant acquérir aussi leur propre VT, et la baisse des coûts de trajet augmente l'attractivité de l'utilisation d'une VT. Ces deux effets peuvent conduire à un accroissement du parc automobile.
- Si le covoiturage (*pooling*, TRD, cas A) prend une importance significative, d'une part on aura besoin de véhicules supplémentaires pour le pool de véhicules, et d'autre part le nombre de VT en propriété individuelle baissera éventuellement.
- Choix du mode de transport : Si le transport public est automatisé lui aussi, cela pourra déclencher un effet de *modal split* en direction des TP. Ici encore, on aura besoin de véhicules supplémentaires pour les TP. Le nombre de VT propriété de particuliers est en baisse.

Ces effets et leur impact sur le parc automobile devront être étudiés de plus près dans les travaux d'approfondissement.

5.4 Constatations tirées de l'évaluation des effets sur le trafic

La distance parcourue ainsi que la prestation de transport ont été évaluées dans les six états sur la base de statistiques de trafic, valeurs tirées de la littérature spécialisée et d'hypothèses. Les résultats du modèle utilisé constituent une base de discussion. Les modifications pertinentes de la demande du fait des véhicules automatisés y sont précisées. Il apparaît que plusieurs effets se superposent. L'utilisation de la durée des déplacements, les nouveaux groupes d'utilisateurs, les trajets à vide, les nouvelles formes d'offres, la modification du choix du mode de transport ainsi que les trajets avec détours dans le trafic de ramassage et de distribution exercent des influences diverses sur les prestations de transport (voy·km) et les distances parcourues (véh·km). Les restrictions relevant de l'infrastructure et des capacités ne sont pas prises en compte dans cette évaluation. Les structures de prix sont traitées de façon indirecte à travers le choix du mode de transport.

L'automatisation complète à partir de l'état 4 entraîne une nette augmentation des véhicules-kilomètres et des voyageurs-kilomètres puisque différents effets moteurs sur la demande se superposent (trajets à vide, nouvelles offres, nouveaux groupes d'utilisateurs). Les mesures de politique des transports à l'état 6 permettent en particulier de limiter la distance parcourue. En ce qui concerne la prestation de transport, il faut observer que les trajets avec détours peuvent aussi entraîner une augmentation.

Concernant les effets sur l'efficacité des transports, le TRD, qui apparaît comme un nouveau segment du marché issu du véhicule automatisé, ouvre des opportunités et des défis à relever spécifiques (cf. illustration 15). Il se constitue à ce niveau une zone grise des mutations dans le segment des offres de « taxis collectifs ». Prendra-t-on le chemin de la « navette de ramassage et de distribution », ou du « taxi de ramassage » ? Quel développement viendra-t-il dans le cadre de la « *Mobility-as-a-Service* » ? Pour les organismes publics et les entreprises de TP, des opportunités et des défis spécifiques résulteront en particulier du durcissement attendu de la concurrence entre le TIM conventionnel et les TP.

Les caractéristiques des offres des modes de transport doivent être étudiées plus précisément dans la phase d'approfondissement. On devra en

particulier déterminer les conditions préalables et les conditions-cadre dans lesquelles les objectifs d'intérêt général (ou les objectifs des pouvoirs publics) peuvent être remplis de la meilleure façon pour le segment d'offre du TRD. Il faudra si nécessaire montrer dans quelle mesure les éléments conventionnels des TP doivent être redéfinis à cet effet.

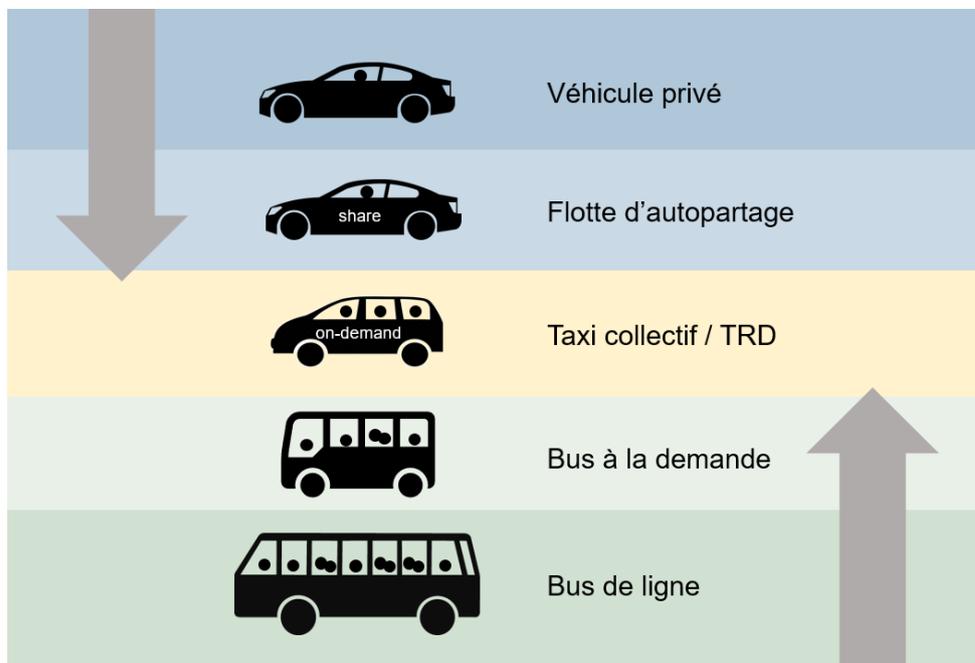


Illustration 15 : Le trafic de ramassage et de distribution (TRD) dans la zone grise entre le TIM conventionnel et les TP conventionnels. Lecture : *du haut vers le bas* : de la forme extrême de l'individualisation (en haut) au regroupement le plus marqué dans les TP (en bas) ; *du bleu vers le gris et du vert vers le gris* : nouvelles formes d'offres entre le TIM et les TP (TP selon la définition actuelle)

6. En conclusion

La conception de la storyline et de ses six états, transitions incluses, nous amène à faire les constatations les plus diverses. Les abondantes « hypothèses fondamentales » du chapitre 3.2 montrent déjà la multiplicité des paramètres et permettent d'imaginer la grande diversité des aspects de la conduite automatisée en Suisse dans le futur. Indépendamment de cela, les observations qui précèdent permettent de tirer des conclusions intéressantes. Ces dernières constituent une base en vue de la concrétisation des études d'approfondissement dans la deuxième phase de travail qui est prévue. Les constatations les plus importantes ont été rassemblées ci-après.

6.1 Marges de manœuvre et formation de l'opinion politique

Comme il a été exposé en introduction, il existe de nombreux éléments porteurs d'une diffusion des véhicules automatisés en Suisse. On ne sait pas encore clairement si cette évolution aura une influence positive ou négative sur la durabilité. Pour que cette évolution soit dirigée vers une direction acceptable pour l'humain, l'environnement et le monde économique, une volonté d'agir est nécessaire de la part du monde politique et de la société.

La succession de six états différents telle que choisie pour la storyline est, du point de vue des spécialistes, l'une des évolutions plausibles parmi de nombreuses évolutions imaginables. Quant à savoir quels seront effectivement les états successifs, tout dépend des étapes essentielles de ce qui sera admis par la loi et de la maturité du développement technique. Mais pour orienter cette évolution dans l'une ou l'autre direction, il faudra en particulier que des décisions soient prises par la société et le monde politique. La storyline montre la marge de manœuvre. Les possibilités d'action des acteurs concernés doivent être concrétisées dans la phase d'approfondissement.

Alors que l'autorisation de la conduite automatisée dans le trafic routier semble plausible (et donc évidente) d'abord sur le réseau RGD, il y a lieu, du point de vue de l'État, de définir en particulier si l'autorisation et, le cas échéant, l'incitation dans les espaces urbains interviendra comme il a été supposé avant l'autorisation générale sur le réseau RGD à l'extérieur des localités, ou éventuellement après celle-ci. Éventuellement, serait-il souhaitable d'ouvrir à la fois tous les réseaux, en une seule et même étape, à la conduite complètement automatisée ? La storyline veut être une base de discussion sur les conséquences de l'ordre des autorisations de cette nature lors de la phase d'approfondissement.

En ce qui concerne l'élaboration des marges de manœuvre, il existe un point capital, celui de la formation de l'opinion politique sur la question de savoir dans quelle mesure les mesures d'orientation comme, par exemple, celle qui sont esquissées à l'état 6, peuvent ou, selon le cas, doivent être mises en œuvre : nouveaux modèles de prix, ajustements de la vitesse de circulation en fonction des situations en vue d'une optimisation du flux du trafic et d'une augmentation de l'efficacité, développement et subvention d'offres de covoiturage, maintien de lignes de bus et de tram, redevances de

stationnement, restrictions d'accès aux centres-villes, évitement de trajets à vide et de trajets induits, etc.

Des gains d'efficacité et de sécurité ne peuvent être atteints que par une intervention de l'État : sans une réglementation appropriée d'un état à un autre, on peut prévoir des évolutions défavorables : augmentation des embouteillages, perturbations du trafic – ce que confirme l'évaluation des effets sur le trafic selon le chapitre 5. Il reste par exemple à analyser et à débattre de la question de savoir dans quelle mesure un régime d'obligation en trafic mixte dans les espaces urbains et sur des tronçons de RGC et de RGD dont la capacité est critique est nécessaire et réalisable. La gestion actuelle du trafic, commandée par des signaux avec formation de paquets de véhicules et installations de régulation, le tout avec priorisation des TP, est déjà un précurseur d'un tel « système d'obligation ».

6.2 Effets sur le trafic

En fonction des décisions politiques qui sont prises, de nombreux paramètres de configuration de l'offre et de la demande conduisent à des résultats très divergents sur les conditions du trafic. Il est particulièrement intéressant de constater, par exemple, dans quelle mesure l'économie réalisée par la baisse des coûts liés à la durée des déplacements est réinvestie dans des trajets plus longs, et notamment à partir de quelle distance ou durée de trajet des bénéfices apparaissent à travers d'autres activités ; Ces paramètres doivent être examinés plus précisément dans les travaux d'approfondissement, et débattus entre experts.

Quant à savoir si seulement une amélioration des performances peut être atteinte en trafic mixte, cela paraît discutable dans la perspective actuelle. Alors que, la mise en œuvre de l'automatisation paraît comparativement simple dans le système fermé des RGD avec une circulation unidirectionnelle et des raccordements conçus de manière dénivelée, et qu'une amélioration des performances est imaginable grâce à une vitesse de circulation optimisée et harmonisée et à une réduction des intervalles entre véhicules, le système ouvert des réseaux routiers secondaires et leur trafic mixte posent des exigences beaucoup plus élevées. Au niveau des villes et des communes comme au niveau cantonal, il en résulte de multiples défis qui devront être clarifiés lors des travaux d'approfondissement.

Dans différentes villes de Suisse, des entreprises de transport concessionnaires des TP étudient la mise en œuvre de véhicules automatisés à travers des projets d'essais et des projets pilotes. Si les TP ne peuvent pas exploiter leur avance et si les conditions-cadre ne sont pas posées concrètement, le TIM actuel deviendra un TIM partiellement automatisé, et plus tard complètement automatisé, sans augmentation de l'efficacité, mais avec une augmentation incontrôlée du trafic. Une pénétration élevée du marché par les véhicules complètement automatisés dans le TIM entraîne certainement des modifications dans le trafic, entre autres en ce qui concerne la distance parcourue, mais pas obligatoirement un gain d'efficacité sur le réseau routier.

L'avance prise dans le temps par les applications de la conduite automatisée dans les TP, telle qu'elle a été décrite, devrait avoir une importance stratégique pour la fidélisation de la clientèle ; ainsi les avantages de la

conduite automatisée sont-ils exploités au mieux avec un taux d'occupation élevé. Ceci devrait répondre à l'intérêt public des villes et des agglomérations comme à celui des zones rurales, et leur apporter des bénéfices. Mais cela demande une intervention active, commune et coordonnée des pouvoirs publics, des entreprises d'économie mixte et de l'économie privée.

6.3 Nouvelles formes mixtes entre les TP et le TIM

La coexistence de différents modes de transport augmente en particulier en 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. Dans le trafic motorisé, des véhicules dotés de divers niveaux d'automatisation viennent s'y ajouter ; ils se distinguent dans l'espace routier par leurs besoins et par les règles qui leur sont applicables. 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. Cet aspect est décrit en détail dans le tableau 10. Ceci concerne aussi le rôle futur des pouvoirs publics en tant que prescripteurs de commandes de transports publics.

6.4 Exigences croissantes en matière d'infrastructure

Les exigences posées vis-à-vis de l'infrastructure par l'évolution au fil des différents états ont été illustrées par l'exemple du réseau « RGD et autoroutes ». Il faudra vérifier pendant l'approfondissement dans quelle mesure ces exigences se modifieront vis-à-vis des routes urbaines et à l'extérieur des localités. Ainsi qu'il a été montré, les défis dans le système ouvert ont une complexité démultipliée – raison pour laquelle ces questions n'ont pas encore pu trouver de réponse dans le cadre de la phase fondamentale.

Au-delà de l'intégration de la conduite automatisée à la technique des transports et à l'urbanisme, il faut aussi adapter les performances des réseaux de télécommunications aux exigences : affectation de bandes de fréquences, construction et extension des infrastructures des émetteurs. Les marges de manœuvre en matière d'attribution de bandes de fréquences appropriées et suffisantes et la fiabilité de la communication de données parlent en faveur d'une solution ascendante (de type *bottom-up*) avec des petits nuages de données des véhicules individuels et, dans une large mesure, un traitement des données dans les véhicules. Une solution descendante (*top-down*) avec des nuages de données centralisés et couvrant de larges zones est moins efficace, et elle induit des risques et des coûts nettement plus élevés. Un choix stratégique au bon moment est nécessaire en ce qui concerne les états 4 à 6.

6.5 Organisation des essais, entreprises pilotes et admissions

Dans une large mesure, l'organisation des essais nécessaires à l'admission des véhicules ou des « systèmes » ne sont pas définis ; mais les essais et les opérations pilotes sur les RGD, en espace urbain et sur les RGC, ne le sont pas davantage. D'autres tests sont nécessaires et devraient aborder entre autres les sujets suivants : les exigences de sécurité devant être remplies par les systèmes techniques dans les véhicules et leurs interactions

dans le cadre d'une communication C2X afin d'obtenir une admission technique, ainsi que les procédures de preuve correspondantes.

Au total, de nombreuses institutions et entreprises sont concernées par ces développements en tant qu'acteurs aux différents niveaux. Les différentes exigences vis-à-vis de la technologie et de l'infrastructure doivent être remplies simultanément, la seule admission du véhicule ne suffit pas. L'infrastructure de transmission des données doit elle aussi être disponible. Les constructeurs et les opérateurs ne doivent pas être coordonnés qu'au plan technique (par ex. en ce qui concerne les normes) : il faut aussi définir des procédures et des modèles économiques entre les acteurs, et conclure des contrats. Les pouvoirs publics doivent encore trouver leur rôle dans ce domaine.

Évolution du TIM, des TP routiers et de la zone mixte entre les deux

	Aujourd'hui	Catégorie	Développement vers	État 4/5/6	Commentaires
TIM	Tim conventionnel resp. état 1 : propriété du véhicule et usage pour soi-même	Porte à porte ou origine vers destination	> Vt automatisée VA toujours propriété privée	Dans les états 5 et 6, le véhicule vient à la porte de la maison, repart tout seul vers le parc de stationnement de destination ou, selon le cas, vers la prochaine utilisation, puis revient à la maison, ou selon le cas p. ex. dans le parc de stationnement du quartier.	Dans la mesure où les trajets à vide sont tolérés pour une propriété et un usage individuels. Plus la tolérance est grande, plus la prestation de transport augmente.
	Car sharing (par exemple « Mobility » comme première ou deuxième voiture, ou « sharoo »)	Porte à porte ou origine vers destination	> Flotte de car sharing automatisée VA comme véhicule de flotte de l'organisation de sharing	toujours des trajets unitaires individuels. Aux états 5 et 6, on n'a plus besoin d'aller chercher soi-même le véhicule, il vient à la porte de la maison et repart à la fin vers sa prochaine utilisation ou vers son quartier général Organisation par une économie privée ou coopérative	Dans la mesure où les trajets à vide sont tolérés pour les opérateurs de car sharing. Par ex. MaaS des constructeurs de véhicules Sharoo en tant qu'organisation de car sharing entre membres ayant leur propre véhicule : on peut aussi imaginer des trajets à vide (ou, selon le contexte : une interdiction des trajets à vide à titre privé pourrait être contournée).
	Taxi conventionnel (offre « à la demande » ; aussi en tant qu'étape d'un voyage, en complément des TP)	Concession avec : obligation de transport service bagages jusqu'à la porte attente tolérée en gén. pas de regroupement avec l'exploitation des taxis collectifs	> Véhicules automatisés de ramassage et distribution Transport automatisé de ramassage ou de distribution en taxis collectifs ou en bus « à la demande » automatisés	Concessionnaire en tant que VT ou bus automatisé « à la demande » : périmètre ouvert, dépendant d'une concession éventuelle Pas d'arrêts, dépose « n'importe où » ou devant la maison → prestations « de trottoir à trottoir » au lieu de « de porte à porte » Selon le cas non intégré ou intégré dans le système de tarifs et d'horaires communautaires	Simulations de ce type avec des modèles de flottes de véhicules dans des études internationales connues Les « bords de trottoir » admis pour la prise en charge et la dépose devraient être définis et recevoir le cas échéant un marquage ou une signalisation L'« intégration » en lien avec une concession est dépendante d'une obligation de « compléter le système de TP » Dans la mesure où les trajets à vide sont autorisés pour les services de taxi concessionnaires. Les sièges pour enfants doivent être mis en place par les clients
TP routier	Transport/bus à la demande (« on demand » ; plutôt en milieu rural)	Entreprise de transport concessionnaire (ETC) avec : périmètre tarifs fixes points d'arrêt fixes intégré au système d'horaires et de tarifs communautaires	> Bus automatisé à la demande « on demand »	ETC titulaire d'une concession, comme dans la colonne « Catégorie » aujourd'hui Éventuellement points d'arrêts supplémentaires sans conducteur, mais selon le cas avec un accompagnateur ou un interlocuteur	Projets de « navettes automatiques » de plus grande ampleur à Sion, Zoug, Fribourg, Schaffhouse, etc. Sièges pour enfants non nécessaires La manutention des bagages est toujours l'affaire du passager/client
	Bus de ligne publics Petits ou grands véhicules en fonction des regroupements : faibles regroupements par exemple bus de quartier, zones rurales, heures creuses ; forts regroupements sur les lignes principales du réseau de TP	Entreprise de transport concessionnaire (ETC) avec : parcours fixe horaires fixes tarifs fixes points d'arrêt fixes intégré au système d'horaires et de tarifs communautaires	> Bus automatisés Petits ou grands véhicules en fonction des regroupements	ETC titulaire d'une concession, comme dans la colonne « Catégorie » aujourd'hui sans conducteur, mais selon le cas avec un accompagnateur ou un interlocuteur le cas échéant arrêt adaptatif en bord de trottoir pour les petits véhicules	Par exemple « navette automatique » à Sion, Zoug, Fribourg, Schaffhouse, etc. Sièges pour enfants non nécessaires La manutention des bagages est toujours l'affaire du passager/client

Tableau 10 : Perspectives d'évolution, formes d'offres et définitions du TIM et des TP avec une automatisation croissante ou une pénétration croissante du marché par les véhicules autonomes

Prémisse : On part du principe qu'il existe en permanence un trafic mixte dans l'espace routier.

Lecture :
de haut en bas : de la forme d'individualisation extrême (en haut) au regroupement dans les TP le plus marqué (en bas)
du bleu au gris et du vert au gris : nouvelles formes d'offres entre TIM et TP (TP selon la définition actuelle)
Horizontalement : Développement continu générique du véhicule conventionnel vers le véhicule automatisé

7. Perspectives

Conformément au concept de recherche de l'annexe A1, il est prévu d'approfondir pendant la phase de travail B « Analyses des effets et possibilités d'action » les six thèmes principaux suivants :

- Module 3a : Technique des transports
- Module 3b : Sécurité du trafic et des données
- Module 3c : Opportunités et défis à relever dans les TP
- Module 3d : Villes et agglomérations
- Module 3e : Ressources, environnement, climat
- Module 3f : Transport de marchandises, logistique des centres-villes

Une discussion avec les partenaires concernés par le projet permettra de concrétiser les questions d'approfondissement mentionnées au chapitre 6 et de les traiter dès novembre 2017 dans l'un des sujets exposés ci-dessus. Les résultats des différents approfondissements seront documentés dans des rapports distincts basés sur la présente étude fondamentale.

8. Glossaire et liste d'abréviations

5GAA	<i>5G Automotive Association</i> . - La 5GAA a été créé conjointement par de grandes entreprises de l'automobile et des télécommunications en 2016. Audi, BMW, Daimler, Ericsson, Huawei, Intel, Nokia et Qualcomm veulent ainsi développer, tester et susciter de l'intérêt pour de nouvelles solutions de communication. On veut par là pousser en avant des sujets comme la conduite autonome, les solutions de trafic intelligentes et la <i>Smart City</i> . Une attention particulière est consacrée aux processus de standardisation et de certification.
ACC	« <i>Adaptive Cruise Control</i> » (régulateur de vitesse adaptatif)
ADAS	« <i>Advanced Driving Assistance Systems</i> » (systèmes avancés d'aide à la conduite) : ACC « <i>Adaptive Cruise Control</i> » (régulateur de vitesse adaptatif) FCW <i>Forward Collision Warning</i> (système d'alerte anti collision) LDW <i>Lane Departure Warning</i> (avertissement de sortie de voie) LKA <i>Lane Keeping Assistance</i> (assistance au maintien de trajectoire) ACV assistance au changement de voie
AMoD	« <i>automated Mobility-on-Demand</i> » (similaire à MaaS, cf. ce terme)
AR	« <i>Augmented Reality</i> » (réalité augmentée). - Applications dans la construction automobile : projection d'images et de textes sur le pare-brise
ATO	« <i>Automatic Train Operation</i> » (conduite automatique des trains)
ATP	« <i>Automatic Train Protection</i> » (protection automatique des trains)
automatique	(1) (pour les appareils techniques) équipé d'un automatisme ; s'effectuant par autorégulation. (2) involontaire, nécessaire ; qui se produit de lui-même (Wikipédia)
automatisé	synonymes d'« automatique » : irréfléchi, habituel, instinctif, mécanique, schématique, stéréotypé, non intentionnel, inconscient, involontaire, nécessaire, obligatoire, autorégulé, agissant de lui-même, spontané, non sollicité, de lui-même, de soi-même (Wikipédia)
autonome	(1) (soutenu) qui s'administrent lui-même, indépendant (2) (soutenu) indépendant ; (3) (politique) appartenant au mouvement autonome ou en provenant (Wikipédia) Les « autonomes » (en grec ancien αὐτονομία, <i>autonomía</i> , « indépendance, autonomie » ou les « groupes autonomes » désignent aujourd'hui les membres de certains mouvements d'extrême-gauche, marxistes non orthodoxes ou anarchistes.

AV	« <i>Autonomous Vehicles</i> » (véhicules autonomes)
BASt	Agence fédérale des routes (Allemagne)
C2C	« <i>Car-to-car communication</i> » (communication de véhicule à véhicule)
C2I	« <i>Car-to-infrastructure communication</i> » (communication de véhicule à infrastructure)
C2X	« <i>Car-to-car and car-to-infrastructure communication</i> » (communication de véhicule à véhicule et de véhicule à infrastructure)
CA	conduite automatisée (partiellement possible dès le niveau L2)
<i>car-sharing</i>	ou partage, autopartage : la voiture est utilisée successivement par différentes personnes ; voir aussi les concepts voisins : « <i>pooling</i> » ou « <i>ride-sharing</i> » (covoiturage)
Cas d'application	domaine d'application spatial ou relatif à un réseau routier pour la conduite complètement automatisée, le cas échéant aussi défini par une limitation dans le temps ou restreint à certains groupes d'utilisateurs.
CAV	« <i>Connected and Autonomous Vehicles</i> » (utilisé par la <i>Chambre des Lords</i> en GB)
C-ITS	« <i>Cooperative, connected and automated mobility</i> » (Commission de l'UE : https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en)
Convoi	(dans les transports) : un ensemble de bateaux ou de véhicules terrestres circulant ensemble vers une destination commune. Synonymes ou formes particulières de convois de véhicules : colonne (militaire), peloton ; voir aussi à « <i>platooning</i> ».
C-V2X	« <i>Cellular Vehicle-to-anything communication</i> »
DE-OCF	Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer
DTO	« <i>Driverless Train Operation</i> » (exploitation des trains sans mécanicien)
ECE	« <i>Economic Commission for Europe</i> »
EF, ETF, CF	Entreprise [de transport] ferroviaire, compagnie ferroviaire
ETC	Entreprises de transport concessionnaires (du transport public)
G	(de 1G à 5G) : génération de la technologie de communication (actuellement : passage de la 3G à la 4G)
GIF	Entreprise gestionnaire d'infrastructures ferroviaires
GPS	« <i>Global Positioning System</i> »
HPC	« <i>Highway Pilot Connect</i> » (voir à « <i>Platooning</i> »)
IoT	« <i>Internet of Things</i> »

LCV	« <i>Light Commercial Vehicles</i> » (voitures de livraison) (McKinsey 2016)
Level (niveau) de 0 à 5	Niveau d'automatisation, allant de 0 à 5 (sources diverses)
LOHAS	« <i>Lifestyles of Health and Sustainability</i> » (consommateurs qui s'intéressent de près à l'environnement, au développement durable, à la cohésion sociale et la santé. Source : Wikipédia. Dans le marketing, il s'agit de la typologie de consommateurs correspondante.
MaaS	« <i>Mobility as a Service</i> », ou : « <i>Transportation-as-a-Service</i> » TaaS (prestations intégrales de services de mobilité) : shift away from personally owned modes of transportation and towards mobility solutions that are consumed as a service. This is enabled by combining transportation services from public and private transportation providers through a unified gateway that creates and manages the trip, which users can pay for with a single account.
MEP (segment)	Messagerie, express et paquets (McKinsey 2016)
NHTSA	« <i>National Highway Traffic Safety Administration</i> » (USA)
ODD	« <i>Operating Design Domain</i> » (Hallauer Thomas et al., 2017)
OEM	« <i>Original Equipment Manufacturer</i> » (fabricant d'équipements d'origine) : fabricant de composants ou de produits qui fabrique ceux-ci dans ses propres usines mais ne les distribue pas lui-même au commerce de détail.
OFROU	Office fédéral des routes (Suisse)
OSM	Open Street Map, projet de collecte, de structuration et d'exploitation de géodonnées librement utilisables
<i>platooning</i>	Système de transport routier en cours de développement dans lequel plusieurs véhicules, ou même un grand nombre, peuvent circuler les uns derrière les autres à une distance très réduite grâce à un système technique de commande, sans que la sécurité du trafic n'en soit affectée (d'après Wikipédia)
<i>pooling</i>	(voir à « <i>ride-sharing</i> »)
POST/DfT	« <i>Parliamentary Office of Science & Technology</i> » (Grande-Bretagne)
RAS	« <i>Robotics and Autonomous Systems</i> » (utilisé par la <i>Chambre des Lords</i> en GB)
RDS	« <i>Radio Data System</i> » (informations routières par la radio) ; voir aussi à « <i>TMC</i> »
<i>ride-sharing</i>	plusieurs personnes voyageant simultanément dans un même véhicule, mais n'ayant pas forcément le même point de départ ni la même destination. (Autres appellations : « <i>pooling</i> », « <i>lift-sharing</i> » et « <i>covoiturage</i> »)
SAC	Systèmes d'assistance à la conduite, systèmes d'assistance au conducteur (cf. aussi ADAS)

SAE	« <i>Society of Automotive Engineers</i> » (association internationale des ingénieurs en automobiles).
sans conducteur	non pourvu d'une personne chargée d'accomplir une tâche de conduite dans le véhicule (« <i>driverless</i> »)
SAV	« <i>shared autonomous vehicles</i> » (OCDE, 2015)
SGIT	Système de gestion informatisée du trafic
Sharing, partage	voir à « <i>car-sharing</i> », « <i>ride-sharing</i> »
SW	« <i>software</i> » (le logiciel du « système » de conduite automatisée)
TMC	« <i>Traffic Massage Channel</i> » (canal dédié aux informations sur la circulation à la radio) ; voir aussi à « RDS »
TRD	Trafic de ramassage et distribution Formes de transport futures dans la zone de transition entre le TIM et les TP, basées sur des véhicules complètement automatisés (par ex. : taxis collectifs complètement automatisés). Ces formes constituent une combinaison du partage et du covoiturage. Elles fonctionnent sans conducteur et optimisent leur exploitation en fonction des demandes des utilisateurs.
UITP	Union Internationale des Transports Publics
UTO	« <i>Unattended Train Operation</i> », exploitation des trains sans personnel à bord
VA	véhicule automatisé (s'applique dès le niveau L2)
VCA	véhicule complètement automatisé (à partir du niveau L4)
véh	véhicule
véh-km	véhicule-kilomètre (prestation de transport)
VM (VM4.0)	Système de gestion du trafic (en allemand <i>Verkehrsmanagement</i>) - VM4.0 est un système de gestion du trafic conçu de façon visionnaire, à haut niveau d'automatisation, par exemple en milieu urbain, pour une gestion efficace du trafic routier motorisé prenant en compte la C2I/C2X et des proportions élevées de VA (« système de robots »), mais intégrant aussi le trafic urbain public et lent (description des auteurs) ; (exploitation dans une large mesure du concept de <i>platooning</i> , avec ou sans conducteur ou passagers dans les véhicules)
voy-km	voyageur-kilomètre (prestation de transport)
VU (ET)	Entreprise de transport (<i>Verkehrsunternehmen</i>) en Allemagne ; voir aussi ETC pour la Suisse

9. Bibliographie

- ARE. (2016). *Bundesamt für Raumentwicklung, Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040*. Récupéré sur www.are.admin.ch
- ASTRA. (2017). Vielfältige Chancen dank vernetzten und automatisierten Fahrzeugen. *Strassen und Verkehr 2017*.
- ASTRA. (2017). Vielfältige Chancen dank vernetzten und automatisierten Fahrzeugen. *Strassen und Verkehr 2017*.
- BAV. (2016). *Eisenbahnverordnung*. Bern: BAV.
- BFS. (2017). *Bundesamt für Statistik, Verkehrsleistungen und Fahrzeugbewegungen/Fahrleistungen im Personenverkehr 2005-2015*. Récupéré sur www.bfs.admin.ch
- BMVI. (2017). *Ethik-Kommission - Automatisiertes und vernetztes Fahren*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- Bösch et al. (2017). *Cost-based Analysis of Autonomous Mobility Services*. IVT ETH Zürich.
- Boudette, N. E. (2016, 06. 06). *5 Things That Give Self-Driving Cars Headaches*. Récupéré sur The New York Times: https://www.nytimes.com/interactive/2016/06/06/automobiles/autonomous-cars-problems.html?_r=0
- CarPostal. (2017, 07 25). *CarPostal Suisse SA*. Récupéré sur Configurer la mobilité du futur: <https://www.postauto.ch/fr/smartshuttle>
- DIN V 19233. (année non spécifiée). Deutsches Institut für Normung e. V. *Leittechnik – Prozessautomatisierung – Automatisierung mit Prozessrechensystemen, Begriffe*.
- DIN V 19233. (o.J.). Deutsches Institut für Normung e. V. *Leittechnik – Prozessautomatisierung – Automatisierung mit Prozessrechensystemen, Begriffe*.
- EBP/swissfuture. (2013). *Wertewandel in der Schweiz 2030, Vertiefungsstudie: Mobilität 2030/2050*. Luzern: swissfuture - Schweizerische Vereinigung für Zukunftsforschung / BaslerFonds.
- European Union Funding for Research & Innovation. (2017). *Shift2Rail*. Récupéré sur <https://shift2rail.org/>
- Fagnant/Kockelman. (2014). The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*.
- Hallauer Thomas et al. (2017, 03.). The Autonomous Vehicle Global Study. A perfect storm ready to wipe out risk. PTOLEMUS Consulting Group.
- Hochstrasser, M. (2015, 04.). Auto ohne Fahrer. *Aktuelle Juristische Praxis (AJP)*.

- Kemmner, S. (2017, 06. 07). *Dieser autonome Zug braucht keine Schienen*. Récupéré sur Handelszeitung: <http://www.handelszeitung.ch/unternehmen/dieser-autonome-zug-braucht-keine-schienen-1418308>
- LCR. (2016, 10. 01). *Strassenverkehrsgesetz. Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft*. Bern.
- LZ. (2017, 03. 07). *Luzerner Zeitung*. Récupéré sur Selbstfahrender Bus: «Olli» kurvt bald ohne Chauffeur durch Zug: <http://www.luzernerzeitung.ch/nachrichten/zentralschweiz/zug/Bald-gibt-es-auch-in-Zug-selbstfahrende-Pendlerbusse;art93,982739>
- Maurer et al. (2015). *Autonomes Fahren*. Berlin: Springer.
- Maurer, M., Gerdes, J. C., Lenz, B., & Winner, H. (2015). *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Springer Verlag.
- Meyer et al. (2016). *Impact of Autonomous Vehicles on the Accessibility in Switzerland*. IVT ETH Zürich.
- Mouio, D. (2016, 08 25). *6 scenarios self-driving cars still can't handle* . Récupéré sur Business Insider: <http://nordic.businessinsider.com/autonomous-car-limitations-2016-8/>
- NZZ. (2017, 07. 05). *Neue Zürcher Zeitung*. Récupéré sur Mit einem fahrerlosen Linienbus zum Rheinfall: <https://www.nzz.ch/zuerich/autonomer-verkehr-fahrerloser-linienbus-zum-rheinfall-ld.1304382>
- OCDE/FIT. (2016). *Shared Mobility, Innovation for Liveable Cities, Corporate Partnership Board Report*.
- OFROU 2015/004. (2017). *Automatisiertes Fahren, Initialprojekt: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs*. Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft.
- OFROU. (2016, 12 21). *Automatisiertes Fahren - Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen*. Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft.
- OFROU. (2016, 12 21). *Automatisiertes Fahren - Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen*. Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft.
- OFS/ARE. (2017). *Verkehrsverhalten der Bevölkerung, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015*.
- OFT. (2016). *Eisenbahnverordnung*. Bern: BAV.
- Oliver Wyman. (2016). *Mobility 2040, Staying ahead of disruption*. Rebekah E. Bartlett.
- PostAuto. (2017, 07. 25). *PostAuto Schweiz AG*. Récupéré sur Die Mobilität der Zukunft gestalten: <https://www.postauto.ch/de/smartshuttle>

- Prognos. (2016). *Gesellschaftliche Trends und technologische Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr bis 2040*. Bern: im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung.
- Roland Berger. (2016). *THINK ACT - A CEO agenda for the (r)evolution of the automotive ecosystem*.
- Rüffer, M. (2017, 03.). Perspektive autonomes Fahren im schienengebundenen ÖV. *Deine Bahn*.
- Saner, R. (2017, 03. 22). *Freiburger Nachrichten*. Récupéré sur Autonomer Shuttlebus bedient letzte Meile zum MIC in Marly: <http://freiburger-nachrichten.ch/grossfreiburg/autonomer-shuttlebus-bedient-letzte-meile-zum-mic-marly>
- Schindler, C. (2017, 06. 23). Automatisierung der Strassenbahn - Sachstand und Ausblick. 2. *VDV-Zukunftskonkress*. Berlin.
- SECO. (2017). *Bericht über die zentralen Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft*. Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Shepardson, D., & Lienert, P. (2016, 02. 10). *Exclusive: In boost to self-driving cars, U.S. tells Google computers can qualify as drivers*. Récupéré sur Reuters: <http://www.reuters.com/article/us-alphabet-autos-selfdriving-exclusive-idUSKCN0VJ00H?feedType=RSS&feedName=technologyNews>
- Siemens. (2016, 09. 14). *Automatisiertes Fahren auf der Schiene*. Récupéré sur <https://www.siemens.com/customer-magazine/de/home/mobilitaet/innotrans/automatisiertes-fahren-auf-der-schiene.html>
- SOB. (2017, 06. 15). *Südostbahn*. Récupéré sur SOB treibt automatisches Fahren voran: <https://www.sob.ch/medienmitteilung/news/2017/6/15/sob-treibt-automatisches-fahren-voran.html>
- Stadt Bern. (2017). *Legislaturrichtlinien 2017-2020*. Bern: Erlacherhof.
- Swissfuture. (2011). *Wertewandel in der Schweiz 2030*. Luzern: swissfuture - Schweizerische Vereinigung für Zukunftsforschung.
- Theis, D. (2015, 10. 28). *Automatisches Einparkieren ist illegal*. Récupéré sur SRF: <http://www.srf.ch/newsapp-api/article/4.8/8293021>
- Valda, A. (2017, 07. 27). Bahnfirmen tüfteln gemeinsam an selbstfahrenden Zügen. *Tages-Anzeiger*.
- Ville de Berne. (2017). *Legislaturrichtlinien 2017-2020*. Bern: Erlacherhof.

10. Ouvrages complémentaires

Les ouvrages listés ci-dessous constituent un extrait de la base de données bibliographiques de projets « Zotero ».

BCG. *Will Autonomous Vehicles Derail Trains?*, Boston Consulting Group, septembre 2016.

BMVI Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren, Die Bundesregierung, BMVI, septembre 2015.

Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS). Research Theme Analysis Report, Commission européenne, Transport Research & Innovation Portal, juin 2016.

Die Stadt für Morgen. Umweltschonend mobil - lärmarm – grün -kompakt - durchmischt, Office fédéral de l'environnement (UBA) (Allemagne), mars 2017.

Dirk Heinrichs, et Rita Cyganski, *Automated Driving – How It Could Enter Our Cities and How This Might Affect Our Mobility Decisions*, German Aerospace Centre, Institute of Transport Research, 2015.

EBP, 2016 : *Trend Report* (version de décembre 2016) ; BaslerFonds / EBP, groupe de travail recherches prospectives

Federal Automated Vehicles Policy. Accelerating the next Revolution In Roadway Safety, US Department of Transportation, NHTSA, septembre 2016.

Foljanty, L. et al., *Sharing: Nische oder Massenmarkt? – Ergebnisse der Studie «ShareWay»*, Internationales Verkehrswesen, janvier 2017.

Frerik Froböse et Martina Kühne, *Mobilität 2025. Unterwegs in der Zukunft*, GDI pour le compte des CFF, 2013.

Goodall Warwick, Fishman Tiffany, Dixon Simon et Perricos Costi, *Transport in the Digital Age. Disruptive Trends for Smart Mobility*, Deloitte, mars 2015.

Goulding Lynne, Morrell Marcus et al. *Future of Highways*, ARUP Foresight + Research + Innovation, Londres 2014.

Herbie Schmidt, *Elektronik wird moralische Fragen nicht beantworten. Interview mit Renata Jugo Brüngger, Daimler*, NZZ, 4 mars 2016.

International Transport Forum (ITF) et Corporate Partnership Board (CPB), *Urban Mobility Upgrade. How Shared Self-Driving Cars Could Change City Traffic*, OCDE, 2015.

its-ch : *Kapazität und Leistung versus Umwelt und Klima. Wirkungen des Einsatzes automatischer Fahrzeuge im Sinne einer Nachhaltigen Mobilität*, 31. mai 2016 (2016-1)

Kässer Matthias, et al., *Delivering Change. Die Transformation des Nutzfahrzeugsektors bis 2025*, McKinsey & Company, septembre 2016.

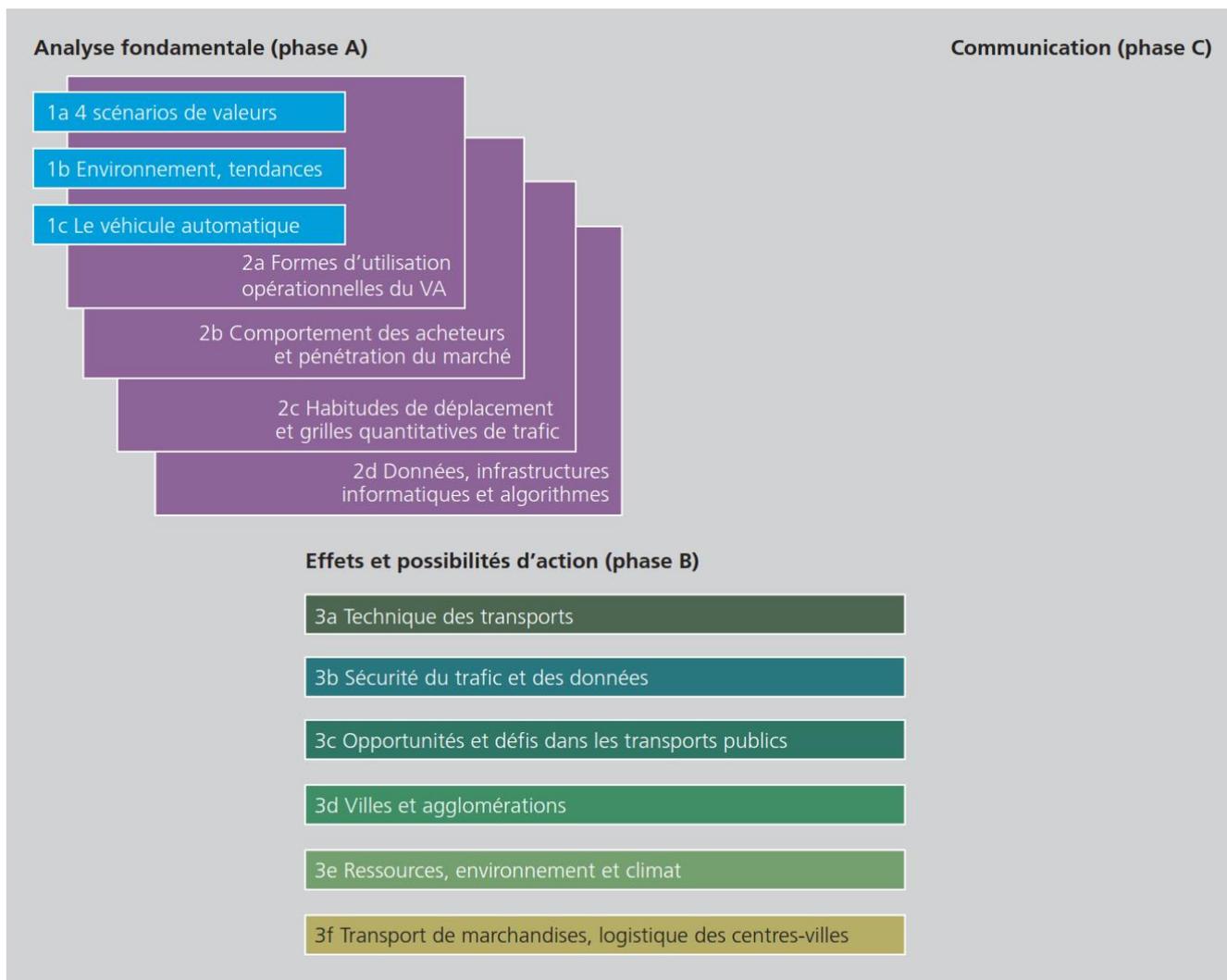
Kossak, Andreas, *Chancen und Grenzen des Carsharing, Lenkungsrichtung realistisch einordnen*, 21 décembre 2016.

- Kühn, Wolfgang, *Verkehrsinfrastruktur und hochautomatisiertes Fahren. Digitale Strassendaten als Vorwissen für hochautomatisierte Fahrzeuge*, Internationales Verkehrswesen, janvier 2017.
- Lawrence D. Burns, William C. Jordan et Bonnie A. Scarborough, *Transforming Personal Mobility*, The Earth Institute, Columbia University, 27 janvier 2013.
- Marc Winterhoff et al., *Zukunft der Mobilität 2020. Die Automobilindustrie im Umbruch*, Arthur D. Little, 2009.
- Members of the Science and Technology Select Committee and Committee staff, *Connected and Autonomous Vehicles: The Future?* House of Lords, Science and Technology Select Committee, 15 mars 2017.
- P. M. Bösch, F. Becker, H. Becker et K. W. Axhausen, *Cost-Based Analysis of Autonomous Mobility Services, Working Paper, 1225*, Institute for Transport Planning and Systems (IVT), EPF Zurich, Zurich, janvier 2017.
- Prepared by the Shared-Use Mobility Center, *Shared Mobility and the Transformation of Public Transit. Research Analysis*, American Public Transport Association APTA, mars 2016.
- Pr Dr Anja Schulze, *Roadmap zum Auto der Zukunft: Die Automobil (Zuliefer)Industrie in der Schweiz*, TagesAnzeiger GDI Forum, 24 novembre 2015.
- Robert Missen et al., *Transport Security*, European Commission, Communicating Transport Research and Innovation, 2017.
- Schade Wolfgang, Peters Anja, Doll Claus, Klug Stefan, Köhler Jonathan, et Kraul Michael. *VIVER – Vision für nachhaltigen Verkehr in Deutschland (Working Paper Sustainability and Innovation No. S 3/2011)*, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Geschäftsfeld Verkehrssysteme, janvier 2011.
- Taede Tillema et al., *Driver at the Wheel? Self-Driving Vehicles and the Traffic and Transport Systems of the Future*, MIE Ministry of Infrastructure and the Environment, KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis, octobre 2015.
- UITP, *Policy Brief. Autonomous Vehicles: A Potential Game Changer for Urban Mobility*, UITP Union internationale des transports publics, janvier 2017.
- Ulrich Weidmann (EPFZ), Wolfgang Stölzle (USG) et al., *Vision Mobilität Schweiz 2050*, EPFZ, Institut de la planification des transports et des systèmes de transport, et LOG-Universität St. Gallen (Lehrstuhl für Logistikmanagement), octobre 2015.
- Urban Mobility. Research Theme Analysis Report*, European Commission, Communicating Transport Research and Innovation, 2016.
- Viereckl Richard, Ahlemann Dietmar, Koster Alex et Jursch Sebastian, *Racing Ahead with Autonomous Cars and Digital Innovation. Connected Car Study 2015*, PwC Strategy&, 2015.
- Voller Datendrang. Wie die moderne Informationstechnologie den Strassenverkehr optimiert*, Siemens, janvier 2014.

Wadud, Zia, Don MacKenzie et Paul Leiby, *Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles*, Elsevier Ltd., 2016.

Wadud, Zia et Greg Marsden, *Self-Driving Cars. Will They Reduce Energy Use?*, University of Leeds, Energy Leeds, 2016.

A1 Concept de recherche



A2 Évolution des tendances

A2.1 Le *Trend Report* d'EBP

Depuis environ dix ans, EBP collecte périodiquement des informations sur les évolutions actuelles dans un processus interdisciplinaire avec des spécialistes de toute l'entreprise. Les sujets concernés et les tendances observées sont à chaque fois rassemblés dans le *Trend Report* d'EBP (cf. *Ouvrages complémentaires* à la page 75 : BaslerFonds / EBP, Arbeitsgruppe Zukunftsforschung, *Trend Report* (version de décembre 2016), EBP, 2016). Ce rapport a été actualisé en 2016. Il comprend 49 tendances futures dans les domaines suivants : société et individu, économie et entreprise, technologie et innovation, politique et droit ainsi qu'environnement, nature et espace. Ces tendances servent à étudier les opportunités et les défis dans des domaines spécifiques ainsi que dans les processus de recherche de stratégie pour un sujet sélectionné ou encore pour une institution.

A2.2 Identification des tendances pertinentes dans l'environnement

Dans une première étape, l'équipe de travail d'EBP a défini les tendances pertinentes en matière de véhicules automatisés ou de conduite automatisée, sur la base de la littérature spécialisée disponible. Pour chacune de ces tendances, on a évalué quels niveaux d'action sont influencés. Trois niveaux d'action ont ainsi été distingués :

- l'individu : en tant qu'utilisateur potentiel du véhicule automatisé, l'individu voit sa volonté influencée par certaines tendances.
- l'État : les tendances peuvent susciter une action de l'État, celui-ci pouvant rendre possible l'utilisation de nouvelles technologies par des autorisations ou des admissions (possibilité légale), ou selon le cas exiger une certaine forme par des directives et un certain comportement par des règlements (obligation légale).
- l'économie : les constructeurs de véhicules automatisés et les opérateurs de prestations de mobilité utilisent certaines tendances afin d'améliorer leurs opportunités sur le marché ; ils proposent les produits et services correspondants (possibilité matérielle).

Dans une deuxième étape, la proposition de l'équipe EBP a été discutée et complétée avec le groupe d'accompagnement de l'étude. Les résultats de cette discussion ainsi que les arguments en vue de l'évaluation sont exposés ci-après.

A2.3 Résultats de l'analyse des tendances

Une grande majorité des tendances identifiées comme pertinentes produisent des effets qui favorisent le véhicule automatisé ou la conduite automatisée, voire ont un effet très moteur (cf. les cases à fond vert ou vert foncé dans les tableaux des tendances ci-après). Pour le niveau d'action de l'économie en particulier, il n'a été relevé quasiment que des facteurs moteurs. Seule la tendance « protection des données, sphère privée » a un effet inhibiteur.

Les résultats montrent que globalement, seules 10 % des tendances ont un effet inhibiteur à très inhibiteur (cinq cases à fond rouge sur un total de 50 cases). Elles concernent dans les trois niveaux d'action la sécurité sociale et la protection des données (sphère privée) ainsi que, en complément

au niveau de l'État, l'action législative. C'est au niveau de l'État, en particulier, qu'on relève des orientations incertaines de ces effets, ou selon le cas des orientations qui sont fortement dépendantes des valeurs (+-). Six des tendances étudiées ont un effet inhibiteur ou moteur en fonction des valeurs de la société. C'est le cas des cases à fond bleu :

- la tendance sociétale « mobilité »
- les tendances « gouvernance » et « éthique » en politique et en droit
- les tendances environnementales « utilisation durable de l'énergie », « régulation du changement climatique » et « aménagement et organisation du territoire »

A2.4 Société et individu

Domaines thématiques	Tendances dans l'environnement (évaluation actualisée par discussion)	Individu	État	Marché
		Volonté	Possibilité / obligation légale	Possibilité matérielle
Société et individu	G3 Démographie	++	++	++
	G5 Évolution des valeurs et styles de vie	+	+	++
	G9 Sécurité sociale	-	+	+
	Besoins de sécurité croissants	++	++	++
	G10 Mobilité	++	+-	++
	G13 Communication	++	++	++
	G14 Protection des données, sphère privée	-	-	-

G3 Démographie

- De plus en plus de personnes (âgées ou non) ayant des exigences croissantes de mobilité profitent de la conduite automatisée.
- Le marché marque des points par l'accroissement du confort pendant la conduite.
- Les seniors sont la génération qui décide de l'acceptation sociale : ils ont l'argent et le poids politique.

G5 Évolution des valeurs et styles de vie

- La société est-elle prête pour cette transition ? Tout le monde ne souhaite pas circuler à l'avenir en conduite automatisée. Mot-clé : « Le plaisir de conduire », ou même « Le plaisir de conduire *soi-même* ».
- La population jeune, urbaine, comme moteur de la mobilité partagée, par ex. Uber. Perspective du marché pour une mobilité urbaine automatisée.
- Dans les véhicules automatisés, on peut rester « en ligne » (réseaux sociaux, média, téléphonie, travail...)

G9 Sécurité sociale

- Les individus peuvent craindre des pertes d'emplois puisque par ex. les conducteurs de bus pourraient perdre leur job. Solidarité de la société avec ces destins possibles, d'où (-).
- Dans les TP aussi, l'État peut avoir un intérêt à économiser sur les couts de personnel, d'où (+).
- Le marché profite de la conduite automatisée, par ex. sans conducteurs de bus, et l'encourage pour cette raison ; d'où (+)

Besoins de sécurité croissants

- Pas de commentaires. L'actuelle évaluation d'EBP est appropriée.

G10 Mobilité

- L'évaluation d'EBP est cohérente.

G13 Communication (nouveau)

- La demande d'une possibilité de communiquer sans restriction, sans lacune progresse à la hausse dans tous les groupes d'âges.
- Même l'âge venant, on reste mobile afin de rendre visite à des connaissances et de communiquer.
- Du point de vue professionnel, une communication sans restriction permet de travailler dans un véhicule roulant par lui-même.
- L'État profite de davantage d'efficacité et de chiffre d'affaires.
- Le marché se bat pour les meilleures plateformes et les meilleures offres de communication.

G14 Protection des données, sphère privée

- Il existe un certain paradoxe : d'une part un nombre incalculable de données est déjà collecté, d'autre part on peut tabler sur le fait que la possibilité d'une collecte de données en lien avec la conduite automatisée engendrera des réserves dans la population, et que l'État lui-même freinera l'évolution par des lois sur la protection de ce type de données.
- Pour le marché et l'industrie aussi, les règles à respecter en matière de protection des données représentent un cout important. Ici encore, l'évolution est freinée. D'où également l'évaluation (-).

A2.5 Économie et entreprise

Domaines thématiques	Tendances dans l'environnement (évaluation actualisée par discussion)	Individu	État	Marché
		Volonté	Possibilité / obligation légale	Possibilité matérielle
Économie et entreprise	W1 Économie mondiale	0	+	++
	W2 Économie suisse	0	+	+
	W3 Société de la connaissance numérique	+	+	+

W1 Économie mondiale

- La proposition d'EBP est jugée bonne.

W2 Économie suisse

- La conduite automatisée est liée à des nouvelles prestations de services.
- Nouvelles opportunités pour les entreprises d'informatique et de transport, aussi en Suisse (++) possible aussi pour Marché)
- L'État crée de bonnes conditions secondaires pour le marché, donc à inclure aussi
- La construction automobile peut être négligée en ce qui concerne le trafic individuel, mais elle est pertinente pour les TP (par ex. Stadler Rail)

W3 Société de la connaissance numérique (nouveau)

- La numérisation crée de nouvelles possibilités de marché (applis, plateformes de données).
- « Principe Uber » : du bien matériel à la prestation de services immatérielle. Mais c'est d'abord une question de coût pour l'utilisateur (par ex. prendre un taxi ou Uber)
- Ici encore, l'État crée des conditions marginales.
- L'individu peut se laisser séduire, par exemple : CarPostal Sion et le terminal E de l'aéroport de Zurich ont obtenu des retours très positifs

W5 Marché du travail

- Question centrale : comment le marché du travail s'adapte-t-il à la numérisation ? À quoi le modèle du temps de travail ressemble-t-il ?
- Il existe beaucoup de savoir-faire en Suisse, les entreprises et les organismes de formation se « fécondent » mutuellement. Cela représente un fort potentiel pour l'économie exportatrice.
- Cette tendance pourrait être prise en compte en complément, mais peut aussi être intégrée en W3.

W7 Consommation

- Concernant la conduite automatisée, la question centrale est celle des coûts de la prestation de transport (diminueront probablement)
- Le marché de masse des véhicules se transformera, on a besoin de moins de véhicules.
- Cette tendance pourrait être prise en compte, mais les effets sont probablement déjà couverts par d'autres tendances (éventuellement G10 Mobilité, utilisation des offres).

A2.6 Technologie et innovation

Domaines thématiques	Tendances dans l'environnement (évaluation actualisée par discussion)	Individu	État	Marché
		Volonté	Possibilité / obligation légale	Possibilité matérielle
Technologie et innovation	T2 Dynamique de l'innovation	+-	+	++
	T3 Techniques de l'information et de la communication	+	+	++
	T4 Construction	0	+	+-
	T6 Intelligence artificielle	+	+	++

T2 Dynamique de l'innovation

- La classification d'EBP est correcte.

T3 Techniques de l'information et de la communication

— Par son exigence de communication, l'individu est un autre moteur positif, y compris pour le développement technique de possibilités de communication pendant le trajet.

T4 Construction (nouveau)

- Ici, ce sont surtout les adaptations des constructions de l'infrastructure qui sont pertinentes.
- Cela peut s'orienter dans deux directions : extension du réseau routier avec un aménagement de l'espace routier adapté aux véhicules automatisés ; mais aussi démantèlement puisque les véhicules automatisés nécessitent moins de place et d'informations que les véhicules à conduite conventionnelle.
- Il n'existe pas d'influence de l'individu. Mais l'État et le marché auront une influence positive sur cette tendance.
- L'influence du marché peut être considérée comme positive à court terme (du fait de la transformation des constructions, de l'adaptation à la nouvelle technique). Mais à long terme, les mesures de construction (y compris actuelles) induites par la nouvelle technique deviendront caduques, ce qui peut entraîner une tendance négative de la part du marché.

T6 Intelligence artificielle

- L'influence de l'individu sur le développement technique de l'intelligence artificielle peut être positive, mais aussi négative.
- L'État, par contre, préconisera la poursuite du développement de l'intelligence artificielle parce qu'elle est un élément central du contrôle des fonctions de la conduite automatisée et qu'elle est synonyme de progrès technologique.
- Le développement technologique de l'intelligence artificielle sera fortement influencé par la concurrence entre les différents acteurs et opérateurs sur le marché. Celui qui a le meilleur algorithme vend le plus grand nombre d'ordinateurs de bord ou de véhicules.

A2.7 Politique et droit

Domaines thématiques	Tendances dans l'environnement (évaluation actualisée par discussion)	Individu	État	Marché
		Volonté	Possibilité / obligation légale	Possibilité matérielle
Politique et droit	P1 Finances publiques		<i>reste à définir</i>	
	P2 Gouvernance		<i>reste à définir</i>	
	P3 Évolution du droit (action législative)		--	
	P9 Éthique		<i>reste à définir</i>	
	P10 Durabilité en tant que concept politique		0	

P1 Finances publiques (nouveau)

- Baisse de coûts possibles dans les TP du fait de la disparition de frais de personnel
- Pression sur les coûts de financement de l'infrastructure routière, avantages par des économies
- Recul des coûts générés par des accidents, avantages sociétaux

P2 Gouvernance (nouveau)

- Comment le marché est-il organisé ? Comment les tâches sont-elles réparties entre l'État et le secteur privé ?
- Des interventions de l'État sont nécessaires (volonté de régulation), le marché et les entreprises doivent être freinés.
- Cannibalisation dans les transports : l'État finance les TP, qu'autorise-t-il ?

P3 Évolution du droit (action législative)

- Le développement des lois est un processus très lent qui freine le développement (--).
- De nombreuses applications sont techniquement possibles mais non permises par la loi.
- Pour certaines applications, on attend des décisions de l'UE pour que la Suisse puisse s'y associer.
- Il existe une pression du marché sur l'action législative, le développement technologique est plus rapide que le cadre légal.

P4 Interconnexion au plan international (nouveau)

- Il existe quelques liens de dépendance en matière de conduite automatisée, entreprises interconnectées.

P9 Éthique (nouveau)

- De nombreuses questions d'éthique doivent être débattues (situations de prise de décision, algorithmes)
- Question d'ordre sociétal : qu'est-ce qui doit être rationalisé, et dans quelle mesure ?
- Comment les emplois perdus du fait de l'automatisation sont-ils compensés ?

P10 Durabilité en tant que concept politique

- Délivrance d'autorisations d'exploitation : application rigoureuse de la législation dans son état actuel (par ex. obligation faite à CarPostal d'installer un centre opérationnel)
- Écologie : action limitée dans l'espace, donc pas vraiment durable ;
- La durabilité de la conduite automatisée n'est pas forcément acquise, la tendance ne doit pas obligatoirement être prise en compte

A2.8 Nature et espace

Domaines thématiques	Tendances dans l'environnement (évaluation actualisée par discussion)	Individu	État	Marché
		Volonté	Possibilité / obligation légale	Possibilité matérielle
Nature et espace	U2 Besoin en énergie		+-	
	U4 Changement climatique		+-	
	U5 Développement territorial		+-	

U2 Besoin en énergie

- En principe, les couts énergétiques devraient être pertinents pour le besoin en énergie, pour la conduite automatisée comme pour les véhicules conventionnels.

- Le besoin en énergie pour la conduite automatisée devrait être légèrement inférieur à celui des véhicules à conduite conventionnelle (ordre de grandeur estimé env. à 10 % pour une pénétration complète du marché), puisque le facteur humain peut être éliminé par l'optimisation de la conduite automatisée des véhicules.
- D'accord avec le classement « +- », puisque le besoin effectif en énergie sera fortement dépendant des formes d'application ou d'utilisation de la conduite automatisée (cf. à ce sujet U5 Développement territorial).

U4 Changement climatique

- Les effets du trafic sur le changement climatique devraient dépendre fortement de l'électrification (en se fondant sur une progression des énergies renouvelables). La tendance vers les véhicules automatisés accélère la conversion vers les véhicules à propulsion électrique, puisque les nouveaux venus (branche IT, Tesla), dans leur position de faiseurs de tendances, viennent défier les constructeurs de véhicules traditionnels.
- D'accord avec le classement « +- », puisque l'effet réel sera fortement dépendant des formes d'application ou d'utilisation de la conduite automatisée.

U5 Développement territorial

- D'accord avec le classement « +- », puisque l'effet réel sera fortement dépendant des formes d'application ou d'utilisation, ou selon le cas des conditions-cadre juridiques et économiques de la conduite automatisée. D'une part, l'interconnexion des véhicules automatisés à des fins de communication rend possible une utilisation plus efficace de l'infrastructure de transport ; d'autre part le travail mobile dans le véhicule facilite la productivité en cours de trajet sans perte de temps improductive malgré d'éventuels embouteillages (le temps de trajet domicile-travail devient temps de travail). Dans les deux cas, l'habitat à la campagne est encouragé, ce qui accentue la pression sur les paysages. Les tendances à l'étalement urbain sont plutôt favorisées par une individualisation accrue ; elles ne peuvent que difficilement être évitées par l'aménagement du territoire. La densification vers l'intérieur n'est pas favorisée et elle est, de ce point de vue, dans une situation difficile.
- L'accès facilité à la mobilité (individualisée, combinée ou non) simplifie le changement de lieu ; on est moins obligé de s'occuper de l'organisation du voyage et de la conduite. De nouveaux besoins sont suscités. L'accès facilité à la mobilité conduit à un accroissement des voy·km et du kilométrage des véhicules.
- Malgré un accroissement des distances parcourues en raison de trajets plus nombreux et plus longs, on ignore encore comment évoluent les durées d'embouteillages. Même pour les villes et les agglomérations, il n'est pas possible de déterminer clairement si les offres de partage et de covoiturage vont en principe s'imposer, en particulier grâce à la conduite automatisée, dans une large mesure (réduction de jusqu'à 75 % du parc automobile pronostiquée grâce au partage et au covoiturage). Les offres de partage et de covoiturage en interconnexion sont possibles aussi sans la conduite automatisée.
- L'accroissement de la densité du trafic grâce à la conduite automatisée constitue une opportunité d'utilisation plus efficace de l'infrastructure ; la condition préalable en est un « VM 4.0 » (logiciel de gestion du trafic).
- Quelles mesures d'accompagnement sont-elles souhaitées voire nécessaires en ce qui concerne par ex. le stationnement (meilleure exploitation des surfaces actuelles) et la montée et la descente des passagers des véhicules automatisés ? - Question-clé : qui doit orienter l'action, dans quelle direction et avec quelles valeurs ?

A3 Scénarios de valeurs

A3.1 Étude sur l'évolution des valeurs

La diffusion et les formes d'applications autorisées de la conduite automatisée dépendent entre autres des valeurs de la société. Mais en général, l'évolution de telles valeurs n'est pas facilement prédictible. C'est la raison pour laquelle la *Société suisse pour des études prospectives* s'est penchée sur le sujet dans le cadre d'une étude dénommée *Wertewandel in der Schweiz 2030* [Évolution des valeurs en Suisse en 2030] (Swissfuture, 2011). Les auteurs y ont établi quatre scénarios possibles d'évolution des valeurs dans la société, l'économie et la politique à l'horizon 2030. Les deux facteurs d'influence les plus marquants sont la prospérité et la force de l'État (cf. illustration 1).

Ces quatre scénarios ont été concrétisés pour la mobilité dans les années 2012 et 2013 (EBP/swissfuture, 2013). En raison du décalage dans le temps entre la décision et la mise en service des infrastructures de transport, l'étude d'approfondissement se focalise sur les années 2030 à 2050. Les sujets importants abordés dans les scénarios sont l'offre de transport, la demande de transport et la circulation.

Ces quatre scénarios ont pour but de montrer un éventail des états imaginables dans le futur. Ils doivent fournir des pistes de réflexion et des approches au sujet de l'acceptation de la conduite automatisée en Suisse. Les caractéristiques des quatre scénarios sont brièvement commentées ci-dessous.

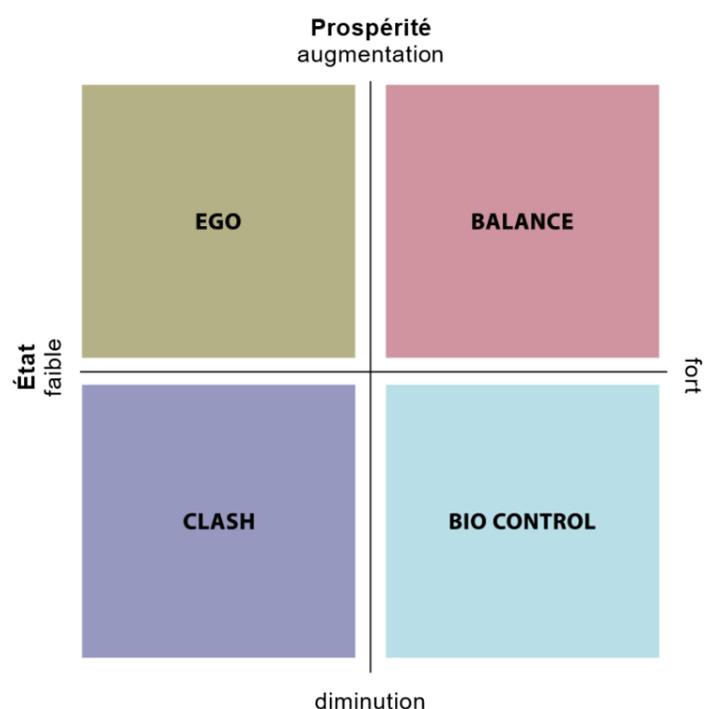


Illustration 1 : Les quatre scénarios dans les deux dimensions : « prospérité » et « État »

A3.2 EGO : l'argent rend mobile

La Suisse a pu enregistrer une croissance sensible de la prospérité. Elle a d'excellents rapports avec les anciennes puissances économiques comme avec les nouvelles. Le contrôle de l'État est réduit. La concurrence, la mondialisation et l'exploitation extensive des technologies de l'information et de la communication sont les caractéristiques de ce scénario. Les humains privilégient des liens souples envers leur famille, leur propre pays et leur employeur. On vit avec une responsabilité individuelle élevée. Les hauts et les bas de la société comme de l'économie sont acceptés : on les considère comme les fruits de sa propre performance.

L'argent rend mobile : plus vite, plus loin, plus intensivement, plus flexible, plus prestigieux et plus individuel – tels sont les paradigmes ; à l'opposé, les interventions de l'État sont un tabou. On investit dans les domaines où la rentabilité est assurée. La grande liberté de l'individu et un État dont l'action se limite à l'essentiel vont de pair avec un grand nombre de perdants en matière de mobilité et de régions périphériques mal raccordées.

A3.3 CLASH : la nécessité est mère de l'invention

La prospérité a nettement baissé en Suisse. Le déclin économique n'a pas pu être enrayé, même l'UE s'est trouvée dépassée par la crise de la dette et l'élargissement vers l'Est. La Suisse a dû subir une forte immigration en provenance des régions périphériques de l'UE élargie et des zones de guerre sur d'autres continents. Des fossés profonds s'ouvrent, et il n'est pas rare que les conflits qu'ils génèrent soient attisés par des questions idéologiques. La polarisation du monde politique mène à la rigidité du système. L'incertitude est largement répandue, et elle nourrit la jalousie ainsi que la méfiance.

La nécessité est mère de l'invention, y compris en matière de mobilité : En raison du recul de la prospérité, le grand public a de plus en plus de difficultés à organiser sa mobilité au quotidien. Les infrastructures se détériorent, les offres publiques manquantes sont compensées par d'opaques prestataires du secteur privé et par l'entraide entre amis.

A3.4 BALANCE : la durabilité par conviction

La prospérité en Suisse a augmenté, l'État est fort. La Suisse est devenue un centre de recherche et d'innovation de l'Europe. Le gain de prospérité est investi dans la communauté. Les institutions sociales ont été adaptées avec succès aux évolutions démographiques, la compatibilité du travail et de la famille a été améliorée, tout comme la qualité des logements et des quartiers résidentiels. Les valeurs générales sont décrites comme étant durables au plan social, écologique et économique. L'équilibre entre travail et vie personnelle est une valeur importante, l'engagement citoyen revient en force.

La mobilité durable, par conviction : on combine les modes de transport entre eux avec souplesse grâce à des offres de mobilité intelligentes, faciles d'accès, tout en veillant à choisir le plus court trajet et à en limiter l'impact sur l'environnement. Les décisions concernant l'infrastructure se fondent sur la qualité de l'ensemble du système, sur une conception attrayante et sur les besoins fondamentaux.

A3.5 BIO CONTROL : mobilité basique imposée

La Suisse connaît une perte de prospérité. Elle est isolée politiquement et économiquement. Mais le monde politique ne capitule pas devant la crise, il essaye au contraire de la maîtriser. Les problèmes de société comme la violence chez les jeunes, la santé publique, les possibilités de formation

sont résolus par un train de mesures répressives. La Suisse reste attachée à sa situation de cas particulier et entretient le mythe de l'autosuffisance. Le bon fonctionnement de la société a priorité sur la liberté personnelle. La population essaye d'adapter son style de vie en conséquence.

Une mobilité basique imposée plutôt qu'une croissance incontrôlable de la mobilité : le sens du devoir et la solidarité sont les plus hautes valeurs. Des initiatives dans le domaine de la santé ainsi que de la protection des ressources et des paysages conduisent à des réglementations et à des contingentements, avec pour conséquences des restrictions individuelles et des coûts élevés pour la mobilité.

A3.6 La conduite automatisée dans les scénarios de valeurs

Se fondant sur l'étude d'approfondissement mobilité, des experts de Swissfuture et d'EBP ont esquissé les conditions marginales de la conduite automatisée dans les quatre scénarios, sous la forme d'un modèle comportemental exemplaire pour les scénarios de valeurs. À cet effet, on a adopté méthodiquement pour chaque scénario le point de vue de l'individu, celui de l'État puis du marché. Les résultats sont présentés par le tableau ci-dessous, dans lequel sont abordés entre autres les aspects suivants : l'individu (organisation de la mobilité, rapport à la mobilité, trafic pendulaire, trafic de loisirs, affinité avec la technique, couches sociales), l'État (offre de mobilité de l'État, prescriptions de l'État concernant la sécurité, les infrastructures, la gestion du trafic, l'obligation de transport), le marché (économie privée, rôle de l'État, société, potentiel du marché, technique (de communication ou autre)) ainsi que le trafic de marchandises (organisation, offres, infrastructure propre (par ex. Cargo Sous Terrain).

Pour des raisons de simplicité, on n'a pas eu recours à la distinction par niveaux d'automatisation des véhicules tels que présentés au chapitre 3 ; on a considéré l'affinité fondamentale de la société avec la conduite automatisée.

	Caractéristique	EGO : l'argent rend mobile	CLASH : la nécessité est mère de l'invention	BALANCE : la durabilité par conviction	BIO CONTROL : mobilité basique imposée
Individu	Organisation de la mobilité	Davantage de mobilité individuelle sans regroupement des trajets (seul dans le véhicule).	Les véhicules sont utilisés comme taxis collectifs et pour le partage et le covoiturage privés non structurés. Les véhicules roulent le plus longtemps possible, ce qui rend plus difficile la pénétration de la conduite automatisée. Mobilité individuelle pour une élite.	Les formes de mobilité sont combinées avec flexibilité selon les besoins : individuelle, partage et covoiturage, TP. Les tailles des véhicules sont optimisées. Des véhicules privés sont disponibles, mais peu attractifs parce qu'ils doivent se soumettre à la gestion du trafic.	La mobilité intervient surtout dans les formes du partage et du covoiturage voulues par l'État. La possession d'un véhicule pour la circulation individuelle est plutôt rare en raison du fort taux d'imposition. Par principe, les déplacements sont évités le plus possible.
	Rapport à la mobilité	Charge émotionnelle : la mobilité, une partie de la liberté.	Inventivité : la mobilité, une partie du marché noir et de l'entraide	Sobriété, absence d'émotion : ce qui est important, c'est l'efficacité et la prévention de l'impact sur le climat et l'environnement.	Déterminé par d'autres : Les besoins personnels de mobilité sont subordonnés au bien de la société.
	Trafic pendulaire	Utilisation des véhicules automatisés personnels ou de services de mobilité de l'économie privée (offres de partage), pas de souhait de conduire soi-même : le temps est utilisé pour travailler.	Auto-organisation de la mobilité avec des modèles informels de petite entreprise. Les prestations de services de mobilité constituent une possibilité de faible revenu, elles sont organisées par des « esprits astucieux » qui créent une offre et une organisation à peu de frais.	Le transport est acheté en tant que prestation de service globale optimisée, par exemple avec la garantie d'arriver à la destination voulue dans un délai défini. Le consommateur laisse le système décider du mode de transport, la qualité est différenciée par le prix. En principe, une très bonne offre avec possibilités d'options existe. Ces dernières sont utilisées avec optimisation individuelle.	L'état prescrit quels trajets pendulaires et trajets de loisirs sont autorisés, les besoins individuels ont peu d'importance (ou sont soumis à un fort taux d'imposition). Les possibilités d'options plutôt rares concernant le mode de transport et le choix de l'itinéraire sont acceptées.
	Trafic de loisirs	Les véhicules personnels, pilotés par le conducteur, en tant que part de la liberté personnelle et qu'activité de loisirs. Conduite autonome sur les tronçons clairement définis à cet effet (par ex. les cols).	Offres premium de l'économie privée pour une élite mobile.	Offres premium de l'économie privée pour une élite mobile.	
	Affinité avec la technique	Grâce à une crédibilité élevée de la technique, la CA est largement utilisée. Le niveau de prospérité élevé permet un renouvellement rapide du parc par des achats privés. D'autres services complémentaires sont demandés.	Faible affinité pour la CA. Scepticisme pour cause de défauts des logiciels et de risques d'attaques par des hackers. Un niveau bas de prospérité rend impossible le développement technologique et la diffusion des VA.	Affinité élevée pour la CA dans le contexte d'une optimisation des itinéraires et de la consommation des ressources. Les acquisitions de VA à titre privé sont peu nombreuses.	Scepticisme important vis-à-vis de la CA : la société n'a pas d'affinité pour la technique, on s'attend surtout à des menaces terroristes et à des abus. Maisons s'arrangent des prescriptions de l'État qui déterminent au final le parc de véhicules. L'individu n'a aucune influence.
	Couches sociales	Offres de mobilité premium pour les riches. Offres à bas prix possibles pour les couches inférieures par augmentation de l'efficacité.	La mobilité se divise fondamentalement en deux couches de la société.	L'État se préoccupe de l'existence d'offres pour toutes les couches.	Les couches sont peu marquées.
État	Offre de mobilité de l'État	Offre de TP réduite, offre minimale pour les moins fortunés ; services nettement limités. Les infrastructures routières sont exploitées par des acteurs privés. Concession pour les points d'arrêt dans l'espace public pour les VA d'opérateurs privés. Des surfaces de stationnement restent nécessaires pour les VA privés	Offre de TP quasiment inexistante et qualitativement de bas niveau. Infrastructure routière mal entretenue. La montée et la descente dans l'espace public ne sont pas réglementées pour les opérateurs de VA.	Offre large avec connexion intermodale et du point de départ jusqu'à la destination. L'État définit des standards élevés et attribue des concessions pour les prestations de services de mobilité aux entreprises. En milieu urbain, des points d'arrêt sont clairement définis pour les véhicules automatisés, en périphérie les usagers sont pris en charge individuellement.	L'État exploite tous les véhicules et l'ensemble du système de transport. Les prestations de services de mobilité sont étendues et données en concession. Il existe toutefois des limites en raison du faible niveau de prospérité.
	Prescriptions de l'État en matière de sécurité	L'État ne se préoccupe que des standards techniques minimaux qui doivent être respectés. Les standards sont issus du monde économique dans la mesure où ils se sont imposés. L'État est membre d'une association de normalisation avec des entreprises privées.	L'État n'impose aucun standard en matière de sécurité. Les systèmes sont laissés aux lois du marché. Il existe d'importantes différences en matière de risques de sécurité dans un trafic mixte extrême.	État fort avec des exigences élevées en matière de sécurité.	Une grande importance est donnée à la sécurité. La conduite automatisée ne laisse aucune possibilité d'intervention au conducteur. L'État introduit des procédures d'homologation strictes.

	Infrastructures	Elles sont laissées aux acteurs privés. Sont construites et entretenues en tant qu'éléments des services de mobilité.	L'État ne peut assurer la maintenance des infrastructures. Des acteurs privés peuvent en acheter certaines parties et les utiliser pour leurs propres prestations de services (de masse ou non) ou pour des services de mobilité premium.	Les infrastructures de l'État sont utilisées efficacement.	Exploitées par l'État. Utilisation optimale (« l'intelligence plutôt que le béton »).
	Gestion du trafic	Le contrôle est externalisé et confié à des acteurs privés. L'État émet des prescriptions favorables à l'économie privée, ce qui permet différents standards d'offres pour différents groupes d'utilisateurs. Afin d'augmenter l'efficacité de l'ensemble du système, des restrictions sont en partie acceptées par les individus (par exemple interdiction d'accès aux autoroutes pour les véhicules non automatisés).	Autorégulation. Les prestataires de services de mobilité privés se concurrencent et ne peuvent pas se concerter pour prendre des mesures de coordination et de contrôle.	C'est le « système » qui organise le trafic.	Surveillance stricte et organisation forte des flux de circulation. Automatisation complète du trafic. Le trafic étant plus faible, l'organisation est moins exigeante du point de vue technique.
	Obligation de transport	Pas d'obligation de transport ni d'exigences standard pour les opérateurs. Les perturbateurs du système / les querulents se voient infliger une amende ou sont exclus (liste noire).	Il n'existe pas d'obligations de transport. Le marché informel définit une offre multiple à peine coordonnée. On recourt dans une large mesure à l'entraide réciproque dans le cercle privé.	Garantie de transport avec un standard de qualité clairement défini comme une partie des besoins fondamentaux.	Il existe une obligation de transport.
	Économie privée	Grâce à des conditions-cadre très libérales, les acteurs privés peuvent vendre toutes les offres de mobilité qu'ils veulent (logiciels et matériels). Ils assument des frais importants pour leur développement. Les services premium sont en particulier intéressants.	L'industrie vend des versions « allégées » de VA au meilleur prix possible. Une offre de base de CA est proposée par un petit nombre de firmes. Les entreprises privées veulent vendre des prestations de services de mobilité dans le segment à prix élevés.	Des entreprises privées sont intéressées par les nouvelles prestations de services de mobilité et les proposent puisque c'est ce que veulent l'État et les citoyens.	Les entreprises privées n'ont pas le droit de proposer des prestations de services de mobilité.
	Rôle de l'État	Dans son rôle d'initiateur et de régulateur, il se tient en retrait. Il offre une grande marge de manœuvre aux entrepreneurs de l'économie privée.	Rôle secondaire. Concernant la conduite automatisée, il n'entreprend rien, il la laisse se répandre.	Rôle actif : avec des incitations et des subventions ciblées, il tente de parvenir un trafic automatisé optimal.	Rôle très actif : l'État accélère le changement de système vers la conduite automatisée puisque cela permet de surveiller et de contrôler les déplacements et, entre autres, d'atteindre certains objectifs climatiques. Toutefois cette évolution est lente en raison des ressources limitées de l'État.
Marché	Société	Les utilisateurs peuvent utiliser des offres de mobilité plus larges et personnalisées aux prix du marché.	Les utilisateurs s'adaptent à des offres non coordonnées et très différentes en prix et en qualité. Ils choisissent leurs destinations d'activités en fonction de l'accessibilité de la mobilité.	Les citoyens veulent une mobilité durable et efficace.	Les citoyens se soumettent aux prescriptions de l'État. Ils veulent en priorité ce qui est autorisé, ou selon le cas ce qui n'est pas interdit.
	Potentiel du marché	La prospérité entraîne un potentiel élevé du marché.	Prospérité basse, potentiel de marché minimal	La prospérité relativement élevée et la propension à payer pour une mobilité durable engendrent un potentiel de marché élevé.	Prospérité basse, la propension à payer est au plus bas. Potentiel de marché faible.
	Technique (de communication et autres)	Pas d' <i>open source</i> , les entreprises privées développent en permanence de nouveaux produits de mobilité basés sur l'économie numérique en concurrence et avec accès pour les autres dans le seul cadre des modèles économiques (« <i>Big Business</i> »)	Le logiciel est <i>open source</i> . Des erreurs de programmation et des actions de hackers entraînent des tensions et un regain d'accidents. Absence de coordination entre les opérateurs de véhicules et de services.	Produits en partie <i>open source</i> . Les nouvelles technologies sont encouragées et exploitées de façon sélective et ciblée dans le cadre de solutions PPP.	Pas d' <i>open source</i> . Les développements techniques sont utilisés par l'État de façon ciblée pour le contrôle des besoins et des offres de mobilité ainsi que pour la gestion du trafic.
Trafic marchandises	Processus	Trafic marchandises terrestre à haut niveau d'automatisation, complété par des drones. Le système est exploité avec peu d'efficacité. Les technologies sont mises en œuvre avec un bénéfice maximal du point de vue économique.	L'automatisation est secondaire, on emploie un personnel bon marché.	Organisé de façon intermodale et optimisé dans le système. Des retards sont possibles lorsque des regroupements peuvent être effectués. Le besoin de transport de marchandises se réduit en raison d'un style de vie « durable » (par ex. achat de produits locaux).	Faible volume, forte réglementation. Existe surtout localement, sur de courts trajets. Couplé dans la mesure du possible au trafic voyageurs afin de minimiser le trafic. Les délais de livraison augmentent.
	Offres	Modèles avec échelles de prix et différents délais de livraison. Les services sont affinés et étendus. Les clients sont largement prêts à payer.	La livraison des marchandises n'est pas fiable en raison de défauts du système et de l'absence de coopérations. Les clients ne sont pas prêts à payer.	Relativement chères pour les clients, la prestation est orientée système et l'offre coordonnée.	Offres limitées de ramassage et de distribution par quartiers dans lesquels les marchandises arrivent et peuvent être expédiées dans des boîtes.
	Infrastructure propre (par ex. Cargo Sous Terrain)	Réalisation par des acteurs privés pour un gain de temps élevé	On investit à peine dans les infrastructures.	Réalisation possible par l'État ou à travers des solutions PPP.	Réalisation par l'État en vue de la réduction du bruit et des émissions.
Globalement	Évaluation des conditions pour la conduite automatisée	L'automatisation conduit dans certains cas à l'abandon de la liberté individuelle et à la mise en place d'un contrôle, ce qui engendre des frictions. Malgré cela, ce scénario présente une affinité avec la conduite automatisée grâce à la foi en la technique et à la tolérance envers des développements en rupture.	Peu d'affinité pour l'automatisation. À travers des technologies automobiles différentes (nombreux véhicules non automatisés). La conduite automatisée ne peut pas être mise en œuvre de façon efficace, ce qui entraîne un recul de l'efficacité de l'ensemble du système de transport.	La conduite automatisée devrait s'imposer précocement et à long terme dans des applications de niche grâce à des évolutions nettes du comportement de mobilité, et même au quotidien.	La conduite automatisée devrait s'imposer plutôt tardivement, mais elle est toutefois portée par un État actif qui y voit des avantages en matière de contrôle et d'efficacité.

A3.7 Histoires exemplaires

Pour illustrer concrètement la diffusion de la conduite automatisée, on trouvera ci-après une description de la mobilité basée sur les résultats pour les quatre scénarios, avec des exemples exposant le point de vue de deux personnes fictives, ainsi que des variantes possibles. Certains aspects ont été volontairement exagérés. Ces histoires seront utilisées comme des « flashes » destinés à ouvrir les discussions sur l'éventail des applications et sur d'autres sujets.

EGO : l'argent rend mobile

— Norbert N., 35 ans, conseiller juridique d'entreprise à Zurich : un très chic véhicule complètement automatisé vient le chercher devant son conteneur habitable de luxe sur le Pfannenstiel. Sur le trajet qui le mène vers son travail, en ville, réservé en ligne peu de temps auparavant, il vérifie s'il a reçu des messages et appelle des clients grâce au système de téléphonie embarqué. Le véhicule roule sur une voie exclusive de l'autoroute, exploitée par l'opérateur de services de mobilité. La vitesse est élevée, à l'image de la ponctualité ; mais il en va de même du prix. Avant d'arriver, il transmet encore rapidement ses souhaits de mobilité pour la semaine à la centrale de réservation : mercredi à 10:00 heures, réunion d'affaires à New York. Ensuite, le weekend, louer une voiture de sport à conduire soi-même et profiter des virages de la route fermée du col du Saint-Gothard. Dès qu'il est descendu, la voiture repart : elle doit aller chercher les enfants au conteneur habitable de luxe pour les emmener à l'école privée à Zollikerberg.



Illustration 16 : Illustration du scénario de valeurs EGO

— Sabrina P., 61 ans, employée de commerce aux expéditions, en périphérie de Soleure : elle travaille dans un grand magasin sur Internet qui livre ses paquets en moins de 2 heures dans toute la Suisse avec son propre parc de véhicules automatisés. Depuis son domicile dans un quartier périphérique d'Olten, elle pourrait bien sûr réserver tout simplement son trajet vers la gare en ligne, et un bus public circulant sans conducteur s'arrêterait à proximité. Mais il n'existe qu'un petit nombre de véhicules qui sont souvent dans un état problématique, et le temps

d'attente est long et dissuasif. De plus, la fréquence de passage du RER Suisse à la gare d'Olten est plutôt basse. Par chance, il y a le taxi collectif privé complètement automatisé « *Low Price Mobility* ». Bien sûr, elle est obligée de partager le véhicule avec d'autres passagers, mais en contrepartie c'est avantageux et très simple. En plus, elle va à son travail sans correspondance, même s'il faut faire quelques petits détours pour prendre d'autres passagers. Mais comme le taxi collectif, d'un cout modeste, n'utilise pas les voies privatisées de l'autoroute, il se retrouve parfois dans les embouteillages.

CLASH : la nécessité est mère de l'invention

- Lorenzo R., 45 ans, de Bellinzone : afin de pouvoir continuer à nourrir sa famille malgré la baisse des salaires dans la branche de l'informatique, il a loué à une connaissance un véhicule automatisé qui n'est plus tout jeune, produit en Extrême-Orient. Maintenant, il programme une plateforme pour que ce véhicule puisse circuler en tant que taxi collectif, regroupant le plus efficacement possible des trajets préalablement réservés et lui assurant un petit revenu complémentaire. Il y a malheureusement de nombreux embouteillages puisque de nombreux véhicules non automatisés circulent aussi et se gênent mutuellement. On perçoit en outre un certain scepticisme vis-à-vis des véhicules automatisés en raison des accidents qui ne cessent de se produire. Mais comme dans la pratique, il n'existe pas d'offre de transport public, les chances de réussite de son idée restent intactes.



Illustration 17 : Illustration du scénario de valeurs CLASH

- Pour Laure T., 50 ans, l'in vraisemblable est devenu vrai. Elle est devenue membre du conseil d'administration d'un groupe multinational. Entre sa villa, située dans un quartier coupé du monde à la périphérie de Genève, et ses multiples lieux de travail, elle utilise les services d'un prestataire premium qui organise de façon optimale ses exigences de mobilité et met en permanence à sa disposition un véhicule autonome luxueux et sûr. En raison du mauvais état de l'infrastructure publique et des problèmes de sécurité du reste du parc automobile sur les routes, l'opérateur proposera bientôt ses propres routes entre les *hot spots* des riches. Ce réseau desservira non seulement son quartier résidentiel chic, mais aussi l'aéroport et elle pourra ainsi se faire conduire rapidement et en toute sécurité de l'un à l'autre, tout en travaillant à bord.

BALANCE : la durabilité par conviction

- Heidi P., 20 ans, vient de passer sa maturité. Elle est interrogée sur son comportement en matière de mobilité en tant que jeune diplômée : « Sur de courtes distances, je me déplace souvent à vélo ou à pied. J'utilise parfois les véhicules publics sans conducteur. Dans ce cas je réserve mon trajet et je suis assurée d'arriver à l'heure à destination, même si le parcours est chaque fois différent. Je trouve que le covoiturage est une bonne chose. Pour des trajets plus longs, j'apprécie les avantages des trains à grande vitesse automatisés : la vitesse et le confort. Je peux y bavarder, tchater et poster des news comme je veux. En général, voyager c'est pour moi faire de nouvelles connaissances, rencontrer des citoyens ouverts sur le monde. »
- Erich N., 46 ans, de Lausanne : pour lui qui est très famille, c'est important de passer le plus de temps possible avec sa femme et ses deux enfants. Pour cette seule raison, il est hors de question pour lui d'envisager un long trajet pour aller sur son lieu de travail. Mais même indépendamment de cette question, Erich apprécie la multiplicité de l'offre municipale. Grâce à l'appli associée à sa « *mobility card plus* » il est constamment informé en temps réel du mode de voyage le plus fiable et le plus écologique. Qu'il s'agisse des courses quotidiennes ou d'une visite chez ses grands-parents, Erich n'a pas de préférence entre l'utilisation d'un vélo pris chez un opérateur de vélos électriques partagés ou le siège arrière d'une voiture complètement automatisée, partagé avec un inconnu. Ce qui compte pour lui, c'est d'engendrer le moins d'émissions possibles. Et pour finir, il peut encore économiser le temps du décompte mensuel des trajets effectués : son compte en est débité automatiquement.



Illustration 18 : Illustration du scénario de valeurs BALANCE

BIO CONTROL : mobilité basique imposée

- Urs W., 58 ans, de Delémont : chef d'équipe de longue date dans une usine d'horlogerie, il est directement concerné par les reculs permanents des ventes de montres. À l'époque de la montre « intelligente », seuls les nostalgiques des montres mécaniques doivent recourir à un travail manuel pour leurs réparations. La baisse du nombre d'emplois et l'augmentation de l'âge de la retraite font qu'Urs sera obligé de s'en sortir avec des ressources très limitées pendant ses dernières années d'activité professionnelle. Il y a quelques années déjà, il a dû exporter sa petite voiture âgée pour un prix dérisoire, par manque de pièces de rechange. Aujourd'hui, il ne s'offre guère plus que quelques rares trajets vers la chaîne du Jura toute proche. L'État

exploite tous les véhicules, mais la qualité de l'offre de transport est plutôt modeste. Une fois son voyage déclaré dans le système, il sera traité comme tous les autres : aucune possibilité d'option n'est proposée.

- Maria R., de Coire : Maria a perdu depuis longtemps tout contact avec les prestations de services de mobilité, qui ne fonctionnent plus aujourd'hui qu'à travers des applis. Par opposition à un système de transport public devenu opaque, elle se remémore volontiers l'époque où l'on achetait son ticket et le contact personnel avec le conducteur du bus. Les stations de charge à forte consommation d'énergie de ses assistants électriques consomment une grande partie des contingents d'énergie affectés aux ménages ; il ne reste de ce fait quasiment plus aucune ressource pour des déplacements plus longs avec les véhicules automatisés de l'État. Au lieu de cela, elle se fait livrer au point de livraison du quartier par un petit véhicule sans conducteur les quelques marchandises qu'elle peut encore se permettre d'acheter. Pour le paiement en ligne, elle doit recourir à la tablette de sa fille, qui passe lui rendre visite chaque semaine.



Illustration 19 : Illustration du scénario de valeurs BIO CONTROL

A4 Délimitations, descriptions complémentaires

A4.1 Interconnexion

- La C2C (*car-to-car communication*, dite aussi *vehicle-to-vehicle*, V2V) décrit l'échange d'informations entre différents véhicules. Cette communication a pour objectif d'informer suffisamment tôt le conducteur ou, selon le cas, le système de situations critiques et dangereuses, par exemple la présence d'accidents, de chantiers ou un fort trafic.
- La C2I (*car-to-infrastructure communication*, dite aussi *car-to-roadside*) (C2R) ou *vehicle-to-roadside* (V2R)) sert entre autres à l'échange d'informations entre les véhicules et les éléments de l'infrastructure routière, dans le but d'optimiser la sécurité du trafic ainsi que l'exploitation de l'infrastructure routière, par exemple : l'annonce de chantiers, des messages concernant des voies temporairement fermées ou la prescription de vitesses optimales.

Ces données complètent celles qui sont générées par les capteurs des véhicules eux-mêmes ; elles aident à adapter automatiquement (sur la base d'algorithmes) la circulation des véhicules : vitesse, choix de la voie de circulation, moment du freinage, etc. On peut en outre modifier les itinéraires de façon automatisée.

Aujourd'hui déjà, certains aspects de la communication C2X sont concrétisés. À titre d'exemple, on collecte et on exploite déjà des données GPS des appareils de navigation et des smartphones indépendamment du niveau d'automatisation, afin de mesurer le niveau de charge du réseau routier ou d'améliorer la navigation. De plus, on transmet dans les véhicules des messages annonçant des chantiers et des accidents. Cet échange de données peut encore s'intensifier.

A4.2 Sharing et pooling

Le partage (autopartage, *sharing*) désigne l'utilisation commune d'une ou plusieurs voitures. Contrairement à la location de voitures, le partage autorise la location de véhicules pour une courte durée (voire pour quelques minutes), et le contrat entre l'utilisateur et l'opérateur ne doit pas être renouvelé avant chaque utilisation. Par rapport au taxi, l'autopartage se distingue actuellement par une conduite conventionnelle du véhicule par l'intéressé. Toutefois ce critère devrait s'affaiblir en association avec la conduite automatisée.

Concernant l'autopartage, il convient de distinguer les plateformes d'offres et l'offre physique de véhicules ; dans les deux cas, leur gestion peut être publique ou privée. L'offre physique de véhicules est actuellement presque exclusivement aux mains d'acteurs privés : des personnes physiques (par ex. des voisins, des connaissances, des prestataires privés) ou des personnes morales (par ex. des constructeurs d'automobiles, des entreprises d'autopartage comme *Mobility* etc.). Les plateformes d'offres sont à l'heure actuelle exploitées principalement par des personnes morales.

On entend par « covoiturage » (*pooling*) le regroupement de trajets de divers usagers dans un seul et même véhicule. Dans les faits, on exploite depuis longtemps le covoiturage dans les transports publics. Toutefois, ce terme est marqué par des formes privées, surtout par des communautés d'automobilistes (covoitages réguliers ou occasionnels, dans chaque cas avec la voiture privée d'une personne physique), ou renvoie aux taxis collectifs, auquel cas la prestation peut être proposée par une personne physique ou une personne morale. Ici encore, il convient de faire une distinction entre les plateformes d'offres et l'offre physique de véhicules.

L'autopartage et le covoiturage réduisent le parc global de véhicules et, selon le cas, le nombre de véhicules en propriété propre. Le covoiturage permet en outre de réduire les distances parcourues, et donc le volume du trafic, ce qui permet d'éliminer les goulets d'étranglement sur les routes et de réduire les surfaces de stationnement.

A5 Niveaux d'automatisation

Étude BaFo sur la conduite automatisée au quotidien : caractérisation du niveau d'automatisation (Level of Automatisation, axé sur le trafic routier)

version concertée avec la ChF, l'OFROU et la CI, EBP, version du 15/02/17

Niveau (level)	Dénomination	Exemples	Conducteur				Système				SAE J3016		NHTSA	BAS t	POST/DFT
			Guidage longitudinal (GL)	Guidage transversal (GT)	Surveillance	Disponibilité à reprendre les commandes	Guidage longitudinal (GL)	Guidage transversal (GT)	Reconnaissance de toutes les limites du système	Aptitude à atteindre un état de risque minimal	Niveau (level)	Nom	Niveau (level)	Nomenclature	Nom
0	Conduite 100 % conventionnelle	Véhicule conventionnel LDW, ACV, FCW	toujours	toujours	surveillance constante	à tout moment	aucun	aucun	non	non	0	No Automation	0	Driver Only	Driver only
1	Systèmes d'assistance	Assistant de freinage, aide au stationnement (GT seulement), ACC, LKA	transfert du GL ou du GT au système si besoin, situations temporaires et spécifiques	transfert du GL ou du GT au système si besoin, situations temporaires et spécifiques	surveillance constante	à tout moment	GL ou GT par le conducteur s'il le souhaite, situations temporaires et spécifiques	GL ou GT par le conducteur s'il le souhaite, situations temporaires et spécifiques	non	non	1	Driver Assistance	1	Assistiert	Driver assistance
2	Automatisation partielle	ACC avec Lane Centering, assistant de conduite sur autoroute	transfert du GL et du GT au système si besoin, situations temporaires et spécifiques	transfert du GL et du GT au système si besoin, situations temporaires et spécifiques	surveillance constante	à tout moment	GL et GT par le conducteur s'il le souhaite	GL et GT par le conducteur s'il le souhaite	non	non	2	Partial Automation	2	Teilautomatisiert	Partial autonomy
3	Automatisation conditionnelle	Chauffeur sur autoroute	transfert du GL et du GT au système si besoin, situations temporaires et spécifiques	transfert du GL et du GT au système si besoin, situations temporaires et spécifiques	surveillance non permanente	Ordre de reprise de la conduite avec anticipation suffisante	GL et GT par le conducteur s'il le souhaite	GL et GT par le conducteur s'il le souhaite	oui	oui, mais pas dans toutes les situations	3	Conditional Automation	3	Hochautomatisiert	High autonomy (= High automation, DfT)
4	Automatisation élevée	Pilote automatique sur autoroute, système anticollision automatique, pilote automatique de stationnement	GL et GT assumés systématiquement par le système, complètement et dans le cas d'application défini	GL et GT assumés systématiquement par le système, complètement et dans le cas d'application défini	pas de surveillance	Ordre de reprise de la conduite avec anticipation suffisante	GL et GT complètement et dans le cas d'application défini	GL et GT complètement et dans le cas d'application défini	oui	oui dans toutes les situations du cas d'application, s'active si le conducteur ne réagit pas à un ordre donné	4	High Automation	3/4	Vollautomatisiert	Full autonomy (= Full automation, DfT)
5	Automatisation complète		Transfert systématique du GL et du GT au système, complètement et pour toutes les situations	Transfert systématique du GL et du GT au système, complètement et pour toutes les situations	pas de surveillance	aucune	GL et GT, complètement et pour toutes les situations	GL et GT, complètement et pour toutes les situations	oui	oui dans toutes les situations	5	Full Automation	3/4	-	-

Les fonds colorés marquent des différences importantes avec le niveau qui précède.

Les cas d'application comprennent des types de rues/routes, des plages de vitesse et des conditions d'environnement

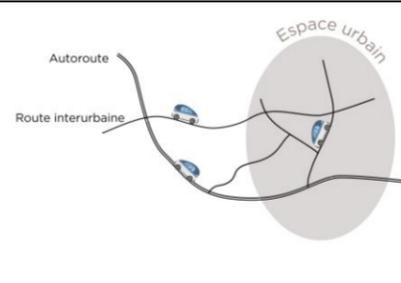
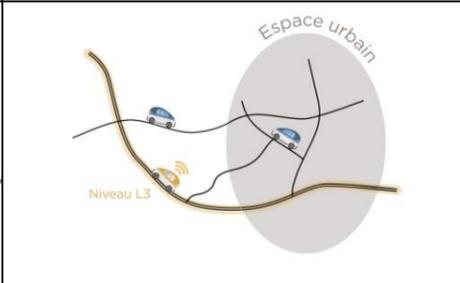
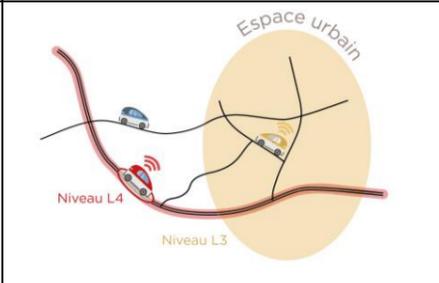
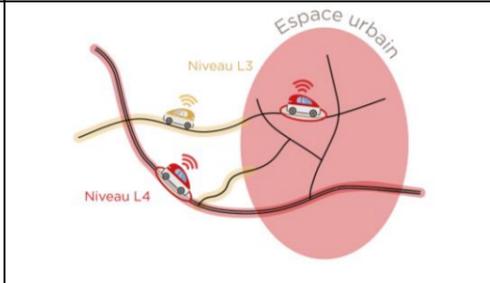
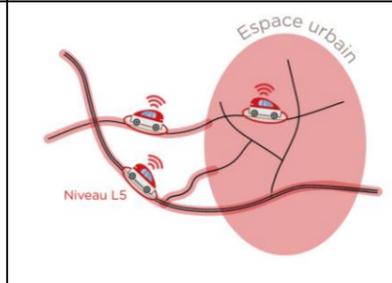
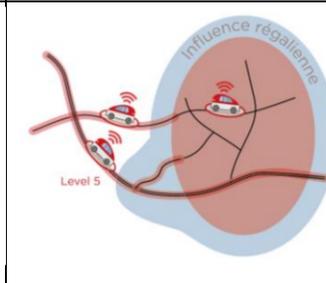
Différenciation d'applications avec automatisation complète

T1 4a	automatisation élevée avec possibilité de conduite humaine		Si le souhait du conducteur est accepté par le système, la prise en charge du GL et du GT par le conducteur est possible dans le cas d'application défini. En dehors du cas d'application, c'est le conducteur qui prend en charge les tâches de conduite.	(L4)	(L4)	Si le souhait du conducteur est accepté par le système, GL et GT transférés au conducteur dans le cas d'application défini.	(L4)	(L4)
T1 4b	automatisation élevée sans possibilité de conduite humaine		Aucune prise en charge du GL et du GT par un conducteur n'est possible, donc absence de pédale d'accélérateur, de frein et absence de volant	(L4)	(L4)	Le système assume en permanence le GL et le GT dans le cas d'application défini. Le véhicule ne peut pas circuler en dehors du cas d'application défini.	(L4)	(L4)
T1 5a	automatisation complète avec possibilité de conduite humaine		Si le souhait du conducteur est accepté par le système, la prise en charge du GL et du GT par le conducteur est possible.	(L5)	(L5)	Si le souhait du conducteur est accepté par le système, GL et GT transférés au conducteur.	(L5)	(L5)
T1 5b	automatisation complète sans possibilité de conduite humaine	véhicule-robot (par ex. le prototype Google)	Aucune prise en charge du GL et du GT par un conducteur n'est possible, donc absence de pédale d'accélérateur, de frein et absence de volant	(L5)	(L5)	Le système assume en permanence le GL et le GT.	(L5)	(L5)
TP 4a	automatisation élevée trafic lignes	Essais pilotes TP (CityMobil2, CarPotion)	aucune tâche de conduite (absence de pédale d'accélérateur et de frein, absence de volant)	pas de surveillance sur site dans le véhicule	pas de disponibilité à reprendre les commandes	GL et GT, complètement et pour le cas d'application défini (trafic lignes)	(L4)	oui dans toutes les situations du cas d'application (trafic lignes)
TP 4b	automatisation élevée avec libre choix de l'itinéraire		aucune tâche de conduite (absence de pédale d'accélérateur et de frein, absence de volant)	pas de surveillance sur site dans le véhicule	pas de disponibilité à reprendre les commandes	GL et GT, complètement et pour le cas d'application défini (par ex. dans l'espace)	(L4)	oui dans toutes les situations du cas d'application
TP 5	automatisation complète avec libre choix de l'itinéraire		aucune tâche de conduite (absence de pédale d'accélérateur et de frein, absence de volant)	pas de surveillance sur site dans le véhicule	aucun	GL et GT, complètement et en permanence	(L5)	oui dans toutes les situations

LDW Lane Departure Warning
ACV Assistance au changement de voie
FCW Forward Collision Warning
ACC Adaptive Cruise Control
LKA Lane Keeping Assistance

A6 États par domaine d'application

A6.1 Description des états pour le domaine d'application « TIM »

TIM : transport de personnes et transport individuel de marchandises		État 1	État 2	État 3	État 4	État 5	État 6
		<ul style="list-style-type: none"> surtout systèmes d'assistance à la conduite (L2) 	<ul style="list-style-type: none"> L3 : après les tronçons pilotes, autorisation gén. sur les RGD 	<ul style="list-style-type: none"> L3 à l'intérieur des localités : après les zones pilotes, autorisation gén. L3 L4 : après les tronçons pilotes, autorisation gén. sur les RGD 	<ul style="list-style-type: none"> RGC L3 à l'extérieur des localités : après les tronçons pilotes, autorisation gén. L4 à l'intérieur des localités : après les zones pilotes, autorisation gén. L4 Autorisation gén. L5 à l'intérieur des localités (espaces urbains) et sur RGD 	<ul style="list-style-type: none"> RGC L4 à l'extérieur des localités : après les tronçons pilotes, autorisation gén. (et donc autorisation à tous les niveaux du réseau) Autorisation gén. L5 tous niveaux du réseau 	<ul style="list-style-type: none"> Autorisation gén. L4/L5, avec la CA obligatoire au moins dans certains cas.
	Référence dans l'espace						
Application	Niveau d'automatisation L3	<p>Conduite automatisée L3 sur <u>autoroutes : tronçons expérimentaux</u></p> <p>Conduite automatisée L3 sur des terrains d'entreprises ou privés, séparés du réseau, non accessibles</p>	<p>Conduite automatisée L3 sur <u>autoroutes : autorisation générale</u></p> <p>Conduite automatisée L3 en <u>espace urbain formant une entité : tronçons expérimentaux</u></p>	<p>Conduite automatisée L3 en <u>espace urbain formant une entité : autorisation générale</u></p> <p>Conduite automatisée L3 sur <u>routes interurbaines : tronçons expérimentaux</u></p>	<p>Conduite automatisée L3 sur routes interurbaines : autorisation générale</p>		
	Niveau d'automatisation L4		<p>Conduite automatisée L4 sur <u>autoroutes : tronçons expérimentaux</u></p> <p>Parcage automatisé L4 en marche avant/latérale à l'extérieur</p>	<p>Conduite automatisée L4 sur <u>autoroutes : autorisation gén.</u></p> <p>Parcage automatisé L4 dans un parking couvert</p> <p>Conduite automatisée L4 en <u>espace urbain formant une entité : tronçons expérimentaux</u></p>	<p><u>Autorisation générale</u> conduite automatisée L4 en <u>espace urbain formant une entité</u></p> <p>Conduite automatisée L4 sur <u>routes interurbaines : tronçons expérimentaux</u></p>	<p>Conduite automatisée L4 sur routes interurbaines : autorisation générale</p>	<p>Conduite automatisée L4 Autorisation générale avec obligation dans les zones à capacité critique</p>

	Niveau d'automatisation L5				Conduite automatisée L5 <u>Autorisation générale en espace urbain formant une entité</u> ainsi que sur les RGD dans la mesure où il existe des raccordements au réseau urbain des deux côtés (itinéraires intérieur d'une localité > RGD > intérieur d'une localité)	Conduite automatisée L5 <u>Autorisation générale</u> pour application sur le <u>réseau public</u>	Conduite automatisée L5 Autorisation générale avec obligation dans les zones à capacité critique
	Commentaires	L2 <u>Assistant</u> de conduite sur autoroute admis L3 <u>Chauffeur sur autoroute sur tronçons expérimentaux</u> : le temps de réaction doit être défini et testé	L3 <u>Chauffeur sur autoroute autorisé sur toutes les RGD</u> : le temps de réaction et les conditions-cadre sont définis pour tous les conducteurs L4 <u>Pilote automatique sur autoroute sur tronçons expérimentaux</u> : des « états de risque minimal » doivent être définis pour chaque situation de trafic dans le cadre des cas d'application	L4 Le <u>pilote automatique</u> sur autoroute est autorisé pour l'ensemble du réseau RGD.		Autorisation élargie, tous les niveaux du réseau	Similaire à l'état 5 : en partie avec conduite automatisée obligatoire afin d'exploiter les capacités de façon optimale ; trafic mixte avec véhicules conventionnels impossible dans les zones d'obligation.
Conditions préalables	Législation : admissions/autorisations	Système d'aide à la conduite L2 : procédures d'admission comme antérieurement. Des autorisations spéciales pour des essais pilotes ou des applications L3 sont possibles (dans un cadre strict). Fondamentalement, les autorités d'homologation avancent en terre inconnue, déjà avec des autorisations spéciales L3, par exemple <u>Définition des temps de réaction</u> pour le <u>chauffeur</u> sur autoroute et pour les conditions d'essai.	Des tronçons expérimentaux L4 deviennent possibles sur RGD pour les autoroutes avec des autorisations spéciales d'abord pour certains tronçons de RGD (autoroutes à faible densité d'échangeurs et avec bande d'arrêt d'urgence existante). La garantie de la sécurité du produit incombe au constructeur (pas d'homologation de type).	Sur le réseau RGD (autoroutes, semi-autoroutes), la conduite automatisée L4 « <u>pilote</u> » est autorisée à titre général dans le contexte d'une augmentation de la sécurité grâce à des « <u>états de risque minimal</u> » définis pour chaque situation de trafic dans le cadre des cas d'application. Des tronçons expérimentaux deviennent possibles (avec autorisations spéciales) pour L3 sur des <u>routes interurbaines</u> sélectionnées : les temps de réaction doivent être définis et testés	Sur les routes interurbaines, aucune autorisation spéciale n'est plus exigée maintenant pour le « <u>pilote</u> » L4, la conduite automatisée est autorisée à titre général comme sur le réseau RGD. Pour les RGC à l'extérieur des localités aussi, on a <u>défini et rendu possibles des « états de risque minimal »</u> . En espace urbain, donc « à l'intérieur des localités » (ce qui reste à définir précisément), la conduite automatisée n'est possible que de façon limitée (niveau d'automatisation 4) et avec l'autorisation correspondante.	Le « système », dans sa fonction de « robot conducteur », doit être homologué sans restriction pour toutes les situations de trafic (conformément à la <u>Convention de Vienne</u> et conformément à la législation nationale).	L'obligation d'utiliser le mode CA est intégrée comme une fonctionnalité standard sur tous les véhicules circulant dans les zones concernées. (on peut imaginer d'éventuelles phases de transition avec une part réduite de VA)
	Législation : assurances	La responsabilité du détenteur et du conducteur du véhicule et la responsabilité du fait des produits se complètent comme jusqu'à maintenant [Hochstrasser 2015]	L'assurance en responsabilité reste inchangée dans une large mesure [Hochstrasser 2015]. Les assurances créent toutefois les bases permettant d'engager un recours contre les constructeurs de véhicules.	L'assurance en responsabilité avec recours élargi reste inchangée dans une large mesure (Hochstrasser, 2015).	Le business modèle de Volvo rend possibles des flottes d'autopartage privées dans lesquelles le constructeur et le propriétaire de la flotte assument la totalité de la responsabilité du système (responsabilité du fait de la fabrication / des produits, y compris pour les algorithmes des logiciels développés et leur exploitation). Avec responsabilité du détenteur au lieu de la responsabilité du conducteur au niveau L5.	Pour le TIM automatisé, l'assurance en responsabilité reste dans une large mesure inchangée avec obligation d'assurance en responsabilité civile du détenteur > responsabilité du fait des produits. Évolution des primes selon l'évolution réelle des risques.	Une influence de la part d'organismes externes souverains sur les véhicules dans des zones à capacité critique peut éventuellement entraîner des recours en responsabilité (par exemple si les intervalles de temps sont réduits pour augmenter la capacité)

<p>Législation : Code de la route infrastructure routière</p>		<p>La <i>Convention de Vienne</i> doit être adaptée en ce que sur les tronçons pilotes, le conducteur doit être déchargé de ses obligations.</p> <p>Le réseau des routes nationales est divisé en tronçons avec et sans possibilité d'automatisation. Ces tronçons sont caractérisés par la signalisation correspondante, les cartes numériques doivent intégrer ce type d'information. Les constructeurs de véhicules doivent prouver que la conduite automatisée n'est possible que sur ces tronçons.</p>	<p>La <i>Convention de Vienne</i> est modifiée en ce que le conducteur est déchargé de ses obligations sur des tronçons bien définis.</p> <p>Le réseau des routes interurbaines est divisé en tronçons avec et sans possibilité d'automatisation. Ces tronçons sont caractérisés par la signalisation correspondante, les cartes numériques doivent intégrer ce type d'information.</p> <p>Pour que les « états de risque minimal » deviennent possibles sur tout le réseau RGD, l'infrastructure des modes de transport est équipée en conséquence (par exemple ajout de bandes d'arrêt d'urgence).</p>	<p>Le réseau RGC est divisé en tronçons avec et sans possibilité de CA. Les tronçons sur lesquels il est permis de rouler avec le pilote automatique sont caractérisés par la signalisation correspondante, les cartes numériques doivent intégrer ce type d'information. Les constructeurs de véhicules doivent prouver que la conduite automatisée n'est possible que sur ces tronçons.</p> <p>Pour que les « états de risque minimal » deviennent possibles partout à l'intérieur des localités, l'infrastructure des modes de transport est équipée en conséquence.</p> <p>Pour les trajets qui s'effectuent entièrement au niveau L5, et pour lesquels aucune situation impliquant la nécessité d'un niveau inférieur ne peut survenir, l'utilisation d'un véhicule automatisé de niveau L5 est possible sans obligation d'être titulaire d'un permis de conduire. De plus, dans ce cas concret, des trajets à vide sont possibles aussi. Si l'application du niveau L5 n'est pas possible, la poursuite du trajet sans conducteur titulaire d'un permis de conduire n'est pas autorisée.</p>	<p>Les possibilités d'arrêt pour la descente et la montée des passagers (en cours de trajet pour les déplacements collectifs et sur le trajet école-domicile) doivent être clairement signalisés et réglementés.</p> <p>Pour que les « états de risque minimal » deviennent possibles partout sur le réseau RGC à l'extérieur des localités, l'infrastructure des modes de transport est équipée en conséquence.</p> <p>Pour les trajets qui s'effectuent entièrement au niveau L5, l'utilisation d'un véhicule automatisé est possible sans obligation d'être titulaire d'un permis de conduire. De plus, dans ce cas concret, des trajets à vide sont possibles aussi. Si l'application du niveau L5 n'est pas possible, la poursuite du trajet sans conducteur titulaire d'un permis de conduire n'est pas autorisée.</p>	<p>Les tronçons dont la capacité est critique sont définis et signalisés. Il existe un automatisme qui force les véhicules, sur ces tronçons, à circuler avec des distances ou des intervalles de temps réduits entre les véhicules, ceci étant contrôlé par un système supérieur, éventuellement en fonction de la densité du trafic au plan local.</p> <p>Là où cet automatisme (et donc l'obligation de conduite automatisée) a été décidé, il existe une possibilité de réduction éventuelle des profils d'espace libre du fait d'une meilleure précision des trajectoires. (le cas échéant à contrecourant des nouvelles normes SN 640201 et 640202 <i>Profil géométrique type</i>, 30/06/2017)</p>
<p>Technologie : véhicules et capteurs</p>		<p>Les véhicules doivent pouvoir atteindre le niveau L3, c'est-à-dire qu'un conducteur doit être prêt à reprendre les commandes du véhicule sur une instruction donnée avec une anticipation suffisante.</p> <p>Les capteurs doivent être capables d'appréhender intégralement la situation du trafic avec des taux d'erreur minimales jusqu'à 300 m env. devant le véhicule (autoroute).</p>	<p>Les véhicules doivent être capables d'atteindre le niveau L4, c'est-à-dire qu'ils doivent eux-mêmes pouvoir passer à un état de risque minimal. Cet état doit être défini en fonction de chaque situation (bande d'arrêt d'urgence, niche de sécurité, bord de route).</p>	<p>Fondamentalement, les niveaux L4 et L5 « automatisation élevée » sont atteints et établis. Le pilote automatique sur autoroute et l'arrêt d'urgence automatique sont des exemples des possibilités de ce niveau. Le guidage longitudinal et le guidage latéral sont en principe opérationnels. La surveillance du véhicule n'est pas nécessaire en permanence, mais le conducteur doit obligatoirement pouvoir répondre à une instruction donnée avec une anticipation suffisante. C'est pourquoi les trajets à vide ne sont pas encore possibles : au moins une personne titulaire du permis de conduire doit se trouver à tout moment à l'intérieur du véhicule.</p>	<p>Les restrictions géographiques ou portant sur un type de réseau doivent être programmées avec toute la sécurité requise (<i>fail-safe</i>).</p> <p>Les portes doivent être sécurisées contre l'ouverture involontaire par des enfants pendant la marche, et éventuellement aussi à la montée/descente des passagers du côté de la circulation, en fonction de la situation.</p>	<p>Le début et la fin des tronçons à caractère obligatoire doivent être détectés comme tels par les véhicules (transmission de données ou détection de la signalisation).</p>

Données	<p>Les entreprises de transport et les constructeurs de véhicules deviennent encore plus importants.</p> <p>Les prestataires de services de navigation perdent en importance puisqu'ils ne peuvent quasiment plus fournir de valeur ajoutée.</p> <p>Les autorités chargées de l'homologation des véhicules sont confrontées à des défis toujours plus complexes du fait des nouveaux aspects techniques qui doivent être soumis à l'homologation.</p> <p>Les sociétés technologiques gagnent en importance dans leur rôle de développeurs de technologies et d'acteurs du marché (<i>disruptive business cases</i>).</p> <p>Les constructeurs de véhicules définissent eux-mêmes l'interconnexion des véhicules et ont un rôle moteur dans la communication des véhicules automatisés.</p>	<p>Les producteurs officiels de géodonnées ne deviennent plus importants que s'ils sont en mesure de créer des données réglementaires.</p> <p>Les fournisseurs privés de géodonnées perdent en importance puisque les géodonnées sont collectées par les prestataires de services de mobilité eux-mêmes.</p> <p>Les données sont d'abord échangées entre véhicules d'une même marque et d'un même modèle.</p> <p>Des standards sont fixés en matière de <i>Car2Infrastructure</i> (C2I).</p> <p>Les constructeurs de véhicules deviennent plus importants puisqu'ils possèdent la plateforme.</p> <p>Les opérateurs de réseaux perdent en importance puisque leur offre est un produit de grande consommation remplaçable.</p>	<p>Les analystes de données deviennent plus importants puisque des données provenant de sources diverses doivent être préparées (analyse de données).</p> <p>Les grandes firmes de la Silicon Valley (les « <i>big five</i> ») deviennent plus importantes, puisqu'elles achèteront un constructeur de véhicules.</p>	<p>Les opérateurs de services de mobilité du TIM deviennent plus importants.</p> <p>Les autorités compétentes en matière de transport profitent de cette évolution (accès aux données, potentiel de contrôle) et deviennent plus importantes. La population attend une réglementation efficace concernant la sécurité du trafic.</p>	<p>Disponibilité des données couvrant tout le territoire pour tous les réseaux.</p>	<p>Les autorités compétentes en matière de transport ou, selon le contexte, les instructions qu'elles donnent deviennent encore plus importantes puisque le monde politique attend des réglementations concernant l'augmentation de l'efficacité sur les infrastructures routières et concernant la sécurité.</p>
Infrastructure de communication	<p>3G disponible sur tout le territoire, fiable et avec une puissance suffisante.</p>	<p>L'ETSI et l'UIT ont élaboré des standards de téléphonie mobile dans le domaine de la communication <i>Car2Infrastructure</i> (C2I), sur lesquels mise par ex. la 5GAA avec plusieurs fonctionnalités C-V2X dans les standards de téléphonie mobile 4G, et ultérieurement 5G.</p> <p>La 4G est disponible pour un tronçon expérimental en technologie de niveau L4 avec des fonctionnalités C-V2X dans l'infrastructure de communication sur les RGD, comme composante technique du tronçon expérimental (sécurité de la transmission des données afin de garantir la sécurité du trafic).</p>	<p>4G disponible sur tout le territoire avec une capacité et une fiabilité suffisantes pour l'autorisation du niveau L3 à l'intérieur des localités et sur RGD.</p> <p>La disponibilité de la 5G constitue l'état de la technique dans toutes les zones du réseau ayant une capacité critique, mais elle n'est pas une condition préalable à l'autorisation du niveau L4 sur les RGD.</p>	<p>La 5G est disponible, fiable et d'une puissance suffisante ; toutefois elle ne couvre pas tout le territoire, mais suffisamment sur les RGD dont la capacité est critique et dans les espaces urbains formant une entité des agglomérations du Plateau.</p>	<p>5G disponible, fiable et d'une puissance suffisante sur tout le territoire du Plateau ainsi que dans les espaces urbains formant une entité, y compris en région alpine ainsi que sur la totalité du réseau RGC de Suisse</p>	<p>Besoin le cas échéant d'une infrastructure de communication supplémentaire pour une éventuelle surveillance externe (gestion et sécurité du trafic)</p>

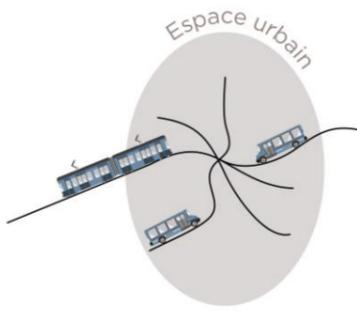
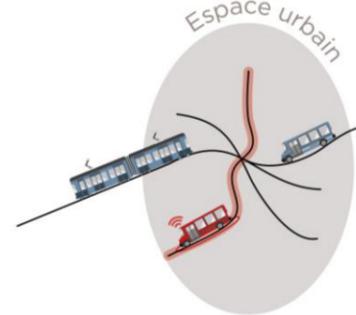
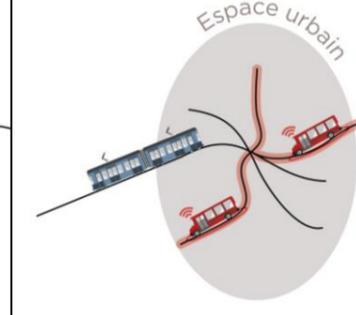
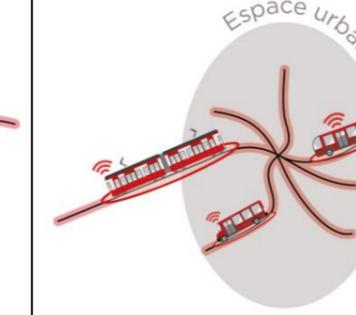
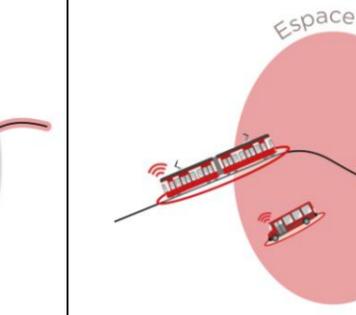
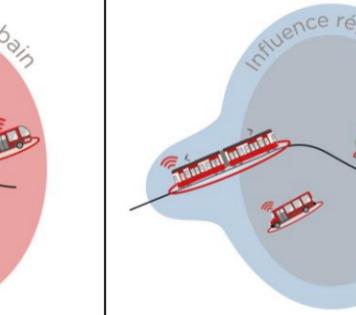
	Acceptation Autres facteurs	Des discussions sont menées à propos d'algorithmes qui prennent des décisions d'ordre éthique et des effets souhaités et non souhaités des VA.	Une majorité de la société est enthousiasmée par cette nouvelle technologie et y voit des avantages. Un débat politico-social a été organisé (éventuellement en amont d'un projet de loi).	Les essais pilotes réalisés sur autoroute ont eu pour effet une nouvelle augmentation du sentiment de sécurité et de la confiance envers la technologie.	La confiance dans la technologie au niveau L4 « automatisation élevée » a continué d'augmenter ; entretemps, elle est en principe acquise. L'utilisation sur les autoroutes s'est établie et elle est totalement acceptée ; sur les routes interurbaines, la confiance de la société envers la technologie mise en œuvre peut encore être renforcée.	Un détournement du véhicule doit pouvoir être évité.	L'obligation de conduite automatisée est probablement une intervention de l'État qui entraîne une phase assez longue d'évolution des valeurs et de débat politique.
Pénétration du marché des	Level 1	50 %	35 %	5 %	0 %	0 %	0 %
	Level 2	5 %	35 %	15 %	0 %	0 %	0 %
	Level 3	0 %	15 %	55 %	25 %	5 %	0 %
	Level 4	0 %	5 %	20 %	50 %	45 %	10 %
	Level 5	0 %	0 %	5 %	25 %	55 %	90 %
Pénétration du marché	Level 1	15 %	30 %	25 %	15 %	5 %	env. 0 %
	Level 2	0 %	10 %	20 %	15 %	10 %	env. 0 %
	Level 3	0 %	5 %	20 %	30 %	25 %	10 %
	Level 4	0 %	0 %	5 %	20 %	35 %	30 %
	Level 5	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	60 %

5G 5^e génération de la technologie de communication (actuellement : passage de la 3G à la 4G)

5GAA 5G Automotive Association

C-V2X Cellular Vehicle-to-anything communication

A6.2 Description des états pour le domaine d'application « TP routier »

TP routiers (transport de personnes)								
		État 1 Premières tentatives	État 2 Autorisations spéciales	État 3 Autorisation à l'intérieur des localités	État 4 Autorisation à grande échelle	État 5 Autorisation généralisée	État 6 Autorisation généralisée avec renforcement de l'influence de l'État (« mesures d'accompagnement ²⁷ »)	
Application	Référence dans l'espace							
	Cas d'application	Essais pilotes	Tronçons et sites de tests L4 dans l'espace public ou sur le réseau routier publiquement accessible	Tronçons et sites de tests L5 dans l'espace public ou sur le réseau routier publiquement accessible				
		Minibus		Minibus automatisés en agglomération en service normal au niveau L4	Minibus automatisés en agglomération en service normal au niveau L5 Les arrêts restent des points de passage fixes déterminants.	TP adaptatifs avec minibus en agglomération en service normal au niveau L5 Les arrêts restent des points de passage fixes déterminants.	TP adaptatifs en service normal <u>sans mesures d'accompagnement</u> : Possibilité de <i>pooling</i> , utilisation des véhicules publics en <i>carsharing</i> et <i>ridesharing</i> (ces possibilités d'utilisation ayant un rôle secondaire : part du <i>sharing</i> ≤ 25 %)	TP adaptatifs en service normal avec <u>mesures d'accompagnement</u> : Possibilité de <i>pooling</i> , utilisation des véhicules publics en <i>carsharing</i> et <i>ridesharing</i> (ces possibilités d'utilisation ayant un rôle primordial : part du <i>sharing</i> ≥ 50 %)
		Bus de ligne / autocars grandes lignes			Bus de ligne et autocars grandes lignes automatisés sur tronçons expérimentaux L4, à l'intérieur et à l'extérieur des localités	Bus de ligne et autocars grandes lignes automatisés sur tronçons expérimentaux L5, à l'intérieur et à l'extérieur des localités Les arrêts restent des points de passage fixes déterminants.	Les arrêts ne sont plus des points de passage fixes déterminants (TP adaptatifs)	Les arrêts ne sont plus des points de passage fixes déterminants (TP adaptatifs)
Taxis ²⁸			Flottes de taxis L4	Flottes de taxis L5				

²⁷ Les mesures d'accompagnement correspondent en particulier au « soutien politique » : modification des règles de vitesse pour le TIM dans les villes, développement et subventionnement de véhicules dédiés au covoiturage, maintien de lignes de bus ou de tram, redevances d'utilisation des routes, redevances de stationnement, restrictions d'accès (centres-villes), etc.

²⁸ Les taxis sont considérés comme étant intégrés au domaine d'application du trafic routier parce que les taxis sont soumis à des ordonnances cantonales, à des autorisations d'exploitation et que, comme les transports publics de proximité, ils interviennent sur le dernier kilomètre. Il devrait être plus facile de délivrer des autorisations spéciales pour les taxis que pour le TIM. Et plus les technologies d'automatisation seront avancées, plus les taxis et les TP se rapprocheront (mot-clé « fusion »).

		Trams				
Conditions préalables	Admissions, autorisations	Systèmes d'assistance à la conduite ²⁹	Trams partiellement automatisés GoA 3 (correspondant approximativement à un niveau L4) sur tronçons expérimentaux (comparable à l'influence ponctuelle sur les trains)	Trams complètement automatisés GoA 3 (L4) sur tronçons expérimentaux (comparable à l'influence continue sur les trains)	Trams complètement automatisés GoA 3 (L4) sur l'ensemble du réseau (comparable à l'influence ponctuelle resp. continue sur les trains) Trams autonomes GoA 4 (L5) sur tronçons expérimentaux (circulation sans conducteur)	Trams autonomes GoA 4 (L5) sur l'ensemble du réseau (circulation sans conducteur)
	Assurances	Aucune modification	Des autorisations spéciales rendent possible l'utilisation de bus et de trams sur des tronçons sélectionnés. Au début, les autorisations sont données de préférence à des lignes dont le degré de complexité et le plus bas possible : tracé ayant la plus forte proportion possible en site propre, lignes les plus isolées possibles, nombre de passagers le plus faible possible, etc. Pour les lignes bénéficiaires des autorisations, les arrêts sont les points de passage déterminants en début de ligne, sur le parcours et en fin de ligne. Les passagers ne peuvent monter et descendre qu'aux arrêts prévus.	Des autorisations groupées permettent de créer des lignes de bus (attribution par tronçons). L'homologation est soumise à une condition : la mise en œuvre d'un système de surveillance capable d'arrêter les véhicules en cas d'urgence par un accès à distance. Les arrêts restent des points de passage fixes déterminants.	Les autorisations d'exploitation des TP sont étendues des tronçons aux périmètres. Des opérateurs privés de services d'autopartage et de covoiturage obtiennent des concessions dans les périmètres mais ont toutefois l'obligation, s'ils utilisent le niveau L5, de s'en tenir aux arrêts des TP. Pour obtenir l'admission, les opérateurs publics et privés doivent justifier d'un système de surveillance capable d'arrêter les véhicules en cas d'urgence par un accès à distance.	Admission du système de contrôle dans le cadre de l'admission des véhicules. Les opérateurs privés de services d'autopartage et de covoiturage obtiennent des concessions dans des périmètres.
			L'assurance en responsabilité reste inchangée dans une large mesure. Les assurances créent toutefois les bases permettant d'engager un recours contre les constructeurs de véhicules et les fabricants des systèmes de surveillance.	Pour une utilisation au niveau L5, il est maintenant prévu à la place de la responsabilité du conducteur une responsabilité du détenteur ou même une responsabilité du fait du produit.		

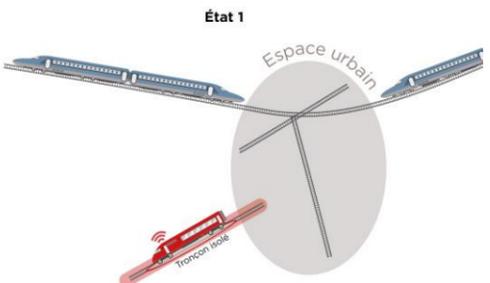
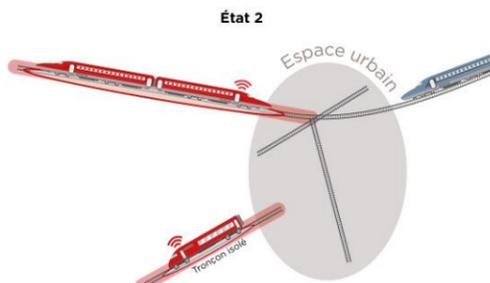
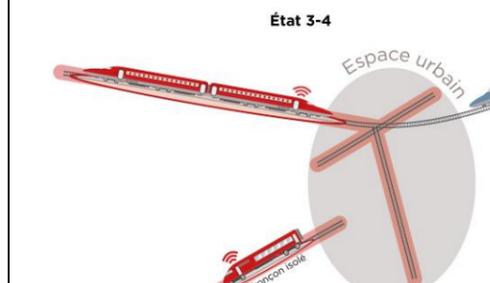
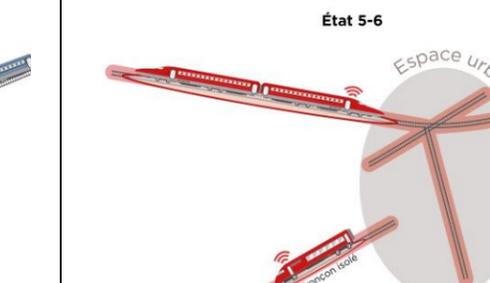
²⁹ Par ex. dispositif de contrôle de vigilance, régulateurs de vitesse, commande des aiguillages par la génération d'itinéraires, systèmes anticollision, *soft stop*, freinage automatique d'urgence en cas de collision frontale physiquement inévitable, système de freinage multicollision, assistant d'angle mort, etc.

Conditions-cadre légales	Aucune modification	<p>La <i>Convention de Vienne</i> doit être adaptée en ce que les conducteurs de bus et de trams sont déchargés de leurs obligations sur les tronçons expérimentaux.</p> <p>La Loi fédérale sur la circulation routière est élargie aux tramways et aux bus circulant au niveau L4 (ou GoA 3). Les voies ou les tracés sur lesquels ces véhicules circulent reçoivent un marquage en conséquence.</p>	<p>La <i>Convention de Vienne</i> est modifiée en ce que le conducteur est déchargé de ses obligations sur des tronçons bien définis.</p>	<p>Les arrêts restent les points de montée et de descente déterminants ; toutefois leur densité et leur positionnement peuvent être ajustés. La signalisation des arrêts doit être adaptée, et les cartes numériques doivent également intégrer ce type d'information.</p> <p>Prescriptions de sécurité le long des lignes de tram automatisées. Le cas échéant panneaux spécifiques pour l'information du trafic conventionnel « Attention, circulation de trams automatisés »</p>	<p>Comme les arrêts ne sont plus des points de passage fixes, on peut s'en passer dans l'infrastructure et dans la technique de signalisation. Des régulateurs sont maintenant nécessaires pour définir légalement la montée et la descente des passagers : quand, où, comment et combien de temps ?</p> <p>Prescriptions de sécurité le long des lignes de tram automatisées. Le cas échéant panneaux spécifiques pour l'information du trafic conventionnel « Attention, circulation de trams automatisés »</p>
	Aucune modification	<p>Les minibus doivent pouvoir atteindre le niveau L4, c'est-à-dire qu'ils doivent pouvoir entrer, par eux-mêmes ou avec le système de surveillance, dans un état de risque minimal (arrêt sur la ligne). Les capteurs doivent être capables d'appréhender intégralement la situation du trafic avec des taux d'erreur minimales jusqu'à 300 m env. devant le véhicule.</p>	<p>Les véhicules à grand gabarit doivent pouvoir atteindre le niveau L4, c'est-à-dire qu'ils doivent pouvoir entrer, par eux-mêmes ou avec le système de surveillance, dans un état de risque minimal (arrêt sur des surfaces définies). Les capteurs doivent être capables d'appréhender intégralement la situation du trafic avec des taux d'erreur minimales jusqu'à 300 m env. devant le véhicule.</p> <p>Les minibus en service normal doivent pouvoir atteindre le niveau L5.</p>	<p>Les véhicules à grand gabarit doivent pouvoir atteindre le niveau L5.</p> <p>Les véhicules d'autopartage et les taxis doivent par principe également pouvoir atteindre le niveau L5 « automatisation complète ». La surveillance du véhicule n'est pas nécessaire en permanence.</p>	<p>Tram : la fiabilité des capteurs doit satisfaire aux conditions de longues distances de freinage.</p>
	<p>CBTC : mise à niveau des trams aux standards ATP (« protection automatique des trains ») et ATO (« conduite automatique des trains »). Besoin impératif d'ordinateurs de bord (par ex. calcul des courbes de freinage).</p>				
Données : génération, qualité et transmission	Aucune modification	<p>Les autorités chargées de l'infrastructure définissent les nouveaux standards (ou ceux qui sont nécessaires) pour les communications « <i>car-to-infrastructure</i> ».</p> <p>L'échange de données entre les trams et l'infrastructure doit correspondre aux standards de sécurité (ATO, ATP, ATS). Le réseau de transmission de données par radio doit être développé en fonction du système choisi.</p>			

Infrastructure	Aucune modification	Minimisation des parts du trafic mixte, au moins par signalisation, des mesures constructives doivent être recherchées. Ceci s'applique en particulier au tram, mais aussi au trafic des bus. ³⁰			Réseau bus (TP adaptatifs) : tendance à la suppression des arrêts classiques, en particulier à l'extérieur des localités, ce qui engendre un besoin de nouvelles possibilités d'arrêt en bord de rue/route, probablement avec adaptation des constructions de l'espace routier. Tram : quasiment complètement sur tracé en site propre. Part de trafic mixte minime.
		Tram : mise à niveau de la voie au standard de l'influence ponctuelle sur les trains ou similaire	Tram : mise à niveau de la voie au standard de l'influence continue sur les trains ou similaire	Tram : réalisation des mesures nécessaires sur les lignes afin de permettre le niveau L5 / GoA 4.	
Acceptation par la société	Des débats se tiennent dans les médias, dans la société et dans le monde politique sur les essais pilotes dans les TP avec des minibus. La confiance envers la technologie augmente.	Les essais pilotent dans les TP ont laissé une impression positive auprès des utilisateurs. Ils sont prêts à monter dans des bus circulant sans conducteur et ils ont confiance en la technologie. Le système de surveillance permet de susciter un sentiment de sécurité chez l'utilisateur.	Les applications des TP liées à des lignes ont suscité des échos positifs. La demande de flexibilisation des services de transport prend de l'ampleur.	L'acceptation et la confiance de la société continuent à progresser pour les cas d'application à l'état 3.	Acceptation complète de la technologie L5 ainsi que des TP adaptatifs.

³⁰ La principale raison pour une réduction au minimum de la part de trafic mixte est la longue distance de freinage des tramways, associée au fait que les conducteurs des tramways sont en mesure d'anticiper et de conserver le fonctionnement régulier tel qu'il est connu aujourd'hui. Il faudrait qu'un système autonome puisse avoir un comportement similaire, c'est-à-dire acquérir des situations en autoapprentissage afin de pouvoir mieux anticiper dans une situation ultérieure. On considère actuellement que la vitesse moyenne des tramways en trafic mixte est d'environ 5 km/h. Avec un système capable d'autoapprentissage, on peut imaginer une légère augmentation de cette V_{moy} (env. 10 à 15 km/h).

A6.3 Description des états pour le domaine d'application « trafic ferroviaire »

Trafic ferroviaire : transport de personnes et de marchandises					
		État 1	État 2	États 3 et 4	États 5 et 6
		Applications isolées	Tronçons expérimentaux sélectionnés	Extension à des réseaux partiels	Automatisation complète de l'ensemble du réseau
Application	Référence dans l'espace				
	Cas d'application	Métro sans mécanicien (GoA 4) : actuellement env. 60 systèmes de métro et de transport hectométrique (Schindler, 2017) Téléfériques et funiculaires entièrement automatisés (GoA 4) Tramways en tunnel avec influence continue sur les trains (GoA 3, par ex. le tramway / métro léger de Düsseldorf) ou en plein air avec personnel d'accompagnement du train (GoA 4, par ex. le <i>Docklands Light Railway</i>)	Circulation automatisée de trains sans mécanicien sur des tronçons expérimentaux sélectionnés et en règle générale isolés (GoA 3 ou 4).	Circulation automatisée de trains sans mécanicien sur des parties de réseaux non mixtes (par ex. exclusivement LGV) avec <u>obligation</u> d'utilisation dans le transport ferroviaire régional de voyageurs comme dans le transport ferroviaire de voyageurs grandes lignes (GoA 3 ou 4). ³¹	Circulation automatisée de trains sans mécanicien sur l'ensemble du réseau avec <u>obligation</u> d'utilisation (GoA 3 ou 4).
Conditions préalables	Admissions, autorisations	Pour les métros, funiculaires et autres systèmes ferroviaires isolés, des admissions spécifiques au cas par cas sont possibles dans le cadre des réglementations légales existantes selon le principe de la preuve du même degré de sécurité. (OFT, 2016, S. Art. 5)	La circulation automatisée de trains est autorisée en principe sur l'ensemble du réseau à voie normale, donc transport ferroviaire régional de voyageurs et transport ferroviaire de voyageurs grandes lignes, pour des entreprises de transport concessionnaires. Toutefois, les exigences concernant le GoA 4 sont très élevées, en particulier en ce qui concerne la fiabilité des ordinateurs de commande et des dispositifs de communication ; c'est la raison pour laquelle des autorisations sont nécessaires à cet effet, par ex. le SIL 4 (OCF, art 5). De plus, ces systèmes doivent avoir une compatibilité descendante afin que les véhicules puissent aussi être utilisés sur des lignes équipées de l'actuelle technique de gestion et de contrôle (en particulier aussi longtemps que l'utilisation du GoA 3/4 ne s'effectue que sur des tronçons ou des parties de réseaux sélectionnés et que l'application n'en est pas obligatoire ; dans ce cas, les véhicules sont en général équipés de couches supplémentaires.		
	Conditions-cadre légales	Aucune adaptation des ordonnances et règlements concernés n'est nécessaire.	Adaptation et selon le cas complément aux prescriptions de circulation des trains (PCT) et, le cas échéant, précision dans les DE-PCT correspondantes du GIF.	Adaptation et actualisation des DE-OCF.	Restructuration complète de la réglementation sur la circulation des trains et même, au niveau GoA 4, abrogation des PCT et des DE-PCT puisqu'il n'existe plus de mécanicien de locomotive.
	Assurances	Transfert de la responsabilité de la sécurité de l'ETF vers le GIF ou, selon le cas, le fournisseur (fabricant du système). Comme la responsabilité des fournisseurs des systèmes est beaucoup plus élevée, ils auront probablement besoin d'assurances plus complètes.			

³¹ Obligation d'utilisation : les prescriptions actuelles de l'OFT prévoient que sur les lignes ETCS L2, seuls les véhicules équipés en conséquence ont le droit de circuler en tant que véhicules de conduite.
Trafic marchandises : quant à la question de savoir si l'automatisation complète se fera simultanément dans le trafic marchandises, cela dépend de l'évolution du trafic par wagons complets isolés (TWCI). L'automatisation complète n'est quasiment possible que par la renonciation au TWCI, ou selon le cas par sa suppression.

Technologie des véhicules et des capteurs	Les conditions de base ou conditions fondamentales de l'automatisation sont celles de l'ETCS dès le niveau L2 (base : ordonnances de l'UE et STI de l'UE ; la tendance « <i>ATO over ETCS</i> » apparaît clairement. ³² CBTC : mise à niveau des véhicules aux standards ATP (« protection automatique des trains ») et ATO (« conduite automatique des trains »). Besoin impératif d'ordinateurs de bord (par ex. calcul des courbes de freinage). En général, ces systèmes ont une compatibilité descendante (technique de gestion et de contrôle conventionnelle).	
Données : génération, qualité et transmission	Échange de données entre <i>ATO spots</i> (en général balise) et <i>ATP control units</i> : informations sur la conduite du train (arrêts, vitesses, etc.) y compris ordres de freinage. Échange de données entre <i>ATP Control Units</i> : échange sur l'état des blocs Échange de données sur la localisation du train entre <i>ATP Control Units</i> et <i>ATS Computer</i> . Transmission de données par radio : en fonction du système choisi, il en résulte un besoin d'aménagement du réseau GSM-R (ou selon le cas de la technologie de transmission de données par radio qui lui succède) correspondant à son utilisation dans l'espace, d'où l'ajout de pylônes de téléphonie mobile dans le périmètre comme décrit plus haut, en prenant en compte la puissance d'émission nécessaire, nettement supérieure par rapport à celle d'aujourd'hui.	
Infrastructure	En fonction de la décision de choix du système : distances de sécurité fixes ou dynamiques (<i>moving block</i>). Installations de voies : surveillance et mesures de construction pour la sécurité le long du quai et sur celui-ci (portes palières, radars comme à Nuremberg, ou autres dispositifs similaires) ainsi que des barrières empêchant les accès indésirables et le passage du gibier aux points névralgiques.	
Acceptation par la société	Les trajets en train sans mécanicien dans des systèmes isolés sont acceptés (et déjà en service comme à Lausanne, Zurich et Lucerne).	La majorité du public est convaincue par l'évolution des technologies et reconnaît les avantages des trains sans mécanicien (sécurité accrue, meilleure offre grâce à l'accroissement des capacités, fiabilité). Des débats politico-sociaux sont organisés, en particulier à l'occasion du passage du niveau GoA 2 (avec mécanicien de locomotive) à GoA 3 (avec personnel d'accompagnement, mais sans mécanicien de locomotive) ainsi que de GoA 3 à GoA 4 (sans personnel).
Autres facteurs	Révision des profils d'espace libre et selon le cas adaptation de l'infrastructure en cas de défaut de telle façon que soient disponibles un éclairage suffisant, un couloir latéral sûr ainsi que des possibilités (de voies) d'évacuation.	

PCT Prescriptions de circulation des trains

SIL *Safety Integrity Level* (niveau d'intégrité de sécurité) conformément à la norme de sécurité EN 61508 ; ici en lien avec l'ETCS *Level 1 Limited Supervision* « SIL4 = absence d'exigence d'un système protégé contre les dysfonctionnements sur la ligne »

STI Spécifications techniques d'interopérabilité

³² L'« *ATO over ETCS* » est déjà appliqué au Royaume-Uni ; des demandes existent aux Pays-Bas et en Allemagne. Dans le cadre de l'initiative de l'UE *Shift2rail*, on poursuit le développement de la standardisation « *ATO over ETCS* » en tant que sujet d'étude majeur d'un groupe de travail européen (Siemens, 2016). De plus, dans le cadre du projet *Shift2Rail* (à ce jour le plus important programme d'innovation dans le secteur ferroviaire avec un volume d'investissement total de 920 millions d'euros), des recherches sur l'ATO sont menées sur la base de l'ETCS, avec développement de démonstrateurs (European Union Funding for Research & Innovation, 2017).