

Le déploiement européen du véhicule autonome

Pour un renforcement des projets européens

établi par

M. Damien PICHEREAU,

Parlementaire en mission auprès
de la Ministre de la transition écologique
du Ministre de l'économie, des finances et de la relance
du Ministre délégué, auprès de la Ministre de la transition écologique, chargé des transports
de la Ministre déléguée, auprès du Ministre de l'économie, des finances et de la relance, chargée de l'industrie



Figure 1 : Expérimentation Place de l'Étoile à Paris, dans le cadre du projet Deep Perception (CEA/ Valéo) du logiciel Deep Manta du CEA-List qui permet de détecter en 2D et en 3D les objets d'intérêts sur la route. Source : Les défis du CEA n°230, septembre 2018

30 juillet 2021

Sommaire

Résumé.....	8
Les huit principales recommandations.....	13
Introduction	14
La stratégie nationale de développement de la mobilité routière automatisée 2020-2022.....	14
Véhicule autonome ou véhicule automatisé ?	15
Un véhicule autonome, un véhicule avant tout connecté	15
Un véhicule connecté est un objet numérique : son développement va donc suivre certaines règles du développement de l'économie numérique.....	16
La méthodologie de travail suivie par la mission.....	16
Le présent rapport.....	17
1 L'encadrement réglementaire du véhicule automatisé : des avancées significatives	18
1.1 Les niveaux de classification des véhicules : une notion en cours de clarification.....	18
1.2 Une réglementation internationale relative à la circulation routière en pleine évolution.....	23
1.2.1 Une réglementation internationale relative à la circulation routière morcelée donnant un avantage compétitif pour la Chine, les États-Unis, et le Japon dans le développement du véhicule autonome.....	23
1.2.2 La convention de Vienne ne permet pas aujourd'hui la circulation des navettes publiques ou des robots-taxis sans chauffeur ... sauf en Allemagne	24
1.2.3 L'introduction d'un article 34 bis dans la Convention de Vienne va permettre à un État membre d'autoriser la conduite à distance à partir de juillet 2022	26
1.2.4 La préparation d'un nouveau texte général relatif aux véhicules automatisés devrait permettre une harmonisation mondiale des conditions de circulation des véhicules autonomes à l'horizon 2025	27
1.3 La réglementation internationale relative à l'homologation des véhicules doit progresser	27
1.3.1 La convention de Vienne ne permet aujourd'hui la circulation des véhicules de niveau 3 que pour la seule fonctionnalité du maintien de la trajectoire sur une voie donnée à vitesse limitée.....	28
1.3.2 L'introduction du véhicule autonome dans la réglementation technique internationale nécessite l'introduction de nouveaux textes mais aussi la	

modification d'un grand nombre de textes existants	28
1.4 La réglementation européenne doit désormais évoluer pour autoriser la circulation de manière harmonisée au sein de l'UE des véhicules sans chauffeur et des véhicules hors des catégories internationales (navurb, droïdes, ...).....	29
1.4.1 Les véhicules n'entrant pas dans les catégories traditionnelles internationalement reconnues ne peuvent bénéficier aujourd'hui d'une homologation européenne	30
1.4.2 Une procédure dérogatoire est prévue pour les véhicules traditionnels automatisés.....	30
1.4.3 Les évolutions nécessaires de la réglementation européenne	32
1.5 Les réglementations étrangères.....	34
1.5.1 Le cadre réglementaire allemand : les juristes allemands jugent le niveau 4 possible dès aujourd'hui en Allemagne.....	34
1.5.2 Le cadre réglementaire aux États-Unis qui repose sur la responsabilité des constructeurs offre un terrain de jeu idéal pour le déploiement des véhicules autonomes.....	35
1.5.3 Le cadre réglementaire italien : une simplification nécessaire	36
1.6 Une évolution très positive de la réglementation française	37
1.6.1 Un cadre réglementaire désormais approprié pour les expérimentations	37
1.6.2 La mise en place du cadre réglementaire permettant la circulation des véhicules à délégation de conduite	38
1.6.3 Le processus d'autorisation et la démonstration de sécurité des systèmes de transport routier automatisés : une nouvelle approche de validation.....	40
1.6.4 Le cas particulier de la navette urbaine : une homologation du véhicule autonome en cours de définition	42
1.6.5 La livraison du dernier kilomètre : le stade de l'expérimentation	44
1.6.6 Les robots agricoles autonomes relèvent de la directive machine mais ne peuvent pas circuler aujourd'hui sur la voie publique.....	45
1.6.7 L'accès aux données représente un enjeu majeur qui continue à soulever des débats au-delà de l'ordonnance prise	46
2 L'intelligence artificielle actuelle ne permet pas d'obtenir l'autonomie complète des véhicules : de nouveaux travaux de recherche sont nécessaires.....	49
2.1 Quelques définitions	49
2.2 Les progrès et les limites de l'IA actuelle	50
2.3 Comment dépasser les limites actuelles de l'IA ?	53
2.3.1 L'approche américaine : l'utilisation massive des données	53

2.3.2 Une approche européenne reposant sur une intelligence artificielle digne de confiance.....	56
2.4 Les pistes possibles de recherche en France.	57
2.5 Le développement du véhicule autonome suppose un programme de recherche plus étendu	60
2.5.1 Le renforcement de la pile logicielle.....	60
2.5.2 L'efficacité énergétique des semi-conducteurs et du réseau numérique	60
2.5.3 La certification des systèmes à base d'intelligence artificielle	61
2.6 Pour un renforcement des efforts de recherche consacrés à l'IA des véhicules automatisés et connectés ainsi que des véhicules autonomes.	61
3 La dimension industrielle du véhicule autonome :	64
3.1 Les différents segments possibles du véhicule autonome.....	64
3.1.1 Le Transport public : le développement notable des navettes publiques.....	64
3.1.2 Les engins spécialisés, la logistique et le transport de fret : un développement à stimuler pour la livraison du dernier kilomètre	65
3.1.3 Les véhicules-particuliers et les robots-taxis : un segment en plein essor, qui n'a pas encore trouvé son modèle économique pour le niveau 4.....	66
3.1.4 Les tramways autonomes plus proches des navettes que des métros automatiques	66
3.1.5 Les trains autonomes : des essais en cours	67
3.1.6 Le développement souhaitable des engins autonomes sur les petites lignes ferroviaires	67
3.1.7 Les robots agricoles : un segment en plein essor	68
3.2 Le développement nécessaire de certaines composants technologiques clés dans le fonctionnement des véhicules autonomes.....	69
3.2.1 L'identification de scénarios critiques et la simulation de scénarios observés ou reconstitués : un outil de plus en plus essentiel dans la mise au point et la validation de la conduite automatisée.....	69
3.2.2 Le Middleware ou le réseau numérique à l'intérieur du véhicule : d'une architecture éclatée à une architecture centralisée avec un logiciel d'exploitation commun et efficace, des applications et une efficacité énergétique qui devrait s'améliorer très fortement au cours du temps.....	71
3.2.3 La connexion du véhicule avec son environnement : une technologie en pleine évolution	76
3.2.4 -Le besoin d'un cloud sécurisé pour les transports.....	81
3.2.5 Des cartographies haute définition nécessaires, mais à la recherche de leur modèle économique	82

3.3	L'Union européenne bénéficie d'un excellent écosystème mais prend du retard dans un certain nombre de domaines	83
3.3.1	Les navettes publiques : l'excellence fragile de l'écosystème européen.....	83
3.3.2	La Chine et les États-Unis font la course en tête en Californie.....	84
3.3.3	Un retard français dans les dépôts de brevets malgré le dynamisme européen.	87
3.4	Ce retard nécessite un renforcement des coopérations industrielles et financières à l'échelle européenne	87
4	La stratégie européenne de développement du véhicule autonome	90
4.1	La stratégie européenne de soutien au développement du véhicule autonome de la Commission sous la présidence, 2014-2019, de Jean-Claude Juncker	91
4.1.1	La stratégie européenne de développement du véhicule autonome	91
4.1.2	La stratégie de développement numérique.....	93
4.1.3	Le développement de l'industrie automobile européenne	94
4.2	La stratégie européenne de soutien au développement du véhicule automatisé et connecté de la Commission sous la présidence, 2019-2024, d'Ursula von der Leyen	95
4.2.1	La stratégie de mobilité durable et intelligente	96
4.2.2	L'invention de l'Europe du numérique.....	97
4.2.3	Une approche européenne de l'IA reposant sur une intelligence artificielle digne de confiance	99
4.3	C-CAM : un programme de recherche et d'innovation dédié à la mobilité coopérative, connectée et automatisée au sein du programme Horizon Europe	99
4.3.1	C-CAM : un programme extrêmement bien structuré.....	100
4.3.2	C-CAM bénéficie d'un partenariat rénové de soutien.....	102
4.3.3	Le budget de C-CAM et les premiers appels d'offres.....	103
4.3.4	Mais le positionnement dans C-CAM des États-membres et des collectivités devrait être revue.....	104
4.3.5	C-CAM présente de plus un certain nombre de défauts dont il convient de tenir compte	105
4.4	La mise en place d'un projet important d'intérêt commun européen permettrait d'accélérer le développement des véhicules automatisés et autonomes dans l'Union européenne.....	107
4.4.1	La notion de projet important d'intérêt commun européen	108
4.4.2	Les fondements d'un PIIEC pour les véhicules automatisés et connectés ainsi que pour les véhicules autonomes	110
4.4.3	Le devenir de la filière européenne du véhicule autonome : un scénario	

pessimiste ou contrefactuel ?	111
4.4.4 Les principes et le contenu général d'un PIIEC pour les véhicules automatisés et connectés ainsi que pour les véhicules autonomes : un contenu évolutif dans le temps	113
4.4.5 L'automatisation des véhicules nécessite un PIIEC spécifique, coordonné avec les PIIEC déjà existants	115
4.4.6 Les spécificités du PIEC relatives aux VP et aux VUL : les attentes de la filière	117
4.4.7 Les spécificités du PIIEC relatives aux transports en commun : les attentes de la filière.....	119
4.4.8 Les spécificités du PIIEC relatives aux transports de bien et à la logistique : les attentes de la filière	121
4.4.9 La définition d'une feuille de route du PIIEC relatif aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules autonomes compatible avec celle de C-CAM.....	124
4.4.10 Pour la création d'un PIIEC relatif aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules autonomes	125
Conclusion.....	127
Liste complète des recommandations	128
Annexes.....	132
1 Lettre de mission.....	133
2 Liste des personnes rencontrées.....	136
2.1 Liste des personnes rencontrées par visioconférence.....	136
2.2 Liste des personnes rencontrées en présentiel	143
3 L'approche française de validation des systèmes et d'homologation des véhicules.	144
4 Les réponses au questionnaire de l'UITP montrent l'engagement d'un certain nombre d'acteurs européens dans le développement des navettes autonomes ...	147
4.1 Les principaux enseignements issus des réponses à ce questionnaire	147
4.1.1 Des acteurs désireux de s'engager provenant de plusieurs pays	147
4.1.2 Les principaux messages généraux qui ressortent des réponses.....	148
4.1.3 Les principaux messages de l'association des entreprises allemandes du	

transport.....	149
4.2 Le texte du questionnaire relatif à l'intérêt d'un projet important d'intérêt commun européen portant sur les véhicules automatisés et connectés ainsi que sur les véhicules autonomes	151
4.2.1 Les promesses énoncées au milieu des années 2010 de véhicules de niveau 5 pouvant circuler partout en pleine autonomie dès 2020 n'a pas été tenue	151
4.2.2 Les services que peuvent offrir les véhicules automatisés et connectés à court terme	151
4.2.3 Les projets importants d'intérêt européen commun.....	152
4.2.4 Pourquoi un Projet Important d'Intérêt Européen Commun portant sur les véhicules automatisés et connectés, ainsi que sur les véhicules autonomes ?	153
4.2.5 Pour un projet important d'intérêt commun européen portant sur les véhicules automatisés et connectés, ainsi que sur les véhicules autonomes...	154
4.2.6 Le questionnaire.....	155
5 Glossaire des sigles et acronymes.....	157

Résumé

Par lettre du 3 février 2021, le Premier Ministre a nommé le député Damien Pichereau, Parlementaire en mission, auprès de la Ministre de la transition écologique, du Ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance, du Ministre délégué, auprès de la Ministre de la transition écologique, chargé des transports, de la Ministre déléguée, auprès du Ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance, chargée de l'industrie, afin d'étudier le développement actuel des véhicules automatisés et connectés, voire autonomes, et de chercher à l'accélérer en s'appuyant sur des coopérations européennes.

1°) La promesse énoncée par les industriels, Tesla et Waymo, dans les années 2010-2015 de faire circuler des véhicules entièrement autonomes (de niveau 5) en 2020 n'a pas été tenue. Les progrès remarquables de l'intelligence artificielle se heurtent à un certain nombre de difficultés : les véhicules automatisés commettent encore des erreurs lorsque le véhicule évolue dans des conditions éloignées de celles de l'apprentissage. "*The problem with the current state of the art systems that use deep learning is that they're trained on huge quantities of data, but they don't really understand well what they're talking about*" : Yoshua Bengio¹. Aller plus loin peut conduire, comme le fait Waymo, à multiplier encore plus les millions de kilomètres parcourus et les milliards de kilomètres simulés, en espérant que les situations enregistrées puissent finir par couvrir la diversité des événements de la vie réelle. À l'inverse, de telles difficultés peuvent également conduire à développer une nouvelle approche de l'IA, reposant par exemple sur la création d'une intelligence artificielle, sûre, de confiance et explicable. Dans tous les cas, indépendamment des problèmes de développement actuels et des approches choisies, il faut que l'intelligence artificielle, au même titre que la programmation classique, soit par nature sûre car les exigences de sécurité pour la conduite automatisée sont fortes, à la différence des premières applications de type smartphone. Des véhicules totalement autonomes pourraient donc ne pas apparaître sur nos routes avant la fin de cette décennie

À plus court terme, la liaison entre le conducteur et un système automatisé qui peut gérer seul l'accélération, le freinage et le volant, sur certaines portions de route s'avère difficile à mettre au point pour garantir la sécurité de fonctionnement quelles que soient les situations de vie tout en gérant l'interaction avec le conducteur.

Ces limites posent la question de la rentabilité des véhicules concernés et des investissements réalisés. Les investissements nécessaires afin de rendre opérationnel le véhicule et les systèmes de transport autonomes se chiffrent en effet en milliards d'euros, ce qui apparaît difficilement soutenable pour des constructeurs traditionnels déjà fortement engagés dans la transition énergétique de leurs gammes ainsi que pour les opérateurs de transport.

Elles appellent à un renforcement des actions de recherche et développement spécifiquement tournées vers le véhicule à conduite automatisé et les systèmes de transport autonomes qui pourrait prendre par exemple la forme d'un plan de recherche national spécifiquement consacré au véhicule automatisé ainsi qu'aux systèmes de transport autonomes. Cette recherche doit naturellement encourager les coopérations avec les acteurs européens, mais aussi non-européens.

2°) Pour autant, même si l'autonomie complète en tout lieu et en toutes circonstance des véhicules (correspondant à un niveau 5 d'autonomie) semble hors d'atteinte non seulement aujourd'hui, mais probablement également dans la décennie qui vient, les fonctionnalités des véhicules automatisés se développent et permettent d'apporter de nouveaux services aux usagers :

- l'utilisation de systèmes automatisés de maintien de la trajectoire (ALKS ou *Automated lane keeping system*) est règlementée au niveau international sur des voies de type autoroutière

¹ <https://www.linkedin.com/pulse/yoshua-bengio-revered-architect-ai-has-some-ideas-what-mathew-rexy/>

(routes interdites aux piétons et cyclistes équipées d'une séparation physique entre les deux sens de circulation), aujourd'hui à une vitesse inférieure à 60 km/h. Cette réglementation pourrait s'étendre demain à des vitesses allant jusqu'à 130 km/h. D'autres fonctionnalités devraient pouvoir également être réglementées ;

- après de longs mois d'apprentissage, des véhicules partagés sans conducteur à bord, parfois appelés robots-taxis peuvent aujourd'hui circuler dans des zones bien délimitées : c'est le cas de Waymo à Phoenix (sur une zone de 50 km²) ;
- des navettes publiques automatisées de niveau 4, roulant au maximum à 20-25 km/h, apparaissent au stade de l'expérimentation, mais elles n'ont pas encore trouvé leur modèle économique. La prochaine étape majeure consistera à retirer l'opérateur de bord. Elles devraient pouvoir offrir à court terme, de véritables services de transport public accessibles aux usagers dans des configurations spécifiques, correspondant par exemple au transport des premiers et derniers kilomètres, ou à des services de transport dans des zones peu denses. Lorsque ces services atteindront, sans opérateur à bord, des vitesses commerciales plus importantes, ils apporteront un véritable renforcement des réseaux de transports publics soutenant ainsi la transition écologique et la mobilité du quotidien ;
- des véhicules de livraison du dernier kilomètre, à faible vitesse, commencent également à apparaître et pourraient se développer, dans les prochaines années ;
- enfin, des tracteurs de cour et des engins autonomes se développent en nombre de plus en plus important à l'intérieur de sites privés et d'entreprises.

3°) La France, mais aussi l'Allemagne, l'Italie, l'Espagne, l'Estonie, et plus généralement l'Union européenne ont la chance de posséder non seulement une industrie automobile puissante, des opérateurs de transport de premier plan, mais aussi des entreprises et des acteurs dynamiques capable d'innover. Cette industrie regroupe les constructeurs traditionnels de véhicules individuels, de poids lourds et de véhicules pour le transport public, leurs équipementiers, mais aussi les nouveaux constructeurs de navettes et de systèmes de transport autonomes pour la mobilité partagée. Sous l'animation de la Haute responsable de la stratégie de développement des véhicules automatisés, Madame Anne-Marie Idrac, et de la plateforme automobile française, s'est créé de plus en France un écosystème d'excellence autour des véhicules automatisés et connectés et des systèmes de transport autonome qui est désireux d'investir dans le domaine et qui constitue ainsi une véritable richesse pour notre pays : il doit être fortement soutenu.

4°) Les améliorations récentes des réglementations, non seulement française, mais aussi européenne et internationale, doivent être soulignées. Il faut en féliciter les acteurs concernés (DSR, DGE, DGITM) ; un amendement à la Convention de Vienne, dont la ratification est en cours, permet de considérer que les obligations du conducteur sont remplies par les systèmes automatisés lorsqu'ils sont actifs. En France, l'ordonnance du 14 avril 2021² et le décret du 29 juin 2021³ définissent les obligations et les responsabilités respectives du système et de l'humain et permettent le déploiement de services de mobilité automatisée sans conducteur à bord. Néanmoins, un travail important, réclamé par la plupart des acteurs des pays rencontrés par la mission, reste à mener au niveau européen afin de tirer pleinement parti du marché intérieur. L'adaptation de la réglementation européenne relative à l'homologation afin de fixer les exigences de sécurité, d'audit et de test, pour les systèmes automatisés est en cours. Les conditions dans lesquelles un véhicule autonome peut être autorisé à circuler, un chauffeur peut être autorisé à retirer les mains du volant, ou des navettes urbaines ou des engins de livraison du dernier kilomètre peuvent être homologués dans l'ensemble de l'Union européenne restent à préciser : le rapport parlementaire déposé en novembre 2018 sur le troisième paquet

² <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043370894>

³ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043729532>

mobilité⁴ insistait déjà sur la nécessité pour l'Union européenne de se doter d'un cadre juridique européen commun, en soulignant qu'il était impératif de le faire de manière structurée.

Plus généralement, le schéma classique d'adoption des règles d'homologation et de circulation des véhicules consiste, aujourd'hui, pour l'Union européenne à transposer fidèlement les textes adoptés à Genève. Si, dans le domaine des véhicules automatisés et autonomes, l'Union européenne veut pouvoir innover, il lui faut inverser ce schéma, en définissant d'abord des positions européennes et en les traduisant dans sa réglementation, puis en les défendant à Genève. Une telle pratique permettrait à l'Union européenne de pouvoir faire circuler de manière aussi homogène que possible - avec naturellement les particularités liées à chaque pays et aux autorisations de circulation qui resteront nationales - sur l'ensemble de son territoire des navettes publiques autonomes ou des engins autonomes de livraison et de profiter ainsi pleinement de son marché intérieur, ce qui n'est malheureusement pas le cas aujourd'hui. C'est le sens des recommandations exprimées plus loin.

5°) L'Union européenne est néanmoins confrontée dans le développement des véhicules autonomes aux géants du numérique qui ont une puissance financière importante sans commune mesure avec les industriels de l'automobile et des transports publics et qui s'impliquent de plus en plus dans le développement du véhicule autonome, probablement attirés par la commercialisation possible des données acquises par ces véhicules (ce qui pose d'ailleurs le problème de la souveraineté de ces données). En outre, même si l'indicateur du nombre moyen de kilomètres parcourus par un système automatisé sans rendre la main au conducteur est fortement contestable, les expériences de conduite automatisées, menées en Californie en 2020, montrent la domination des sociétés américaines et chinoises et la regrettable absence d'entreprises européennes parmi les dix premiers véhicules.

6°) L'accélération du déploiement des véhicules automatisés et connectés en Europe – qu'ils soient pour la mobilité partagée ou individuelle – passe ainsi vraisemblablement par la mise en place au sein de l'Union européenne de coopérations renforcées et d'une mutualisation des efforts entre les entreprises, les États membres et l'ensemble des acteurs concernés :

- c'est le sens du projet C-CAM inscrit dans le nouveau programme de recherche de l'Union européenne, Horizon Europe. Il permet la mise en place d'une large communauté d'acteurs, l'élaboration d'une feuille de route partagée et la réalisation d'expérimentations à grande échelle favorisant l'acceptation de ces technologies. Il doit naturellement conserver un équilibre entre les développements consacrés aux véhicules particuliers et ceux relatifs au transport de voyageurs et de biens. Une plus large adhésion des acteurs français, y compris des collectivités, à l'association C-CAM, une plus grande transparence de celle-ci et la création d'un groupe des États-membres au sein de l'association permettraient une meilleure diffusion des résultats du projet C-CAM et renforceraient son efficacité ;
- la création en Europe de larges zones d'expérimentation des véhicules et systèmes de transport autonomes qui pourraient, pour la France, correspondre à des départements, et l'adoption de règles européennes d'éthique relatives aux véhicules automatisés et autonomes communes à tous les pays favoriserait également le déploiement de ces véhicules dans l'UE ;
- pour les véhicules légers, il faut accélérer en particulier la mise en commun des données de conduite et la création d'un outil de simulation afin de pouvoir identifier des scénarios critiques et de générer des situations de conduite, réelles ou fictives, permettant tout à la fois d'entraîner les véhicules mais aussi de les tester. Il faut également mutualiser les efforts pour créer une nouvelle architecture électrique et électronique du réseau numérique embarquée nécessaire au fonctionnement des véhicules autonomes ou fortement automatisés.

⁴ *Rapport d'information déposé par la Commission des affaires européennes (1) sur le troisième « paquet Mobilité » présenté par M. Damien PICHEREAU, Député, Novembre 2018* https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/rapports/duel15b1403_rapport-information#

7°) Malgré les investissements considérables des géants du numérique, il n'existe pas aujourd'hui de déploiement de services rentables de véhicules ou de navettes autonomes, ni de modèle économique soutenable d'un transport public autonome utilisant ces navettes : cette faille actuelle du marché pourrait justifier, à elle seule, la mise en place d'un Projet important d'intérêt commun européen relatif aux véhicules autonomes. Protéger un maillon essentiel de la chaîne de la valeur de l'industrie automobile européennes contre ses concurrents venant d'autres régions de monde et maintenir ainsi la souveraineté européenne constitue un deuxième argument tout aussi décisif pour la création d'un tel PIIEC.

Les limites actuelles de l'intelligence artificielle, le besoin de développer de nouveaux réseaux informatiques embarqués, l'intérêt pour les constructeurs européens de mutualiser un certain nombre de dépenses pour mieux affronter la transition énergétique constituent d'autres raisons qui conduisent à souligner l'intérêt actuel du développement d'un Projet important d'intérêt européen commun, un PIIEC, relatif au développement du véhicule automatisé et connecté ainsi que du véhicule autonome. Celui-ci pourrait :

- s'adresser à des projets intégrés combinant le développement d'une offre industrielle compétitive et le déploiement des usages des véhicules automatisés, des infrastructures et des systèmes de supervision associés ;
- s'adresser à toutes les phases du *continuum* d'innovation (R&D, expérimentation, pré-déploiement, industrialisation) sur la chaîne de valeur, y compris, conformément au projet de révision de la procédure, à la phase de premier déploiement industriel et à la mise en place des sites pilotes : le développement de véhicules automatisés et autonomes nécessite en effet des développements importants dans le domaine de l'intelligence artificielle, mais également des développements industriels technologiques (y compris de composants mécaniques ou électriques) et numériques majeurs, de nouvelles plateformes véhicules, de nouvelles architectures électroniques et électriques, des capteurs plus performants et moins coûteux, ainsi que des outils de simulation et de supervision, et des opérations de démonstration,
- s'adresser à différents types de véhicules (véhicules particuliers, véhicules et systèmes de transport public, VUL, transport de marchandises, tramways, engins agricoles...) de façon à croiser les approches et à bénéficier des synergies ainsi mises en place ;
- comporter plusieurs étapes de façon à aider les industriels, en cohérence avec le projet C-CAM plus orienté vers la recherche, à franchir les différents sauts technologiques nécessaires.

Cette idée reçoit un accueil extrêmement favorable de la part des acteurs du transport public, français ou européens, notamment de l'UITP, ainsi que d'un certain nombre d'acteurs européens de l'automobile, en particulier des équipementiers.

Le lancement d'un appel à manifestation d'intérêt (AMI) sur le thème du véhicule automatisé et connecté, ainsi que du véhicule autonome en demandant aux candidats à l'intégration dans un projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) de le signaler explicitement permettrait de lancer cette dynamique. Il devrait permettre de confirmer la volonté des acteurs du transport public mais aussi des acteurs du transport de biens et de la logistique de s'engager dans une telle procédure. Il devrait également permettre de voir jusqu'à quel point les constructeurs automobiles, engagés dans une transition énergétique qui demande de très grands investissements de leur part arrivent également à dégager des crédits pour préparer le futur en investissant notamment dans la simulation des situations de conduite et dans le réseau numérique embarqué des véhicules de demain. Comme pour l'hydrogène, cet AMI pourrait s'adresser également à des collectivités locales.

Ce PIIEC pourrait au moins comprendre :

- la réalisation, pour les véhicules particuliers, comme l'envisagent par exemple le CLEPA et le VDA,
 - i) d'un outil de simulation, au moins franco-allemand, de scénarios critiques de circulation, réels ou fictifs, permettant aux constructeurs de développer l'IA de leurs véhicules, mais aussi aux pouvoirs publics de la tester ; c'est une composante clef, quel que soit le niveau et le type d'algorithmes (IA ou pas), du développement d'un véhicule automatisé européen qui doit donner lieu à la création d'un large partenariat ;
 - ii) les développements du réseau informatique nécessaire au bon fonctionnement des véhicules fortement automatisés et autonomes, ou tout au moins de la partie collaborative de ceux-ci : c'est une étape nécessaire au développement de véhicules fortement automatisés ou autonomes (niveau 4) ;
- la réalisation pour les navettes, minibus et bus des différents sauts technologiques et des développements technologiques et numériques correspondants (depuis la suppression de l'opérateur de bord et le développement de la supervision qui représente une étape majeure jusqu'à l'augmentation de la vitesse) permettant d'aller progressivement vers des véhicules autonomes se déplaçant à vitesse normale dans la circulation, avec une priorité accordée à l'accélération du déploiement des expérimentations, à la mise en place de pilotes de services (qui sont une phase préalable à la pérennisation éventuelle du service) et à la diversification des plateformes véhicules robotisées ;
- la réalisation de tramways autonomes ;
- le développement de navettes autonomes, de plus ou moins grande taille, sur rail ou sur pneus, pour le transport des passagers sur des petites lignes ferroviaires ;
- le développement i) de véhicules destinés à la logistique urbaine pour des tournées automatisées et pour la livraison du dernier kilomètre, ii) du transport de biens et de la logistique en zones minières, aéroportuaires, portuaires, et en zones logistiques et ferroviaires, ainsi que iii) des tracteurs routiers, d'ensembles routiers ou de remorques routières sur route et autoroute, avec une priorité accordée au développement des logiciels de navigation autonome, au pré-déploiement sur site fermés et en milieu urbain, ainsi qu'aux travaux sur la standardisation et la validation de sécurité ;
- l'adaptation à la circulation autonome sur route d'engins agricoles déjà autonomes dans les champs.

Dans une forme plus ambitieuse pour les véhicules particuliers, ce PIIEC pourrait correspondre à la vision donnée par les équipementiers européens. Elle consisterait :

- à repenser (et à optimiser) à travers ce PIIEC l'ensemble du traitement des données, des matériels et des logiciels, nécessaires au fonctionnement d'un véhicule depuis les capteurs et le réseau informatique du véhicule jusqu'au *cloud* et aux échanges avec celui-ci, avec les autres véhicules et avec la supervision. ;
- et à construire les outils de simulation nécessaires.

La vision du véhicule de demain et de ses spécificités doit ainsi être au centre des différentes briques de ce projet important d'intérêt commun européen. Elle bénéficiera naturellement des avancées réalisées dans le cadre des autres PIIEC, microélectronique et *cloud* notamment, mais celles-ci devront, la plupart du temps, être adaptées aux particularités du véhicule automatisé ou autonome (niveau 4).

Les huit principales recommandations

- Partager, à l'échelle européenne, les données de roulage et créer un outil de simulation qualifié qui puisse reproduire les situations de conduite enregistrées et en créer de nouvelles fictives, afin de servir à la fois à l'entraînement des systèmes automatisés (donc aux constructeurs) mais aussi à les tester (donc aux pouvoirs publics) ;
- Développer, à l'échelle européenne, de nouvelles architectures du réseau informatique embarqué dans les véhicules ou, tout au moins, la partie commune de ces architectures ;
- Franchir, pour les navettes, bus et minibus, les sauts technologiques représentés par la suppression de l'opérateur de bord, la mise au point de la supervision, et l'accélération de la vitesse ;
- Développer des navettes autonomes, de plus ou moins grande taille, sur rail ou sur pneus, pour le transport des passagers sur des petites lignes ferroviaires ;
- Lancer successivement un appel à manifestation d'intérêt (AMI) sur le thème du véhicule automatisé et du système de transport autonome connecté, puis un projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) en plusieurs étapes, afin de financer ces différentes actions ;
- Renforcer les actions de recherche et développement spécifiquement tournées vers le véhicule à conduite automatisé et les systèmes de transport autonomes ;
- Créer dans plusieurs pays européens des zones jumelées et étendues d'expérimentation des véhicules automatisées et autonomes et favoriser l'expérimentation des véhicules dans l'ensemble de ces zones ;
- Harmoniser à Bruxelles les conditions d'homologation et, dans toute la mesure du possible, les conditions d'autorisation (qui resteront nationales) des véhicules automatisés et autonomes (niveau 4) pour pouvoir tirer pleinement parti du marché intérieur européen.

NB : la liste complète des recommandations figure en fin de rapport.

Introduction

Comme l'évoque le blog de la société 15 marches⁵, le véhicule autonome actuel est probablement né dans une course organisée en juin 2004 dans le désert du Nevada par la DARPA. La distance à parcourir était de 200 km : aucun véhicule ne franchira plus de dix kilomètres. Mais, le défi était désormais lancé et plusieurs des candidats de l'épreuve y consacreront leur carrière professionnelle en développant notamment le LIDAR ou en s'engageant chez Google ... Ce défi sera ainsi à l'origine en 2009 du *Self-driving car project* de Google, qui donnera naissance, en 2016, à l'entreprise Waymo.

En France, le véhicule autonome, alors appelé véhicule à pilotage automatique, sera l'objet de l'un des 34 plans de la Nouvelle France industrielle en 2013. Sa direction sera confiée au PDG de Renault. En novembre 2017, le gouvernement créera un poste de Haute responsable de la stratégie de développement des véhicules automatisés et le confiera à Madame Anne-Marie Idrac.

C'est sous son impulsion que s'est véritablement développé, en étroite liaison avec la PFA un écosystème dynamique du véhicule autonome rassemblant l'ensemble des acteurs concernés. Cette dynamique a permis de mettre en place un cadre législatif et réglementaire pour les expérimentations, puis le programme national d'expérimentations EVRA (comportant 2 projets et 16 expérimentations pour une durée de trois ans et un montant de 120 M€). Enfin, le cadre législatif issu de la Loi d'orientation des mobilités du 24 décembre 2019 permet désormais, au-delà des expérimentations, la circulation des véhicules automatisés, grâce à un régime de responsabilité adapté, en fixant les exigences de sécurité requises. Des transports publics ou partagés de personnes sur parcours prédéfinis devraient donc pouvoir être mis en service sur des parcours prédéfinis dès 2022.

La stratégie nationale de développement de la mobilité routière automatisée 2020-2022

Le ministre délégué aux transports et la ministre déléguée à l'industrie soulignent en introduction de la seconde édition de la stratégie de développement du véhicule autonome, élaborée sous l'égide de la Haute responsable de la stratégie de développement des véhicules automatisés, et publiée en décembre 2020, ses trois grandes priorités, qui conduisent à amplifier la dynamique en faveur des services de mobilités routières automatisés. Il s'agit :

- de nouer des partenariats entre secteurs, filières, acteurs industriels et des services, entreprises des nouvelles technologies et acteurs traditionnels ;
- d'ancrer ces nouveaux services dans les territoires, car la réussite de leur déploiement passe par leur intégration dans les politiques locales de mobilité ;
- et d'agir à l'échelle européenne, car c'est par l'Europe que nous avancerons sur la réglementation des véhicules, sur l'interopérabilité des systèmes de connectivité, et sur le soutien à la recherche et l'innovation. La France entend être moteur de la construction de ce cadre européen.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente mission qui a pour but de préciser les initiatives à porter au niveau européen pour favoriser le déploiement du véhicule automatisé en examinant les évolutions nécessaires de la réglementation, les stratégies industrielles et les partenariats européens possibles.

⁵ <https://15marches.fr/mobilites/histoire-autonome>

Dans ce même document, la Haute responsable de la stratégie de développement des véhicules automatisés précise en outre qu'il est nécessaire de continuer à valoriser nos atouts et franchir de nouvelles étapes consistant à :

- finaliser la mise au point des règles permettant les circulations sans conducteur à bord dans certains cas d'usages sécurisés et supervisés ;
- financer des démonstrateurs en vraie grandeur ;
- mieux prendre en compte les sujets de connectivité physique et numérique ;
- accompagner les évolutions des services logistiques ;
- assurer encore mieux l'intégration de notre stratégie nationale dans son contexte européen.

Véhicule autonome ou véhicule automatisé ?

Cette stratégie marque cinq évolutions importantes mises en évidence par la PFA⁶ :

- à l'engouement et à l'optimisme du milieu des années 2010 qui prévoyaient la mise en service de véhicules autonomes dans les années 2020 a succédé une vision probablement plus pragmatique du développement de cette technologie : un véhicule totalement autonome sans chauffeur pouvant circuler sur tout le territoire n'est pas envisagé avant au mieux 2030 -2035 ;
- dès lors, la notion de véhicule connecté et automatisé a succédé à celle du véhicule autonome ;
- plutôt que de continuer à classer les avancées technologiques suivant les cinq niveaux traditionnels d'un véhicule autonome, la réglementation préfère désormais évoquer les notions de véhicule à délégation de conduite partiellement, hautement ou totalement automatisé, notions désormais codifiées par le décret⁷ pris en application de l'article 31 de la loi LOM ;
- les constructeurs européens, français en particulier, consacrent une grande partie de leurs investissements de recherche et développement à la mise sur le marché de véhicules électriques, ce qui obère en partie leurs investissements dans le développement de fonctions autonomes ;
- enfin, la crise de la COVID-19 a conduit à une chute de l'activité des constructeurs européens qui ne favorise pas l'investissement dans les composants du véhicule autonome.

Un véhicule autonome, un véhicule avant tout connecté

Il aurait probablement été possible de concevoir un véhicule totalement autonome, non relié à un réseau : dès le départ, les industriels ont cependant considéré que le véhicule autonome était un véhicule connecté (ce qui pose la question de sa limitation de vitesse quand il n'est plus connecté à un réseau).

Ceci ne veut cependant pas dire que le véhicule doit être relié au réseau par la 5G : les millions de kilomètres parcourus jusqu'à aujourd'hui en Californie par les véhicules autonomes l'ont été sans avoir recours à la 5G.

La 5G est le protocole de communication de demain de l'internet des objets : il s'imposera donc dans le véhicule autonome à terme. Son temps de latence (inférieure à 10 ms quand celui de la 4G atteint 70 ms), sa fiabilité et son débit vont permettre d'échanger en temps réel des informations avec le

⁶ Entretien 16 mars avec la mission

⁷ Décret n° 2021-873 du 29 juin 2021 portant application de l'ordonnance n° 2021-443 du 14 avril 2021 relative au régime de responsabilité pénale applicable en cas de circulation d'un véhicule à délégation de conduite et à ses conditions d'utilisation <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043729532>

véhicule autonome et sont tels qu'un véhicule actuel devrait pouvoir être conduit par un opérateur à distance. Cependant, cette technologie ne se développera que lentement sur le territoire européen, et ne concernera que quelques pourcents du territoire d'ici 2025 en Europe.

La technologie 5G devrait cependant apporter un plus incontestable lorsque l'ensemble des piétons et des véhicules en seront équipés et pourront communiquer entre eux : un véhicule muni de ce dispositif pourrait ainsi freiner à temps et éviter de renverser un piéton qui traverse la route et qui est masqué par un véhicule en stationnement (si celui-ci est relié à un appareil muni de la 5G). La 5G pourrait donc avoir un sens en ville et pour des navettes sur voies dédiées pour transmettre rapidement des informations d'actualisation aux véhicules (carrefours, accidents, ...), ou sur des autoroutes connectées afin de transmettre plus rapidement une information sur un accident ou sur un dispositif de freinage.

Elle apporte également un plus incontestable pour le superviseur qui doit reprendre à distance le contrôle d'un véhicule, notamment d'une navette, bloquée sur la chaussée, et qui peut piloter un plus grand nombre de véhicules (4 à 5 fois plus de véhicules qu'avec la 4G).

Un véhicule connecté est un objet numérique : son développement va donc suivre certaines règles du développement de l'économie numérique

Comme le soulignent Lionel Janin, Mehdi Nemri, et Christine Raynard dans leur note d'analyse sur le véhicule autonome⁸, « le véhicule autonome doit aussi se lire comme une manifestation de la transition numérique à l'œuvre dans les transports. On retrouve ici les mêmes facteurs qui ont contribué hier à transformer la téléphonie mobile ou les médias : les effets de réseau jouent à plein, la quête du système d'exploitation fait figure d'enjeu central, des usages innovants laissent présager de nouveaux modèles économiques. Des effets analogues à ceux apparus dans d'autres secteurs sous l'irruption du numérique sont aussi à prévoir, comme l'arrivée de nouveaux acteurs dans la filière automobile, la restructuration de la chaîne de valeur autour de plateformes ou la place croissante que tiendront les services par rapport à la possession d'un véhicule ».

Une différence est néanmoins à noter : dans le monde du numérique, il est souvent considéré que *The winner takes all* ; une plateforme numérique installée sur un créneau spécifique est très difficilement contestable, alors que l'industrie automobile est parfois plus habituée à laisser un acteur financer la mise au point d'une innovation, qui peut échouer, et à la copier si elle fonctionne. Nul ne sait dire si demain les véhicules autonomes seront d'abord associés à leur logiciel d'exploitation (Waymo par exemple) ou si elles continueront à renvoyer aux marques traditionnelles des constructeurs automobiles.

La méthodologie de travail suivie par la mission

Pour mener à bien son travail, la mission a procédé à l'audition de près de 200 acteurs et a discuté ses propositions de recommandation à plusieurs reprises avec certains d'entre eux. Le lecteur trouvera en annexe 2 la liste des personnes auditionnées : qu'elles soient ici remerciées de leurs contributions.

La mission a cherché à mener son travail en quatre temps :

- comprendre les développements en cours et identifier les opportunités de projets et de coopération à l'échelle européenne en rencontrant les partenaires français de l'écosystème du véhicule automatisé et connecté ;
- décrire de manière plus précise ces projets par le biais d'échanges approfondis avec les partenaires les plus impliqués : la liste des entretiens figure en annexe ;

⁸ *La voiture sans chauffeur, bientôt une réalité*, Lionel Janin, Mehdi Nemri, Christine Raynard, France stratégie, Note d'analyse 47, avril 2016, <https://www.strategie.gouv.fr/publications/voiture-chauffeur-bientot-une-realite>

- tester ces opportunités de coopération auprès des acteurs européens et étrangers concernés et identifier les outils possibles de financement et préciser ce que l'on peut attendre de C-CAM
- discuter de projets de coopération européenne avec la Commission et un certain nombre d'acteurs européens ou internationaux (ACEA/CLEPA/ERTRAC/UITP/EPOSS).

Le présent rapport

Le rapport traite successivement :

- des réglementations des véhicules automatisés et autonomes ;
- des recherches à mener ;
- des stratégies industrielles ainsi que de l'intérêt de mutualiser les efforts entre les acteurs ;
- de la stratégie européenne de développement du véhicule autonome, du programme relatif à la mobilité coopérative, connectée et automatisée, ainsi que de l'intérêt d'un projet important d'intérêt commun européen.

Dans toute la mesure du possible, le présent rapport a de plus cherché à distinguer les différents segments dans lesquels peut se développer le véhicule industriel :

- le véhicule à usage spécifique n'étant pas amené à rouler principalement sur la voirie publique (tracteur de cour, véhicule de manutention dans un port, un aéroport, un chantier ou une usine, ...) ;
- le véhicule-particulier et le robot-taxi (comportant moins de six à sept passagers) ;
- les véhicules du transport public (navettes, mini-bus, voire bus et autocars) ;
- les véhicules affectés au transport de marchandises en distinguant les *droïdes* de faible encombrement (1 à 2 m²), les VUL et les poids lourds. Le cas du convoi de camions avec un seul chauffeur, voire entièrement automatisé, sera également distingué ;
- les robots agricoles, enfin, qui devraient prendre de plus en plus d'importance dans l'agriculture de demain, puisqu'ils permettent un traitement des cultures avec une plus grande précision et qu'ils peuvent se substituer à une main d'œuvre qui a tendance à diminuer. Ils sont mobiles dans le champ mais ne peuvent pas aujourd'hui circuler sur la voirie publique. Une circulation à faible vitesse (de l'ordre de 10 à 15 km/h) serait une voie d'avenir.

Cette distinction apporte un degré de complexification qui pourrait sembler inutile mais qui s'avère nécessaire pour tenter d'identifier les synergies possibles entre les différents segments.

1 L'encadrement réglementaire du véhicule automatisé : des avancées significatives

Après un rappel des différents niveaux de classification des véhicules autonomes, la suite de ce chapitre présentera successivement les réglementations mondiale, européenne et française relatives aux véhicules automatisés ou autonomes ainsi que les évolutions nécessaires pour permettre la mise sur le marché et l'autorisation de véhicules correspondant à des niveaux 3, 4 et 5 de conduite automatisée.

Dans ce chapitre, nous chercherons à distinguer :

- les règles relatives à la circulation routière qui vont définir les conditions dans lesquelles des véhicules de niveau 3,4 et 5 pourront circuler,
- l'homologation des véhicules qui précise les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les différentes composantes du véhicule,
- l'autorisation de circuler enfin attribuée à un système de transport public autonome.

1.1 Les niveaux de classification des véhicules : une notion en cours de clarification

Depuis de nombreuses années, les véhicules sont dotés d'un certain nombre de fonctions automatiques, qui assistent le conducteur dans sa conduite que ce soient le régulateur de vitesse, le freinage automatique d'urgence (l'ABS), le radar de franchissement de ligne, l'avertisseur de collision, la direction assistée : c'est le niveau 1 d'automatisation, dans le tableau, présenté ci-dessous de classification de la *SAE International*, association internationale dont le siège est aux États-Unis. À ce stade, le conducteur reste présent en permanence et le véhicule ne peut rien faire tout seul.

Le niveau 2 s'adresse à des véhicules qui bénéficient de systèmes d'assistance à la conduite : les automatismes peuvent accélérer, freiner et diriger le véhicule sur certaines routes (en combinant les actions précédentes), mais ils ne sont pas « conscients » de l'environnement du véhicule : le conducteur doit toujours ainsi surveiller la route et contrôler le véhicule. Les systèmes qui permettent de réguler la vitesse ou de maintenir le véhicule dans la voie en font par exemple partie. De tels niveaux sont autorisés par les Conventions internationales et déjà commercialisés sur un très grand nombre de véhicules.

À partir du niveau 3, le véhicule devient « conscient » de son environnement et peut donc effectuer certaines manœuvres dans des conditions de conduite bien définies : le conducteur doit cependant pouvoir reprendre la main à tout moment. Un véhicule peut alors effectuer une manœuvre de dépassement et garder les distances de sécurité. Point important : dans le niveau 3, le véhicule doit indiquer que les conditions de conduite sont réunies pour que le conducteur puisse lui déléguer la conduite et doit rendre la main lorsque celles-ci ne sont plus réunies. En juin 2021, un seul véhicule bénéficiait d'une homologation de niveau 3, homologation spécifique à la fonction de maintien dans la voie : il s'agissait de la Legend Hybrid EX de Honda. Plusieurs constructeurs auraient déposé des demandes d'homologation allant dans le même sens au sein de l'Union européenne.

Le niveau L2+ permet-il ou non de retirer les mains du volant ?

Des véhicules automatisés dits de niveau 2⁹ circulent déjà à de nombreux exemplaires (Ford, Nissan, GM, Subaru, Toyota, Neo, ...) en Chine au Japon ou aux États-Unis, mais pas en Europe : reposant sur une cartographie très précise de la route et sur une technologie de gestion de la conduite routière (qui permet notamment d'associer une signalisation à une voie précise sur une route à plusieurs voies, et, en fonction de l'itinéraire choisi, de lire ainsi le signal routier utile, d'indiquer précisément à quel endroit le véhicule doit s'arrêter lorsqu'il entre dans un carrefour ou d'adapter sa vitesse à l'entrée d'un virage en fonction de sa courbure¹⁰), le système L2+ maintient ainsi le véhicule dans sa voie, même si la signalisation au sol est en partie effacée et si le temps est mauvais.

Se pose dès lors la question de savoir si le conducteur peut, ou non, retirer les mains du volant ? Trois conceptions de l'assistance à la conduite et des niveaux d'automatisation vont dès lors s'affronter.

Première conception : la vision européenne du niveau trois : le niveau deux ne permet pas de retirer les mains du volant. Dans cette vision, il convient néanmoins de distinguer très clairement les véhicules de niveau trois dans lesquels le système automatisé vérifie en permanence que les conditions de délégation de conduite sont réunies et rend la main au conducteur lorsqu'elles ne le sont plus, des véhicules dans lesquels ce système n'existe pas (ou n'a pas été homologué) et qui relèvent du niveau 2. Dans ces derniers, le conducteur ne doit donc en aucun cas retirer les mains du volant : la technologie n'a pas été conçue à cette fin. Au contraire dans le niveau 3, le conducteur peut enlever les mains du volant mais doit pouvoir reprendre la conduite à tout moment. Le système vérifie donc, au moyen de caméras, que le conducteur reste concentré sur la conduite et lui adresse des signaux (lumineux, sonores, ou de vibration du volant et du siège) lorsque son attention s'en détourne.

En juin 2021, et même si plusieurs constructeurs ont déposé des demandes d'homologation pour ce niveau dans l'Union européenne, un seul véhicule bénéficiait d'une homologation de niveau 3, homologation qui n'était d'ailleurs valable que pour la fonction de maintien dans la voie à moins de 60 km/h sur une route à chaussées séparées sur lesquelles les piétons et les cyclistes sont interdits : il s'agissait de la *Legend Hybrid EX* de Honda.

Seconde conception : la vision Tesla de l'Autopilot : il faut garder les mains sur le volant. Les termes employés par certains constructeurs automobiles prêtent cependant à confusion et nécessitent une clarification : le maintien dans la voie permis par le niveau L2+, le système *Autopilot* de Tesla, sa version récente baptisée *full self-driving*, mais aussi le nombre de plus en plus grand de kilomètres parcourus

⁹ Il n'y a pas de définition officielle de ce niveau. C'est une amélioration du L2 qui consiste en des contrôles longitudinaux et latéraux simultanés, toujours sous la responsabilité du conducteur. Généralement, les fonctionnalités supplémentaires d'un L2+ par rapport à un L2 sont les suivantes : a) meilleure disponibilité de la fonction L2 (y compris dans un environnement dégradé lié à des conditions météorologiques dégradées ou à une infrastructure détériorée) ; b) changement de voie semi-automatique ; c) convergence ou divergence de voies ; d) prise en charge des entrées, sortie et échangeurs d'autoroute ; e) adaptation automatique de la vitesse (virage, pente,...) ; f) conduite sans les mains dans le cas du L2+ *Hands-off*. Cette liste n'est pas exhaustive : chacun constructeur ou fournisseur pouvant ajouter des cas d'usages (gestion des feux, stop, piétons, ronds-points ...). Les éléments techniques supplémentaires permettant de réaliser ces nouvelles fonctions comprennent généralement une cartographie HD, des caméras 360°, un système de surveillance du conducteur, le V2X, et un LiDAR pour certains cas *Hands-off high speed*.

¹⁰ La technologie dite REM, pour *Road experience management*, développée par Mobileye (Intel) permet en étant associée à une localisation précise de reconnaître sur la route les signaux qui vont permettre l'évolution du véhicule dans un futur immédiat : « *Like most roadway maps, the Mobileye Roadbook includes basic details like curbs, lane markers, and crosswalks. Our map, however, goes a crucial step or two farther – informing the AV not only about the road it needs to drive on, but how it needs to drive on it. Which street sign or traffic light belongs to which lane? Which lane has right-of-way at the intersection? Where do bottlenecks frequently occur in traffic? What speed does traffic commonly travel down any given stretch of road (notwithstanding the posted speed limit)? This type of information might be intuitive to a human driver, but would not inherently be included in a static HD map. The Mobileye Roadbook reflects these real-world parameters, in near-real time, drawn from data uploaded by legions of cars out on the road equipped with our technology* ». *More than 70 % of the L2+ systems running today are powered by Mobileye's technology* ».

sans intervention du conducteur en Californie, laissent en effet croire au consommateur, sinon à l'utilisateur lui-même du véhicule, qu'il peut retirer les mains du volant et se reposer entièrement sur la conduite du véhicule. De fait, de nombreux conducteurs ont retiré les mains du volant et ont constaté que ces véhicules poursuivaient leur trajectoire sans encombre (y compris sur des départementales françaises ...). Il s'agit cependant d'une fausse impression de sécurité dans la mesure où ces véhicules n'ont pas été conçus pour une telle utilisation et ne vont donc pas prévenir le conducteur qu'il doit reprendre la conduite. Tesla l'écrit d'ailleurs lui-même : « *Full Self Driving (FSD) Capability is an additional suite of features that builds from Autopilot and is also representative of SAE L2* ¹¹ ». Le mail d'Elon Musk de début juillet 2021 est encore plus clair : « La conduite autonome généralisée est difficile, car elle nécessite d'intégrer les problèmes du monde réel dans une IA. Je ne m'attendais pas à ce que ce soit si difficile, mais la difficulté est évidente avec le recul. Rien n'a plus de degrés de liberté que la réalité » ¹².

Troisième conception : le conducteur peut retirer les mains du volant sur certaines routes et dans certaines conditions. Dans cette conception, le niveau 2 demande simplement à ce que le conducteur soit prêt à reprendre la conduite à tout moment : il n'est donc pas obligé de garder les mains sur le volant. Certains constructeurs proposent des modèles en indiquant explicitement qu'il est possible de retirer les mains du volant dans certaines conditions : c'est le cas du système proPILOT 2 de Nissan qui permet de retirer les mains sur certaines catégories de voies express, mais pas dans les tunnels où le GPS ne passe pas¹³, ni sur les routes sinueuses, ni sur les routes à deux voies, ni dans les zones de péage.



Figure 2 : Carte des routes permettant la circulation sans les mains du modèle SuperCruise de Cadillac

C'est également le cas du modèle Super Cruise de Cadillac, filiale de *General Motors*, qui dispose d'un

¹¹ <https://www.guideautoweb.com/articles/59055/tesla-admet-que-sa-conduite-entierement-automatique-n-est-pas-entierement-automatique/>

¹² « Generalized self-driving is a hard problem, as it requires solving a large part of real-world AI. Didn't expect it to be so hard, but the difficulty is obvious in retrospect. Nothing has more degrees of freedom than reality ». Elon Musk (@elonmusk) July 3, 2021, <https://www.phonandroid.com/tesla-elon-musk-reconnait-la-difficulte-de-developper-des-voitures-autonomes.html>

¹³ « A national expressway as prescribed by the National Expressway Act. A limited highway as prescribed by the Road Act. Hands-off driving is possible when driving in a single lane, on the condition that the driver remains attentive on the road ahead and is prepared to immediately take manual control of the steering wheel when conditions of the road, traffic and vehicle require it. The hands-off feature is not available in tunnels where a GPS signal cannot be established, on expressways that have two-way traffic, on winding roads, in tollgate areas or merging lanes. When entering a road section where hands-off driving is not available, the system will alert in advance so the driver can take manual control of vehicle steering ». <https://global.nissannews.com/en/releases/release-a7319ecb0fa3d51a5011e3932c000334-191217-02-e>

système de surveillance de l'attention du conducteur efficace¹⁴ et qui peut rouler sans les mains sur 300 000 miles de routes cartographiées aux États-Unis et au Canada, comme le montre la carte ci-dessus qui distingue les premiers 200 000 miles accessibles en vert, des 100 000 miles supplémentaires, en violet, qui ont été ajoutés à ce premier réseau¹⁵ : même si les véhicules correspondant ont parcouru près de neuf millions de kilomètres sans accident, GM souligne qu'il ne s'agit pas d'un système anti-collision (absence de LiDAR notamment) . D'autres véhicules roulent déjà ou devraient également pouvoir rouler aux États-Unis dans des conditions semblables, Subaru notamment et bientôt Stellantis. Conformément à l'interprétation européenne des textes, l'homologation européenne de ces véhicules ne permettrait pas à leur conducteur d'enlever les mains du volant (en dehors du cas prévu par le texte relatif au maintien dans la voie du véhicule). Un constructeur peut néanmoins demander l'homologation de son véhicule au titre de l'article 39 du règlement de 2018.

La levée de l'ambiguïté passe par la publication d'une réglementation internationale définissant les conditions dans lesquelles un conducteur peut retirer les mains du volant

Comme nous le verrons plus loin, l'une des difficultés probablement les plus importantes dans la mise au point de la conduite automatisée réside dans le passage du niveau 2 au niveau 3, autrement dit dans la définition des conditions dans lesquelles le système doit vérifier que le conducteur reste attentif lorsque le système automatisé est enclenché, le prévenir lorsqu'il détourne son attention et lui rendre la main lorsque l'ordinateur de bord ne peut plus assurer de manière sûre la conduite du véhicule. C'est tout l'intérêt des discussions techniques en cours sur ce sujet à Genève dans le cadre du groupe de travail chargé de produire la réglementation technique internationale, appelé WP 29, de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies.

Plus généralement au-delà des questions de niveau 2 et 3, il serait souhaitable que ce groupe de travail WP 29 puisse publier rapidement la norme technique dite *hands off* afin que le *level playing field* soit le même en Europe que dans le reste du monde.

Recommandation 1. Adopter rapidement à l'UNECE (WP 29) une réglementation technique, dite « hands-off », présidant les conditions dans lesquelles un conducteur peut retirer les mains du volant tout en continuant à surveiller attentivement la route afin de garantir un « level playing field » comparable entre l'Union européenne et le reste du monde.

Dans le niveau 4, le conducteur n'est plus tenu d'intervenir : le véhicule avance alors de manière autonome dans des conditions bien définies ou sur une zone géographique limitée. Contrairement au niveau précédent, si le conducteur ne reprend pas la main en cas de difficulté, le véhicule doit pouvoir s'arrêter dans une position sûre pour lui et pour les autres usagers de la chaussée. Une navette publique ou un bus sans conducteur vont relever de ce niveau.

Le niveau 5 enfin correspond à l'autonomie totale, le conducteur n'est plus requis.

¹⁴ « A driver busted by Super Cruise for not paying attention first sees the green light on the steering wheel flashing. If the hint isn't taken, the flashing green light turns to flashing red, handing control of the vehicle back to the driver while ringing chimes and triggering a haptic feedback: strong vibrations in the seat and bolsters. In extreme cases the vehicle will slow down or even stop. At that point, a call is initiated from General Motors' OnStar service to check on the driver. » <https://www.forbes.com/wheels/features/first-drive-cadillac-enhanced-super-cruise-adds-hands-free-lane-changes/>

¹⁵ <https://www.cadillac.com/world-of-cadillac/innovation/super-cruise>

SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

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

Tableau 1 : les différents niveaux d'automatisation suivant la classification SAE

Les distinctions entre les niveaux 2, 2+, 3 et 4 étant parfois difficiles à comprendre, il est désormais de coutume d'invoquer une classification reposant sur le niveau d'automatisation du véhicule : le décret pris en application de l'article 31 de la loi Lom¹⁶ inscrit dans le droit les notions de véhicule à délégation de conduite partiellement, hautement ou totalement automatisé en leur donnant les définitions suivantes, qui renvoient à celles de l'Association européenne des constructeurs automobiles, l'ACEA :

- « véhicule partiellement automatisé » : véhicule équipé d'un système de conduite automatisé exerçant le contrôle dynamique du véhicule dans un domaine de conception fonctionnelle particulier, devant effectuer une demande de reprise en main pour répondre à certains aléas de circulation ou certaines défaillances pendant une manœuvre effectuée dans son domaine de conception fonctionnelle ;
- « véhicule hautement automatisé » : véhicule équipé d'un système de conduite automatisé exerçant le contrôle dynamique d'un véhicule dans un domaine de conception fonctionnelle particulier, pouvant répondre à tout aléa de circulation ou défaillance, sans exercer de demande de reprise en main pendant une manœuvre effectuée dans son domaine de conception fonctionnelle ;
- « véhicule totalement automatisé » : véhicule équipé d'un système de conduite automatisé

¹⁶ Décret n° 2021-873 du 29 juin 2021 portant application de l'ordonnance n° 2021-443 du 14 avril 2021 relative au régime de responsabilité pénale applicable en cas de circulation d'un véhicule à délégation de conduite et à ses conditions d'utilisation <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043729532>

exerçant le contrôle dynamique d'un véhicule pouvant répondre à tout aléa de circulation ou défaillance, sans exercer de demande de reprise en main pendant une manœuvre.

L'ACEA¹⁷ définit ces trois mêmes notions de la façon suivante :

- *assisted driving includes basic systems that recommend actions to drivers or give them additional sensorial perception (eg blind spot detection), while advanced active safety systems intervene automatically, faster and more reliably than a human being. Examples of the latter are autonomous emergency braking (AEB) and lane keeping assistance (LKA) systems that take over safety-critical functions in dangerous situations ;*
- *automated driving technology is able to perform all dynamic driving tasks in specific scenarios. Think for example of an autopilot function for driving on motorways, which can be activated by the human driver to perform driving tasks, including overtaking and changing lane ;*
- *finally, the goal of autonomous driving is that the vehicle can handle the full driving experience, including departure and arrival at the destination, without the need for any input from the passenger.*

1.2 Une réglementation internationale relative à la circulation routière en pleine évolution

Si les conventions internationales n'avaient pas envisagé la possibilité de faire rouler des engins autonomes, - ce qui, suivant la nature contraignante ou non de la convention internationale à laquelle un pays a adhéré, va lui permettre ou non de faire circuler des véhicules autonomes, - les modifications déjà apportées à la convention de Vienne, notamment sous l'impulsion française, permettent désormais la circulation de véhicules sans conducteur dans tous les pays. Il reste cependant à harmoniser à l'échelle mondiale les situations de conduite autorisée, ce qui constitue une condition *sine qua non* pour pouvoir assurer la rentabilité des investissements envisagés par les industriels.

Un véhicule autonome ne pourra néanmoins circuler que s'il est conforme à la réglementation internationale, ce sera l'objet du paragraphe suivant.

1.2.1 Une réglementation internationale relative à la circulation routière morcelée donnant un avantage compétitif pour la Chine, les États-Unis, et le Japon dans le développement du véhicule autonome

Comme le souligne l'avis du Comité économique et social européen de décembre 2004 sur le « Code de la route et registre automobile européen »¹⁸ l'idée d'une réglementation internationale favorisant la circulation entre les pays est lointaine : dès 1926, -cinq ans seulement après l'adoption, par décret, d'un code de la route en France¹⁹ -, une première Convention internationale relative à la circulation automobile a été signée à Paris par 40 États afin de faciliter le tourisme international. Elle est encore en vigueur dans un certain nombre de pays !

Au lendemain de la seconde guerre mondiale, en 1949, une nouvelle Convention sur la circulation routière est signée à Genève par 17 États : elle met en avant la notion de sécurité routière en évoquant les précautions nécessaires lors du croisement de véhicules, la notion de priorité et l'utilité des feux.

¹⁷ *AUTOMATED DRIVING: Roadmap for the deployment of automated driving in the European Union*, ACEA, https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_Automated_Driving_Roadmap.pdf

¹⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52004IE1630&from=FR>

¹⁹ « Le Décret concernant la réglementation de l'usage des voies ouvertes à la circulation publique est promulgué le 27 mai 1921 », *Il y a cent ans, la naissance du Code de la route*, Jean Orselli ingénieur général des Ponts et Chaussées honoraire, docteur de l'université Paris I - Panthéon - Sorbonne http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0064/Temis-0064488/PM_6_55.pdf

Son article 8 prévoit en outre que les conducteurs doivent constamment avoir le contrôle de leur véhicule. Elle est aujourd'hui en vigueur dans plus de 120 pays²⁰.

Une troisième convention enfin est signée en 1968 à Vienne par 37 États, et maintenant adoptée dans une centaine. Elle est nettement plus détaillée que la Convention de Genève et surtout, « elle contraint en substance les États contractants et adhérents à mettre leurs dispositions légales en conformité avec les règles de conduite qu'elle établit, ce qui présente l'avantage pour les conducteurs qui se déplacent dans d'autres pays adhérents d'être familiarisés avec l'essentiel des règles de conduite »²¹.

Malheureusement, aucune de ces conventions n'emporte l'adhésion de l'ensemble de la communauté mondiale si bien que suivant les pays, l'une ou l'autre de ces conventions va être valable, ou non.

L'Australie, la Chine, la Corée du Sud et les États-Unis, le Japon, la Russie et Singapour notamment n'ont pas signé la convention de Vienne et ne reconnaissent que la convention de Genève de 1949. Celle-ci n'étant pas contraignante laisse donc toute liberté aux États qui l'ont signée pour définir les règles de circulation des véhicules autonomes : des véhicules autonomes peuvent donc circuler dès aujourd'hui en Chine, au Japon ou dans certains états des États-Unis dès lors que leur législation les y autorise.

Au sein même de l'Europe et de l'Union européenne, la situation est contrastée. Si le Royaume-Uni n'avait pas, dans un premier temps signé la Convention de Vienne, son départ de l'UE et des réglementations européennes l'a conduit à le faire en 2018. Par contre, l'Espagne, pourtant signataire de la Convention, ne l'a jamais ratifiée. Pendant longtemps, les autorités espagnoles ont annoncé que la procédure de ratification était lancée, mais elle n'a jamais été effective...

Ceci explique que des véhicules automatisés dits de niveau 2+ circulent déjà à de nombreux exemplaires (Ford, Nissan, GM, Subaru, Toyota, Neo, ...) en Chine au Japon ou aux États-Unis, mais pas en Europe²². L'article 8 de la Convention de Vienne peut en effet être interprété comme une obligation de garder les mains sur le volant.

1.2.2 La convention de Vienne ne permet pas aujourd'hui la circulation des navettes publiques ou des robots-taxis sans chauffeur ... sauf en Allemagne

Le texte initial de la convention de Vienne adopté en 1968 ne prévoyait naturellement pas la possibilité d'une conduite autonome : il impose dès lors la présence du conducteur (article 8-1), précise que ce dernier doit avoir le contrôle de son véhicule (article 8-5) et qu'il doit rester maître de son véhicule (article 13), ce qui ne permet pas la circulation de véhicules de niveau trois ou de véhicules hautement automatisés.

Ses modifications relèvent du Forum mondial pour la sécurité routière (dit WP 1) qui est un groupe de travail mis en place dans le cadre de la Commission économique des Nations-Unies pour l'Europe, (installée en 1947 à Genève).

²⁰ https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XI-B-1&chapter=11&Temp=mtdsg5&clang=fr

²¹ Ibidem

²² « It's a little-known fact that Mobileye introduced the term L2+ at CES in 2018. The L2+ category was conceived in 2017 when the team realized that we could apply our REM [Road experience management] technology – which was developed originally for the AV – back to ADAS. [...] »

The basis of L2+ lies in heightening a vehicle's understanding of its path by taking data collected from the front ADAS camera and combining it with our Mobileye Roadbook, a crowdsourced high-precision map designed to help autonomous vehicles (AVs) drive. The L2+ category enhances L1-L2 driver assistance safety features with location intelligence, providing greater utility to drivers in all driving environments. With REM maps on-board, vehicles utilize crowdsourced data to augment their sensing, reduce uncertainties, enhance advanced driving maneuvers and enable their use in more complex driving settings. » <https://www.mobileye.com/blog/understanding-l2-in-five-questions/>

Une première initiative, prise dans le cadre du WP 1, correspond à une modification de la convention de Vienne-elle même ; elle a consisté en un ajout en 2016 d'un alinéa 5 bis dans l'article 8 du texte afin d'autoriser les systèmes de conduite automatisés. Ceux-ci sont possibles si le conducteur reste maître de son véhicule et si ces systèmes respectent les réglementations de l'ONU.

L'alinéa 5 du paragraphe 8 de la convention de Vienne

5. *Every driver shall at all times be able to control his vehicle or to guide his animals.*

5. bis. *Vehicle systems which influence the way vehicles are driven shall be deemed to be in conformity with paragraph 5 of this Article and with paragraph 1 of Article 13, when they are in conformity with the conditions of construction, fitting and utilization according to international legal instruments concerning wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles*

Vehicle systems which influence the way vehicles are driven and are not in conformity with the aforementioned conditions of construction, fitting and utilization, shall be deemed to be in conformity with paragraph 5 of this Article and with paragraph 1 of Article 13, when such systems can be overridden or switched off by the driver.

Le Forum mondial pour la sécurité routière a adopté en septembre 2018 une résolution précisant les notions de contrôle du véhicule par le conducteur ainsi que de systèmes de conduite automatisés. Ces derniers doivent :

- a) Privilégier la sécurité routière ;
- b) Surveiller l'environnement de circulation et interagir en toute sécurité avec celui-ci ;
- c) Faire en sorte de tolérer en toute sécurité les erreurs détectables imputables aux utilisateurs du véhicule, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de celui-ci, ainsi qu'aux autres usagers de la route, afin de réduire au minimum les conséquences possibles de telles erreurs ;
- d) Suivre les règles de circulation, en particulier celles qui concernent :
 - i) L'interaction en toute sécurité avec les autres usagers de la route ;
 - ii) Le respect des consignes des forces de l'ordre et des personnes autorisées à diriger la circulation ;
 - iii) Le maintien de la fluidité et de la sécurité de la circulation ;
- e) Ne fonctionner que dans leur domaine de conception fonctionnelle ;
- f) Pouvoir assurer des conditions de sécurité routière maximales lorsque le véhicule doit ou devrait s'immobiliser en cours de trajet, par exemple en cas de défaillance du système de conduite automatisé ou d'un autre système du véhicule ;
- g) Réagir à des situations imprévues d'une façon qui réduise au minimum le danger pour les occupants du véhicule et les autres usagers de la route ;
- h) Communiquer avec leurs utilisateurs et les autres usagers de la route de manière claire, efficace et cohérente, en fournissant suffisamment d'informations sur l'état du système et ses intentions et en permettant d'interagir de manière appropriée ;
- i) Avertir comme il se doit leurs utilisateurs, de manière claire et efficace, lorsque le véhicule quitte son domaine de conception fonctionnelle ;

- j) Fonctionner d'une manière qui permet de contrôler s'ils exercent ou exerçaient un contrôle dynamique ou non ; et
- k) Pouvoir être désactivés en toute sécurité.

Cet ajout a soulevé un débat sur le sens qu'il convenait d'attribuer à la notion de conducteur : la circulation d'un véhicule autonome dépourvu de conducteur mais bénéficiant du contrôle d'un superviseur peut-elle être autorisée ? Certains pays, l'Allemagne en particulier comme nous le verrons ci-dessous, ont considéré que cette modification de la convention de Vienne permettait effectivement la circulation d'un véhicule sans chauffeur dès lors qu'un superviseur, à l'extérieur du véhicule, peut reprendre la main à tout moment : l'analogie est ainsi effectuée avec les véhicules classiques dans lesquels le conducteur veille à ce que le véhicule soit arrêté si nécessaire. La résolution adoptée en 2018 stipule de plus que le véhicule à moteur avec fonction de conduite autonome doit pouvoir revenir à un état de risque minimal lorsqu'il est confronté à une situation imprévue.

1.2.3 L'introduction d'un article 34 bis dans la Convention de Vienne va permettre à un État membre d'autoriser la conduite à distance à partir de juillet 2022

Ce débat a cependant été résolu par l'introduction d'un article supplémentaire dans la convention de Vienne sur proposition de la Belgique, de la Fédération de Russie, de la Finlande, de la France, du Luxembourg, du Portugal, de la Suède et de la Suisse.

Dans sa session de septembre 2020, le forum mondial pour la sécurité routière a en effet ajouté un article 34 bis à la convention de Vienne afin de préciser la notion de conduite automatisée : « L'exigence selon laquelle tout véhicule ou tout ensemble de véhicules en mouvement doit avoir un conducteur est réputée satisfaite lorsque le véhicule utilise un système de conduite automatisé qui est conforme :

- à la réglementation technique nationale, et à tout instrument juridique international applicable, concernant les véhicules à roues et les équipements et pièces susceptibles d'être montés et/ou utilisés sur un véhicule à roues ;
- à la législation nationale régissant le fonctionnement du véhicule.

Le champ d'application du présent article est limité au territoire de la Partie contractante où s'appliquent la réglementation technique nationale et la législation nationale régissant le fonctionnement du véhicule ».

Cet article a été notifié le 14 janvier 2021 à l'ensemble des Pays ayant ratifié la Convention de Vienne par le Secrétaire Général des Nations Unies²³. Il devrait donc entrer en vigueur 18 mois plus tard, soit en juillet 2022²⁴.

Cet article permet donc à un pays d'autoriser la circulation de navettes sans chauffeur à bord sur un territoire défini, mais, en l'absence d'une harmonisation internationale des conditions d'homologation de ces véhicules et de méthodologie d'approbation du système, cette autorisation ne pourra être transposée dans d'autres pays.

²³ <https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2021/CN.5.2021.Reissued.15012021-Eng.pdf>

²⁴ Une fois en effet la notification transmise, les parties à la Convention disposent d'un délai d'un an pour proposer des amendements, le rejeter ou demander la tenue d'une Conférence plénière pour l'examiner. Selon l'article 49 de la Convention, si moins du tiers des parties ont rejeté cet amendement ou demandé une réunion plénière, le Secrétaire général notifie à tous les pays que l'amendement entrera en vigueur six mois après l'expiration du délai précédent de douze mois pour toutes les Parties contractantes, à l'exception de celles qui, pendant le délai spécifié, ont rejeté l'amendement ou demandé la convocation d'une conférence pour l'examiner.

1.2.4 La préparation d'un nouveau texte général relatif aux véhicules automatisés devrait permettre une harmonisation mondiale des conditions de circulation des véhicules autonomes à l'horizon 2025

Dans sa session de février 2021, le comité pour les transports terrestres de l'UNECE a décidé de confier à un groupe d'experts le mandat²⁵ de rédiger un nouveau texte juridique sur les conditions de circulation des véhicules automatisés [*Use of automated vehicles in traffic ("LIAV GE")*] qui a vocation à être ajouté aux deux Conventions relatives à la circulation routière de Genève de 1949 et de Vienne de 1968. Il comprendra une série de mesures juridiques destinées à assurer la sécurité routière, non seulement des passagers du véhicule mais aussi des autres usagers de la route.

Ses travaux qui devraient durer deux ans à partir du premier juillet 2021 seront soumis pour approbation et validation au WP 1.

Compte tenu du délai d'approbation des modifications de la Convention de Vienne, l'intégration de ce texte dans les deux Conventions de Vienne et de Genève devrait permettre une harmonisation mondiale des conditions de circulation des véhicules autonomes à l'horizon 2025.

1.3 La réglementation internationale relative à l'homologation des véhicules doit progresser

La déclinaison en règlements techniques de la Convention de Vienne relève d'un deuxième groupe de travail mis en place dans le cadre de la Commission économique des Nations-Unies pour l'Europe. L'accord de Genève signé en mars 1958 et relatif aux prescriptions techniques uniformes applicables aux véhicules ainsi qu'aux conditions de reconnaissance réciproque des homologations délivrées²⁶ constitue le cadre juridique actuel permettant aux pays participants d'adopter un ensemble commun de règles pour l'homologation des véhicules et des pièces détachées dans le monde entier : c'est le Forum mondial pour l'harmonisation des règlements sur les véhicules (*World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations*), aussi appelé WP 29, qui est en charge d'approuver les règlements correspondants.

Ces règlements, extrêmement techniques et précis, dont le nombre dépasse la centaine, définissent les conditions à respecter par les différentes composantes d'un véhicule pour que celui-ci puisse être homologué et que cette homologation soit reconnue à l'international. En leur absence, les constructeurs d'un nouveau véhicule doivent reprendre tout le processus d'homologation avec les autorités du pays dans lequel ils souhaitent s'implanter. C'est ce qui se passe aujourd'hui avec les navettes publiques urbaines qui doivent faire l'objet d'un nouveau processus d'homologation dans tous les pays où elles sont mises en œuvre, avec bien entendu des demandes spécifiques à chaque pays, ce qui représente un frein considérable à la croissance des fabricants des dites navettes.

²⁵ The mandate of the Group of Experts on drafting a new legal instrument on the use of automated vehicles in traffic ("LIAV GE") is to draft a new legal instrument which is expected to complement the 1949 and 1968 Conventions on Road Traffic. It will include, in addition to the typical sections on definitions and final clauses, a set of legal provisions for the safe deployment of automated vehicles in international traffic. These provisions will specifically aim to ensure road safety, in particular the safety of vulnerable road users. The Group of Experts will have a two-year duration (with a possibility of extension) starting as of 1 July 2021. Upon the completion of its term, the Group of Experts will submit the complete draft new legal instrument to its supervising body, the Global Forum for Road Traffic Safety (WP.1) for consideration and decision. <https://unece.org/transport/road-traffic-safety/group-experts-drafting-new-legal-instrument-use-automated-vehicles> The Terms of Reference of the Group of Experts may be found in [Annex III of ECE/TRANS/2021/6](#).

²⁶ Son titre exact est le suivant : « :« Accord concernant l'adoption de prescriptions techniques uniformes applicables aux véhicules à roues, aux équipements et aux pièces susceptibles d'être montés ou utilisés sur un véhicule à roues et les conditions de reconnaissance réciproque des homologations délivrées conformément à ces prescriptions »

1.3.1 La convention de Vienne ne permet aujourd'hui la circulation des véhicules de niveau 3 que pour la seule fonctionnalité du maintien de la trajectoire sur une voie donnée à vitesse limitée

Aujourd'hui, comme le souligne le rapport Pelata-Mosquet²⁷, dans la réglementation technique de la CEE-ONU, le règlement 79, repris dans la réglementation européenne²⁸, n'autorise l'homologation que de certaines fonctionnalités autonomes de niveau 2 : l'enclenchement d'une aide à la conduite pour le stationnement automatique (avec une vitesse inférieure à 10 km/h)²⁹, l'assistance au maintien de trajectoire et au changement de voie, ainsi que les systèmes d'évitement d'urgence³⁰.

En application de l'article 5 bis de la Convention de Vienne, une réglementation technique contraignante a cependant été adoptée en juin 2020 sur les systèmes automatisés de maintien de la trajectoire (ALKS ou *Automated lane keeping system*) par le forum mondial pour l'harmonisation des réglementations sur les véhicules (WP 29). Celle-ci a permis d'autoriser l'utilisation de systèmes d'aide au maintien dans la voie à une vitesse inférieure à 60 km/h (ALKS<60 km/h). Ce texte résulte d'une proposition préparée par les Allemands et les Japonais qui répond très probablement aux avancées techniques des constructeurs de ces deux pays, tels que Honda avec le système de conduite de la Legend Hybrid EX qui peut de fait « prendre la main » pour la conduite dans les bouchons sur autoroute ou bien encore Audi avec la mise sur le marché de l'Audi A8 (même si les premières versions de l'Audi 8 ont été mises en service avant l'évolution de la norme ce qui a conduit le constructeur allemand à ne pas intégrer ces fonctionnalités pour le moment).

1.3.2 L'introduction du véhicule autonome dans la réglementation technique internationale nécessite l'introduction de nouveaux textes mais aussi la modification d'un grand nombre de textes existants

Le chemin à parcourir pour adapter la réglementation technique internationale aux véhicules autonomes va demander du temps et un effort considérable ; il s'agit en effet de

- continuer à adopter de nouveaux textes régissant les dispositions particulières permises par les nouvelles fonctionnalités des véhicules automatisés. Le WP 29 devrait ainsi adopter dans les prochains mois des textes supplémentaires relatifs :
 - à une extension de l'assistance à conduite pour le maintien d'un véhicule dans la voie (vitesse portée de 60 jusqu'à 130 km/h, changement de voie et dépassement possible, ...);
 - à une extension du valet de parking³¹ ;

²⁷ Mission sur la filière automobile : Renforcer l'attractivité et la compétitivité de la France dans l'automobile et la mobilité de demain, Xavier Mosquet, Patrick Pelata, février 2019, https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cge/filiere-automobile_0.pdf

²⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:42018X1947&from=FR>

²⁹ 2.3.4.1.1. Une «ACSF de catégorie A», à savoir une fonction qui opère à une vitesse ne dépassant pas 10 km/h pour aider le conducteur, à la demande, lors d'une manœuvre à petite vitesse ou d'une manœuvre de stationnement;

³⁰ Une «fonction de direction pour situations d'urgence (ESF) est une fonction de commande capable de détecter automatiquement une collision potentielle et d'activer automatiquement le système de direction pendant une durée limitée afin de diriger le véhicule dans le but d'éviter ou d'atténuer une collision avec: a) Un deuxième véhicule se déplaçant (1) dans une voie adjacente, lorsque: i) Cet autre véhicule est en train de se déplacer vers la trajectoire du premier; ou ii) Le véhicule concerné est lui-même en train de se déplacer vers la trajectoire du deuxième véhicule; ou iii) Le conducteur a amorcé un changement de voie afin d'emprunter la voie adjacente en question; b) Un obstacle se trouvant sur sa trajectoire ou dont on considère qu'il va se trouver sur sa trajectoire de façon imminente. L'ESF doit être conçue pour intervenir dans l'un ou plusieurs des cas susmentionnés.

³¹ Pour le moment, seule le valet de parking par télécommande est autorisé : le véhicule doit rouler à une vitesse inférieure à 6km/h et le conducteur doit rester à moins de six mètres du véhicule

- ainsi qu'à la reprise du volant par le conducteur³²;
- modifier les textes réglementaires actuels pour les adapter aux véhicules autonomes : un véhicule sans chauffeur n'a notamment pas besoin de rétroviseurs mais de capteurs (radars, LiDARs ou autre), n'aura, par définition pas de frein à main, mais devra pouvoir s'arrêter et redémarrer en côte, devra disposer d'un système permettant l'arrêt d'urgence du véhicule ;
- permettre l'homologation au niveau 4 de véhicules pouvant circuler sans chauffeur dans des zones bien définies, en particulier de robots-taxis et de navettes, bus ou mini-bus.

Ainsi, en parallèle des travaux menés par le WP 1 et attendus pour 2023, sur les conditions de circulation des véhicules autonomes, et des textes futurs du WP 29 relatifs à l'ALKS étendu et au valet de parking étendu, il convient d'engager, au sein du WP 29, les discussions et la mise au point des réglementations techniques permettant la circulation des navettes publiques autonomes (en s'appuyant sur les travaux français, allemands et européens), des robots-taxis (avec superviseur extérieur au véhicule) et des véhicules de livraison de marchandises sans chauffeur

Recommandation 2. En s'appuyant sur les travaux français, allemands et européens, engager, au sein du Forum mondial pour l'harmonisation des règlements sur les véhicules, la mise au point des réglementations techniques permettant l'homologation et la circulation des navettes publiques et minibus autonomes, des robots-taxis (avec superviseur extérieur au véhicule) et des véhicules de livraison de marchandises sans chauffeur.

1.4 La réglementation européenne doit désormais évoluer pour autoriser la circulation de manière harmonisée au sein de l'UE des véhicules sans chauffeur et des véhicules hors des catégories internationales (navurb, droïdes, ...)

Le rapport parlementaire déposé en novembre 2018 sur le troisième paquet mobilité³³ insistait sur la nécessité pour l'Union européenne de se doter d'un cadre juridique européen commun, en soulignant qu'il était impératif de le faire de manière structurée. Si la Convention de Vienne a été modifiée et permet donc aujourd'hui à un pays signataire d'autoriser la circulation de véhicules sans chauffeur, en revanche, les textes européens actuels ne permettent pas encore d'accorder de telles autorisations sur l'ensemble du territoire européen. Les constructeurs ne bénéficient donc pas aujourd'hui des avantages du marché unique européen et sont obligés de recommencer un nouveau processus d'autorisation à chaque fois qu'ils veulent faire rouler leur véhicule dans un pays différent de l'UE-27.

Pour résoudre cette difficulté, il faut définir les modifications à apporter au processus d'homologation actuel pour l'adapter à des véhicules classiques sans chauffeur, ainsi que pour de nouveaux véhicules (navurb, droïdes, ...). Il est également nécessaire de préciser la méthodologie qui va permettre de juger que les automatismes installés sont suffisamment sûrs pour que le véhicule puisse être mis en circulation :

- si ces automatismes sont couverts par la réglementation technique adoptée à l'UNECE par le WP 29, l'application de cette réglementation permettra l'homologation du véhicule et sa mise en service. Les textes adoptés par le WP 29 sont en effet applicables dans l'Union européenne

³² Adaptation of UN ECE R79 (ACSF) : hands off warnings

³³ Rapport d'information déposé par la Commission des affaires européennes (1) sur le troisième « paquet Mobilité » présenté par M. Damien PICHEREAU, Député, Novembre 2018 https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/rapports/duel/15b1403_rapport-information#

dès lors qu'ils sont traduits dans l'ensemble des langues de l'Union européenne et publiés au JOCE³⁴ : les textes relatifs à l'enregistrement des données³⁵, au maintien du véhicule dans sa voie³⁶, et aux modifications de logiciel³⁷ ont été ainsi publiés au JOCE en juin 2021 pour le premier et en mars pour les deux derniers ;

- s'ils ne le sont pas, - ce qui sera le cas des véhicules sans chauffeur à bord -, des autorisations nationales sont possibles, comme nous le verrons dans le sous-paragraphe suivant, mais une méthodologie d'approbation harmonisée reste à définir.

Il convient enfin d'établir des règles et des prescriptions techniques harmonisées pour que les modifications de logiciels proposées par les constructeurs puissent être autorisées par les différents pays européens suivant une méthodologie européenne commune qui devra notamment permettre non seulement de s'assurer que la modification du logiciel ne remet pas en cause l'homologation initiale du véhicule, mais aussi de se prononcer, de manière harmonisée, sur l'ajout (ou le déblocage) de fonctionnalités qui ne figuraient pas dans le périmètre de l'homologation initiale. Ces modifications devront naturellement respecter le règlement technique international adopté par le WP 29³⁸ en juin 2020 et transposé en droit européen en mars 2021³⁹ relatif aux mises à jour de logiciels et aux systèmes de gestion des mises à jour de logiciels.

1.4.1 Les véhicules n'entrant pas dans les catégories traditionnelles internationalement reconnues ne peuvent bénéficier aujourd'hui d'une homologation européenne

Aujourd'hui, la réglementation européenne ne permet d'aller au-delà du niveau 2 que de manière dérogatoire, pays par pays : le règlement européen encadrant l'homologation des véhicules⁴⁰ présuppose toujours une personne aux commandes du véhicule et donc la contrôlabilité complète du véhicule conformément à son champ d'application et à ses spécifications techniques.

Des dispositifs nationaux spécifiques sont prévus pour des véhicules n'entrant pas dans les catégories classiques reconnues internationalement : ce sera le cas des navettes urbaines ou des droïdes autonomes. La France peut les homologuer dans le cadre d'une réception à titre isolé (RTI) conformément à l'arrêté du 19 juillet 1954. Cependant, en l'état actuel des textes, ces véhicules ne peuvent faire l'objet d'une homologation harmonisée à l'échelle européenne et les fabricants restent soumis au bon vouloir des autorités nationales.

1.4.2 Une procédure dérogatoire est prévue pour les véhicules traditionnels automatisés

Pour les véhicules entrant dans les catégories classiques reconnues internationalement, mais qui présentent des fonctions d'automatisation particulières, non prévues par les textes du WP 29, un dispositif dérogatoire est cependant prévu à l'article 39 de ce règlement (qui a remplacé, à partir du

³⁴ https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive/legislation/unece_en

³⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:42021X0993&from=FR>

³⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX:42021X0389>

³⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:42021X0388>

³⁸ <https://undocs.org/fr/ECE/TRANS/WP.29/2020/80>

³⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:42021X0388&from=EN>

⁴⁰ Règlement (UE) 2018/858 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la réception et à la surveillance du marché des véhicules à moteur, de leurs remorques et des systèmes, composants et entités techniques destinés à ces véhicules, modifiant les règlements (CE) n° 715/2007 et (CE) n° 595/2009 et abrogeant la directive 2007/46/CE, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32018R0858>

premier septembre 2020 l'article 20 de la directive 2007/46 de 2007⁴¹) pour permettre à un État membre d'homologuer un véhicule présentant une innovation technologique⁴² : cette procédure pourrait donc s'appliquer (ce qui n'est pas encore le cas) à la version *Full self driving* de l'*Autopilot* de Tesla⁴³ (lorsque Tesla en fera la demande) ou aux véhicules de niveau L2+, notamment aux véhicules de Nissan ou de General Motors (Cadillac) évoqués au début de ce chapitre.

La Commission a publié un guide méthodologique⁴⁴ afin de donner des indications aux États-membres pour mener à bien l'approbation relative à ces homologations :

- cette homologation n'est valable que sur le territoire de l'État concerné (ou plus précisément que sur le territoire de l'État membre de l'autorité qui a accordé cette homologation). La Commission peut néanmoins l'étendre à l'échelle européenne, après avoir consulté le Comité technique des véhicules à moteur dans lequel les États-membres sont représentés. Dans l'attente d'une décision de la Commission, un autre État membre peut également homologuer le véhicule sur son territoire⁴⁵.

⁴¹ Guidelines on the exemption procedure for the EU approval of automated vehicles , Guidelines approuvés en février 2019, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/34802> La note 2 de la page une précise que l'article 39 remplace l'article 20 de la directive de 2007 à partir du premier septembre 2020.

⁴² « Le fait d'accorder des réceptions UE par type avec dérogations pour nouvelles technologies ou nouveaux concepts est soumis à l'autorisation de la Commission. La Commission adopte des actes d'exécution afin de décider de l'octroi d'une autorisation visée au premier alinéa du présent paragraphe. Ces actes d'exécution sont adoptés en conformité avec la procédure d'examen visée à l'article 83, paragraphe 2. 4. Dans l'attente de l'adoption des actes d'exécution visés au paragraphe 3, l'autorité compétente en matière de réception peut accorder une réception UE par type provisoire, valable uniquement sur le territoire de l'État membre de cette autorité, pour un type de véhicule couvert par la dérogation sollicitée. L'autorité compétente en matière de réception en informe sans tarder la Commission et les autres États membres au moyen d'un dossier contenant les informations visées au paragraphe 2 ». Paragraphe 3 de l'article 39 du RÈGLEMENT (UE) 2018/858 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 30 mai 2018 relatif à la réception et à la surveillance du marché des véhicules à moteur et de leurs remorques, ainsi que des systèmes, composants et entités techniques distinctes destinés à ces véhicules, modifiant les règlements (CE) no 715/2007 et (CE) no 595/2009 et abrogeant la directive 2007/46/CE

⁴³ Le système *Autopilot* de Tesla a été homologué dans sa première version par les Pays-Bas en février 2019 pour la Tesla Model 3.

⁴⁴ Guidelines on the exemption procedure for the EU approval of automated vehicles , Guidelines approuvés en février 2019, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/34802> La note 2 de la page une précise que l'article 39 remplace l'article 20 de la directive de 2007 à partir du premier septembre 2020.

⁴⁵ « 3. The Commission shall decide by means of an implementing act (Vote in the Technical Committee Motor Vehicles), whether or not to allow the Member State to grant an EC type-approval in respect of that type of vehicle (converting the provisional approval into an EC approval). The Commission decision shall be based on these guidelines, shall clearly identify the functionality concerned, the basis under which the approval was granted. The decision shall be made public. Based on the risk assessment and possible upcoming harmonized requirements, the validity of the approval can be limited in time (minimum 36 month) or in numbers. If the necessary steps to adapt the regulatory acts have not been taken, the validity of an exemption may be extended with another Commission decision.

4. Pending the decision of the Commission, other Member States may decide to accept the provisional approval referred to in paragraph 2 on their territory ».

- ses dispositions prévoient notamment l'installation d'un enregistreur non falsifiable⁴⁶.

Par ailleurs, le règlement, dit « règlement de sécurité générale », de novembre 2019⁴⁷ précise un certain nombre d'exigences de sécurité qui doivent être satisfaites par les véhicules dans l'UE. L'article 11 prévoit des exigences spécifiques pour les véhicules automatisés : ces véhicules doivent être conformes aux spécifications techniques notamment concernant les systèmes visant à remplacer le contrôle par le conducteur du véhicule, à communiquer au véhicule des informations en temps réel, aux systèmes de surveillance, aux enregistreurs de données, au format harmonisé pour l'échange de données ainsi qu'aux systèmes visant à communiquer des informations sur la sécurité. Mais surtout, il donne la possibilité à la Commission européenne d'adopter des actes d'exécution pour préciser les conditions d'homologation des véhicules automatisés ou des véhicules autonomes de niveau 4 : la Commission européenne prépare les textes correspondants et espère ainsi publier les conditions d'homologation des véhicules autonomes (entrant dans la classification internationale⁴⁸) de niveau 4 d'ici la fin de l'année.

Pour les véhicules n'entrant pas dans la classification internationale, les navettes urbaines en particulier, il est possible de chercher à obtenir une homologation dans chaque pays. Une autre solution consisterait à intégrer ces véhicules dans l'ensemble des engins considérés par le règlement de 2018 relatif à la réception des véhicules à moteur lors de la prochaine révision de ce règlement.

1.4.3 Les évolutions nécessaires de la réglementation européenne

La communication de la Commission de mai 2018 relative au développement du véhicule autonome⁴⁹ prévoit ainsi que la Commission enclenche un travail avec les États-membres pour définir la manière d'homologuer de tels véhicules ; cette priorité est également reprise dans la stratégie de mobilité durable et intelligente de la Commission publiée en décembre 2020. Sa mesure 41⁵⁰ envisage en effet l'adoption, dès l'année 2021, de dispositions d'application relatives à la réception des véhicules connectés et automatisés. Ce travail devrait conduire à :

- la définition, au moyen d'un acte d'exécution pris en application de l'article 11 du règlement de sécurité générale de novembre 2019, des réglementations techniques internationales applicables pour un véhicule autonome qui diffèrent de celles s'appliquant à un véhicule avec

⁴⁶ . « 23. Automated vehicles should be equipped with an on-board device that records the operational status of the automated driving system and the status of the driver to determine who was driving during an accident.

24. This data collected shall allow to assign liability in case of accident and shall allow to assess if the driver or the vehicle properly reacted to the situation. It shall at least include the operation status of the automated driving system, state of the driver, information on surrounding, control information of the vehicle.

25. The on-board device shall be able to cope with a vehicle crash (similar to ecall e.g resistance to heavy acceleration and fire).

26. The on-board device shall be able to store data in a secured manner, comply with EU data protection legislation and be protected against manipulation. It shall also allow the access by relevant national authorities.

27. More specific requirements for data recording devices (recording time, retention time, for what purposes data is used, standardized access, how to handle personal information, etc.) may be developed on the basis of the experience gained ». <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/34802>

⁴⁷ Règlement n°2019/2144 du 27 novembre 2019 relatif aux prescriptions applicables à la réception par type des véhicules à moteur et de leurs remorques <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/?uri=CELEX:32019R2144>

⁴⁸ Cf article 4 du Règlement (UE) 2018/858 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la réception et à la surveillance du marché des véhicules à moteur et de leurs remorques, ainsi que des systèmes, composants et entités techniques distinctes destinés à ces véhicules,

⁴⁹ *En route vers la mobilité automatisée: une stratégie de l'UE pour la mobilité du futur*, Communication de la Commission au Parlement Européen, au Conseil, au Comité Économique et Social Européen et au Comité des Régions, mai 2018, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=CELEX:52018DC0283>

⁵⁰ <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-36676-plan-actions-mobilite-durable-europe.pdf>

chauffeur correspondant (absence de rétroviseur et de frein à main, possibilité d'arrêt d'urgence ...);

- la définition, au moyen d'un acte d'exécution et en application du règlement dit de sécurité générale de novembre 2019, des objectifs de sécurité applicables à la conduite automatisée, la méthodologie d'approbation et le contrôle des mesures proposées pour les atteindre. Celle-ci devrait bénéficier des apports de la France ainsi que de la proposition de réglementation sur l'IA à haut niveau ;
- l'intégration dans une révision du règlement de 2018 relatif à la réception des véhicules à moteur des nouveaux véhicules (automatisés, sinon autonomes) n'entrant pas dans les catégories internationales actuelles (navurb, droïdes).

Ce travail pourrait enfin conduire la Commission à préciser sa position sur les conditions dans lesquelles un conducteur peut retirer les mains du volant et à réaffirmer ainsi que le niveau 2 de conduite oblige le conducteur à garder les mains sur le volant.

Plus généralement, il paraît nécessaire de chercher à inverser le schéma d'adoption des réglementations relatives à l'homologation et à l'autorisation des véhicules automatisés et connectés, aussi bien qu'autonomes, en définissant d'abord des positions européennes, puis en les défendant à Genève devant l'UNECE. C'est le sens des recommandations exprimées ci-dessous.

Recommandation 3. Favoriser l'adoption, conformément aux propositions de la Commission, d'un cadre juridique permettant d'homologuer à l'échelle européenne, et d'autoriser, de manière harmonisée en Europe, le fonctionnement de véhicules et de systèmes de transports automatisés et connectés (transports collectifs, robots-taxis, transport de marchandises, engins agricoles ...) :

- a) établir, par un acte d'exécution, le cadre juridique définissant les objectifs de sécurité applicables à la conduite automatisée, la méthodologie d'approbation et le contrôle des mesures proposées pour les atteindre,***
- b) définir, par un acte d'exécution, les prescriptions à appliquer pour accorder l'homologation européenne de véhicules sans chauffeur entrant dans les catégories internationales,***
- c) intégrer dans une révision du règlement de 2018 relatif à la réception des véhicules à moteur les nouveaux véhicules (automatisés, sinon autonomes) n'entrant pas dans les catégories internationales actuelles (navurb, droïdes) de façon à pouvoir leur accorder une homologation européenne,***
- d) préciser les conditions dans lesquelles un conducteur peut légalement retirer les mains du volant (réglementation dite « hands-off »)***

Recommandation 4. Défendre ensuite ces avancées réglementaires auprès de l'UNECE.

L'homologation au sein de l'Union européenne des fonctionnalités qui seront issues des travaux du WP 29 (ALKS étendu, valet de parking étendu ...) sera possible dès lors que les textes correspondants, approuvés par l'UNECE, auront été publiés au JOCE, ce qui entraîne généralement un délai de l'ordre de quelques mois.

1.5 Les réglementations étrangères

1.5.1 Le cadre réglementaire allemand : les juristes allemands jugent le niveau 4 possible dès aujourd'hui en Allemagne

En février 2021, le gouvernement fédéral allemand a soumis au Parlement un projet de loi relatif aux véhicules autonomes en espérant qu'il puisse être voté avant que ne s'achève le mandat parlementaire actuel : de fait, la loi a bien été votée par les deux chambres parlementaires en mai et juin 2021, preuve de l'importance que le gouvernement y attache. Mi-juillet, sa parution n'était toutefois pas encore intervenue en raison d'une difficulté juridique⁵¹ qui devrait décaler sa publication de quelques jours. Le projet d'ordonnance d'application de la loi a été notifié à la Commission le 15 juin et devrait être publié à l'automne⁵². À travers cette loi, le ministère des transports allemand a pour ambition de faire de l'Allemagne « le premier pays au monde à autoriser les véhicules sans conducteur en service régulier ainsi que sur l'ensemble du territoire national ». Le ministère des transports, le BMVI, déclare ainsi sur son site, qu'« avec [cette] nouvelle loi sur la conduite autonome, nous voulons créer le cadre juridique pour que les véhicules autonomes (niveau 4) puissent circuler dans des secteurs d'exploitation déterminés dans les transports publics en fonctionnement normal - et ce au niveau fédéral. » et, plus loin dans l'article, donne sa définition du niveau 4 : « le système peut être entièrement contrôlé pour des applications définies, comme au niveau 3, et n'a plus besoin d'être surveillé par un conducteur physiquement présent ».

Cette loi devrait permettre en particulier d'autoriser le déploiement et l'utilisation du système automatisé de maintien dans la voie, ALKS (*Automated Lane Keeping System*) pour les véhicules particuliers qui grâce à une initiative conjointe de l'Allemagne et du Japon ont donné lieu à l'adoption par le WP 29 d'un règlement technique international à Genève : les conditions d'utilisation actuelles (vitesse inférieure à 60 km/h et absence de vélos ou de piétons) en limitent l'utilisation pour le moment à des cas de congestion de trafic. Mais, les travaux menés dans le cadre du WP 29, toujours sous l'impulsion de l'Allemagne devraient permettre d'autoriser un rehaussement de la vitesse jusqu'à 130 km / h et un changement de voie par le système.

Le gouvernement allemand considère également que des navettes publiques peuvent légalement rouler dans le cadre actuel de la convention de Vienne modifiée et de la résolution du WP 1 du 20 septembre 2018. Dans l'interprétation juridique allemande, un véhicule autonome sans chauffeur serait en effet compatible avec celle-ci dès lors :

- qu'il existe un superviseur à l'intérieur ou à l'extérieur du véhicule (indépendamment de la distance spatiale ; par exemple, par un opérateur à distance) ;
- et que les autres exigences recommandées dans la résolution pour le système de conduite et pour les utilisateurs du système de conduite sont respectées.

Les juristes allemands considèrent que les niveaux 4 et 5 d'autonomie sont compatibles avec les

⁵¹ Si le président fédéral, le président du Bundestag, le président du Bundesrat et le bureau de la chancellerie approuvent la correction du texte proposée par le ministre des transports, la loi pourra être publiée. En cas de désaccord, - ce que n'écarterait pas le Handelsblatt, puisque le vice-président des Verts au Bundestag considère que la modification proposée apporte des corrections de fond au texte -, le projet de loi devra repasser devant le Parlement après les élections. Source : mission économique en Allemagne, 13 juillet 2021

⁵² <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/fr/search/?trisaction=search.detail&year=2021&num=344>

conventions de Vienne et de Genève⁵³.

De fait, l'Allemagne mène de nombreuses expérimentations de véhicules autonomes : citons simplement sur la seule ville de Hambourg les expérimentations de robots-taxis⁵⁴ ainsi que de navettes autonomes⁵⁵.

La loi allemande prévoit enfin qu'un constructeur peut demander l'homologation d'un véhicule qui possède des fonctions d'automatisation de manière classique si le constructeur s'engage à ne pas les activer : si à la suite d'une modification de la réglementation internationale, ces fonctions étaient homologuées sur un nouveau modèle, le constructeur pourrait les mettre en œuvre *a posteriori*, au moyen d'une modification du logiciel, sur des modèles plus anciens, à condition toutefois de demander une autorisation à l'Office fédéral du transport automobile.

1.5.2 Le cadre réglementaire aux États-Unis qui repose sur la responsabilité des constructeurs offre un terrain de jeu idéal pour le déploiement des véhicules autonomes

Ainsi que le souligne la communication de l'Union européenne de mai 2018⁵⁶, l'essai de véhicules automatisés se fait depuis des années dans certaines parties des États-Unis, sous la conduite de sociétés de la *Silicon Valley*. Cependant, certains États américains ont déjà interdit l'utilisation de véhicules automatisés sur les routes. En conséquence, le congrès des États-Unis a examiné sous la mandature Trump un projet de loi sur la conduite autonome⁵⁷ qui devait introduire un cadre minimum pour la réception des véhicules afin d'éviter que des États n'adoptent individuellement des règles qui contredisent les règles fédérales applicables aux véhicules. Ce projet n'a pas été adopté sous le mandat de Trump et pourrait être reproposé sous la nouvelle administration Biden.

Outre la non signature de la Convention de Vienne qui laisse une grande liberté aux pays ne l'ayant adoptée, deux éléments caractérisent le système américain :

- la diversité des réglementations suivant les États : en Floride, l'opérateur du système (donc l'utilisateur) serait responsable, tandis qu'en Californie, le constructeur automobile signe un document le contraignant à assumer tout problème de responsabilité ;
- plus de vingt-cinq États ont adopté des lois autorisant la circulation de véhicules sans chauffeur.

⁵³ « La résolution [du 20 septembre 2018] s'applique au champ d'application du droit allemand de la circulation routière comme suit : la conduite autonome/sans conducteur est compatible tant avec la Convention de Vienne sur la circulation routière du 8 novembre 1968 qu'avec la Convention de Genève sur la circulation routière du 19 septembre 1949, dans la mesure où cette terminologie / ce concept désigne un système de conduite automatisé d'un degré de sophistication supérieur correspondant aux niveaux 4 et 5 de la norme SAE, dans lequel, d'une part, il existe une possibilité d'annulation - au moins sous forme de désactivation - par une personne se trouvant à l'intérieur ou aussi exclusivement à l'extérieur du véhicule (indépendamment de la distance spatiale ; par exemple, par un opérateur à distance). D'autre part, en plus de l'option de désactivation, les autres exigences recommandées dans la résolution pour le système de conduite et pour les utilisateurs du système de conduite doivent être respectées. »

⁵⁴ <https://www.bloomberg.com/hyperdrive>

⁵⁵ https://www.hochbahn.de/hochbahn/hamburg/en/home/projects/expansion_and_projects/project_heat

⁵⁶ *En route vers la mobilité automatisée: une stratégie de l'UE pour la mobilité du futur*, Communication de la Commission au Parlement Européen, au Conseil, au Comité Économique et Social Européen et au Comité des Régions, mai 2018, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=CELEX:52018DC0283>

⁵⁷ <https://www.govtrack.us/congress/bills/115/hr3388>

Dans ces conditions, de nombreux véhicules de niveau L2 + circulent aux États-Unis, et la Californie est devenu le terrain d'entraînement privilégié des véhicules automatisés pour le monde entier. Cruise, filiale de General Motors, a ainsi reçu l'autorisation de la California Public Utilities Commission (CPUC) de proposer à des particuliers des courses à bord de ses véhicules autonomes dépourvus d'opérateur de sécurité.

Pour le moment, l'administration fédérale américaine n'a pas publié de texte encadrant la circulation des véhicules semi-autonomes, ni même de la version *full self driving* de l'*Autopilot* de Tesla, ce qui laisse une grande liberté d'innovation aux constructeurs, mais suscite quelques inquiétudes de l'autorité fédérale chargée d'investiguer les accidents routiers (la NHTSB, *National Transportation Safety Board*) qui regrette notamment la confusion actuelle entre la notion de *hands-off* et le *full self driving* de Tesla (qui recommande cependant de garder les mains sur le volant) et souhaiterait un minimum d'encadrement (ne serait-ce que pour définir les zones dans lesquelles la conduite semi-autonome est permise).

1.5.3 Le cadre réglementaire italien : une simplification nécessaire

L'insertion de l'innovation numérique dans les objectifs de la politique d'infrastructures et de transport du gouvernement remonte au plan d'action de 2016 du ministère des Infrastructures et des transports dit «*Connettere l'Italia* ». Depuis 2018, un décret dit «*Smart Road* » encadre l'expérimentation des véhicules autonomes homologués en milieu urbain ouvert.

Lors de la pandémie de 2020, le gouvernement a adopté un décret relatif à la simplification des procédures administratives dont certaines dispositions peuvent s'appliquer aux expérimentations des véhicules autonomes et connectés (article 36). En substance, un demandeur pourra désormais soumettre une demande d'expérimentation sans restriction quant à la nature du véhicule et bénéficier d'une procédure d'instruction plus rapide qu'auparavant. Les prérequis sont très stricts : le véhicule doit être homologué, son usage doit être autorisé par le constructeur automobile et il doit avoir déjà parcouru 3 000 km sur le type d'infrastructure pour laquelle l'autorisation est demandée (autoroute, route nationale, départementale, urbaine, etc.). En outre, un superviseur-pilote ayant 1 000 km d'expérience doit être à bord du véhicule.

S'agissant de la procédure d'autorisation, la demande d'expérimentation sur route publique doit être adressée au ministère en charge des Transports. Elle est instruite par l'observatoire *Smart road* placé auprès de ce ministère. La procédure comprend trois étapes :

- autorisation du véhicule qui doit être déjà homologué et avoir effectué 3 000 km d'expérimentations au préalable (y compris à l'étranger) ;
- autorisation du gestionnaire de la route visée : commune, État, concessionnaire ;
- autorisation finale du ministère.

La responsabilité de l'administration est entièrement dérogée et pèse sur le demandeur. Sur la base du rapport envoyé par le demandeur après réalisation de l'expérimentation, les ajustements normatifs nécessaires sont proposés par l'administration dans un délai de 90 jours.

Si les textes semblent prompts à stimuler les expérimentations, les acteurs privés interrogés soulignent cependant les difficultés qu'ils rencontrent lors de leur mise en œuvre :

- les documents demandés sont nombreux ;
- les itérations entre le demandeur et l'administration sont nombreuses et longues, seuls les véhicules homologués sont autorisés ce qui freine l'innovation ;
- la présence obligatoire d'un humain superviseur-pilote limite l'étendue des expérimentations pour les navettes sans chauffeur comme celles de Navya et de *Next Future Transportation* ;

- les assouplissements récemment introduits dans le cadre réglementaire ne sont pas constatés dans les faits. Aucune des trois entreprises interviewées n'a constaté de simplification ni d'allègement du processus administratif.

Consciente de ces difficultés, l'administration italienne a préparé un nouveau cadre normatif soumis à la Commission européenne en fin d'année 2020 qui n'a pas soulevé d'objection de la part de cette dernière : il devait être inclus dans la dernière loi de finances, mais il a été considéré comme un cavalier législatif et en a été finalement écarté. La nouvelle équipe ministérielle ne s'est pas encore prononcée sur ses intentions en matière de véhicule autonome et connecté. Toutefois, son appétence pour accélérer la transition numérique et écologique du pays laisse augurer un cadre plus favorable au développement du véhicule autonome et connecté. De fait, la commission concernée du Parlement a modifié le 20 juillet le décret relatif à la simplification des procédures, si bien que le Gouvernement peut désormais proposer son cadre normatif au Conseil d'Etat et le faire approuver rapidement.

1.6 Une évolution très positive de la réglementation française

Un important travail législatif et réglementaire, qu'il convient de saluer, a été mené pour permettre la tenue d'expérimentations impliquant des véhicules autonomes. Il se poursuit afin de pouvoir autoriser de manière permanente des véhicules et des systèmes de transports routiers automatisés. Ces points sont traités dans les premiers paragraphes. Les suivants évoquent un certain nombre de cas particuliers de cette réglementation : les navettes urbaines, les engins agricoles, l'accès aux données ...

1.6.1 Un cadre réglementaire désormais approprié pour les expérimentations

L'article 37 de la loi n° 2015-992 du 7 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte a autorisé le gouvernement à définir par ordonnance les mesures permettant la circulation sur la voie publique de véhicules à délégation partielle ou totale de conduite, qu'il s'agisse de voitures particulières, de véhicules de transport de marchandises ou de véhicules de transport de personnes, à des fins expérimentales, dans des conditions assurant la sécurité de tous les usagers.

L'ordonnance n° 2016-1057 du 3 août 2016 relative à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques (modifiée par la loi PACTE⁵⁸) indique que :

- la circulation à des fins expérimentales d'un véhicule à délégation partielle ou totale de conduite sur une voie ouverte à la circulation publique est subordonnée à la délivrance d'une autorisation destinée à assurer la sécurité du déroulement de l'expérimentation ;
- la délivrance de l'autorisation est subordonnée à la condition que le système de délégation de conduite puisse être à tout moment neutralisé ou désactivé par le conducteur. En l'absence de conducteur à bord, le demandeur fournit les éléments de nature à attester qu'un conducteur situé à l'extérieur du véhicule, chargé de superviser ce véhicule et son environnement de conduite pendant l'expérimentation, sera prêt à tout moment à prendre le contrôle du véhicule, afin d'effectuer les manœuvres nécessaires à la mise en sécurité du véhicule, de ses occupants et des usagers de la route ;
- l'autorisation est accordée par le ministre chargé des transports après avis du ministre de l'intérieur, s'il y a lieu après avis du gestionnaire de la voirie, de l'autorité compétente en matière de la police de la circulation et de l'autorité organisatrice des transports concernés ;
- les conditions de délivrance de l'autorisation et les modalités de sa mise en œuvre sont précisées par décret en Conseil d'État.

⁵⁸ Article 125 de la loi n° 2019-486 du 22 mai 2019, dite loi PACTE, relative à la croissance et la transformation des entreprises, https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000038496320

Ces autorisations, valables pour deux ans, sont renouvelables une fois.

Ce cadre a permis d'autoriser de manière efficace les expérimentations qui ont été menées jusqu'ici en France.

Seule difficulté, plusieurs opérateurs ont souligné que le renouvellement à périmètre constant (ou non) d'une expérimentation leur semblait particulièrement long : l'instruction correspondante pourrait faire l'objet d'une procédure simplifiée.

1.6.2 La mise en place du cadre réglementaire permettant la circulation des véhicules à délégation de conduite

Dans ce paragraphe, nous distinguerons :

- les véhicules particuliers à délégation de conduite qui vont pouvoir être autorisés à circuler dès lors qu'ils seront homologués et que les systèmes de délégation de conduite qu'ils emploient auront fait l'objet d'une réglementation technique internationale adoptée par le WP 29 : des véhicules avec un système de maintien dans la voie, système dit ALKS, pourront donc circuler dès lors qu'ils auront été homologués au niveau européen. Par contre, les fonctions utilisées dans le niveau L2+, qui n'ont pas encore été traitées par le WP 29, ne peuvent être autorisées ;
- les systèmes de transport routier automatisés qui concernent les services de transport routier public collectif ou particulier de personnes vont devoir faire l'objet d'une procédure d'autorisation spécifique, reposant sur l'homologation du véhicule et sur la démonstration de sécurité du véhicule ;
- le transport de marchandises en distinguant les poids lourds à délégation de conduite qui pourront être autorisés dès lors qu'ils seront homologués et qu'ils fonctionneront dans les domaines couverts par la réglementation internationale, et les système de transport routier automatisé s'appliquant au transport de marchandises qui feront l'objet d'une procédure similaire à celle des systèmes des transports routiers automatisés de personnes.

L'ordonnance d'avril 2021 prise en application de l'article 31 de la loi d'orientation des mobilités⁵⁹ précise les conditions d'autorisation des véhicules à délégation de conduite. Elle distingue trois cas d'usage très différents.

- Les véhicules à délégation de conduite (VL, PL). Ceux-ci sont autorisés à circuler suivant une procédure classique d'homologation tenant compte néanmoins des fonctions d'automatisation. L'ordonnance distingue la période de conduite normale pendant laquelle le conducteur conduit effectivement le véhicule, de celle pendant laquelle il a décidé d'activer le système de conduite automatisé. Dans, ce cas, l'ordonnance précise notamment que « Lorsque son état de fonctionnement ne lui permet plus d'exercer le contrôle dynamique du véhicule ou dès lors que les conditions d'utilisation ne sont plus remplies ou qu'il anticipe que ses conditions d'utilisation ne seront vraisemblablement plus remplies pendant l'exécution de la manœuvre, le système de conduite automatisé doit :
 - alerter le conducteur ;
 - effectuer une demande de reprise en main ;
 - engager et exécuter une manœuvre à risque minimal à défaut de reprise en main à l'issue de la période de transition ou en cas de défaillance grave. Cette notion de

⁵⁹ Ordonnance no 2021-443 du 14 avril 2021 relative au régime de responsabilité pénale applicable en cas de circulation d'un véhicule à délégation de conduite et à ses conditions d'utilisation <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043370894>

manœuvre à risque minimal devrait être précisée par le décret d'application en cours de préparation. Elle pourrait être définie comme une manœuvre ayant pour finalité la mise à l'arrêt du véhicule en situation de risque minimal pour ses occupants et les autres usagers de la route, automatiquement effectuée par le système de conduite automatisé, suite à un aléa non prévu dans ses conditions d'utilisation, à une défaillance grave ou un défaut de reprise en main à expiration de la période de transition ».

L'ordonnance introduit de plus un nouvel article dans le code de la route, le L. 123-2, au terme duquel pendant les périodes où le système de conduite automatisé exerce le contrôle dynamique du véhicule conformément à ses conditions d'utilisation, le constructeur du véhicule ou son mandataire est pénalement responsable des délits d'atteinte involontaire à la vie ou à l'intégrité de la personne lorsqu'il est établi une faute : cette notion devrait être précisée par le décret d'application de l'article 121-3 du même code. Elle devrait vraisemblablement englober non seulement le non-respect du code de la route au sens habituel du terme, mais aussi les absences d'alerte du conducteur ou les défaillances dans la mise en sécurité du véhicule lorsque les conditions de fonctionnement du système automatisé ne sont plus réunies.

- Les systèmes de transport routier automatisés qui concernent les services de transport routier public collectif ou particulier de personnes, ainsi que les services privés de transport de personnes. Cette fois l'autorisation de mise en service est délivrée par l'organisateur du service. L'ordonnance ajoute en effet un nouvel article au code de la route, l'article L. 3151-1 I, qui précise que la mise en service et l'exploitation d'un système de transport routier automatisé font l'objet d'une décision de l'organisateur du service. Cette mise en service est cependant subordonnée à :
 - la réception préalable des véhicules utilisés,
 - un audit périodique de la sécurité du système en exploitation par un organisme qualifié agréé,
 - la démonstration préalable définie par voie réglementaire, certifiée par un organisme qualifié agréé⁶⁰:
 - de la sécurité du système conçu pour être déployé sur les types de parcours ou zones de circulation visés pour ce transport;
 - de la sécurité du système déployé sur le parcours ou la zone de circulation défini pour ce transport.

Dans ce cas, ce n'est plus le constructeur mais l'organisateur du service ou l'exploitant qui est pénalement responsable des délits d'atteinte involontaire à la vie ou à l'intégrité de la personne lorsqu'il est établi, de même que dans le paragraphe précédent, une « faute »⁶¹ pendant les périodes où le système de conduite automatisé exerce le contrôle dynamique du véhicule. L'ordonnance ajoute toutefois un article Art. L. 3151-5, qui prévoit que : « toute personne habilitée telle que mentionnée à l'article L. 3151-3, qui effectue ou omet, y compris par négligence, d'effectuer une intervention à distance sur un véhicule à délégation de conduite exploité dans le cadre d'un système de transport routier automatisé, est responsable pénalement des infractions résultant de la manœuvre du véhicule lorsque cette manœuvre découle de son intervention ou de son absence d'intervention, ou lorsque cette intervention ou abstention n'est pas conforme aux conditions d'utilisation du système ».

⁶⁰ Selon le même article du code de la route, la démonstration de la sécurité d'éléments du système qui ne sont pas dépendants des parcours ou zones de circulation utilisés pour leur exploitation, peut donner lieu à une attestation nationale

⁶¹ Cette notion devrait être précisée par le décret d'application de l'article 121-3 du même code.

Ainsi, le ou les véhicules ne peuvent circuler que sur des parcours ou zones de circulation prédéfinis.

- Ces dispositions s'appliquent également au transport routier de marchandises, en vertu de l'article L. 3251-1, lorsque ce transport est effectué au moyen d'un système de transport routier automatisé.

L'ordonnance précise enfin que, compte tenu du délai nécessaire à l'entrée en vigueur de l'article 34 bis de la convention de Vienne, les dispositions de l'ordonnance relatives à la conduite sans chauffeur, donc aux systèmes de transport routier automatisés et au transport routier de marchandises ne seront effectives qu'au lendemain de la publication au Journal officiel du décret portant publication des amendements à la convention sur la circulation routière du 8 novembre 1968 et au plus tard le 1er septembre 2022.

1.6.3 Le processus d'autorisation et la démonstration de sécurité des systèmes de transport routier automatisés : une nouvelle approche de validation

Le développement des systèmes de conduite hautement automatisés, intégrant donc de façon intensive et à différents niveaux des algorithmes d'Intelligence Artificielle, appelle à préparer une nouvelle approche de validation par les autorités publiques : l'homologation « classique » des véhicules, fondée sur les performances des organes (ex : direction, freinage, éclairage) (dite approche « verticale ») est en effet peu adaptée au développement de tels systèmes (véhicule + conducteur + environnement de circulation). Il semble ainsi qu'une approche de certification soit plus adaptée à la validation du véhicule autonome.

Les travaux d'homologation du véhicule ne sont plus suffisants dès l'instant où des éléments, nécessaires à la circulation du véhicule en toute sécurité, ne sont pas rattachés au véhicule (infrastructure, autres véhicules, centre de supervision, ...). L'homologation n'a vocation à ne caractériser que le produit véhicule avec les signaux qu'il reçoit et qu'il envoie.

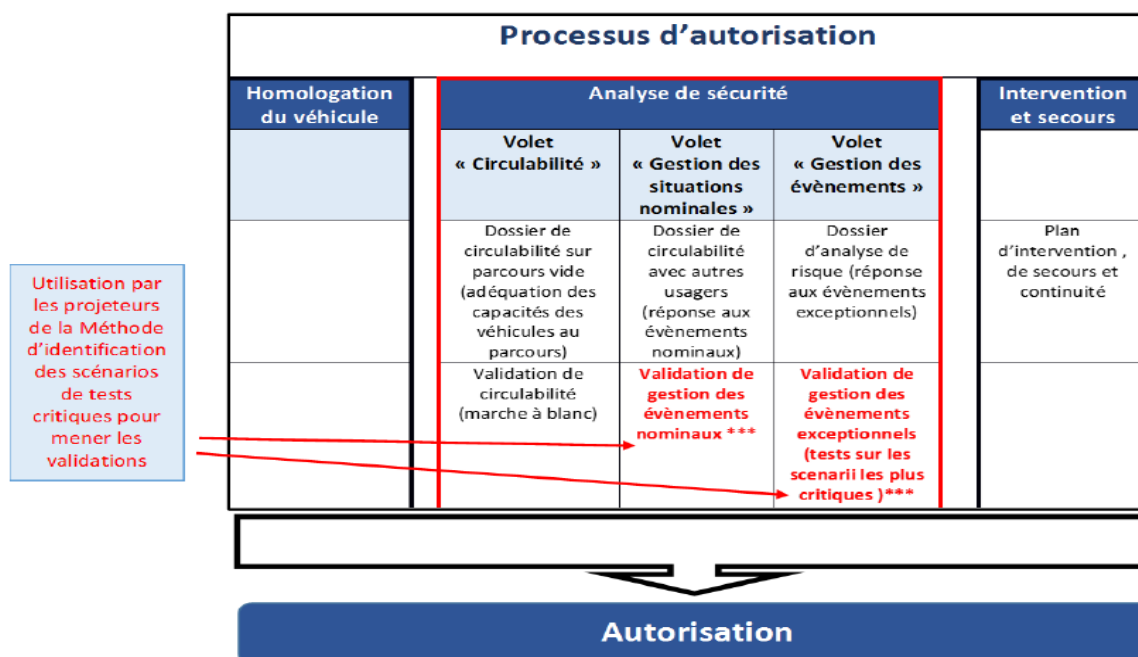


Figure 3 : Place de l'analyse de sécurité de parcours STPA dans le processus d'autorisation⁶²

En fonction de la manière dont sera utilisé un véhicule (préalablement homologué) dans un service de transport (lieu, infrastructure routière, connectivité, conditions d'usage, nombre de véhicules, mixité entre véhicule ou non, ...), c'est le régime destiné à valider les systèmes de transport routier au sens de l'ordonnance dernièrement publiée qui prend la suite. Un véhicule sans conducteur homologué (comme une navette automatisée) n'aura donc pas le droit de circuler : il devra obligatoirement être inclus dans un système de transport automatisé, dûment validé en termes de sécurité.

La France a proposé une approche novatrice qu'il convient là encore de saluer pour l'autorisation d'un système de transports automatisés. Celle-ci va reposer sur l'homologation du véhicule et sur une autorisation du système conformément au schéma ci-dessus.

Ainsi, comme le souligne la fiche présente sur le site du ministère de la transition écologique⁶³, « la France a présenté en janvier 2019 à l'ONU (WP 29/groupe de travail sur la réglementation technique et la validation des véhicules autonomes), une nouvelle approche de validation des systèmes fondée sur trois principaux objets de validation :

- Les principes et règles de conception (définition des domaines d'emploi, architecture fonctionnelle de haut niveau du système et des sous-systèmes, règles de haut niveau des manœuvres, règles de haut niveau de conception des algorithmes, principes visant à la bonne interprétation des interfaces homme-machine (IHM)) ;
- Le fonctionnement du système en situation nominale (reconnaissance du domaine d'emploi, exécution des manœuvres nominales en respect des règles de conduite, interprétation des IHM) ;
- L'évaluation et le traitement des risques (identification et classification des scénarios critiques, évaluation des risques, stratégies de réduction des risques, réponses aux risques identifiés, dont les manœuvres d'urgence...)

Trois types d'outils de validation peuvent être mis en œuvre pour valider ces trois objets :

- L'audit, s'appuyant sur des descriptions et le caractère explicable des principes de fonctionnement (règles de haut niveau de conception des systèmes et des algorithmes, identification et notation des scénarios de risques, enchaînements ou logigrammes de manœuvre) ;
- Les tests et simulations (reconnaissance du domaine d'emploi, manœuvres nominales respectant les règles de conduite et « l'étiquette » du comportement routier, manœuvres de mise en sécurité, réduction des défaillances des sous-systèmes ...)

⁶² : *Analyse de sécurité des parcours prédéfinis*, Document IFSTTAR/STRMTG, STPA, https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/STPA_analyse%20de%20s%C3%A9curit%C3%A9%20des%20parcours%20pr%C3%A9d%C3%A9finis.pdf

⁶³ <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Nouvelle%20approche%20de%20validation%20des%20syst%C3%A8mes%20et%20d.pdf>

- Les études de comportement *in situ* (interprétabilité du domaine d'emploi et de l'IHM ...) ».

1.6.4 Le cas particulier de la navette urbaine : une homologation du véhicule autonome en cours de définition

Aujourd'hui, la réglementation internationale⁶⁴ ne considère que les véhicules de moins de huit places assises sans passager debout (catégorie M1) et les véhicules avec plus de huit places assises et d'éventuels passagers debout (catégorie M2). Dès lors, en inscrivant dans le code de la route une nouvelle catégorie de véhicules avec moins de huit places assises mais avec passagers debout, le décret no 2018-1045 du 28 novembre 2018 relatif aux véhicules de transports urbains de personnes a permis de traduire dans la réglementation l'invention d'un nouveau véhicule. L'article R. 311-1 du code de la route caractérise désormais dans son point 6-13 cette nouvelle catégorie de véhicules, dans les termes suivants :

« Navette urbaine : véhicule à moteur conçu et construit pour le transport de personnes en agglomération, ne répondant pas aux définitions des catégories internationales M1, M2 ou M3 et ayant la capacité de transporter, outre le conducteur, neuf passagers au moins et seize passagers au plus, dont quatre ou cinq peuvent être assis ».

1.6.4.1 L'homologation nationale d'une navette urbaine avec chauffeur

Entré en vigueur le 14 juin 2019, l'arrêté du 6 mai 2019⁶⁵ définit les conditions d'homologation, d'exploitation et de circulation des navettes urbaines avec un conducteur à bord et en précise les caractéristiques. Il s'agit d'un véhicule :

- conçu et construit exclusivement pour le transport en agglomération de passagers assis ou debout, d'une seule section rigide, d'un seul niveau à plancher plat surbaissé, dépourvu de toute marche et dont l'habitacle est fermé ;
- ne pouvant excéder 50 km/h ;
- immatriculé sous le genre national VASP avec la carrosserie NAVURB ;
- équipé de différentes inscriptions et plaquettes d'information à l'attention des usagers au regard du conducteur ainsi que d'extincteurs, système de bris de glace, etc. ;
- soumis à contrôle technique périodique tous les 6 mois, à l'équivalent des autobus et autocars ;
- conduit par une personne titulaire du permis D ou D1 et devant effectuer les vérifications d'usage avant sa sortie du dépôt.

L'arrêté précise que la motorisation de la navette urbaine doit être électrique à faibles émissions, ce qui permet l'utilisation d'une motorisation électrique alimentée par des batteries ou par une pile à combustible à hydrogène.

L'arrêté du 24 avril 2020, modifiant le précédent, prévoit de plus la possibilité pour une navette urbaine d'être utilisée en tant que remorque dans une configuration train urbain.

⁶⁴ Cf article 4 du Règlement (UE) 2018/858 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la réception et à la surveillance du marché des véhicules à moteur et de leurs remorques, ainsi que des systèmes, composants et entités techniques distinctes destinés à ces véhicules,

⁶⁵ Arrêté du 6 mai 2019 définissant les conditions d'homologation, d'exploitation et de circulation des navettes urbaines, <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038599098>

Il prévoit enfin les conditions d'homologation de ce véhicule qui, conformément à son article 1, sera homologué suivant une procédure purement nationale⁶⁶. Le respect des règles techniques énumérées à l'annexe I donne lieu à la délivrance d'un procès-verbal de réception délivré par le Centre national de réception des véhicules (CNRV).

Il convient enfin de souligner que la Navurb est un véhicule conçu et construit pour le transport de personnes en agglomération : elle peut donc transporter des passagers debout ce qui limite *de facto* sa vitesse ainsi que son freinage. Une navette inter-urbaine sur des distances de plusieurs dizaines de kilomètres ne comporterait vraisemblablement que des passagers assis munis d'une ceinture de sécurité et rentrerait ainsi dans la catégorie internationale de véhicules M1 ou M2⁶⁷ en fonction de son nombre de passagers.

1.6.4.2 L'homologation nationale d'une navette urbaine dépourvue de chauffeur

Un travail est en cours sous l'égide des services de l'administration pour préciser les conditions d'homologation, d'exploitation et de circulation des navettes urbaines autonomes : il consiste à examiner composant par composant les textes à respecter et ceux auxquels il est souhaitable de déroger. Ce travail important devrait pouvoir donner lieu à la parution d'un arrêté modificatif précisant les prescriptions réglementaires spécifiques devant s'appliquer à l'homologation du caractère automatisé de la navette urbaine et devrait pouvoir être repris au niveau européen pour définir les conditions d'homologation des navettes urbaines, mais aussi des mini-bus et bus autonomes.

Il est en effet important de comprendre qu'une navette urbaine sans conducteur à bord est un véhicule totalement différent d'une navette avec conducteur ou simplement superviseur à bord :

- dès lors qu'il n'y a ni volant, ni poste de conduite, l'existence de rétroviseurs ne s'impose plus même si un opérateur est présent à bord ;
- la suppression du poste de conduite entraîne la disparition du frein à main, et doit être compensée par des dispositifs permettant l'arrêt complet du véhicule dans une pente et son redémarrage (sans reculer) ;
- un superviseur à distance doit pouvoir disposer à tout moment d'une communication particulière lui permettant d'arrêter le véhicule et d'éviter la prise de contrôle de la navette par un *hacker* ;
- l'absence de conducteur à bord qui détecte les bruits anormaux provoqués par la circulation de la navette (ex : caillou ou clou dans un pneu) doit être compensé d'une autre manière ;
- un temps de latence garanti dans les moyens de communication entre la navette et le superviseur permettant à ce dernier d'être sûr de la situation réelle dans laquelle se trouve la navette au moment où il lui donne l'autorisation d'effectuer une manœuvre.

⁶⁶ L'arrêté précise ainsi que la navette urbaine fait l'objet d'une réception par type nationale (RPT) ou d'une réception à titre isolé (RTI) définie dans l'arrêté du 19 juillet 1954. La réception par type de portée nationale est effectuée : i) soit conformément aux dispositions de la directive 2007/46/CE ou des règlements européens n° 167/2013 et 168/2013. Cette réception, appelée réception nationale par type de petite série, a une validité limitée à l'Etat membre qui a procédé à la réception. Les autres Etats membres peuvent décider d'accepter ou de refuser cette réception. Le nombre de véhicules commercialisés sur la base de ce type de réception est limité et défini dans les textes européens spécifiques aux catégories internationales des véhicules concernés ; ii) soit conformément à l'arrêté ministériel du 19 juillet 1954 : ce type de réception concerne des véhicules pour lesquels la réception selon la directive 2007/46/CE ou les règlements européens n° 167/2013 et 168/2013 est facultative ou les véhicules qui ne relèvent pas d'une des catégories internationales précitées.

⁶⁷ Selon le code de la route, un véhicule de catégorie M1 est un véhicule conçu et construit pour le transport de personnes et comportant, outre le siège du conducteur, huit places assises au maximum. Un véhicule de catégorie M2 est un véhicule conçu et construit pour le transport de personnes, comportant, outre le siège du conducteur, plus de huit places assises et ayant un poids maximal inférieur ou égal à cinq tonnes.

1.6.4.3 L'homologation européenne d'un mini-bus dépourvu de chauffeur

Le règlement européen encadrant l'homologation des véhicules⁶⁸ présuppose toujours une personne aux commandes du véhicule et donc la contrôlabilité complète du véhicule. Dès lors, pour qu'un véhicule entrant dans les catégories internationales reconnues dans les travaux de l'UNECE, - par exemple un mini-bus -, puisse être homologué dans sa version autonome, il faudra :

- définir les textes réglementaires que devra respecter cette nouvelle version du véhicule ;
- vérifier que les conditions dans lesquelles un véhicule autonome peut être autorisé à circuler et qui seront déterminées au niveau européen sont bien remplies.

1.6.4.4 L'homologation européenne d'un mini-bus dépourvu de chauffeur

En revanche, la navette urbaine autonome, en tant que concept novateur, n'entre pas dans le champ du règlement européen définissant les catégories de véhicules autorisables et ne peut à ce stade bénéficier d'une homologation européenne. Une modification du règlement européen définissant les catégories de véhicules devra donc être réalisée pour pouvoir y intégrer les navettes urbaines.

1.6.5 La livraison du dernier kilomètre : le stade de l'expérimentation

La livraison du dernier kilomètre par des engins autonomes donne lieu à de plus en plus d'annonces :

- Mobileye et une startup Californienne Udelv ont annoncé leur intention de lancer une flotte de 35 000 camionnettes de livraison autonomes d'ici 2028 avec une précommande de 1 000 exemplaires d'ici deux ans⁶⁹ ;
- Domino et Nuro viennent de déployer un service de robot livreur de pizzas dans la ville de Houston⁷⁰.

Le décret de décembre 2020⁷¹ a explicitement prévu un certain nombre de dispositions facilitant la réalisation d'expérimentations relatives à la livraison du dernier kilomètre : il permet de fait d'autoriser le titulaire de l'expérimentation à déroger, dans les conditions qu'il fixe, à certains articles du code de la route pour pouvoir circuler sur certaines chaussées et certains trottoirs et accotements. Le décret de juin 2021 pris au titre de l'article 31 de la loi LOM pour l'application des dispositions du code de procédure pénale, du code de la route et du code des transports⁷² prévoit la possibilité d'autoriser la circulation d'engins roulants destinés à la livraison de marchandises sur certaines chaussées et certains trottoirs et accotements.

En France, une seule expérimentation est en cours à Montpellier avec la société TwinswHeel. D'autres véhicules spécifiquement conçus à cet effet sont néanmoins envisageables⁷³.

⁶⁸ Règlement (UE) 2018/858 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la réception et à la surveillance du marché des véhicules à moteur, de leurs remorques et des systèmes, composants et entités techniques destinés à ces véhicules, modifiant les règlements (CE) n° 715/2007 et (CE) n° 595/2009 et abrogeant la directive 2007/46/CE, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32018R0858>

⁶⁹ <https://www.usine-digitale.fr/article/mobileye-s-allie-a-udelv-pour-lancer-35-000-camionnettes-de-livraison-autonomes-d-ici-2028.N1081404>

⁷⁰ <https://edition.cnn.com/2021/04/12/tech/dominos-pizza-delivery-robot/index.html>

⁷¹ Décret no 2020-1495 du 2 décembre 2020 modifiant le décret no 2018-211 du 28 mars 2018 relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques

⁷² Décret n° 2021-873 du 29 juin 2021 portant application de l'ordonnance n° 2021-443 du 14 avril 2021 relative au régime de responsabilité pénale applicable en cas de circulation d'un véhicule à délégation de conduite et à ses conditions d'utilisation <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043729532>

⁷³ https://www.valeo.com/wp-content/uploads/2020/01/Valeo_Meituan_ENG-1.pdf

Pour que les constructeurs de tels véhicules puissent se développer il est souhaitable qu'ils puissent s'adresser le plus vite possible à l'ensemble du marché intérieur européen.

Recommandation 5. Définir une homologation des véhicules autonomes de livraison du dernier kilomètre qui puisse être reprise rapidement au niveau européen afin que les constructeurs puissent bénéficier des potentialités de l'ensemble du marché unique européen.

1.6.6 Les robots agricoles autonomes relèvent de la directive machine mais ne peuvent pas circuler aujourd'hui sur la voie publique

Les engins agricoles relèvent pour tous les travaux et pour la circulation dans des espaces privés de la directive Machine⁷⁴.

S'ils veulent pouvoir circuler sur la voirie publique, les engins agricoles (hors convois exceptionnels) doivent être homologués et doivent respecter les réglementations du code de la route qui leur sont applicables.

Or les engins agricoles autonomes à usage hautement automatisée relèvent de la directive Machine et ne sont pas des véhicules homologués sur route. Pour passer d'une parcelle à une autre, il faut donc charger systématiquement sur une remorque agricole, ce qui entraîne de fortes contraintes qui pénalisent l'efficacité des robots agricoles et limitent considérablement le développement de la filière. À l'inverse, cette circulation ne doit pas entraîner de risques supplémentaires notables pour la sécurité routière : le retournement sur la voirie publique d'un engin arrivé en bout de champ n'est donc pas envisageable sans un certain nombre de précautions particulières. La filière demande donc à pouvoir bénéficier d'un cadre lui permettant notamment :

- de traverser des chemins ruraux ou des voies communales non express en mode manuel : machine pilotée via une télécommande par un opérateur situé à proximité ;
- d'effectuer des demi-tours en mode autonome avec opérateur à proximité exclusivement sur chemin rural (L.161-1) temporairement privatisé ;
- d'effectuer des demi-tours en mode autonome avec supervision continue à distance, exclusivement sur chemin rural (L.161-1) temporairement privatisé.

Recommandation 6. Prévoir l'adaptation à la circulation sur routes ouvertes des engins agricoles déjà autonomes dans les champs qui seraient amenés à se déplacer à faible vitesse sur la voie publique sur des trajets courts.

RobAgri mène des discussions avec les ministères pour trouver des moyens de répondre à ces différents cas d'usage. Plusieurs solutions ont été évoquées mais n'ont pas été considérées comme satisfaisantes :

- barrer la route ou le chemin pour privatiser suite à un arrêté émis par le Maire ou le Préfet ;
- faire évoluer la réglementation par décret du conseil d'État pour autoriser la circulation des engins à usage agricole sans homologation routière (en se rapprochant ainsi des dérogations accordées parfois aux engins de travaux publics) ;

⁷⁴ . La Commission vient de proposer au mois d'avril une révision de cette directive la transformant en règlement et intégrant les questions d'intelligence artificielle

- définir un cadre de chantier mobile (obstacle, travaux) avec une signalétique adaptée sur la voie et l'homologation routière des engins (de type tracteur, Maga).

Ce point est d'autant plus délicat que les données collectées par l'Observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR) montrent que sur cinq ans, de 2013 à 2017, 984 accidents ont impliqué un tracteur agricole⁷⁵. Ces accidents sont à l'origine du décès de 201 personnes, dont 44 dans le tracteur (40 conducteurs et 4 passagers), et ont provoqué 1073 blessées (dont 774 blessés hospitalisés plus de 24 heures).

1.6.7 L'accès aux données représente un enjeu majeur qui continue à soulever des débats au-delà de l'ordonnance prise

Les données produites durant leur circulation par les véhicules automatisés et autonomes ont une valeur qui peut être importante pour le conducteur lui-même (ne serait-ce que pour sa sécurité et pour l'entretien du véhicule), pour les autorités publiques (notamment en cas d'accidents), mais également pour un très grand nombre d'acteurs, depuis les constructeurs et les équipementiers, jusqu'aux assureurs...

Leur utilisation pose cependant un très grand nombre de questions : qui va être le propriétaire de ces données ? Qui va avoir le droit d'y accéder ? Par quel canal vont-elles transiter ?

1.6.7.1 La présence obligatoire d'un enregistreur de données à bord du véhicule est désormais actée

La réglementation européenne⁷⁶ impose désormais la présence d'enregistreurs de bord à partir de 2024 et de 2029 pour les différentes catégories de véhicules. Ceux-ci doivent être capables de garder en mémoire toute une série de données anonymisées cruciales du véhicule sur un court intervalle de temps avant, pendant et immédiatement après une collision (déclenchées, par exemple, par le déploiement d'un coussin gonflable). Celles-ci devraient pouvoir être utilisées par les États membres uniquement afin de mener des analyses de sécurité routière et d'évaluer l'efficacité de mesures spécifiques qu'ils ont prises, sans permettre d'identifier le propriétaire ou le détenteur d'un véhicule donné à partir des données mémorisées.

Les *guidelines* relatifs à la procédure dérogatoire permettant d'autoriser des véhicules automatisés insistent également sur la nécessité d'équiper les véhicules automatisés d'appareils de bord capables d'enregistrer les données du véhicule⁷⁷.

⁷⁵ <https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/etudes-et-recherches/victimes/risque-routier-professionnel/accidentalite-des-tracteurs-agricoles-entre-2013-et-2017>

⁷⁶ Article 6 du règlement (UE) 2019/2144 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 27 novembre 2019 relatif aux prescriptions applicables à la réception par type des véhicules à moteur et de leurs remorques, ainsi que des systèmes, composants et entités techniques distinctes destinés à ces véhicules, en ce qui concerne leur sécurité générale et la protection des occupants des véhicules et des usagers vulnérables de la route, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/?uri=CELEX:32019R2144>

⁷⁷ *Automated vehicles should be equipped with an on-board device that records the operational status of the automated driving system and the status of the driver to determine who was driving during an accident. Guidelines on the exemption procedure for the EU approval of automated vehicles*, Guidelines approuvés en février 2019, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/34802>

En France, le décret du 28 mars 2018 a prévu que, pour les expérimentations, les véhicules seraient équipés d'un dispositif d'enregistrement permettant de déterminer à tout instant si le véhicule a circulé en mode de délégation partielle ou totale. De plus, les données enregistrées au cours des cinq dernières minutes sont conservées durant un an⁷⁸.

Le décret pris en application de l'article 31 de la loi LOM reprend cette idée dans un nouvel article du code de la route ainsi rédigé :

« Art. R. 3152-4. - Tout système de transport routier automatisé et tout véhicule qui y est intégré doit être équipé d'enregistreurs de données d'événements conformes aux prescriptions en matière de construction, de montage et d'utilisation énoncées dans les instruments juridiques internationaux relatifs aux véhicules à roues et aux équipements et pièces susceptibles d'être montés et/ou utilisés sur un véhicule à roues.

Un arrêté du ministre chargé des transports peut préciser les données complémentaires devant être enregistrées tenant compte de la spécificité des événements susceptibles d'affecter les transports routiers automatisés non couverts par des instruments juridiques internationaux ».

Enfin, les spécifications techniques internationales adoptées dans le cadre du WP 29 ont été publiées au JOCE le 20 juin 2021⁷⁹.

1.6.7.2 L'ordonnance d'avril 2021 définit les droits d'accès aux données du véhicule d'un certain nombre d'acteurs ainsi que les conditions d'accès

En France, l'ordonnance⁸⁰ no 2021-442 du 14 avril 2021 relative à l'accès aux données des véhicules prise en application de l'article 32 de loi d'orientation des mobilités définit en fonction des finalités poursuivies dans quelles conditions un certain nombre d'acteurs - gestionnaires d'infrastructures routières, autorités organisatrices de la mobilité, forces de police et de gendarmerie, services d'incendie et de secours, constructeurs automobiles... - peuvent avoir accès aux données des véhicules terrestres à moteur. Celles-ci doivent être anonymisées et ne peuvent être utilisées comme preuve d'infractions au code de la route. En cas d'accident impliquant des véhicules à délégation de conduite, assureurs et organismes d'enquêtes techniques auront également accès à certaines données.

1.6.7.3 Un certain nombre de questions doivent cependant être précisées dans le futur, notamment par le décret d'application de l'ordonnance

Plusieurs questions restent cependant en suspens :

- la première a trait à l'endroit où sont conservées ces données : dans l'enregistreur de bord ou dans un *cloud* lié au constructeur. Afin d'éviter toute idée de manipulation des données, il est sans doute préférable de conserver à cet enregistreur une fonction de boîte noire dans laquelle après accident, un certain nombre d'acteurs auront accès à des données réputées infalsifiables ;
- la seconde a trait à l'accès (dès lors que le propriétaire en est d'accord) aux données d'un véhicule en circulation : doit-il être réservé au constructeur qui les répercute ensuite vers d'autres acteurs ou d'autres acteurs peuvent-ils interroger directement les données du véhicule ? Deux logiques s'affrontent : pour les assureurs et les équipementiers, notamment, il

⁷⁸ Cet article a été modifié par le décret du 2 décembre 2020. En voici la rédaction actuelle : « Article 11 : Les véhicules sont équipés d'un dispositif d'enregistrement permettant de déterminer à tout instant l'état de délégation de conduite. Les données sont automatiquement effacées à l'issue d'un délai de quatre mois. Le conducteur du véhicule a accès à ces données à sa demande. En cas d'accident, les données enregistrées au cours des dernières cinq minutes sont conservées par le titulaire de l'autorisation durant un an ».

⁷⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:42021X0993&from=FR>

⁸⁰ Ordonnance no 2021-442 du 14 avril 2021 relative à l'accès aux données des véhicules <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043370884>

paraît souhaitable de pouvoir accéder directement aux données du véhicule en croisant un certain nombre de données (localisation, vitesse, heure de la journée, ...) avec celles qui les intéressent plus particulièrement (pression des pneus par exemple). Pour certains constructeurs, désireux d'assurer une cybersécurité maximale, il est au contraire souhaitable d'avoir un seul canal de transfert des données et de ne pas autoriser la possibilité d'interroger directement les données présentes dans le véhicule. Les développements techniques futurs permettront peut-être de préciser s'il est possible de garder une cybersécurité de haut niveau tout en autorisant un accès « direct » à certaines données du véhicule. La PFA a publié en avril 2021 une note de position technique de la filière⁸¹ reposant sur l'approfondissement d'un certain nombre d'exemples d'accès aux données. Dans cette note, elle envisage trois voies d'accès aux données du véhicule :

- a) un accès direct aux données qu'elle déconseille et qu'elle définit comme la capacité de collecter des données du véhicule directement à partir de l'architecture électronique interne du véhicule sans implication du constructeur dans le développement, la validation ou l'implémentation de la solution installée dans le véhicule permettant un accès à des données et fonctions du véhicule ;
- b) un accès local aux données qu'elle définit comme la possibilité d'accéder à des données et fonctions du véhicule par une interface située dans le véhicule et approuvée⁸² par le constructeur ou conforme aux spécifications contractuelles du constructeur ;
- un accès distant qu'elle définit comme la possibilité d'accéder à des données et fonctions du véhicule par le biais d'une interface débarquée du véhicule. Ce type d'accès est soumis à des conditions d'utilisation validées par le constructeur.

Dans cette note, la PFA prend position pour ces deux derniers accès ; elle confirme en effet que

- l'accès distant défini dans la série des normes ISO 20078 permet de répondre aux besoins d'accès aux données,
 - et qu'en fonction du cas d'usage et du contexte, une solution d'accès local (pouvant reposer sur des standards du marché comme *Android Automotive*) ou combinée avec un accès distant est pertinente. La combinaison des accès distants et locaux permet de couvrir l'ensemble des cas d'usage de services, en fournissant un accès aux données et aux fonctions du véhicule.
- le délai de conservation des données de cinq ans aujourd'hui devrait vraisemblablement être porté à dix ans en accord avec le délai de prescription civile de dix ans en cas de survenance d'un dommage corporel ;
 - l'accès aux données pour les sinistres matériels ou sans tiers n'est pour le moment pas prévu par les textes.

⁸¹ https://pfa-auto.fr/wp-content/uploads/2021/04/PTF_Acc%C3%A8s-aux-donn%C3%A9es-du-v%C3%A9hicule-%C3%A9tendu-AVRIL_2021_V2.pdf

⁸² Approuvée par le Constructeur : accord donné par le Constructeur pour une application de service proposée par un tiers et installée dans le véhicule permettant un accès à des données et fonctions du véhicule sur la base des exigences en matière d'homologation, de performance, de cybersécurité, de sécurité, de respect des données personnelles et de responsabilité.

2 L'intelligence artificielle actuelle ne permet pas d'obtenir l'autonomie complète des véhicules : de nouveaux travaux de recherche sont nécessaires

Les déclarations de Yan LeCun⁸³ de Yoshua Bengio⁸⁴, les articles de The economist⁸⁵, ou l'article (extrêmement intéressant) de la Revue générale des chemins de fer sur les systèmes de *deep learning* pour l'embarqué ferroviaire⁸⁶ convergent vers l'idée que l'intelligence artificielle ne permet pas aujourd'hui la conduite sans chauffeur et, de plus, ne peut le permettre dans l'approche actuelle (*machine learning* et *deep learning*) : malgré les millions de kilomètres parcourus et les milliards de kilomètres simulés, l'intelligence artificielle n'arrive pas à s'adapter à des situations extraordinaires (ou qui sortent de l'ordinaire) qu'un humain saurait facilement traiter : exemple d'un avion atterrissant sur une route ... L'approche actuelle de Waymo qui a identifié 20 000 situations particulières, à partir des millions de kilomètres parcourus, ne suffirait donc pas. Yoshua Bengio indiquait ainsi en décembre 2019⁸⁷ : " *The problem with the current state of the art systems that use deep learning is that they're trained on huge quantities of data, but they don't really understand well what they're talking about*".

Ce chapitre, après avoir rappelé quelques définitions, cherchera à montrer les limites actuelles de l'IA, à examiner les approches de différents acteurs et enfin à souligner le besoin de recherches complémentaires.

2.1 Quelques définitions

Les fonctions à l'œuvre dans la circulation d'un véhicule autonome peuvent être identifiées de la manière suivante :

- la perception de l'environnement : il s'agit de bien connaître et reconnaître (sinon comprendre) l'environnement dans lequel le véhicule doit circuler. La précision de la localisation du véhicule à l'échelle centimétrique et à tout moment est primordiale, ne serait-ce que pour assurer la sécurité du véhicule ;
- la prise de décision : il s'agit de bien comprendre les différents possibilités et choix qui se présentent afin de prendre la bonne décision en connaissance de cause (accélération/décélération longitudinale et latérale). On distingue de fait deux niveaux différents d'indépendance à l'humain : dans le premier, les automatismes détiennent la capacité de contrôler le véhicule conformément à des consignes et des objectifs fixés conformément à une tâche élémentaire fixée ; dans le deuxième, ils ont la capacité de choisir de réaliser ou non un certain nombre de manœuvres. Ce deuxième niveau nécessite que le véhicule ait une représentation fiable de l'environnement dynamique et une capacité à gérer les interactions avec les autres usagers et à prédire la situation de conduite tout en gérant les incertitudes aléatoires et épistémiques (manque d'information). C'est le sujet principal des recherches du laboratoire commun SIVALab entre Renault, l'UTC et le CNRS ;
- l'actuation du véhicule : La décision prise doit être exécutée dans le délai le plus court possible

⁸³ <https://www.letemps.ch/sciences/yann-lecun-lia-continue-faire-progres-fulgurants>

⁸⁴ <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/artificial-intelligence/machine-learning/yoshua-bengio-revered-architect-of-ai-has-some-ideas-about-what-to-build-next>

⁸⁵ <https://www.economist.com/technology-quarterly/2020/06/11/driverless-cars-show-the-limits-of-todays-ai> ou <https://www.economist.com/leaders/2019/10/12/driverless-cars-are-stuck-in-a-jam>

⁸⁶ Les systèmes de *deep learning* pour l'embarqué ferroviaire, Sitou Afannou et Cédric Lelionnais, SNCF Mobilités, Numéro 311 de janvier 2021 de la Revue générale des chemins de fer, <https://www.revue-rgcf.com/en/revues/311/sommaire>

⁸⁷ <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/artificial-intelligence/machine-learning/yoshua-bengio-revered-architect-of-ai-has-some-ideas-about-what-to-build-next>

entre le moment où une situation se présente et où le véhicule a physiquement réagi (voire s'est placé dans une position sûre) ;

- la supervision à distance : Aucun conducteur n'est à bord. Un superviseur à distance reçoit toute la télémétrie du véhicule (ou du système automatisé) et est alerté lors d'un événement important. Le véhicule (ou le système de supervision) lui propose également les différentes options possibles pour lui permettre de prendre la bonne décision.

La suite de ce texte s'intéressera essentiellement à la perception des véhicules autonomes et de leur compréhension. Ceci ne veut pas dire pour autant que les autres fonctions ne doivent pas faire l'objet de recherches spécifiques. La prise de décision suppose par exemple de pouvoir anticiper les évolutions des différents véhicules : Waymo a ainsi lancé en mars derniers de nouveaux challenges relatifs à la prédictibilité de l'évolution du trafic à partir de leurs *datasets*⁸⁸ : deux des challenges en cours portent sur l'évolution à 8 secondes des trajectoires des véhicules situés dans l'environnement proche à partir d'une fenêtre d'observation d'une seconde.

2.2 Les progrès et les limites de l'IA actuelle

Ainsi que le soulignent Philippe Bonnifait et Jean-René Lèquepeys, les systèmes d'IA numérique de perception ont connu des progrès remarquables ces dernières années grâce à trois raisons principales :

- l'arrivée des algorithmes à base de réseaux convolutionnels profonds ;
- l'utilisation de grandes quantités de données labellisées et de méthodes d'optimisation capables de résoudre des problèmes complexes avec des millions de paramètres (même si le sujet de la labellisation automatique reste un enjeu important pour les industriels) ;
- le progrès constant des capacités de calcul.

Ces méthodes, même si les progrès sont notables, ne sont pas encore totalement matures pour les véhicules autonomes. En effet, ces systèmes commettent encore des erreurs lorsque le véhicule évolue dans des conditions éloignées de celles de l'apprentissage et l'intégration de ces algorithmes dans des puces électroniques en respectant les contraintes de consommation et de temps réel requiert encore des efforts conséquents de recherche et développement sur l'architecture et la technologie des circuits électroniques. De plus, les véhicules à autonomie élevée ont besoin de rouler beaucoup avec des opérateurs dans des zones données avant de proposer de la délégation de conduite efficace. Les systèmes de perception de l'environnement autour et devant le conducteur ne sont pas encore au niveau de performances attendues et nécessiteront une multi modalité de capteurs pour s'adapter à tous les conditions météorologiques (nuit, pluie, neige, brouillard). Ces systèmes de perception pour détecter et classifier les obstacles proches du véhicule mettront en œuvre des caméras opérant dans diverses longueurs d'ondes (visible et proche infrarouge), des LiDAR (radar optique) et des radars radiofréquences dans le domaine des fréquences millimétrique⁸⁹. Par conséquent, pour les voitures autonomes qui sont amenées à se déplacer sur des routes nouvelles (pas encore parcourues), les fonctions d'autonomie sont encore très limitées (on parle de niveau 2+ avec une supervision du conducteur ce qui pose de nombreuses questions, l'humain étant un mauvais superviseur)⁹⁰.

⁸⁸ <https://waymo.com/open/challenges/>

⁸⁹ Pour autant que ces capteurs, notamment les LiDARS, puissent être développés à des coûts relativement faibles : à défaut, Tesla a choisi de ne pas équiper ses véhicules de LiDARS.

⁹⁰ Source : les trois paragraphes reprennent, quasiment intégralement, les paragraphes d'un texte transmis par Philippe Bonnifait.

Les systèmes embarqués d'IA pour le véhicule autonome devront donc apporter sobriété énergétique, être susceptibles de pouvoir expliquer les résultats donnés et garantir la sûreté de fonctionnement. La capacité d'un système d'IA à expliquer ce qu'il fait et à pouvoir être audité est un nouveau sujet de recherche sur lequel de nombreux travaux démarrent actuellement dans tous les pays : c'est notamment le programme XAI (*Explainable Artificial Intelligence*) de l'Agence de recherche du ministère américain de la défense, la DARPA. Cet aspect est important pour les véhicules autonomes, car, en cas d'accident, il faudra pouvoir analyser des données enregistrées dans une « boîte noire » et arriver à remonter jusqu'à l'élément qui a causé l'accident si le véhicule en est responsable (ou inversement arriver à démontrer que le véhicule n'est nullement responsable). Il devrait donc prendre de plus en plus d'importance dans les démarches d'homologation.



Figure 4 : Troupeau de cerfs franchissant une route : quelle serait la réaction d'une machine qui n'aurait pas cette image dans sa mémoire ?⁹¹ Vidéo devenue virale sur le net

Trois accidents mortels survenus avec des véhicules, conduits en mode autonome, peuvent ainsi être expliqués en partie par la difficulté de l'intelligence artificielle à comprendre une situation inhabituelle qui se présente devant elle :

- le premier accident mortel, impliquant un tel véhicule, est survenu en mars 2018 : un véhicule Uber est venu percuter à forte vitesse (et sans freiner) un piéton traversant une route avec une bicyclette à ses côtés : l'IA n'a pas su reconnaître la forme qui se trouvait devant elle. Elle savait pourtant reconnaître un piéton ou un cycliste, mais la combinaison d'une bicyclette vue de côté et tenue par un piéton, situé derrière celle-ci, n'entrait pas dans la gamme de ses objets habituels si bien que la fonction de freinage n'a pas été enclenchée ;
- en mai 2016, une Tesla a percuté un camion traversant la route. Un conducteur habituel voit une sorte d'écran blanc devant lui, l'interprète comme l'arrière d'un camion et freine. L'IA de la Tesla n'a pas compris ce qu'était l'objet devant elle et n'a donc pas ralenti ;

⁹¹ *Herd of deer gallop through Michigan highway, catch drivers by surprise*, <https://indianexpress.com/article/trending/viral-videos-trending/oh-deer-multiple-deers-gallop-through-michigan-highway-catch-drivers-by-surprise-video-7222593/>

- troisième exemple enfin : en juin 2020, un camion se couche sur le côté sur une autoroute taïwanaise. Toutes les automobiles se déportent sur les autres voies, au contraire une Tesla en conduite autonome, présente sur la file de gauche, continue sa trajectoire à même allure (110 km/h) et vient s'encastrier dans le camion sans ralentir⁹² : là encore, l'IA n'a pas compris qu'il y avait un obstacle devant le véhicule et n'a pas su réagir à temps. Selon un expert automobile au China Times⁹³, la "fonction de freinage automatique" des Tesla ne s'active que lorsqu'elle se retrouve face à des "véhicules en mouvement". Il est cependant probable qu'au-delà des limitations de l'intelligence artificielle, une des causes de l'accident soit liée à l'absence d'un LiDAR, qui aurait détecté un obstacle sur la trajectoire du véhicule : une caméra n'a pas l'acuité visuelle d'un œil humain pour percevoir les contrastes et n'a donc pas peut-être pas décelé la différence entre le camion blanc et le ciel.

Enfin, une vidéo disponible sur *Youtube*⁹⁴ montre un véhicule Waymo s'arrêtant (en pleine voie !) en présence de cônes de chantiers sur la route : en pareil cas, un conducteur humain comprend qu'une partie de la route est inutilisable et qu'il faut longer les cônes sur la partie de la voie qui n'a pas été « barrée ». Le véhicule Waymo, ne comprenant pas la situation, préfère s'arrêter (sans d'ailleurs se placer dans une position sûre sur le côté de la voie !).

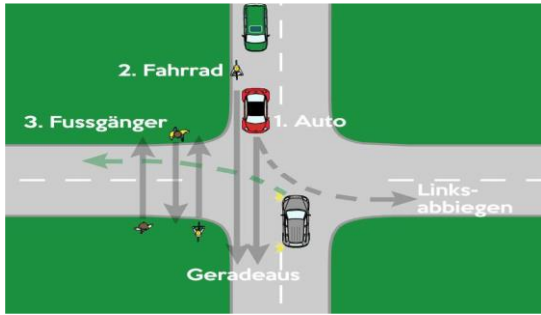
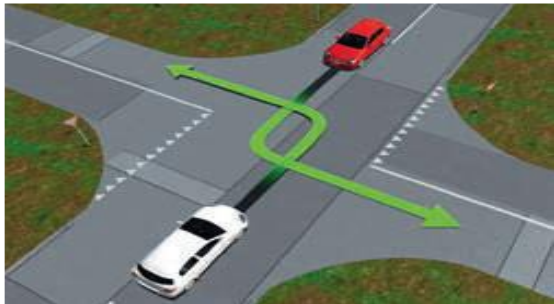
Carrefour en Allemagne	Carrefour en France
 Le schéma illustre un carrefour à sens unique en Allemagne. Les véhicules arrivant du haut ont la priorité. Les piétons (Fussgänger) et les cyclistes (Fahrrad) ont la priorité sur les véhicules arrivant du bas. Les véhicules arrivant du bas doivent céder le passage. Les véhicules arrivant du bas peuvent tourner à gauche (Links-abbiegen) ou aller droit (Geradeaus). Les véhicules arrivant du haut peuvent aller droit ou tourner à gauche.	 Le schéma illustre un carrefour à sens unique en France. Les véhicules arrivant du haut ont la priorité. Les véhicules arrivant du bas doivent céder le passage. Les véhicules arrivant du bas peuvent tourner à gauche ou aller droit. Les véhicules arrivant du haut peuvent aller droit ou tourner à gauche.
Comment lire les panneaux ?	
 La photographie montre un panneau de signalisation routière allemand. Le panneau principal est un rectangle blanc avec l'inscription 'Kufstein'. En dessous, il y a un panneau circulaire rouge avec le chiffre '40'. À droite, il y a un panneau rectangulaire blanc avec l'inscription 'Gelt für Fahrzeuge über 3,5t' et 'ausgenommen ausgewiesene P'. En bas, il y a un panneau rectangulaire blanc avec les numéros '121 125' et '(21) (37)'.	 La photographie montre un panneau de signalisation routière française. Le panneau principal est un rectangle blanc avec l'inscription '545+400'. À gauche, il y a un panneau circulaire rouge avec le chiffre '60'. À droite, il y a un panneau rectangulaire blanc avec l'inscription '80'.

Tableau 2 : Schémas et photographies transmises par Tesla montrant les difficultés de la signalisation routière:

⁹² <https://www.capital.fr/auto/la-video-choc-dune-tesla-en-autopilote-qui-sencastre-dans-un-camion-1371610>

⁹³ <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20200602004045-260402?chdtv>

⁹⁴ <https://www.tomsguide.fr/waymo-une-voiture-autonome-coinnee-senfuie-a-larrivee-du-support-technique/>

A l'inverse, les quelques photos ci-dessous montrent que les règles de conduite et les signalisations en place sont difficilement compréhensibles certainement pour un véhicule automatisé mais parfois aussi pour un conducteur humain : la prise en compte du retour d'expérience de Tesla sur les routes européennes pourrait ainsi conduire à les améliorer. Il est donc nécessaire, comme Bosch le souligne dans sa note de position adressée à la mission, de disposer d'un catalogue harmonisé de panneaux de signalisation, ne serait-ce pour l'introduction de la fonction d'adaptation intelligente de la vitesse (ISA) rendue obligatoire par le règlement, dit « règlement de sécurité générale », de novembre 2019⁹⁵ à partir de juillet 2022. Une infrastructure harmonisée est ainsi essentielle pour permettre la diffusion à grande échelle du véhicule autonome connecté.

2.3 Comment dépasser les limites actuelles de l'IA ?

2.3.1 L'approche américaine : l'utilisation massive des données

Les informations contenues dans ce paragraphe contiennent une part d'incertitude qu'il convient de souligner compte tenu de la politique de confidentialité de Tesla et de Waymo.

2.3.1.1 L'approche de Waymo consiste à viser le niveau 4 d'emblée en parcourant des millions de kilomètres

Pour surmonter cette difficulté, une première solution consiste à approfondir l'apprentissage en multipliant les conditions de conduite étudiées et apprises par la machine sur un domaine d'emploi précis : c'est la solution Waymo actuelle qui peut déboucher sur la mise en œuvre d'une flotte de robots taxis autonomes sur une zone parfaitement délimitée et complètement maîtrisée après un apprentissage important. Cette flotte pourrait circuler normalement dans la circulation ou adapter sa vitesse à l'infrastructure : vitesse élevée dans des voies interdites (ou difficilement accessibles) aux piétons et aux deux roues, vitesse modérée ailleurs ...

Cette approche ne permettra cependant probablement jamais d'être certain de la réaction du véhicule par rapport à la mise en circulation d'un nouvel objet ou d'un nouvel engin qui n'entreraient pas dans la base de données qui a servi à entraîner l'intelligence artificielle du véhicule. De plus, le partage des infrastructures routières entre des véhicules autonomes et des véhicules avec conducteur posera un certain nombre de défis d'autant plus que le véhicule avec conducteur ne respectera pas entièrement le code de la route, - ce à quoi pourrait s'attendre logiquement une machine !

On ne peut non plus exclure que Waymo adopte une approche combinant l'apprentissage acquis par les millions de kilomètres effectués et les milliards de kilomètres simulés, et une vérification *ad hoc* conduisant à l'arrêt du véhicule en position sûre en cas d'incertitude.

Dans cette perspective, Waymo multiplie encore plus les kilomètres parcourus et cherche à identifier de nouvelles situations de conduite (les situations sortant de l'ordinaire): de là, ses annonces actuelles consistant à introduire des robots-taxis dans la ville de San Francisco et à construire une ville entière dédiée à la mise au point des véhicules autonomes (avec la possibilité de créer des situations extraordinaires pour éviter un cerf présent sur une route de montagne, ou, de façon beaucoup plus ordinaire, un cycliste tombant devant un véhicule ...). Néanmoins, la démission du CEO de Waymo début avril 2021, qui était en place depuis la création de l'entreprise en 2016 et qui avait annoncé le déploiement du véhicule autonome avant 2020, semblerait confirmer l'idée que la mise au point de véhicules de niveau 5 rencontre plus de difficultés que prévu et que les méthodes d'IA utilisées par Waymo butent sur un certain nombre de difficultés. Il est clair en tout cas que les développements du

⁹⁵ Règlement n°2019/2144 du 27 novembre 2019 relatif aux prescriptions applicables à la réception par type des véhicules à moteur et de leurs remorques <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/?uri=CELEX:32019R2144>

véhicule autonome menés par Waymo jusqu'à présent ne conduisent pas à un modèle économique permettant aujourd'hui de dégager des bénéfices.



Traditional V&V approaches are not tenable ...

Traditional testing will require exorbitant time and money: 11B miles, 500 years, \$6B
- *Driving to Safety, RAND Corp. Report, 2016*

Table 1. Examples of Miles and Years Needed to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability

Statistical Question	How many miles (years*) would autonomous vehicles have to be driven...	Benchmark Failure Rate		
		(A) 1.09 fatalities per 100 million miles?	(B) 77 reported injuries per 100 million miles?	(C) 190 reported crashes per 100 million miles?
[1] without failure to demonstrate with 95% confidence that their failure rate is at most...		275 million miles (12.5 years)	3.9 million miles (2 months)	1.8 million miles (1 month)
[2] to demonstrate with 95% confidence their failure rate to within 20% of the true rate of...		8.8 billion miles (400 years)	125 million miles (5.7 years)	51 million miles (2.3 years)
[3] to demonstrate with 95% confidence and 80% power that their failure rate is 20% better than the human driver failure rate of...		11 billion miles (500 years)	161 million miles (7.3 years)	65 million miles (3 years)

* We assess the time it would take to complete the requisite miles with a fleet of 100 autonomous vehicles (larger than any known existing fleet) driving 24 hours a day, 365 days a year, at an average speed of 25 miles per hour.

"The notion that autonomous systems can be fully tested is becoming increasingly infeasible as higher levels of self governing systems become a reality...*the standard practice of testing all possible states and all ranges of inputs to the system becomes an unachievable goal.* Existing TEVV methods are, by themselves, insufficient for TEVV of autonomous systems; therefore *a fundamental change is needed in how we validate and verify these systems.*"
- *OSD TEVV Strategy Report, May 2015*

Figure 5 : slide extrait d'une présentation de la DARPA sur une intelligence artificielle sûre, janvier 2019⁹⁶

2.3.1.2 L'approche Tesla consiste à développer les fonctions d'assistance à la conduite en espérant parvenir à la fin au niveau 4

À la différence de Waymo, Tesla ne cherche pas à développer des robots taxis d'entrée. L'idée est de mettre en place des fonctions d'assistance à la conduite de plus en plus performantes. La solution Tesla rejoint cependant celle de Waymo dans l'accumulation des kilomètres parcourus.

Tesla a l'avantage de procéder à des modifications régulières, *over the air*, des logiciels embarqués dans ses véhicules, ce qui lui permet de corriger très rapidement d'éventuels *bugs* et de faire profiter les modèles déjà vendus d'améliorations du logiciel et ce qui évite à l'automobiliste un fastidieux passage dans un garage ou un centre de réparation pour effectuer la mise à jour. Tesla bénéficie de plus de trois avantages importants dans le développement de l'intelligence artificielle :

- une architecture du réseau numérique présent dans le véhicule reposant sur un ordinateur central et facilitant ainsi les communications entre les différentes fonctions de la voiture, l'ensemble étant complété par une architecture électronique spécifique à la fonction et des processeurs extrêmement performants⁹⁷ ;

⁹⁶ https://safeai.webs.upv.es/safeai2019/wp-content/uploads/2019/02/SafeAI2019-keynote_20190127.pdf

⁹⁷ <https://www.automobile-propre.com/tesla-fsd-processeur-voiture-autonome-plus-puissant-au-monde/amp/>

- une conception intégrée du logiciel permettant, dans toute la mesure du possible, avant utilisation de vérifier que les modifications retenues ne vont pas entraîner de *bugs* ;
- sa capacité à faire remonter les données de l'ensemble des véhicules Tesla en circulation : comme le souligne le PdG de Volkswagen⁹⁸, confronté en 2020 aux *bugs* du logiciel de la nouvelle ID3 : « Ce qui m'inquiète le plus, ce sont les capacités des systèmes d'assistance. 500 000 Teslas fonctionnent comme un réseau de neurones qui collecte en continu des données et offre au client une nouvelle expérience de conduite tous les 14 jours avec des propriétés améliorées. Aucun autre constructeur automobile ne peut le faire aujourd'hui. ».

Enfin, Tesla a d'emblée travaillé sur l'ensemble de la chaîne de la valeur : son modèle économique repose sur une forme d'intégration verticale, nécessaire afin d'assurer un maximum de réactivité et de contrôler l'ensemble du processus d'innovation. Ainsi, le *software* et le *hardware* sont extrêmement imbriqués, et tout deux développés en interne. Concrètement, Tesla bénéficie aujourd'hui d'avantages compétitifs notables notamment dans la fabrication de la batterie, dans le *design* du réseau numérique embarqué, dans la conception des microprocesseurs, dans la collecte et le traitement automatique des données, et même dans la conception (pour le moins ingénieuse) du moteur électrique⁹⁹.

Tesla peut cependant se heurter à trois difficultés :

- l'absence de LiDAR sur ses véhicules : pour des raisons de coût, Tesla n'a pas cherché à équiper ses véhicules de la technologie LiDAR, ce qui ne lui permet pas, dans certains cas, de voir les obstacles sur les routes ;
- son approche incrémentale du développement de la conduite autonome : Waymo souligne ainsi que les technologies valables pour des niveaux 2 et 3 d'automatisme ne permettent pas d'atteindre un niveau 4, voire 5, et que Tesla, en ne cherchant pas d'emblée à atteindre ces niveaux, aura énormément de difficultés à les atteindre ;
- la difficulté enfin de faire certifier ses développements logiciel ou leurs modifications : la modification durant la nuit des logiciels embarqués pose la question de leur validation et de leur certification.

De fait, Tesla compte à son actif un certain nombre d'accidents mortels qui conduisent à douter de la sécurité de son système automatique : contrairement à sa dénomination, la version *full self driving* de son *Autopilot* ne doit, en aucun cas, être comprise comme une incitation à retirer les mains du volant, ce qu'Elon Musk reconnaît lui-même.

2.3.1.3 Les annonces effectuées par Cruise soulèvent une certaine perplexité

Dans ce contexte, les déclarations répétées de Cruise et de GM sur la possibilité de vendre aux particuliers des véhicules autonomes pour la fin de la décennie ne peut que surprendre. Ainsi, contrairement à beaucoup d'autres constructeurs, les messages extrêmement optimistes de General Motors sur les promesses du véhicule autonome restent semblables aux promesses non tenues des années précédentes. L'avenir dira s'il s'agissait simplement d'une volonté excessive de la part de GM de promouvoir son image d'entreprise à la pointe de la technologie, - ce qui favorise le cours de ses actions-, ou si les messages donnés correspondent à de réels progrès technologiques.

Il n'en reste pas moins vrai que Dubai a passé une commande de près de 4 000 exemplaires de sa navette autonome, dite *Origin*, qui devraient être déployés progressivement à partir de 2023.

⁹⁸ <https://www.turbo.fr/actualite-automobile/des-documents-prouvent-que-volkswagen-peur-de-tesla-161425>

⁹⁹ Voir par exemple <https://uk.motor1.com/news/462107/video-tesla-model-3-electric-motor-explained/>

2.3.2 Une approche européenne reposant sur une intelligence artificielle digne de confiance

Dans sa communication d'avril 2021¹⁰⁰, la Commission européenne propose de classer les applications de l'intelligence artificielle suivant les risques qu'elles représentent : elle va ainsi considérer que l'intelligence artificielle utilisée dans les véhicules autonomes constitue une application à hauts risques qui nécessite que les logiciels mis en œuvre soient conformes à des exigences de sécurité permettant d'assurer la sécurité et la confiance dans le logiciel.

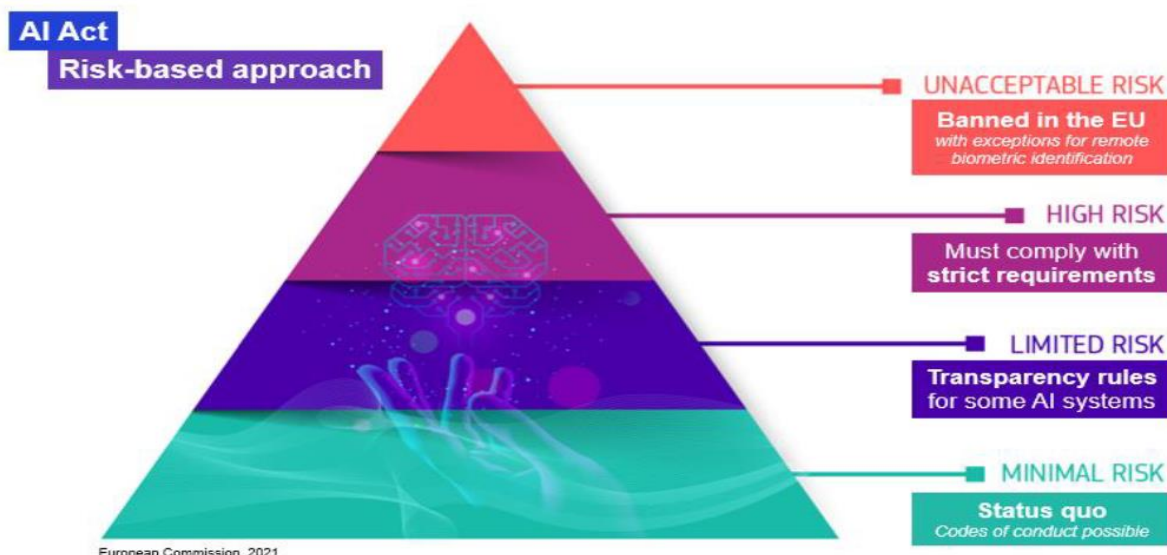


Figure 6 : European Commission, 2021¹⁰¹

Les systèmes d'IA à haut risque¹⁰² devront être conformes à un certain nombre d'obligations strictes pour pouvoir être mis sur le marché nécessitant la mise en œuvre :

- de systèmes adéquats d'évaluation et d'atténuation des risques ;
- d'une qualité élevée des ensembles de données alimentant le système afin de réduire les risques et les résultats ayant un effet discriminatoire ;
- d'un enregistrement des activités afin de garantir la traçabilité des résultats ;

¹⁰⁰ Proposal for a Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/proposal-regulation-laying-down-harmonised-rules-artificial-intelligence>

¹⁰¹ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/excellence-trust-artificial-intelligence_en

¹⁰² Ceux-ci comprennent les technologies d'IA utilisées notamment dans les infrastructures critiques (par exemple les transports) et sont susceptibles de mettre en danger la vie et la santé des citoyens; dans l'éducation ou la formation professionnelle, qui peuvent déterminer l'accès à l'éducation et le parcours professionnel d'une personne (par exemple, la notation d'épreuves d'examens); dans les composants de sécurité des produits (par exemple, l'application de l'IA dans la chirurgie assistée par robot); dans le domaine de l'emploi, de la gestion de la main d'œuvre et de l'accès à l'emploi indépendant (par exemple, les logiciels de tri des CV pour les procédures de recrutement); dans les services privés et publics essentiels (par exemple, l'évaluation du risque de crédit, qui prive certains citoyens de la possibilité d'obtenir un prêt); dans le domaine du maintien de l'ordre, qui sont susceptibles d'interférer avec les droits fondamentaux des personnes (par exemple, la vérification de la fiabilité des éléments de preuve); celles utilisées dans le domaine de la gestion de la migration, de l'asile et des contrôles aux frontières (par exemple, la vérification de l'authenticité des documents de voyage); dans les domaines de l'administration de la justice et des processus démocratiques (par exemple, l'application de la loi à un ensemble concret de faits).

- d'une documentation détaillée fournissant toutes les informations nécessaires sur le système et sur sa finalité pour permettre aux autorités d'évaluer sa conformité ;
- d'informations claires et adéquates à l'intention de l'utilisateur ;
- d'un contrôle humain approprié pour réduire au minimum les risques ;
- d'un niveau élevé de robustesse, de sécurité et d'exactitude.

Elle conduit ainsi la Commission à encourager et à financer des projets européens de recherche relatifs au développement d'une intelligence artificielle et digne de confiance. Il convient de souligner cependant que les mesures proposées pour atteindre cette confiance peuvent être jugées comme insuffisantes par certains et constitueront donc l'un des enjeux de la négociation en cours.

Une telle démarche si elle aboutissait (et si elle était accompagnée d'investissements suffisants sur l'ensemble des technologies requises) pourrait permettre de repositionner l'Union européenne dans la course au développement des véhicules autonomes. Cette approche comporte cependant un certain nombre de risques : cette démarche peut-elle réellement aboutir alors qu'elle s'adresse de fait à des machines apprenantes ? Quelle sera la position de la Commission si des véhicules sur d'autres continents ne respectent pas les critères d'une IA de confiance mais se rapprochent de plus en plus d'une autonomie quasi-totale en Asie et aux États-Unis ? L'Union européenne pourra-t-elle les refuser ou finira-t-elle par les admettre sur son territoire, sous la pression économique et les éventuelles accusations de protectionnisme ?

Enfin, une intelligence artificielle sûre et de confiance se comportera-t-elle mieux que les intelligences actuelles confrontées à des situations extraordinaires ? Saura-t-elle éviter les accidents auxquels est confrontée l'entreprise Tesla ? Et en cas d'accident, sera-t-on en capacité, technique et organisationnelle, d'expliquer rapidement les causes de celui-ci en toute transparence, point nécessaire à l'acceptabilité de tels systèmes en Europe occidentale ?

2.4 Les pistes possibles de recherche en France.

Face à ce constat, plusieurs pistes de recherche peuvent être envisagées et sont poursuivies en France :

- une première approche réside, en fonction des évolutions de la réglementation technique arrêtées au sein du WP 29, dans la mise au point progressive de nouvelles fonctionnalités de conduite (ADAS) des véhicules automatisés : celles-ci devraient permettre d'atteindre un niveau 3 de conduite, correspondant à une conduite automatisée dans des cas d'usage limités (maintien dans la voie dans des conditions d'embouteillage). Cet axe de recherche et développement peut suffire aux besoins des automobilistes dans le court terme dès lors que, hors navettes et robots-taxis sur des zones limitées, les véhicules de niveau 4 n'apparaîtront que dans plusieurs années, et que leur prix élevé les réservera, très probablement, tout au moins au début, à des transports collectifs ou à un segment de marché particulièrement haut de gamme. Cette approche est notamment poursuivie dans le cadre du programme EVRA (projets SAM et ENA) d'expérimentations de véhicules routiers autonomes ;
- une deuxième approche, là encore soulignée par Philippe Bonnifait, peut être complémentaire de la précédente et a trait à l'amélioration des véhicules actuels : elle consiste à envisager une collaboration de conduite plus étroite entre le système autonome et le conducteur, qui n'est pas un bon « superviseur » et n'est pas forcément capable de reprendre au bon moment la conduite par rapport au système automatisé. Une métaphore qui permet d'aborder la question est la « métaphore du cheval » qui propose de considérer le véhicule autonome comme un partenaire de conduite. Elle est notamment mise en œuvre par le CNRS dans son laboratoire commun avec Stellantis de l'Université technologique de Compiègne. Cette approche permet d'étudier le comportement du conducteur vis-à-vis du système automatisé et conduit par exemple à « développer un algorithme de contrôle coopératif pour l'angle de braquage du véhicule, assurant la fusion de deux entrées de commande provenant de l'entrée du conducteur

humain sur le volant, et, de l'angle de braquage calculé par le système autonome pour suivre une certaine trajectoire de référence¹⁰³ ». Le Comité national pilote d'éthique du numérique¹⁰⁴ a d'ailleurs recommandé que la formation au permis de conduire prenne en compte le cas de l'utilisateur d'un véhicule à conduite automatisée non supervisé : lorsqu'il est enclenché, le système automatisé devrait en effet pouvoir rendre la main au conducteur dans une transition bien maîtrisée, à l'inverse, le conducteur peut « vouloir reprendre la main en réaction à des situations qu'il aurait perçues (par exemple, s'arrêter parce qu'une personne à bord souffre du mal des transports). Se posent alors des questions au sujet des compétences que l'utilisateur doit obligatoirement posséder pour piloter le véhicule, qui seraient sanctionnées par un permis spécifique »¹⁰⁵. Cette approche est également poursuivie par l'Institut VEDECOM : le projet Automate mené de 2016 à 2019 par 10 acteurs européens, publics et privés, a ainsi permis d'expérimenter « un système d'automatisation de la conduite à la fois coopératif et communicant où le conducteur et son véhicule se surveillent mutuellement, s'entraident et coopèrent dans une vraie complémentarité »¹⁰⁶.

- une troisième solution comme l'illustre le graphique ci-dessous extrait d'une présentation de la DARPA consiste à essayer d'apprendre une sorte de bon sens commun à la machine en s'inspirant de la manière dont se développe l'intelligence de l'enfant. Dans l'exemple ci-dessous, l'image de gauche évoque la situation actuelle de l'intelligence artificielle, *Narrow artificial intelligence*, en montrant un robot sciant, au sens propre du terme, la branche sur laquelle il est assis. Le projet DARPA, qui a débuté en 2018, va au contraire chercher à ce que le robot arrive à comprendre le danger que représente le fait de couper une branche sur laquelle il est assis. La machine devrait ainsi comprendre, c'est l'image du milieu, l'impossibilité de faire rentrer un éléphant dans un local même si la taille de l'éléphant est inférieure au volume de la pièce. Il s'agit ainsi de développer des approches hybrides, - connexionnistes et symboliques -, pour l'intelligence artificielle.

¹⁰³ https://www.hds.utc.fr/fileadmin/user_upload/SITE_HEUDIASYC/Documents/Recrutement/THESE Controle cooperatif homme-machine gestion des transitions entre les modes manue auto pour un vehicule semi-autonome.pdf

¹⁰⁴ Le « véhicule autonome » : enjeux d'éthique, <https://www.ccne-ethique.fr/sites/default/files/cnpen-avis-vehicule-autonome-avril-2021.pdf> Voir notamment la préconisation huit : « Préconisation (P8) : Adapter la formation au permis de conduire de l'utilisateur d'un véhicule à conduite automatisée non supervisé après avoir mené des études sur les compétences requises, les capacités effectives d'action, les informations pertinentes, l'interface humain-machine appropriée, et plus généralement sur la conception de l'habitacle ».

¹⁰⁵ P 14, *ibidem*.

¹⁰⁶ http://www.vedecom.fr/wp-content/uploads/CP_AutoMate_IV2019_VEDECOM-12062019.pdf

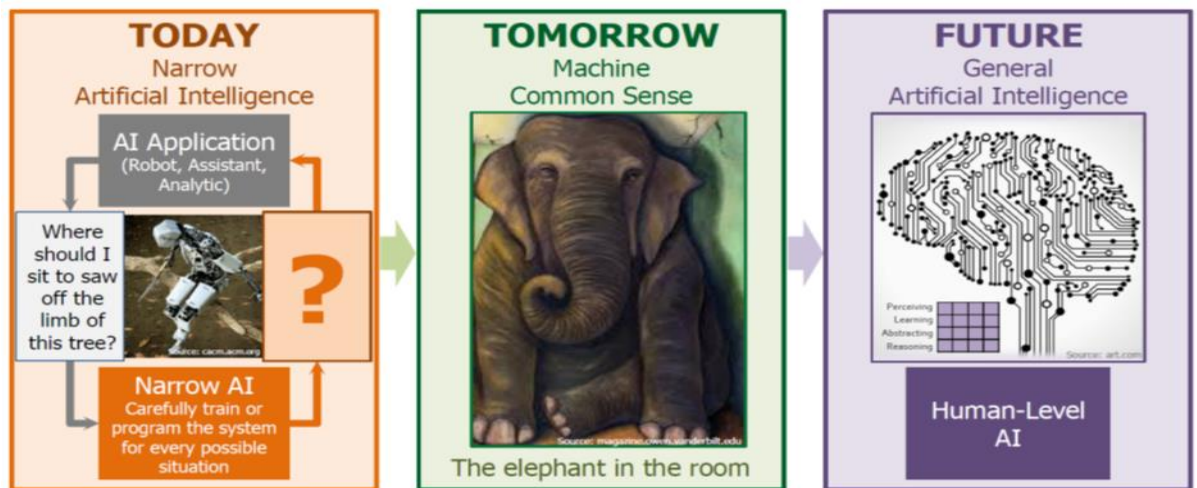


Figure 7 : L'évolution envisagée de l'IA. Source DARPA¹⁰⁷

L'Inria suggère ainsi l'engagement d'un programme de recherche et développement intégrant la problématique de l'apport de raisonnement de type sens commun à la prise de décision.

C'est ce type d'approche qui devrait permettre à un véhicule d'appliquer les mêmes manières de raisonner dans un contexte différent : un véhicule autonome ayant appris à conduire dans une ville devrait pouvoir ainsi s'adapter beaucoup plus facilement à une autre ville.

Dans une perspective semblable, l'institut interdisciplinaire toulousain en intelligence artificielle 3ia ANITI - Artificial and Natural Intelligence Toulouse Institute – développe une nouvelle génération d'intelligence artificielle dite hybride, associant de façon intégrée des techniques d'apprentissage automatique à partir de données et des modèles permettant d'exprimer des contraintes et d'effectuer des raisonnements logiques.

- En complémentarité avec l'approche précédente, la quatrième approche consiste à chercher à développer une ingénierie (méthode, outils) spécifique au développement d'une intelligence artificielle sûre et de confiance, aussi bien pour une intelligence artificielle à base de données, que pour une IA symbolique et hybride.

Elle est en particulier retenue dans le cadre du grand défi « sécurisation, fiabilisation et certification des systèmes à base d'IA » ou « défi sur l'IA de confiance pour les systèmes critiques » qui porte notamment sur

- le développement d'une plateforme d'outils logiciels et méthodologiques ou « environnement de conception » pour la conception et l'intégration d'IA de confiance dans des systèmes critiques ;
- la mise en œuvre de nouveau schéma de « *conformity assessment* » adaptés à ces systèmes, notamment dans le cadre de la mobilité autonome ;
- la normalisation – standardisation en intelligence artificielle.

Ces trois piliers devraient faire l'objet d'un financement d'environ 60 M€ sur quatre ans (subventionnés à environ 50 % par la puissance publique). Ces développements ne concernent pas spécifiquement l'intelligence artificielle des véhicules autonomes, mais revêtent un caractère générique et concernent de manière plus générale l'intelligence artificielle utilisée dans l'industrie aéronautique, automobile, industrie 4.0, énergie, sécurité, défense ... L'un des projets porte cependant spécifiquement sur les navettes autonomes et les droïdes de

¹⁰⁷ <https://www.darpa.mil/attachments/videos/Final-MCS-PD-2018-10-18-prog-page.pdf>

distribution. Notons également que ce défi adresse tous les types d'IA, y compris les IA hybrides mentionnées précédemment.

Cette approche n'est pas antagoniste des stratégies de tests intensives, mais vise à la compléter afin d'en limiter le coût et d'augmenter les gains en sûreté.

2.5 Le développement du véhicule autonome suppose un programme de recherche plus étendu

Ces recherches sur l'IA doivent naturellement s'inscrire dans un programme plus vaste visant notamment à renforcer les piles logicielles et les architectures matérielles nécessaires aux véhicules autonomes, à améliorer l'efficacité énergétique du réseau numérique et à développer une approche permettant la certification des systèmes à base d'intelligence artificielle.

2.5.1 Le renforcement de la pile logicielle

Le renforcement de la pile logicielle des véhicules autonomes doit couvrir des aspects :

- de développement d'une IA sûre et de confiance, vérifiable et explicable. Cela englobe l'ingénierie de conception des composants de l'IA et des systèmes à base d'IA de confiance, mais aussi la capacité d'un système d'IA à expliquer la décision prise. Il s'agit d'un nouveau sujet de recherche sur lequel des travaux démarrent actuellement dans de nombreux pays, et dans lequel la France bénéficie de compétences (recherche, industrie) fortes à la fois en IA et en sûreté de fonctionnement. Cet aspect est important pour les véhicules autonomes en cas d'accident ;
- de sûreté de fonctionnement au moyen de techniques adaptées (codes prouvés pour partie, etc.) ;
- de cybersécurité et souveraineté sur le logiciel et les outils de communication et les données nécessaires ;
- d'optimalité :
 - des trajectoires individuelles et de flotte de transport en fonction d'impératifs sociaux, économiques, écologiques et de résilience ;
 - et d'allocation des ressources numériques par la répartition de l'intelligence et des données entre le véhicule lui-même, le bord de route et le *cloud*, avec des impératifs d'efficacité mais aussi de frugalité numérique ;
- de *privacy by design*, notamment pour les usages en tant qu'outils de mobilité partagés ;
- ainsi que les outils de génie logiciel nécessaires (simulation, génération de code ...).

2.5.2 L'efficacité énergétique des semi-conducteurs et du réseau numérique

La multiplication des capteurs, des réseaux de neurone et de l'échange d'information au sein du véhicule entraîne une consommation d'énergie de plus en plus importante ainsi qu'un besoin croissant de performance. Elle conduit d'une part à utiliser des composants électroniques de plus en plus performants (*i.e* des technologies silicium de plus en plus avancées), mais aussi à revoir complètement l'architecture électronique du véhicule avec des approches comparables à celle du secteur des technologies de l'information, ainsi que l'illustre Tesla.

Les technologies issues du semi-conducteur comme celle développées par le CEA-Leti devraient permettre des gains de performance significatifs et apporter ainsi :

- le socle de capteurs nécessaires pour assurer une bonne perception des obstacles autour de la

voiture ;

- la puissance nécessaire au calculateur central pour prendre la meilleure décision dans le temps imparti : le CEA LETI envisage ainsi des délais inférieurs à 1ms avec un budget de consommation électrique limité à quelques watts ;
- une baisse des coûts grâce aux technologies de miniaturisation et de fabrication collective ;
- la possibilité de concevoir de nouvelles architectures électroniques embarquées dans les véhicules. L'adoption d'une architecture numérique plus centralisée devrait permettre de limiter le nombre d'unités de traitement de l'information et d'optimiser le traitement de l'information et la consommation énergétique entre l'ordinateur de bord, les calculateurs secondaires et un premier traitement de l'information brute issu des capteurs.

L'optimisation de la consommation va reposer sur de nouvelles technologies, notamment les circuits intégrés FDSOI¹⁰⁸ et les mémoires à changement de phase Pcm (pour *Phase Change Memory*), qui permettent en association avec les réseaux de neurones un traitement partiellement analogique et non plus juste binaire. À cinq ans, le gain dans le rapport entre la puissance de calcul et la consommation d'énergie pourrait être d'un facteur 100.

Les processeurs seront enfin, et de plus en plus, conçus en fonction de leur usage avec par exemple des processeurs spécifiques traitant les informations des caméras ; des processeurs neuronaux traitant les informations d'IA (Tesla utilise une technologie 14 nm ; le traitement se fait encore dans des *data centers*, mais grâce aux centaines de voitures qui roulent tous les jours, Tesla accumule de l'expérience sur l'optimisation des logiciels de reconnaissance de forme) ...

2.5.3 La certification des systèmes à base d'intelligence artificielle

L'une des questions les plus difficiles dans le domaine des véhicules automatisés et connectés ainsi que des véhicules autonomes va résider dans l'homologation du véhicule et de l'intelligence artificielle embarquée, et du maintien de cette homologation au fur et à mesure des modifications réalisées.

Pour répondre à cette problématique, le projet PRISSMA vise à définir des méthodes et un référentiel commun à tout l'écosystème de la mobilité routière française pour l'évaluation des systèmes à base d'IA en s'appuyant sur l'approche présentée par la France en 2019 au WP 29. Son pilotage a été confiée à l'Université Gustave Eiffel (pour la partie scientifique et technique) et à UTAC (pour la partie management de projet). Ce projet, d'une durée de trois ans pour un coût complet de 14 M€, fait partie du Grand défi dénommé « sécurisation, fiabilisation et certification des systèmes à base d'intelligence artificielle », avec une subvention publique de 50 % au titre des programmes d'investissement d'avenir.

2.6 Pour un renforcement des efforts de recherche consacrés à l'IA des véhicules automatisés et connectés ainsi que des véhicules autonomes.

Chaque année, Waymo dépense plusieurs milliards pour le développement de ses véhicules automatisés et connectés (grâce aux bénéfices que sa compagnie mère Alphabet réalise : elle a ainsi enregistré un bénéfice net de près de 18 milliards de dollars sur le seul premier trimestre 2021). Cruise, Baidu ou AutoX doivent également dépenser des sommes considérables à cette fin. Les difficultés auxquelles se heurte l'intelligence artificielle ne leur a pas permis jusqu'à maintenant de parvenir à des véhicules de niveau 5, ni même à développer dans un centre-ville une flotte de véhicules de niveau 4 à

¹⁰⁸ La technologie des transistors FDSOI (*Fully Depleted Silicon-On-Insulator*) conçue par le Leti repose sur l'ajout d'une fine couche d'oxyde de silicium isolant à l'architecture classique des transistors. Cette innovation confère aux transistors un fonctionnement performant et économe en énergie tout en poursuivant le défi de la miniaturisation. <https://www.cea.fr/multimedia/Documents/infographies/le-transistor-FDSOI.pdf>

un coût raisonnable qui leur permettrait de pouvoir rentabiliser ce service. Avec une telle puissance financière, ces entreprises peuvent cependant acquérir toutes les compétences qu'elles souhaitent et inventer ainsi l'intelligence artificielle de demain.

Les approches française (les dépenses du Grand défi « sécurisation, fiabilisation et Certification des systèmes à base d'intelligence artificielle » sont voisines de 15 M€ par an) et européenne d'excellence consistant d'une part à développer des méthodologies de certification de l'IA et à créer une IA de confiance conservent, pour le moment, toutes leurs chances. Néanmoins, l'ampleur du défi technologique aussi bien que financier est tel qu'il suppose un investissement plus important et une réelle mutualisation des efforts d'abord en France, puis au niveau européen, qui pourrait conduire notamment à préparer un grand défi de l'IA spécifique aux véhicules autonomes et à renforcer les coopérations européennes sur ce sujet.

Recommandation 7. Renforcer massivement les efforts de recherche consacrés à l'IA (données, connaissances, algorithmes et systèmes) des véhicules automatisés et connectés ainsi que des véhicules et systèmes de transport autonomes. Ce renforcement pourrait donner lieu à l'élaboration des programmes spécifiques et à leur coordination entre l'ensemble des acteurs concernés de la recherche (programme national de recherche relatif au développement des véhicules automatisés et connectés, ainsi qu'à celui des véhicules autonomes, grand défi spécifique au véhicule autonome, ...). Partager ces efforts ensuite au niveau européen. Ces efforts pourraient porter notamment sur les actions suivantes :

- a) engager, ainsi que le suggère l'Inria, un programme de recherche et développement intégrant la problématique de l'apport de raisonnement de type sens commun à la prise de décision ;***
- b) renforcer les recherches sur les interactions de conduite entre le conducteur et le système automatisé (CNRS notamment) ;***
- c) renforcer les recherches sur le renforcement de la pile logicielle des véhicules autonomes, en particulier sur la mise au point d'une intelligence artificielle sûre, de confiance, vérifiable et explicable pour les véhicules, ainsi que sur les thématiques poursuivies dans le cadre du Grand défi « sécurisation, fiabilisation et certification des systèmes à base d'intelligence artificielle » qui devrait notamment permettre la certification des systèmes à base d'intelligence artificielle (CNRS, Gustave Eiffel, CEA notamment) ;***
- d) renforcer les recherches et développements sur les méthodes et outils de validation et d'homologation des systèmes de mobilité autonome ;***
- e) renforcer les recherches et développement sur la cybersécurité et la sécurisation des échanges des données des véhicules automatisés (CNRS, CEA, Inria notamment)***
- f) renforcer les recherches et le développement des futures composantes de l'architecture électrique et électronique du véhicule (CEA notamment) ;***
- g) renforcer la recherche sur l'optimisation des logiciels de reconnaissance de forme (en automatisant par exemple l'étiquetage).***

Ce renforcement pourrait donner lieu à l'élaboration de plans et programmes spécifiques pour les véhicules automatisés (programme national de recherche et de développement relatif aux véhicules automatisés et connectés, ainsi qu'aux véhicules autonomes, grand défi spécifique au véhicule autonome, ...).

3 La dimension industrielle du véhicule autonome :

Ce chapitre consacré à la dimension industrielle du véhicule automatisé et connecté ainsi que du véhicule autonome examine tout d'abord, les différents segments possibles de ces véhicules ainsi que les principaux composants nécessaires (sans revenir sur l'intelligence artificielle qui est traitée dans le paragraphe précédent), cherche ensuite à comparer le degré d'avancement de ces différents véhicules et présente, dans un paragraphe final, un certain nombre de sujets de coopération qu'il serait possible de développer au sein de l'Union européenne.

3.1 Les différents segments possibles du véhicule autonome

Il existe de fait trois segments très différents de développement du véhicule autonome : chacun de segments présente un certain nombre de spécificités qui nécessite le recours à des technologies particulières. Néanmoins, d'autres technologies sont communes à plusieurs d'entre eux et devraient pouvoir être transposés d'un secteur à l'autre : la création d'une communauté d'acteurs des véhicules automatisés et connectés ou autonomes, sous l'impulsion de la PFA et de la Haute représentante pour le développement des véhicules autonomes, devrait permettre de favoriser ces synergies.

3.1.1 Le Transport public : le développement notable des navettes publiques

Ce segment sur lequel la France est bien placée avec des navettes en expérimentation depuis plusieurs années. Les acteurs principaux sont Navya et Easymile, mais on peut aussi citer ISFM avec la navette Milla) ou Transdev (via sa filiale ATS, qui devrait développer une navette d'ici 2023 en partenariat avec la société Mobileye et Lohr). Le développement du marché se heurte néanmoins à trois obstacles :

- les navettes emportent au plus 15 personnes quand les opérateurs de transport souhaiteraient qu'elles atteignent la taille d'un minibus et à terme d'un bus (environ 60 personnes) ;
- le modèle économique n'est pas encore là : la présence à bord d'un opérateur de sécurité ne permet pas de compenser le surcoût lié aux matériels supplémentaires à installer ainsi qu'au software ;
- la vitesse est limitée à 15-20 km/h alors que les opérateurs attendent 30 à 50 km/h : la vitesse est limitée, aujourd'hui, par le temps d'acquisition des données par les capteurs et de traitement par l'ordinateur de bord. Une vitesse plus rapide peut conduire à mal identifier les formes et/ou à prendre des mesures erronées. De plus, une vitesse plus élevée implique une distance de freinage plus longue et donc une capacité plus importante à anticiper les éventuels dangers, ce que fait actuellement le conducteur à bord afin de limiter d'éventuels freinages brusques, dangereux pour l'usager. Il est à noter que si tous les passagers étaient assis, la puissance du freinage pourrait être augmentée ce qui pour une même distance de freinage permettrait d'augmenter la vitesse du véhicule.

La prochaine étape importante pour ces véhicules consiste à retirer l'opérateur de sécurité présent à bord du véhicule et à vérifier la conduite de la navette à l'aide d'un superviseur : la mise au point de la brique technologique relative à la supervision en constitue une composante essentielle.

En parallèle, des minibus ou bus autonomes de plus grande capacité devraient voir le jour : c'est le cas du projet EFIBA (Emergence de la Filière Bus Autonome), développé par Bluebus (filiale de Bolloré), Navya, Actia et Kéolis. Ce projet, retenu par le Coram dans sa séance de juillet 2021, correspond au développement d'une version autonome d'un bus de six mètres (qui est dans sa phase d'industrialisation en version classique non autonome).

3.1.2 Les engins spécialisés, la logistique et le transport de fret : un développement à stimuler pour la livraison du dernier kilomètre

Cette catégorie parfois appelée Transport de Biens et de la Logistique Automatisés (TBLA) peut elle-même être subdivisée en un certain nombre de catégories différentes :

a) les engins autonomes spécifiques aux grandes usines et aux zones portuaires/aéroportuaires : c'est le marché qui devrait se développer le plus rapidement (réglementation limitée et cas d'usage plus simples), mais il est par définition limité. La France bénéficie de la présence de Gaussin (avec l'exemple de l'APM qui est un tracteur autonome, sans cabine, connecté et 100% électrique destiné au transport de containers sur remorques jusqu'à 75t dans les zones portuaires) et de la volonté des navettistes comme Easymile ou Navya de se développer sur ce marché ;

b) la livraison du dernier kilomètre : la start-up TwinswHeel a déjà vendu des robots autonomes porte-charge pour des sites fermés et développe actuellement dans le cadre du projet gouvernemental Sam-Evra une expérimentation sur Montpellier. Valeo a par ailleurs présenté au CES de Las Vegas de janvier 2020 son prototype de droïde de livraison électrique et autonome, Valeo eDeliver4U, développé en partenariat avec Meituan Dianping, leader chinois des plateformes de e-commerce de services, qui opère le populaire service de livraison de repas MeituanWaimai, mais ne l'expérimente pas en France actuellement¹⁰⁹. C'est un marché émergent sur lequel les acteurs français sont trop faiblement positionnés.

Le mémoire réalisé par Sabrina TOUAMI, intitulé « *Véhicules de livraison autonomes : Une solution pour l'avenir ?*¹¹⁰ » montre toute la diversité des projets qui se développent à l'international tant pour les robots sur trottoir (robots autonomes ou semi-autonomes, robots suiveurs) que sur route (robots sur route à basse vitesse, robots sur route à haute vitesse) ;

On assiste notamment en Chine et aux États-Unis à une multiplication importante de ces véhicules. Citons ainsi Nuro (notamment avec sa livraison de pizza à Houston), le robot-livreur de Neolix utilisé par KFC (Kentucky Fried Chicken) en Chine¹¹¹, plus communément appelé le « restaurant sur roues », le robot livreur Wolt en Estonie, ou la livraison de repas effectuée grâce aux véhicules de Yandex.

Recommandation 8. Lancer un appel à projet dans le cadre du PIA4 pour le développement d'engins de livraison autonomes du dernier kilomètre pour développer le positionnement des acteurs français sur ce créneau (en laissant la possibilité aux entreprises qui le souhaiteraient de se déclarer également intéressées par un PIIEC).

c) le transport longue distance : Volvo et Daimler sont les acteurs les plus avancés en Europe ; il convient de distinguer dans cette catégorie :

- le poids lourd autonome d'entrepôt à entrepôt qui pourrait rouler à vitesse normale sur autoroute et à vitesse faible de l'autoroute jusqu'au dépôt ;
- la conduite en peloton : celle-ci est envisagée depuis longtemps par les transporteurs. Théoriquement, le gain d'énergie pourrait atteindre 30 % pour les camions dans la file. L'une des difficultés auxquelles se heurte néanmoins ce concept réside dans les différences de freinage des différents camions situés dans un même convoi. Dès lors, l'espacement entre les

¹⁰⁹ https://www.valeo.com/wp-content/uploads/2020/01/DP_Valeo_CES_2020_FR-1.pdf

¹¹⁰ Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre la Chaire Logistics City et l'institut pour la ville en mouvement IVM-VEDECOM et fait partie du projet Hyperlieux mobiles « logistique ». <https://www.lvmt.fr/wp-content/uploads/2020/11/TOUAMI-m%C3%A9moire-version-chaire.pdf>

¹¹¹ <https://www.cnet.com/show/news/kfc-food-trucks-self-driving-china/>

camions dans le convoi doit être plus important ce qui réduit notablement le gain d'efficacité énergétique et conduit à s'interroger sur la rentabilité économique de cette solution. Des expérimentations semblent néanmoins toujours avoir lieu autour des ports du nord de l'Europe.

Comme la PFA le souligne, la filière du Transport de Biens et de la Logistique Automatisés est marquée par :

- une pénurie de chauffeurs livreurs, dont la formation était souvent assurée par le passé lors du service militaire ; ;
- une saturation des entrepôts logistiques (notamment avec l'augmentation du foncier) ;
- un potentiel important du développement de l'automatisation (le troisième selon McKinsey) ;
- une très forte croissance de la demande relative au commerce en ligne (surtout dans la période récente marquée par la propagation de la COVID-19) ;
- une concurrence internationale forte, marquée par un développement soutenu des acteurs étrangers, notamment en Chine et aux États-Unis ;
- la difficulté réglementaire en Europe du déploiement de solutions de mobilité autonomes sur la voie publique (en comparaison d'autres pays).

Cette filière devrait donc s'avérer propice au développement des véhicules autonomes.

3.1.3 Les véhicules-particuliers et les robots-taxis : un segment en plein essor, qui n'a pas encore trouvé son modèle économique pour le niveau 4

C'est le segment qui devrait capter à terme la partie la plus importante de la valeur ajoutée (avec un objectif de niveau 4 à moyen terme (3- 5 ans à l'intérieur de zones plus ou moins restreintes et selon les cas d'usage ...) et la possibilité que le niveau 5 soit atteint dans 10-15 ans). La France est déjà positionnée sur certaines briques technologiques (comme les capteurs, microprocesseurs...) et certains acteurs ambitionnent de se développer sur d'autres briques technologiques plus récentes (comme la supervision à distance, notamment pour les transports collectifs). Les montants déjà investis par certaines entreprises dans le logiciel de bord considérables : Toyota et VW ont déjà dépensé 2 à 3 Mds€, Waymo environ 6 Mds€, Baidu plusieurs milliards également. En France, PSA cible les niveaux 2 et 3 d'autonomie, tandis que Renault a confié à Nissan le soin de développer cette partie. En face du duopole sino-américain qui émerge, il n'y a pas à ce stade de véritable alternative d'ampleur comparable en France ou en Europe.

3.1.4 Les tramways autonomes plus proches des navettes que des métros automatiques

Un tramway autonome va devoir prendre en compte les piétons lorsqu'il circule sur des voies dédiées et s'intégrer dans la circulation routière lorsqu'il traverse des carrefours, (y compris la reconnaissance des feux de signalisation. En ce sens, les technologies à mettre en œuvre dans la conception d'un tramway autonome s'apparentent plus à celle d'une navette autonome qu'à celles d'un train ou d'un métro automatique.

Le développement du tramway autonome devrait donc pouvoir bénéficier des avancées réalisées sur les véhicules ou les navettes autonomes, en particulier dans la supervision, dans la perception de l'environnement et dans la prise de décision. Il devrait de plus permettre d'éviter les collisions entre

tramways¹¹². Siemens teste un tramway autonome dans la ville de Potsdam depuis 2017¹¹³.

3.1.5 Les trains autonomes : des essais en cours

Les trains autonomes font l'objet depuis 2019 d'un consortium dédié au développement d'un prototype de train TER autonome, comprenant la SNCF et ses partenaires Alstom, Bosch, Spirops, Thales et l'Institut de Recherche Technologique Railenium. Un premier essai a eu lieu début 2021 sur une rame prototype TER Regio 2N afin de tester les systèmes de perception et de reconnaissance des signaux situés le long de la voie ainsi que le dispositif de géolocalisation notamment par satellite, permettant de connaître précisément la position du train.

Le but de ce consortium est de parvenir à la maîtrise de l'ensemble des technologies nécessaires à l'autonomie complète en 2023.

Cette maîtrise technologique ne préjuge cependant pas des progrès qui pourraient être effectués sur d'autres véhicules autonomes : le ferroviaire (hormis pour les passages à niveau) circule en effet en milieu fermé et utilise des technologies qui doivent pouvoir faire, avec un haut niveau de confiance, l'objet d'une démonstration de sûreté auprès de l'Autorité française de sécurité ferroviaire (l'EPSF).

L'article de la Revue générale des chemins de fer de mars 2021 sur l'utilisation du « *deep learning* » pour le ferroviaire embarqué¹¹⁴ montre toute la difficulté d'utiliser cette technique pour la simple reconnaissance d'un feu de signalisation situé le long de la voie et d'aboutir à la sécurité du système avec un niveau de fiabilité suffisant.

3.1.6 Le développement souhaitable des engins autonomes sur les petites lignes ferroviaires

L'une des améliorations possibles de la desserte des territoires mal desservis et du rural en particulier passe par le déploiement de nouveaux services de transport : l'un d'entre eux pourrait consister à utiliser un certain nombre de petites lignes ferroviaires, peu usitées actuellement, pour la circulation des engins de type navettes de plus ou moins grande capacité. Ces véhicules pourraient être routiers ou ferroviaires suivant que la voie aura été recouverte ou non.

Plusieurs sociétés travaillent sur la conception de véhicules très légers (Exid avec taxi rail, Ecosyst'M avec des navettes de 15 mètres, ...).

Appelables par smartphone, ces navettes pourraient circuler à la demande avec un nombre de passagers plus ou moins grand suivant la ligne considérée. En fonction de la demande plusieurs navettes pourraient être regroupées.

Recommandation 9. Intégrer dans les appels à projet du PIA4 les tramways autonomes et les véhicules et systèmes de transport autonomes, routiers ou ferroviaires, pouvant circuler sur des petites lignes.

¹¹² Notamment à Montpellier et dans les Hauts de Seine en 2019.

¹¹³ <https://www.youtube.com/watch?v=24k7oEpqz3w>

¹¹⁴ Les systèmes de « *deep learning* » pour l'embarqué ferroviaire, Revue générale des chemins de fer, janvier 2021, <https://www.revue-rgcf.com/fr/revues/311/sommaire>

3.1.7 Les robots agricoles : un segment en plein essor

Ainsi que le souligne Jean-Luc Bournigal¹¹⁵, « dans un contexte de raréfaction de la main d'œuvre mobilisable par l'agriculture, les pratiques agroécologiques qui demandent un plus grand nombre d'interventions que les pratiques traditionnelles bénéficieraient du développement de la robotique agricole et forestière ». De fait, en 2020, « en France, près de la moitié des agriculteurs qui s'installent en élevage laitier achètent aujourd'hui un robot de traite selon le rapport *Agriculture innovation 2025*¹¹⁶. La taille du marché français de la robotique agricole a passé le cap des 10 000 robots agricoles, dont 8 000 robots de traite, 2 000 robots pour l'élevage, 100 robots de désherbage pour la culture maraîchère et une dizaine de robots pour la viticulture »¹¹⁷. Des robots de traite mobiles peuvent accompagner désormais la transhumance vers les pâturages d'été¹¹⁸.

Ces robots agricoles ont une double caractéristique :

- même si dans leur travail, ils peuvent être autonomes, il s'agit bien plus souvent d'une complémentarité entre l'agriculteur et ses robots qui sous sa supervision peuvent effectuer des travaux, parfois avec une très grande précision ;
- à la différence des autres segments considérés, la valeur du véhicule ne réside pas tant dans son autonomie de déplacement que dans sa capacité à effectuer de manière autonome des actions ou des tâches culturales. Il va donc bénéficier d'une intelligence artificielle spécifique qui sera très éloignée de celle d'un véhicule automatisé.

La France est bien placée sur aujourd'hui sur ce marché. Les entreprises françaises à l'origine de ces robots sont essentiellement des starts up mais comprennent également quelques ETI. Robagri liste notamment les entreprises suivantes :

- Robots sur le marché : (par importance de vente estimé)
 - Tibot (Rennes élevage) ;
 - Vitirover (Bordeaux viticulture, autres ...) ;
 - NAO technologies (Toulouse : maraîchage, viticulture, grande culture ...) ;
 - TOUTiTERRE (Rumilly 74 robotique en maraîchage) ;
 - OCTOPUS ROBOTS (Angers élevage désinfection) ;
 - VITIBOT (Reims viticulture) : le robot sera capable à terme d'effectuer la plupart des travaux viticoles (tondre, désherber, pulvériser) qu'un tracteur enjambeur traditionnel réalise, à la différence près qu'il peut effectuer ces tâches seules, sans intervention humaine ;
 - CARRE HKTC (Vendée maraîchage) ;
 - SITIA (Nantes Maraichage, viticulture) ;
 - AGREENCULTURE (Toulouse viticulture, arboriculture) ;
 - JEANTIL (Rennes élevage) ;
 - INSTAR Robotics (Pontoise pépinière) ;
- Des projets en cours :

¹¹⁵ <https://www.accompagnement-strategie.fr/commun/Actualites.aspx?id=3186>

¹¹⁶ Rapport Agricultureinnovation 2025, ministère de l'Agriculture et ministère de la Recherche, oct. 2015. <https://agriculture.gouv.fr/agriculture-innovation-2025-des-orientations-pour-une-agriculture-innovante-et-durable>

¹¹⁷ <https://www.zdnet.fr/actualites/les-robots-agricoles-passent-le-cap-des-10-000-en-france-39910921.htm>

¹¹⁸ <http://www.bretagne.synagri.com/synagri/le-robot-de-traite-mobile>

- KUHN (Vendée élevage, Saverne grande culture) ;
- EXXACT Robotics (Groupe EXEL viticulture)
- PELLENC (Le Perhais viticulture) ;
- SABI AGRI (Clermont Ferrand maraîchage)
- MAILLEUX (Rennes élevage)
- Meropy (Meylan 38 cultures)
- ELATEC (Gers maraîchage)

Ce type de robots devrait représenter un marché de plus en plus important dans le futur avec une capacité toujours plus grande à effectuer des travaux de plus en plus précis dans les champs. Leur développement doit donc être encouragé.

On pourrait également songer à ce que certains d'entre eux soient équipés, à l'exemple des navettes autonomes, de capteurs suffisants pour se déplacer à vitesse réduite sur la route sur des parcours parfaitement définis. La rentabilité économique d'un tel engin n'est cependant pas certaine.

3.2 Le développement nécessaire de certaines composants technologiques clés dans le fonctionnement des véhicules autonomes

Ce paragraphe ne cherchera pas à lister toutes les composantes nécessaires à la conception d'un véhicule automatisé et connecté, mais insistera simplement sur quatre composants principaux : le réseau numérique embarqué et son logiciel d'exploitation, la construction des scénarios de conduite et l'outil de simulation, la technologie de communication.

Il n'abordera donc pas les questions relatives aux capteurs (radars, LiDARs, caméras) ou à mise au point de l'intelligence artificielle nécessaire à ces circulations (en partie abordée dans le chapitre précédent) qui font l'objet d'une forte compétition entre les acteurs, ni celles du stockage des données dans le cloud.

Il évoquera également la question de la cartographie avec un modèle économique qui reste à préciser.

3.2.1 L'identification de scénarios critiques et la simulation de scénarios observés ou reconstitués : un outil de plus en plus essentiel dans la mise au point et la validation de la conduite automatisée

Autant l'intelligence artificielle présente dans le véhicule constitue aujourd'hui un sujet de concurrence entre les acteurs et ne conduira donc que difficilement à de larges coopérations, autant l'enregistrement des kilomètres parcourus et la construction d'une base de scénarios pourrait être un sujet collaboratif permettant à tous les opérateurs de s'entraîner mais aussi à la puissance publique de choisir un certain nombre de scénarios qui pourraient servir à tester les véhicules dans le processus d'homologation. Le rapport Pelata-Mosquet¹¹⁹ recommandait donc de créer une base de données commune sur les situations de conduite pour le développement du véhicule autonome aux niveaux français et allemand afin de se rapprocher des volumes de données collectées par les acteurs les plus avancés en la matière et envisageait comme première étape de demander, sous l'impulsion des deux gouvernements, de proposer une approche commune aux constructeurs français et allemands

¹¹⁹ Renforcer l'attractivité et la compétitivité de la France dans l'automobile et la mobilité de demain, Rapport établi par Xavier Mosquet et Patrick Pélat, février 2019, https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cge/filiere-automobile_0.pdf

De manière plus générale, les simulateurs devraient prendre de plus en plus d'importance dans le futur à la fois pour entraîner les véhicules (ou plutôt l'intelligence artificielle de ces véhicules) mais aussi pour les soumettre à ce qui serait l'équivalent d'un permis de conduire pour les humains. Les données de roulage montrent ainsi que les véhicules Waymo ont parcouru des millions de kilomètres en réel sur la route, mais ont pu également bénéficier de milliards de kilomètres simulés. Soulignons au passage que la phase d'apprentissage de l'intelligence artificielle du véhicule ne se fait pas directement dans le véhicule mais s'effectue à un niveau central pour tous les véhicules du même type : les améliorations ainsi apportées à l'intelligence artificielle du véhicule sont soit directement installées dans un véhicule neuf, soit adressées à des véhicules en service par une communication avec le véhicule.

Une première étape réside dans le recueil, la production et le management de données préparatoires à l'apprentissage. La déclaration sur ce point du PDG de Volkswagen est éclairante : « Ce qui m'inquiète le plus, ce sont les capacités des systèmes d'assistance. 500 000 Teslas fonctionnent comme un réseau de neurones qui collecte en continu des données et offre au client une nouvelle expérience de conduite tous les 14 jours avec des propriétés améliorées. Aucun autre constructeur automobile ne peut le faire aujourd'hui »¹²⁰. L'avantage de Tesla réside à la fois dans son nombre de véhicules en circulation, mais aussi dans sa capacité à traiter automatiquement les données recueillies en labellisant les formes présentes sur les images (annotation dite dynamique) : le traitement automatique des données remontant des véhicules, y compris la labellisation des images, pour les transformer en données propres à l'apprentissage est une étape essentielle qui pourrait donner lieu à une mutualisation des efforts entre les acteurs européens.

L'essentiel ne réside pas tant dans le fait de rejouer les millions de kilomètres vécus, mais plutôt dans l'identification de scénarios critiques et dans la génération de nouvelles situations non observées dans la réalité qui permettent soit d'entraîner le véhicule soit de tester ses réactions : l'exemple le plus simple consiste à simuler la chute d'un cycliste ou d'une moto devant le véhicule. Il permet de plus d'illustrer quelques-unes des questions qui vont se poser non seulement aux constructeurs, mais aussi aux autorités qui vont tester le véhicule : à partir de quelle distance le véhicule doit-il éviter la chute du cycliste ?

Il s'agit donc :

- d'enregistrer les données recueillies par les capteurs d'un véhicule en situation réelle de circulation ;
- de labelliser les données ainsi recueillies : cette labellisation se fait bien souvent de manière manuelle ;
- de les fusionner ;
- de créer ainsi une modélisation du monde réel incluant les données de circulation ;
- d'en déduire des scénarios critiques identifiées à partir de ces données ;
- d'effectuer ensuite une description logique de ces scénarios afin de pouvoir en faire varier certains paramètres et de générer ainsi de nouvelles situations critiques.

Cet exercice ne sera cependant pertinent que dans la mesure où l'outil de simulation rend bien compte de la réalité, ce qui conduit à développer la notion de qualification de la simulation. Ce point sera notamment abordé, avec un investissement voisin de 4M€, dans le cadre du programme Prissma financé par le grand défi « sécurisation, fiabilisation et certification des systèmes à base d'IA ». Un véhicule ne disposant que de caméras aura des difficultés à distinguer les contrastes et donc à identifier les obstacles présents sur sa trajectoire ; la simulation doit donc prendre en compte les capacités optiques réelles des capteurs, voire leurs dégradations dans certaines conditions météorologiques.

¹²⁰ <https://www.caradisiac.com/tesla-un-reseau-neuronal-selon-le-patron-du-groupe-vw-182866.htm>

SystemX et ses partenaires, Renault Group, Stellantis, l'institut Vedecom, ont développé la plateforme MOSAR (Méthodes et Outils pour l'évaluation de la Sécurité de fonctionnement et l'Analyse de la Robustesse des véhicules autonomes) qui constitue de fait un outil essentiel pour contribuer à relever le défi de la validation du véhicule autonome. MOSAR propose une méthodologie et une suite outillée pour concevoir et valider la sécurité du véhicule autonome en utilisant notamment une base de scénarios. Le projet d'industrialisation (le projet ADScene) pourrait être éligible en France à un appel à projets sur le numérique.

Un tel outil sera donc nécessaire à la fois pour les constructeurs, mais aussi pour les autorités chargées d'homologuer le véhicule (ou les organismes certificateurs).¹²¹

Il devrait également pouvoir bénéficier de la Plateforme PAVIN, Plateforme Auvergne pour Véhicules Intelligents, PAVIN "Brouillard & Pluie" du Cerema¹²², La plateforme PAVIN " du Cerema qui est composée d'une part d'un tunnel permettant de simuler des conditions atmosphériques dégradées tant pour le brouillard que la pluie (plateforme unique au plan national) et de tester la vision de différents types de capteurs (caméras, radars, LiDARs). La vision réelle de ces capteurs dans des conditions atmosphériques dégradées sera en effet un élément clef non seulement de l'entraînement de l'intelligence artificielle des véhicules embarqués mais aussi de leur validation.

Il devrait également pouvoir être adapté dans le futur, ce qui renforce l'intérêt d'un travail commun, à d'autres types de véhicules qui présentent des caractéristiques similaires pour certains aspects de la conduite, mais qui impliquent également le traitement de situations entièrement de traiter différentes : il suffit d'évoquer la marche arrière en mode autonome d'un poids lourd avec sa remorque ou le danger de l'angle mort pour comprendre qu'un travail d'adaptation de l'outil sera nécessaire à ces véhicules.

3.2.2 Le Middleware ou le réseau numérique à l'intérieur du véhicule : d'une architecture éclatée à une architecture centralisée avec un logiciel d'exploitation commun et efficace, des applications et une efficacité énergétique qui devrait s'améliorer très fortement au cours du temps

L'architecture électronique et électrique du véhicule, autrement dit en première approximation, le réseau numérique embarqué à l'intérieur de celui-ci, constitue un élément clé d'un engin automatisé ou autonome de demain : aujourd'hui, un véhicule embarque jusqu'à une centaine de puces électroniques qui vont avoir des usages différents et donc des spécifications différentes, demain, un véhicule automatisé en embarquera plusieurs centaines. Afin de répondre aux exigences élevées de sécurité, de disponibilité, de durabilité et de rentabilité des technologies de contrôle pour l'automobile du futur, un changement profond de l'architecture et, par conséquent, du réseau de bord est nécessaire. Les systèmes et les composants doivent non seulement s'auto-surveiller, mais - si nécessaire - doivent également être capables de se "réparer" eux-mêmes afin que le fonctionnement du véhicule reste opérationnel "en cas de panne". Dans les architectures électroniques décentralisées et fortement interconnectées, la sécurité dans le véhicule est assurée par la redondance des commandes importantes et par leur isolement physique respectif, ce qui conduit, par exemple, à séparer les systèmes d'aide à la conduite de la navigation d'autres modules de communication tels que le coffret

¹²¹ « Tesla differentiates itself with its proprietary ground OS, which enables it to be more agile, generate more innovative edge cases, distribute performance and power functionality based on new edge cases, and better protect its vehicles from cybersecurity threats because of fewer access gateways. In fact all the domains are built-up on that one single OS, reflective of a drastically different approach. This is something that only tech companies are well versed in doing. It represents a significant advantage which allows Tesla to have a 6-7 years tech advantage vs its nearest rival. Going forward, I see every car company trying to develop an OS platform in-house, just like VW is trying (and currently struggling) to do ». <https://www.forbes.com/sites/sarwantsingh/2020/11/02/unbundling-elon-musks-tesla-masterplan-for-world-domination/?sh=6f6b621243e0>

¹²² [https://www.cerema.fr/system/files/documents/technology2021/plateforme de simulation de conditions climatiques.pdf](https://www.cerema.fr/system/files/documents/technology2021/plateforme%20de%20simulation%20de%20conditions%20climatiques.pdf)

télématique.

Or, dans ce domaine, les constructeurs traditionnels ont pris un certain retard. Le magazine Forbes dans son numéro de novembre 2020 soulignait qu'il y avait un décalage de six à sept ans de retard entre les véhicules automobiles classiques et ceux bénéficiant d'une architecture informatique repensée, dès la conception, pour connecter entre eux les différents automatismes du véhicule. Au-delà de ce délai, naturellement contestable, deux publications permettent de mieux apprécier cette question de l'architecture électronique et électrique du véhicule :

- la première est une publication du eNOVA Strategy Board Automobile Future, organisme regroupant les acteurs du secteur automobile allemand¹²³, intitulé prise de position sur le rôle clé de l'architecture E/E et des systèmes électriques pour l'automobile du futur 14 août 2020¹²⁴. Le paragraphe suivant souligne non seulement les enjeux pour un véhicule pris individuellement, mais aussi pour l'organisation du secteur de la sous-traitance de l'automobile : « *La fourniture sûre des fonctions standard du véhicule ainsi que des fonctions de conduite avancées est aujourd'hui garantie par des systèmes d'assistance avec jusqu'à plus de 100 unités de commande décentralisées qui représentent l'architecture électrique et électronique du véhicule. Ces boîtiers de commande sont reliés entre eux à l'intérieur du véhicule via un total de kilomètres de câbles qui assurent l'alimentation électrique et la diffusion des données utilisateur et des informations de contrôle du véhicule. Le faisceau de câbles, qui est en grande partie en cuivre, contribue jusqu'à 50 kilogrammes au poids total d'un véhicule et est principalement fabriqué à la main*¹²⁵. La conception du réseau de bord est donc un facteur important dans le calcul des coûts des véhicules et limite le potentiel de réduction des coûts de structure. Afin de pouvoir à l'avenir mettre en œuvre les exigences de sécurité pour la conduite automatisée aux niveaux 4 et 5, des quantités de données beaucoup plus importantes devront être distribuées et collectées dans le véhicule, qui devront également être traitées davantage en temps réel. Par conséquent, les exigences d'efficacité des unités de commande électroniques en termes de puissance de calcul, de consommation d'énergie, de débit de données et de latence de transmission de données ainsi que de poids et d'utilisation de matériel continueront d'augmenter énormément. Alors que certains constructeurs automobiles établis étendent les capacités des systèmes électriques de leurs véhicules en conséquence afin de pouvoir intégrer des dispositifs de contrôle de plus en plus puissants des fournisseurs dans l'architecture E / E, de nombreux fournisseurs de véhicules, pas seulement les nouveaux s'orientent vers une centralisation des fonctions de contrôle dans des puces hautes performances et vers la voie de l'intégration verticale. Cela permet, d'une part, un raccourcissement des chemins de câbles et des économies de consommation électrique et, d'autre part, la mise en œuvre accrue des fonctions de contrôle dans le logiciel en lien avec la connexion à un cloud afin d'importer les mises à jour, les échanges nécessaires informations ou, par exemple, activer des fonctions supplémentaires du véhicule réservé par l'utilisateur » ;
- une publication de McKinsey, intitulée *logiciel automobile et architecture électronique et électrique du véhicule : implications pour les équipementiers*¹²⁶. Elle illustre sur le graphique ci-dessous l'évolution de cette architecture partant au départ d'un nombre plus ou moins grand de capteurs munis de leur calculateur, passant par l'architecture actuelle reposant sur un

¹²³ Audi AG , AVL Deutschland GmbH, BMW Group, Continental AG, ELMOs Semiconductor AG, Hella KGaA Hueck & Co., HERE, Infineon Technologies AG, NXP, Robert Bosch GmbH, Schaeffler , ZF Friedrichshafen AG

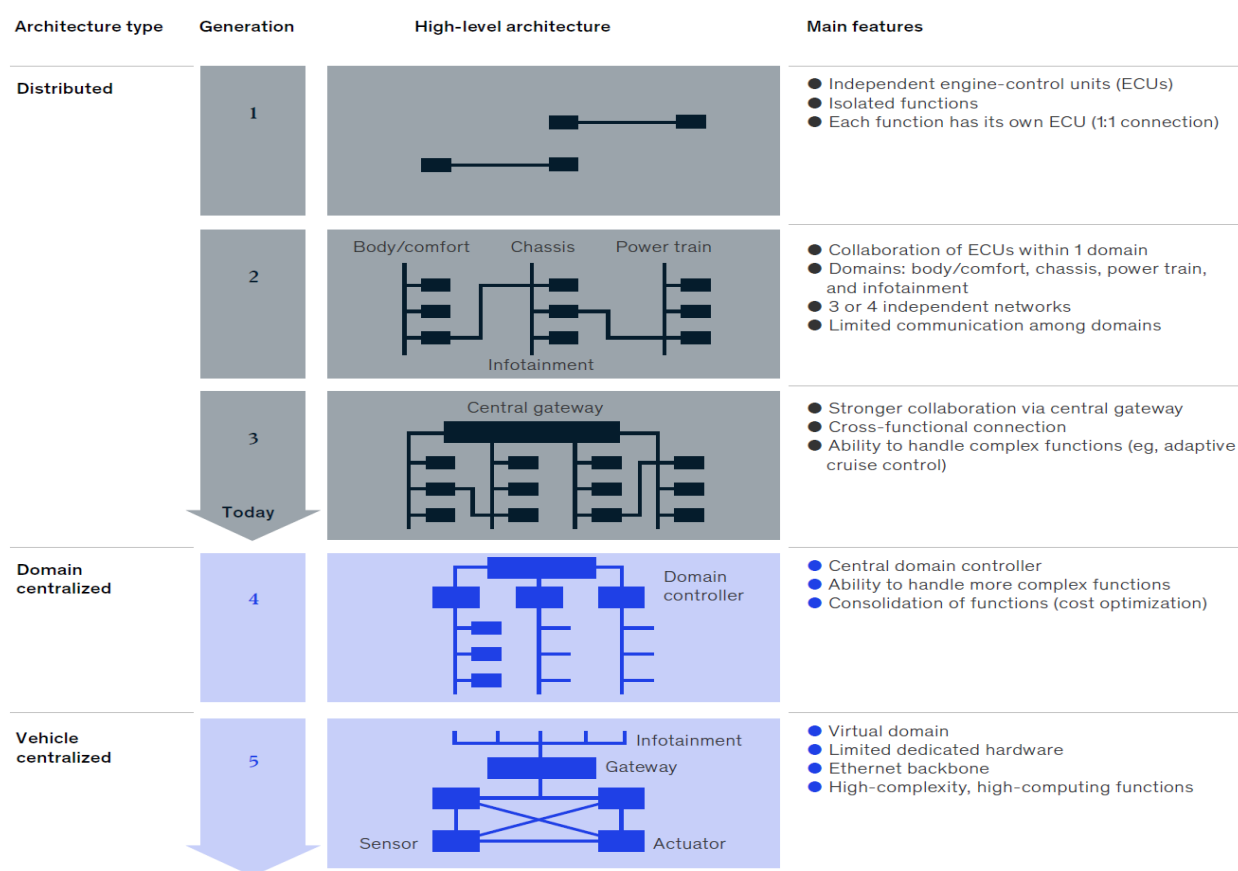
¹²⁴ Positionspapier Schlüsselrolle der E/E-Architektur und der Bordnetze für das Automobil der Zukunft 14. August 2020, <https://www.strategiekreis-automobile-zukunft.de/publikationen> (in German)

¹²⁵ De plus, ce câblage représente un volume significatif, parfois dans des emplacements très convoités tels que le tableau de bord. La réduction du volume de ces câbles permettrait d'ajouter d'autres fonctionnalités d'interaction avec le conducteur. NB : Ce commentaire effectué par NXP ne figure pas dans le texte de e-NOVA.

¹²⁶ *Automotive software and electrical/electronic architecture: Implications for OEMs*. McKinsey Center for Future Mobility <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/automotive-software-and-electrical-electronic-architecture-implications-for-oems>

ordinateur central et des capteurs organisés généralement en quatre grands domaines (*body, chassis, power train, infotainment*), pour arriver dans le futur à une architecture comprenant un ou deux ordinateurs centraux ainsi qu'un certain nombre de calculateurs secondaires. McKinsey souligne de plus que l'une des idées principales dans cette évolution repose sur le découplage des cycles de développement matériel et logiciel, ce qui permet de développer des logiciels plus rapidement et de les déployer plus fréquemment : « Concernant l'architecture, les acteurs peuvent découpler les logiciels à partir du matériel en utilisant un middleware robuste qui fait abstraction des capacités matérielles et les rend disponibles pour les fonctions et les services via des interfaces de programmation d'applications (API) standardisées ». Ceci amène à envisager pour le logiciel une partie qui pourrait être qualifiée de commune ou de collaborative du système d'exploitation, intégrant les questions de cybersécurité, et des applications (qui peuvent être ajoutées sur le logiciel comme dans un smartphone) et qui seront concurrentielles

Electrical/electronic architecture is evolving toward a centralized setup.



Source: McKinsey analysis

Figure 8 : L'évolution du réseau numérique embarquée d'après McKinsey¹²⁷

La dernière évolution dans cette architecture repose sur l'évolution même des composants de ce hardware. Nous avons en effet, vu dans le chapitre précédent la possibilité de réduire à moyen terme,

¹²⁷ Ibidem

avec de nouveaux matériels, la consommation d'énergie par un facteur 100, ce qui est extrêmement précieux, notamment pour un véhicule électrique qui va devoir chercher à réduire sa consommation pour augmenter son autonomie.

La minimisation des coûts de transition vers une nouvelle architecture électrique et électronique des voitures et vers, plus généralement, des voitures autonomes apparaît nécessaire : les nouveaux logiciels ainsi que le développement d'une nouvelle architecture électrique et électronique de la voiture représentent un développement conséquent, et des sommes importantes, associées à des risques non négligeables, dans lesquelles chaque entreprise peut s'engager de manière individuelle en assurant le développement de ses propres matériels : c'est ce que fait Tesla . Il serait plus facile pour les entreprises européennes de s'entendre sur des principes communs à cette nouvelle architecture (sans que ces principes n'imposent une architecture unique) et de partager une partie des dépenses nécessaires (notamment celles concernant le domaine collaboratif, Car OS par exemple) et des risques associés. Il serait également beaucoup moins coûteux pour le consommateur final que l'industrie automobile s'entende sur le développement de quelques microprocesseurs *ad hoc* pour l'industrie automobile de sorte à en minimiser les coûts de production.

Dans sa séance du 5 juillet 2021¹²⁸, le CORAM, Comité d'orientation pour la recherche automobile et mobilité, a permis de franchir une première étape en retenant le projet NeVeOS (*Nextgen Vehicle Operating System*) proposé par les groupes Renault et Continental, avec l'aide d'Actia (ETI), Alkalee (Start-up issue du CEA) et Elektrobit (start-up, filiale de Continental) de développer une nouvelle architecture électronique centralisée et un nouveau système d'exploitation logiciel pour les véhicules. L'objectif du consortium est notamment de concevoir les nouveaux calculateurs hautes performances qui seront au cœur de ces architectures électrique et électronique automobiles du futur. L'enjeu du projet NeVeOS est de proposer un premier développement d'architecture électronique innovante centralisée et zonale, haute performance et l'introduction d'une architecture logicielle orientée services (SOA). Ce développement pourrait représenter la première brique d'un projet européen s'intégrant dans un PIIEC et consistant à créer un écosystème ouvert et standardisé partagé avec l'ensemble de la filière automobile élargie (CAR.OS) selon un nouveau modèle de partage des coûts de développement.

La création d'une partie commune ou collaborative du système d'exploitation ne préjuge pas du choix de l'architecture finale du réseau numérique embarqué dans le véhicule : selon le marché auquel ils s'adressent, la flexibilité de leur plateforme actuelle et leur contraintes historiques, les constructeurs automobiles poursuivent des voies différentes dans l'évolution de leur architecture, ainsi que l'illustre la figure ci-dessous fournie par NXP, en choisissant :

¹²⁸

https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/plan-de-relance/DP_20210705_14_nouveaux_projets_CORAM.pdf

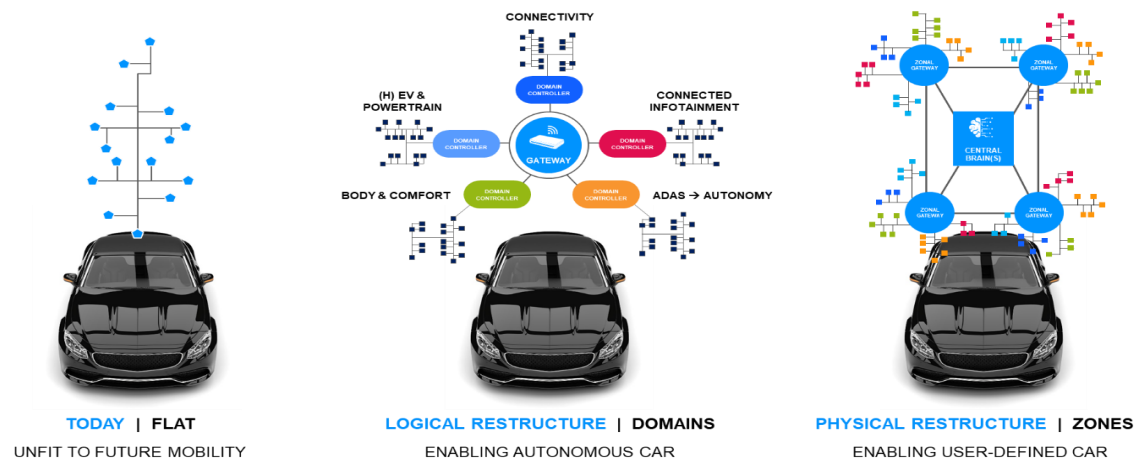


Figure 9: architectures actuelle (à gauche) et futures, par domaine (milieu) et par zone (à droite) des véhicules automobiles, figure fournie par NXP

- une architecture par domaine (par exemple en quatre domaines : *body*, *chassis*, *power train*, *infotainment*) pour certains qui permet l'émergence du véhicule autonome ;
- ou une architecture zonale pour d'autres dans laquelle les composants et systèmes électroniques du véhicule sont topologiquement regroupés en zones en fonction de leur emplacement et de leur fonction dans le véhicule, chacune étant accessible depuis son propre module de commande. Cette architecture zonale vise à réduire les coûts et les dépenses de câblage. Les publications promettent 30 % et plus d'économies de cuivre pour les lignes de données et d'alimentation. Elle permet également de concevoir des plateformes logicielles homogènes (à la différence des plateformes logicielles présentes dans les différents domaines de l'architecture précédente).

Le schéma suivant illustre trois choix d'évolution (en bleu) ou de révolution (en orange) différents de cette architecture. Le développement d'une partie collaborative du logiciel d'exploitation pourrait ainsi servir de plateforme de référence sur laquelle l'ensemble des constructeurs européens pourront s'appuyer pour finalisée l'architecture propre de leurs véhicules.

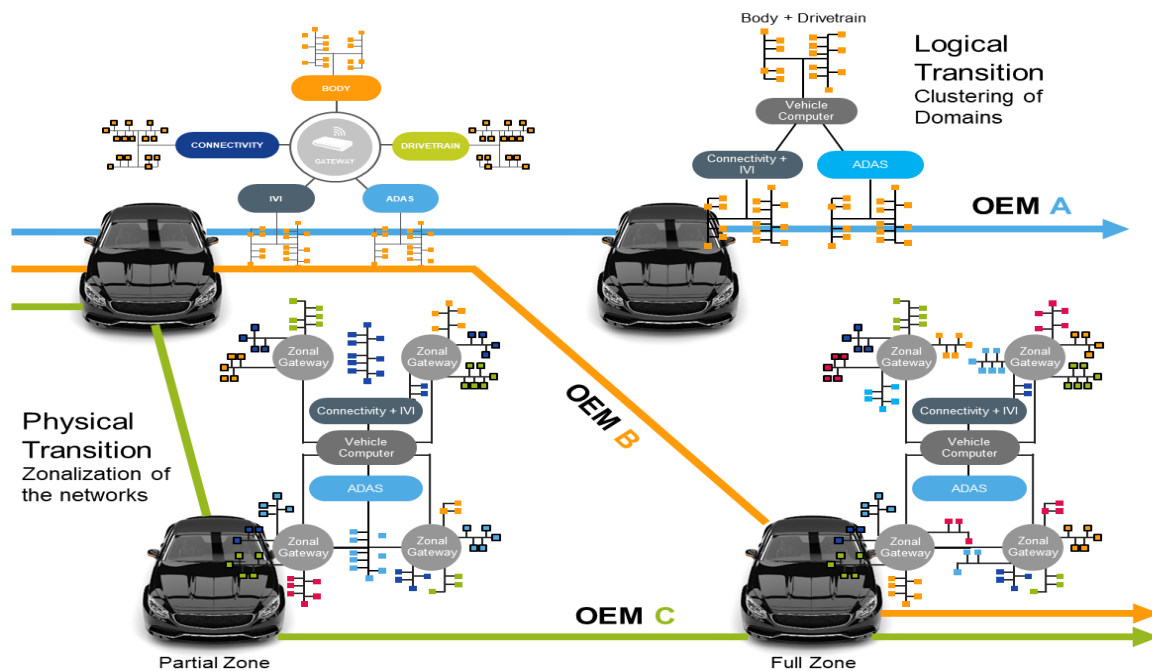


Figure 10 : évolution possible de l'architecture électronique et électrique des véhicules automobiles, figure fournie par NXP

3.2.3 La connexion du véhicule avec son environnement : une technologie en pleine évolution

Il aurait probablement été possible de concevoir un véhicule totalement autonome, non relié à un réseau : les premiers véhicules autonomes cherchant à relever le challenge du DARPA en 2004 et 2005 n'étaient certainement pas connectés ! Cependant, très rapidement, les industriels ont considéré que le véhicule autonome était un véhicule connecté : on parle donc désormais de véhicules automatisés et connectés. Ce choix pose d'ailleurs immédiatement la question des contraintes à remplir par un véhicule automatisé et connecté lorsqu'il perd sa connexion.

3.2.3.1 La 5G constituera le protocole de communication de l'Internet des objets

La 5G constitue le protocole de communication de demain de l'internet des objets : il s'imposera donc dans le véhicule autonome à terme. Son temps de latence (qui pourrait être inférieure à 10 ms quand celui de la 4G atteint 70 ms), sa fiabilité et son débit vont permettre d'échanger en temps réel des informations avec le véhicule autonome et sont tels qu'un véhicule actuel devrait pouvoir être conduit par un opérateur à distance. Cependant, cette technologie ne se développera que lentement sur le territoire européen, et ne concernera que quelques pourcents du territoire d'ici 2025 en Europe. Les chiffres sont cependant plus élevés en termes de population : Deutsche Telekom par exemple a annoncé couvrir 90% de la population en 5G d'ici à fin 2021¹²⁹ et Orange indique, de son côté, « qu'à l'horizon 2023, la 5G 2100 Mhz donnera accès aux nouveaux services 5G (e-santé, automobile connectée, smart cities...) dans les zones 4G »¹³⁰.

Ceci ne veut cependant pas dire que le véhicule automatisé doit être nécessairement relié au réseau

¹²⁹ <https://www.rcrwireless.com/20210611/5g/deutsche-telekom-reaches-50-cities-5g-via-36-ghz-spectrum>

¹³⁰ <https://reseaux.orange.fr/5g-deploiement>

par la 5G : les millions de kilomètres parcourus jusqu'à aujourd'hui en Californie par les véhicules autonomes l'ont été sans avoir recours à la 5G.

La technologie 5G devrait cependant apporter un plus incontestable lorsque l'ensemble des piétons et des véhicules en seront équipés et pourront communiquer entre eux : un véhicule muni de ce dispositif pourrait ainsi freiner à temps et éviter de renverser un piéton, qui traverse la route et qui est masqué par un véhicule en stationnement dès lors qu'il sera relié à un appareil muni de la 5G. La 5G pourrait donc avoir un sens en ville et pour des navettes sur voies dédiées pour transmettre rapidement des informations d'actualisation aux véhicules (carrefours, accidents, ...), ou sur des autoroutes connectées afin de transmettre plus rapidement une information sur un accident ou sur un dispositif de freinage

Elle apporte également un plus incontestable pour le superviseur qui doit répondre à distance aux difficultés de circulation rencontrées lors de son fonctionnement par une navette ou un véhicule autonome contrôle d'un véhicule ; le débit plus important offert par la 5G devrait de plus permettre au superviseur de contrôler un plus grand nombre de véhicules (4 à 5 fois plus de véhicules qu'avec la 4G).

En ce sens, le gouvernement a publié début juillet 2021 une stratégie d'accélération sur la 5G et sur les futures technologies de réseaux de télécommunications que nous lançons aujourd'hui. L'État s'engage à mobiliser 480 millions d'euros de financements publics pour soutenir des projets prioritaires d'ici 2022, et vise jusqu'à 735 millions de financements publics d'ici 2025, ce qui permettra de mobiliser, par effet de levier, jusqu'à 1,7 milliard d'investissements d'ici 2025. Cette stratégie trouve d'ores et déjà des applications concrètes, comme en témoigne les 18 projets dans le cadre de l'Appel à projets dédié aux applications de la 5G et les 3 nouveaux projets retenus début juillet 2021. Ainsi, parmi les 15 projets de plateformes d'expérimentation 5G soutenus dans le cadre de l'appel à projet « Souveraineté dans les réseaux télécoms afin d'accélérer les applications de la 5G » du plan de relance figure celle de la mobilité autonome avec Navya.

Cette stratégie rappelle naturellement les principaux avantages de la 5G : tout en étant nettement moins énergivore, la 5G offre des performances technologique accrues, en termes de débit, de temps de latence et de nombre d'objets pouvant se connecter au réseau : débit jusqu'à 10 fois supérieur à la 4G, délai de transmission divisé par 10, fiabilité accrue, connexion plus stable (même en mobilité), et capacité à connecter simultanément de très nombreux objets. La 5G est un facteur clé de compétitivité dans des secteurs où l'industrie française est particulièrement bien positionnée. Elle permet le développement de nombreux usages innovants dans des secteurs variés de l'économie, notamment l'industrie de nouvelle génération, ou « 4.0 » (la maintenance préventive, la fabrication de haute précision, le suivi logistique d'un très grand nombre d'articles, la multiplication des capteurs) et l'automobile (communications ultra-fiables à très faible latence pour les véhicules connectés et autonomes).

Afin d'accélérer le déploiement de la 5G, l'Union Européenne, via le mécanisme pour l'interconnexion en Europe (MIE)¹³¹, a alloué au secteur du numérique une enveloppe de plus de 2 milliards d'euros sur la période 2021-2027, dont la majeure partie doit financer une couverture 5G ininterrompue le long des grands axes de transport terrestre d'ici à 2025.

3.2.3.2 L'utilisation de la 5G pour le véhicule autonome peut correspondre à des architectures différentes qui doivent être testés, mais doit trouver son modèle économique

L'utilisation du protocole 5G pour le véhicule autonome peut offrir des services additionnels à un véhicule autonome connecté :

- elle peut, par exemple dans le cas d'un changement de file sur autoroute, fournir au véhicule en train d'effectuer sa manœuvre des informations sur la position et la vitesse des véhicules

¹³¹ RÈGLEMENT (UE) 2021/1153 du 7 juillet 2021 établissant le mécanisme pour l'interconnexion en Europe : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1153&from=EN>

qui le précèdent provenant soit de caméras fixe, soit des autres véhicules connectés : les informations sont alors fusionnées dans un ordinateur en bord de route ou dans le cloud et transmises au véhicule ;

- il peut prévenir les différents véhicules connectés de l'arrivée d'un véhicule d'urgence ;
- il peut également fournir au véhicule l'emplacement (voire la trajectoire) des piétons ou des véhicules de service présents dans son champ proche dès lors qu'ils sont munis d'un appareil bénéficiant de la 5G ;
- il peut, comme le montre l'expérience menée en Espagne par Telefonica¹³² avec notamment Stellantis et Nokia, permettre aux véhicules dans un tunnel de rester connectés et de recevoir par exemple des informations sur les conditions météorologiques et de circulation à la sortie du tunnel. Il permet également au gestionnaire du tunnel de recevoir des informations en temps réel sur les incidents qui pourraient se produire dans le tunnel pour faire évoluer les conditions de circulation dans le tunnel et en prévenir les automobilistes.

Le rapport de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de l'Île de France¹³³ souligne de plus que la 5G est non seulement indispensable pour la cartographie dynamique, mais également pour permettre le téléchargement quasi-immédiat de données lorsque l'on passe une frontière au risque de bloquer le système de conduite autonome, les opérateurs de télécommunications n'étant pas toujours les mêmes d'un côté et de l'autre de la frontière.

Le lecteur intéressé trouvera enfin sur un site internet de Vimeo¹³⁴ une vidéo montrant les services que peut rendre la 5G notamment dans la mobilité urbaine.

Dans tous les cas, ceci suppose de définir :

- l'équipement associé à l'infrastructure ;
- l'architecture de communication avec les véhicules ;
- la localisation des capacités de calcul dans le cloud ou le long de l'équipement.

Dans ces exemples le temps de latence est un élément clef ce qui implique de mettre en œuvre des techniques (et le matériels) permettant d'obtenir effectivement les temps de latence annoncés comme possibles par cette technologie.

Le déploiement de la 5G se heurte aujourd'hui comme pour toute technologie de réseau à la difficulté de trouver une clientèle prête à en payer le prix alors qu'elle ne sait pas encore véritablement les services dont elle va pouvoir disposer. Dans la mobilité, la couverture 5G se heurte non seulement au coût du déploiement des infrastructures mais aussi au coût d'accès aux pylônes le long des autoroutes facturé par les gestionnaires autoroutiers. Une couverture URLLC¹³⁵ garantissant un faible taux de latence représente un coût (probablement nécessaire) à payer le long des routes, mais dont le modèle économique reste à trouver.

Ces différents éléments expliquent l'intérêt de mener des expérimentations en vraie grandeur utilisant la technologie 5G à la fois pour préciser les éléments techniques mais également les coûts associés. C'est notamment l'objet des expérimentations transfrontalières avec l'Allemagne et le Luxembourg sur

¹³² Telefonía promotes the smart road with the deployment of 5G coverage and sensorisation in the Cereixal tunnel to assist driving, <https://www.telefonica.com/en/web/press-office/-/telefonica-promotes-the-smart-road-with-the-deployment-of-5g-coverage-and-sensorisation-in-the-cereixal-tunnel-to-assist-driving>

¹³³ Expérimentation et déploiement du véhicule autonome en Île-de-France : le rôle facilitateur des pouvoirs publics, l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de l'Île de France, Mai 2019, <https://www.institutparisregion.fr/nos-travaux/publications/experimentation-et-deploiement-du-vehicule-autonome-en-ile-de-france/>

¹³⁴ <https://vimeo.com/515746136/652fcbd408>

¹³⁵ Ultra Reliable Low Latency Communications.

les sillons lorrain et rhénan (de manière multimodale) ainsi qu'avec les Espagnols dans la traversée des Pyrénées.

3.2.3.3 La communication entre véhicules : une bataille des normes préjudiciable

Comme le souligne l'Arcep¹³⁶, « l'un des enjeux principaux consiste en la mise en place d'un écosystème fédérateur entre les véhicules, les réseaux de télécommunication et les réseaux routiers, qui ouvrira la voie à des cas d'usages variés, dans le domaine de la sécurité routière, de l'efficacité du trafic, de la protection environnementale ou du confort des conducteurs ».

Deux technologies, malheureusement incompatibles, permettent aujourd'hui la communication à courte portée entre les véhicules et entre le véhicule et l'infrastructure. Ces communications directes utilisent toutes deux la bande des 5,9 GHz (avec une portée d'environ 500 mètres entre véhicules, une latence d'environ 10 ms et des débits faibles liés à la largeur de la bande) mais un véhicule équipé de l'un de ces technologies ne pourra pas communiquer avec un véhicule muni de l'autre :

- la première, dénommée *Intelligent Transport System - G5*, ITS-G5, est une technologie considérée comme mature¹³⁷, dérivée du WiFi et standardisée depuis de nombreuses années; elle s'appuie sur la bande de fréquences 5,9 GHz et des unités de bord de route déployées par le gestionnaire routier. Ainsi que le souligne un document de la DGITM¹³⁸, la France figure parmi les pays leaders des STI coopératifs en Europe, grâce au projet de déploiement pilote SCOOP@F, associant les constructeurs PSA et Renault. En 2020, la France a déjà équipé 3000 km de routes d'unités de bord de route (UBR), dans la cadre de 4 zones pilotes (Nord, Centre est, Sud-Ouest, Méditerranée) et a pour ambition d'équiper d'arriver fin 2023 à 5000 km de routes équipées d'UBR¹³⁹ ;
- la deuxième est une technologie plus récente dénommée *Cellular Vehicle-to-Everything, C-V2X* : comme l'indique la commission¹⁴⁰, en 2016, des entreprises du secteur automobile et des sociétés de télécommunications se sont réunies au sein de l'association «5G Automotive Association» afin de développer des technologies pour une mobilité connectée et automatisée, reposant sur le protocole de communication 5G. Le C-V2X utilise aujourd'hui la technologie LTE (pour *Long terme evolution*) aussi bien pour les communications directes (V2V, V2I, V2P) en bande 5,9 GHz que pour les communications cellulaires (on parle de « LTE-V2X ») ; à court terme, le C-V2X devrait évoluer pour intégrer la 5G (« 5G-V2X » : c'est déjà le cas des standards qui ont évolué en 2020¹⁴¹) et ainsi bénéficier des avancées de performance associées (débit, latence, fiabilité). « Le développement de cette technologie s'est accéléré fortement en 2018

¹³⁶ Réseaux du futur, Note n°2 : Les voitures connectées, 19 février 2019, https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/reseaux_du_futur-voiture_connectees-fev2019.pdf

¹³⁷ L'Arcep souligne que « La notion de maturité doit toutefois être considérée avec prudence dans la mesure où peu de tests avec une densité significative de véhicules ont été réalisés et documentés ». *Ibidem*.

¹³⁸ <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Rapport%20GT%20technologies%20STI-vfin.pdf>

¹³⁹ L'Association 5GAA, qui soutient le déploiement de la 5G, souligne que « cette couverture kilométrique ne correspond pas à une couverture à 100% car les UBR ne sont installées que sur certains « hotspots ». Le rapport de C-ROADS en 2021 faisait état de 192 UBRs (https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-Roads_Brochure_2021_final_2.pdf) sur l'ensemble du territoire français. Et certaines UBRs datant de 2016, il est probable qu'elles soient désormais obsolètes et non-compatibles avec les derniers standards ITS-G5 ».

¹⁴⁰ Projet de règlement délégué de la Commission du 13.3.2019 complétant la directive 2010/40/UE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne le déploiement et l'utilisation opérationnelle des systèmes de transport intelligents coopératifs :

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/actes_delegues/2019/01789/COM_AD\(2019\)01789_FR.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/actes_delegues/2019/01789/COM_AD(2019)01789_FR.pdf)

¹⁴¹ 3GPP (3rd Generation Partnership Project) a adopté le premier standard 5G (Release 15) en 2019, suivi de la Release 16 qui inclut le mode de communication directe via 5G-V2X en Octobre 2020.

notamment à partir des chipsets *Qualcomm* »¹⁴² : elle est désormais commercialisée par plusieurs constructeurs automobiles en Chine. Les premiers modèles commerciaux équipés 5G en Europe devraient arriver sur le marché en 2022 :

Coexistent ainsi deux technologies de communications à courte portée qui ne sont pas interopérables au niveau de l'accès radio.

La Commission européenne avait prévu d'autoriser le déploiement de la technologie ITS-G5 par un projet de règlement délégué qu'elle avait proposé en mars 2019. Celui-ci n'a pas été retenu par les états membres qui ont préféré rester neutres sur le plan technologique et ne pas arbitrer entre ITS-5G et C-V2X. De fait, les constructeurs automobiles européens sont divisés : si BMW et PSA avaient retenu le C-V2X, Volkswagen et Renault avaient fait le choix de l'ITS-G5.

La Commission prépare une révision de la directive ITS et devrait finaliser à la rentrée son étude d'impact menée par des consultants (confiée à Ricardo). Elle devrait permettre de préciser les modèles économiques possibles. Un déploiement en URLLC le long des autoroutes serait probablement souhaitable, mais onéreux. Il est donc possible que, dans un premier temps, les services offerts sur le réseau autoroutier soient divisés en trois selon l'équipement du tronçon correspondant :

- ceux bénéficiant de l'URLLC et des ADAS correspondants, notamment les systèmes automatisés d'assistance au maintien de trajectoire ou de régulation adaptative de la vitesse ;
- ceux bénéficiant simplement de la 5G et de ses performances de base ;
- ceux enfin ne bénéficiant pas de la 5G mais sur lesquels la disponibilité du C-V2X permettra de transmettre de l'information de véhicule à véhicule.

3.2.3.4 Promouvoir la connexion entre véhicules et approfondir le modèle économique de la 5G pour le véhicule automatisé

Les industriels rencontrés par la mission partent du principe que la 5G va se déployer et qu'il faut donc en explorer les potentialités : la garantie du temps de latence apportée par la 5G constitue un élément important pour la supervision. Néanmoins, le modèle économique des applications de la 5G reste à approfondir en fonction de l'acceptation des usagers à payer leurs services qui leur seront offerts.

Lorsqu'elles seront généralisées, les connexions directes entre véhicules et entre véhicules et piétons devraient incontestablement représenter une amélioration en termes de sécurité routière : elles doivent donc être déployées en privilégiant des technologies qui permettent à l'ensemble des véhicules de communiquer entre eux. Les industriels sont les mieux placés pour choisir l'une ou l'autre de ces technologies.

La puissance publique devrait encourager dans les prochains mois le développement d'expérimentations avec la 5G afin de préciser les caractéristiques physiques et économiques exactes de l'application de cette technologie aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules autonomes. Les projets examinés par le Gouvernement dans le cadre de la plateforme 5G Open Road, menée par la PFA et associant Stellantis et Renault, ont précisément pour objet d'identifier le supplément d'utilité qui peut être apporté à l'automobiliste grâce à la mise en œuvre de la 5G. Ils montrent de plus que le progrès technologique va se porter naturellement sur les liaisons C-V2X.

¹⁴² <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Rapport%20GT%20technologies%20STI-vfin.pdf>

Recommandation 10. Poursuivre les expérimentations relatives à l'utilisation de la 5G sur les routes afin de préciser les caractéristiques physiques et économiques de son application aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules et systèmes de transport autonomes.

3.2.4 –Le besoin d'un cloud sécurisé pour les transports

Des télécommunications efficaces entre le véhicule et son environnement sont nécessaires pour le développement du véhicule automatisé et connecté et encore plus pour le véhicule autonome, mais elles ne sont pas suffisantes. Il est en effet nécessaire que les informations transmises depuis le véhicule et reçues par celui-ci, qui servent notamment à la supervision et au contrôle du véhicule, puissent être échangées de manière parfaitement sûre, afin d'éviter toute menace de cyberattaque, sans dégrader le temps de latence ni le débit transmis.

C'est là qu'intervient le projet de cloud européen faible et sûr, appelé Gaïa X. Dans son premier discours sur l'état de l'Union en octobre 2020¹⁴³, la Présidente de la Commission européenne, Ursula Van der Leyen, après avoir rappelé sa volonté de créer une véritable économie européenne de la donnée, insiste sur l'intérêt de créer un cloud européen, Gaïa-X, et de disposer ainsi de *clouds* sectoriels permettant de préserver les données tout en les rendant largement accessibles.

La Stratégie de mobilité durable et intelligente publiée par la Commission en décembre 2020 prévoit ainsi explicitement la mise en place d'un *cloud* européen, ou espace européen commun des données, spécifique à la mobilité¹⁴⁴.

Force est cependant de constater qu'il n'existe pas, pour le moment, de cloud transport dans le projet Gaïa-X, et que si les Allemands y réfléchissent, les acteurs français sont absents de cette réflexion qui devrait concerner naturellement tous les opérateurs souhaitant effectuer de la supervision de véhicule autonomes mais aussi les constructeurs et les équipementiers qui souhaitent faire remonter des données par le cloud, et les entreprises intéressées par ces données (notamment les assurances).

Recommandation 11. Créer les synergies nécessaires pour que les acteurs du transport français participent à la création d'un cloud transport européen performant

L'urgence est d'autant plus forte que, pour le moment, Amazon, avec son produit *Amazon cloud drive*, présente l'un des seuls produits sur le marché pouvant répondre aux attentes des constructeurs. De

¹⁴³ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/SPEECH_20_1655

¹⁴⁴ « C'est la raison pour laquelle la Commission proposera de nouvelles actions en vue de créer un espace européen commun des données relatives à la mobilité. Cet espace tiendra compte de la gouvernance horizontale définie dans la stratégie en matière de données, de la loi sur les données, ainsi que du principe de neutralité technologique. L'objectif est de recueillir, connecter et mettre à disposition des données pour atteindre les objectifs de l'UE, depuis la durabilité jusqu'à la multimodalité. Cet espace de données relatives à la mobilité devrait fonctionner en synergie avec d'autres systèmes clés, notamment l'énergie, la navigation par satellite et les télécommunications, tout en assurant la cybersécurité et en étant compatible avec les normes de l'Union en matière de protection des données. Parallèlement, il convient de préserver des conditions de concurrence équitables pour les données dans la chaîne de valeur, afin de permettre le développement de l'innovation et l'émergence de nouveaux modèles commerciaux. La Commission envisagera différentes options réglementaires pour donner aux opérateurs un espace sûr et fiable afin de partager leurs données dans et entre les secteurs, sans fausser la concurrence, dans le respect de la vie privée et des obligations internationales de l'Union ». <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0789>

façon générale, KPMG¹⁴⁵ souligne que le marché européen du cloud, qui a connu une fort augmentation avec la pandémie et qui pourrait voir sa valeur multipliée par dix entre 2017-2019 et 2027-2030, est dominé par trois acteurs majeurs (les "hyperscalers"), qui captent, sur le IaaS (*Infrastructure-as-a-Service*), 70 % de la part de marché : Amazon avec AWS (53 %), Microsoft avec Azure (9 %) et Google Cloud (8 %). Le projet européen n'aura cependant de chances de réussir que s'il propose un service attractif à des prix comparables à ceux de ses concurrents.

3.2.5 Des cartographies haute définition nécessaires, mais à la recherche de leur modèle économique

Il est impératif pour un véhicule automatisé, et *a fortiori* autonome, de savoir avec précision où il se situe sur la route ce qui nécessite d'une part de bénéficier d'une cartographie haute définition et d'autre part de savoir se positionner à l'intérieur de cette cartographie.

Dans les sujets possibles de coopération européenne, l'ACEA a donc fort logiquement émis le souhait de voir se créer des jumeaux numériques de l'ensemble du réseau routier européen.

Dans rapport de janvier 2018¹⁴⁶, le Conseil d'orientation des infrastructures consacre un paragraphe à l'adaptation du réseau routier national et traite du besoin de cartographies à haute définition.

« La cartographie haute définition peut permettre au véhicule de se repérer dans des zones où le nombre de voies augmente ou diminue ou les échangeurs complexes voire, si elle est dynamique et reliée avec les données temps réel du gestionnaire, dans les chantiers et les péages.

Les besoins exprimés par les constructeurs automobiles sont les suivants :

- une précision centimétrique, permettant au véhicule de se localiser transversalement (les cartographies existantes métriques ne permettent qu'un repérage longitudinal) ;
- le recensement d'amers visuels géolocalisés servant de point de repère ;
- une description précise des entrées et sorties d'autoroute, des zones où le nombre de voies augmente ou diminue, des gares de péage ;
- une intégration en temps réel des travaux et événements routiers ;
- l'ensemble étant certifié et partagé entre les différents acteurs (le gestionnaire routier, l'éditeur cartographique, le constructeur automobile...).

Un travail est en cours avec l'IGN pour construire la chaîne de valeur qui permettra de répondre à ce besoin. Les éditeurs cartographiques privés, qui sont principalement étrangers (Here, TomTom), y auront sans doute une place. Dans cette chaîne, il importe que les gestionnaires routiers gardent les droits sur les données concernant leur réseau. Ces solutions ne seront probablement pas utilisées par la première génération de véhicules automatisés. Le coût annuel de mise à jour d'une telle cartographie peut être estimé, en première approche, à 5 M€ pour le RRN non concédé et 4 M€ pour le RRN concédé ».

Dans ces conditions, se pose la question de l'utilité d'une cartographie fabriquée par le gestionnaire du réseau ou par un opérateur public et entretenue soit par celui-ci, soit par les véhicules empruntant l'infrastructure concernée et faisant remonter des informations sur l'évolution de celle-ci ou de son environnement. Avec la question complémentaire de savoir si une telle cartographie serait suffisante pour la réalisation des cartographies dynamiques utilisées par Mobileye pour la conduite au niveau L2+ qui permet par exemple d'associer une signalisation à une voie précise sur une route à plusieurs

¹⁴⁵ <https://home.kpmg/fr/fr/home/media/press-releases/2021/05/cloud-europeen-marche-enjeux-economiques.html>

¹⁴⁶ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2018.02.01_rapport_coi.pdf

voies, et, en fonction de l'itinéraire choisi, de lire ainsi le signal routier utile, d'indiquer précisément à quel endroit le véhicule doit s'arrêter lorsqu'il entre dans un carrefour ou d'adapter sa vitesse à l'entrée d'un virage en fonction de sa courbure ? Cette solution préserverait les droits des gestionnaires routiers sur les données concernant leurs réseaux. Cependant, compte tenu d'un modèle économique incertain, elle n'a pas encore été mise en œuvre et ne le sera vraisemblablement pas pour la première génération de véhicules automatisés.

Dès lors, un grand nombre d'acteurs soulignent l'intérêt d'acheter les cartes de *Here* ou de *Tomtom* même si, lorsqu'un constructeur cherche à faire rouler un véhicule de manière autonome (niveau 4) dans une zone restreinte, l'une de ses premières tâches consiste à recréer une cartographie de l'environnement adaptée à ses besoins.

Le modèle économique de la cartographie haute définition hésite ainsi entre l'achat des données à des entreprises privées, la mise à disposition de ces données, enrichies (ou non) par le retour des usagers de la route, par les gestionnaires de réseaux, par un organisme public ou par les collectivités correspondantes, et la constitution de cartographies propres à chaque constructeur (notamment pour les véhicules de niveau 4 roulant sur un périmètre limité). Hormis peut-être le cas spécifique des navettes autonomes qui circulent sur un parcours parfaitement défini et qui utilisent leurs données, il serait souhaitable que le format de ces données soit standardisé pour qu'il puisse être lu par l'ensemble des véhicules.

3.3 L'Union européenne bénéficie d'un excellent écosystème mais prend du retard dans un certain nombre de domaines

Il est très difficile de pouvoir comparer entre elles les technologies des véhicules automatisés et connectés, voire autonomes, entre eux.

Les accidents graves voire mortels rencontrés par certaines marques montrent à un moment donné que le logiciel correspond présente un certain nombre d'insuffisances : Uber qui avait été à l'origine de la mort d'un passant renversé par l'un de ses véhicules a vendu depuis la division qui développait ce système et a donc arrêté son activité. A l'inverse, Tesla, qui a connu plusieurs accidents mortels, procède très régulièrement à des modifications de son système ;

Faute de mieux, nous disposons néanmoins de trois sources d'informations : a) les concours organisés par un certain nombre de pays pour tester les performances des véhicules, b) le comportement des véhicules en Californie, c) les dépôts de brevet, et les tests menés par certaines entreprises.

3.3.1 Les navettes publiques : l'excellence fragile de l'écosystème européen

En 2019, en parallèle du Dubai World Congress for self-driving Transport, congrès mondial du transport autonome, l'Autorité des Transports routiers (RTA) de Dubaï a organisé un Concours mondial du véhicule et du transport autonome. Pour les navettes publiques, les trois prix ont été attribués¹⁴⁷ :

- à Gaussin dans la catégorie « *Best Energy and Environmental Sustainability* » avec son nouveau bus autonome et 100% électrique « e-AB »¹⁴⁸ ;
- et à Navya dans les deux autres catégories *Best durability and reliability* et *Best customers' experience*.

Les véhicules devaient notamment circuler sur une piste d'essais comprenant un certain nombre de

¹⁴⁷ <https://www.businesswire.com/news/home/20191015006107/en/Dubai-World-Challenge-for-Self-Driving-Transport-Winners-Announced-for-Prizes-Worth-USD-5.1-Million>

¹⁴⁸ <https://trm24.fr/gaussin-remporte-le-concours-mondial-du-transport-autonome/>

difficultés¹⁴⁹.

Cependant, en avril 2021, l'Autorité des Transports routiers (RTA) de Dubaï a signé un contrat de déploiement exclusif de robots taxis et de services de véhicules autonomes (niveau 4) avec GM et Cruise¹⁵⁰. Les premiers véhicules devraient circuler en 2023. Cruise évoque le chiffre de 4 000 robots-taxis en 2030

3.3.2 La Chine et les États-Unis font la course en tête en Californie

Le nombre moyen de kilomètres parcourus par un véhicule automatisé et connecté sans reprise en main par le conducteur est un critère extrêmement instructif. Ces chiffres sont publiés dans le courant du premier trimestre de chaque année et portent sur l'ensemble des véhicules autorisés à fonctionner en mode autonome dans cet état.

C'est naturellement un chiffre extrêmement trompeur puisqu'il va additionner des kilomètres effectués en ville (ce qui induit probablement des désengagements fréquents) et sur autoroute (où la distance parcourue sans problème sera nettement plus élevée). Il faut donc s'attacher aux ordres de grandeur plutôt qu'aux chiffres en eux-mêmes.

Plusieurs enseignements peuvent en être tirés :

- a) Avec près de 50 000 km parcourus, Waymo et Cruise arrivent en tête, mais ces chiffres sont très loin de la fiabilité nécessaire pour pouvoir déployer des véhicules autonomes : en prenant ces chiffres, une flotte de 1 000 taxis connaîtrait un accident sérieux tous les 50 kilomètres !
- b) Même s'ils ont loin de suffire, ces chiffres sont en progression constante comme le montre le tableau ci-dessous qui donne pour les quatre marques les plus performantes, le nombre de kilomètres parcourus sans reprise en main, et l'évolution de ces valeurs d'une année sur l'autre :

¹⁴⁹ Tests carried included stopping at bus stops, forced stop, overtaking a stopping vehicle, overtaking a bike, and dealing with various traffic scenarios such as signals, pedestrian crossing, road works, and sand on road. Tests also covered negotiating a roundabout, handling of humps, rains and high-speed turns

¹⁵⁰ <https://www.cnn.com/2021/04/12/gm-backed-cruise-to-expand-self-driving-operations-to-dubai-in-2023.html>

California DMV AV Disengagement Trends						
Company	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Waymo: Miles (000)	424	635	363	1271	1454	628
Waymo: Miles/Disengagements (000)	1.2	5.1	5.6	11.1	13.2	29.9
Waymo: Miles/Disengagements Growth		325%	10%	98%	19%	126%
Cruise: Miles (000)		10	132	447	831	770
Cruise: Miles/Disengagements (000)		0.054	1.25	5.2	12.2	28.5
Cruise: Miles/Disengagements Growth			2,215%	316%	135%	134%
Zoox: Miles (000)			4	31	67	103
Zoox: Miles/Disengagements (000)			0.28	1.9	1.6	1.63
Zoox: Miles/Disengagements Growth				679%	-16%	2%
Pony.ai: Miles (000)				16	175	225
Pony.ai: Miles/Disengagements (000)				1.0	1.6	10.7
Pony.ai: Miles/Disengagements Growth					60%	569%
AutoX: Miles (000)				23	32	41
AutoX: Miles/Disengagements (000)				0.19	10.7	20.4
AutoX: Miles/Disengagements Growth					5,500%	91%
Nuro: Miles (000)				25	69	55
Nuro: Miles/Disengagements (000)				1.0	2.0	5.0
Nuro: Miles/Disengagements Growth					100%	150%
WeRide: Miles (000)				15	6	13
WeRide: Miles/Disengagements (000)				0.17	0.15	6.5
WeRide: Miles/Disengagements Growth					-12%	4,233%

Data Source: California DMV; Table Source: Egil Juliussen, February 2021

Figure 11 : l'évolution du nombre moyen de kilomètres parcourus sans reprise en main par le conducteur¹⁵¹

S'ils avaient été présents, d'autres constructeurs, tels Motional (qui regroupe Hyundai et Aptiv), Baidu et l'entreprise russe Yandex (qui a parcouru déjà plus de dix millions de kilomètres, y compris dans les conditions difficiles de l'hiver moscovite !) auraient probablement occupé une place favorable dans ce classement.

- c) La Chine Zoox, Pony ai, AutoX, Weride) et les Etats-Unis (Waymo, Cruise, Nuro) se partagent les dix premières places dans ce classement. Les marques européennes ne sont pas présentes dans ce classement : la distance parcourue par Mercedes et BMW est inférieure à 100 km, comme le montre le tableau suivant.

Baidu n'était pas présent dans le classement 2021. Néanmoins en 2019 les six véhicules présents avaient effectué près de 180 000 km pour seulement six reprises en main (avec la question naturellement des parcours effectués, urbain ou autoroutier).

¹⁵¹ Auteur Egil Juliussen, <https://www.eetimes.com/california-dmv-data-shows-autonomous-vehicles-improving/#>

California DMV AV Disengagement Summary: 2020					
Company	Test Miles	Disengagements	Miles/Disengagements	AVs Used	Total AVs
Almotive	2,987	113	26	3	3
Apple	18,805	130	145	29	69
Argo AI	21,037	2	10,519	5	14
Atlas Robotics	47	10	4.7	1	1
Aurora Innovation	12,201	37	330	12	12
AutoX Technologies	40,734	2	20,367	6	8
BMW-North America	122	3	41	1	5
Cruise	770,049	27	28,520	137	137
Deeproute.ai	10,018	3	3,339	2	2
DiDi Research America	10,401	2	5,201	12	12
EasyMile	424	128	3.3	1	1
Gatik AI	2,352	11	214	3	3
Lyft	32,731	123	266	19	19
Mercedes Benz R&D NA	29,984	1,167	26	10	10
Nissan North America	395	4	99	2	4
Nuro	55,370	11	5,034	20	20
NVIDIA	3,033	125	24	7	7
PONY AI	225,496	21	10,738	24	29
Qcraft	7,582	16	474	1	1
QUALCOMM	1,727	90	19	3	3
Ridecell	148	189	0.8	1	1
SF Motors	875	61	14	2	2
Telenav	4	2	2.0	1	1
Toyota Research Institute	2,875	1,215	2.4	7	7
Udelv	66	49	1.3	1	2
Valeo North America	49	99	0.5	1	2
Waymo	628,839	21	29,945	144	239
WeRide	13,014	2	6,507	7	9
Zoox	102,521	63	1,627	45	45
All companies	1,993,886	3,726	535	507	668
Data Source: California DMV; Table Source: Egil Juliussen, February 2021					

Figure 12 : les distances parcourues en 2020 par les différents modèles présents en Californie.

L'étude menée par l'UTAC-CERAM et la Fondation MAIF¹⁵² en 2018 sur les véhicules réputés être les plus performants du marché en matière de conduite automatisé (niveau L2) (Volvo, BMW, Tesla, Mercedes, Audi) avait également montré que ces véhicules bénéficiaient d'assistance à la conduite extrêmement performants, mais qu'ils étaient encore très loin d'une véritable autonomie : leur conduite pouvait être perturbée par les conditions météorologiques, leur compréhension de la signalisation routière (panneaux stop, panneaux de priorité, feux tricolores, carrefours giratoires...) n'était pas suffisante, les demandes de reprise en main du conducteur pouvaient être tardives, sinon erratiques ...

¹⁵² <https://www.fondation-maif.fr/article-10-881.html>

3.3.3 Un retard français dans les dépôts de brevets malgré le dynamisme européen.

TOP-10-Unternehmen für autonome Fahrzeuge

Zahl der Patente von Januar 2010 bis Juli 2017

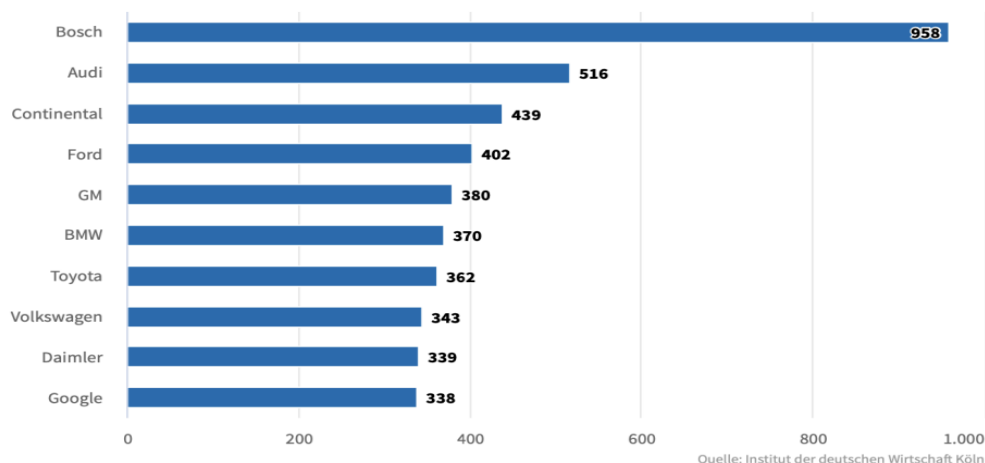


Figure 13 le classement des entreprises par le nombre de brevets déposés dans le domaine du véhicule autonome¹⁵³

Une autre manière d'approcher l'effort industriel des pays consiste à comptabiliser les brevets déposés par les entreprises. Là encore, on retrouve les États-Unis, mais cette fois, c'est l'Allemagne qui est en tête, avec la présence également du japonais Toyota. En 2017, l'Europe avait le plus grand nombre de demandes de brevets dans le domaine de CCAM, devançant ainsi les États-Unis, le Japon et la Chine.

Les Français sont absents de ce classement ce qui confirme l'idée selon laquelle la recherche française est moins présente (ou dépose moins de brevets).

Ceci rejoint l'appel pressant de France Brevets sur la nécessité de protéger les brevets français.

Recommandation 12. Accompagner dans la protection de la propriété intellectuelle les petites entreprises françaises en pointe sur des éléments du puzzle technologique nécessaire à la conduite autonome de niveau 4

3.4 Ce retard nécessite un renforcement des coopérations industrielles et financières à l'échelle européenne

Dans leur rapport¹⁵⁴ de février 2019 sur l'attractivité et la compétitivité de la France dans l'automobile, Patrick Pelata et Xavier Mosquet soulignaient que la France disposait d'acteurs bien positionnés sur certaines briques technologiques utiles, par exemple Valeo pour les capteurs, mais que les constructeurs automobiles français étaient en retard par rapport aux acteurs leaders pour le

¹⁵³ https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2017/356331/IW-Kurzbericht_55_2017_Patente_autonomeAutos.pdf

¹⁵⁴ Mission sur la filière automobile : Renforcer l'attractivité et la compétitivité de la France dans l'automobile et la mobilité de demain, Xavier Mosquet, Patrick Pelata, février 2019, https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cge/filiere-automobile_0.pdf

développement de la technologie du véhicule autonome et que l'encouragement au développement d'une technologie de véhicule autonome française ou européenne devait donc être un des axes clés d'une politique industrielle en faveur de l'automobile pour les prochaines années. Ils proposaient donc de mutualiser les efforts dans un certain nombre de domaines. De la même façon, les paragraphes précédents montrent clairement la très grande qualité de l'écosystème français et européen du véhicule automatisé et connecté, mais ils permettent également de mettre en lumière le retard de l'industrie européenne dans un certain nombre de domaines et la nécessité de mutualiser les efforts. Cette mutualisation devrait non seulement rendre plus accessible le coût de développement de ces technologies, mais aussi de partager les risques correspondants.

Au-delà des efforts de recherche, le renforcement des coopérations européennes pourrait apporter un plus dans cinq domaines :

- la prise en compte de l'éthique dans le développement du véhicule autonome : à la demande de la Haute responsable de la stratégie de développement des véhicules automatisés, le Comité national pilote d'éthique sur le numérique a publié un avis intitulé : *Le « Véhicule Autonome » : Enjeux d'éthique*¹⁵⁵. Cette étude extrêmement approfondie et pleine de richesse rejoint ainsi les vingt règles éthiques du comité d'éthique spécifiquement mis en place par le ministère allemand des transports et des infrastructures numériques au sujet de la conduite automatisée et connectée¹⁵⁶ ainsi que les 20 recommandations du rapport du groupe d'experts mandaté par la Commission européenne relativement à l'éthique des véhicules connectés et automatisés¹⁵⁷. La discussion avec les rapporteurs de cet avis a montré l'intérêt qu'il pourrait y avoir à organiser une journée d'échanges et de débats sur les règles d'éthique relatives aux véhicules automatisés, à retenir dans l'ensemble de l'Union européenne ;
- l'Europe n'a pas aujourd'hui de terrain d'expérimentation des véhicules automatisés à l'échelle de la Californie. Dans son rapport *Gear 2030*¹⁵⁸, le groupe de haut niveau sur la compétitivité et la croissance durable de l'industrie automobile dans l'Union européenne a pris position en faveur de la création d'expérimentations sur route ouverte à grande échelle, Patrick Pelata dans un entretien avec la mission s'est prononcé pour un site pilote à l'échelle. Dans ces conditions, il pourrait être créé dans les pays volontaires des zones étendues (en accord avec l'ensemble des collectivités concernées) et jumelées pour permettre l'expérimentation de ces véhicules à une large échelle dans plusieurs pays différents. En France, des zones de la taille d'un département pourraient ainsi être retenues ;
- le développement de l'architecture électronique et électrique du véhicule devrait représenter des milliards d'euros que chaque constructeur peut chercher à supporter seul, mais qui, dans un contexte déjà dominé par les financements nécessaires à la transition énergétique peuvent donner lieu également à des regroupements de façon à partager les risques et les dépenses, et à développer des productions plus importantes des composants concernés de façon à diminuer le coût pour les clients. Une première coopération est nécessaire pour définir les principes sur lesquels pourrait s'appuyer cette architecture ;
- pour que le développement des navettes publiques autonomes puisse parvenir à la création de

¹⁵⁵ <https://www.ccne-ethique.fr/fr/actualites/cnpn-le-vehicule-autonome-enjeux-dethique>

¹⁵⁶ Ethics Commission Automated and Connected Driving – Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, June 2017, https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/report-ethics-commission.pdf?__blob=publicationFile

¹⁵⁷ *Horizon 2020 Commission Expert Group to advise on specific ethical issues raised by driverless mobility (E03659).*

Ethics of Connected and Automated Vehicles: recommendations on road safety, privacy, fairness, explainability and responsibility. 2020. Publication Office of the European Union: Luxembourg.

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/ethics_of_connected_and_automated_vehicles_report.pdf

¹⁵⁸ https://ec.europa.eu/growth/content/high-level-group-gear-2030-report-on-automotive-competitiveness-and-sustainability_en

véritables service de transport, il est nécessaire de retirer l'opérateur actuellement présent à bord et d'augmenter la vitesse des véhicules. Il est également nécessaire que ces engins puissent réellement bénéficier du marché intérieur européen et d'une réglementation valable à l'échelle de l'Union européenne.

Recommandation 13. Renforcer les coopérations à l'échelle européenne pour :

a) débattre, notamment lors de la présidence française, des règles d'éthique qui pourraient s'appliquer dans l'ensemble de l'Union européenne aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules autonomes ;

c) définir les principes sur lesquels pourraient s'appuyer l'architecture électrique et électronique et créer non seulement la partie collaborative du software mais aussi certaines composantes du hardware ;

d) favoriser la mise en place de partenariats européens destinées à développer des navettes autonomes de niveau quatre pouvant être mises en service dans l'ensemble de l'Union européenne ;

d) créer dans plusieurs pays européens des zones jumelées et étendues d'expérimentation des véhicules automatisées et autonomes et favoriser l'expérimentation de véhicules dans l'ensemble de ces zones.

- la mise en commun des données de roulage et la création d'un outil de simulation qualifié afin d'identifier des scénarios critiques (ou non), et de pouvoir simuler non seulement des scénarios reproduisant la réalité observée mais aussi de nouveaux scénarios critiques fictifs constituent un élément essentiel non seulement de l'apprentissage des futurs véhicules automatisés et autonomes mais aussi des tests pour valider l'intelligence artificielle d'un véhicule. La mise en place d'un tel outil, et sa qualification, intéressent non seulement les constructeurs, mais aussi les administrations et les organismes chargés d'homologuer et d'autoriser les véhicules correspondants. Elle pourrait donc faire l'objet d'une large coopération entre les acteurs publics et privés concernés par le développement du véhicule autonome. Cette action mérite ainsi d'être positionné comme une recommandation à part entière et en tête : au-delà même du simple outil, c'est un véritable éco-système de simulation qu'il faut promouvoir afin non seulement de jouer des scénarios, mais aussi de générer des données d'entraînement (data synthétiques) le cas échéant naturellement annotées, et de réaliser des études statistiques de performances (notamment SOTIF) pouvant être intégrées au dossier d'homologation. C'est ainsi une étape fondamentale dans l'avènement du véhicule automatisé et autonome quel que soit le niveau et le type d'algorithmes.

Recommandation 14. Partager les données de roulage et créer un outil de simulation qualifié qui puisse servir à la fois à l'entraînement des systèmes automatisés mais aussi à les tester.

4 La stratégie européenne de développement du véhicule autonome

Ce chapitre présente tout d'abord les stratégies européennes de développement des véhicules automatisés et autonomes mises en œuvre par la Commission, sous la présidence de Jean Claude Juncker, puis d'Ursula von der Leyen. Il analyse ensuite plus en détail le projet phare de recherche de la Commission, dans le cadre du programme Horizon Europe, pour la mobilité coopérative, connectée et automatisée, le projet C-CAM. Il présente enfin ce que pourrait être un projet important d'intérêt commun européen pour les véhicules automatisés et connectés ainsi que pour les véhicules autonomes ;

Sous la présidence des Pays-Bas, les États-membres de l'Union ont signé en avril 2016 la déclaration d'Amsterdam¹⁵⁹ relative à la coopération sur les véhicules connectés et automatisés. Celle-ci fixait une liste d'objectifs partagés pour le développement de la mobilité connectée et automatisée, un agenda commun, et une liste de projets partagée entre les États-membres et la Commission. Elle sera suivie un an plus tard d'une lettre d'engagement des États-membres¹⁶⁰ de mener des opérations de démonstration à grande échelle. Cette déclaration traduisait leur volonté de surmonter les divergences nationales pour développer ensemble les véhicules automatisés et connectés

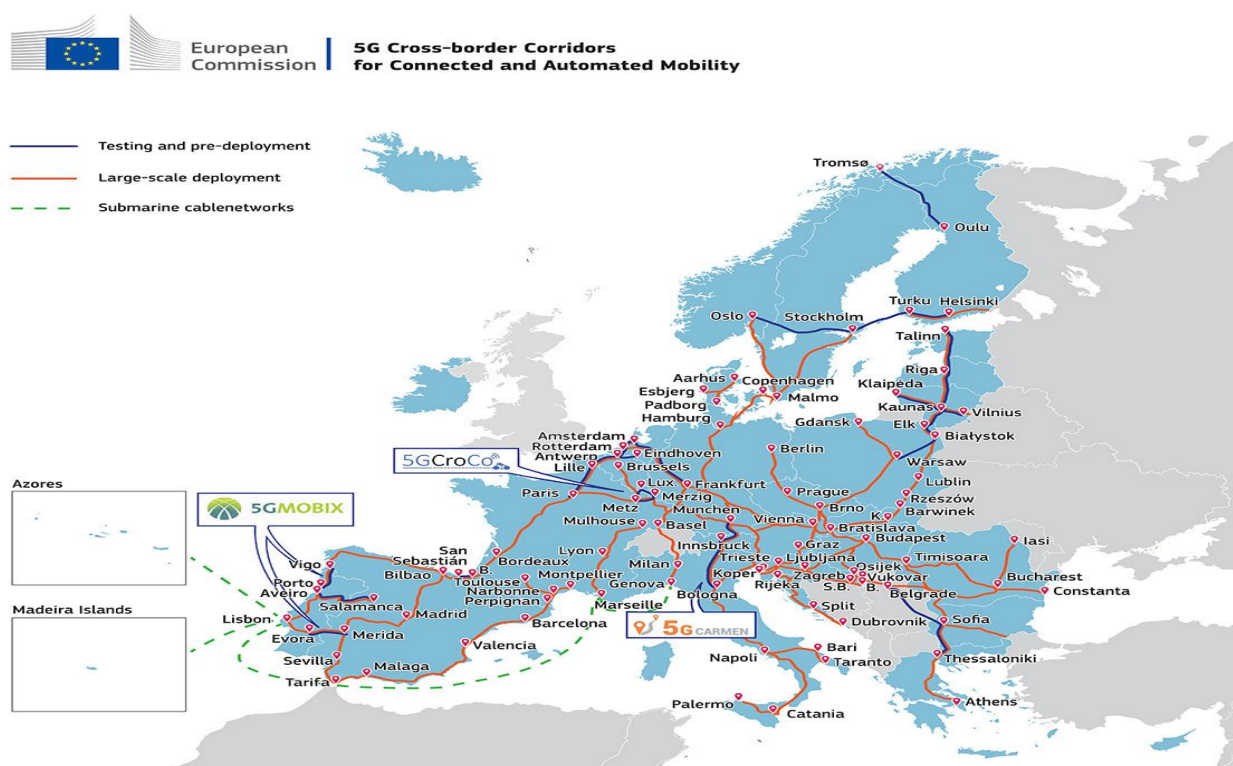


Figure 14 : Corridors transfrontaliers pour mobilité automatisée et connectée¹⁶¹

¹⁵⁹ Declaration of Amsterdam "Cooperation in the field of connected and automated driving", avril 2016, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/04/29/declaration-of-amsterdam-cooperation-in-the-field-of-connected-and-automated-driving>

¹⁶⁰ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/04/29/declaration-of-amsterdam-cooperation-in-the-field-of-connected-and-automated-driving>

¹⁶¹ Source : <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cross-border-corridors>

Ces documents demandent notamment à la Commission de produire une stratégie de développement de la mobilité connectée et automatisée et de mettre en place des corridors transfrontaliers d'expérimentations (permettant également de favoriser le déploiement de la 5G) : ainsi, début 2017, la France et l'Allemagne s'engageaient sur la réalisation d'un corridor transfrontalier entre la Lorraine et la Sarre, et l'Union européenne soutenait 3 projets permettant de lancer des expérimentations à l'aide de la 5G sur plus de 1000 km d'autoroutes et quatre corridors transfrontaliers : Metz-Merzig-Luxembourg (5G Croco), Munich-Bologne via the Brenner Pass (5G Carmen), et enfin Porto-Vigo and Evora-Merida (5G Mobix), tous deux entre l'Espagne et le Portugal. La carte ci-dessus montre que cette initiative concerne désormais une dizaine de corridors.

À cette époque, l'arrivée des premiers véhicules autonomes était encore attendue pour le début de la décennie suivante : Renault ne faisait pas exception en affichant en 2016 son soutien à la déclaration européenne d'Amsterdam en faveur du véhicule autonome et son intention d'introduire d'ici à 2020 des véhicules équipés de fonctions de conduite autonome « *single lane control* » sur autoroute, pour devenir après 2020 et en toute sécurité, le premier constructeur généraliste à offrir une technologie « *eyes off/ hands off* » sur des voitures grand public et à des prix abordables.

4.1 La stratégie européenne de soutien au développement du véhicule autonome de la Commission sous la présidence, 2014-2019, de Jean-Claude Juncker

Comme le soulignait déjà la déclaration d'Amsterdam, le développement du véhicule autonome se situe au croisement de trois mondes différents qui connaissent de fortes évolutions :

- celui de l'intelligence artificielle ;
- celui du numérique et des télécommunications ;
- et celui enfin, plus classique, du transport et du monde automobile.

4.1.1 La stratégie européenne de développement du véhicule autonome

Comme le prévoyait la déclaration d'Amsterdam, la Commission a publié en mai 2018, une stratégie de développement de la mobilité connectée et automatisée à travers sa communication intitulée : *En route vers la mobilité automatisée : une stratégie de l'UE pour la mobilité du futur*¹⁶², qui cherche à définir une approche globale de la mobilité connectée et automatisée et un agenda européen..

L'ambition clairement affichée consiste à « faire de l'Europe un leader mondial en ce qui concerne la mobilité connectée et automatisée, à franchir un pas décisif en Europe en abaissant le nombre de victimes de la route, en réduisant les émissions nocives des transports et en réduisant la congestion. Le déploiement de la mobilité sans conducteur – lorsqu'elle sera entièrement intégrée dans l'ensemble du système de transport et accompagnée des mesures de soutien adéquates et de synergies entre la mobilité sans conducteur et les mesures relatives à la décarbonisation – devrait contribuer de manière significative à atteindre ces objectifs sociétaux majeurs. À terme, cela devrait aboutir à la réalisation de la « Vision Zéro », c'est-à-dire plus aucune victime sur les routes européennes d'ici 2050 ».

La commission a cherché, dans cette stratégie, à identifier les cas de développement des véhicules autonomes qui lui semblaient le plus pertinents :

- « Des voitures particulières et des camions capables de gérer de façon autonome des situations spécifiques sur la route (niveaux d'automatisation 3 et 4) devraient être disponibles d'ici 2020 (en particulier pour la conduite sur autoroute de voitures et de camions et pour la circulation

¹⁶² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0283&from=ES>

de camions en peloton) ;

- Des voitures et des camions capables de gérer certaines situations à basse vitesse pourraient circuler dans les villes d'ici 2020, notamment des bennes à ordures (en combinaison avec des travailleurs humains) ou des véhicules avec service de voiturier intégré (véhicules allant se garer tout seuls dans un espace de stationnement) ;
- Dans les transports publics, des véhicules capables de faire face à un nombre limité de situations de conduite à basse vitesse ¹⁶³ (niveau d'automatisation 4) devraient être disponibles d'ici 2020 (notamment des navettes urbaines pour des parcours spécifiques, des petits véhicules de livraison et de transport de personnes). Ceux-ci nécessiteront probablement encore une supervision et/ou fonctionneront sur une distance très courte. Le nombre de situations que ces véhicules seront capables de gérer augmentera ensuite avec le temps (par exemple, un temps de fonctionnement plus long ou une distance plus longue sans supervision humaine, une vitesse plus élevée) ».

Elle souligne qu'à moyen terme, la connectivité sera un facteur majeur favorisant l'introduction de véhicules sans conducteur : elle retient donc une approche intégrée entre l'automatisation et la connectivité des véhicules.

Elle liste ensuite les principaux dispositifs d'aides qu'elle met en place pour promouvoir la mobilité automatisée :

- Le programme cadre pour la recherche et l'innovation Horizon 2020 : un budget total d'environ 300 millions d'euros a été alloué dans ce cadre pour les véhicules automatisés. La moitié a été apportée par des appels d'offres lancés en 2016-2017 et 130 millions devaient y être consacrés de 2018 à 2020. « Ces appels mettent l'accent sur des projets pilotes de démonstration à grande échelle visant à tester des systèmes de conduite hautement automatisés pour les voitures particulières, des opérations de transports de fret efficaces et des services de mobilité partagée dans les zones urbaines. D'autres projets de recherche concernent l'acceptation des utilisateurs, la conception d'une interface sûre homme-machine, l'infrastructure routière adaptée à l'automatisation et les procédures d'essai et de validation des fonctions de conduite automatisée. De plus, la Commission apportera son soutien en 2018 à l'essai de l'utilisation de la connectivité 5G afin de permettre des fonctions de conduite hautement automatisées et de nouveaux services de mobilité, pour un budget total d'environ 50 millions d'euros ». Elle cite notamment les trois projets suivants :
 - Le projet ENSEMBLE (*ENabling Safe Multi-Brand platooning for Europe*), débuté à l'été 2018, a pour but de faire circuler ensemble en peloton des camions de marques différentes. Ce projet se poursuit dans le cadre d'Horizon 2020 ;
 - Le projet L3PILOT (*Piloting Automated Driving on European Roads*), lancé en septembre 2017, bénéficiant d'un financement de l'UE de 36 millions d'euros, teste un large éventail de fonctions de conduites automatisées différentes pour les voitures particulières ; coordonné par Volkswagen, il associe de nombreux constructeurs européens (dont Renault et PSA) ;
 - Le projet AUTOPILOT (*AUTOMated driving Progressed by Internet Of Things*) met l'accent sur la connectivité des véhicules automatisés afin de permettre l'émergence d'écosystèmes connectés supportés par des technologies et plateformes ouvertes et le développement d'expérimentations transfrontalières de véhicules connectés
- Le mécanisme pour l'interconnexion en Europe : 443 millions d'euros, permettant de lever 1,17 milliard d'euros ont contribué à la numérisation de l'infrastructure de transport routier

¹⁶³ Le nombre de situations que ces véhicules seront capables de gérer augmentera ensuite avec le temps (par exemple, un temps de fonctionnement plus long ou une distance plus longue sans supervision humaine, une vitesse plus élevée).

dans toute l'UE. Ce financement, mis en place, en 2018, a pour but de développer une plateforme unique à l'échelle de l'UE regroupant toutes les parties prenantes publiques et privées afin de coordonner les essais sur route ouverte et de faire le lien avec les activités de pré-déploiement. Il doit permettre de livrer gratuitement, d'ici 2019, les services de haute précision initiaux de Galileo, qui seront les premiers services de navigation de ce genre offerts et de préparer d'ici 2019, des lignes directrices pour l'utilisation optimisée des services avancés (c'est-à-dire haute précision, robustesse, authentification des positions) offerts par les systèmes de navigation satellitaire de l'UE, EGNOS/Galileo, et leur inclusion

La stratégie insiste ensuite sur :

- Le développement du marché intérieur afin de favoriser l'adoption de la mobilité en toute sécurité ce qui la conduit à mettre en avant trois axes :
 - Le renforcement de l'innovation : l'article 39 du nouveau règlement¹⁶⁴ 2018/858 relatif à la réception et à la surveillance du marché des véhicules à moteur et de leurs remorques, ainsi que des systèmes, composants et entités techniques distinctes destinés à ces véhicules permet déjà aux États-Membres d'homologuer sur leur territoire des véhicules innovants. La Commission a publié en février 2019 un guide méthodologique¹⁶⁵ afin de donner des indications aux États-membres pour mener à bien l'approbation relatifs à ces homologations ;
 - La sûreté de la conduite automatisée : ce qui la conduit à vouloir intensifier la coordination avec les États membres concernant les règles de circulation (par exemple, les conventions de Genève et de Vienne) de telle sorte qu'il soit possible de les adapter à la mobilité automatisée de façon harmonisée et à envisager l'adoption d'un règlement délégué au titre de la directive sur les systèmes de transport intelligents pour assurer des communications sécurisées et fiables entre les véhicules et l'infrastructure, un niveau de protection des données suffisant, en conformité avec le règlement général sur la protection des données et l'interopérabilité des messages pour les services en rapport avec la sécurité et de gestion de la circulation ;
 - Les questions de responsabilité ce qui la conduit à recommander l'introduction dans les véhicules automatisés d'enregistreurs de données pour clarifier qui conduisait (le système autonome ou le conducteur) lors d'un accident et à proposer de réglementer les enregistreurs de données pour véhicules automatisés ;
 - Le renforcement de la connectivité des véhicules pour l'automatisation ce qui la conduit à proposer de suivre une approche technologiquement neutre et de réglementer la circulation en peloton ;
 - Le renforcement de la cybersécurité de la protection des données et de l'accès aux données ce qui la conduit à proposer de réglementer la protection des véhicules contre les cyberattaques.
- L'anticipation des effets de la mobilité automatisée sur la société et sur l'économie.

4.1.2 La stratégie de développement numérique

La communication de la Commission du 30 novembre 2016, intitulée *Une stratégie européenne relative aux systèmes de transport intelligents coopératifs, jalon d'une mobilité coopérative, connectée et automatisée*, souligne que dans le domaine des télécommunications, les technologies évoluent rapidement, que les secteurs public et privé investissent des montants considérables dans le

¹⁶⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0858&from=fr>

¹⁶⁵ *Guidelines on the exemption procedure for the EU approval of automated vehicles*, Guidelines approuvés en février 2019, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/34802>

développement et l'essai de technologies de systèmes de transport intelligents coopératifs, STI-C. Elle en déduit qu'il existe un risque qu'en l'absence de cadre au niveau européen, l'interopérabilité à l'échelle de l'Union ne puisse être assurée à temps, ce qui pénaliserait l'industrie européenne et le déploiement du véhicule automatisé connecté en Europe.

Dans cette communication, elle cherche donc à proposer une stratégie de l'Union en vue du déploiement coordonné des STI-C afin d'éviter une fragmentation du marché intérieur dans le domaine des STI-C et de créer des synergies entre différentes initiatives. Elle aborde également un certain nombre de questions importantes, dont la cybersécurité et la protection des données (deux aspects primordiaux pour l'acceptation de ces technologies par l'opinion publique) ainsi que l'interopérabilité, et recommande des mesures à différents niveaux pour respecter l'échéance de 2019.

Enfin de mandat, en mars 2019, la Commission européenne a proposé comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent un projet de règlement délégué pour autoriser le déploiement de la technologie ITS-G5. Celui-ci n'a pas été retenu pour les États membres qui ont préféré rester neutres sur le plan technologique et ne pas arbitrer entre ITS-5G et C-V2X.

4.1.3 Le développement de l'industrie automobile européenne

En 2015, la Commission a créé un groupe de haut niveau chargé de réfléchir à l'avenir du secteur automobile, GEAR 2030 (*High Level Group on the Competitiveness and Sustainable Growth of the Automotive Industry in the European Union*) : celui-ci a rendu ses travaux en octobre 2017¹⁶⁶ en consacrant un chapitre de son rapport au développement du véhicule autonome.

Ses conclusions principales sur ce point en sont les suivantes : « le groupe à haut niveau insiste sur la nécessité pour l'Union européenne de se doter d'une stratégie partagée de développement des véhicules automatisés et connectés ainsi que le recommande la déclaration d'Amsterdam du 14 avril 2016. Ces technologies apparaissent déjà sur le marché européen conformément à une tendance mondiale et représentent des défis et des opportunités pour la compétitivité de l'UE ainsi que pour ses politiques. L'intervention et la coordination de l'Union européenne sont en particulier nécessaires pour bénéficier pleinement des expérimentations à grande échelle et des programmes de recherche et de financement menés aussi bien à l'échelle de l'Union européenne qu'à celle des États-membres. Une planification stratégique ainsi que des partenariats public-privé pourraient contribuer à ce résultat. Comme ces véhicules vont prendre en charge certaines des tâches réalisées par les conducteurs, il est nécessaire de développer des règles sur l'enregistrement des données (boîtes noires) et sur les règles d'accès aux données associées. Les tâches attendues du conducteur et les performances de ces véhicules doivent également être réglementées dans les règles de circulation et dans celles relatives aux véhicules de manière cohérente entre les niveaux européens et nationaux et avec les responsabilités de chacun d'entre eux. Ceci nécessite une nouvelle approche dans l'homologation des véhicules. Le cadre européen devrait encourager les investissements nécessaires à la connectivité à la fois dans les véhicules et dans l'infrastructure. Enfin, l'impact à long terme de véhicules de plus en plus automatisés et connectés sur les emplois et les questions éthiques en particulier devrait être évalué, discuté et inclus dans les politiques européennes globales (par exemple, dans les transports, le développement régional, l'emploi et les compétences) pour permettre l'adhésion des citoyens »¹⁶⁷.

Le rapport souligne également plusieurs points intéressants :

- il ne faut pas s'attendre, selon les participants à ce rapport, à voir circuler des véhicules capables de façon totalement autonome de porte à porte avant au mieux 2030 (sauf peut-être pour des phases de test) ;

¹⁶⁶ <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/26081>

¹⁶⁷ Ibidem, traduction du rédacteur.

- le groupe considère souhaitable la mise en place d'un point d'entrée unique au sein de la commission pour mieux coordonner les expériences de circulation sur route ouverte traversant les frontières et pour échanger sur les leçons qui en sont tirées ;
- il estime souhaitable l'installation d'enregistreurs, autrement dit de boîtes noires, notamment pour savoir qui conduisait de l'homme ou de la machine après un accident ;
- il considère que la directive de 2009 (*Motor insurance directive*) permet de dédommager rapidement les victimes et que la directive *Product liability* permet à l'assureur de se retourner vers le fabricant d'une pièce défectueuse.

Il souligne qu'il existait à l'époque du rapport plusieurs sources de financement possibles et qu'il serait nécessaire d'avoir une approche plus coordonnée¹⁶⁸.

Il suggérait que la Commission considère l'intérêt d'un projet important d'intérêt commun européen, PIIEC, pour l'industrialisation du véhicule connecté et automatisé¹⁶⁹.

Ce rapport proposait de plus le développement d'essais sur route ouverte à une large échelle large, la mise en place d'un point focal unique pour l'Union européenne pour les tests et expérimentations sur route, ainsi que l'instauration de spécifications sur le stockage des données numériques (conduisant à mettre en place des boîtes noires) lors de l'homologation d'un véhicule afin d'établir les responsabilités en cas d'accident,

4.2 La stratégie européenne de soutien au développement du véhicule automatisé et connecté de la Commission sous la présidence, 2019-2024, d'Ursula von der Leyen

La présidence d'Ursula von der Leyen restera incontestablement marquée par son engagement dans la lutte contre le changement climatique avec l'objectif affiché d'une neutralité carbone à 2050, l'adoption d'un objectif de réduction de - 55 % à 2030 (contre 40 % auparavant) et l'adoption du pacte vert en décembre 2019.

Le développement du véhicule autonome reste cependant une priorité clairement affichée dont les avancées résultent de plusieurs approches :

- celle des transports avec la parution de *La stratégie de mobilité durable et intelligente* en décembre 2020 ;
- celle de l'intelligence artificielle avec la parution en février 2020 du livre blanc de la Commission sur l'intelligence artificielle, la consultation publique associée et la publication en avril 2021 des projets de textes réglementaires ;
- celle du numérique avec la création d'un cloud européen et la publication, en mars 2021, du programme pour une Europe numérique 2021-2027 ;

¹⁶⁸ « The analysis has shown that there is a strong need for a coordinated approach and priority setting for funding research, demonstration and deployment activities at European and national levels in order to maximise synergies and avoid fragmentation between different programmes (e.g. Horizon 2020, Connecting Europe facility).

¹⁶⁹ « Finally, with regard to the industrialisation phase, the European Commission may consider an Important Project of Common European Interest (IPCEI) for connected and automated driving (CAD). This instrument could facilitate Member States, EU and industry to co-finance a large scale comprehensive project or project portfolio to develop, deploy and realize CAD in Europe. Member States and industry should define which topics and priorities should be addressed by this IPCEI, in order to produce concrete and useful deliverables that could accelerate the deployment of CAD in Europe ».

- celle de l'électronique enfin avec la volonté européenne de renforcer son industrie de production de microprocesseurs et de préparer la mise sur le marché d'une nouvelle génération de microprocesseurs.

Trois sources de financement sont envisageables pour les différents segments du véhicule autonome :

- Le programme cadre Horizon UE (qui fait suite à horizon 20/20) avec C-CAM ;
- Le programme pour une Europe numérique ;
- Le mécanisme d'interconnexion.

4.2.1 La stratégie de mobilité durable et intelligente

En décembre 2020, la Commission a publié sa stratégie de mobilité durable et intelligente¹⁷⁰ qui envisage une très forte réduction des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports à l'horizon 2050, mais qui considère également prioritaire le développement d'une mobilité intelligente et résiliente. La Commission réaffirme d'abord l'ambition européenne : *« L'objectif est de faire de l'Europe un chef de file mondial dans le développement et le déploiement des services et systèmes de mobilité connectée, coopérative et automatisée et d'apporter ainsi une contribution significative à la primauté européenne dans le domaine du transport routier sûr et durable »*.

Elle prévoit ensuite de manière opérationnelle :

- la stimulation de la recherche et de l'innovation par la création d'un nouveau partenariat européen dans le cadre d'Horizon Europe¹⁷¹ ;
- la possibilité de confier à une agence existante ou un autre organisme le soin de soutenir le déploiement et la gestion des systèmes de transport intelligents, STI, ainsi que la mobilité connectée et automatisée durable dans toute l'Europe, et de faciliter l'élaboration de règles techniques pertinentes permettant l'utilisation transfrontière de véhicules automatisés¹⁷². Cette possibilité est reprise dans les 82 propositions qui accompagnent et déclinent cette stratégie (proposition 42) : elle pourrait consister à regrouper au sein d'une agence des transports, un certain nombre d'agences existantes, relatives par exemple à la sécurité maritime, ferroviaire ou aérienne, et à lui adjoindre un certain nombre d'autres tâches relatives aux transports terrestres et aux véhicules autonomes ;

¹⁷⁰ COMMUNICATION DE LA COMMISSION AU PARLEMENT EUROPÉEN, AU CONSEIL, AU COMITÉ ÉCONOMIQUE ET SOCIAL EUROPÉEN ET AU COMITÉ DES RÉGIONS : Stratégie de mobilité durable et intelligente – mettre les transports européens sur la voie de l'avenir, 9 décembre 2020, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0789>

¹⁷¹ « L'Europe doit saisir les possibilités offertes par la mobilité connectée, coopérative et automatisée (CCAM). La CCAM peut permettre la mobilité de tous, libérer un temps précieux et améliorer la sécurité routière. La Commission stimulera la recherche et l'innovation, éventuellement grâce à un nouveau partenariat européen sur la CCAM envisagé dans le cadre d'Horizon Europe et au moyen d'autres partenariats axés sur les technologies numériques », Source Ibidem

¹⁷² « La Commission étudiera les possibilités de soutenir davantage les opérations de transport routier sûres, intelligentes et durables dans le cadre d'une agence existante ou d'un autre organisme. Cet organisme pourrait soutenir le déploiement et la gestion des STI ainsi que la mobilité connectée et automatisée durable dans toute l'Europe. Il pourrait faciliter l'élaboration de règles techniques pertinentes, notamment en ce qui concerne l'utilisation transfrontière de véhicules automatisés et le déploiement d'infrastructures de recharge et de ravitaillement, qui devront faire l'objet d'une législation de l'Union et être adoptées par la Commission. De telles règles créeraient à leur tour des synergies entre les États membres », Source Ibidem

- la mise en place d'expérimentations et d'essais en intelligence artificielle pour développer la mobilité intelligente¹⁷³.

4.2.2 L'invention de l'Europe du numérique

Trois éléments marquants de la construction de l'Europe du numérique sont intervenus depuis 2017 : la volonté, sous Présidence allemande, de créer un cloud européen, la mise en place en 2021 d'un programme pour un Europe numérique, ainsi que la volonté de soutenir une filière européenne des microprocesseurs

4.2.2.1 L'affirmation de la souveraineté européenne : la création d'un cloud européen

Début juin 2020¹⁷⁴, les ministres français et allemands de l'Économie, Bruno Le Maire et Peter Altmaier ont lancé le projet de "cloud" européen, dénommé Gaïa-X, qui se veut être une alternative aux géants américains et chinois et ont annoncé que 22 grandes entreprises européennes, 11 allemandes et onze françaises, en faisaient déjà partie.

Ainsi que le Monde le souligne¹⁷⁵, « l'ambition de Gaïa-X est moins de faire émerger un géant mondial du cloud – tant les leaders du marché semblent indétrônables – que d'imposer des bonnes règles de conduite pour favoriser l'adoption de cette technologie et accélérer l'économie de la donnée en Europe, estimée à 400 milliards d'euros en 2019. En adhérant à Gaïa-X, les entreprises s'engagent à respecter des règles contraignantes : déclarer où et comment sont opérées les données qu'elles manipulent, faciliter le passage d'un service de cloud à un autre, permettre l'interopérabilité entre les services, et garantir la souveraineté des données ».

Début juin 2021, Andreas Weiss, directeur d'EuroCloud Allemagne¹⁷⁶, annonçait la conception des premières spécifications des *Gaïa-X Federation Services*, qui doivent fournir les services d'appui permettant aux fournisseurs et aux utilisateurs de se connecter dans des conditions d'interopérabilité et de sécurité juridique et qui constituent, comme le souligne le ministère fédéral allemand de l'Économie et de l'Énergie (BMW i), les fondations d'un écosystème ouvert. Les premiers services devraient être mis à disposition à partir de la fin 2021, dans le but de concurrencer la dominance du cloud américain sur le marché européen.

De plus, en décembre 2020, les gouvernements allemand, espagnol, italien et français ont lancé une procédure de Projet important d'intérêt commun européen relatif à une nouvelle génération d'infrastructures et de services pour le cloud¹⁷⁷.

¹⁷³ « L'intelligence artificielle (IA) devient essentielle pour l'automatisation de tous les modes de transport, qui repose sur les technologies et les composants numériques. La Commission envisage le développement d'un écosystème d'excellence et de confiance dans le domaine de l'IA, qui sera façonné par le financement de la recherche, de l'innovation et du déploiement, dans le cadre du programme Horizon Europe et du programme pour une Europe numérique. Dans ce contexte, la Commission soutiendra les installations d'expérimentation et d'essai en intelligence artificielle en vue de développer la mobilité intelligente dans le cadre du programme pour une Europe numérique », Source : Ibidem

¹⁷⁴ <https://www.lecho.be/economie-politique/europe/general/la-france-et-l-allemande-lancent-gaia-x-un-projet-de-cloud-europeen/10231060.html>

¹⁷⁵ https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/11/20/cloud-europeen-l-alliance-gaia-x-prend-son-envol_6060503_3234.html

¹⁷⁶ <https://www.euractiv.fr/section/economie/news/gaia-x-dateninfrastrukturprojekt-geht-in-die-umsetzungsphase/>

¹⁷⁷ <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/secteurs-d-activite/numerique/ressources/consultations/appel-manifestation-interet-ipcei.pdf>

4.2.2.2 Le programme pour une Europe numérique 2021-2027

Lors de la réunion extraordinaire du Conseil européen d'octobre 2020, les dirigeants de l'UE ont invité la Commission à présenter une "boussole numérique" globale listant les ambitions numériques concrètes de l'UE à l'horizon 2030. La Commission a publié sa proposition en mars de cette année.

En mars 2021, à la suite de la proposition de la Commission, le Conseil européen a adopté un nouveau programme pour une Europe numérique (*Digital Europe programme*) qui ouvre la voie à la transformation numérique de la société et de l'économie européennes et y apporte un soutien, pour le bénéfice des citoyens et des entreprises. Il vise également à accélérer la reprise. Son objectif général est de stimuler la compétitivité de l'Europe et la transition verte vers la neutralité climatique d'ici 2050, ainsi que d'assurer la souveraineté technologique européenne.

Il poursuit de fait les objectifs spécifiques suivants :

- le renforcement des capacités numériques stratégiques de l'UE ;
- un large déploiement des technologies numériques destinées à l'usage des citoyens, entreprises et administrations publiques ;
- un renforcement des investissements dans le calcul de haute performance, l'intelligence artificielle, la cybersécurité et les compétences numériques avancées ;
- une large utilisation des technologies numériques dans l'ensemble de l'économie et de la société.

Il s'inscrit dans une dynamique de complémentarité avec d'autres programmes, du fait de la transversalité des enjeux numériques. Tandis que les sujets ayant trait à la recherche et à l'innovation sont traités sous l'égide d'Horizon Europe, le programme pour une Europe numérique est davantage orienté vers les capacités stratégiques et le déploiement. Il gère les questions relatives au capital humain, alors que les infrastructures sont abordées par le volet numérique du Mécanisme pour l'Interconnexion en Europe. Les aspects numériques sont également un défi important de la politique de cohésion. Enfin, les plans nationaux de relance financés par la Facilité pour la relance et la résilience devront consacrer au moins 20% de leur enveloppe à la transition numérique.

Le programme disposera d'une enveloppe de **7 588 millions d'euros** sur la période 2021-2027¹⁷⁸.

4.2.2.3 Renforcer les capacités européennes au sein des chaînes de valeur numériques stratégiques, et en particulier des microprocesseurs.

Lors de la même réunion extraordinaire du Conseil européen d'octobre 2020, les dirigeants de l'UE ont convenu qu'au moins 20 % des fonds fournis au titre de la facilité pour la reprise et la résilience seraient mis à disposition pour la transition numérique, y compris pour les PME. Associés aux montants prévus au titre du budget de l'UE à long terme, ces fonds devraient contribuer à la réalisation d'objectifs consistant notamment à accélérer le déploiement d'infrastructures de réseau sûres et à très haute capacité, y compris la fibre et la 5G, et à renforcer les capacités au sein des chaînes de valeur numériques stratégiques, notamment les microprocesseurs.

Un premier PIEEC a donc été mis en place dès 2018 pour favoriser le développement de la filière européenne de microprocesseurs. En novembre 2018, la France, l'Allemagne, l'Italie et le Royaume-Uni ont notifié conjointement à la Commission un projet important d'intérêt européen commun, PIEEC, à

¹⁷⁸ Le budget sera réparti de la façon suivante entre les 5 volets : 2,2 M€ pour le calcul à haute performance, 2,1 M€ pour l'intelligence artificielle, 1,6 M€ pour la cybersécurité et la confiance, 0,6 M€ pour les compétences numériques avancées, 1 M€ pour le volet relatif au déploiement, à la meilleure utilisation des capacités numériques et à l'interopérabilité.

l'appui de la recherche et de l'innovation dans le domaine de la microélectronique avec un financement des États de 1,75 Mds€ pour un montant total d'investissement d'environ 6 Mds€. Le projet intégré de recherche et d'innovation prévoyait de faire intervenir 29 participants directs ayant leur siège dans l'UE ou en dehors. Il s'agit, pour la plupart, d'acteurs industriels, mais aussi de deux organismes de recherche, réalisant 40 sous-projets étroitement interconnectés. Bénéficiaire de 130 M€ (sur un montant d'investissement d'environ un milliard d'euros) au titre de cette procédure, Bosch a ainsi ouvert en juin 2021 une usine de production de microprocesseurs à Dresde.

Aujourd'hui, la part des fabricants européens dans la production mondiale est passée de 44 % en 1990 à un maigre 9 % en 2020, indique un rapport de la *Semiconductor Industry Association*¹⁷⁹. Dans sa boussole numérique, en mars 2021, l'Union européenne a adopté un objectif pour la production européenne de semi-conducteurs avancés et durables à 2030 de 20 % de la production mondiale. En mars 2021, les ministres français et allemand de l'Économie ont donc dévoilé d'un nouveau projet importants d'intérêt européen commun (PIIEC) portant sur la microélectronique afin de renforcer les capacités de production et de moins dépendre de l'Asie¹⁸⁰. La microélectronique embarquée dans les véhicules ne devrait cependant représenter qu'une faible part du montant total envisagé.

4.2.3 Une approche européenne de l'IA reposant sur une intelligence artificielle digne de confiance

La Commission européenne a tenu à réaffirmer l'importance pour l'Union européenne, et en particulier pour sa souveraineté, du développement de l'intelligence artificielle et a souhaité développer une approche européenne de l'intelligence artificielle, d'abord par la parution du Livre blanc sur l'intelligence artificielle publié en février 2020 et soumis à consultation du public, puis, en avril 2021, par sa communication¹⁸¹ et sa proposition d'une nouvelle réglementation de l'intelligence artificielle, qui doit être débattue entre le Parlement et les États membres. Elle se donne ainsi comme ambition de faire de l'Europe le pôle mondial d'une intelligence artificielle (IA) digne de confiance¹⁸².

Comme l'évoque le chapitre précédent, cette proposition cherche à encadrer l'usage de l'IA dans ses différents secteurs d'application en fonction des risques qu'elles représentent. Elle est accompagnée d'un plan coordonné destiné à accélérer les investissements dans l'IA et à stimuler la mise en œuvre de stratégies nationales.

Pour que ces nouvelles règles entrent en vigueur, le Parlement européen et les États membres doivent néanmoins encore les adopter.

4.3 C-CAM : un programme de recherche et d'innovation dédié à la mobilité coopérative, connectée et automatisée au sein du programme Horizon Europe

Afin de répondre aux critiques d'un manque de coordination dans les recherches menées sur les véhicules automatisés et connectés, la Commission a souhaité les regrouper dans un programme unique dans sa nouvelle programmation de la recherche, les projets de recherche liés à la mobilité coopérative, connectée et automatisée, C-CAM.

Doté d'un budget de 95,5 milliards d'euros, le programme Horizon Europe constitue le nouveau

¹⁷⁹ <https://www.euractiv.fr/section/economie/news/europes-first-digitalised-chip-plant-opens-in-dresden/>

¹⁸⁰ <https://pro.largus.fr/actualites/hydrogene-et-semi-conducteurs-des-projets-europeens-en-commun-10545406.html>

¹⁸¹ *Proposal for a Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence*, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/proposal-regulation-laying-down-harmonised-rules-artificial-intelligence>

¹⁸² https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/ip_21_168

programme-cadre européen pour la recherche et l'innovation pour la période 2021-2027 et succède ainsi au programme Horizon 2020. Il fixe les objectifs, le budget, les formes de financement de l'UE et les règles régissant l'octroi des financements dans le domaine de la recherche et de l'innovation. Il est divisé entre 4 piliers et 5 missions. Par rapport à son prédécesseur, le programme "Horizon Europe" instaure notamment :

- une approche par pôles pour faire face aux problématiques sociétales : six pôles sont ainsi créés. La conduite automatisée est incluse dans le cinquième pôle relatif au climat, à l'énergie et la mobilité ;
- une approche renouvelée et rationalisée des partenariats européens accompagnant les axes de recherche pour mieux associer l'ensemble des acteurs concernés par la problématique (chercheurs, entreprises, collectivités, ...)

Les efforts consacrés à la mobilité coopérative, automatisée et connectée sont regroupés dans le programme C-CAM au sein du cinquième pôle. La Commission considère que ce programme devrait bénéficier à tous les citoyens et qu'il aura des impacts positifs en termes :

- de sécurité : en réduisant le nombre de tués et d'accidents de la route dus à des erreurs humaines avec comme but ultime la « Vision Zéro », c'est-à-dire plus aucune victime sur les routes européennes d'ici 2050 ;
- d'environnement : en réduisant les émissions et la congestion des transports, en optimisant les capacités, en fluidifiant le trafic et en évitant les déplacements inutiles ;
- d'inclusion sociale : en garantissant une mobilité inclusive et un accès aux biens pour tous ;
- de compétitivité : en renforçant la compétitivité des industries européennes par un leadership technologique et en garantissant une croissance et des emplois à long terme.

Trois points caractérisent la mise en place de ce programme :

- une structuration extrêmement bien étudiée ;
- une forte mobilisation des acteurs impliqués à travers un partenariat actif ;
- un financement clairement affiché, mais qui peut se révéler insuffisant.

4.3.1 C-CAM : un programme extrêmement bien structuré.

Le programme-C-CAM est lui-même divisé en sept clusters (autrement dit en sept types de projets différents) qui concourent tous à la mise en place d'une mobilité coopérative, connectée et automatisée et qui doivent interagir entre eux, ce qui peut néanmoins sembler un peu compliqué au premier abord !:

La logique de la structuration en clusters de CCAM repose sur une compréhension approfondie des liens entre les actions de R&I spécifiques et les objectifs opérationnels poursuivis. Les clusters sont interconnectés et fournissent des informations aux autres clusters. Tous les clusters forment ensemble un cadre global pour produire les impacts attendus et atteindre les objectifs recherchés. Ces sept clusters (ou familles de projets) sont les suivants :

- 1- des démonstrations à grande échelle ;
- 2 - les technologies des véhicules ;
- 3 - la validation ;
- 4- l'intégration du véhicule dans le système de transport ;

- 5 -les technologies clés habilitantes ;
- 6-les aspects sociétaux et les besoins des utilisateurs
- 7- la coordination.

CCAM Clusters

Successful implementation requires understanding:

- the **user needs and societal aspects** of mobility
- technical details, contributions, requirements and risks from **key enabling technologies**
- the overall **transport system** requirements and set-up
- what **vehicle technologies** are required and how to implement them
- how to **validate** safe system functioning

Finally **demonstrate** all aspects at a **large scale**

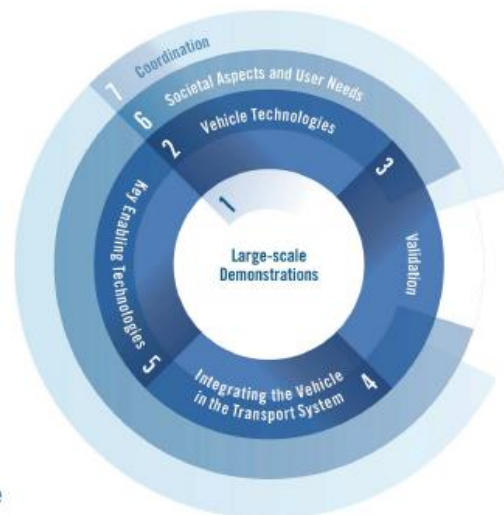


Figure 15 : Présentation des sept clusters de C-CAM¹⁸³

Ils sont décrits en détail dans l'agenda¹⁸⁴ de la recherche stratégique et de l'innovation de la mobilité coopérative, connectée et automatisée, mis au point par les acteurs de la CCAM et tenant compte des remarques de la Commission.

Le plus simple pour en comprendre la logique consiste à lire les propos d'Amine Graeter, BMW, premier président de l'association des partenaires de C-CAM et qui a participé à sa conception au sein de l'Ertrac :

« Le point de départ est la compréhension des besoins des utilisateurs et des aspects sociétaux de la mobilité (Cluster 6), l'avancement des technologies (2, 4, 5) et la démonstration de la maturité à grande échelle (1, 3).

Des technologies habilitantes clés (5) sont nécessaires pour améliorer les solutions. Ceux-ci seront mis en œuvre avec les futures technologies de véhicule pour la détection, la fusion de capteurs et les systèmes de sécurité améliorés (2). L'intégration globale du système de transport complète l'interaction homme-machine sûre pour comprendre les exigences et les besoins de gestion du trafic et de la flotte et fournir un support d'infrastructure physique et numérique (4).

Avant de démontrer à grande échelle (1), le fonctionnement sûr et résilient du système doit être validé (3). Toutes les activités sont liées par la coordination (7) de toutes les parties prenantes concernées, garantissant l'alignement, l'interopérabilité et l'accélération de l'adoption de l'innovation »¹⁸⁵.

¹⁸³ <https://www.ertrac.org/uploads/images/CCAM%20Info%20Day%2023-11-2020.pdf>

¹⁸⁴ <https://www.ertrac.org/uploads/images/CCAM%20Partnership%20SRIA%20v1.0%2002-11-2020.pdf>

¹⁸⁵ <https://www.connectedautomateddriving.eu/blog/the-ccam-partnership-on-the-horizon/>

Il convient de plus de souligner que comme les opérations de démonstration à grande échelle ont vocation à intégrer les résultats des autres clusters, notamment en matière de technologies et de validation des procédés, elles ont vocation à se dérouler en léger différé par rapport aux autres projets.

4.3.2 C- CAM bénéficie d'un partenariat rénové de soutien

L'une des innovations majeures d'Horizon Europe a consisté à renouveler la notion de partenariat précédemment contenue dans Horizon 2020 et destinée à associer les acteurs privés et publics au programme de recherche correspondant. Désormais, les partenariats prévus dans le programme-cadre Horizon Europe sont des initiatives où l'U.E. et les États membres s'engagent avec des acteurs privés et publics à soutenir conjointement le développement et la mise en œuvre d'un programme d'activités de recherche et d'innovation.

Le partenariat CCAM cherche ainsi à aligner les perspectives des usagers/consommateurs de la route, des décideurs publics, des exploitants routiers et de l'industrie et à les faire correspondre au programme de recherche envisagé.

La mobilité coopérative, connectée et automatisée fait l'objet d'un partenariat co-programmé : ceux-ci sont établis sur la base de protocoles d'accord (*memorandum of understanding*) ou d'accords contractuels entre la Commission, les États membres/États associés et les partenaires (privés ou publics). Ils sont mis en œuvre à travers des appels Horizon Europe classiques sur le modèle des contrats de partenariat public-privé d'Horizon 2020. La Commission et les partenaires mettent en œuvre de manière indépendante leurs propres activités et investissements¹⁸⁶.

Leur valeur ajoutée repose sur leur capacité à rassembler une large palette d'acteurs autour d'une vision commune, qui permet notamment d'apporter des solutions aux grandes priorités européennes (Green deal, Europe fit for digital age) et aux défis mondiaux.

Les coopérations et synergies sont encouragées avec les missions ainsi que les programmes locaux, régionaux, nationaux et européens, voire internationaux.

En parallèle de la constitution de la feuille de route évoquée dans le précédent paragraphe, ces partenariats se créent en deux étapes :

- d'abord, par la création d'une association des partenaires de C-CAM, dénommée ci-dessous association C-CAM : celle-ci a été créée au premier trimestre 2021. Elle a vocation à accueillir tous les acteurs, industriels, universités, organismes de recherche, entreprises de service, autorités publiques, associations, désireux de contribuer à la mobilité coopérative, connectée et automatisée. Les droits annuels d'inscription sont compris entre 1000€ pour les associations, les autorités publiques, les universités et 5000€ pour les industriels. L'association a tenu sa première assemblée générale au mois d'avril 2021¹⁸⁷ avec 160 membres au 17 mai 2021 (dont 14 acteurs français¹⁸⁸). Elle est actuellement présidée par Amine Graeter, qui, au sein de BMW et de l'ERTRAC, avait notamment publié en 2019 une feuille de route du développement de la mobilité automatisée et connectée. Selon ses statuts¹⁸⁹, « l'Association CCAM a pour objectif de promouvoir et de faciliter la recherche précompétitive sur la Mobilité Connectée, Coopérative et Automatisée (CCAM) au sein de l'Espace Européen de la Recherche, en fédérant les différents acteurs de la chaîne de valeur CCAM. L'Association se concentre sur la coordination des activités de recherche et d'innovation

¹⁸⁶ <https://www.horizon2020.gouv.fr/cid154360/partenariats-dans-horizon-europe.html>

¹⁸⁷ <https://www.eucar.be/a-european-partnership-for-connected-cooperative-and-automated-mobility/>

¹⁸⁸ Renault, Faurecia, Michelin, Valéo, Télécom Paris, Université Gustave Eiffel, CEA, Cerema, IFPEN, Covéa, Macif, Ile-de-France Mobilités, France Mobilité, FIA.

¹⁸⁹ <https://www.ccam.eu/wp-content/uploads/2021/06/CCAM-Association-Statutes-30-10-2020.pdf>

dans le domaine de la CCAM au niveau européen et au niveau international, pour harmoniser les efforts européens de R&I pour accélérer la mise en œuvre des technologies et services innovants de la CCAM. Pour atteindre cet objectif, l'Association CCAM s'engagera dans un partenariat co-programmé avec l'Union européenne telle que définie par le règlement établissant le programme Horizon Europe. Elle devrait collaborer avec la Commission européenne pour la mise en œuvre du cadre européen programmes de recherche, d'innovation et de démonstration. Ce partenariat public-privé s'appelle Mobilité Connectée, Coopérative et Automatisée, en abrégé CCAM » ;

- puis, par la signature du *Memorandum of understanding* défini plus haut : onze partenariats¹⁹⁰ ont ainsi été lancés en juin 2021, dont le Partenariat européen CCAM relatif à la Mobilité connectée, coopérative et automatisée. Le *Memorandum of understanding* (qui sera publié dès que l'ensemble des signatures auront été recueillies) a été approuvé à cette occasion avec comme objectif l'accélération de la mise en œuvre de technologies et de services de mobilité innovants, connectés, coopératifs et automatisés.

4.3.3 Le budget de C-CAM et les premiers appels d'offres

Au niveau européen, le programme Horizon Europe devrait donner lieu dans les deux premières années du programme, 2021 et 2022, à une douzaine d'appels à projets, dotés chacun de montants qui oscillent entre 6 et 18M€, dans le cinquième pôle « énergie-climat-mobilités », qui lui-même est doté globalement de 15 G€ sur 7 ans. En combinant toutes les opportunités de financement public disponible pour CCAM, sous un large éventail de programmes (y compris des programmes nationaux), l'effort financier au niveau de la recherche est non-négligeable. De 2014 à 2020, à l'échelle Européenne, cet effort était de 350 million d'euros pour la recherche CCAM. Pour les années à venir, ce financement se fera par le biais d'Horizon Europe et du Partenariat CCAM : un budget d'1 milliard d'euros est prévu jusqu'en 2027 (avec 500 million venant de l'UE).

Sujet	Type	Budget global	Nombre de projets financés
Des technologies de perception et de prise de décision embarquées plus puissantes et plus fiables pour faire face à des conditions environnementales complexes	IA	6-8 M€	2
Approches communes pour la validation de la sécurité des systèmes CCAM	RIA	12-15 M€	1
Infrastructure physique et numérique (PDI), connectivité et coopération permettant et soutenant la CCAM	IA	7-9 M€	2
Cyber-sécurité et résilience CCAM	IA	5-7 M€	2
Analyse des impacts socio-économiques et environnementaux et évaluation des aspects sociétaux, citoyens et utilisateurs pour les solutions CCAM basées	RIA	3-4 M€	2

¹⁹⁰ 1) le cloud européen de la science ouverte ; 2) l'intelligence artificielle, les données et la robotique ; 3) la photonique (technologies liées aux particules de lumière) ; 4) un acier propre — Fabrication d'acier à faible intensité de carbone ; 5) le Made in Europe – Fabrication durable en Europe ; 6) le Processes4Planet– Neutralité climatique des industries de transformation européennes ; 7) le Built4People– Environnement bâti durable centré sur les personnes ; 8) le 2ZERO– Transport routier à émissions nulles ; 9) CCAM – Mobilité connectée, coopérative et automatisée ; 10) les batteries – vers une chaîne de valeur industrielle européenne compétitive pour les batteries ; 11) un transport par voie d'eau à émissions nulles. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/ip_21_2943

sur les besoins			
Cadre pour une meilleure coordination des projets pilotes de démonstration à grande échelle en Europe et des bases de connaissances à l'échelle de l'UE	RIA	5-6 M€	1

Une première série d'appels à projets a débuté en mai-juin 2021, pour un budget prévisionnel de 169 M€, avec réponse attendue pour octobre. Elle porte sur le logiciel, les infrastructures connectées interagissant avec les véhicules, la cybersécurité, les aspects sociologiques et sociétaux de l'acceptation de la technologique, les pilotes de démonstration, l'amélioration du transport multimodal, l'articulation avec les vélos, les interfaces homme-machine pour limiter le cas d'accident et leur gravité, les analyses des réactions des conducteurs hors véhicules autonomes selon leurs nombreuses caractéristiques, les gestions de flottes automatisées et les usages de l'intelligence artificielle.

Une deuxième série d'appels à projets, pour un budget d'environ 122 M€, devrait démarrer en octobre avec réponse attendue pour janvier 2022. Elle devrait notamment porter sur les sujets suivants :

Sujet	Type	Budget global	Nombre de projets financés
Démonstrateurs européens de solutions intégrées de mobilité autonome partagée pour les personnes et les marchandises.	IA	20-25 M€	2
Technologies de protection des passagers et solutions HMI fiables pour assurer la sécurité des véhicules automatisés.	RIA	6-8 M€	1
Modèle de comportement humain pour évaluer les performances des solutions CCAM par rapport aux « véhicules à conduite humaine ».	RIA	7-8 M€	1
Intégrer les services CCAM dans les systèmes de gestion de la flotte et du trafic.	IA	4-5 M€	2
Intelligence artificielle : Concepts, techniques et modèles explicables et fiables pour la CCAM.	RIA	5-6 M€	

Ces montants, même significatifs et porteur d'effets de levier, sont néanmoins faibles en comparaison de ceux engagés aux États-Unis et en Chine. Une des raisons est à chercher dans le fait que les montants les plus considérables engagés dans le monde l'ont été par des plateformes numériques, que la crise a plutôt renforcées, là où les constructeurs automobiles et équipementiers ont été, au contraire, fragilisés.

4.3.4 Mais le positionnement dans C-CAM des États-membres et des collectivités devrait être revue

Si l'adhésion à l'association C-CAM des acteurs intéressés par la mobilité coopérative, connectée et automatisée au niveau européen, - y compris les administrations et les collectivités engagées dans la mobilité autonome -, paraît souhaitable, ce qui leur permettra de participer à l'élaboration du programme et de ces différentes composantes, se pose plus généralement la question de la place dans le programme C-CAM des États membres et des collectivités simplement intéressées par la mobilité autonome et qui rencontrent probablement quelques difficultés à en saisir toute la dynamique.

La création de l'association C-CAM permet de mobiliser les acteurs qui se sentent le plus concernés par les véhicules automatisés et connectés. Par contre, elle risque de créer un fossé entre les membres de

l'association qui auront les dernières informations sur le programme et ceux qui n'y appartiennent pas et qui auront l'impression de n'avoir qu'une partie des renseignements qui leur serait nécessaire. Dans ces conditions, il est recommandé à la commission de veiller à ce que l'Association des partenaires de C-CAM mène une véritable politique d'ouverture et de transparence. De plus, l'adhésion à l'association paraît souhaitable pour tous les acteurs qui s'intéressent aux véhicules connectés même s'ils ne sont pas sûrs de participer aux projets, que ce soient les acteurs institutionnels, ministères ou agences, les universités concernées et a fortiori les collectivités.

Après discussion avec la direction générale de la Commission en charge de l'innovation et de la recherche, il apparaît que la Commission va mettre en place au sein du Partenariat un groupe de représentants des États Membres. Son mandat précis reste à définir. Ce groupe ne doit en aucun cas jouer un rôle de contrôle vis-à-vis du déroulement du programme : c'est la fonction du Comité de programme et des représentants des États membres qui y participent, et ce ne serait pas l'esprit du partenariat. Ce groupe aura par contre un rôle d'accompagnement : au-delà de l'information qu'il recevra, le groupe devrait ainsi jouer un rôle central pour mieux coordonner les programmes et investissements nationaux dans le domaine de la mobilité automatisée et connectée, en lien avec les avancées obtenues dans le programme C-CAM. Ce groupe permettra de plus aux États membres de prendre des mesures (y compris législatives ou réglementaires) à leur échelle afin de soutenir l'exploitation et le déploiement des résultats obtenus dans le cadre du Partenariat, et donc de faciliter le développement de CCAM.

La place des collectivités territoriales vis-à-vis de C-CAM est probablement plus difficile à définir. Certaines, et c'est le cas le plus favorable, souhaitent développer, à court ou moyen terme, la mobilité automatisée et connectée, sont prêtes à s'engager dans la démarche et vont ainsi adhérer à l'association C-CAM : leur nombre est cependant particulièrement faible. D'autres sont simplement intéressées par le développement de cette mobilité, mais ne souhaitent pas s'investir aussi fortement dans la démarche. N'adhérant pas à l'association, elles risquent de se sentir exclues de C-CAM et de ses avancées. Dès lors, il semble souhaitable :

- que l'association C-CAM communique largement sur ses actions et sur les résultats obtenus,
- et que soit créé, dans le cadre de la démarche France Mobilités, par exemple auprès de l'Université Gustave Eiffel (qui possède des représentants dans au moins 5 clusters du projet C-CAM) ou du Cerema un club des villes et des AOM intéressées par la mobilité automatisée et connectée, leur permettant d'échanger leur retour d'expérience et de bénéficier d'informations à la fois sur les expériences menées en France et en Europe, mais aussi sur les résultats de C-CAM.

4.3.5 C-CAM présente de plus un certain nombre de défauts dont il convient de tenir compte

L'accélération du déploiement des véhicules automatisés et connectés en Europe – qu'ils soient pour la mobilité partagée ou individuelle – passe par la mise en place au sein de l'Union européenne de coopérations renforcées entre les entreprises, les États membres et l'ensemble des acteurs concernés : c'est le sens du partenariat C-CAM inscrit dans le nouveau programme de recherche de l'Union européenne, Horizon Europe.

Le partenariat C-CAM permet de plus la mise en place d'une large communauté d'acteurs et la réalisation d'expérimentations à grande échelle : il habitue donc le citoyen européen à l'existence de véhicules de plus en plus automatisés, voire autonomes, et favorise donc l'acceptation de cette technologie par la société européenne. On ne peut donc que s'en féliciter.

Il comporte cependant un certain nombre d'inconvénients qui ne doivent pas être masqués :

- la lourdeur du processus : les projets européens ont toujours impliqué de nombreux partenaires. Par contre, la mise au point du partenariat préalable au projet et les discussions correspondantes multiplient les réunions et la quantité de travail ; un acteur français pourtant fortement impliqué dans les véhicules autonomes et dans la préparation de C-CAM indiquait avoir renoncé à s'impliquer dans la préparation finale de C-CAM compte tenu du temps que cela représentait ; un représentant d'un grand groupe français soulignait que sa participation se limitait au cluster validation ;
- la répartition du financement entre les différents modes de transport : certains espéraient une répartition du financement d'un tiers pour les VP et VUL, d'un tiers pour le transport de biens et la logistique, et, enfin, du troisième tiers pour le transport public de voyageurs. Le temps à passer dans les instances de concertation est telle que les personnes qui s'impliquent le plus dans ce programme sont aujourd'hui des représentants des constructeurs automobiles et des équipementiers. Ce n'est pas forcément un handicap, mais il est néanmoins nécessaire de veiller à ce que les intérêts du transport collectif ainsi que du secteur du transport de biens et de la logistique soient préservés sur l'ensemble de la durée du programme : la répartition des financements entre les modes sur les deux premières années de lancement des projets sera probablement différente de celle correspondant à l'ensemble du programme ;
- la faiblesse du financement opération par opération : une opération va conduire à un soutien financier de quelques millions d'euros, typiquement de un à cinq. C'est une somme importante, mais en même temps relativement faible dans la mesure où chaque opération va comporter en moyenne plus de vingt partenaires et où les frais de coordination vont être importants.

Enfin, les projets présents dans le programme C-CAM s'adressent d'abord à la recherche et à des opérations de démonstration. Le développement de la filière industrielle requiert, comme l'agenda C-CAM l'envisage d'autres instruments, tels que les Projets importants d'intérêt européen commun, les PIIEC, qui devront bien entendu être conçus en étroite complémentarité avec C-CAM : ce sera l'objet du paragraphe suivant.

Recommandation 15. Afin d'aboutir à un meilleur fonctionnement de C-CAM et à une meilleure appropriation de C-CAM par les acteurs français,

- a) encourager tous les acteurs français potentiellement concernés à adhérer à l'association C-CAM, y compris les ministères intéressés (transport en particulier) mais aussi les organismes qui lui sont rattachés, ainsi que les organismes de recherche et les universités intéressés par ce sujet,***
- b) créer une journée d'information et de sensibilisation à la démarche C-CAM avec l'ensemble des acteurs français concernés en invitant la Commission et les représentants de l'association,***
- c) veiller à ce que l'association C-CAM pratique une réelle politique de transparence ;***
- d) mettre en place un club des collectivités intéressées par le transport automatisé ou autonome et par C-CAM ;***
- e) renforcer le poids et le rôle d'accompagnement des États-membres dans C-CAM, en mettant en place un groupe des États-membres au sein de l'association C-CAM***
- f) veiller dans un dialogue direct avec la Commission à ce que la répartition du financement entre les différents modes de transport soit bien respecté.***

4.4 La mise en place d'un projet important d'intérêt commun européen permettrait d'accélérer le développement des véhicules automatisés et autonomes dans l'Union européenne

Lors du centenaire en février 2019 de l'Organisation internationale des constructeurs automobiles (OICA), le président de la République, en s'inspirant des recommandations du rapport rédigé par Xavier Mosquet et Patrick Pélata, et des travaux d'Anne-Marie Idrac, a prôné pour le secteur du véhicule autonome, investi par les géants américains du numérique, une coopération européenne - entre constructeurs automobiles et entre ces derniers et leurs homologues des nouvelles technologies¹⁹¹. L'idée est de mutualiser les données, connaissances, recherches et plateformes et que les « Européens serrent les rangs ». Le véhicule autonome n'est pas une bataille perdue mais ça suppose que les Européens serrent les rangs », explique-t-on à l'Élysée.

Aux États-Unis ou en Chine, ce ne sont pas les constructeurs automobiles qui ont développé ces mais des acteurs spécialisés dans le développement logiciel comme Google ou Baidu, avec des moyens financiers sans commune mesure avec ceux actuels de l'industrie automobile actuellement (qui doit déjà développer le véhicule électrique et reconvertir certaines de ses usines).

La procédure créant un Projet important d'intérêt commun européen, PIIEC, peut permettre de favoriser la mise en place d'une synergie européenne en favorisant les rapprochements industriels européens et en finançant massivement la filière

Cette procédure est un outil juridique, - et non un programme de financement -, qui autorise les États à financer les entreprises avec des taux de subvention en dérogation par rapport aux règles encadrant les aides d'État à travers leurs guichets propres et à travers différents outils financiers.

Il convient de souligner que, du point de vue des entreprises et de l'AFEP en particulier¹⁹², cette procédure peut revêtir un rôle majeur :

- « elle permet en effet de soutenir de nouveaux projets novateurs (batteries, microélectronique, hydrogène...) nécessaires à l'économie européenne, à la stratégie industrielle renouvelée et aux objectifs européens de transition climatique et numérique » ;
- « elle constitue un élément essentiel pour inciter les entreprises à innover et se projeter dans l'économie du futur au service du marché intérieur » ;
- « les projets correspondants peuvent renforcer le leadership de l'Union européenne dans la lutte contre le changement climatique, en particulier dans certains secteurs technologiques clés (aérospatiale et défense, énergie, microélectronique, automobile etc.), et favoriser l'autonomie stratégique européenne face à la concurrence de pays tiers et mettant en œuvre des soutiens massifs à leurs entreprises ».

De fait, créer un « projet important d'intérêt européen commun » (PIIEC ou IPCEI) sur un sujet permet de rapprocher les acteurs européens avec des montants publics et privés de l'ordre de la centaine de millions : ces projets doivent être au moins financés par deux États membres de l'UE, cofinancés par les bénéficiaires (dans la pratique, la Commission attend des projets paneuropéens bien plus large que ce seuil minimum théorique).

L'AFEP souligne également, qu'après la crise sanitaire et économique subie par l'économie européenne, il est important d'offrir à tous ses acteurs des outils de soutien, pouvant être mis en œuvre dans un cadre juridique clair et efficient.

¹⁹¹ <https://www.reuters.com/article/france-automobile-macron-idFRKCN1Q21XY-OFRIIN>

¹⁹² <https://afep.com/wp-content/uploads/2021/04/Communication-PIIEC-Contribution-Afep-Avril-2021.pdf>

La prise en compte du risque par la puissance publique constitue enfin probablement l'un des plus grands avantages de cette procédure. L'expérience de Waymo montre en effet qu'il est très difficile aujourd'hui de prédire à quel moment un service de robots-taxis pourrait parvenir à la rentabilité. Dans ces conditions, la procédure (dans sa nouvelle forme envisagée par la Commission) prévoit que l'aide soit calculée pour permettre à une entreprise d'atteindre la rentabilité, mais que si les bénéfices sont plus importants que ce qui avait été initialement envisagé, l'entreprise rembourse une partie de l'aide qu'elle a reçue.

Les paragraphes suivants :

- rappelleront tout d'abord ce que sont les PIIEC, donneront des exemples de PIIEC déjà approuvés et évoqueront la révision en cours de la procédure lancée en mars 2021 ;
- décriront ce que pourraient être les fondements d'un PIIEC relatif aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules autonomes ;
- décriront ce que pourrait être un scénario contrefactuel, probablement pessimiste, de l'avenir de ce secteur en l'absence de la mise en place d'une telle aide ;
- décriront le contenu possible d'un tel PIIEC d'abord de manière générale puis dans chacun des trois domaines que sont les véhicules particuliers, le transport public et enfin le transport de biens et la logistique.

4.4.1 La notion de projet important d'intérêt commun européen

Si le projet C-CAM permet la mise en place d'une large communauté d'acteurs et la réalisation d'expérimentations à grande échelle, il s'adresse d'abord à la recherche et à des opérations de démonstration. Le développement de la filière industrielle requiert, comme l'agenda C-CAM l'envisage d'autres instruments, tels que les Projets importants d'intérêt européen commun, les PIIEC.

Conformément à la Communication (en cours de révision) de 2014 de la Commission¹⁹³, les PIIEC sont des projets bénéficiant d'aides particulières de la part de la Commission et des États-Membres. Ils permettent de regrouper des connaissances, du savoir-faire, des ressources financières et des acteurs économiques provenant de toute l'Union, afin de pallier de graves défaillances systémiques ou du marché et de relever des défis sociétaux importants qu'il ne serait pas possible de surmonter sans ces projets.

De manière simplifiée, pour pouvoir bénéficier d'une telle aide, un projet doit notamment :

- contribuer à la réalisation des objectifs stratégiques de l'UE ;
- faire intervenir plusieurs États membres ;
- aller de pair avec un financement privé par les bénéficiaires ;
- générer des effets d'entraînement positifs dans l'ensemble de l'UE ;
- et être très ambitieux en termes de recherche et d'innovation.

La communication précise de plus que :

- Les projets de RDI doivent revêtir un caractère novateur majeur ou apporter une valeur ajoutée importante en termes de RDI, compte tenu de l'état de la technique dans le secteur concerné ;

¹⁹³ [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0620\(01\)&from=FR](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0620(01)&from=FR)

- Les projets comprenant un déploiement industriel doivent permettre la mise au point d'un nouveau produit ou service à forte intensité de recherche et d'innovation et/ou le déploiement d'un processus de production fondamentalement innovant. Les améliorations régulières d'installations existantes dépourvues de tout caractère innovant et le développement de nouvelles versions de produits existants ne sont pas considérés comme des PIIEC ;
- L'aide ne peut pas servir à subventionner les coûts d'un projet que l'entreprise aurait de toute façon supportés ni à compenser le risque commercial normal inhérent à une activité économique. Sans aide, le projet ne peut être réalisé ou doit être réalisé à une échelle ou à une taille réduite ou d'une manière différente qui limiterait significativement ses bénéfices escomptés. L'aide sera jugée proportionnée uniquement si le même résultat ne peut être obtenu avec une aide moins importante.

Le taux de financement retenu pour les projets n'est pas défini *a priori*, il dépend du besoin de financement de l'entreprise et du volume des coûts éligibles et peut ainsi quasiment varier de 0 à 100%. Le financement est adossé au business plan du projet : si le projet a une rentabilité immédiate, le financement est nul, si le projet a une rentabilité à 5 ans, le financement compense les pertes jusqu'à la rentabilité du projet.

Il convient de souligner que l'aide aux entreprises individuelles doit être limitée à ce qui est nécessaire, proportionnée et ne doit pas fausser indûment la concurrence. En particulier, la Commission devra vérifier que le montant total des aides maximales prévues est conforme aux coûts éligibles des projets et à leurs déficits de financement. En outre, si de grands projets couverts par l'IPCEI s'avèrent très fructueux et génèrent des revenus nets supplémentaires, les entreprises devront restituer une partie de l'aide reçue aux États membres respectifs (mécanisme de récupération).

• *Quelques exemples de PIIEC déjà mis en œuvre*

- Deux PIIEC sur les batteries électriques ont été validés par la Commission fin 2019¹⁹⁴ pour 3,2 Mds€ d'aide publique avec sept États membres et début 2021¹⁹⁵ pour 3,2 Mds€ avec 12 pays : c'est ce dispositif qui a permis de financer le projet franco-allemand visant à construire deux usines de batteries, une en France et une en Allemagne ;
- Un premier PIIEC sur la microélectronique, associant l'Allemagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni et les autorisant à financer des projets jusqu'à hauteur de 1,75 Mds€ a été validé par la Commission le 18 décembre 2018¹⁹⁶. La Commission a également approuvé début 2021 l'aide apporté par l'Autriche à trois entreprises. En décembre 2020, l'Autriche a notifié à la Commission son intention de rejoindre le PIIEC 2018 dans le domaine de la microélectronique, en octroyant un soutien public de 146,5 millions d'euros à trois entreprises (Infineon Austria, AT&S Austria et NXP Semiconductors Austria) qui entreprendront des activités de recherche et d'innovation supplémentaires relevant du champ d'application du PIIEC existant et contribuant à la réalisation des objectifs de celui-ci : celle-ci a été acceptée par la Commission en mars 2021 ;
- En février 2021, les ministres français et allemand de l'économie ont annoncé leur intention de lancer trois nouveaux PIIEC relatifs à l'hydrogène, au cloud et à la microélectronique, qui seront financés en partie par la facilité pour la relance et la résilience (qui fait partie du plan de relance européen) afin de favoriser l'émergence d'une industrie européenne compétitive, souveraine et résiliente grâce à des investissements dans des technologies d'avenir « *made in UE* » ;
- En février 2021, la France a lancé un appel à manifestation d'intérêt dans le domaine de la santé

¹⁹⁴ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_19_6705

¹⁹⁵ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_226

¹⁹⁶ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_18_6862

visant au renforcement d'une filière industrielle française et européenne de la santé et à la préparation dans le cadre d'un projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) dans ce domaine.

À la suite de la consultation qu'elle a lancée en février 2021, la Commission devrait proposer d'ici la fin de l'année une révision de cette procédure : la Commission insiste notamment sur l'intérêt d'associer plus fortement les PME ainsi que sur sa volonté de faire participer les pays de l'est de l'Union européenne dans les prochains PIIEC.

Comme le souligne l'AFEP, la modernisation de la procédure est l'occasion de mettre à niveau la politique européenne des aides d'Etat dans un monde ayant profondément évolué depuis 7 ans (numérisation générale de l'économie, concurrence globalisée, puissance économique de pays tiers...). Cependant, et toujours en reprenant les propos de l'AFEP, il est important de noter que les PIIEC, de par leur construction, restent des outils complexes et d'utilisation récente. À ce titre, l'AFEP recommande que l'actualisation de la communication de 2014 se concentre sur la clarification du cadre existant, afin de fournir un outil stable et prévisible pour les acteurs industriels et les prestataires de services européens.

L'une des modifications les plus significatives de la révision de la procédure porte sur le nombre minimal de pays devant participer à un PIIEC : si la procédure de 2014 considérait que deux pays pouvaient simplement déposer un PIIEC, la révision proposée par la Commission porte ce nombre de deux à quatre et envisage une consultation de tous les membres de l'UE pour leur demander s'ils souhaitent participer.

Cela ne signifie pas pour autant qu'une entreprise cherchant à inscrire son projet individuel dans un PIIEC doit trouver des partenaires étrangers dans trois autres pays : cela signifie que quatre États membres doivent être impliqués dans un projet unique (construction conjointe d'une infrastructure par exemple) ou que quatre États membres doivent avoir lancé des AAP ou AMI pour faire participer leurs entreprises à un projet intégré (c'est-à-dire intégrant les projets individuels).

4.4.2 Les fondements d'un PIIEC pour les véhicules automatisés et connectés ainsi que pour les véhicules autonomes

Il y a quelques années, le groupe de haut niveau sur la compétitivité et la croissance durable de l'industrie automobile dans l'Union européenne ¹⁹⁷ avait suggéré que, lors de la phase d'industrialisation, la Commission européenne pourrait envisager un projet important d'intérêt européen commun (IPCEI) pour la conduite connectée et automatisée (CAO).

Deux raisons principales conduisent à la création d'un tel projet :

- *l'inefficacité actuelle du marché* : la première raison à l'origine de ce PIIEC consiste à souligner que jusqu'à présent, malgré les sommes considérables dépensées « par le marché », il n'existe pas de véhicule autonome rentable. Il existe certes des véhicules se rapprochant de l'autonomie sur certains parcours déterminés (robots taxis de Waymo, navettes urbaines en Europe, véhicules sur autoroutes à moins de 60 km/h ...), mais aucun service de robots-taxis ou de navettes et de bus autonomes n'a permis pour le moment de gagner de l'argent ;
- *le maintien de la souveraineté européenne et la défense de la filière automobile européenne* : protéger un maillon essentiel de la chaîne de la valeur de l'industrie automobile européennes contre ses concurrents venant d'autres régions de monde et maintenir ainsi la souveraineté

¹⁹⁷ https://ec.europa.eu/growth/content/high-level-group-gear-2030-report-on-automotive-competitiveness-and-sustainability_en

européenne constitue un deuxième argument tout aussi important. Les entreprises européennes commencent en effet à être en retard par rapport à leurs homologues américaines (voire chinoises) quand on considère le nombre moyen de kilomètres parcourus par un système automatisé sans désengagement en Californie. Il s'agit ainsi, dans le respect et en faisant respecter les règles favorisant une concurrence loyale et équitable au plan international, de défendre un marché multilatéral et indépendant face au risque de polarisation États Unis-Chine.

De manière plus précise, un IPCEI pour les véhicules automatisés et connectés ainsi que sur les véhicules autonomes devrait chercher à traiter les questions suivantes :

- *la défaillance du marché dans la mise au point des véhicules autonomes* : malgré les promesses, il n'y a pas de véhicule autonome roulant à vitesse normale dans le monde (niveau 5) et, jusqu'à présent, aucun service rentable de robot-taxi n'a été mis en place : Waymo ne gagne pas d'argent à Phoenix;
- *la défaillance du marché dans la mise au point de véhicules autonomes consacrés au transport public* : il n'y a pas de bus autonome circulant à vitesse normale dans les villes et jusqu'à présent, aucun service rentable n'a été mis en place ;
- *la nécessité de minimiser les coûts de transition vers une nouvelle architecture électrique et électronique des voitures et vers, plus généralement, des voitures autonomes* : le développement de nouvelles architectures électriques et électroniques de la voiture ainsi que la réalisation des logiciels associés sont nécessaires pour les véhicules fortement automatisés et connectés de demain. Ce saut technologique représente des sommes importantes, associées à des risques non négligeables, dans lesquelles chaque entreprise peut s'engager. Il serait plus facile pour les entreprises européennes de construire une normalisation commune de cette architecture (définissant des principes communs mais n'aboutissant pas à une architecture unique de façon à laisser la concurrence jouer) et de partager une partie des dépenses nécessaires (notamment celles concernant le domaine collaboratif, Car OS par exemple). La partie concurrentielle de cette architecture, qui donnera lieu à des partenariats plus restreints d'entreprises peut également être incluse dans un IPCEI la minimisation des coûts provenant des aides d'État dans ce cas¹⁹⁸.

Ce PIIEC pourrait apporter une contribution significative à certains des objectifs de l'UE, par exemple à la stratégie industrielle et à la volonté de préserver une autonomie stratégique de l'Union européenne, à la stratégie pour l'intelligence artificielle, à la stratégie européenne pour les données ainsi qu'au Green Deal.

En parallèle, la réglementation concernant les véhicules automatisés et autonomes doit être mise à niveau dans l'UE à 27 pour bénéficier réellement du marché unique européen.

4.4.3 Le devenir de la filière européenne du véhicule autonome : un scénario pessimiste ou contrefactuel ?

L'Union européenne a la chance de posséder des constructeurs de véhicules de taille mondiale, des entreprises leaders dans le domaines des navettes urbaines (Navya et Gaussin qui ont remporté les trophées des navettes Dubai du World Challenge for Self-Driving à Dubai en 2019, ZF en Allemagne, et tant d'autres), des équipementiers capables de développer le hardware de systèmes autonomes, des entreprises capables de créer le système d'exploitation des ordinateurs de bord, et des opérateurs de transport public de taille mondiale. Cette liste n'est bien sûr pas exhaustive.

¹⁹⁸ Dans le cas du logiciel d'exploitation, cette minimisation des coûts provient à la fois des aides d'Etat et de la mise en commun des efforts des entreprises dans le cadre d'un projet collaboratif.

Néanmoins, les entreprises européennes sont confrontées dans ce domaine aux géants du numérique qui ont une puissance financière importante et qui s'impliquent de plus en plus dans le développement du véhicule autonome : Google bien sûr avec Waymo, filiale d'Alphabet, Microsoft en partenariat avec GM Cruise (et avec Volkswagen), Intel avec Mobileye, IBM avec Local Motors (qui développe des navettes publiques), Apple avec son projet Titan, Yandex en Russie, Motional (Hyundai et Aptiv) au Japon, et bien évidemment Baidu (qui vient de déployer début mai 2021 ses premiers taxis autonomes à Pékin sur une zone de quelques km²) ... A titre comparaison, lorsqu'Alphabet dispose de centaines de millions de dollars pour déployer ses projets, ou que les gouvernements américains et chinois composent des enveloppes de plusieurs milliards, le C-CAM Partnership dispose pour sa part d'une enveloppe de 400M€ pour 10 ans, à partager entre des centaines de partenaires dans toute l'UE.

De plus, à l'intérieur de ses voitures, Tesla a développé un réseau informatique local embarqué avec son propre système d'exploitation qui représente une avance technologique qui correspondrait selon les estimations à un délai de deux à cinq ans, voire plus.

Par ailleurs, même si l'indicateur du nombre moyen de kilomètres parcourus par un système automatisé sans rendre la main au conducteur, est fortement contestable, les expériences de conduite automatisées, menées en Californie en 2020, montrent la domination des sociétés américaines et chinoises (Waymo et Cruise, plus de 45 000km, suivis par AutoX 15 000km) et l'absence des entreprises européennes : Mercedes et Daimler parcourent moins de 100 km avant de rendre la main. Soulignons au passage qu'avec un parcours de 50 000 km sans rendre la main, les véhicules de Waymo ont effectué de grands progrès en quelques années, même s'ils sont très loin de parvenir à une autonomie suffisante pour de tels véhicules : pour répondre à l'ambition d'une conduite aussi sûre que celle de l'être humain, la distance moyenne d'un parcours sans désengagement devrait être d'environ au minimum de l'ordre du million de kilomètres (avec néanmoins toujours les mêmes réserves sur l'indicateur retenu : les situations de conduite rencontrées sur autoroute sont en effet très éloignées de celles observées dans un parcours urbain).

L'Union européenne est enfin de plus en plus fortement concurrencée par des constructeurs de bus étrangers et, bien sûr, les entreprises chinoises qui exportent de plus en plus des bus de qualité à faible coût.

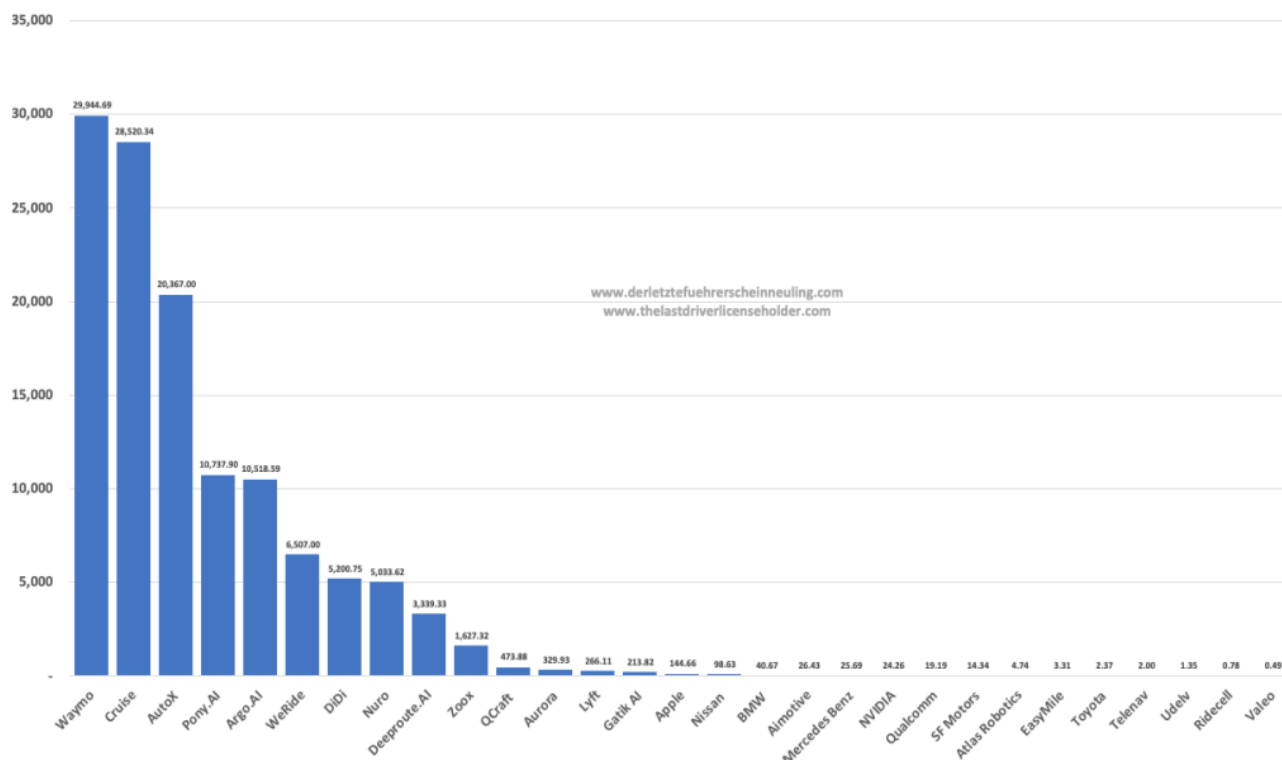


Figure 16 : Nombre de kilomètres moyen parcourus en 2020 en Californie par différents systèmes de conduite automatisés avant de devoir rendre la main au conducteur¹⁹⁹

Dans ces conditions et hors mobilisation spécifique, la tendance naturelle devrait donc conduire à :

- des systèmes d'exploitation des ordinateurs de bord développés par les géants du numérique ;
- une IA développée également de plus en plus fortement par les géants du numérique ;
- des bus produits par les marques chinoises avec une adaptation aux transports collectifs d'une IA fabriquée soit par Baidu, soit par AutoX, soit par Didi, soit par Pony-ai, soit enfin par Weride (qui, sauf Baidu, ont effectué en 2020 des parcours moyens en Californie de plus de 10 000 km sans désengagement).

4.4.4 Les principes et le contenu général d'un PIIEC pour les véhicules automatisés et connectés ainsi que pour les véhicules autonomes : un contenu évolutif dans le temps

Un PIIEC pour les véhicules automatisés et connectés ainsi que pour les véhicules autonomes devrait permettre à terme de produire des véhicules autonomes à des prix suffisamment attractifs pour que se crée un marché entre l'offre et la demande, qui permette aux constructeurs de rentabiliser leurs investissements. C'est l'espoir poursuivi depuis 2009 par les fondateurs du *Self-driving car project* de Google, poursuivi depuis 2016 par les créateurs de Waymo : force est de constater que Waymo est encore très loin de dégager des bénéfices et que des innovations technologiques sont encore nécessaires.

Dans ces conditions, l'idée générale d'un PIIEC pour les véhicules automatisés et connectés ainsi que pour les véhicules pourrait consister à se fixer comme buts :

¹⁹⁹ <https://thelastdriverlicenseholder.com/2021/02/09/2020-disengagement-reports-from-california/>

- à long terme la production de véhicules autonomes à des prix suffisamment attractifs pour que se crée un marché entre l'offre et la demande ;
- à court-moyen terme, de franchir les étapes technologiques non seulement nécessaires à l'atteinte de l'autonomie sur le long terme, mais permettant également la création d'un marché correspondant aux véhicules automatisés (pour des cas d'usage particuliers) ou autonomes (à basse vitesse) ou de services de transport.

Son contenu devrait ainsi logiquement évoluer dans le temps et de manière spécifique suivant les différents types de véhicules considérés.

Conformément à la procédure en cours de révision des projets importants d'intérêt européen commun, il devrait :

- s'adresser à des projets intégrés combinant le développement d'une offre industrielle compétitive et le déploiement des usages des véhicules automatisés et connectés, ainsi que des véhicules autonomes, et des infrastructures associées ;
- s'adresser à toutes les phases du continuum d'innovation (R&D, expérimentation, pré-déploiement, industrialisation) sur la chaîne de valeur, y compris, conformément au projet de révision de la procédure, à la phase de premier déploiement industriel (qui, comme le définit le texte proposé par la Commission, désigne le passage à une plus grande échelle d'installations pilotes, d'installations de démonstration ou des premiers équipements et installations de leur genre qui couvrent les étapes ultérieures à la ligne pilote, y compris l'étape expérimentale, mais pas la production de masse ni les activités commerciales) ;
- s'adresser à différents types de véhicules (véhicules particuliers, VUL, véhicules du transport public, tramways, transport de marchandises, tracteurs de cour ...) de façon à croiser les approches et à bénéficier des synergies ainsi mises en place. Le développement des engins agricoles nécessaire à leur circulation sur le réseau routier pourrait également être pris en compte²⁰⁰.

Ce PIIEC pourrait ainsi concerner :

- les cas d'usages suivants de véhicules automatisés et connectés :
 - des véhicules autonomes pour le transport public pouvant rouler, sans opérateur à bord, à la vitesse d'un bus classique dans le centre des villes européennes et à la vitesse d'un autocar dans les zones périurbaines et rurales ;
 - des véhicules particuliers autonomes pouvant rouler à vitesse normale en ville et en zone périurbaine et rurale ;
 - des camions autonomes pouvant circuler d'un entrepôt à un autre à vitesse normale sur autoroute et à vitesse faible entre l'autoroute et l'entrepôt,
 - des véhicules autonomes de livraison de marchandises pouvant circuler normalement et rouler à vitesse faible en centre-ville ;
 - des engins de chantier et des tracteurs de cour ;
 - des tramways autonomes ;
 - des véhicules autonomes pouvant circuler, soit en mode routier soit en utilisant les

²⁰⁰ Le développement, parfois remarquable, de l'intelligence artificielle des engins agricoles autonomes afin de répondre aux besoins des travaux agricoles relève d'une autre logique et d'autres sources de financement.

rails, sur de petites lignes de chemin de fer ;

- la circulation sur route d'engins agricoles autonomes.
- les briques technologiques suivantes :
 - les capteurs (s'ils correspondent à une innovation majeure) : des travaux de standardisation des protocoles de communication avec les capteurs devraient probablement être initiés ;
 - le logiciel et l'architecture du réseau numérique interne au véhicule : l'idée principale est de découpler les cycles de développement matériel et logiciel, ce qui permet de développer des logiciels plus rapidement et de les déployer plus fréquemment : « Concernant l'architecture, les acteurs peuvent découpler les logiciels à partir du matériel en utilisant un middleware robuste qui fait abstraction des capacités matérielles et les rend disponibles pour les fonctions et les services via des interfaces de programmation d'applications (API) standardisées » :
 - l'architecture électrique et électronique du véhicule : la constitution d'une norme de cette architecture devra probablement être réalisée au préalable ;
 - la partie collaborative du système d'exploitation, dont la cybersécurité ;
 - des applications, correspondant notamment à l'intelligence artificielle nécessaire à la conduite en modes automatisés et autonome (qui peuvent être ajoutées sur le logiciel et qui seront concurrentielles) ;
 - la supervision ;
 - les jumeaux numériques des routes (ou rues) concernées, au fur et à mesure de l'élaboration des cas d'usage correspondants ;
 - la mise en place d'un outil de base de données de conduite commune, pour définir des scénarios utilisables pour l'homologation et la simulation ;
 - les équipements de bord de route et du cloud.

4.4.5 L'automatisation des véhicules nécessite un PIIEC spécifique, coordonné avec les PIIEC déjà existants

Comme le montre le schéma ci-dessous, en juillet 2021, la Commission a déjà approuvé trois PIIEC concernant le secteur automobile, un premier sur les batteries, un deuxième sur la microélectronique, un troisième sur l'hydrogène et elle en prépare un nouveau sur le *cloud*. Ces différents projets cherchent à répondre à l'émergence de l'économie numérique et verte

La constitution d'un programme relatif aux véhicules automatisés et autonomes doit à l'évidence être coordonnée avec les autres PIIEC, en particulier ceux relatifs à la microélectronique et au *cloud*.

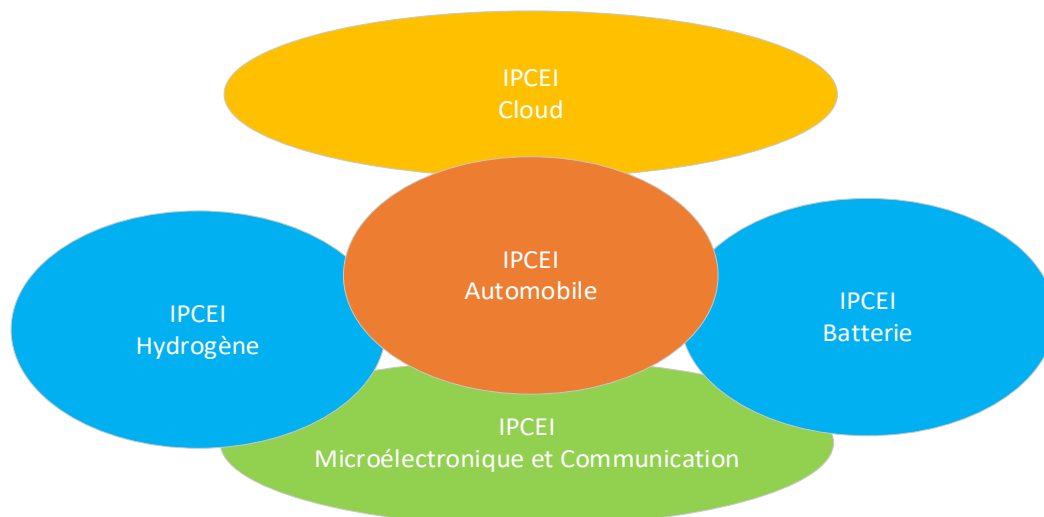


Figure 17 Schéma des projets importants d'intérêt commun européen concernant le secteur automobile²⁰¹

Une partie des briques technologiques évoquées ci-dessus pourraient probablement être incluses dans d'autres projets important d'intérêt commun européen :

- celui sur la microélectronique : il est cependant probable que le PIIEC relatif à la microélectronique ne réservera qu'une faible place à des composants spécifiques au secteur de l'automobile et, plus généralement, aux transports. De fait le PIIEC microélectronique devrait porter pour les véhicules sur les processeurs à l'échelle nano (5nm), les capteurs, et le management de la batterie (BMS), mais ne concernera pas l'architecture même du réseau informatique à l'intérieur du véhicule ni son interaction avec l'extérieur, qui doivent être traités dans le PIIEC relatif aux véhicules automatisés et connectés. De la même façon, le volet consacré à la 5G de ce PIIEC devrait traiter du déploiement de la 5G et de ses infrastructures, mais ne portera pas sur les dispositifs présents à l'intérieur des véhicules permettant la communication entre véhicules ou avec l'infrastructure : ces dispositifs devraient donc là encore relever d'un PIIEC relatif aux véhicules automatisés et connectés ;
- celui sur le *cloud* : il est naturellement souhaitable que les applications liées à la mobilité puissent bénéficier d'un *cloud* sûr répondant aux exigences européennes, mais là encore, il est probable que le PIIEC correspondant va traiter des infrastructures nécessaires à la réalisation du *cloud* et d'un certain nombre d'applications, mais pas des composants présents à l'intérieur du véhicule. De la même façon, les activités de sûreté fonctionnelle des véhicules, la communication entre les véhicules et celle entre le véhicule et le *cloud* dépendront des choix effectués à l'intérieur du véhicule.

Plus fondamentalement, le débat sur la répartition de l'intelligence artificielle et le traitement des données entre les processeurs associés aux capteurs, les calculateurs présents à l'intérieur du véhicule, les infrastructures en bord de route et le *cloud* montre que beaucoup de configurations sont possibles et que le sujet est loin d'être tranché, mais que c'est le choix de l'architecture électrique et électronique présent à l'intérieur du véhicule qui va conduire à définir ce que pourront être les échanges entre le véhicule et les infrastructures qui l'entourent

Autrement dit, même si les programmes interagissent et sont interdépendants, c'est le PIIEC relatif aux véhicules autonomes et automatisés, et à l'architecture électronique et électrique embarqué, qui va servir de socle pour définir, parmi les possibilités développées par la microélectronique et le *cloud*,

²⁰¹ Schéma transmis à la mission par l'entreprise NXP.

celles qui seront réellement utilisables (et utilisées) par la filière automobile et qui va donner du sens à l'ensemble des projets concernant le véhicule automobile.

4.4.6 Les spécificités du PIEC relatives aux VP et aux VUL : les attentes de la filière

Même, si dans ce secteur, les retours des acteurs de la filière, mentionnés ci-dessous, sont contrastés trois sujets paraissent devoir entrer, pour des raisons différentes, dans un projet important d'intérêt commun européen :

- *le réseau informatique embarqué du véhicule, aussi bien dans sa dimension hardware (composants) que dans la dimension coopérative du software (logiciels) :* comme le chapitre précédent l'a montré, l'architecture électrique et électronique des véhicules actuels n'est pas adapté à des véhicules autonomes ou à des véhicules fortement automatisés. L'investissement nécessaire pour ce développement est supérieur au milliard d'euros et sa rentabilité nécessite probablement la vente de plus millions, sinon de dizaines de millions, de véhicules chaque année, ce qui est très difficilement envisageable pour un seul constructeur: son intégration dans le PIEEC relatif aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules autonomes répond donc à une faille actuelle du marché, en même temps qu'à un problème de compétitivité puisque les géants américains du numérique et les acteurs chinois pourront s'engager dans de telles dépenses. Ce développement constituerait de plus un prolongement à l'échelle européen du projet Névéos²⁰² (anciennement Car-OS) qui a été retenu lors de la séance du Comité d'orientation pour la recherche automobile et la mobilité (CORAM) de juillet 2021, mais qui couvre moins de 10 % de l'investissement total ;
- *un outil de simulation de situations de conduite réelles et fictives :* l'outil, évoqué au chapitre précédent, de création de scénarios critiques de conduite à partir des kilomètres de conduite enregistrée et de simulation permet d'entraîner l'intelligence artificielle des véhicules à faire face non seulement à des situations de conduite observées en réel mais aussi à des situations fictives, comportant des degrés de complexité supplémentaires par rapport à la réalité observée constitue un moyen particulièrement efficace d'entraîner l'intelligence artificielle des futurs véhicules : c'est l'exemple notamment du cycliste tombant devant le véhicule qu'il vient de doubler. Cet outil constitue à l'évident une priorité non seulement française (portée d'ailleurs par les deux principaux constructeurs français), mais aussi européenne pour l'ensemble des constructeurs et qui sera d'autant plus efficace qu'il pourra bénéficier du plus grand nombre possible de kilomètres de conduite parcourus. C'est donc une priorité à la fois pour les constructeurs européens, mais aussi pour les pouvoirs publics cet outil permet en effet non seulement d'entraîner les véhicules, mais également, de créer des scénarios critiques de « manière aléatoire » et de tester les logiciels existants. Cet outil devrait pourvoir donner lieu à une coopération franco-allemande, sinon européenne, entre des projets parallèles (ADScène pour la France, Pégasus pour l'Allemagne). Malgré son haut niveau de priorité, un tel projet n'a, malheureusement, pas pu être retenu dans la cadre du Coram jusqu'à présent ;

²⁰² « Projet NEVEOS porté par Renault et Continental : Les groupes Renault et Continental proposent avec l'aide d'Actia (ETI), Alkalee (Start-up) et Elektrobit (start-up, filiale de Continental) de développer une nouvelle architecture électronique centralisée et un nouveau système d'exploitation logiciel pour les véhicules. L'objectif du consortium est notamment de concevoir les nouveaux calculateurs hautes performances qui seront au coeur de ces architectures électrique et électronique automobiles du futur. Ces développements sont des investissements stratégiques pour ouvrir le véhicule à un écosystème de services, créant une filière d'emploi pour le futur via l'éclosion de start-ups autour du service de micromobilité automobile à l'instar des applications smartphones. Ce concept disruptif sera, dans un premier temps, appliqué sur un véhicule Renault aux prestations simples, dédié à la micro-mobilité » : <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DP%20-%2014%20nouveaux%20projets%20s%C3%A9lectionn%C3%A9s%20par%20le%20CORAM%20vdef.pdf>

- *la construction de jumeaux numériques du réseau routier routes (ou rues) concernées, au fur et à mesure de l'élaboration des cas d'usage correspondants* : disposer de tels jumeaux numériques du parcours routier emprunté est bien évidemment une nécessité non seulement pour les véhicules cherchant à rouler de manière autonome sur une trajectoire parfaitement définie ou dans une zone bien délimitée (navettes publiques ou robots-taxis, mais aussi pour les véhicules automatisés dans lesquels la fonction de maintien dans la voie, ALKS, sera mise en place aujourd'hui pour des vitesses inférieures à 60 km/h sur des chaussées séparées, demain pour des vitesses supérieures et peut-être pour des routes à double sens de circulation. Autant dans le premier cas, la cartographie sera probablement réalisée par l'opérateur du système, autant dans le deuxième, il est souhaitable de disposer du jumeau numérique sur lequel le véhicule doit circuler. Ceci suppose que la connexion sur les routes ou autoroutes empruntées permette l'échange de données avec le véhicule. La faille de marché sur ce point est comparable à celle observée lors de la naissance d'une industrie de réseau : la rentabilité de la création de ces jumeaux ne pourra être obtenue qu'avec un nombre suffisant d'utilisateurs, ce qui ne sera pas le cas dans les premières années.

L'attitude des différents acteurs par rapport à la mise en place d'un PIIEC est différente suivant les acteurs rencontrés :

- les associations nationales des constructeurs automobiles française (PFA) et italienne (Anfia) insistent avant tout sur la difficulté de réaliser la transition énergétique et sur les investissements considérables qui vont devoir être mis en œuvre et qui constitueront la principale priorité des prochaines années et ne se prononcent donc pas sur l'intérêt d'un PIIEC en faveur des véhicules particuliers automatisés ou autonomes. L'association allemande, le VDA, envisageait la possibilité d'une coopération dans la partie collaborative du logiciel d'exploitation (Car OS, désormais rebaptisé Neveos), mais souhaitait consulter ses membres avant de se prononcer et devait donner sa réponse le 20 juillet : dans un document de février 2021²⁰³, le VDA concluait d'ailleurs à l'intérêt de mettre en œuvre des PIIEC pour développer l'automobile de demain. L'association suédoise, après avoir rappelé la réticence de fédération des entreprises suédoises sur la procédure même des PIIEC qui lui semble fausser la concurrence, s'est dite intéressée par un PIIEC mais a demandé à consulter ses membres avant de pouvoir donner une réponse qui n'arrivera qu'à la rentrée 2021 ;
- les constructeurs automobiles lorsqu'ils sont interrogés individuellement adoptent une attitude nettement plus positive à l'égard d'une telle procédure : les interlocuteurs rencontrés de Stellantis et de BMW montrent de l'intérêt pour ce projet, en particulier pour le financement du Middleware et pour l'outil de simulation. L'engagement de Renault (et de Continental) dans Neveos, et de Renault et Stellantis dans le projet ADScène montrent leur intérêt pour ces projets qui trouveraient leur véritable signification dans des coopérations européennes ;
- les représentants des équipementiers automobiles nationaux rencontrés (Faurecai, Boschgroup, Continental, et à un degré moindre Valéo), de même que l'association européenne des équipementiers, le CLEPA, insistent par contre très fortement sur le développement nécessaire de l'architecture électronique et électrique du véhicule. Les représentants d'Ertrac, *European Road Transport Research Advisory Council*, rencontrés, notamment Armin Gräter²⁰⁴, BMW, co-président d'Ertrac, récemment élu président de l'association C-CAM, se sont prononcés en faveur d'un IPCEI général ;
- dans la note de position adressée le 29 juillet à la mission, Bosch indique : « qu'il soutient l'aspiration de l'Europe à la souveraineté technologique. La conduite automatisée est un

²⁰³ *Die Automobilität der Zukunft : Chancen für eine zukunftsweisende Forschungs- und Innovationspolitik, Fat und Vda*

²⁰⁴ <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/events/upcoming-events/research-innovation-days/speakers/armin-grater>

domaine technologique majeur dans lequel l'UE peut devenir précurseur, si le développement de technologies clés est fortement soutenu. Les mécanismes de soutien tels que les *Important Projects of Common European Interest* (IPCEI) dans le domaine de la conduite automatisée sont donc essentiels à l'atteinte de cet objectif. En outre, les véhicules autonomes peuvent contribuer aux objectifs politiques de l'UE, tels que la sécurité routière (*Vision Zero*) et le "*Green Deal*". Il convient donc de donner la priorité à la coopération européenne et à une approche européenne du développement, notamment des systèmes essentiels pour la sécurité ».

- l'association européenne des constructeurs automobiles l'ACEA accueille favorablement l'idée d'un PIEEC et souligne son intérêt pour l'intégration du développement de jumeaux numériques de la route.

4.4.7 Les spécificités du PIEEC relatives aux transports en commun : les attentes de la filière

Au-delà d'un objectif consistant à disposer de véhicules autonomes de transport public, à des prix abordables, pouvant circuler à vitesse normale en urbain et en interurbain, trois sauts technologiques importants doivent être franchis dans le court-moyen terme :

- la suppression de l'opérateur de bord remplacé par un superviseur à distance ;
- la mise en place de services présentant une certaine rentabilité ;
- l'intégration dans les véhicules de nouvelles fonctionnalités (notamment l'évitement des obstacles) et l'amélioration progressive de la vitesse des véhicules.

Le ministre italien des transports est demandeur d'une harmonisation européenne de la réglementation et se dit favorable à la mise en place d'un PIEEC (y compris pour les véhicules particuliers)

Le soutien des acteurs de la filière à la mise en place d'un PIEEC pour le développement du transport public autonome est quasi unanime, aussi bien en France qu'en Allemagne, en Italie ou en Espagne et qu'au niveau européen : les seules réticences proviennent pour certaines entreprises de la longueur et de la complexité des PIEEC. L'UITP s'est ainsi prononcé favorablement en faveur d'un tel projet et a relayé auprès de ses membres un questionnaire sur une tel IPCEI : une dizaine d'entreprises ou d'organisations ont répondu en se montrant favorables à une telle procédure et en affichant leur possible participation. Dans sa réponse au questionnaire adressé par l'UITP, le VDV, l'association des entreprises allemandes du transport public de voyageurs et du fret ferroviaire, après avoir rappelé l'importance de l'attitude du public à l'égard de cette technologie et de son acceptation, soutient l'idée d'un PIEEC pour des navettes ou des minibus de 10 à 30 personnes : « *We would support a minimum requirement of an IPCEI that it has to support several fleets of 10 -30 PT-shuttles/vehicles with level 4 in mixed traffic* »²⁰⁵. Les résultats de ce questionnaire sont présentés dans l'annexe 4.

Plusieurs acteurs se sont prononcés en faveur d'un périmètre large de ce PIEEC pour les transports publics :

- les opérateurs de transport public (Kéolis, Transdev, RATP) soulignent leur intérêt pour le développement du transport public autonome et pour la mise en place d'un PIEEC qui leur permette de rester à la pointe de la technologie. Ils insistent en particulier sur le développement de la brique technologique relative à une supervision, qui soit adaptable aux différents types de matériels qu'ils peuvent rencontrer sur les marchés auxquels ils concourent en France et à l'international ;

²⁰⁵ Extrait de la réponse du VDV au questionnaire de l'UITP

- après avoir rappelé que le train autonome faisait l'objet d'une logique différente, dans le cadre de la démonstration de sûreté demandée par l'EPSF et que son développement faisait déjà l'objet de financements et d'expérimentations, Alstom s'est prononcé en faveur d'un PIIEC couvrant les tramways autonomes qui à la traversée des carrefours rencontreront la même problématique que les navettes urbaines ;
- plusieurs acteurs se sont prononcés pour l'intégration du développement de navettes, sur rail ou sur routes, pour les petites lignes de chemin de fer ;
- le VDV a souligné les potentialités des tramways et du train léger autonomes²⁰⁶ tandis que Siemens répondait positivement à l'idée d'un PIIEC.

Dans le cadre français de la PFA, les acteurs du transport public ont de plus mené une réflexion spécifique pour préciser ce que pourrait être un projet important d'intérêt commun européen appliqué à ce secteur. Quatre idées principales en ressortent :

- un tel PIIEC pourrait accélérer la structuration d'une filière européenne "Mobilité Autonome" et renforcer ainsi la compétitivité au niveau international, initier une dynamique de partenariats avec d'autres leaders européens pour développer l'ensemble de la chaîne de valeur "Mobilité Autonome" sur le territoire Européen et permettre de passer d'une logique de recherche à une logique d'industrialisation et de développement commercial ;
- ce PIIEC pourrait se décliner dans le temps conformément à un certain nombre de priorités. Les acteurs ont ainsi retenu :
 - six cas d'usage : la desserte fine de sites privés (entreprise, zone d'activité, campus ...), la desserte fine d'un site public (quartier, zone commerciale...), les dessertes des premiers et derniers kms à partir et vers un hub de transport, l'extension de ligne de bus existante (en tracé, fréquence et amplitude), l'automatisation de lignes de bus existantes, la desserte de pôle à pôle ;
 - un déploiement progressif en fonction de la complexité croissante des domaines d'utilisation (ODD 1,2 et 3 dans le tableau ci-dessous) suivant : a) la densité du territoire, urbain dense, périurbain ou rural ; b) la densité du trafic, la vitesse, le type de voirie (dédiée, ouverte) et c) des parcours prédéfinis et des zones prédéfinies,
 - ce qui peut être résumé dans le tableau indicatif suivant :

²⁰⁶ « Nonetheless automated mobility is strongly focusing on road vehicles, but there are also big potentials on light rail and tram systems. A revision of regulations and a new approach on development in light rail systems is strongly recommended. CEN and state level parties and providers should review and check, which technical components and regulation approaches could be transferred to light rail systems and standardize them ».

Cas d'usages – services	Complexité croissante de l'ODD		
	Début déploiement (ODD – 1)	Déploiement (ODD – 2)	Déploiement (ODD – 3)
1. Desserte fine d'un site privé (Site d'entreprise, campus privé, ZA...)	2021	2023	2024
2. Desserte fine d'un site public (quartier, zone commerciale...)	2022	2024	2024
3. Dessertes premiers et derniers kms (rabattement / diffusion à partir ou vers des hubs de transport)	2022	2025	2026
4. Extension de lignes de bus existantes (tracé, fréquences, horaires)	2023	2023	2026
5. Automatisation de ligne de bus existante	2025	2026	2030
6. Desserte pôle à pôle : intercity ou sur site dédié (de type AV Rapid Transit)		2024	2030

Tableau 3 : feuille de route du développement des systèmes de transport public autonome.
Source : tableau fourni par le groupe Système de transport public autonome de la PFA à la mission

- les acteurs insistent sur l'idée que ce PIIEC devrait permettre
 - d'accélérer le déploiement des expérimentations ;
 - de financer la mise en place de pilotes de services (qui sont une phase préalable à la pérennisation éventuelle du service) pour l'automatisation de lignes de bus existantes pour des liaisons pôle à pôle de type BRT (*Bus rapid transit*), pour des dessertes des premiers et derniers kms et pour des dessertes de sites publics, avec une taille de flotte minimum (par exemple de 5 véhicules) permettant de tester une véritable offre de service (en fréquence, en disponibilité, en stabilité et en qualité) ;
 - et de diversifier les plateformes véhicules robotisées en robotisant des plateformes véhicules existantes et en développant de nouvelles plateformes véhicules.

4.4.8 Les spécificités du PIIEC relatives aux transports de bien et à la logistique : les attentes de la filière

Les acteurs de la filière transports de biens et logistique ont mené, dans le cadre de la PFA des réflexions sur le développement de l'automatisation des véhicules : celle-ci les amène à considérer que l'ampleur d'un PIIEC dans leur domaine serait certainement plus faible de l'ordre de cent à deux cent millions d'euros, mais qu'il peut être important non seulement pour développer des briques technologiques et des services, mais également pour permettre la réalisation de phases de validation en soutenant des plans de tests et de validation reposant sur un déploiement grande échelle, ainsi qu'en soutenant le développement des moyens de validation. Il est en effet essentiel de pouvoir financer des pilotes de services entre 2022 et 2025 pour préparer le passage à l'échelle de la mobilité autonome des biens et de la logistique automatisés (avec au moins un 1 pilote par famille de cas d'usage principaux).

Les besoins identifiés par la filière concernent en particulier :

- les développements en R&D des solutions techniques d'automatisation du transport de bien, (unité de transport intermodale standard, connexions ...) ;

- le développement de plateformes véhicules ;
- les investissements nécessaires à l'évaluation en conditions réelles de solutions pour un schéma logistique repensé dans sa globalité,
- les travaux visant à la validation de la sécurité en parallèle de l'optimisation de l'exploitation du transport de biens et de la logistique ;
- les évaluations des modèles économiques viables associés et de l'acceptabilité à l'usage de ces solutions,

La filière souligne ainsi qu'un taux de subvention revu à la hausse permettra d'accélérer et renforcer la fédération des acteurs de l'écosystème ayant engagé des stratégies de développement du transport de biens et de la logistique automatisés. La fédération de ces acteurs est indispensable autour de projets collaboratifs afin de viser une preuve de service en conditions d'exploitation réelles suffisamment « probante » pour construire un écosystème français souverain et conquérir des marchés nationaux, européens et internationaux. Dans le cas spécifique du financement de pilotes de service (et des briques technologiques associées), le taux d'aide des subventions-projet devrait être supérieur à 60% compte-tenu de la complexité des investissements à réaliser par les différents acteurs et de la faible pénétration des systèmes de conduite automatisée dans le parc actuel. Ce taux de subvention devra aussi permettre de favoriser le développement des petites et moyennes entreprises qui forment une partie importante du tissu industriel de ce secteur, avec l'idée associée selon laquelle il est préférable d'avoir un taux de subvention élevé pour des montants moindres.

Ils soutiennent les familles d'usage suivant :

- pour la logistique urbaine : les solutions d'assistance à la livraison, les navettes B2B sur circuit prédéterminé, les navettes B2C de type consigne ;
- pour les zones logistiques fermées : les mines et carrières, les ports et aéroports, les tracteur de cour, la mise à quai autonome, la bascule en mode autonome lors de l'accès aux sites, les circuits d'approvisionnement récurrent ;
- pour la longue/moyenne distance : les liaisons péage à péage autonome avec pilote, les liaisons péage à péage autonome sur voies dédiées, les liaisons péage à péage autonome sur flux mixte, les passages de zone critique (ouvrage d'art, zone contrainte) avec pilote, les passages de zone critique (ouvrage d'art, zone contrainte) pris en charge par l'infrastructure.

Deux segments apparaissent adressables à court terme : l'assistance à la livraison (à condition de savoir lever les obstacles réglementaires) et les tracteurs de cour (plateforme logistique ou industrielle).

De manière plus précise, les différents cas d'usage suivants pourraient être envisagés :

- pour la logistique urbaine de tournée automatisé :
 - les solutions d'assistance à la livraison (court terme) ;
 - les engins de livraison logistique automatisés pour du B2B (*business to business*) sur circuit prédéterminé et en site privé (court terme) ;
 - les engins de livraison logistique automatisés pour du B2C (*business to consumer*) (dont les consignes) (moyen terme) ;
 - la mise à disposition d'une flotte de véhicules de livraison du dernier km (supérieur à 5) à travers des pilotes de service ;

- l'adaptation des infrastructures et des espaces logistiques ainsi que des équipements de connectivité associés ;
- pour le transport de biens et la logistique en zones minières, aéroportuaires et portuaires mais aussi en zones logistiques et ferroviaires :
 - la circulation automatisée sur parcours prédéfinis en zone minière et carrières (court terme) ;
 - le transport automatisé de conteneurs et remorques routières en supervision en zone portuaires (court terme) ;
 - le transport automatisé de charges logistiques en zone industrielle fermée (circulation en zone privée et en zone publique) (court terme) ;
 - le transport automatisé de conteneurs et de caisses mobiles en supervision en zone aéroportuaires (court terme) ;
 - la mise à quai, ou le chargement-déchargement d'un véhicule, par tracteur de cour ou autre véhicule, avec conduite automatisée (court terme) ;
 - l'accroche-décroche et la connexion des énergies automatisés (court terme) ;
 - la bascule en mode autonome lors de l'accès aux sites (avec contrôle d'accès automatique associé) (moyen terme) ;
 - les circuits d'approvisionnement récurrent (moyen terme) ;
 - la mise à disposition de véhicules sur site privés pour preuve de service ;
- pour les tracteurs routiers, d'ensembles routiers ou de remorques routières sur route et autoroutes :
 - les liaisons péage à péage autonomes sur voies dédiées (court terme) ;
 - les liaisons péage à péage autonomes sur flux mixte (court terme) ;
 - le passage de zone critique (ouvrage d'art, zone contrainte) (moyen terme) ;
 - le passage de zone critique (ouvrage d'art, zone contrainte) pris en charge par l'infrastructure (moyen terme) ;
 - la conduite de camion en peloton sur autoroute (avec chauffeur à bord du camion de tête, puis sans) (moyen terme).

Ces différents cas d'usage doivent naturellement être accompagnés de la mise à disposition et la formation du personnel d'exploitation.

Un grand nombre d'acteurs peuvent ainsi être concernés, sans que la liste ci-dessous ne soit exhaustive :

Entreprises (exploitants) porteuses de cas d'usage mature en attente d'expérimentation	Sotradel, La Poste, Stef, Sev (Tpe), Intermarche, Dbschenker ...
Entreprises technologiques porteuses de projet (implication formelle)	Twinswheel, Easymile, Navya, Gaussin, Konboi One (Startup), Valeo, Taur (Startup), Stanley Robotics (Pme) ...
Entreprises technologiques porteuses	Stellantis, Renault, Neo Trucks, CNH International, Sas

(Intérêt déclaré en cours de discussion)	(Pme) ...
Territoires déjà impliqués ou intéressés	Montpellier (Métropole), Auvergne Rhône Alpes (Région), Rouen, La Rochelle, Orléans, Grand Lyon ...

La filière insiste enfin sur l'intérêt d'une unité de transport intermodale standard (ULIS), à l'instar du conteneur. Face à une sollicitation du fret urbain plus importante due à la hausse de la demande du commerce en ligne et un acheminement des colis et des biens dans des contextes plus restrictifs de l'usage de véhicules thermiques et de plus faible capacité d'emport (Zone à faibles émissions) et des zones logistiques en centre-ville où l'activité foncière est fortement en croissance, l'intermodalité devient une priorité qu'il convient d'anticiper. Dans cette perspective, ce contenant, de dimension adaptée aux enjeux de transport de marchandises en ville, pourrait permettre d'optimiser la chaîne logistique s'il est correctement intégré dans les schémas d'approvisionnement de l'entrepôt au livreur. Comme le souligne la filière, le but recherché serait de limiter les ruptures de charge à travers un interfaçage standardisé entre les différents outils de manutention et les modes de transport de livraison.

4.4.9 La définition d'une feuille de route du PIIEC relatif aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules autonomes compatible avec celle de C-CAM

A l'invitation de l'association des équipementiers européens, la mission a interrogé le docteur Eckard Steiger, directeur des coopérations industrielles pour la conduite automatisée au sein du groupe Bosch et vice-président à la fois de l'Association C-CAM et du groupe de travail sur la conduite connectée et automatisée du *European Road Transport Research Advisory Council* (ERTRAC) sur l'opportunité d'un PIIEC relatif aux véhicules automatisés et autonomes, sur son possible contenu et sur sa compatibilité avec C-CAM. Dans sa réponse, complétée par les remarques de Gedeon Meyer, EPOSS, il souligne tout d'abord que l'une des principales justifications de ce PIIEC réside dans la volonté de conserver la souveraineté européenne sur une chaîne de valeur stratégique pour l'économie européenne et de la protéger contre la concurrence d'autres régions du monde.

Pour eux, les équipementiers automobiles européens occupent toujours une position de force en tant que fournisseurs des constructeurs sur le marché mondial. Mais ils sont confrontés à une concurrence qu'ils qualifient d'asymétrique, - en termes financiers et politiques -, avec des entreprises des secteurs du numérique ou des télécoms. L'un des risques réside dans la capacité des sociétés informatiques étrangères à « définir » la voiture de demain en fonction de l'opportunité et des besoins de leurs bases de données et à capturer ainsi un produit clé de l'économie européenne.

Ils proposent ensuite comme logique pour ce PIIEC de partir des technologies et des sauts technologiques nécessaires à la circulation des véhicules connectés et automatisés dans un certain nombre de cas d'utilisation bien déterminés. L'objectif serait ainsi de construire une architecture européenne nouvelle et commune permettant de passer d'un véhicule conduit par un humain, assisté par des composants, à un système intégré, capable de décisions intelligentes, grâce à une combinaison d'innovations dans le matériel, les logiciels et la gestion des données aussi bien dans le véhicule que dans le *cloud*. Les sauts technologiques nécessaires qu'ils identifient concernent :

- les capteurs et la fusion de données (provenant des dits capteurs) pour la perception de l'environnement, le traitement de ces données, avec une utilisation du *edge computing*, pour l'interprétation des scènes de trafic et la prise de décision ;
- l'architecture logicielle et matérielle du réseau numérique interne au véhicule, avec une volonté de découpler les cycles de développement du matériel et des logiciels afin de permettre un développement plus rapide et plus fréquent des logiciels, comprenant ;

- l'architecture électrique et électronique du véhicule : la constitution d'une norme ISO de cette architecture devrait probablement se faire en parallèle ;
- la partie collaborative du système d'exploitation, dont la cybersécurité ;
- les applications numériques (qui peuvent être ajoutées sur le logiciel et qui seront compétitives) ;
- des transferts massifs de données depuis les véhicules vers le cloud, permettant d'améliorer les outils de simulation nécessaires au développement de l'intelligence artificielle du véhicule..

Ils citent également la supervision, les jumeaux numériques des routes (ou rues), au fur et à mesure de l'élaboration des cas d'usage correspondants, la création d'une base de données de conduite commune, pour définir des scénarios utilisables pour la certification et la simulation ainsi que le *cloud* et les équipements routier.

Ils reprennent les cas d'utilisation de véhicules automatisés et connectés qui leur avaient été proposés, et qui sont déjà explicité dans les paragraphes précédents ;

- des véhicules de transport en commun pouvant circuler à la vitesse d'un bus dans le centre des villes européennes ou à la vitesse d'un autocar dans les zones périurbaines ou rurales ;
- des véhicules privés autonomes pouvant circuler à vitesse normale en ville et dans les zones périurbaines et rurales ;
- des camions pouvant circuler d'un entrepôt à l'autre à vitesse normale sur les autoroutes et à faible vitesse entre la sortie d'autoroute et l'entrepôt ;
- des véhicules de livraison de marchandises pouvant circuler à faible vitesse en centre-ville ;
- des trains légers (tramways) ou des navettes autonomes pouvant circuler sur rail ou sur d'anciennes voies ferrées ;
- des machines agricoles autonomes (à faible vitesse sur la voie publique) ;

Ils ajoutent en outre, – peut-être de manière un peu trop idéaliste -, que dès lors que le développement d'expérimentations à grande échelle fait partie des projets mis en œuvre par le CCAM (premier cluster), le PIEEC devrait permettre le déploiement des concepts et des technologies ainsi testés dans toute l'Europe (sans que le passage des frontières ne soit un obstacle).

Ils partagent enfin l'intérêt pour la mise en place de territoires jumeaux d'expérimentations dans les différents pays européens.

4.4.10 Pour la création d'un PIEEC relatif aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules autonomes

En conclusion, l'absence de services de véhicules autonomes rentables (hormis bien sûr pour les métros automatiques et les drones) montre la nécessité d'investissements supplémentaires pour aboutir à la production de véhicules autonomes à des prix suffisamment attractifs pour que se crée un marché entre l'offre et la demande qui permette aux constructeurs de rentabiliser leurs investissements. Ceux-ci pourraient être déclenchés par la mise en place d'un AMI relatif aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules autonomes avec possibilité de créer un PIEEC pour les entreprises candidates, sur un périmètre large pour les véhicules de transport public (y compris les navettes pouvant circuler sur les petites lignes ferroviaires ainsi que les tramways) et pour le transport de biens et la logistique, et un périmètre plus ou moins large pour les véhicules particuliers en fonction des souhaits de la filière automobile.

Ce projet important d'intérêt commun européen devrait croiser les cas d'usage et les briques technologiques, et être évolutif dans le temps pour accompagner les industriels dans leur progression technologique.

Il devrait de plus être compatible avec la feuille de route retenue pour les opérations de recherche et de démonstration de C-CAM, en encourageant en parallèle les développements industriels.

Il devrait enfin, comme le recommande la Commission, pouvoir intégrer des PME et des ETI à condition toutefois d'adapter la procédure à des projets d'un plus petit montant et de la simplifier pour de tels acteurs.

Recommandation 16. Créer, en étroite complémentarité avec les travaux menés dans C-CAM, un PIIEC relatif aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules et systèmes de transport autonomes avec une part significative consacrée au transport public de voyageurs et de marchandises. Cette création pourrait passer en France par le lancement d'un appel à manifestation d'intérêt sur ce thème en demandant aux candidats à l'intégration dans un projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) de le signaler explicitement. L'intégration, souhaitée par la Commission, de PME et d'ETI est possible dans ce PIIEC, mais elle suppose que la procédure soit adaptée à des projets d'un plus petit montant et soit, si possible, simplifiée pour de tels acteurs.

Conclusion

Le centième anniversaire de l'association mondiale des constructeurs automobiles, célébré en février 2019 à Paris, a été fortement marqué par l'interrogation sur son devenir d'un secteur automobile européen confronté à une transition énergétique sans précédent qui doit le conduire en moins d'une génération à ne plus produire de véhicules émetteurs de gaz à effet de serre en circulation et à en réduire notablement l'empreinte carbone.

Deux ans et demi plus tard, au moment de rendre ce rapport, force est de constater que le défi qui attend la filière automobile française et européenne est encore plus redoutable : la pandémie qui sévit depuis dix-huit mois, et qui n'est malheureusement pas encore totalement terminée, a diminué ses ventes pendant plus d'une année et l'a affaiblie ; dans le même temps, la concentration toujours plus importante de gaz à effet de serre dans l'atmosphère conduit un grand nombre de pays à adopter un objectif de neutralité carbone à 2050 et à fixer des objectifs de réduction toujours plus ambitieux.

Au contraire, les géants américains du numérique ont continué pendant la crise à accumuler des bénéfices et peuvent consacrer des quantités d'argent considérables au développement des véhicules de demain et à celui de leurs composantes que ce soient l'intelligence artificielle, le réseau numérique embarqué, les motorisations électriques sur lesquelles les progrès sont significatifs, les batteries ... Les grandes entreprises chinoises ont bénéficié quant à elles d'une reprise rapide de l'économie, des bénéfices du secteur numérique et du développement d'une classe moyenne chinoise toujours plus importante et de plus en plus désireuse d'accéder à des véhicules automobiles de bonne qualité.

Dans ces conditions, la filière automobile européenne doit réussir sa transition énergétique en accompagnant au maximum, avec l'aide des pouvoirs publics, le devenir de ses entreprises et de ses salariés, c'est sa première priorité.

La concurrence dans le développement des véhicules automatisés et connectés ainsi que des véhicules autonomes pourrait ainsi sembler particulièrement inégale.

Pourtant, et c'est l'un des constats principaux de cette mission, la filière automobile française et européenne bénéficie d'un écosystème extrêmement dynamique, prêt à innover, et qui peut relever les défis d'une intelligence artificielle sûre et de confiance, de navettes publiques sans opérateur à bord roulant à des vitesses de plus en plus élevées, de tracteurs de cour fonctionnant de manière autonome, d'engins autonomes de livraison du dernier kilomètre ...

Dès lors, même si la transition énergétique du secteur et le devenir de ses salariés constituent la première priorité, il nous semble nécessaire d'aider fortement la filière, et les nombreux acteurs de son écosystème qui y sont prêts, à innover dans le domaine des véhicules connectés et automatisés ainsi que des véhicules autonomes ; puissent ce rapport et les aides à la filière, - qu'il appelle de ses vœux, y contribuer.

L'Agence de l'Innovation pour les Transports, nouvellement créée, a vocation à accompagner ceux qui inventent les transports de demain et à associer pleinement les secteurs de l'énergie, du numérique et de l'intelligence artificielle ; Elle sera donc pleinement dans son rôle dans l'accompagnement du développement des véhicules connectés, automatisés et autonomes.

Recommandation 17. Confier à l'Agence de l'Innovation pour les Transports le soin, dans le domaine des transports connectés, automatisés et autonomes, de coordonner entre les services et en étroite liaison avec le ministère de l'industrie et le SGPI, les actions de soutien à l'innovation prévues dans le cadre de ce rapport, de participer à leur mise au point et d'accompagner leur passage à l'échelle

Liste complète des recommandations

Recommandation 1. Adopter rapidement à l'UNECE (WP 29) une réglementation technique, dite « hands-off », présidant les conditions dans lesquelles un conducteur peut retirer les mains du volant tout en continuant à surveiller attentivement la route afin de garantir un « level playing field » comparable entre l'Union européenne et le reste du monde.21

Recommandation 2. En s'appuyant sur les travaux français, allemands et européens, engager, au sein du Forum mondial pour l'harmonisation des règlements sur les véhicules, la mise au point des réglementations techniques permettant l'homologation et la circulation des navettes publiques et minibus autonomes, des robots-taxis (avec superviseur extérieur au véhicule) et des véhicules de livraison de marchandises sans chauffeur.29

Recommandation 3. Favoriser l'adoption, conformément aux propositions de la Commission, d'un cadre juridique permettant d'homologuer à l'échelle européenne, et d'autoriser, de manière harmonisée en Europe, le fonctionnement de véhicules et de systèmes de transports automatisés et connectés (transports collectifs, robots-taxis, transport de marchandises, engins agricoles ...) :33

a) établir, par un acte d'exécution, le cadre juridique définissant les objectifs de sécurité applicables à la conduite automatisée, la méthodologie d'approbation et le contrôle des mesures proposées pour les atteindre,.....33

b) définir, par un acte d'exécution, les prescriptions à appliquer pour accorder l'homologation européenne de véhicules sans chauffeur entrant dans les catégories internationales,.....33

c) intégrer dans une révision du règlement de 2018 relatif à la réception des véhicules à moteur les nouveaux véhicules (automatisés, sinon autonomes) n'entrant pas dans les catégories internationales actuelles (navurb, droïdes) de façon à pouvoir leur accorder une homologation européenne,.....33

d) préciser les conditions dans lesquelles un conducteur peut légalement retirer les mains du volant (réglementation dite « hands-off »).....33

Recommandation 4. Défendre ensuite ces avancées réglementaires auprès de l'UNECE.33

Recommandation 5. Définir une homologation des véhicules autonomes de livraison du dernier kilomètre qui puisse être reprise rapidement au niveau européen afin que les constructeurs puissent bénéficier des potentialités de l'ensemble du marché unique européen.45

Recommandation 6. Prévoir l'adaptation à la circulation sur routes ouvertes des engins agricoles déjà autonomes dans les champs qui seraient amenés à se déplacer à faible vitesse sur la voie publique sur des trajets courts.....45

Recommandation 7. Renforcer massivement les efforts de recherche consacrés à l'IA (données, connaissances, algorithmes et systèmes) des véhicules automatisés et connectés ainsi que des véhicules et systèmes de transport autonomes. Ce renforcement pourrait donner lieu à l'élaboration des programmes spécifiques et à leur coordination entre l'ensemble des acteurs concernés de la recherche (programme national de recherche relatif au développement des véhicules automatisés et connectés, ainsi qu'à celui des véhicules autonomes, grand défi spécifique au véhicule autonome, ...). Partager ces efforts ensuite au niveau européen. Ces efforts pourraient porter notamment sur les actions suivantes :62

a) engager, ainsi que le suggère l'Inria, un programme de recherche et développement intégrant la problématique de l'apport de raisonnement de type sens commun à la prise de décision ;62

b) renforcer les recherches sur les interactions de conduite entre le conducteur et le système automatisé (CNRS notamment) ;62

c) renforcer les recherches sur le renforcement de la pile logicielle des véhicules autonomes, en particulier sur la mise au point d'une intelligence artificielle sûre, de confiance, vérifiable et explicable pour les véhicules, ainsi que sur les thématiques poursuivies dans le cadre du Grand défi « sécurisation, fiabilisation et certification des systèmes à base d'intelligence artificielle » qui devrait notamment permettre la certification des systèmes à base d'intelligence artificielle (CNRS, Gustave Eiffel, CEA notamment);62

d) renforcer les recherches et développements sur les méthodes et outils de validation et d'homologation des systèmes de mobilité autonome ;62

e) renforcer les recherches et développement sur la cybersécurité et la sécurisation des échanges des données des véhicules automatisés (CNRS, CEA, Inria notamment).....62

f) renforcer les recherches et le développement des futures composantes de l'architecture électrique et électronique du véhicule (CEA notamment);62

g) renforcer la recherche sur l'optimisation des logiciels de reconnaissance de forme (en automatisant par exemple l'étiquetage).62

Recommandation 8. Lancer un appel à projet dans le cadre du PIA4 pour le développement d'engins de livraison autonomes du dernier kilomètre pour développer le positionnement des acteurs français sur ce créneau (en laissant la possibilité aux entreprises qui le souhaiteraient de se déclarer également

intéressées par un PIIEC).	65
Recommandation 9. Intégrer dans les appels à projet du PIA4 les tramways autonomes et les véhicules et systèmes de transport autonomes, routiers ou ferroviaires, pouvant circuler sur des petites lignes.	67
Recommandation 10. Poursuivre les expérimentations relatives à l'utilisation de la 5G sur les routes afin de préciser les caractéristiques physiques et économiques de son application aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules et systèmes de transport autonomes.	81
Recommandation 11. Créer les synergies nécessaires pour que les acteurs du transport français participent à la création d'un cloud transport européen performant	81
Recommandation 12. Accompagner dans la protection de la propriété intellectuelle les petites entreprises françaises en pointe sur des éléments du puzzle technologique nécessaire à la conduite autonome de niveau 4.....	87
Recommandation 13. Renforcer les coopérations à l'échelle européenne pour :.....	89
a) débattre, notamment lors de la présidence française, des règles d'éthique qui pourraient s'appliquer dans l'ensemble de l'Union européenne aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules autonomes ;	89
c) définir les principes sur lesquels pourraient s'appuyer l'architecture électrique et électronique et créer non seulement la partie collaborative du software mais aussi certaines composantes du hardware ;	89
d) favoriser la mise en place de partenariats européens destinées à développer des navettes autonomes de niveau quatre pouvant être mises en service dans l'ensemble de l'Union européenne ;	89
d) créer dans plusieurs pays européens des zones jumelées et étendues d'expérimentation des véhicules automatisées et autonomes et favoriser l'expérimentation de véhicules dans l'ensemble de ces zones.	89
Recommandation 14. Partager les données de roulage et créer un outil de simulation qualifié qui puisse servir à la fois à l'entraînement des systèmes automatisés mais aussi à les tester.	89
Recommandation 15. Afin d'aboutir à un meilleur fonctionnement de C-CAM et à une meilleure appropriation de C-CAM par les acteurs français,.....	106
a) encourager tous les acteurs français potentiellement concernés à adhérer à	

l'association C-CAM, y compris les ministères intéressés (transport en particulier) mais aussi les organismes qui lui sont rattachés, ainsi que les organismes de recherche et les universités intéressés par ce sujet, 106

b) créer une journée d'information et de sensibilisation à la démarche C-CAM avec l'ensemble des acteurs français concernés en invitant la Commission et les représentants de l'association,..... 106

c) veiller à ce que l'association C-CAM pratique une réelle politique de transparence ; 106

d) mettre en place un club des collectivités intéressées par le transport automatisé ou autonome et par C-CAM ;..... 106

e) renforcer le poids et le rôle d'accompagnement des États-membres dans C-CAM, en mettant en place un groupe des États-membres au sein de l'association C-CAM.. 106

f) veiller dans un dialogue direct avec la Commission à ce que la répartition du financement entre les différents modes de transport soit bien respecté..... 106

Recommandation 16. Créer, en étroite complémentarité avec les travaux menés dans C-CAM, un PIIEC relatif aux véhicules automatisés et connectés ainsi qu'aux véhicules et systèmes de transport autonomes avec une part significative consacrée au transport public de voyageurs et de marchandises. Cette création pourrait passer en France par le lancement d'un appel à manifestation d'intérêt sur ce thème en demandant aux candidats à l'intégration dans un projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) de le signaler explicitement. L'intégration, souhaitée par la Commission, de PME et d'ETI est possible dans ce PIIEC, mais elle suppose que la procédure soit adaptée à des projets d'un plus petit montant et soit, si possible, simplifiée pour de tels acteurs. 126

Recommandation 17. Confier à l'Agence de l'Innovation pour les Transports le soin, dans le domaine des transports connectés, automatisés et autonomes, de coordonner entre les services et en étroite liaison avec le ministère de l'industrie et le SGPI, les actions de soutien à l'innovation prévues dans le cadre de ce rapport, de participer à leur mise au point et d'accompagner leur passage à l'échelle..... 127

Annexes

1 Lettre de mission

Le Premier Ministre

CGEDD n° 013780-01

- 1 4 3 / 2 1 SG

Paris, le – 3 FEV. 2021



Monsieur le député

L'automatisation et la connectivité présentent des enjeux majeurs pour le développement d'une mobilité sûre et plus durable, au bénéfice des usagers et des territoires. Il s'agit également de perspectives essentielles pour l'avenir des filières concernées, tant dans l'automobile que dans les transports publics, la logistique, l'infrastructure et, plus largement, dans les technologies numériques appliquées à la mobilité. Les enjeux de souveraineté française et européenne dans ces technologies, ces systèmes et ces services, sont aussi nombreux.

C'est pourquoi la France et l'Europe se sont engagées dans des stratégies de développement de la conduite automatisée et connectée, avec la publication de documents stratégiques en mai 2018. En France, la stratégie nationale sur les véhicules automatisés est animée par Mme Anne-Marie IDRAC, en lien avec l'éco-système industriel animé par le programme France Véhicules Autonomes.

La réactualisation 2020 de la stratégie nationale prend en compte l'avancée des actions publiques conduites depuis 2018 (notamment en application de la loi n° 2019-486 du 22 mai 2019 relative à la croissance et la transformation des entreprises et de la loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités), la maturation des cas d'usage, les acquis des expérimentations et l'évolution du contexte international et européen.

La dimension européenne de ces enjeux est déterminante. La politique européenne en la matière revêt au moins deux aspects : réglementaire d'abord, avec le souci de mieux coordonner les positions pour peser dans les discussions internationales ; technologique ensuite avec l'ébauche de programmes d'actions avec les financements associés.

.../...

Monsieur Damien PICHEREAU
Député
Assemblée nationale
126, rue de l'Université
75006 PARIS

La clé du développement sûr de la mobilité autonome et connectée réside en effet en grande partie dans la concordance des agendas industriels et du rythme d'élaboration du cadre réglementaire, qui doit être à même de traiter des cas d'usage au moment où ils arrivent à maturité technologique et économique sur les marchés. Il s'agit d'un préalable au lancement d'une véritable politique publique française et européenne ambitieuse en faveur du développement du véhicule autonome.

Les leviers d'action européens dans ce domaine sont variés, et couvrent, outre les aspects règlementaires (sécurité et homologation des véhicules), les exigences relatives à la connectivité, la régulation des données, le soutien aux projets pilotes, le soutien au déploiement dans le cadre des réseaux trans-européens, l'animation des éco-systèmes sous forme de plateformes, la recherche et l'innovation, au travers du programme Horizon Europe.

Au travers de ces leviers, les potentialités de soutien européen aux partenariats sont variées. Par exemple, la CCAM platform constitue un cadre de concertation privilégié pour la Commission européenne, qui a permis de faire naître un partenariat de recherche et d'innovation dans le cadre de la préparation d'Horizon Europe (CCAM partnership). Pour les projets relatifs à la connectivité, l'action européenne a permis de constituer des consortiums publics-privés œuvrant sur la coordination des déploiements ainsi que sur des sujets d'interopérabilité.

C'est précisément sur la dynamique européenne en la matière que je souhaite vous confier une mission, afin de faire peser encore davantage tant nos visions politiques que les intérêts des acteurs français.

L'objectif de votre mission consistera à identifier les potentialités et les priorités de partenariats européens pour le développement de la mobilité automatisée et connectée.

De tels partenariats pourraient couvrir la recherche, l'innovation, les démonstrateurs, les déploiements pilotes, la formation aux nouvelles compétences ou la normalisation. Les partenariats pourraient concerner autant les services que les systèmes intégrés ou certaines briques technologiques, notamment dans le domaine de la perception et des capteurs, des algorithmes, de la connectivité, de la cartographie, de la supervision, de la validation et de la simulation. Les domaines d'usage (véhicule particulier, transport public et partagé, logistique urbaine, fret) seraient tous couverts. Sur le volet industriel, le rapport de MM. Pelata et Mosquet de 2019 avait proposé plusieurs pistes de travail (maîtrise des briques logicielles, base de données des situations de conduite, certification). Ces axes doivent être approfondis.

Il sera impératif d'identifier, au sein de ces potentialités de partenariats, les thématiques qui relèvent du pré-concurrentiel et les enjeux d'interopérabilité et de normalisation sous-jacents.

Cette approche européenne devra intégrer les initiatives bilatérales déjà engagées ; en particulier, la coopération entre la France et l'Allemagne autour de la conduite automatisée lancée en 2017, et qui a été élargie ensuite au Luxembourg et à la Belgique, visant à faciliter des expérimentations transfrontières, sur une zone située entre la Moselle, la Sarre, le Luxembourg et le sud de la Wallonie.

.../...

3.

Il vous est ainsi proposé de mener un travail de réflexion et de concertation, avec l'ensemble des acteurs concernés au niveau français, ainsi qu'avec plusieurs acteurs européens, notamment allemands, espagnols, belges et luxembourgeois.

Vous bénéficierez pour cette mission, qui sera conduite en relation avec celle de Mme Anne-Marie IDRAC, de l'appui technique de la direction générale des infrastructures, des transports et de la mer, de la direction générale de l'énergie et du climat, de la direction générale des entreprises ainsi que des services de la direction des affaires européennes et internationales du ministère de la transition écologique et des services économiques dans les États membres de l'Union Européenne.

Vous veillerez à élaborer vos recommandations dans le respect des règles d'indépendance, d'impartialité et d'objectivité qui s'imposent au titre de la loi n° 2013-907 du 11 octobre 2013 relative à la transparence de la vie publique, et à m'informer des éventuelles mesures prises à cet effet.

Un décret vous nommera, en application de l'article L.O. 144 du code électoral, parlementaire en mission auprès de Mme Barbara POMPILI, ministre de la transition écologique, de M. Bruno LE MAIRE, ministre de l'économie, des finances et de la relance, de M. Jean-Baptiste DJEBBARI, ministre délégué auprès de la ministre de la transition écologique, chargé des transports et de Mme Agnès PANNIER-RUNACHER, ministre déléguée auprès du ministre de l'économie, des finances et de la relance, chargée de l'industrie.

Vous veillerez à leur présenter des points d'étape réguliers et à rendre votre rapport dans un délai de six mois.

Je vous prie de croire, Monsieur le Député, à l'assurance de mes salutations les meilleurs.

Très cordialement


Jean CASTEX

2 Liste des personnes rencontrées

2.1 Liste des personnes rencontrées par visioconférence

Prénom	Nom	Organisme	Date de rencontre
Acteurs français			
Claire	Le-Deuff	Cab transports	25 février, 3 juin, 20 juillet
Cédric	Bozonnat	Cab transports	
Pierre-Etienne	Girardot	Cab industrie	3 juin, 20 juillet
Celia	Agostini	Cab industrie	
Xavier	Delache	DGITM	
Eloise	Divol	DGITM	
Olivier	Garaud	DGITM	
Stéphane	Berger	DGE	10 mars
Tom	Bourdon	DGE	
Grégoire	Postel-Vinay	DGE	
Franck	Tarrier	DGE	
Paul	Tourrolier	DGE	
Delphine	Abramowitz	DGE	8 juin
Marc	Mortureux	PFA	16 mars
Jean-François	Sencerin	PFA	16 mars
Anne-Marie	Idrac	Haute responsable pour la stratégie nationale de développement des véhicules autonomes	16 mars
Xavier	Mosquet	BCG	16 mars
Augustin	Brochot	BCG	16 mars
Thomas	Borel	CNRS	16 mars
Philippe	Bonnifait	CNRS	
Ali	Charara	CNRS	
Antoine	Petit	CNRS	
Dominique	Gruyer	Université Gustave Eiffel	16 mars
Nicolas	Hautiere	Université Gustave Eiffel	
Abdelmename.	Hedhli	Université Gustave Eiffel	
Jean-Bernard.	Kovarik	Université Gustave Eiffel	
Yannick	Prébay	Cerema	24 mars
Philippe	Watteau	Vedecom	5 avril

Prénom	Nom	Organisme	Date de rencontre
Sabrina	Stanislas-Boumier	Qualcomm	5 avril
Anne-Lise	Thieblemont		
Sarah	Lenczner		
Guillaume	Pfister	Goggo Network	6 avril
Didier	Guillaume		
Yasmine	Fage		
Claude	Faucher	UTP	6 avril
Hubert	Richard		
Stéphanie	Lopez Azevedo		
Antoine	Colas	Transdev	8 avril
Arthur	Le Moal		
Thierry	Mallet		
Patricia	Villardosa		
Sebastien	Duplan	Renault	8 avril
Cyril	Duault		
Nicolas.	Tcheng		
Patrick	Vergelas		
Armelle.	Balvay	Michelin	8avril
Claire	Fioretti		
François	Cuny	INRIA	8 avril
Didier	Patry	France brevets	12 avril
Jean Philippe	Codet		
Guillaume	Ménage		
Charles	Roger		
Audrey	Lenne	Rivington	
Manon	Bœuf		
Marie	Gautier-Melleray	Délégation à la sécurité routière	12 avril
David	Julliard		
Marine	Molina		
Joël	Valmain		
Flavien	Neuvy	BNP Paribas Observatoire Cetelem	12 avril
Bénédicte	Barbry-Feltz	Mobivia	13 avril
Stéphane	Derville		
Nicolas	Desbocs		
Olivier	Pairot	EasyMile	13 avril

Prénom	Nom	Organisme	Date de rencontre
Benoit	Perrin		
Frédéric	Baverez	Kéolis	14 avril
Jean	Ghedira		
Anne	Lieure		
Scheherazade	Zekri		
Stéphane	Duran	Robagri	14 avril
Jean-Michel	Le Bars		
Pierre Olivier	Adrey	Macif	14 avril
Yann	Arnaud		
Xavier	Michel		
Guillaume	Roy	Kairos MSC	
Matthieu	Sassier		
Pierre	Chehwan	Navya	15 avril
Olivier	Le Cornec		
Pierre	Lahutte		
Emilie	Sausset		
Marc	Gauchée	Inrae	20 avril
Roland	Lenain		
Serge	Boverie	Continental France	21 avril
Jerôme	Boyer		
Helen	Clergeau		
David	Daurenjou,		
Denis	Favresse		
Mathieu	Gratiot		
Jean-Marc	Heller		
Stefan	May		
Eric	Vincelot		
Hugues	Grout	Agence Proche	
Vincent	Abadie	Stellantis	21 avril
Laurent	Fabre		
Marie-Christine	Esposito	DGTM	26 avril
Christel	Fiorina		
Bernard	Schwob	CGEDD	
Jean-René	Lequepeys	CEA	26 avril

Prénom	Nom	Organisme	Date de rencontre
Stéphane	Cossé	COVEA	26 avril
Romain	Cros		
Ann	Steenackers		
Jean	Todt	FIA	27 avril
France	Beury		27 avril
Alexis	Degouy		
Julie	Couton	Kairos MSC	
François	Cuny	INRIA	27 avril
Benjamin	Beaudet	Beti	29 avril
Véronique	Berthault	RATP	29 avril
Côme	Berbain		
Thomas	Matagne Le Provost	Ecov	4 mai
Cédric	Thoma	Tesla	5mai
Marc	Van Impe		
Pierre	Chehwan	Navya	11 mai
Olivier	Le Cornec		
Kathleen	Ramuet		
Renaud	Vedel	Coordinateur de la Stratégie nationale pour l'intelligence artificielle	19 mai
Julien	Chiaroni	Directeur du Grand Défi "Sécurisation, certification et fiabilisation de l'intelligence artificielle" -SGPI	19 mai
Florence	Melin	Robert Bosch GmbH	19 mai
Martin	Sauer		
Eckard	Steiger		
Ann-Kathrin	Wienecke		
Andi	Winterboer		
Pierre	Chehwan	Navya	20 mai
Olivier	Le Cornec		
Pierre-Eliott	Petit		
Lilian	Birocheau		
Alexandre	Bounouh	CEA List	27 mai
Véronique	Berthault	GT STPA-PFA	27 mai
Olivier	Pairot	Easymile	1 ^{er} juin
Benoit	Perrin		
Paul	Labrogere	SystemX	15 juin
Abdelkrim	Doufene		15 juin

Prénom	Nom	Organisme	Date de rencontre
Philippe	Gaches	CARA/Renault Trucks/ GT TBLA	15 juin
Raja	Chatila	Comité national pilote d'éthique du numérique	16 juin
Martine	Teissier		
Régis	Coat	Taxirail	29 juin
David	Borot	SNCF	30 juin
Vincent	Abadie	Stellantis	30 juin
Isabelle	Edessa		
Franck	Lamanna	Alstom	30 juin
Jean-Marc	Pagliero		
		Projet Trapèze	
Guillaume	Crunelle	Deloitte	13 juillet
Pierre	Delaigue	Vinci	
Carmen	Duhem	Deloitte	
Eric	Lacombe	Nokia	
Thomas	Matagne Le Provost	Ecov	
Isabelle	Paulin Jardel	Renault	
Olivier	Perrin	Deloitte	
Jean-Michel	Pinto	Deloitte	
Claude	Pénicand	IGN	15 juillet
Dominique	Défossez	NXP	20 juillet
François	Seneschal		
François	Croc	Stellantis	20 juillet
Eric	Dequi		
Isabelle	Edessa		
Armando	Hernandez		
Acteurs allemands			
Emmanuel	Lagrandeur-Bouressy	Mission économique Berlin	27 avril
Antoine	Rebaudieres		
Oliver	Luksic	Député allemand	12 mai
Sebastian	Peter	Administrateur	
Christophe	Arend	Député français	
Sophia	Braun	Administratrice	
Joachim	Damasky	VdA	27 mai
Elif	Akova	BMwi	30 juin

Prénom	Nom	Organisme	Date de rencontre
Reinhold	Friedrich	BMbf	
Christhard	Gelau	BMvi	
Matthias	Marx	BMwi	
Hanna	Blankemeyer	ZF	13 juillet
Richard	Bleunven		
Victor	da Cruz		
Werner	Engl		
Louise	de la Fortelle		
Emanuele	Leonetti	VdV	15 juillet
Martin	Schmitz		
Acteurs belges et luxembourgeois			
Pascale	Gay-Gressin	Ambassade de France au Luxembourg	20 mai
Aude	Robin-Mitrevski	Mission économique Bruxelles	20 mai
Acteurs espagnols			
Yasser	Abdoulhoussen	Mission économique Madrid	29 avril
Sandra	De Gregorio		
Anaëlle	Lognos		
Ricardo	Chicharro	2 RK	15 juin
Javier	Garcia-Guzman	Universidad Carlos III de Madrid	15 juin
Elena	De la Pena	Asociación Española de la Carretera	15 juin
Valentin	Alonso	Avanza	16 juin
Antonio	Garcia Pastor	Avanza	
María	Izaguirre	Novadays	1er juillet
Gaël	Queralt	INDCAR	15 juillet
Acteurs estoniens			
Kévin	Paillier	Ambassade de France en Estonie	1er juillet
Nathan	Marcel-Millet		
Acteurs hollandais			
Claire	Monne	Mission économique La Haye	29 avril
Samy	Ouashine		
Benoît	Sénéchal		
Acteurs italiens			
Claire	Bergé	Mission économique Rome	27 avril
Roberto	Maldacea	Navya Italie	11 mai
Tommaso	Gecchelin	Next Future transportation,	18 mai
Alessandro	Morelli	Vice- mlnistre des transports italien	19 mai

Prénom	Nom	Organisme	Date de rencontre
Mario	Nobeli		
Nicola	Farronato	Torino City Lab	27 mai
Gianmarco	Giorda	Anfia	15 juillet
Acteurs suédois			
Maria	Backlund	BIL Sweden	16 juin
Henrik	Gustafsson	Scania	
Mikael	Isaksson	Volvo Cars	
Mikael	Johansson	AB Volvo	
Niklas	Kilberg	Volvo Cars	
Jean-Marc	Lange	AB Volvo	
Anders	Norén	BIL Sweden	
Julien	Grosjean	Ambassade France Suède	30 juin
Acteurs européens et internationaux			
Maxime	Flament	5GAA	14 avril
Mark	Huitema	ACEA	4 mai
Jost	Vantomme		
Thorsten.	Muschal	CLEPA	5 mai, 15 juin
Christophe	Aufrère	Faurecia	
William	Moreau		
David	Storer		
Sigrid	de Vries		
Henriette	Cornet	UITP	11 mai et 1 ^{er} juin
Mohamed	Mezghani		11 mai
Fabrice	Dubreuil	Représentation permanente de la France auprès de l'Union européenne	12 mai
Nicolas	Gouze	EPOSS	18 mai
Gereon	Meyer		18 mai, 16 juin
Armin	Graeter	Ertrac (BMW)	3 juin
Jean-Luc	Di Paola Galloni	Ertrac (Valéo)	
Karen	Van Kluysen	Polis	16 juin
Martin	Böhm	C-Roads Platform	16 juin
Martin	Russ		
Antony	Lagrange	DG GROW	29 juin
Jacqueline	Erhart	ASECAP	1er juillet
Dimitrios	Ioannou		
Malika	Seddi		

Prénom	Nom	Organisme	Date de rencontre
Kristian	Hedberg	DG Move	13 juillet
Philippe	Froissard	DG RTD	15 juillet
Suzanna	Kraak		
		Auteurs Feuille de route C-CAM	
Gereon	Meyer	Eposs	15 juillet
Eckard	Steiger	Bosch	

2.2 Liste des personnes rencontrées en présentiel

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
Déplacement Châteauroux : piste d'essai Kéolis (Centre national tir sportif) : 2 juin 2021				
Gil	Avérous		Maire de Châteauroux - Président de Châteauroux Métropole	
Emmanuel	Gerber		Responsable transport métropole	
Marc	Mennessier	CNTS	Directeur centre national tir sportif	
Scheherazade	Zekri	Kéolis		
Clément	Aubourg			
Christophe	Sanglier			
Réunion Navya : 17 juin 2021				
Pierre	Chehwan	Navya		
Pierre	Lahutte	Navya		

3 L'approche française de validation des systèmes et d'homologation des véhicules.

Le texte ci-dessous a été rédigé en avril 2019 par le Ministère de la transition écologique et solidaire pour expliquer sa nouvelle approche de validation.

Le développement des systèmes de conduite hautement automatisés appelle à préparer une nouvelle approche de validation par les autorités publiques : l'homologation « classique » des véhicules, fondée sur les performances des organes (ex : direction, freinage, éclairage) (dite approche « verticale ») est en effet peu adaptée au développement du véhicule autonome, qui constitue un système (véhicule + conducteur + conditions de circulation).

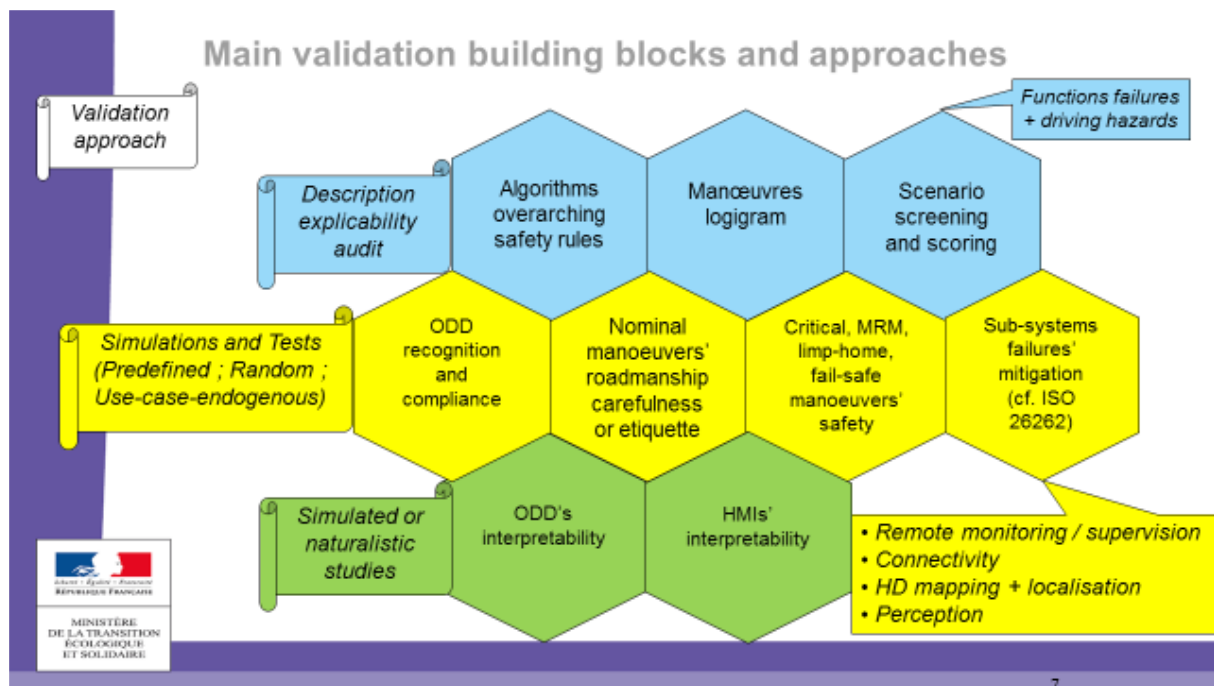
Les travaux internationaux et européens se lancent activement sur ces questions. La France y est très présente, en proposant des concepts d'homologation garantissant des niveaux de sécurité à la hauteur des ambitions mises en avant pour le véhicule autonome.

Ainsi, la France a présenté en janvier 2019 à l'ONU (WP29/groupe de travail sur la réglementation technique et la validation des véhicules autonomes), une nouvelle approche de validation (cf. schéma ci-dessous) fondée sur trois principaux objets de validation :

- les principes et règles de conception (définition des domaines d'emploi, architecture fonctionnelle de haut niveau du système et des sous-systèmes, règles de haut niveau des manœuvres, règles de haut niveau de conception des algorithmes, principes visant à la bonne interprétation des interfaces homme-machine (IHM)) ;
- le fonctionnement du système en situation nominale (reconnaissance du domaine d'emploi, exécution des manœuvres nominales en respect des règles de conduite, interprétation des IHM)
- l'évaluation et le traitement des risques (identification et classification des scénarios critiques, évaluation des risques, stratégies de réduction des risques, réponses aux risques identifiés, dont manœuvres d'urgence...)

Trois types d'outils de validation peuvent être mis en œuvre pour valider ces trois objets :

- L'audit, s'appuyant sur des descriptions et le caractère explicable des principes de fonctionnement (règles de haut niveau de conception des systèmes et des algorithmes, identification et notation des scénarios de risques, enchaînements ou logigrammes de manoeuvre) ;
- les tests et simulations (reconnaissance du domaine d'emploi, manœuvres nominales respectant les règles de conduite et « l'étiquette » du comportement routier, manœuvres de mise en sécurité, réduction des défaillances des sous-systèmes,...) ;
- les études de comportement in situ (*naturalistic studies*) (interprétabilité du domaine d'emploi et de l'IHM,...).



Les principes suivants sont par ailleurs proposés :

- la validation doit traiter une grande variété de cas d'usage (différentes fonctions automatisées, différents domaine d'emploi ; différents types de manoeuvres autonomes) ;
- la validation doit vérifier que les risques raisonnablement prévisibles, combinant défaillances du système et risques de conduite, sont identifiés et traités et que leurs impacts sont minimisés ;
- la transparence de la gestion des scénarios de risque pour l'analyse de la sécurité est essentielle pour créer un juste équilibre entre les processus de validation internes et la procédure de validation publique ;
- la validation par les autorités publiques devrait:
 - se concentrer sur les réponses de conduite (manoeuvres) aux défaillances des systèmes et aux dangers de la conduite ;
 - évaluer à la fois ;
 - la sécurité des manoeuvres critiques, répondant aux scénarios de conduite les plus risqués ;
 - la sécurité des manoeuvres courantes ;
 - combiner des tests physiques, des simulations et des audits de processus de démonstration de sécurité internes ;
- les tests physiques doivent combiner:
 - une approche standardisée, pour un ensemble limité de fonctions ou de manoeuvres communes ;
 - une approche spécifique aux cas d'utilisation, basée sur l'analyse de risque ;
- l'audit du processus doit être basé sur des descriptions interprétables :
 - des architectures des systèmes ;

- des enchaînements de manœuvres ;
- des règles de sécurité générales des manœuvres ;
- des méthodes d'identification et de quotation des risques ;
- des risques identifiés comme les plus critiques ;
- des méthodes utilisées pour la démonstration de la sécurité face à ces risques.

4 Les réponses au questionnaire de l'UITP montrent l'engagement d'un certain nombre d'acteurs européens dans le développement des navettes autonomes

Lors des entretiens entre le député Damien Pichereau, Monsieur Mohamed Mezghani, Président de l'Union Internationale des Transports Publics (UITP)²⁰⁷, et Madame Henriette Cornet, coordinatrice du projet SHOW et en charge des activités liés à C-CAM au sein de l'UITP, sur l'intérêt des véhicules autonomes pour le transport public et de la mise en place d'un projet important d'intérêt commun européen (PIIEC) pour en accélérer le déploiement, est née l'idée d'interroger un certain nombre de membres européens de l'UITP pour connaître leurs opinions sur l'intérêt de créer un projet important d'intérêt commun européen relatif aux véhicules automatisés et connectés et aux véhicules autonomes ainsi que leur intention de participer à un tel PIIEC.

Le questionnaire correspondant figure dans le dernier paragraphe de cette annexe.

Quatre questions étaient posées à l'issue d'un texte décrivant le développement actuel des véhicules autonomes en Europe et ce que pourrait être un PIIEC correspondant :

- partagez-vous l'idée selon laquelle il est souhaitable de recourir à un PIIEC, venant renforcer le partenariat C-CAM, pour accélérer le déploiement du véhicule automatisé et connecté en Europe ?
- êtes-vous favorable à ce que ce PIIEC associe des véhicules différents afin d'aboutir à une synergie entre les différents secteurs ?
- à quels cas d'usages et à quelles briques technologiques donneriez-vous la priorité ?
- si une telle procédure était effectivement mise en place, croyez-vous que votre entreprise et/ou votre pays pourraient y participer ?

4.1 Les principaux enseignements issus des réponses à ce questionnaire

Ce questionnaire ne permet pas de tirer d'enseignement quantitatif : il n'était en effet adressé qu'à un certain nombre de membres de l'UITP. Néanmoins, il présente un certain nombre d'enseignements intéressants sur l'existence d'acteurs désireux de s'impliquer dans le développement du véhicule autonome, ainsi que sur la vision qui se dégage de leurs réponses.

4.1.1 Des acteurs désireux de s'engager provenant de plusieurs pays

Les réponses reçues traduisent la volonté des acteurs qui en sont les rédacteurs de s'engager dans le développement de véhicules autonomes pour le transport public. L'origine de ces réponses est ainsi intéressante tant du point de vue géographique que de la nature des entreprises qui répondent. De fait, ces réponses proviennent :

- de plusieurs pays bien identifiés comme l'Allemagne, la Suède, l'Italie, l'Espagne ou la France, mais aussi des pays que la mission n'avait pas sollicités, tel la Pologne ;
- et d'entreprises extrêmement différentes correspondant à :

²⁰⁷ Union Internationale des Transports Publics <https://www.uitp.org/>

- des constructeurs : Siemens²⁰⁸ (Allemagne) et Scania²⁰⁹ (Suède) qui ont répondu sur le développement des véhicules autonomes dans le transport public et dont les pages internet montrent qu'elles développent bien d'autres applications de véhicules autonomes. Mais aussi Solaris²¹⁰, entreprise polonaise productrice de bus depuis 1996 et qui développe en particulier des systèmes d'assistance à la conduite pour les bus ;
- des sociétés d'ingénierie : INIT²¹¹, créée en 1995 comme *spin off* de l'université de Karlsruhe spécialisée dans la gestion des tâches quotidiennes pour les transports publics (planification et affectation des ressources, billettique et gestion des tarifs, système d'aide à l'exploitation et information voyageur, analyse et optimisation) qui souligne que le contrôle d'accès exercé par le chauffeur n'existe pas dans des navettes ou bus autonomes ; mais aussi SENER²¹², groupe d'ingénierie et de technologie espagnol fondé en 1956, spécialisé dans les solutions technologiques dans le domaine de l'ingénierie et la construction, qui travaille notamment pour le ministère de la défense, dans la géolocalisation (éventuellement dégradée) des véhicules autonomes.
- des sociétés d'exploitation des transports publics : Transdev²¹³ (France), Hamburg Hochbahn qui exploite le réseau de bus, de tramways et de métro de la ville de Hambourg et qui à travers le projet HEAT, expérimente des services de minibus électriques sans chauffeur²¹⁴ ; Trieste Trasporti²¹⁵ qui est la régie des transports en commun de la province de Trieste,
- des associations nationales du transport public : le VDV allemand, l'association des entreprises allemandes du transport public de voyageurs et du fret ferroviaire, qui s'intéresse depuis longtemps au développement du véhicule autonome²¹⁶ en considérant que cette innovation peut transformer de manière radicale le monde des transports.

4.1.2 Les principaux messages généraux qui ressortent des réponses

Premier élément important : pour plusieurs de ces entreprises, notamment Scania et le VdV, le transport autonome va constituer un élément de transformation extrêmement important du transport en général et du transport public en particulier, ce qui conduit à lui accorder une priorité importante dans l'agenda des transports et de l'industrie de l'Union européenne. Mais son développement a besoin d'un cadre réglementaire bien défini et homogène dans l'ensemble des pays européens : Solaris souligne ainsi la nécessité de pouvoir bénéficier d'une procédure d'homologation et d'autorisation clairement définie : par qui, comment, et selon quelle méthodologie cette homologation/autorisation sera-t-elle accordée ?

Les entreprises insistent également sur l'intérêt du PIIEC comme outil financier et souhaitent qu'il puisse financer la phase d'industrialisation et de pré-déploiement notamment des navettes publiques jusqu'à la mise en place d'un modèle économique stabilisé.

L'association de plusieurs types de véhicules dans le PIIEC n'est remise en cause par aucune réponse :

²⁰⁸ <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/industries/automotive-transportation/autonomous-vehicles.html>

²⁰⁹ <https://www.scania.com/group/en/home/about-scania/innovation/technology/autonomous-solutions.html>

²¹⁰ <https://www.solarisbus.com/en/busmania/driver-assistance-automatic-systems-in-solaris-vehicles-965>

²¹¹ <https://www.initse.com/frde/accueil/>

²¹² <https://www.aeroespacial.sener/en/products/arco-project>

²¹³ <https://www.transdev.com/en/our-innovations/shared-autonomous-mobility/>

²¹⁴ https://www.hochbahn.de/hochbahn/hamburg/en/home/projects/expansion_and_projects/project_heat

²¹⁵ <https://www.triestetrasporti.it/en/our-company/>

²¹⁶ <https://www.vdv.de/position-autonom-mmm-praesidium-vdv-eng.pdf>

une réponse demande d'approfondir cette idée en analysant et en documentant explicitement la manière de créer ces synergies.

Pour le choix des cas d'usage, la circulation de navettes ou minibus à la vitesse d'un bus en ville et d'autocar en périurbain et rural, ainsi que le développement des trains légers pour les petites lignes reviennent le plus souvent. Au-delà des réponses proposées par le questionnaire, apparaît également l'idée de créer des véhicules assurant à la fois le transport de personnes et de biens, avec des véhicules adaptables ou avec des véhicules pouvant effectuer les deux fonctions à la fois.

Dans le domaine des briques technologiques, plusieurs entreprises insistent sur l'idée d'accorder une priorité :

- à des opérations de validation à grande échelle (avec plus de vingt véhicules) ;
- au déploiement de services réels au sein de l'écosystème ;
- à la supervision (en demandant à ce que soient bien distinguées les fonctions confiées au superviseur de celles qui doivent rester dans le logiciel du véhicule) ;
- les capteurs nécessaires (et plus généralement les infrastructures) externes aux véhicules nécessaires pour la conduite autonome ;
- la manière de comprendre et de mesurer la sûreté et l'impact des véhicules autonomes dans leur environnement.

La priorité à accorder au développement des applications numériques pour l'information du client, pour la billettique ou pour la recherche d'itinéraire est également mentionnée.

Dernier constat enfin, les entreprises se disent prêtes à participer à un PIIEC sur les transports automatisés et/ou autonomes, en précisant toutefois qu'elles ne participeront que dans la mesure où les briques technologiques qu'elles produisent ou qu'elles utilisent en feront partie et en dénonçant, tout au moins pour l'une d'entre elles, le poids de la gestion administrative dans C-CAM (et la lourdeur des démarches sur le suivi des dossiers de financement au niveau européen) sans pour autant vouloir éviter les étapes formelles et nécessaires de constitution de dossier.

4.1.3 Les principaux messages de l'association des entreprises allemandes du transport

La réponse du VDV, l'association des entreprises allemandes du transport public de voyageurs et du fret ferroviaire, mérite une attention particulière compte tenu non seulement de l'engagement allemand dans le développement de ces véhicules, mais aussi de sa vision de ce développement.

Le VDV inscrit son soutien au développement des véhicules automatisés et autonomes, et donc à un PIIEC correspondant, dans une vision de la transition vers la mobilité durable. Le véhicule autonome doit être déployé et intégré dans les transports publics et dans le développement d'utilisations commerciales et non pas pour des usages personnels. Dans cette optique, l'approche européenne du véhicule autonome devrait se concentrer sur la mobilité inter et multimodale partagée avec différents modes de transport (automatisés) (bus, minibus, tramway, tramway, etc.). En particulier dans les zones urbaines et les villes, les systèmes de transport public de masse tels que les systèmes de tramway, de train et de bus rapides devraient toujours constituer l'épine dorsale de la mobilité urbaine. Pour le VDV, le « robot-traffic » induit et les embouteillages doivent être évités. La voie vers une transition vers une mobilité durable tournée doit ainsi être électrique, connectée et partagée.

La numérisation et l'automatisation contribueront à promouvoir de nouveaux modes de transport. Et chaque mode de transport a ses propres spécifications, règles et exigences. Le VDV demande ainsi la mise en place d'un cadre clair pour l'automatisation des véhicules, y compris une réglementation efficace du marché pour les fournisseurs de mobilité (STN) utilisant des plates-formes numériques situées à l'étranger, et soutient l'approche de la loi allemande sur les véhicules autonomes qui vise une

« mobilité autonome basée sur l'opérateur dans des environnements dédiés ». Ces environnements dédiés pourraient concerner au début de petites routes et rues et plus tard même une ville ou une municipalité entière. De cette façon, des « îlots de complexité réduite » pourront être créés et progressivement agrandis. La technologie pour cette approche de niveau 4 est là, ce qui convient aux transports publics.

Pour le secteur des transports, il est impératif d'améliorer et d'élargir l'offre de transport public. Dans la vision du VDV, il est crucial d'indiquer qu'il existera toujours une forte demande pour les emplois de conducteur. Il n'y aura pas de substitution des bus urbains avec chauffeur par des navettes autonomes. La mobilité autonome et les AV doivent être utilisés pour l'enrichissement et l'utilisation complémentaire des offres MaaS et TaaS. Surtout pour l'extension et l'expansion des services dans le premier/dernier kilomètre, dans les zones suburbaines et rurales où aujourd'hui un service efficace ne peut pas être fourni. Cette vision de la mobilité future doit inciter toutes les parties prenantes à un financement massif des villes et des communes pour investir dans les infrastructures numériques et préparer leurs villes à l'arrivée des véhicules autonomes.

Pour le VDV, le développement des véhicules autonomes se concentre sur deux concepts différents de véhicules :

- des voitures particulières automatisées pouvant emporter six à 8 passagers qui peuvent servir à du transport à la demande ou à du covoiturage.
- des navettes automatisées, avec 12 à 22 sièges, qui peuvent également servir au transport à la demande, mais dont la vocation principale réside dans la desserte des itinéraires et des lignes classiques. Ces navettes pourraient, en outre, être utilisées pour différents cas d'utilisation dans les transports publics ou la logistique et même des solutions de trafic mixte/combéné (MaaS & TaaS).

Ainsi, les véhicules eux-mêmes et le PIIEC devraient viser différents cas d'utilisation pour assurer un fonctionnement efficace du véhicule. Les navettes pourraient être utilisées le jour pour les transports publics et par exemple la nuit comme transporteur logistique.

Pour le VDV, il est important de « prouver » que les véhicules autonomes peuvent contribuer à la réduction de la congestion dans les villes, et donc de déployer non pas une ou deux navettes dans le trafic, mais de plus grandes flottes dans des zones et des régions bien identifiées avec différents cas d'utilisation pour prouver la faisabilité économique des véhicules autonomes. Le VDV souhaite donc que le PIIEC puisse prendre en charge plusieurs flottes de 10 à 30 navettes/véhicules autonomes de niveau 4 en trafic mixte.

Il insiste également sur les développements possibles potentiels des systèmes de tramways autonomes, en recommandant une révision de la réglementation et une nouvelle approche du développement des systèmes légers sur rail.

Le VDV soutient l'idée de prioriser les différents cas d'utilisation. Les solutions de hub à hub et de premier/dernier kilomètre devraient être mises en œuvre avant les autobus scolaires autonomes et le trafic interurbain. Il existe encore de nombreuses questions ouvertes concernant la circulation des véhicules autonomes, comme le centre de contrôle à distance du futur ou la mise en œuvre dans les outils d'exploitation existants des villes. De plus, de nombreuses questions restent sans réponse concernant le profil de poste des « conducteurs » ou « opérateurs » des futures solutions de mobilité autonome, l'interaction homme-machine sur la supervision des audiovisuels, etc. Le VDV recommande donc fortement de poursuivre le développement d'une feuille de route européenne de recherche et développement et de déployer des projets phares de déploiements de flottes de véhicules autonomes dans les grandes villes européennes. Cela stimulerait l'acceptation du public.

4.2 Le texte du questionnaire relatif à l'intérêt d'un projet important d'intérêt commun européen portant sur les véhicules automatisés et connectés ainsi que sur les véhicules autonomes

En vue de la présidence française de l'Union européenne, durant le premier semestre 2022, le gouvernement français a confié une mission au député Damien Pichereau portant sur l'intérêt de mettre en place un projet important d'intérêt commun européen pour accélérer le déploiement des véhicules automatisés et connectés ainsi que des véhicules autonomes.

4.2.1 Les promesses énoncées au milieu des années 2010 de véhicules de niveau 5 pouvant circuler partout en pleine autonomie dès 2020 n'a pas été tenue

Les promesses énoncées au milieu des années 2010 de véhicules de niveau 5 pouvant circuler partout en pleine autonomie dès 2020 n'a pas été tenue

Les systèmes d'IA numérique de perception ont connu des progrès remarquables ces dernières années grâce à 3 raisons principales :

- l'arrivée des algorithmes à base de réseaux convolutionnels profonds ;
- l'utilisation de grandes quantités de données labellisées et de méthodes d'optimisation capables de résoudre des problèmes complexes avec des millions de paramètres ;
- le progrès constant des capacités de calcul.

Ces méthodes, même si les progrès sont notables, ne sont pas encore totalement matures pour les véhicules autonomes. En effet, ces systèmes commettent encore des erreurs lorsque le véhicule évolue dans des conditions éloignées de celles de l'apprentissage.

" *The problem with the current state of the art systems that use deep learning is that they're trained on huge quantities of data, but they don't really understand well what they're talking about*"²¹⁷ : Yoshua Bengio .

4.2.2 Les services que peuvent offrir les véhicules automatisés et connectés à court terme

Pour autant, même si l'autonomie complète des véhicules de niveau 5 semble hors d'atteinte non seulement aujourd'hui, mais probablement également dans la décennie qui vient, les fonctionnalités des véhicules automatisés et connectés se développent et permettent d'apporter de nouveaux services aux usagers :

- l'utilisation de systèmes automatisés de maintien de la trajectoire (ALKS ou *Automated lane keeping system*) est autorisée sur des voies de type autoroutière (route interdite aux piétons et cyclistes équipées d'une séparation physique entre les deux sens de circulation), aujourd'hui à une vitesse inférieure à 60 km/h. Cette autorisation devrait s'étendre demain à des vitesses allant jusqu'à 130 km/h, et à d'autres aides à la conduite (valet de parking étendu notamment) ;
- après de longs mois d'apprentissage, des robots-taxis, et plus généralement des véhicules partagés, peuvent aujourd'hui circuler dans des zones bien délimitées : c'est le cas de Waymo à Phoenix (sur une zone de 50 km²) ;
- des navettes publiques autonomes de niveau 4, roulant au maximum à 20-25 km/h, apparaissent au stade de l'expérimentation. Même si elles n'ont pas encore trouvé leur modèle

²¹⁷ <https://www.linkedin.com/pulse/yoshua-bengio-revered-architect-ai-has-some-ideas-what-mathew-rexy/>

économique, elles devraient pouvoir offrir à court, sinon très court terme, de véritables services de transport public accessibles aux usagers ;

- des véhicules de livraison du dernier kilomètre, à faible vitesse, commencent également à apparaître et pourraient se développer dans les prochaines années.

L'Union européenne a la chance de posséder une industrie automobile puissante capable d'innover. Cette industrie regroupe les constructeurs traditionnels de véhicules individuels, de poids lourds et de véhicules pour le transport public, leurs équipementiers, mais aussi les nouveaux constructeurs de navettes autonomes pour la mobilité partagée. L'Union européenne est néanmoins confrontée dans le développement des véhicules autonomes aux géants du numérique qui ont une puissance financière importante sans commune mesure avec les industriels de l'automobile et qui s'impliquent de plus en plus dans le développement du véhicule autonome.

Même si l'indicateur du nombre moyen de kilomètres parcourus par un système automatisé sans rendre la main au conducteur est fortement contestable, les expériences de conduite automatisées, menées en Californie en 2020, montrent la domination des sociétés américaines et chinoises et l'absence des entreprises européennes.

L'accélération du déploiement des véhicules automatisés et connectés en Europe – qu'ils soient pour la mobilité partagée ou individuelle – passe ainsi vraisemblablement par la mise en place au sein de l'Union européenne de coopérations renforcées entre les entreprises, les États membres et l'ensemble des acteurs concernés : c'est le sens du partenariat C-CAM inscrit dans le nouveau programme de recherche de l'Union européenne, Horizon Europe.

4.2.3 Les projets importants d'intérêt européen commun

Si le projet C-CAM permet la mise en place d'une large communauté d'acteurs et la réalisation d'expérimentations à grande échelle, il s'adresse d'abord à la recherche et à des opérations de démonstration. Le développement de la filière industrielle requiert, comme l'agenda C-CAM l'envisage d'autres instruments, tels que les Projets importants d'intérêt européen commun (PIIEC).

Conformément à la Communication (en cours de révision) de 2014 de la Commission²¹⁸, les PIIEC sont des projets bénéficiant d'aides particulières de la part de la Commission et des États-Membres. Ils permettent de regrouper des connaissances, du savoir-faire, des ressources financières et des acteurs économiques provenant de toute l'Union, afin de pallier de graves défaillances systémiques ou du marché et de relever des défis sociétaux importants qu'il ne serait pas possible de surmonter sans ces projets.

De manière simplifiée, pour pouvoir bénéficier d'une telle aide, un projet doit notamment :

- contribuer à la réalisation des objectifs stratégiques de l'UE ;
- faire intervenir plusieurs États membres ;
- aller de pair avec un financement privé par les bénéficiaires ;
- générer des effets d'entraînement positifs dans l'ensemble de l'UE ;
- et être très ambitieux en termes de recherche et d'innovation.

La communication précise de plus que :

- les projets de RDI doivent revêtir un caractère novateur majeur ou apporter une valeur ajoutée importante en termes de RDI, compte tenu de l'état de la technique dans le secteur concerné ;
- les projets comprenant un déploiement industriel doivent permettre la mise au point d'un

²¹⁸ [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0620\(01\)&from=FR](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0620(01)&from=FR)

nouveau produit ou service à forte intensité de recherche et d'innovation et/ou le déploiement d'un processus de production fondamentalement innovant. Les améliorations régulières d'installations existantes dépourvues de tout caractère innovant et le développement de nouvelles versions de produits existants ne sont pas considérés comme des PIIEC ;

- l'aide ne peut pas servir à subventionner les coûts d'un projet que l'entreprise aurait de toute façon supportés ni à compenser le risque commercial normal inhérent à une activité économique. Sans aide, le projet ne peut être réalisé ou doit être réalisé à une échelle ou à une taille réduite ou d'une manière différente qui limiterait significativement ses bénéfices escomptés. L'aide sera jugée proportionnée uniquement si le même résultat ne peut être obtenu avec une aide moins importante.

À la suite de la consultation qu'elle a lancée en février, la Commission devrait proposer d'ici la fin de l'année une révision de cette procédure insistant notamment sur l'intérêt d'associer plus fortement les PME.

4.2.4 Pourquoi un Projet Important d'Intérêt Européen Commun portant sur les véhicules automatisés et connectés, ainsi que sur les véhicules autonomes ?

Il y a quelques années, le groupe de haut niveau sur la compétitivité et la croissance durable de l'industrie automobile dans l'Union européenne ²¹⁹ avait suggéré que, lors de la phase d'industrialisation, la Commission européenne pourrait envisager un projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) pour la conduite connectée et automatisée (CAM).

Un PIIEC pour les véhicules automatisés et connectés ainsi que sur les véhicules autonomes devrait chercher à traiter les questions suivantes :

- la défaillance du marché des véhicules autonomes : malgré les promesses, il n'y a pas de véhicule autonome roulant à vitesse normale dans le monde (niveau 5) et, jusqu'à présent, aucun service rentable de robot-taxi n'a été mis en place : Waymo ne gagne pas d'argent à Phoenix;
- la défaillance du marché des véhicules autonomes consacrés au transport public : il n'y a pas de bus autonome circulant à vitesse normale dans les villes et jusqu'à présent, aucun service rentable n'a été mis en place ;
- la nécessité de minimiser les coûts de transition vers une nouvelle architecture électrique et électronique des voitures et, plus généralement, vers des voitures autonomes : les nouveaux logiciels ainsi que le développement d'une nouvelle l'architecture électrique et électronique de la voiture représentent des sommes importantes, associées à des risques non négligeables, dans lesquelles chaque entreprise peut s'engager. Il serait plus facile pour les entreprises européennes de construire une normalisation commune sur ce point et de partager une partie des dépenses nécessaires (notamment celles concernant le domaine collaboratif, comme Car OS par exemple). NB : Un projet portant sur des composants concurrentiels (qui sera réalisé par un très petit nombre d'entreprises) peut cependant également être inclus dans un IPCEI. NB2 Il serait également moins coûteux de partager les données de conduite générées par les différents constructeurs automobiles ;
- le besoin de rattraper les entreprises américaines (et chinoises) : les entreprises européennes commencent à être en retard par rapport à leurs homologues américaines (voire chinoises) quand on considère le nombre moyen de kilomètres parcourus par un système automatisé sans désengagement en Californie.

²¹⁹ https://ec.europa.eu/growth/content/high-level-group-gear-2030-report-on-automotive-competitiveness-and-sustainability_en

Ce PIIEC pourrait apporter une contribution significative à certains des objectifs de l'UE, par exemple à la stratégie industrielle, à la stratégie pour l'intelligence artificielle, à la stratégie européenne pour les données et, peut-être dans une moindre mesure, au Green Deal.

Il convient de souligner que l'aide aux entreprises individuelles doit être limitée à ce qui est nécessaire, proportionnée et ne doit pas fausser indûment la concurrence. En particulier, la Commission devra vérifier que le montant total des aides maximales prévues est conforme aux coûts éligibles des projets et à leurs déficits de financement. En outre, si de grands projets couverts par le PIIEC s'avèrent très fructueux et génèrent des revenus nets supplémentaires, les entreprises devront restituer une partie de l'aide reçue aux États membres respectifs (mécanisme de récupération).

En parallèle, la réglementation concernant les véhicules automatisés et autonomes doit être mise à niveau dans l'UE à 27 pour bénéficier réellement du marché unique européen.

4.2.5 Pour un projet important d'intérêt commun européen portant sur les véhicules automatisés et connectés, ainsi que sur les véhicules autonomes

Le projet important d'intérêt européen commun portant sur les véhicules automatisés et connectés, ainsi que sur les véhicules autonomes pourrait s'adresser :

- à des projets intégrés combinant le développement d'une offre industrielle compétitive et le déploiement des usages des véhicules automatisés et connectés, ainsi que des véhicules autonomes, et des infrastructures associées ;
- à toutes les phases du continuum d'innovation (R&D, expérimentation, pré-déploiement, industrialisation) sur la chaîne de valeur, y compris, conformément au projet de révision de la procédure, à la phase de premier déploiement industriel qui désigne le passage à une plus grande échelle d'installations pilotes, d'installations de démonstration ou des premiers équipements et installations de leur genre qui couvrent les étapes ultérieures à la ligne pilote, y compris l'étape expérimentale, mais qui ne comprennent pas la production de masse ni les activités commerciales ;
- s'adresser à différents types de véhicules (véhicules particuliers, transport public, VUL, transport de marchandises, tramways, engins agricoles...) de façon à croiser les approches et à bénéficier des synergies ainsi mises en place.

Ce PIIEC pourrait ainsi concerner :

- les cas d'usages suivants de véhicules automatisés et connectés :
 - des véhicules pour le transport public pouvant rouler à la vitesse d'un bus dans le centre des villes européennes et à la vitesse d'un autocar dans les zones périurbaines et rurales ;
 - des véhicules particuliers pouvant rouler à vitesse normale en ville et en zone périurbaine et rurale ;
 - des camions pouvant circuler d'un entrepôt à un autre à vitesse normale sur autoroute et à vitesse faible entre l'autoroute et l'entrepôt,
 - des véhicules de livraison de marchandises pouvant rouler à vitesse faible en centre-ville ;
 - des tramways ou des véhicules autonomes pouvant rouler sur des rails ou sur d'anciennes voies de chemins de fer ;
 - des engins agricoles autonomes dans les champs (et pouvant circuler à basse vitesse

sur les routes publiques) ;

- les briques technologiques suivantes :
 - les capteurs (s'ils correspondent à une innovation majeure) : des travaux de standardisation des protocoles de communication avec les capteurs devraient probablement être initiés ;
 - le logiciel et l'architecture du réseau numérique interne au véhicule : l'idée principale est de découpler les cycles de développement matériel et logiciel, ce qui permet de développer des logiciels plus rapidement et de les déployer plus fréquemment²²⁰ : « Concernant l'architecture, les acteurs peuvent découpler les logiciels à partir du matériel en utilisant un middleware robuste qui fait abstraction des capacités matérielles et les rend disponibles pour les fonctions et les services via des interfaces de programmation d'applications (API) standardisées" :
 - l'architecture électrique et électronique du véhicule : la constitution d'une norme ISO de cette architecture devra probablement être réalisée au préalable ;
 - la partie collaborative du système d'exploitation, dont la cybersécurité ;
 - des applications (qui peuvent être ajoutées sur le logiciel et qui seront concurrentielles) ;
 - la supervision ;
 - les jumeaux numériques des routes (ou rues) concernées, au fur et à mesure de l'élaboration des cas d'usage correspondants ;
 - la création d'une base de données de conduite commune, pour définir des scénarios utilisables pour l'homologation et la simulation ;
 - les équipements de bord de route et du cloud,

NB : le développement d'expérimentations à large échelle devrait faire partie des projets mis en œuvre par C-CAM (premier cluster). L'identification de territoires jumelés permettant des expérimentations sur plusieurs pays pourrait également être envisagé.

4.2.6 Le questionnaire

Dans ce contexte, le député souhaiterait recueillir votre avis sur les points suivants :

- partagez-vous l'idée selon laquelle il est souhaitable de recourir à un PIIEC, venant renforcer le partenariat C-CAM, pour accélérer le déploiement du véhicule automatisé et connecté en Europe ?
- êtes-vous favorable à ce que ce PIIEC associe des véhicules différents afin d'aboutir à une synergie entre les différents secteurs ?
- à quels cas d'usages et à quelles briques technologiques donneriez-vous la priorité ?
- si une telle procédure était effectivement mise en place, croyez-vous que votre entreprise et/ou votre pays pourraient y participer ?

Vos réponses sont attendues de préférence avant le vendredi 9 juillet au soir juin afin qu'elles puissent

²²⁰ Voir par exemple <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/automotive-software-and-electrical-electronic-architecture-implications-for-oems> ou E-Nova, *Positionspapier Schlüsselrolle der E/E-Architektur und der Bordnetze für das Automobil der Zukunft* 14. August 2020

être prises en compte par le député dans son rapport.

5 Glossaire des sigles et acronymes

Acronyme	Signification
ACC	Acronyme anglais pour <i>Adaptive Cruise Control</i> , régulateur de vitesse adaptatif
ACEA	Acronyme anglais pour <i>European Automobile Manufacturers' Association</i> , Association européenne des constructeurs automobiles
ADAS	Acronyme anglais pour <i>Advanced Driver Assistance Systems</i> , systèmes d'aides à la conduite automobile
AEB	Acronyme anglais pour <i>Automatic Emergency Braking</i> , freinage d'urgence
ALKS	Acronyme anglais pour <i>Automated Lane Keeping System</i> , système automatisé de maintien dans la voie
ANFIA	Acronyme italien pour <i>Associazione Nazionale Fra Industrie Automobilistiche</i> , soit l'association italienne de l'industrie automobile
ANSSI	Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information
ASECAP	Association européenne des concessionnaires d'autoroutes et d'ouvrages d'art à péage
ASFA	Association française des autoroutes et ouvrages concédés
B2B	Acronyme anglais pour <i>Business to business</i> , de professionnel à professionnel
B2C	Acronyme anglais pour <i>Business to consumer</i> , du professionnel au consommateur
BMbf	Acronyme allemand pour <i>Bundesministerium für Bildung und Forschung</i> , Ministère allemand de l'éducation et de la recherche
BMvi	Acronyme allemand pour <i>Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur</i> , Ministère allemand du transport et des infrastructures numériques
BMwi	Acronyme allemand pour <i>Bundesministerium für Wirtschaft und Energie</i> , ministère allemand de l'économie et de l'énergie
BRT	Acronyme anglais pour <i>Bus rapid transit</i>
CCAM	Acronyme anglais pour <i>Cooperative, connected, automated mobility</i> , soit Mobilité connectée, coopérative et automatisée
CEREMA	Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CLEPA	Acronyme anglais pour <i>European association of automotive suppliers</i>
CNIL	Commission Nationale Informatique et Libertés
C-VTX	Acronyme anglais pour <i>Cellular Vehicle-to-Everything</i>
DARPA	Acronyme anglais pour <i>Defense Advanced Research Projects Agency</i> , Agence de recherche du ministère américain de la défense
DATP	Acronyme anglais pour <i>Driver Assistive Truck Platooning</i>
DGE	Direction Générale des Entreprises
DGEC	Direction Générale de l'Energie et du Climat
DG GROW	Acronyme anglais pour <i>Commission's Directorate-General for European Commission's Directorate for the Internal Market, Industry, Entrepreneurship & SMEs</i> , Direction générale Marché intérieur, industrie, entrepreneuriat et PME de la Commission
DGITM	Direction Générale des infrastructures, des Transports et de la Mer

Acronyme	Signification
DG MOVE	Acronyme anglais pour <i>Commission's Directorate-General for Mobility and Transport</i> , Direction générale de la mobilité et du transport de la Commission
DG RTD	Acronyme anglais pour <i>Commission's Directorate-General for Research and Innovation</i> , Direction générale de la recherche et de l'innovation de la Commission
DOT	Acronyme américain pour <i>Department of Transportation</i> , qui correspond au ministère fédéral des transports aux Etats-Unis
DSR	Délégation à la Sécurité Routière
EDR	Acronyme anglais pour <i>Event Data Recorder</i> , soit enregistreur de bord
EPoSS	Acronyme anglais pour <i>European Technology Platform on Smart Systems Integration</i>
ERTRAC	Acronyme anglais pour <i>European Road Transport Research Advisory Council</i>
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
ETI	Entreprise de taille intermédiaire
FFA	Fédération Française de l'Assurance
GPS	Global Positioning System
IFSTTAR	Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
IHM	Interface Homme Machine
INRIA	Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique
IoT	Acronyme anglais pour <i>Internet of Things</i> , Internet des objets
IPCEI	Acronyme anglais pour <i>Important project of common european interest</i> , Projet important d'intérêt commun européen
ITS-G5	Acronyme anglais pour <i>Intelligent Transport System - G5</i>
LOM	Loi d'orientation des mobilités, publiée au Journal officiel le 26 décembre 2019
LTE	Long Term Evolution
M1	Un véhicule de catégorie M1 est un véhicule conçu et construit pour le transport de personnes et comportant, outre le siège du conducteur, huit places assises au maximum.
M2	Un véhicule de catégorie M2 est un véhicule conçu et construit pour le transport de personnes, comportant, outre le siège du conducteur, plus de huit places assises et ayant un poids maximal inférieur ou égal à cinq tonnes.
MaaS	Acronyme anglais pour <i>Mobility-as-a-Service</i>
MTE	Ministère de la transition écologique
NFI	Nouvelle France Industrielle
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration (Etats-Unis)
OBD	On Board Diagnostics
ODD	Acronyme anglais pour <i>Operational Design Domains</i> , domaine d'utilisation
PFA	La plateforme automobile (qui rassemble la filière automobile française)
PIIEC	Projet important d'intérêt commun européen

Acronyme	Signification
PME	Petite et moyenne entreprise
SAE	Society of Automotive Engineers (Etats-Unis)
SGAE	Secrétariat Général pour les Affaires Européennes
TaaS	Acronyme anglais pour <i>Transportation-as-a-service</i>
TCMV	Acronyme anglais pour <i>Technical Comitee for Motor Vehicles</i>
UBR	Unité de bord de route
UITP	Union internationale des transports publics
ULIS	Unité de transport intermodale standard
UNECE	Acronyme anglais pour <i>United Nations Economic Commission for Europe</i> , Commission économique pour l'Europe des Nations unies
UTAC	Union Technique de l'Automobile, du motocycle, et du Cycle
UTP	Union des transports publics et ferroviaires
VDA	Acronyme allemand pour <i>Verband der Automobilindustrie</i> , Association allemande des constructeurs automobiles
V2I	Acronyme anglais pour <i>Vehicle to Infrastructure</i> , pour communication entre le véhicule et l'infrastructure
V2N	Acronyme anglais pour <i>Vehicle to Netork</i> , pour communication entre le véhicule et le réseau
V2P	Acronyme anglais pour <i>Vehicle to Pedestrian</i> , pour communication directe entre le véhicule et un ou plusieurs piétons
V2V	Acronyme anglais pour <i>Vehicle to Vehicle</i> , pour communication directe entre véhicules
VEDECOM	Acronyme associé au nom de l'Institut VEDECOM, pour Institut du véhicule décarboné et communiquant et de sa mobilité
VDV	Acronyme allemand pour <i>Verband Deutscher Verkehrsunternehmen</i> , Association des entreprises allemandes du transport public de voyageurs et du fret ferroviaire
VUL	Véhicule utilitaire léger
WP	Working Party
WP 1	Forum mondial pour la sécurité routière, dans le cadre de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies
WP29	Forum mondial pour l'harmonisation des règlements sur les véhicules, dans le cadre de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies

