

Haute Ecole
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

La voiture autonome : une solution pour la mobilité de demain ?

Mémoire présenté par :
Victor Liégeois

Pour l'obtention du diplôme de :
Master en sciences commerciales

Année académique 2023-2024

Promoteur : **Benoît Piraux**

Brand Whitlock 6 - 1150 Bruxelles

Remerciements,

Je souhaite exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui m'ont aidé, de près ou de loin, dans la réalisation de ce mémoire. En premier lieu, je tiens à remercier Monsieur Piraux, mon promoteur de mémoire, pour le temps qu'il m'a consacré et pour ses conseils avisés. Sa contribution a été extrêmement précieuse pour l'avancement de mes recherches et la rédaction de ce mémoire.

Je tiens également à remercier :

- G. Kroin, ancien ingénieur chez Mobileye, une filiale d'INTEL spécialisée dans les technologies d'aide à la conduite et les technologies autonomes, actuellement consultant indépendant en Allemagne dans le domaine des voitures autonomes.
- L. Hoseok, ingénieur partenaire en véhicule autonome aux États-Unis pour l'entreprise Stellantis, l'un des plus grands constructeurs automobiles possédant des marques telles qu'Abarth, Alfa Romeo, Chrysler, Citroën, Dodge, DS Automobiles, Fiat, Jeep, Lancia, Maserati, Opel, Peugeot, RAM et Vauxhall. Stellantis est également partenaire exclusif de Waymo, la voiture autonome développée par Google.
- B. Sakal, chercheur en voiture autonome à l'université RWTH Aachen, en Allemagne.
- Theodoros Stouraitis, ingénieur en robotique et contrôle de véhicules autonomes chez RoboPhren.
- S. Keerthitheja, ingénieur spécialisé en intelligence artificielle pour les aides à la conduite et les véhicules autonomes chez CNH Industrial à Bruges, une société spécialisée dans les équipements pour la construction et l'agriculture.

Je souhaite également remercier l'ensemble des professeurs que j'ai eu la chance de côtoyer au cours de ces dernières années à l'ICHEC.

Je soussigné, Liégeois, Victor, étudiant en Master en sciences commerciales, déclare par la présente que le Mémoire ci-joint est exempt de tout plagiat et respecte en tous points le règlement des études en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses signé lors de mon inscription à l'ICHEC, ainsi que les instructions et consignes concernant le référencement dans le texte respectant la norme APA, la bibliographie respectant la norme APA, etc. mises à ma disposition sur Moodle.

Sur l'honneur, je certifie avoir pris connaissance des documents précités et je confirme que le Mémoire présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement.

Le 19 Aout 2024,

Je soussigné(e), Victor Liegeois (231258), déclare sur l'honneur les éléments suivants concernant l'utilisation des intelligences artificielles (IA) dans mon travail / mémoire :

Type d'assistance		Case à cocher
Aucune assistance	J'ai rédigé l'intégralité de mon travail sans avoir eu recours à un outil d'IA générative.	
Assistance avant la rédaction	J'ai utilisé l'IA comme un outil (ou moteur) de recherche afin d'explorer une thématique et de repérer des sources et contenus pertinents.	
Assistance à l'élaboration d'un texte	J'ai créé un contenu que j'ai ensuite soumis à une IA, qui m'a aidé à formuler et à développer mon texte en me fournissant des suggestions.	X
	J'ai généré du contenu à l'aide d'une IA, que j'ai ensuite retravaillé et intégré à mon travail.	
	Certaines parties ou passages de mon travail/mémoire ont été entièrement générés par une IA, sans contribution originale de ma part.	
Assistance pour la révision du texte	J'ai utilisé un outil d'IA générative pour corriger l'orthographe, la grammaire et la syntaxe de mon texte.	X
	J'ai utilisé l'IA pour reformuler ou réécrire des parties de mon texte.	X
Assistance à la traduction	J'ai utilisé l'IA à des fins de traduction pour un texte que je n'ai pas inclus dans mon travail.	
	J'ai également sollicité l'IA pour traduire un texte que j'ai intégré dans mon mémoire.	
Assistance à la réalisation de visuels	J'ai utilisé une IA afin d'élaborer des visuel, graphiques ou images.	X
Autres usages		

Je m'engage à respecter ces déclarations et à fournir toute information supplémentaire requise concernant l'utilisation des IA dans mon travail / mémoire, à savoir :

J'ai mis en annexe les questions posées à l'IA et je suis en mesure de restituer les questions posées et les réponses obtenues de l'IA. Je peux également expliquer quel le type d'assistance j'ai utilisé et dans quel but.

Fait à Rhode-Saint-Génèse, le 19/08/2024

Signature : Victor Liegeois (231258)

« La voiture autonome est l'extension naturelle de la sécurité active et, de toute évidence, quelque chose que nous devrions faire. »

Elon Musk

Table des matières

I. Introduction générale	8
II. Corps du texte	11
Chapitre 1 : Mise en perspective et place de l'automobile dans la société	11
1.1. Les débuts de la mobilité	11
1.3. L'efficacité	13
1.4. La sécurité	14
1.5. La pollution	15
1.6. Les facteurs majeurs du changement	16
1.7. Conclusion intermédiaire du chapitre 1	21
Chapitre 2 : Fonctionnement de la voiture autonome : intelligence artificielle, capteurs et technologies embarquées.	22
2.1. Définition de la voiture autonome	22
2.2 Les niveaux d'automatisation à la conduite	22
2.3 Fonctionnement des voitures autonomes	24
2.4 La technologie embarquée.....	24
2.5 Les parties prenantes concernées par la voiture autonome	26
2.6 Les constructeurs automobiles	27
2.7. Les équipementiers	29
2.8 Les autorités publiques.....	31
2.9 Les acteurs du secteur numérique.....	34
2.10 Les assureurs	35
2.11 Les entreprises de services de robotaxis	38
2.12 Conclusion intermédiaire du chapitre 2	41
Chapitre 3 : Exploration des scénarios pour les Voitures Autonomes	42
3.1 Un grand pas dans l'histoire automobile	42
3.2 Vue d'ensemble du marché	43
3.3 Les rôles et influences dans l'évolution de la mobilité.....	44
3.4 Cadre de modèle économique	50
3.5 La révolution sur le marché de l'emploi	55
3.6 Conclusion intermédiaire.....	56

Chapitre 4 : Les défis à surmonter pour imaginer la généralisation de la voiture autonome	57
4.1 Le cadre juridique et réglementaire.....	57
4.2 Les dilemmes éthiques et moraux	65
4.3 Les implications sociales et culturelles.....	67
4.4 Le retour des utilisateurs	70
4.5 Conclusion intermédiaire.....	72
Chapitre 5 : Recommandations opérationnelles.....	73
5.1 Les différentes recommandations	73
5.2 Prise de recul sur les recommandations	80
5.3 Conclusion intermédiaire.....	81
III. Conclusions générales.....	82
Références	87

I. Introduction générale

De nos jours, la société se développe à grande vitesse, c'est également le cas du secteur de la mobilité. Comme l'a souligné le ministre wallon de la Mobilité, Philippe Henry, il s'agit d'une « évolution nécessaire pour répondre aux nouveaux besoins de la population, avec une offre élargie, plus moderne et plus souple » (Belga, 2023)

Selon une étude menée par Deloitte en février 2023, intitulée « The Future of Automotive Mobility to 2035 » (Deloitte Global Automotive Mobility Market Simulation Tool, 2023), une des solutions innovantes qui répond le mieux aux nouveaux besoins du secteur de l'automobile et de la mobilité est la voiture autonome.

Dans cet article, le véhicule autonome est défini comme étant un véhicule « capable d'imiter les capacités de conduite humaine en séquence et en contrôle, tout en percevant l'environnement qui l'entoure ». Les véhicules autonomes s'appuient sur des programmes électroniques reliés directement à leurs capteurs et deviennent une solution alternative pour la circulation et l'environnement, selon Deloitte.

L'étude de Deloitte mentionne également que « les systèmes autonomes et l'intelligence artificielle industrielle vont révolutionner le travail en augmentant les capacités cognitives humaines pour amplifier notre potentiel ». Nous pouvons dès lors penser à l'avenir du secteur de la mobilité à partir de ce que nous étudions aujourd'hui.

Toutefois, plusieurs questions pratiques, technologiques et éthiques restent non élucidées. Comment les voitures autonomes peuvent-elles contribuer à atteindre les objectifs climatiques de l'UE pour 2050 ? Qu'elles sont les principaux défis que les véhicules autonomes pourraient aider à surmonter dans le système de transport européen ? Quels vont être les défis éthiques des concepteurs face aux intelligences artificielles ?

L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'impact des voitures autonomes, d'explorer les avantages et inconvénients associés à la mise en œuvre de voiture autonome ainsi que de proposer diverses recommandations dans le but d'aider les acteurs, tels que les constructeurs automobiles, les équipementiers, les autorités publiques, qui sont responsables de cette évolution majeure dans le domaine du transport. Pour ce faire, nous allons examiner cela en plusieurs étapes clé.

Dans le premier chapitre, les concepts de base liés à la mobilité seront présentés en contextualisant le rôle de l'automobile dans la société.

La voiture autonome sera définie dans le deuxième chapitre. Les divers aspects de la voiture autonome, comme les différents niveaux d'automatisation à la conduite, le fonctionnement des voitures autonomes, et la technologie embarquée seront identifiés. Pour finir, les diverses parties prenantes concernées tels que les constructeurs automobiles, les équipementiers, les autorités publiques, les acteurs du secteur

numérique, les assureurs, et les entreprises de services de robotaxis seront analysés en détail.

Le chapitre 3 sera consacré au modèle économique des voitures autonomes dans le contexte des technologies émergentes tout en tenant compte du changement majeur de perception des consommateurs envers l'utilisation des voitures autonomes. Les opportunités d'anticipation des évolutions futures de cette industrie seront étudiées en détail.

L'arrivée des voitures autonomes sur nos routes soulève des questions éthiques et juridiques complexes concernant la responsabilité et la prise de décision algorithmique. Ces dernières auront des répercussions sur l'environnement et l'urbanisme, ce qui nécessite une évaluation complète pour garantir une adoption responsable et durable de cette technologie. Le quatrième chapitre se concentrera dès lors sur les implications sociétales de la voiture autonome mises en avant à travers une étude quantitative et qualitative.

Le dernier chapitre présentera des recommandations opérationnelles, étayées par les résultats de mes enquêtes. Celles-ci permettront d'établir des recommandations opérationnelles pour la mise en œuvre de systèmes intelligents et la bonne gestion de la mobilité. Ensuite, la conclusion générale exposera une vision à moyen et long terme de l'évolution des voitures autonomes.

La méthodologie

Tout d'abord, une revue de la littérature a été réalisée pour rassembler les connaissances existantes sur les voitures autonomes. Cette étape a impliqué la sélection rigoureuse d'articles scientifiques, de livres spécialisés, et de rapports techniques, en se basant sur des critères de pertinence, d'impact, et de mise à jour des informations. Les principales bases de données utilisées incluent Google Scholar, Research Gate, et Cairn.info. Cette revue a permis d'identifier les thèmes clés comme les avancées technologiques, les défis de sécurité et d'éthique, et les impacts législatifs des voitures autonomes, orientant ainsi les questions de recherche.

Ensuite, la solution offerte par les voitures autonomes a été analysée à partir de lectures, d'interviews d'experts, et d'articles scientifiques. Des enquêtes qualitatives ont été menées auprès d'ingénieurs, de consultants, et de chercheurs, dont un ingénieur de Stellantis, un acteur majeur de l'automobile. Une étude quantitative a également été réalisée pour évaluer l'impact sociétal de ces véhicules. Un échantillon de 107 répondants, représentatif de la population belge, a été interrogé sur des aspects tels que la sécurité, la confiance dans la technologie, et les préoccupations éthiques. Les résultats ont été interprétés à la lumière de la Théorie de l'Acceptation de la Technologie (TAM), fournissant une compréhension des facteurs influençant l'adoption des voitures autonomes.

Enfin, des recommandations ont été formulées pour guider les acteurs dans la transition vers les voitures autonomes. Toutefois, il est important de noter certaines limites de la méthodologie, notamment la dépendance à certaines bases de données pour la revue de la littérature, le nombre restreint d'experts interviewés, et la taille limitée de l'échantillon quantitatif. Ces éléments peuvent influencer la portée et la généralisation des conclusions.

II. Corps du texte

Chapitre 1 : Mise en perspective et place de l'automobile dans la société

Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser aux concepts théoriques liés aux voitures autonomes. Afin de correctement aborder la thématique, il est important de commencer par énoncer l'histoire de l'évolution voitures. Nous étudierons ensuite les défis liés à la mobilité, ainsi que l'efficacité, la sécurité et la pollution des voitures actuelles. On finira ce chapitre avec les facteurs majeurs du changement à travers une analyse PESTEL afin d'étudier ce concept sur plusieurs axes.

1.1. Les débuts de la mobilité

Depuis la création de la première automobile à combustion par Carl Benz au XIXème siècle, actif dans la fabrication de moteurs à gaz (Normand, 2016), le secteur du transport a révolutionné les modes de vie et la société actuelle. Raison pour laquelle il semble pertinent de se demander quelle est la place de l'automobile dans la société actuelle et également de mettre en perspective la technologie qui en découle ?

Décrite puis adoptée largement, l'automobile est rapidement devenue essentielle aux industries et aux individus des pays développés, où « la prise de conscience de l'impact environnemental négatif de l'automobile s'est développée dans tous les pays » (CORNIOU & La Fondation pour l'innovation politique, 2016).

Dès lors qu'Henry Ford a développé la chaîne de production moderne avec la Modèle T en 1908 aux États-Unis, le secteur automobile a subi une constante croissance notamment dans les années 1980 où près de 500 millions de véhicules sont présents sur les routes (Mason, 1998) alors qu'en 2019, c'est plus de 1,5 milliard véhicules qui circulent sur notre planète, rendant les prédictions estimées approximativement à 2,5 milliards de véhicules en 2030 (Grujic et al., 2019). Comme nous le démontre le graphique ci-dessous.

Graphique du parc automobile mondial (1990-2030) :

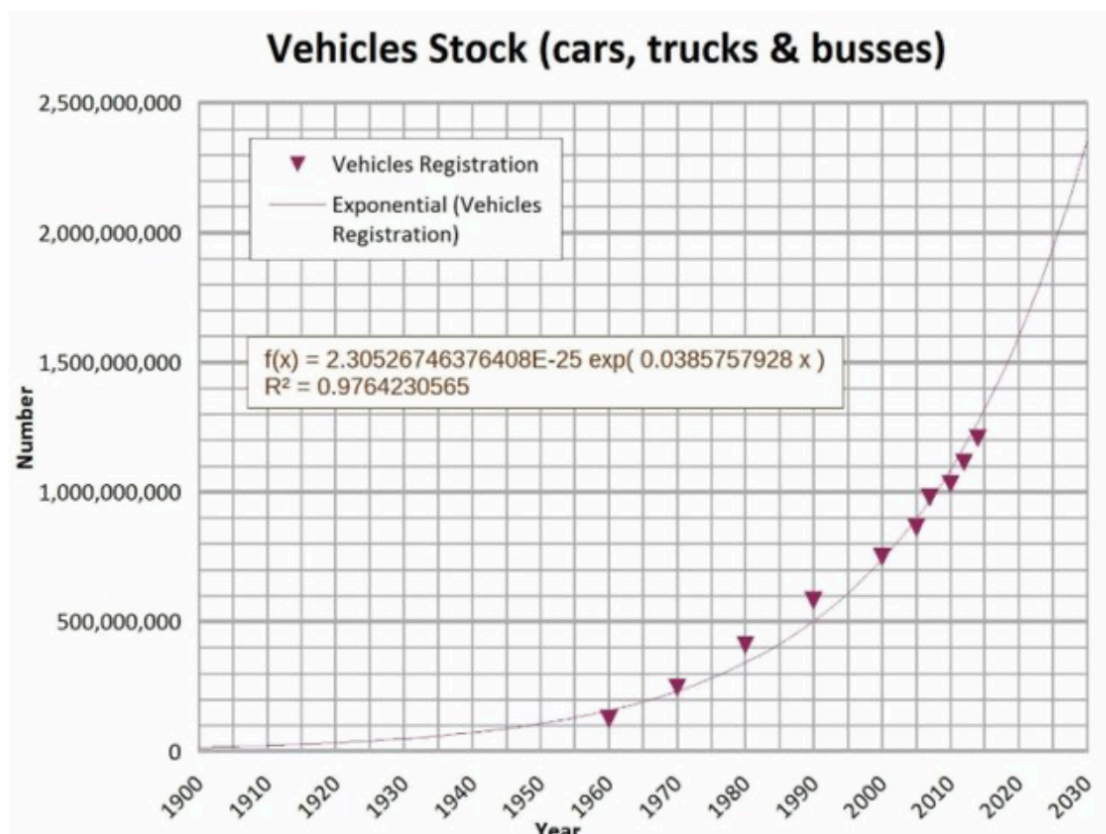


Figure 1 : (Grujic et al., 2019)

Actuellement, la voiture joue un rôle tellement essentiel dans la vie des utilisateurs que les solutions proposées pour résoudre les conséquences de son utilisation massive ne pourront être adoptées que si elles sont encadrées par des critères précis.

L'évolution de la mobilité se dirige dans la transition contemporaine mondiale d'une économie de possession à une économie de partage et de services.

Le partage de la voiture afin d'en réduire les coûts existe depuis de nombreuses années. Historiquement, des associations ont organisé ces covoiturages depuis les années 1950. L'émergence d'internet a ensuite permis d'améliorer la mise en contact des personnes. Toutefois, l'organisation géographique et collaborative rend ce modèle peu efficient.

Il y a une dizaine d'années, le modèle d'autopartage (carsharing) a vu le jour. Ce modèle alternatif de voitures en libre-service favorise le transport autonome. Les voitures mises à dispositions sont louées par des sociétés commerciales ou par des particuliers via une plateforme dédiée. D'après les services publics de Wallonie, c'est « un système qui permet à un groupe de personnes de partager le même véhicule et où les passagers peuvent diminuer les coûts en carburant » (SPW, 2022). Cela permet une meilleure répartition du trafic, augmente la rentabilité de la voiture personnelle, diminue la sous-

utilisation des voitures et permet une plus grande flexibilité aux personnes utilisant les transports publics.

Ces dernières années, nous avons vu l'émergence de plateformes telles qu'Uber, qui a été une des premières sociétés à automatiser la mise en contact des voitures de transport avec chauffeur (VTC) dans le domaine de l'économie de partage. En instaurant une libre concurrence et dès lors une plus grande disponibilité pour un coût plus faible, Uber a rapidement modifié la façon dont les transports sont utilisés. En outre, l'utilisation de leur plateforme très intuitive a généré une plus grande personnalisation pour l'utilisateur. En effet, grâce à « l'évolution rapide vers une économie numérique, les plateformes en ligne ont émergé comme des moteurs essentiels du progrès économique, apportant une myriade d'avantages aux différentes composantes de l'économie » (Idea Consult et al., 2024), selon Idea Consult pour le SPF Economie.

Le transport à la demande a dès lors marqué un changement majeur dans l'évolution de la mobilité, en raison de l'évolution de la technologie qui permet d'effectuer ce type de service et permettant aux utilisateurs de se déplacer plus efficacement et à moindre coût.

L'émergence de nouveaux modèles commerciaux tels que les services de robotaxis et la location de véhicules autonomes pourraient être les étapes suivantes de cette évolution vers une autonomie et une flexibilité croissante.

1.2. Les défis de la mobilité

Selon l'analyse approfondie de Stéphane Crémel, chargé de mission en Économie du Climat, pour le compte de Vinci, groupe autoroutes, celui-ci a identifié 4 éléments majeurs qui joueront un rôle essentiel à la résolution de ce défi, dont l'efficacité, la sécurité, l'environnement et les enjeux économiques (Crémel, 2017b).

C'est sur base de ces 4 éléments que nous allons développer les défis auxquels le secteur de la mobilité est confronté actuellement et le sera davantage demain.

1.3. L'efficacité

La gestion de la mobilité est devenue une question essentielle dans notre société, étant donné la croissance des villes ainsi que l'augmentation de la population qui ont généré des problèmes de plus en plus pressants en matière de transport. Simplement, en Belgique, les embouteillages ont infligé des pertes de temps, de consommation et d'émissions polluantes dont le coût s'élève à plus de cinq milliards d'euros en 2023, selon le « Belgian Mobility Dashboard ». Malheureusement, cette congestion ne cesse

d'évoluer, de janvier à mars 2024, les prix de la congestion en Belgique ont déjà augmenté de 17 % comparé à la même période en 2023 (Belgian Mobility Dashboard, 2024).

La question est dès lors de savoir comment nous pouvons nous déplacer de manière efficace dans un environnement de plus en plus encombré, avec le moins possible de consommation de ressources. C'est l'objet de ce premier défi : l'efficacité.

En effet, pour qu'un transport soit efficace, la mesure des performances doit tenir compte de la quantité de ressources consommées. Quant aux consommateurs, leur perception de l'efficacité d'un mode de transport, doit tenir compte de critères tels que le prix, la durée du trajet, le confort et l'accessibilité. Tous ces facteurs ont une importance primordiale dans leurs choix, tels que le souligne la Cour des comptes européenne dans « Mobilité urbaine durable dans l'UE : pas d'avancée réelle sans l'engagement des États membres » (Rapport Spécial – Mobilité Urbaine, 2020).

Devenus essentiels pour nos sociétés, les réseaux de communications sont dès lors plus importants qu'auparavant. En effet, ils doivent désormais tenir compte de divers enjeux complexes tels que la demande croissante de mobilité dans la plupart des pays occidentaux, de la densification des environnements urbains, de la réalité des embouteillages ou encore du vieillissement de la population. Nous étudierons dans la partie empirique la gestion de l'efficacité.

1.4. La sécurité

Le deuxième défi à relever, la sécurité, est lié à l'augmentation du trafic qui génère une augmentation des accidents de la route, un manque d'infrastructures sûres et un non-respect des règles de circulation. Selon le rapport spécial d'avril 2024 sur la sécurité routière de la Cour des comptes européenne (Rapport Spécial 04/2024: Sécurité Routière, 2024), ces facteurs sont les éléments principaux qui contribuent au problème de sécurité. Ils soulignent même que « Dans l'Union européenne, les accidents de la route sont une cause fréquente de décès prématurés : ils ont causé la mort de 20 640 personnes en 2022 ». La lutte contre la précarité routière est donc un enjeu politique important en Europe et également en Belgique.

Cependant, bien qu'élevés, ces chiffres sont en nette diminution par rapport à 2011, année où plus de 28 000 personnes avaient perdu la vie dans des accidents de la route. Notons que la France, l'Allemagne et l'Italie, dotés de vastes réseaux routiers et d'un grand nombre de véhicules, sont les principaux pays contributeurs à cette augmentation des chiffres de l'UE. Les principales causes d'accidents de la route sont des facteurs humains, une vitesse excessive ou inadaptée ainsi que l'alcool et la drogue au volant, la fatigue et l'inattention (ONISR, 2023).

1.5. La pollution

Le défi suivant à prendre en compte dans le secteur de la mobilité est évidemment la pollution de l'environnement. En effet, les transports sont l'une des principales sources d'émissions de gaz à effet de serre (Low Emission Mobility Ou Mobilité À Basses Émissions, 2023). Ces gaz contribuent largement au changement climatique et affectent négativement la santé de tous les êtres vivants.

Selon une étude de Statista, basée sur les données de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), les voitures et les camionnettes sont responsables de plus de 48 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone des transports. Ceci en fait le plus gros émetteur de CO₂, comme l'illustre le graphe ci-dessous (Fleck, 2023).

Graphique des émissions mondiales de CO2 par secteur de transport :

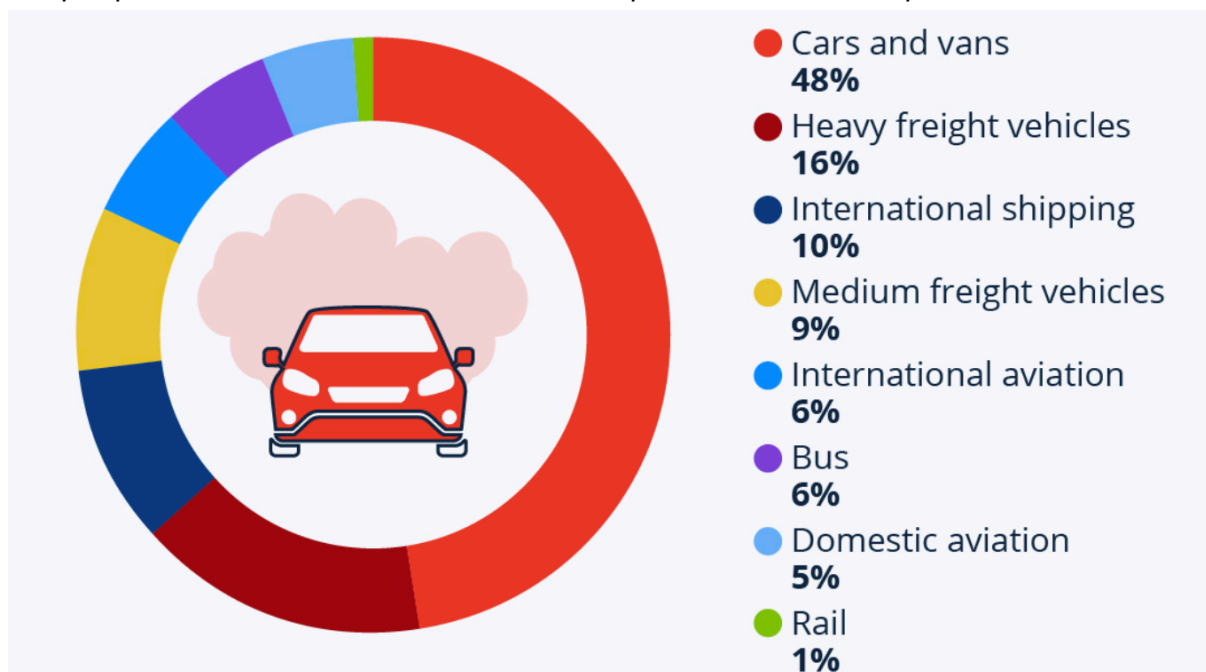


Figure 2 : (Fleck, 2023)

Bien que le transport ne soit qu'un des secteurs responsables des émissions de CO₂, il reste un contributeur significatif. En 2022, selon la base de données sur les émissions pour la recherche atmosphérique mondiale, le secteur des transports était le deuxième plus grand émetteur de CO₂ dans le monde, juste après l'industrie de l'énergie. Les cinq principaux contributeurs aux émissions de CO₂ cette année-là étaient : l'industrie de l'énergie (38,1 %), les transports (20,7 %), la combustion industrielle (17 %), les bâtiments (8,9 %) et les processus industriels (8,4 %) (Fleck, 2023).

Afin de tenter de modérer l'impact de la pollution sur l'environnement et la santé publique, des moyens techniques qui contre la pollution de l'air sont mis en place. Bien qu'indispensables, ils ne sont certainement pas suffisants.

En plus de la pollution, il est important d'intégrer la notion de durabilité qui est cœur des enjeux écologique actuels. La durabilité désigne une configuration de la société humaine qui permet d'assurer sa pérennité. (Myclimate, 2024)

1.6. Les facteurs majeurs du changement

Comme nous l'avons vu précédemment, l'augmentation du nombre de véhicules sur la route ainsi que le manque d'infrastructures adéquates entraînent une augmentation significative des niveaux d'embouteillages. Cela implique une perte de temps, une plus grande pollution de l'air et une augmentation des accidents de la route.

Afin de pouvoir mettre en lumière les facteurs majeurs de changement, nous allons utiliser une analyse Pestel, qui semble pertinente étant donné qu'elle permet l'étude du concept sur plusieurs axes qui sont le facteur politique, le facteur économique, le facteur social, le facteur technologique, le facteur environnemental ainsi que le facteur légal.

Facteur économique

Les défis actuels sont en partie le résultat des développements et des décisions prises dans le passé concernant la manière dont les biens et services sont produits et distribués. Le secteur routier français, par exemple, représente environ 2,3 millions d'emplois directs et indirects (Savy, 2017). Si nous ne pouvons nier que les problèmes que nous avons identifiés sont véritablement urgents, nous ne devons pas nous précipiter pour fournir des orientations.

Ces dernières années, trois transformations considérables ont réinventé la voiture et sa place dans notre société : l'électrification, les usages partagés et l'autonomie, tel le souligne Victor Licata dans sa recherche sur la Mobilité électrique et partagée (Licata, 2021).

Bien que nous ne sommes pas encore très loin dans ce processus, l'électrification a permis de placer un véhicule comme l'élément central de la transition énergétique et de la lutte contre le changement climatique. Cette transformation permettra de répondre aux défis du changement climatique et de garantir une mobilité plus propre et plus accessible (Crémel, 2017b). Cependant, il est important de noter que les bénéfices environnementaux des voitures électriques dépendent fortement de la source d'électricité utilisée pour les recharger.

Dans un deuxième temps, le concept des transports à usages partagés a bouleversé les usagers traditionnels de la voiture. La voiture était autrefois un symbole de propriété individuelle. Aujourd'hui, elle se transforme en service pour se déplacer d'un point A à B sans nécessairement être liée à un propriétaire. Bien que prometteur et en pleine

évolution, ce concept n'est pas encore largement généralisé. En 2023, seuls 67 500 véhicules sont en circulation en Europe.

Cette nouvelle aire de prestation du véhicule n'est encore qu'à ses débuts tels que le démontre la croissance positive de 6 % entre 2022 et 2023 (European Shared Mobility Index Released, 2023).

Facteur politique

En effet, depuis les années 90, la réduction des émissions de gaz à effet de serre joue un rôle important, où « La loi européenne sur le climat fixe des objectifs juridiquement contraignants pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre : ils devraient baisser de 55 % d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990 et l'UE devrait atteindre zéro émission nette d'ici 2050 » (Changement Climatique : Les Gaz À Effet De Serre À L'origine Du Réchauffement Climatique | Thèmes | Parlement Européen, 2023), dans les politiques des différents secteurs en Europe.

En Europe le secteur du transport est le seul secteur à avoir augmenté ces émissions au cours des trois dernières décennies. Ce secteur a fait grimper son niveau d'émission de 33,5 % entre 1990 et 2019 (Parlement Européen, 2024).

Bien que le secteur des transports soit constitué d'aérien, routier, maritime et de ferroviaire, les transports routiers sont responsables de plus de 70 % des émissions totales du secteur des transports (Direction générale de la communication Parlement européen & Duch, 2023). Selon les chiffres du Parlement européen, 60,6 % des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports viennent des voitures personnelles. Largement sous-utilisées, ces voitures personnelles transportent en moyenne 1,6 personne (Parlement Européen, 2024).

Une des réponses à cette problématique pourrait potentiellement être le co-voiturage tel que défini par le Larousse comme « l'utilisation d'une même voiture particulière par plusieurs personnes effectuant le même trajet » (Larousse, 2024).

À côté de la pollution, la congestion des villes par les voitures crée un problème sociétal majeur. Cette congestion est le résultat d'un déséquilibre entre l'offre et la demande de surface circulante à un moment donné et en lieu donné (Laurgeau, 2009). L'offre représente les voies publiques et la demande représente tout type de véhicules autorisés sur les voies publiques. Étant donné qu'il n'est plus possible d'augmenter l'offre en élargissent les voies publiques, il faut diversifier l'offre.

Une autre solution pour d'équilibrer ce ratio serait de diminuer la demande en réduisant le nombre d'automobiliste, en augmentant l'offre et l'accès à d'autres type de transport, tel le suggère l'ONU Habitat (Planifier Et Configurer Une Mobilité Urbaine Plus Durable | UN-Habitat, 2020).

Facteur sociologique

Depuis quelques années, nous pouvons observer une croissance assez importante de la production annuelle mondiale de voitures. En 2023, l'industrie automobile mondiale a vu sa production augmenter de près de 12 % par rapport à 2022. La production annuelle de voitures dans le monde se situe actuellement à 75 Mio/an en 2023. (Statista, 2024)

Bien que l'apport positif de la voiture au niveau de la mobilité et du confort soient indéniables, cette croissance effrénée génère des conséquences désastreuses sur l'écologie et sur la société.

Sachant que la surface circulante est limitée, l'utilisation de transports en commun, co-voiturage ou autres partages peut faire réduire substantiellement la pression sur la surface circulante.

Facteur technologique

Afin de transporter des personnes ou objets d'un point A à un point B sur la voie publique, les voitures récentes qui bénéficient d'aide à la conduite semi-autonome font l'appel à différentes technologies.

Les différents systèmes utilisés dans les voitures bénéficiant d'aide à la conduite semi-autonome sont constitués de radars, caméras, Ultrasons, GPS, et finalement un ordinateur central. Chaque système comporte des caractéristiques différentes qui sont essentielles au bon fonctionnement dans la voiture. (Pavel et al., 2018).

Nous aurons l'occasion d'étudier plus en profondeur ces différents facteurs technologiques dans la partie suivante destinée à la voiture autonome en tant que telle.

Facteur environnemental

Selon le service public fédéral Mobilité et Transports (Chiffres-clés De La Mobilité En Belgique 2022 | Mobility, 2022), ce secteur représente un quart des émissions totales de gaz à effet de serre et plus de la moitié de ces émissions a été générée par le transport automobile.

Comme mentionné précédemment, l'Union européenne soutient le secteur des transports en favorisant l'utilisation de nouvelles technologies, dans le but de rendre la mobilité plus propre, plus sûre et plus efficace (Numérisation : Conduire La Transition Vers Une Mobilité Intelligente Et Durable, 2024). Le secteur de la mobilité connaît des évolutions technologiques majeures qui visent à rendre les transports plus durables et efficaces. Comme, les véhicules hybrides et électriques, les systèmes de récupération d'énergie ou encore l'intégration de technologie de contrôle des émissions, tels que les catalyseurs, filtres à particules, et autres dispositifs. Ces progrès technologiques

contribuent à réduire l'impact sur l'environnement, garantissant ainsi un avenir plus respectueux de la planète.

Facteur légal

L'un des défis de la technologie des voitures autonomes reste le manque de réglementation et la nécessité d'un investissement par les pouvoirs publics dans les infrastructures routières, rendant cette utilisation impossible dans certains pays. Dans ce mémoire de fin d'études, nous souhaitons approfondir l'investigation de ces lacunes légales et pousser la réflexion sur ce sujet.

1.7. Contribution des Voitures Électriques et Partagées aux Défis Contemporains.

Les voitures électriques et partagées représentent des solutions innovantes face aux défis actuels de la mobilité. Elles permettent de répondre efficacement aux problématiques de pollution, d'efficacité, de sécurité, ainsi qu'aux enjeux économiques et sociaux, tout en contribuant aux objectifs climatiques de l'Union européenne pour 2050.

Réduction de la pollution

Les véhicules électriques (VE) sont essentiels pour diminuer les émissions de gaz à effet de serre. En n'émettant pas de CO₂ lorsqu'ils roulent, ils améliorent significativement la qualité de l'air urbain. Leur impact environnemental global dépend toutefois de la source d'électricité utilisée pour leur recharge. Une électricité issue de sources renouvelables maximise les bénéfices environnementaux des VE (Agence internationale de l'énergie, 2023).

Les voitures partagées, en réduisant le nombre total de véhicules en circulation, abaissent les émissions globales et optimisent l'utilisation des infrastructures de transport, contribuant ainsi à un environnement plus propre (European Shared Mobility Index, 2023).

Efficacité et réduction de la congestion

Les modèles de partage de voitures, tels que le covoiturage et la location de courte durée, permettent une utilisation plus efficace des véhicules. Ils réduisent la nécessité de posséder une voiture personnelle, diminuant ainsi la congestion urbaine et améliorant l'efficacité des déplacements (SPW, 2022).

Les plateformes de partage utilisent des algorithmes pour optimiser les trajets, réduisant les temps d'attente et de déplacement, ce qui contribue à une fluidité accrue du trafic (Idea Consult, 2024).

Sécurité routière

Les voitures électriques modernes sont équipées de technologies avancées d'assistance à la conduite (ADAS), telles que le freinage automatique d'urgence, les systèmes de maintien de voie et la détection des angles morts, améliorant ainsi la sécurité des conducteurs et des passagers (Crémel, 2017b).

Les services de partage de voitures collectent et analysent des données de conduite, permettant des mises à jour et des améliorations continues des systèmes de sécurité des véhicules (Rapport Spécial 04/2024: Sécurité Routière, 2024).

Impact économique et social

Les modèles de voitures partagées offrent une alternative économique à la possession d'un véhicule personnel, particulièrement bénéfique pour les populations à faible revenu ou vivant en zones urbaines coûteuses. Cette accessibilité accrue favorise une meilleure inclusion sociale et économique (Licata, 2021).

En réduisant le nombre total de véhicules nécessaires, les modèles de partage diminuent la demande de matériaux pour la production automobile, contribuant à la conservation des ressources naturelles et à la réduction des déchets industriels (Fleck, 2023).

Contribution aux objectifs climatiques de l'UE pour 2050

Les véhicules électriques et partagés sont cruciaux pour atteindre les objectifs climatiques de l'Union européenne, visant une réduction de 55 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 et la neutralité carbone d'ici 2050. La transition vers une mobilité électrique et partagée, soutenue par des politiques favorisant le développement des infrastructures de recharge, est essentielle pour atteindre ces objectifs (Parlement Européen, 2024).

Les voitures électriques et partagées adressent efficacement les défis environnementaux, économiques et sociaux actuels. Elles réduisent les émissions de gaz à effet de serre, améliorent l'efficacité de la circulation, augmentent la sécurité routière et offrent des alternatives de mobilité plus accessibles et durables. Ces innovations sont indispensables pour une transition vers une mobilité plus propre et plus équitable, en ligne avec les objectifs climatiques à long terme de l'Union européenne.

1.7. Conclusion intermédiaire du chapitre 1

- La croissance exponentielle du parc automobile, avec une estimation de 2,5 milliards de véhicules d'ici 2030, souligne l'omniprésence de l'automobile dans notre quotidien.
- Les principaux défis de la mobilité sont définis sous quatre angles principaux : l'efficacité, la sécurité, la pollution, et les enjeux économiques.
- L'efficacité est cruciale dans un contexte de croissance urbaine et démographique, avec des considérations telles que le prix, la durée du trajet et le confort qui influencent les choix de transport.
- La sécurité routière reste un défi important malgré des progrès, avec une attention particulière portée aux facteurs humains comme la vitesse excessive et la conduite sous influence.
- La pollution causée par les transports, principale source d'émissions de gaz à effet de serre, nécessite une transition vers une mobilité plus durable pour lutter contre le changement climatique.
- Les transformations récentes dans le secteur automobile, notamment l'électrification, les services de mobilité partagée et l'autonomie, offrent des opportunités pour répondre à ces défis.
- Les considérations politiques, économiques et sociales influent sur les décisions relatives à la mobilité, avec des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de gestion de la congestion urbaine.
- Les avancées technologiques, telles que les véhicules autonomes, présentent des opportunités mais nécessitent une réglementation adéquate et des investissements dans les infrastructures.
- La transition vers une mobilité plus durable exige une approche intégrée tenant compte des divers aspects économiques, environnementaux, sociaux, politiques et technologiques.
- Les voitures électriques et partagées adressent efficacement les défis environnementaux, économiques et sociaux actuels. Bien que nous sommes seulement au début de cette évolution.
- Le prochain chapitre se penchera sur les spécificités techniques de la voiture autonome, en détaillant son fonctionnement et les technologies clés qui la rendent possible.

Chapitre 2 : Fonctionnement de la voiture autonome : intelligence artificielle, capteurs et technologies embarquées.

Ce chapitre analyse en profondeur le fonctionnement des voitures autonomes. Pour mieux comprendre cette technologie, nous définirons le concept de la voiture autonome, examinerons les différents niveaux d'automatisation et étudierons les technologies embarquées. Enfin, nous détaillerons les différents acteurs déterminants dans la mise en œuvre de cette technologie, tels que les équipementiers, les autorités publiques, les acteurs du secteur numérique, les assureurs et les prestataires de services de robotaxis.

2.1. Définition de la voiture autonome

Pour mieux comprendre le concept de voiture autonome, nous allons nous appuyer sur la définition du dictionnaire Larousse. Selon Larousse (2024), une voiture autonome est « une voiture équipée d'un système de pilotage automatique qui lui permet de rouler sans intervention humaine dans des conditions de circulation réelles ».

Afin de pouvoir comparer les niveaux d'autonomie des véhicules, une norme internationale a été mise au point par la SAE, acronyme de la Society of Automotive Engineerings (The Mission Of SAE International Is To Advance Mobility Knowledge And Solutions, 2024). Cette association professionnelle, qui regroupe des ingénieurs et des experts techniciens de la mobilité, élabore des normes mondiales. La SAE a créé le standard de qualité J3016, qui définit les niveaux d'automatisation de la conduite et que nous étudions ci-dessous.

2.2 Les niveaux d'automatisation à la conduite

Le standard J3016 distingue cinq niveaux d'automatisation à la conduite, allant de « SAE niveau 0 » qui concerne les véhicules sans automatisation à « SAE niveau 5 » qui correspond aux véhicules avec une automation complète. Les niveaux sont détaillés ci-dessous.

Niveau d'automatisation des voitures autonomes :



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™

Learn more here: [sae.org/standards/content/j3016_202104](https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104)

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	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 are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You are not 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	

Copyright © 2021 SAE International.

	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	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

Figure 3 : (SAE J3016 Automated-driving Graphic, 2020)

Comme le montre le tableau X, les niveaux de conduite autonome se distinguent clairement en fonction de caractéristiques bien spécifiques :

SAE niveau 0 : le conducteur se charge de tout. Il conduit en gardant les mains sur le volant et les yeux sur la route. Il ne bénéficie de l'aide d'aucune assistance ou automatisation si ce n'est pour le freinage d'urgence ou le danger dans les angles morts par exemple.

SAE niveau 1 : le conducteur bénéficie d'une assistance pour le contrôle de trajectoire et / ou l'accélération de freinage mais doit continuer à conserver le contrôle du véhicule.

SAE niveau 2 : automatisation partielle d'assistance à la conduite. Le conducteur peut se permettre temporairement de lâcher le volant. Il doit néanmoins rester vigilant quant au trafic et reprendre le contrôle en cas de besoin.

SAE niveau 3 : automatisation conditionnelle. L'ensemble de la conduite peut être confiée à l'automatisme dans certaines conditions de trafic autorisant une moindre

vigilance du conducteur qui doit néanmoins rester en mesure de reprendre le contrôle en cas de besoin.

SAE niveau 4 : automatisation élevée. Le véhicule prend en charge la conduite de manière entièrement autonome dans certaines zones et sous des conditions météorologiques définies. Sous ces conditions particulières, le conducteur n'est plus nécessaire.

SAE niveau 5 : le véhicule est totalement autonome sur le trajet complet et sans condition. En toutes circonstances, le conducteur n'est pas nécessaire.

2.3 Fonctionnement des voitures autonomes

Intéressons-nous à présent au fonctionnement des voitures autonomes.

Comme l'indique L. Hoseok, le conducteur, indique une destination. L'ordinateur de la voiture calcule le chemin le plus optimisé. Une fois que la proposition d'itinéraire est validée par le conducteur, la voiture démarre et se met en route.

Des capteurs, installés sur le toit de la voiture, à l'avant et à l'arrière de la voiture, cartographient en 3 dimensions l'environnement dans lequel se trouve le véhicule, avec une portée d'environ 60 mètres. Ces capteurs mesurent également la distance entre une voiture et un obstacle et sont souvent utilisés pour se garer.

Le véhicule comporte aussi des caméras sur chaque angle de la voiture afin d'avoir une vision complète sur l'environnement. Les données recueillies par les différents capteurs, caméras et l'accès à Google Street View, sont traités par un programme d'intelligence artificielle. Ce programme simule la perception et la prise de décision humaine pour contrôler les commandes du véhicule tels que le volant, le freinage, l'accélération, boîte de vitesse, etc.

2.4 La technologie embarquée

Grâce à la convergence de technologies entre l'automobile, l'intelligence artificielle et la télécommunication, la recherche sur les véhicules autonomes progresse rapidement, selon M. Stouraitis. Il est donc évident que le développement d'un véhicule totalement autonome entraînera une rupture significative dans le fonctionnement des automobiles et la relation des usagers avec leurs véhicules.

Les avancées électroniques ont progressivement remplacé certaines fonctions des conducteurs par divers logiciels. La première technologie incluait la direction assistée, le freinage assisté et la boîte de vitesse synchronisée. Par la suite, l'ABS a été introduit, avec des performances qui n'ont cessé d'évoluer.

M. Stouraitis. Souligne que les principaux éléments technologiques liés à la voiture autonome sont le système de positionnement global (GPS), la détection et télémétrie radio (RADAR), la détection et télémétrie par la lumière (LIDAR) ainsi que les caméras.

Le système de positionnement global (GPS), a pour fonction de calculer l'itinéraire et permettre au véhicule de connaître sa localisation précise sur la route, mais aussi d'anticiper les événements à venir, tels que les virages, changement de direction, et les intersections.

La détection et télémétrie radio (RADAR) repère les objets dans un rayon de 10 à 300 mètres. Ces capteurs, situés à l'avant et à l'arrière, ont pour fonction de détecter les objets autour du véhicule en mouvement, et au bord de la route. Son fonctionnement est optimal par tous les temps de jour comme de nuit. Cependant, la reconnaissance précise des formes reste un défi.

La détection et télémétrie par la lumière (LIDAR) sont situées sur le toit du véhicule en direction de l'avant, avec une portée de 150 mètres. Il scanne l'environnement de la voiture et génère une cartographie 3D en temps réel, même si le véhicule est en mouvement. Le LIDAR joue un rôle crucial en confirmant les informations provenant des autres capteurs et scanner. Il fonctionne par tous les temps, mais peut être aveuglé par des reflets.

Les caméras, dont beaucoup de voitures actuelles sont munies, telles que les caméras de recul, les caméras frontales et latérales, peuvent également détecter les objets autour et sur le parcours, avec une distinction fine. Ceux-ci comprennent les lignes de circulation et les points clé de la chaussée. Néanmoins, elle peut être aveuglée par des conditions de visibilité réduite telles que la nuit, la brume ou la luminosité intense.

Tous ces senseurs récoltent des informations en temps réel afin de naviguer en toute sécurité sur les voies publiques. Chaque signal est traité et transmet au calculateur de fusion, qui, grâce aux algorithmes complexes, planifie la trajectoire du véhicule, prend des décisions concernant la conduite, et envoie les commandes aux actionneurs concernés tels que les systèmes de freinage, d'accélération ou encore de direction. Nous pouvons retrouver ces étapes sur l'image suivante.

Schéma des capteurs dans les voitures autonomes :

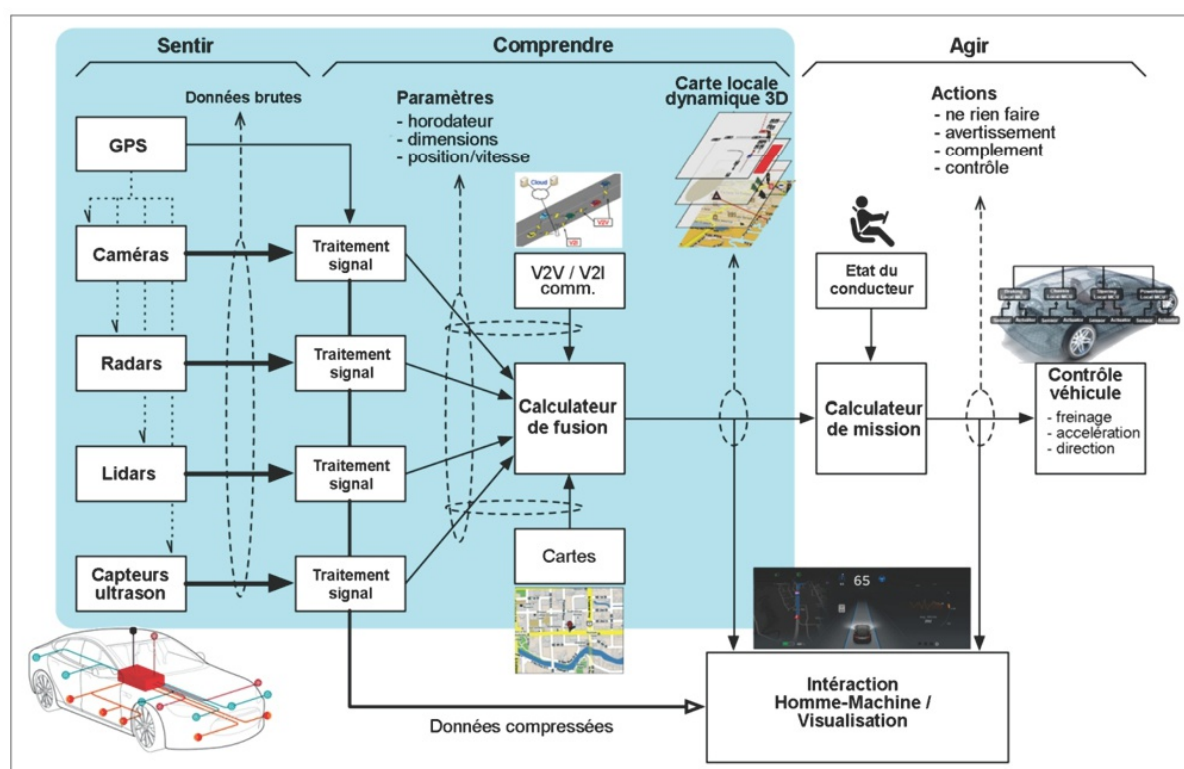


Figure 4 : (Pavel et al., 2018)

2.5 Les parties prenantes concernées par la voiture autonome

Les différents acteurs concernés par les voitures autonomes jouent un rôle clé dans l'évolution du développement. Ces acteurs comprennent les constructeurs automobiles, les équipementiers, les autorités publiques, les entreprises du secteur numérique, les assureurs et les sociétés de services de robotaxis. Chacun de ces acteurs contribuera à sa manière, que ce soit en développant des composants techniques, en établissant des cadres réglementaires, en assurant des modèles économiques durables ou en fournissant des services innovants.

Dans la suite de ce chapitre deux, nous avons cherché à intégrer la stratégie numérique, les connaissances approfondies du secteur de la mobilité, ainsi que les retours d'expériences issus des interviews et des avancées technologiques, afin d'aider les autorités à concevoir, développer et faire évoluer la mobilité autonome.

2.6 Les constructeurs automobiles

Comme nous l'avons vu précédemment, l'avenir du secteur de la mobilité offre des opportunités, mais cette transformation nécessite de gros changements. Les constructeurs automobiles doivent être ouverts à ces nouvelles opportunités, c'est ce qu'il en ressort de l'interview de G. Kroin ainsi que L. HoSeok.

Outre les défis propres au secteur de la mobilité, l'industrie du transport et de la logistique doit faire face à la disruption numérique. Les constructeurs automobiles doivent faire preuve d'agilité afin de respecter la nouvelle réalité du secteur, car, selon Agoria, la fédération de l'industrie technologique « *l'industrie automobile européenne est en train de vivre l'une des transitions les plus importantes, si ce n'est la plus importante, à savoir celle de l'électrification* » (Timmermans, 2023). C'est en effet grâce à l'électrification du secteur automobile que le développement des voitures autonomes est possible.

Bien que personne ne puisse prédire le futur, les constructeurs automobiles doivent tester activement les scénarios possibles afin d'anticiper ces changements. Selon G. Kroin, les constructeurs automobiles qui réussiront dans l'économie numérique seront ceux qui mettront l'humain au second plan et se concentreront sur la technologie d'abord. Cela ne signifie pas qu'il faille minimiser l'importance de l'humain. Au contraire, une connaissance approfondie du client doit aider les constructeurs à choisir les technologies les plus adéquates.

En ce qui concerne les constructeurs automobiles, nous allons maintenant nous intéresser à leur rôle, dans le développement et la production des véhicules autonomes, leurs investissements dans la recherche et le développement de technologies autonomes et enfin leurs partenariats avec des entreprises technologiques pour intégrer l'intelligence artificielle et les capteurs dans les véhicules.

Leur rôle

Le rôle principal des constructeurs automobiles dans le développement et la production des véhicules autonomes est de pouvoir répondre à une future demande exigeante et non parfaitement définie. La tendance actuelle est de proposer de se déplacer n'importe quand et n'importe où. Un bien ou une personne bien que les exigences des clients puissent différer de plusieurs manières. Tel le désir, le pouvoir d'achat, la situation géographique, les connaissances ou encore les habitudes.

Cependant, comme le souligne L. HoSeok, les consommateurs évoluent, avec une proportion croissante de consommateurs qui pourraient envisager d'acheter un véhicule

autonome, afin de se consacrer à d'autres activités, bien que son prix soit encore fort élevé.

Selon le Centre de recherches routières (Redant & Van Geelen, 2020), le défi de la conduite autonome ne consiste pas seulement à économiser l'effort humain pendant la conduite, mais aussi à garantir que les véhicules autonomes puissent se déplacer de manière sûre et efficace dans n'importe quel environnement.

Les véhicules autonomes, coûtent actuellement environ 250 000 euros et n'offrent pas une période d'amortissement raisonnable pour de nombreux clients (Mott, 2024). Ce prix exorbitant est dû à la technologie de pointe intégrée dans le véhicule.

Le prix de vente supérieur d'un véhicule autonome par rapport à un véhicule actuel (qui tourne autour de 30 000€), n'offre pas une période d'amortissement raisonnable pour le consommateur lambda qui en moyenne parcourt 20 000 kilomètres par an. Évidemment, le prix des voitures autonomes est amené à descendre au fur à mesure de son développement.

Leurs investissements

Les investissements des constructeurs automobiles dans la recherche et le développement de technologies autonomes augmentent. Différents articles démontrent que les grands groupes de constructeurs automobiles tels que Stellantis et Volkswagen, rachètent des start-ups dans le domaine des véhicules autonomes. Cette approche a pour but de réduire les coûts internes d'un tel développement (Steinmann, 2022 ; S. Sharma, 2020).

Certains experts tels que G. Kroin estiment que la clé de l'avenir des véhicules autonomes, qu'il s'agisse de voitures particulières ou de véhicules commerciaux, réside dans la détection 3D avancée. Comparer à la technologie Lidar, utilisé par Audi qui a été « le premier constructeur à utiliser des faisceaux laser qui détectent les objets et évaluent précisément les distances » (LIDAR Montre la Voie, 2024), les véhicules autonomes s'appuient sur des caméras offrant une résolution plus élevée et une portée plus large (Capteur de Vision, 2024).

Leurs partenariats

Les partenariats des constructeurs automobiles avec des entreprises technologiques pour intégrer l'intelligence artificielle et les capteurs dans les véhicules sont importants pour la bonne évolution du secteur de la mobilité autonome.

En effet, les collaborations externes peuvent faciliter le processus de transformation et permettre aux constructeurs de tirer parti de l'expertise de l'ensemble du secteur sans se soucier de partager des informations sensibles avec leurs concurrents.

Les équipements d'une voiture jouent souvent un rôle clé dans le processus de sélection d'un véhicule. Les équipementiers collaborent principalement avec les fournisseurs de l'industrie automobile. Toutefois, ces acteurs étudient de plus en plus comment leur technologie pourrait également bénéficier aux constructeurs. En effet, comme le souligne le Forem, « les liens avec les constructeurs sont étroits et multiples. Les constructeurs impliquent davantage les équipementiers dans l'activité de conception et de production des véhicules » (Gillet, 2016).

Étant donné que les voitures autonomes permettent à leurs "conducteurs" de se consacrer à d'autres activités, l'intégration de nouveaux équipements deviendra encore plus importante dans le processus de sélection et d'achat d'une voiture.

2.7. Les équipementiers

Comme nous l'avons vu, le secteur de la mobilité est de plus en plus centré sur le client. Cette transformation est en grande partie due aux avancées technologiques et à la nécessité de répondre aux attentes croissantes des consommateurs pour des expériences plus personnalisées et efficaces. Mais est-il possible pour ces équipementiers d'utiliser davantage les données pour accroître leur avantage concurrentiel sur le marché ?

Le secteur de la mobilité en tant que service va au-delà des frontières des constructeurs automobiles. Bien qu'ils n'en soient encore qu'au stade de prototype, les véhicules autonomes dirigés par l'intelligence artificielle finiront dans quelques années (approximativement en 2035), selon G. Kroin, par remplacer la possession d'un véhicule.

En ce qui concerne les équipementiers, nous allons nous intéresser plus particulièrement à leur contribution à la fourniture des composants et des systèmes nécessaires pour rendre les véhicules autonomes fonctionnels ainsi qu'à leur implication dans l'innovation des technologies de sécurité et de navigation pour les véhicules autonomes, grâce à des services centrés sur l'intelligence artificielle.

Leur contribution

La contribution des équipementiers à la fourniture des composants et des systèmes est nécessaire pour rendre les véhicules autonomes fonctionnels.

En effet, lorsqu'il s'agit d'intégrer la fourniture des composants intelligent et interconnecté, plusieurs défis freinent celles-ci, notamment des problèmes de croissance des données, le manque de ressources qualifiées pour gérer les données, les problèmes de sécurité des données, les problèmes d'intégration des données ainsi que les enjeux culturels de l'organisation.

Selon L. HoSeok, la contribution des équipementiers à la fourniture des composants est soumise aux problèmes de croissance des données. Cela est l'un des défis les plus urgents qui consiste à stocker pour ensuite utiliser ces données et leur donner un sens. La quantité stockée dans les centres de données et les bases de données augmente rapidement, ce qui les rend coûteuses à traiter.

En effet, le rôle des équipementiers automobiles est incertain avec l'émergence de la numérisation. Certains, suggèrent que les équipementiers prennent le rôle de simples fournisseurs dans le but de laisser les logiciels et expérience numérique aux entreprises technologiques. Cependant, les véritables gagnants seront les premiers équipementiers à pouvoir offrir un logiciel pour les voitures autonomes qui promet d'être optimisé et fiable pour les consommateurs (Ivanov, 2024).

Leur implication

L'implication des équipementiers dans l'innovation des technologies de sécurité et de navigation pour les véhicules autonomes est conditionnée par la technologie qui redéfinit le secteur de la mobilité. En d'autres termes, les nouvelles technologies redéfinissent les attentes et les possibilités dans le domaine de la mobilité, et les équipementiers doivent s'adapter et contribuer à ces innovations pour rester pertinents et compétitifs.

Toutes les innovations des équipementiers s'accompagnent d'un certain nombre de responsabilités et de questions juridiques. Étant donné que les systèmes autonomes ont des implications sociales de grande portée, la responsabilité dans les matières telles que la conformité réglementaire, la sécurité, les défauts de fabrication, la gestion de risque ou l'assurance qualité sont particulièrement importantes. (Reilly, 2023).

De même, la technologie utilisée dans la construction automobile améliorant l'efficacité et la qualité du processus de production implique des « robots qui peuvent effectuer des tâches d'assemblage complexes avec une précision millimétrique » (LogTDConception, 2024). De tels robots ont en outre la capacité d'augmenter considérablement la vitesse de production tout en réduisant les erreurs humaines.

Notons que les tentatives futures visant à introduire davantage de véhicules autonomes sur les routes créeront des conditions propices à la concurrence entre équipementiers, qui chercheront à gagner la majorité des contacts avec les acteurs majeurs. Même si les détails spécifiques de la législation sont encore inconnus, l'évolution vers une réglementation plus claire suggère que les autorités publiques prennent des mesures pour établir un cadre juridique pour les voitures autonomes (Site Internet du Parlement de Wallonie, 2024).

C'est ce que nous allons tenter de déterminer plus loin dans ce mémoire de fin d'études en commençant par l'analyse de ce que pensent les autorités publiques.

2.8 Les autorités publiques

Les autorités publiques, comme nous le savons, sont des parties prenantes concernées par la voiture autonome. Il est dès lors important de s'intéresser à leur rôle dans la régulation et la législation entourant les véhicules autonomes, leurs initiatives pour faciliter les essais sur route et l'adoption des véhicules autonomes ainsi qu'à leur responsabilité dans l'assurance de la sécurité et la gestion des infrastructures routières compatibles avec les véhicules autonomes.

Leurs rôles

Le rôle des autorités publiques dans la régulation et la législation entourant les véhicules autonomes. Certains régulateurs ont défini des objectifs de réduction des émissions de polluants de plus en plus stricts envers les équipementiers, agissant dans la production de véhicules autonomes.

Les systèmes de mobilité autonome tentent de répondre aux besoins de chacun avec des services à la demande, des informations en temps réel, améliorant même l'environnement. Pour y parvenir, l'intelligence artificielle doit être présente dans tous les aspects du secteur de la mobilité, selon L. HoSeok. En effet, il préconise que tous les modes de transport du futur soient connectés entre eux. Dans une infrastructure gérée par des machines intelligentes, le transport se définit dans un environnement efficace.

Il est donc nécessaire d'établir des réglementations claires et des mécanismes de sécurité solides pour protéger la vie privée des utilisateurs, mais aussi garantir que les données soient utilisées de manière adéquate, selon Matthias Hartwig avocat et intervenant scientifique depuis 2011 à l'Institut pour la protection du climat, l'énergie et la mobilité (Hartwig, 2024).

Leurs initiatives

Les initiatives des autorités publiques pour faciliter les essais sur route et l'adoption des véhicules autonomes passent par l'amélioration de l'infrastructure. Cela implique de rendre l'infrastructure routière existante plus adaptée à ce nouveau type de véhicule. Les routes, les systèmes de signalisation et d'autres éléments essentiels doivent être modernisés pour assurer la sécurité des usagers d'une voiture autonome.

Les États-Unis sont les seuls endroits où les autorités publiques ont autorisé l'usage des voitures autonomes sous forme de robotaxis. Ces voitures autonomes sont autorisées uniquement à Phoenix, Los Angeles et San Francisco en raison de conditions climatiques favorables et d'infrastructures adaptées. Toutefois, il est important de noter que ces

véhicules ne sont pas encore libres de circuler partout dans ces villes. À titre d'exemple voici la zone (zone bleue) dans laquelle la voiture autonome de Waymo (la plus grande société de robotaxis) peut circuler à Los Angeles.

Carte des zones de circulation de Waymo :

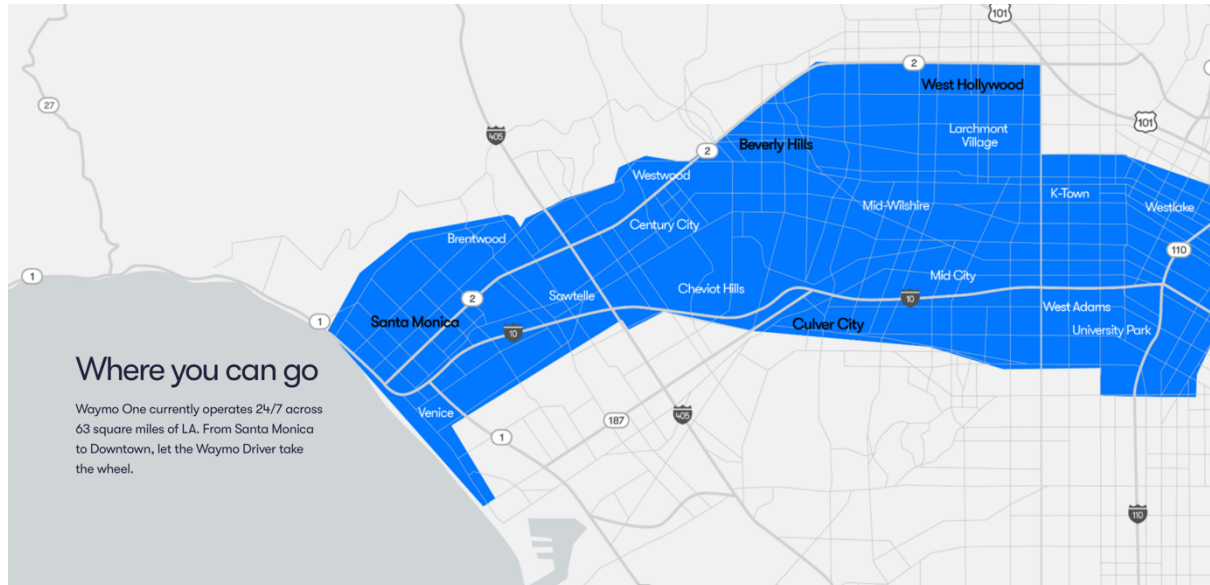


Figure 5 : (Autonomous Ride-Hailing In Los Angeles, CA - Waymo, 2024)

Notons déjà qu'un cadre juridique européen pour les « véhicules entièrement automatisés dotés de fonctions de conduite autonome » a été finalisé en juillet 2022 grâce à une adaptation du règlement sur le certificat de conformité, qui a été élargi pour inclure les véhicules entièrement automatisés » (Site Internet du Parlement de Wallonie, 2024). Malheureusement, certaines conventions telles que la convention de Vienne, ne permet pas pour l'instant au constructeur de continuer à développer des voitures de plus en plus autonomes. En effet, selon la Convention de l'ONU de 2016 à Vienne, « chaque véhicule doit avoir un conducteur, tenu de garder à tout moment le contrôle de son véhicule » (Verstraete, 2023). Cela signifie qu'à l'heure actuelle, la conduite autonome de niveau 4 et 5, n'est pas autorisée sur la voie publique par ce traité.

Le futur de la mobilité intelligente exigera des modifications ou la création de certains traités au niveau européen, afin de faire avancer le développement de cette technologie. Mais le cadre réglementaire n'est pas figé, il y a des possibilités d'évolution, comme le démontrent les réglementations ci-dessous.

L'Union européenne a mis en place plusieurs réglementations pour faciliter l'intégration des véhicules autonomes. Par exemple, le règlement général sur la sécurité des véhicules (EU) 2019/2144, modifié pour inclure les véhicules entièrement automatisés, est en vigueur depuis juillet 2022. Ce cadre juridique fixe des exigences spécifiques pour les systèmes d'assistance à la conduite, qui seront obligatoires pour tous les nouveaux véhicules à partir de juillet 2024 (Chandler et al., 2024 ; commission européenne, 2024)

En outre, des évolutions sont également prévues pour les années à venir, avec l'introduction de législations complémentaires et de directives spécifiques visant à harmoniser les normes de sécurité et à faciliter l'acceptation et l'intégration des véhicules autonomes à l'échelle européenne. Par exemple, le règlement de l'ONU n° 157, entré en vigueur en 2023, permettent aux voitures hautement automatisées de rouler à des vitesses allant jusqu'à 130 km/h, sous réserve d'une approbation technique et de tests de responsabilité des produits (Chandler et al., 2024).

Enfin, l'initiative "Europe on the Move" de la Commission européenne de 2023 propose un cadre juridique complet pour la certification des véhicules autonomes, visant à établir un processus standardisé pour l'approbation des systèmes de conduite autonome. Cette initiative aborde également les questions de responsabilité et d'assurance en cas d'accidents impliquant des véhicules autonomes, cherchant à clarifier les responsabilités des différentes parties prenantes. (Chandler et al., 2024)

Leurs responsabilités

L'intelligence artificielle continue de prévaloir dans les grandes industries. Dans ce cas, elle révolutionne le secteur automobile, de la conduite autonome à l'amélioration de l'efficacité et de la sécurité, en proposant des solutions innovantes. Des entreprises comme NEXYAD ont développé des logiciels d'IA capables de calculer les risques en temps réel. Dans ce domaine d'évaluation des risques, l'IA est utilisée pour identifier les comportements dangereux sur la route et alerter les conducteurs des risques. L'IA joue également un rôle dans l'amélioration de l'expérience client grâce à des fonctions comme la maintenance prédictive, qui permet d'identifier les problèmes potentiels avant qu'ils ne surviennent. Des entreprises comme Predii ont créé des plateformes d'IA qui analysent les données du véhicule et alertent le conducteur de possibles défaillances, contribuant ainsi à réduire les coûts de réparation et à prolonger la durée de vie des véhicules (Desamero, 2022). Cette intégration serait propre aux voitures autonomes de niveau 4 et 5, qui nécessitent une autonomie complète sans intervention humaine, cette capacité à évaluer les risques en temps réel est essentielle pour assurer la sécurité des passagers et des autres usagers de la route.

La responsabilité des autorités publiques dans l'assurance de la sécurité et la gestion des infrastructures routières compatibles avec les véhicules autonomes implique la construction de nouvelles infrastructures. Comme par exemple, harmoniser les marquages afin d'avoir un repérage sans défaut de la voie ou encore des panneaux de signalisation ainsi que des panneaux à message variable émetteur de signal pour informer les véhicules autonomes.

Selon le Centre de recherches routières (Redant & Van Geelen, 2020), cela prendra du temps, sera coûteux et l'on sera confronté à des contraintes logistiques. Les solutions

d'avenir résident dans la capacité à utiliser intelligemment l'accès au réseau logistique pour partager les réseaux de transport.

La question reste de savoir qui financera ces infrastructures ? La question du financement des infrastructures est complexe, surtout dans des pays comme la France où les réseaux de transport ne sont pas entièrement publics. Les investissements nécessaires peuvent provenir de fonds publics, privés ou d'un partenariat public-privé. La collaboration entre le secteur privé et public permettrait de partager les coûts, les risques et de bénéficier d'une mise en œuvre accélérée du développement d'infrastructure pouvant supporter les voitures autonomes.

2.9 Les acteurs du secteur numérique

L'une des applications les plus importantes de l'intelligence artificielle est la conduite autonome où les acteurs du secteur numérique ont une contribution et une implication importante à jouer. En effet, les véhicules autonomes utilisent des algorithmes avancés d'intelligence artificielle pour analyser les données en temps réel ainsi que pour prendre des décisions intelligentes concernant la navigation et le contrôle du véhicule (L'impact de L'intelligence Artificielle Sur les Véhicules Autonomes, 2024).

En ce qui concerne les acteurs du secteur numérique, nous allons nous intéresser plus particulièrement à leur contribution, à la conception de logiciels et d'algorithmes pour les systèmes autonomes ainsi qu'à leur implication dans le développement de l'Internet des Objets et des infrastructures de communication nécessaires pour la connectivité des véhicules autonomes.

G. Kroin est ingénieur et ~~ensuite~~ chef de projet chez Mobileye, une société développant des technologies de conduite autonome et des systèmes avancés d'aide à la conduite. Il possède de l'expérience et des connaissances en matière de transformation numérique. Monsieur Kroin, a été disposé à répondre nos questions permettant d'explorer les opportunités de l'avenir.

Leurs contributions

La transformation s'annonce avec l'intelligence artificielle qui a actuellement un impact profond sur le secteur de la mobilité. Les applications de l'intelligence artificielle dans l'industrie automobile vont au-delà des visions d'avenir populaires des véhicules autonomes, selon L. HoSeok.

La contribution des acteurs du secteur numérique à la conception de logiciels et d'algorithmes pour les systèmes autonomes sont liés à l'utilisation des stratégies de données dans le cadre d'une stratégie d'entreprise, selon G. Kroin.

La technologie est particulièrement précieuse dans la conduite autonome en raison de sa capacité à fournir des données tridimensionnelles en temps réel, permettant au véhicule de voir son environnement et de prendre des décisions basées sur ces informations.

Comme le précise Valéo, « Le scanner lidar est indispensable au développement des voitures autonomes » (Valeo, 2024). Le lidar est l'une des technologies clé qui utilise des caméras, les radars et les capteurs à ultrasons, dans le développement de systèmes de perception avancés pour les véhicules autonomes.

Selon L. HoSeok, les problèmes de sécurité des données sont souvent relégués au second plan bien que cela puisse constituer une menace majeure pour les entreprises, car les bases de données non protégées peuvent être une cible pour les cyberpirates. Ce qui amène les problèmes d'intégration des données où l'intégration des données peut s'avérer délicate lorsqu'il s'agit de plusieurs sources d'information. Les entreprises doivent donc trouver les bonnes solutions ou outils informatiques pour résoudre leurs problèmes d'intégration de données.

Selon L. HoSeok, les entreprises du secteur de la mobilité ont toujours été réticentes à partager des données, estimant que ce partage fournit un aperçu des inefficacités dans le processus. Ce partage est néanmoins essentiel afin d'avoir une collaboration efficace autour du développement des voitures autonomes.

Leurs implications

L'implication des acteurs du secteur numérique dans le développement de l'Internet des Objets et des infrastructures de communication est nécessaire pour améliorer la connectivité des véhicules autonomes. La connexion avec des réseaux extérieurs, par exemple, connecteront le monde et amélioreront ainsi l'efficacité.

Selon lui, des réseaux logistiques intelligents, permettront d'améliorer la traçabilité et la fiabilité des transports. Chaque maillon du réseau intelligent pourra ainsi échanger des informations telles que l'emplacement et les conditions. Dans ce contexte, la mobilité autonome en tant que service connecté deviendra courante dans la société basée sur la demande.

2.10 Les assureurs

Les assureurs, comme nous le savons, sont des parties prenantes concernées par la voiture autonome. Il est dès lors important de s'intéresser à leur adaptation aux nouveaux risques et aux modèles d'assurance associés aux véhicules autonomes. Leur implication dans l'évaluation des responsabilités en cas d'accidents impliquant des véhicules autonomes sera primordiale.

La Belgique n'a pas encore mis en place de mesures concrètes spécifiques pour les assurances liées aux véhicules autonomes. Actuellement, les assureurs belges se concentrent sur la collecte de données et l'évaluation de modèles pour développer des solutions d'assurance viables. Ils travaillent à comprendre les nouveaux risques associés à ces technologies et à définir des cadres réglementaires et des politiques adaptés à ces nouveaux défis.

Cependant, d'autres pays ont déjà dévoilé quelques mesures. C'est le cas du Royaume-Uni qui tiendra les constructeurs de voitures autonomes pénalement responsables en cas d'accidents avec un projet de loi. Annoncé par le roi Charles III lors de son premier discours devant le Parlement britannique, il a été applaudi par les compagnies d'assurance, selon Euronews¹⁴.

Dans l'environnement bancaire, des systèmes autonomes examinent les modes de vie et prédisent la possibilité d'une fraude. Cela a déjà une incidence sur les primes d'assurance. Les systèmes autonomes redéfinissent le secteur de la mobilité du transport, et les systèmes d'intelligence artificielle permettent au secteur des assurances d'être entièrement prédictif et personnalisé.

Leurs adaptations

Les assureurs s'adaptent graduellement aux nouveaux risques et aux modèles d'assurance associés aux véhicules autonomes bien. Le conducteur restera toutefois toujours responsable du maintien de l'assurance du véhicule (Ethias, 2024).

À mesure que le secteur de la mobilité devient plus complexe et interconnecté, la nécessité de placer l'intelligence artificielle au centre de ces systèmes automobile devient évidente. Nous devons dès lors penser à cette future omniprésence de l'intelligence artificielle dans le secteur de la mobilité.

En effet, l'intelligence artificielle détecte les anomalies, analyse les données et prédit les temps de trajet en fonction de l'heure d'arrivée. Autrement dit, les systèmes intelligents rendent la planification efficace.

Leurs implications

L'implication des assureurs dans l'évaluation des responsabilités en cas d'accidents impliquant des véhicules autonomes vise à permettre un règlement plus rapide et plus efficace des sinistres.

La question centrale de la responsabilité est particulièrement importante, car les véhicules autonomes remettent en question la structure traditionnelle des assurances

automobiles, où le conducteur humain est généralement tenu responsable en cas d'accident.

Avec l'émergence des voitures autonomes, la responsabilité peut désormais s'étendre au-delà du conducteur pour inclure les constructeurs, les développeurs de logiciels, et potentiellement d'autres parties impliquées dans la création et le fonctionnement des systèmes autonomes. Par exemple, dans le cas d'un accident impliquant un véhicule autonome, la question se pose de savoir si la responsabilité incombe au constructeur, au fournisseur de logiciels, ou à un défaut du système autonome, plutôt qu'au conducteur (Vrancken, 2022).

Actuellement, la responsabilité en cas d'accident varie selon les niveaux d'autonomie. Pour les niveaux 1 et 2, qui se rapprochent davantage de l'aide à la conduite, la responsabilité reste aux conducteurs. Par conséquent, il n'y a pas de changements majeurs pour les assurances. Cependant, l'intégration de ces aides à la conduite incite les assureurs à évaluer les risques à la baisse grâce aux différentes assistances technologiques qui réduisent les erreurs humaines.

Pour les niveaux d'autonomie supérieurs, la responsabilité incombe aux constructeurs et aux différentes parties prenantes (équipementiers, acteurs numériques, etc.) ayant développé la voiture autonome.

Cette évolution de la législation pour tenir les constructeurs de voitures autonomes pénalement responsables en cas d'accidents, a des implications significatives sur le risque que prennent les compagnies d'assurance. Cela signifie que les assureurs doivent non seulement repenser leurs polices d'assurance pour couvrir ces nouveaux risques, mais aussi établir des processus efficaces pour évaluer les responsabilités en cas d'accidents.

Traditionnellement, les assureurs automobiles s'adressaient directement aux consommateurs individuels. Avec l'essor des véhicules autonomes, notamment ceux utilisés dans des flottes de robotaxis et de services de mobilité partagée, les assureurs doivent désormais cibler les entreprises et les opérateurs de flottes. Ces entreprises, qu'il s'agisse de sociétés de transport, ou de gestionnaires de flottes autonomes, deviennent les nouveaux clients principaux des assureurs. La transition des assureurs du B2C au B2B changera sûrement le modèle de tarification. La tarification sera probablement sous forme d'abonnement basé sur l'utilisation du service. Ceci demandera une adaptation considérable en termes de produits, et de gestion des risques. Mais, offrira également de nouvelles opportunités de marché et de croissance pour les assurances.

Les assureurs utilisent de plus en plus l'intelligence artificielle pour évaluer les risques et déterminer les primes d'assurance. Les systèmes autonomes permettent d'analyser des données provenant de diverses sources, comme des images satellites, des drones, ou des smartphones, pour évaluer rapidement les dommages en cas d'accident. Cette approche prédictive et personnalisée peut conduire à un règlement plus rapide et plus efficace des sinistres, contribuant ainsi à une meilleure expérience pour les clients.

2.11 Les entreprises de services de robotaxis

Dans la fiction, la seule voiture capable de se conduire toute seule était Kitt de la série télévisée K2000 ou KITT est l'acronyme de Knight Industries Two Thousand (Rider, 2024) où l'idée est en passe de devenir réalité en Belgique.

En effet, grâce aux robotaxis, les usagers ont la possibilité de monter dans un taxi et de se laisser guider sans chauffeur au volant au États-Unis. Malheureusement les robotaxis en Europe n'est pas encore prêt à voir le jour. Notamment dû à des raisons telles que le manque d'harmonisation des réglementations à travers l'Union européenne, ou encore des infrastructures pas à jour, ne permettant pas une navigation autonome. Cependant, l'Allemagne, l'Angleterre et la France font des essais de robotaxis, bien que l'utilisation commerciale de ces véhicules reste encore distante (Yang, 2024).

En ce qui concerne les entreprises de services de robotaxis, nous allons nous intéresser plus particulièrement à leur rôle dans la fourniture de services de transport autonome à la demande ainsi qu'à leur impact sur les modèles traditionnels de transport et de mobilité urbaine.

Selon G. Kroin, l'avenir de la mobilité au service de la personne sera défini par des données, analysé par l'intelligence artificielle et piloté par des machines. Il souligne que, selon lui, d'ici 2023, les techniques d'intelligence artificielle seront intégrées dans les majorités des solutions technologiques. De plus, il pense que l'apprentissage automatique fournira aux conducteurs de taxi des informations significatives pour améliorer les performances et anticiper les pertes de temps.

En utilisant les progrès des logiciels intelligents, les taxis ont un grand potentiel pour améliorer l'utilisation des capacités, réduire les risques et améliorer l'expérience des usagers où les services intelligents comprendront l'optimisation prédictive des itinéraires ainsi que la prévision de la demande.

Leurs rôles

En tant qu'entreprise axée sur les données, les entreprises de services de robotaxis doivent fonder leurs décisions commerciales sur l'analyse et l'interprétation des données. Cette approche peut permettre aux entreprises de services de robotaxis d'améliorer leurs processus, leur service client et leur qualité.

Le rôle des entreprises de services de robotaxis dans la fourniture de services de transport autonome à la demande évolue vers la mise en œuvre d'un programme de transformation numérique qui peut aider à se différencier de leurs concurrents. Ces différenciations peuvent inclure une plus grande durabilité, des livraisons plus rapides, des applications qui informent les clients des horaires et une expérience plus simple sur plusieurs points. (Besnard, 2019),

Comme nous l'avons vu, le Royaume-Uni cherche à tenir les constructeurs de voitures autonomes pénalement responsables en cas d'accidents (Euronews, 2023) où ce projet de loi accorde l'immunité de poursuites pénales aux personnes qui conduisent un véhicule autonome. En effet, cela n'a aucun sens de tenir pour responsable une personne au volant d'une voiture autonome.

Notons que les entreprises devront se conformer aux exigences de sécurité dès que le véhicule entre sur la voie publique.

Leurs impacts

Actuellement la seule entreprise exerçant une activité commerciale avec les robotaxis est Waymo. Voici une comparaison entre les trajets avec Waymo et Uber.

Tableau comparatif de Waymo et Uber :

	Franklin Square to Sunnyside Playground	Sunnyside Playground to Devil's Teeth	Devil's Teeth to Painted Ladies
Han's Uber Wait Time	2 min	7 min	5 min
Han's Uber Ride Time	12 min	15 min	18 min
Han's Uber Payment	\$14.90	\$14.96	\$15.91
Matt's Waymo Wait Time	10 min	35 min	26 min
Matt's Waymo Ride Time	21 min	20 min	N/A
Matt's Waymo Payment	\$16.32	\$17.62	N/A

Figure 6: (Kupfer & Li, 2023)

Dans ce tableau, nous allons nous concentrer sur les deux premiers trajets étant donné que le troisième n'est pas concluant. Nous pouvons remarquer dans les deux premiers trajets que le temps d'attente d'Uber est bien moindre comparé à Waymo. Le temps de trajet est plus élevé, chez Waymo que chez Uber. Le prix est également plus élevé chez Waymo comparé à Uber.

Analysons maintenant la cause de cet effet. Il est clair que la flotte de voiture autonome chez Waymo reste très faible comparé à Uber, qui utilise les voitures personnelles de leurs chauffeurs. Cela entraîne donc forcément un temps d'attente plus élevé.

Étonnamment, les temps de trajet sont bien plus élevés chez Waymo comparé à Uber. Cet effet a deux causes. Premièrement les robotaxis de chez Waymo évitent les autoroutes, ce qui rallonge considérablement le temps de trajet. Dans un deuxième temps, les robotaxis suivent les codes de la route sans défaut. Dans le scénario où le robotaxi roule sur une voie à une bande et qu'une camionnette de livraison bloque cette bande le temps de sa livraison, le robotaxi ne va pas le contourner, mais plutôt attendre sagement que le véhicule avance.

Finalement, l'augmentation du prix d'environ 10 % de Waymo comparé à Uber est la conséquence du prix élevé de cette technologie ainsi qu'une petite flotte de voiture autonome. Ne permettant donc pas d'avoir de légères marges sur beaucoup de véhicules.

Les clients ayant des coûts de changement et d'efficacité de transports, il est essentiel pour les entreprises de services de robotaxis de trouver un moyen d'optimiser leur service afin de fidéliser les clients.

2.12 Conclusion intermédiaire du chapitre 2

- Les véhicules autonomes redéfinissent l'interaction entre la technologie et les utilisateurs, marquant une transformation significative dans le secteur automobile.
- Ce chapitre a exploré la définition des véhicules autonomes à travers leurs technologies, incluant les capteurs, l'intelligence artificielle et les systèmes avancés permettant un fonctionnement sans intervention humaine dans des conditions spécifiques.
- Il a examiné les différents niveaux d'automatisation, allant de l'automatisation partielle à l'automatisation complète.
- Les composants technologiques essentiels à la navigation autonome, tels que le LIDAR, le radar et les caméras, ont été détaillés.
- Les parties prenantes impliquées incluent les fabricants automobiles, les fournisseurs d'équipements, les autorités publiques, les acteurs du secteur numérique, les assureurs et les fournisseurs de services de robotaxis.
- Chaque partie prenante joue un rôle crucial, que ce soit par le développement de composants techniques, l'établissement de cadres réglementaires ou la fourniture de services innovants.
- Le potentiel des véhicules autonomes pour révolutionner le transport est immense, impactant non seulement le fonctionnement des véhicules mais aussi les cadres légaux et sociaux dans lesquels ils opèrent.
- Cette technologie transformatrice promet d'améliorer la sécurité, l'efficacité et la durabilité environnementale dans le secteur de la mobilité.
- Une intégration réussie de cette technologie nécessite une attention soutenue et des efforts collaboratifs.
- Le chapitre suivant analysera le modèle économique des voitures autonomes, leur impact sur le marché du travail et la redéfinition du paysage économique de la mobilité.

Chapitre 3 : Exploration des scénarios pour les Voitures Autonomes

Dans un monde où l'efficacité, la durabilité et la sécurité sont devenues des priorités, les véhicules autonomes promettent de redéfinir nos déplacements quotidiens. Ce chapitre va nous plonger au cœur de cette transformation, en explorant les modèles économiques émergents et les implications sur le marché de l'emploi. Nous découvrirons comment les entreprises, les gouvernements et les consommateurs s'adaptent à cette nouvelle réalité et quelles stratégies sont mises en place pour tirer parti des opportunités offertes par cette technologie de pointe ?

3.1 Un grand pas dans l'histoire automobile

Les voitures autonomes sont un grand pas dans l'histoire automobile. Elles ont le pouvoir de changer radicalement la manière dont on se déplace. Au cours des dernières années, des progrès significatifs ont été réalisés dans les technologies telles que l'intelligence artificielle, les capteurs, l'apprentissage automatique et les systèmes de navigation. Ces technologies ont contribué considérablement à rendre les voitures autonomes plus fiables et sûres pour leurs usagers. Toutefois, la technologie n'est pas encore complètement au point comme nous le démontre le titre de cet article de Fox News « Waymo self-driving car crashes into San Francisco Bicyclist » datant du 7 février 2024 (Arias, 2024).

Ces avancées technologiques ont facilité à la société numérique et au constructeur automobile la croissance rapide des projets et des tests routiers. Comme nous l'avons vu précédemment, les voitures autonomes sont prometteuses en termes d'augmentation de la sécurité de ses usagers, de son efficacité ainsi que de durabilité environnementale.

De plus, selon le Parlement européen, le marché de ses véhicules autonomes devrait connaître une évolution sans précédent (Véhicules autonomes dans l'UE : de la science-fiction à la réalité – Thèmes – Parlement européen, 2019). La société McKinsey & Company a récemment publié un rapport basé sur la demande croissante des consommateurs pour des systèmes de conduite autonome et les offres d'aide à la conduite disponibles sur le marché « By 2035, autonomous driving could create \$300 billions to \$400 billion in revenue ». Ils estiment que le secteur des voitures autonomes atteindra \$300 à \$400 milliards de revenu mondial en 2035 (Deichmann et al., 2023).

3.2 Vue d'ensemble du marché

Le marché mondial des véhicules autonomes est estimé à environ \$50 milliards en 2023 avec un taux de croissance annuel composé de 21,9 % (Yahoo ! Finance, 2024). Pourtant, les capacités des systèmes actuellement proposés semblent stagner.

Étudions les acteurs majeurs dans la course à la voiture autonome ainsi que leur technologie afin d'estimer leurs niveaux d'avancement.

En conformité avec la norme General Safety Regulation 2 (GSR 2), tous les constructeurs automobiles devront intégrer un niveau d'autonomie SAE 1 dans leurs modèles vendus en Europe à partir de juillet 2024 (ETX, 2024).

Actuellement, la plupart des constructeurs automobiles proposent déjà des véhicules intégrant un niveau d'autonomie SAE 2. Ce n'est qu'à partir de ce niveau d'autonomie que nous commençons à nous rapprocher d'une voiture autonome. En effet, les éléments cruciaux du niveau SAE 2 sont la combinaison des différents systèmes d'aide à la conduite tels que le régulateur de vitesse ainsi que le centrage de la voie. Il est pourtant impératif pour le conducteur de toujours être attentif à la route et d'avoir les mains sur le volant. Cela signifie également que ce niveau de technologie est juridiquement toujours identifié comme une assistance à la conduite. De ce fait, le conducteur est totalement responsable de son véhicule, contrairement aux niveaux d'autonomie supérieure (SAE J3016 Automated-driving Graphic, 2020). C'est pour cette raison que certaines sociétés telles que Tesla ne s'aventurent pas dans le niveau d'autonomie supérieur à SAE 2. Par ailleurs, Tesla se concentre sur l'utilisation de son Autopilot sur un maximum de routes afin d'avoir un actif global, même en ville (Morris, 2022).

Il est important de noter que les constructeurs ayant obtenu les autorisations de commercialiser de véhicules de niveau d'autonomie SAE 3 sont très rares. Aujourd'hui, seule Honda a commercialisé des véhicules autonomes au Japon, ainsi que Mercedes en Allemagne, Nevada et Californie (Mercedes-Benz Group, 2023 ; Honda Global, 2020). Ces véhicules au niveau 3 SAE d'autonomie vont permettre aux usagers de s'adonner à leurs occupations dès l'activation du mode de conduite autonome.

Les derniers niveaux d'autonomie 4 SAE et 5 SAE assurent une conduite totalement autonome sans intervention du conducteur. Ces niveaux seront un changement radical pour l'industrie de l'automobile. Ils ouvriront l'accès au robotaxis indépendant, au camion autonome, etc. Actuellement, dans un cadre spécifique et dans toutes les situations, les niveaux 4 SAE et 5 SAE semblent encore loin d'être accessibles à grande échelle.

Afin de permettre l'évolution de cette technologie dans les prochaines années, les différents acteurs de ce domaine doivent se coaliser pour assurer un développement homogène. Comme mentionné dans le chapitre précédent, ces acteurs sont les constructeurs automobiles, les équipementiers, les autorités publiques, les acteurs du secteur numérique, les assureurs et finalement, les entreprises de robotaxis.

3.3 Les rôles et influences dans l'évolution de la mobilité

Pour comprendre vers quel type d'économie la technologie des véhicules autonomes va se diriger, il est important d'examiner différents scénarios de leur utilisation. Un article d'E. Van Rompay, cofondateur de 220DOTS à Dubaï, une société qui met en relation les Family Offices et les Ultra High Net Worth Individuals, éclaire ces perspectives. E. Van Rompay a également travaillé sur plusieurs projets industriels pour Ford Motors Co, Volvo, Daf Trucks et Rolls Royce. Dans cet article, nous découvrirons les applications des voitures autonomes dans le transport personnel et public, ainsi que l'utilisation des camions commerciaux autonomes dans les services de logistique et de livraison (Van Rompay, 2015).

Scénario 1

Ce premier scénario se base sur une économie de partage des transports autonomes. C'est l'idéal de la société, mais aussi le plus radicalement différent. L'humain est exclusivement passager des véhicules autonomes et autogérés. En offrant cette garantie, la mobilité devient optimale et permet l'absence d'accidents sur la route, la pollution directe est très faible et cela génère une facilité de vie sans égal. Ce scénario offre une perspective prospective dont tout le monde bénéficie.

Afin d'illustrer ce scénario, utilisons un exemple basé sur la vie d'un étudiant belge bénéficiant d'un service de voiture totalement autonome.

Comme chaque matin, en prenant son déjeuner, il commande sa voiture sur une application. Quelques instants, plus tard, une voiture autonome l'attend devant chez lui. Il pourrait s'agir de sa propre voiture ou d'une voiture partagée offerte par une société telle que Waymo, par exemple. Cette voiture autonome le dépose à la gare où il prendra son train afin d'accéder à Bruxelles. Ce train le conduit au cœur de la ville de Bruxelles. Pendant ce temps, grâce à son emploi du temps et à sa localisation, l'application commande une voiture autonome partagée qui l'accueillera à la gare pour se rendre à l'université.

Pour donner suite aux réglementations écologiques, les voitures personnelles sont interdites dans les villes majeures. De ce fait, les transports se font en tram, bus et voiture autonome partagée. Les véhicules roulent donc en continu afin de pouvoir assumer la

demande. Cette optimisation de l'usage permet de construire moins de véhicules et de réduire la demande de matériaux pour la construction de voitures. Par conséquent, la consommation de nos ressources naturelles est respectée. Grâce à cette diminution drastique de véhicules, la circulation est plus efficiente, la pollution émise par les véhicules a fortement diminué et il n'y a plus d'accidents de la route.

Tout cela se réalise de manière fluide, sans heurts et avec une faible pollution. Cet environnement évolue constamment, sans obstacles, sans pollution directe et sans pollution sonore.

Le transport de marchandises connaît aussi une révolution grâce au camion autonome. Le transport de marchandise est trois fois plus rapide grâce à la conduite autonome. Ces camions rouleront presque constamment (en prenant en compte le temps de charge des batteries) comparés aux camionneurs qui ont une durée journalière maximale d'environ huit heures.

Un tel scénario forcera les constructeurs automobiles à disparaître ou à se réinventer.

Scénario 2

Dans ce scénario, tous les véhicules privés ont été conservés, mais ils sont désormais totalement autonomes. Ce sont simplement des ordinateurs qui nous transportent à notre destination. Le transport personnel est donc très simplifié. Au point où nous pouvons dès à présent dormir dans notre voiture pendant le trajet et arriver le matin en pleine forme à notre destination. Étant donné qu'il n'est plus obligatoire de se concentrer sur la route, nous pouvons donc nous adonner à plus d'activités, telles que se divertir, manger, dormir, etc. Cela signifie également que les voitures autonomes personnelles seront enrichies de plus de fonctionnalités divertissantes et autres (micro-onde, grand écran, couchette...). La voiture se transformera en domicile, se déplaçant à la demande.

Ici, les camions commerciaux sont également autonomes, offrant un transport de marchandises plus rapide et efficient.

Contrairement au premier scénario, ce type d'usage des voitures autonomes risque d'avoir un effet néfaste sur l'environnement. Grâce à une amélioration accrue du confort des véhicules. La population risque fortement d'augmenter considérablement ces temps de trajet. Il est probable qu'il y aura un mouvement de l'habitation urbaine, chère et polluée vers des habitations rurales offrant de plus grandes superficies avec un environnement paisible. Une autre conséquence vraisemblable pourrait être que la population avec un revenu moyen et élevé (qui accède à ce type de véhicule autonome confortable) voyage plus que jamais avec leurs véhicules pendant les week-ends. Tout ceci fera exploser le nombre de kilomètres parcourus par habitant et la consommation d'énergie. Par conséquent, cette circulation accrue renforcera les problèmes de trafic.

En revanche, ce scénario stimulera une demande chez les constructeurs automobiles. Ceux-ci devront s'allier avec les équipementiers pour rechercher des fonctionnalités ultimes dans leurs modèles qui feront rêver le public. Il est fort à parier que les voitures autonomes évolueront vers une sorte de mobil-home très confortable et luxueux.

Scénario 3

Ce scénario explore un point de vue pessimiste de cette technologie.

Les utilisateurs ne sont pas enclins à adopter cette nouvelle technologie de voitures autonomes puisqu'ils ne souhaitent pas abandonner leur volant. Dans ce cas-ci, l'aide à la conduite sera présente dans les véhicules afin d'aider les conducteurs dans certaines situations. Cela implique une réduction des accidents grâce à un outil d'aide à la conduite sophistiqué. L'aide à la conduite permettra également aux conducteurs d'être légèrement moins attentifs à ce qu'il se passe sur la route. Ces voitures représenteraient des véhicules autonomes de niveau 2 SAE, bien évidemment plus précis et sophistiqués qu'actuellement.

Ce scénario n'exercera qu'une faible influence sur notre mode de vie actuel. Grâce à la technologie avancée, nous pourrions constater une diminution du nombre d'accidents. Toutefois, ni la pollution, ni les embouteillages ne seront impactés positivement. Au contraire, si la population continue d'augmenter, ceux-ci risqueraient même d'augmenter.

Scénario 4

Le dernier scénario entrevoit une vision réaliste de ces prochaines années. Dans cette situation, la technologie de voiture autonome de niveau 4 SAE et 5 SAE n'est pas encore assez développée pour permettre à ses usagers de se déplacer en toute sécurité. Toutefois, les niveaux d'autonomie inférieurs se sont développés, de sorte que sur une route nationale et sur l'autoroute, le pilote automatique a la capacité de nous transporter en toute sécurité.

Quant aux camions commerciaux, ils sont semi-autonomes. Cela signifie qu'un premier camion conduit par un humain est suivi par plusieurs camions sans chauffeur, tel un train. Actuellement, une société aux États-Unis appelée Locomotion est en train de développer cette technologie et a expérimenté cette invention avec succès (Furchtgott-Roth, 2021).

Dans cette évolution des véhicules autonomes, la technologie offre principalement la possibilité de synchroniser les mouvements de ses utilisateurs. Ceci offre une optimisation des véhicules partagés. Grâce à des applications de co-voiturages, les utilisateurs pourraient simplement indiquer leurs destinations et les différents usagers de voiture partagée qui feront le même trajet seront avertis. Cette évolution, entraînera une réduction considérable de la circulation routière dans les villes et les zones urbaines.

En effet, le partage fluide des voitures autonomes sur des courtes distances fera diminuer fortement la quantité de véhicules en circulation.

Nous pouvons résumer les différents scénarios d'utilisation des voitures autonomes évoqués sur un graphique. Ceci nous permet de comparer rapidement l'impact de l'autonomie des véhicules sur la société via les différents critères d'évaluation analysés. Il nous permet en outre de comprendre les différents aspects de la mobilité autonome et nous aide à comparer les avantages et les inconvénients de chaque approche.

Graphique de comparaison des scénarios de mobilité autonome selon les critères d'évaluation :

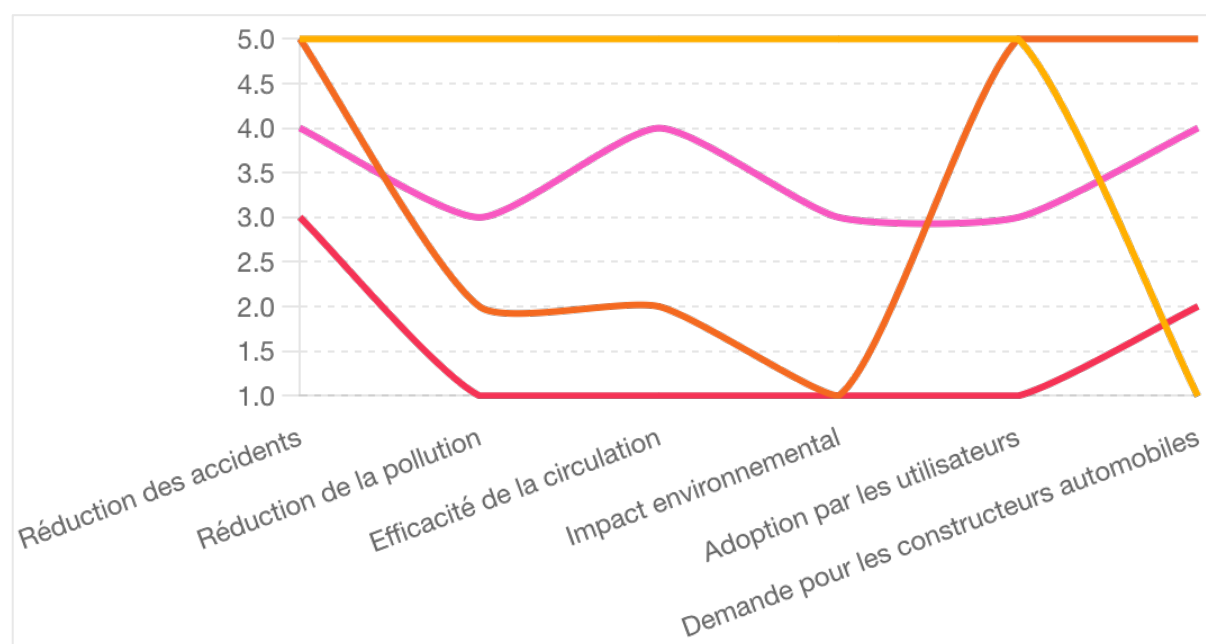


Figure 7 : Graph IA en collaboration avec IA

L'axe X reprend les 6 différents critères d'évaluation des scénarios. L'axe Y donne une note de 1 à 5 allant de peu d'évolution (1) à beaucoup d'évolution (5).

La couleur jaune est le premier scénario (Mobilité autonome complète), l'orange est le deuxième scénario (Véhicule autonome personnel), le rouge est le troisième scénario (Aide à la conduite), et le violet est le quatrième scénario (Technologie semi autonome).

Les notes de 1 à 5 de l'axe Y ont été donné selon les critères suivants :

Scénario 1 (jaune) : Mobilité autonome complète

- Réduction des accidents (5) : Avec des véhicules entièrement autonomes, les accidents dus aux erreurs humaines seraient pratiquement éliminés.
- Réduction de la pollution (5) : Moins de véhicules en circulation, plus de partage, et une gestion optimisée des trajets réduiraient fortement la pollution.

- Efficacité de la circulation (5) : Une coordination optimale des véhicules autonomes améliorerait sensiblement la fluidité du trafic.
- Impact environnemental (5) : Moins de fabrication de véhicules, plus de partage et d'efficacité énergétique.
- Adoption par les utilisateurs (5) : Un bénéfice maximal pour tous, rendant l'adoption universelle.
- Demande pour les constructeurs automobiles (1) : Diminution drastique de la demande pour les voitures personnelles, affectant négativement les constructeurs traditionnels.

Scénario 2 (orange) : Véhicules autonomes personnels

- Réduction des accidents (5) : Les véhicules autonomes réduiraient significativement les accidents.
- Réduction de la pollution (2) : Bien que les véhicules soient plus efficaces, l'augmentation potentielle des trajets personnels pourrait nuire à l'environnement.
- Efficacité de la circulation (2) : L'augmentation des trajets personnels pourrait aggraver la congestion.
- Impact environnemental (1) : L'augmentation des trajets pourrait mener à une plus grande consommation d'énergie.
- Adoption par les utilisateurs (5) : Haute adoption en raison du confort et de la flexibilité offerts.
- Demande pour les constructeurs automobiles (5) : Forte demande pour des véhicules équipés de fonctionnalités avancées.

Scénario 3 (rouge) : Aide à la conduite

- Réduction des accidents (3) : La technologie d'aide à la conduite réduit les accidents mais ne les élimine pas totalement.
- Réduction de la pollution (1) : Peu d'impact sur la réduction de la pollution.
- Efficacité de la circulation (1) : Peu d'amélioration de la circulation.
- Impact environnemental (1) : Pas de réduction notable de l'empreinte environnementale.
- Adoption par les utilisateurs (1) : Adoption faible car les utilisateurs préfèrent garder le contrôle total.
- Demande pour les constructeurs automobiles (2) : Demande modérée pour des véhicules avec des systèmes d'aide à la conduite avancés.

Scénario 4 (violet) : Technologie semi-autonome

- Réduction des accidents (4) : Réduction significative des accidents grâce à la technologie semi-autonome.

- Réduction de la pollution (3) : Une certaine réduction grâce à une meilleure gestion des trajets et à une synchronisation des véhicules.
- Efficacité de la circulation (4) : Amélioration de la circulation grâce à la coordination des véhicules semi-autonomes.
- Impact environnemental (3) : Réduction modérée de l'impact environnemental.
- Adoption par les utilisateurs (3) : Adoption moyenne car les utilisateurs gardent un certain contrôle.
- Demande pour les constructeurs automobiles (4) : Forte demande pour les nouvelles technologies semi-autonomes.

Le deuxième graphique reprend l'évolution future hypothétique des différents scénarios d'utilisation des voitures autonomes entre 2024 et 2044.

Graphique d'évolution hypothétique de l'adoption des scénarios de mobilité autonome (2024-2044) :

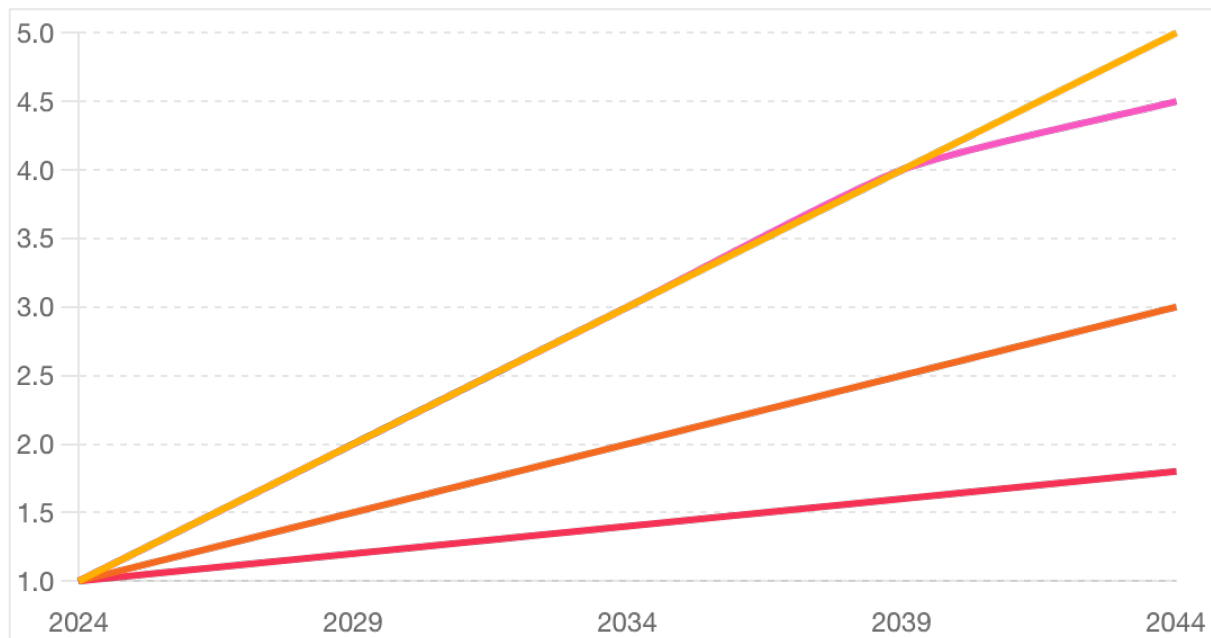


Figure 8 : Graph en collaboration avec IA

L'axe des Y est le niveau d'adoption de 1 à 5, qui va d'un niveau d'adoption faible (1) à un niveau d'adoption complet (5). L'axe des X représente les années.

Le code couleur pour les scénarios est identique au graphique précédent.

Pour le premier scénario (jaune), l'adoption commence lentement, mais augmente rapidement au fur et à mesure que la technologie progresse, que les réglementations se mettent en place et que la société s'adapte. D'ici 2044, on pourrait atteindre une adoption complète, avec des améliorations constantes en termes de sécurité et de gestion de la circulation.

Pour le deuxième scénario (orange), l'adoption est plus graduelle, car elle dépend de l'attrait des consommateurs pour ces fonctionnalités supplémentaires et des investissements des constructeurs automobiles pour répondre à cette demande. La progression est lente au départ, mais s'accélère légèrement à mesure que la technologie devient plus abordable et que les utilisateurs s'habituent à l'idée.

Pour le troisième scénario (rouge), l'adoption est lente et progressive, car il s'agit d'une extension des technologies actuelles plutôt que d'une transformation radicale. Les utilisateurs s'habituent peu à peu à l'assistance, mais il n'y a pas de poussée majeure pour un changement rapide.

Pour le quatrième scénario (violet), l'adoption commence rapidement, car les technologies semi-autonomes deviennent disponibles et sont immédiatement utiles, notamment pour les flottes commerciales. Cependant, le rythme ralentit, car les défis techniques et réglementaires pour une autonomie complète prennent plus de temps à surmonter. La progression est initialement rapide, puis se stabilise à un niveau élevé, mais non-total d'adoption.

Après avoir analysé en profondeur ces différents scénarios, il semble clair que l'utilisation de voitures partagées autonomes (scénario 1) soit la solution la plus efficace pour optimiser la circulation et réduire notre pollution.

3.4 Cadre de modèle économique

Comme nous l'avons remarqué précédemment, il y a plusieurs approches économiques pour les voitures autonomes. Le modèle économique qui serait le plus intéressant à développer pour améliorer notre environnement, mais aussi notre quotidien, serait l'économie de fonctionnalité. Comme présentés dans le scénario 1, la majorité des personnes se déplaceront avec une voiture autonome partagée. Celle-ci serait la propriété d'une société de transport telle que Waymo, par exemple. Comme souligné à la fin du scénario 1, les constructeurs automobiles seront forcés à se réinventer. Afin de pouvoir cerner cette évolution majeure, nous allons présenter un cadre pour ce modèle économique sous forme d'un Business Model Canvas :

Business Model Canvas du scénario 1 :

Partenariats clés	Activités clés	Ressources clés	Proposition de valeur	Relations avec les clients
Fournisseurs de technologie : partenariats avec des sociétés technologiques qui fournissent des composants essentiels aux véhicules autonomes.	Maintenance en entretien : maintien de la flotte autonome en bon état.	Technologie autonome : technologies nécessaires pour le fonctionnement des véhicules autonomes.	Mobilité flexible et autonome : fournir des services de mobilité à la demande avec des voitures autonomes, réduisant la nécessité de posséder une voiture.	Service client 24/7 : assistance disponible en permanence pour répondre aux questions et résoudre les problèmes.
Assureurs : collaboration avec des compagnies d'assurance pour assurer les véhicules autonomes.	Développement technologique : mise à jour des logiciels et amélioration des systèmes autonomes.	Flotte de véhicules : une flotte de voitures autonomes pour répondre à la demande.	Expérience de conduite personnalisée : des véhicules autonomes personnalisables selon les besoins du client, avec des options de divertissement, de travail ou de repos.	Personnalisation de l'expérience : capacité de personnaliser les fonctionnalités du véhicule.
Sociétés de mobilité : partenariats avec des plateformes de covoiturage ou de location de voitures.	Gestion des opérations : gestion des réservations et des trajets.	Réseau de partenaires : partenariats avec des sociétés technologiques, des assureurs et des fournisseurs de services.	Réduction des coûts de transport : économie sur les coûts liés à la propriété d'une voiture, tels que l'entretien, le carburant, et l'assurance.	Programmes de fidélité : offres spéciales et récompenses pour les clients fidèles.
Villes et municipalités : collaboration avec des autorités locales pour des projets pilotes et des déploiements.	Assurance et sécurité : veiller à respecter les normes de sécurité et de conformité.	Infrastructure de chargement : stations de recharge pour les véhicules autonomes.	Durabilité : utilisation de véhicules électriques autonomes pour réduire l'empreinte carbone.	

Canaux	Segments de clients	Structure des coûts	Sources de revenus
Application mobile : une application pour réserver des services de mobilité autonome.	Particuliers : ceux qui cherchent une alternative à la possession de voiture.	Coûts de développement : développement de la technologie autonome et des logiciels.	Abonnements : modèles d'abonnement mensuels ou annuels pour l'utilisation des voitures autonomes.
Partenariats avec des plateformes de mobilité : collaboration avec des services de covoiturage ou de mobilité partagée.	Entreprises : pour le transport de personnel ou le service de flotte.	Coûts de flotte : acquisition et entretien de la flotte de véhicules.	Paiement par utilisation : tarif basé sur le temps ou la distance parcourue.
Points de récupération physiques : des stations où les clients peuvent récupérer des véhicules autonomes.	Tourisme et voyage : fourniture de voitures autonomes pour les touristes ou les voyageurs d'affaires.	Coûts d'opération : gestion de la logistique, du service client et des opérations quotidiennes.	Services additionnels : vente de services complémentaires tels que des expériences de divertissement ou des offres de restauration à bord.
	Assurance et réglementation : coûts liés à l'assurance et à la conformité réglementaire.	Partenariats publicitaires : génération de revenu grâce à des partenariats publicitaires et du contenu promotionnel dans les voitures autonomes.	Municipalités : services de transport autonome pour les villes et collectivités.

Figure 9 : Business Model Canvas du scénario 1

Le tableau 3 ci-dessus représente un Business Model Canvas basé sur l'économie de fonctionnalités des voitures autonomes partagées pour un constructeur automobile quelconque.

Nous avons pris le parti d'approfondir l'analyse des points forts et des opportunités repris dans ce Business Model Canvas avec une intelligence artificielle. Cela comporte de nombreux avantages en termes de profondeur. En effet, l'intelligence artificielle peut traiter d'énormes quantités de données, identifier les tendances et les modèles et offrir

des points de vue objectif sans préjugés humains. Il peut également comparer le modèle économique à la fois aux études de cas et aux meilleures pratiques de l'industrie, incorporant des informations fournies par différents domaines, tels que la technologie, les finances, le marketing et les opérations. De ce fait, solliciter une analyse de l'intelligence artificielle améliore la qualité de l'analyse. (OpenAI, 2024)

Proposition de valeur

La proposition de valeur repose sur des éléments attrayants tels que la flexibilité, la personnalisation, la réduction des coûts et la durabilité. Cette approche attire des clients qui cherchent des alternatives à la propriété traditionnelle d'une voiture. Pour améliorer encore cette proposition, on pourrait renforcer l'accent sur l'expérience utilisateur en ajoutant des fonctionnalités comme la connectivité et des services de divertissement.

Segments de clients

Les segments de clients ciblent un large éventail de personnes, des particuliers aux entreprises, en passant par les municipalités. Cette diversité offre de multiples sources de revenus potentielles. Pour mieux définir ces segments, il serait utile d'identifier des groupes spécifiques comme les jeunes professionnels, les seniors ou les entreprises de livraison, pour démontrer une compréhension approfondie du marché.

Canaux

Les canaux comprennent une application mobile et des partenariats avec des plateformes de mobilité, ce qui rend le service accessible et moderne. Des canaux physiques, comme des bornes de recharge stratégiquement situées ou des partenariats avec des magasins pourraient être ajoutés pour accroître la visibilité et la facilité d'accès.

Relations avec les clients

La section Relations avec les clients mentionne un service client disponible 24/7, la personnalisation de l'expérience et des programmes de fidélité, ce qui renforce la relation avec les clients. Pour aller plus loin, on pourrait inclure des éléments de communauté ou des activités de cocréation pour encourager l'engagement et la fidélité à long terme.

Sources de revenus

Concernant les sources de revenus, le modèle propose une variété d'options, notamment des abonnements, du paiement par utilisation et des partenariats publicitaires. Pour diversifier encore plus les sources de revenus, il serait intéressant de

considérer des partenariats avec des entreprises locales pour des offres spéciales ou des services à valeur ajoutée, comme des excursions ou des événements.

Ressources clés

Pour les ressources clés, le modèle identifie les technologies autonomes, la flotte de véhicules et les partenariats technologiques comme essentiels au succès. Pour assurer une base solide, on pourrait ajouter des ressources humaines spécialisées dans la gestion des données et la sécurité informatique, car les données des véhicules autonomes seront cruciales.

Activités clés

Les activités clés englobent la maintenance, le développement technologique et la gestion des opérations, ce qui est essentiel pour le bon fonctionnement du modèle. Pour renforcer ce point, on pourrait envisager des activités axées sur la durabilité, comme le recyclage des batteries ou l'utilisation de sources d'énergie renouvelable.

Partenariats clés

Les partenariats clés incluent des collaborations avec des sociétés technologiques, des assureurs, des sociétés de mobilité et des municipalités. Pour diversifier les partenariats, on pourrait envisager des collaborations avec des universités ou des instituts de recherche, ce qui favoriserait l'innovation et maintiendrait la technologie autonome à la pointe.

Structure des coûts

Enfin, pour la structure des coûts, le modèle couvre les coûts liés à la technologie, à la flotte, à l'opération et à l'assurance. Pour plus de précision, il serait utile d'inclure des coûts spécifiques liés à la conformité réglementaire, à la gestion des données ainsi qu'à la formation des employés et aux mesures de sécurité.

Ainsi, en consolidant ces points forts et en abordant les possibilités d'amélioration, on obtient une base solide pour un Business Model Canvas robuste pour un constructeur automobile axé sur l'économie de fonctionnalité avec des voitures autonomes.

3.5 La révolution sur le marché de l'emploi

L'adoption des véhicules autonomes représente une transformation significative sur le marché de l'emploi, nécessitant une anticipation des impacts sociétaux pour éviter de graves bouleversements. Cette mutation influencera divers secteurs, allant des emplois de transport traditionnels, comme les chauffeurs de taxi et de camion, à des spécialisations plus techniques telles que la cybersécurité et la gestion des systèmes autonomes.

Premièrement, les emplois traditionnels dans le secteur du transport sont susceptibles de diminuer avec l'augmentation des véhicules sans chauffeur. Par exemple, l'essor des robotaxis pourrait réduire drastiquement le besoin de taxis conduits par des humains, impactant les chauffeurs de taxi. Cela nécessite des politiques proactives pour faciliter la reconversion professionnelle de ces travailleurs vers des rôles où leurs compétences peuvent être transférées ou valorisées différemment. Par exemple, la connaissance des routes, l'expérience en conduite sécurisée et le service client peuvent être réutilisés dans des postes de gestion ou de support logistique.

Deuxièmement, la transition vers l'automatisation crée de nouveaux rôles, exigeant des compétences en IA, en programmation, et en maintenance des systèmes automatisés. Les institutions éducatives doivent donc adapter leurs programmes pour répondre à ces besoins, en offrant des formations spécialisées qui préparent les étudiants à travailler dans l'industrie des véhicules autonomes.

Enfin, il est crucial que les politiques publiques soutiennent cette transition. Cela comprend l'élaboration de législation adaptée, des mesures de sécurité routière renforcées, et un soutien à la reconversion professionnelle. Les gouvernements doivent travailler de concert avec les industries pour développer des stratégies qui minimisent les perturbations de l'emploi tout en maximisant les avantages sociétaux de cette technologie révolutionnaire.

L'augmentation des véhicules autonomes au sein de notre société a de grandes chances de révolutionner notre manière de conduire. Cela nécessitera une évolution significative des personnes actives dans ce secteur, ce qui nécessitera une adaptation proactive de tous les acteurs concernés.

3.6 Conclusion intermédiaire

- Ce chapitre explore les scénarios sous-jacents aux véhicules autonomes. Il met l'accent sur leur impact révolutionnaire sur la mobilité.
- Il fournit un aperçu du marché, détaillant les rôles et influences qui façonnent l'évolution de la mobilité.
- Le chapitre évalue l'efficacité des stratégies économiques actuelles et le potentiel de nouveaux modèles pour mieux accommoder les demandes émergentes des systèmes de transport automatisés.
- Alors que l'industrie automobile fait face à des changements radicaux, cette analyse souligne les opportunités et les défis de l'adoption des véhicules autonomes. Différentes réponses stratégiques ont été analysées afin d'exploiter pleinement leur potentiel.
- Les ajustements sociétaux et réglementaires nécessaires pour soutenir cette transition ont été mis en avant. Pour assurer une adoption responsable et durable de la technologie des véhicules autonomes, des évaluations régulières seront nécessaires.
- Le prochain chapitre abordera les défis juridiques et éthiques à surmonter pour généraliser l'utilisation des voitures autonomes. Les implications sociales, culturelles, et légales de cette technologie émergente seront mis en avant.

Chapitre 4 : Les défis à surmonter pour imaginer la généralisation de la voiture autonome

Depuis les premières expérimentations jusqu'aux modèles les plus avancés contemporains, les véhicules autonomes suscitent à la fois admiration et questionnements. Ils représentent bien plus qu'une simple avancée technologique ; ils incarnent une potentielle révolution de notre quotidien.

Cependant, cette révolution n'est pas exempte de mystères et de défis. Comment ces véhicules intelligents parviennent-ils à naviguer dans un environnement complexe et imprévisible ? Quels sont les impacts sociaux, économiques et éthiques de cette transition vers l'autonomie ? Dans ce chapitre, nous nous attacherons à explorer les mécanismes de fonctionnement des voitures autonomes, à analyser les avancées et les obstacles technologiques, et à discuter des implications profondes de cette évolution pour notre société.

4.1 Le cadre juridique et réglementaire

Pour répondre aux questions juridiques et réglementaires, nous avons mené une analyse qualitative en interrogeant des spécialistes sur plusieurs aspects liés au secteur des voitures autonomes. Nous avons interrogé ses experts sur les thèmes suivants :

- Lacunes actuelles dans la législation concernant les véhicules autonomes et les modifications nécessaires pour réguler la conduite autonome
- La responsabilité en cas d'accident
- La collecte et gestion des données
- La cybersécurité

Les différentes personnes interrogées et leurs fonctions sont listées ci-dessous :

- Monsieur G. Kroin a travaillé chez Mobileye, une filiale d'INTEL, spécialisée dans les technologies d'aide à la conduite ainsi que des technologies autonomes. En tant qu'ingénieur, il était chargé de l'intégration de voitures autonomes en Allemagne. Actuellement, il est consultant indépendant en Allemagne, sur des projets liés aux voitures autonomes.
- Monsieur L. Hoseok s'occupe actuellement le poste d'ingénieur partenaire en véhicule autonome aux États-Unis pour l'entreprise Stellantis. Stellantis est un des plus grands constructeurs automobiles, il possède Abarth, Alfa Romeo, Chrysler, Citroën, Dodge, DS Automobiles, Fiat, Jeep, Lancia, Maserati, Opel,

Peugeot, RAM et Vauxhall. Stellantis est aussi partenaire exclusif de Waymo, la voiture autonome développée par Google.

- Monsieur B. Sakal est chercheur en voiture autonome à l'université RWTH Aachen, Allemagne.
- Monsieur T. Stouraitis, est ingénieur en robotique et contrôle de véhicules autonomes chez RoboPhren.
- Monsieur S. Keerthitheja est un ingénieur en intelligence artificielle au sein de l'entreprise CNH Industrial à Bruges. Il est spécialisé en intelligence artificielle pour les aides à la conduite et les véhicules autonomes. CNH Industrial est une société spécialisée en équipements dans le domaine de la construction et de l'agriculture.

L'étude est basée sur des entretiens semi-structurés pour recueillir des données qualitatives. Cette méthode permet de combiner des questions ouvertes et des questions spécifiques pour explorer en profondeur les opinions et les expériences des participants. Un guide d'entretien a été utilisé pour garantir que tous les thèmes pertinents soient couverts tout en laissant la place aux participants pour approfondir les sujets qu'ils jugent importants. La liste de ces questions figure en annexe.

Les informations recueillies à travers les interviews, ont ensuite été enrichies par des recherches personnelles. Les conclusions de ce travail ont été structurées en 4 points principaux.

Les lacunes réglementaires actuelles

Commençons tout d'abord par les lacunes réglementaires actuelles. Tel que souligné précédemment, les voitures autonomes sont une avancée technologique majeure pour la mobilité future. Cependant, malgré leur potentiel révolutionnaire pour le transport, ces technologies rencontrent de multiples défis en termes de réglementation, d'acceptation publique et d'intégration dans les infrastructures existantes. L'avis des experts interrogés, nous ont permis d'examiner les principales lacunes actuelles.

Abordons tout d'abord la problématique réglementaire. La réglementation des véhicules autonomes s'articule autour de plusieurs niveaux d'action : international, régional et national. Au niveau international, des organismes comme les Nations Unies jouent un rôle central via le UNECE World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP29) et le groupe de travail The Working Party on Automated Autonomous and Connected Vehicles (GRVA), qui s'occupent spécifiquement des véhicules automatisés et connectés. Le WP29 est un forum réglementaire mondial unique en son genre qui s'inscrit dans le cadre institutionnel du comité des transports intérieurs de la Commission économique des Nations Unies (CEE-ONU) (UNECE, 2024).

Des réglementations clé, telles que l'UNR 157 ou Automated Lane Keeping System (ALKS), ont été établies, régissant les systèmes de conduite automatisée de niveau 3 (École de guerre économique, 2024). Ces réglementations sont cruciales, car elles permettent la circulation transfrontalière des véhicules autonomes en harmonisant les normes à un niveau global.

Selon G. Kroin, les principaux acteurs influençant ces normes sont l'Allemagne, les États-Unis, le Japon et la Chine. Le Japon, notamment à travers le Japan Automobile Standards Internationalization Center (JASIC) (JASIC, 2024), joue un rôle proéminent dans la standardisation internationale des véhicules autonomes. L'engagement de ces pays dans le processus de réglementation révèle une concurrence écrasante entre les États-Unis et l'Allemagne, qui dominent les discussions et orientent à l'UNECE, faisant avancer leurs intérêts nationaux et industriels (École de guerre économique, 2024).

Au niveau européen, le groupe Working Group on Motor Vehicles (MVWG) et son sous-groupe Automated and Connected Vehicles (ACV), travaillent sur les questions spécifiques à la région au sein de l'Union européenne. Chaque pays a cependant ses propres dynamiques et défis (MVWG – EU Monitor, 2024). Par exemple, en France, bien que la réglementation permette les systèmes de conduite autonomes de niveau 3, un manque de coordination et de stratégie claire a été observé, ce qui ralentit le déploiement et l'intégration efficace de ces technologies.

En raison de la grande avancée technologique de ces dernières années, la Convention de Vienne est remise en question. Des adaptations ont été nécessaires pour permettre à des véhicules équipés de systèmes autonomes, de circuler légalement. Ce cas, souligne la complexité de mettre à jour les conventions internationales pour refléter l'avancement technologique.

Les stratégies nationales des pays varient considérablement. Aux États-Unis, une approche plus pragmatique a permis des avancées significatives dans le déploiement des véhicules autonomes, selon L. Hoseok. En revanche, en France, l'absence d'une stratégie claire et coordonnée a entravé le progrès, malgré les efforts ponctuels pour tester et développer des véhicules autonomes. Ce contraste met en lumière l'importance d'une gouvernance forte et d'une vision stratégique pour exploiter pleinement le potentiel des technologies autonomes.

Tout ceci met en évidence la complexité de la réglementation des véhicules autonomes. Les différentes régions et pays tentent de naviguer entre innovation technologique et cadres législatifs existants. Pour une adoption généralisée et sécurisée des voitures autonomes, une collaboration internationale renforcée et une harmonisation des réglementations sont indispensables, permettant ainsi une transition fluide vers une mobilité plus automatisée et interconnectée.

Détermination de la responsabilité auprès des acteurs

Alors que les voitures autonomes de niveau 3 commencent à circuler dans quelques pays tels que le Japon, l'Allemagne et dans certains états des États-Unis, la question de la responsabilité en cas d'accident devient de plus en plus pertinente. Des fabricants comme Mercedes, avec leurs modèles Classe S et EQS équipés de la technologie Drive Pilot, endossent la responsabilité en cas d'accident si le véhicule était utilisé conformément aux conditions prévues. Cependant, la réalité de cette responsabilité est bien plus complexe qu'une simple attribution ne pourrait suggérer.

Monsieur Keerthitheja, nous rappelle que ces voitures autonomes sont le résultat de collaborations étendues entre constructeurs, équipementiers et développeurs tiers. Cette interdépendance crée une complexité notable lorsqu'il s'agit d'identifier qui est responsable en cas de défaillance. En effet, si un accident survient, il devient difficile de tracer précisément quel composant ou quelle ligne de code en est la cause.

Certaines directives tentent d'aider les consommateurs à faire valoir leurs droits. La directive européenne du 25 juillet 1985 par exemple, protège les consommateurs contre les dommages matériels causés par des produits défectueux, permettant aux victimes de demander des comptes au fabricant (Gouzee, 2024). Toutefois, cette législation ne semble plus adaptée à l'ère des technologies interconnectées comme les véhicules autonomes et l'IA. Bien qu'il y eût une révision de celle-ci le 14 décembre 2023, le cadre juridique actuel peine à suivre le rythme des innovations technologiques, rendant les attributions de responsabilité complexes et souvent inadéquates.

L'UE a dès lors identifié plusieurs scénarios où la responsabilité peut être imputée au fabricant : absence d'informations nécessaires, non-conformité aux exigences de sécurité et dysfonctionnements évidents. Un scénario particulièrement délicat est celui des dysfonctionnements liés à la complexité technique, souvent désigné par le terme « effet boîte noire », où la technologie dépasse la compréhension même de ses créateurs (Bertuzzi & Bertuzzi, 2022b). S. Keerthitheja nous explique que l'effet « boîte noire » fait référence à la difficulté de comprendre comment les décisions sont prises par l'algorithme. Cela peut rendre extrêmement difficile pour les utilisateurs, les régulateurs, et même les développeurs de tracer un lien clair de cause à effet entre un dysfonctionnement de l'IA et un dommage résultant.

Les directives récentes visent à simplifier la tâche des plaignants. En cas de dommage, il n'est plus nécessaire de démontrer un dysfonctionnement précis, mais seulement que la technologie a contribué au dommage. De plus, les plaignants pourraient avoir accès à des données internes du fabricant pour évaluer la responsabilité.

Selon T. Stouraitis, les constructeurs doivent être extrêmement vigilants dans le développement de leurs systèmes autonomes. Les nouvelles réglementations les poussent à garantir non seulement la sécurité de leurs produits, mais aussi à préparer des défenses juridiques solides en cas d'accident.

Il est toutefois important de noter que la responsabilité du conducteur n'est engagée que si la technologie était utilisée dans les conditions appropriées. Les utilisateurs abusant de la technologie, par exemple, en se plaçant sur le siège arrière pendant que le véhicule roule seul, restent pleinement responsables.

Les voitures autonomes soulèvent des questions juridiques complexes qui nécessitent une révision continue des cadres réglementaires pour s'adapter aux défis posés par ces technologies avancées. Les législateurs et les entreprises doivent travailler de concert pour clarifier les responsabilités et protéger à la fois les consommateurs et les innovations.

La collecte de données

Alors que les véhicules autonomes continuent d'évoluer, la collecte, la gestion et la sécurité des données générées par ces véhicules présentent des défis et des opportunités significatifs. Cette rubrique explore les complexités entourant la protection de la vie privée et la sécurité des données dans le contexte des véhicules autonomes, en intégrant les opinions d'experts et les controverses récentes.

Selon B. Sakal et T. Stouraitis, les véhicules autonomes s'appuient fortement sur des capteurs tels que des caméras, des LiDAR et des radars pour naviguer et comprendre leur environnement. Cette technologie génère des quantités énormes de données, estimées jusqu'à 20 téraoctets par véhicule et par heure. Ces données sont essentielles pour affiner les algorithmes de navigation et d'interaction du véhicule avec son environnement.

Des incidents récents impliquant d'anciens employés de Tesla qui ont abusé des images de véhicules de clients soulignent des préoccupations significatives en matière de confidentialité. Ces employés ont partagé des images et des vidéos privées, créant des « mèmes » pour se divertir. Ce comportement est une grave violation de la confiance et soulève des questions sur la protection des données personnelles au sein de l'entreprise Tesla. (Lenez, 2023).

En réponse à de telles préoccupations de confidentialité, le Règlement général sur la protection des données (RGPD) de l'Union européenne fournit un cadre robuste. Le RGPD stipule que les données personnelles ne peuvent être collectées que pour des fins spécifiées, explicites et légitimes, et doivent être traitées de manière légale et

transparente (GDPR – Legal Text, 2024). Il limite également l'accès aux données aux personnes autorisées et exige que le traitement des données soit traçable.

La Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) a développé un « pack de conformité » spécifique pour la mobilité connectée. Ce guide décrit les meilleures pratiques pour la gestion des données collectées via des capteurs et des dispositifs connectés dans les véhicules, en s'assurant qu'elles soient traitées avec la même rigueur que d'autres données personnelles (Virta, 2023).

Certaines entreprises, telles que Virta, ont mis en place des systèmes de gestion de la sécurité de l'information (SGSI) certifiés selon la norme ISO 27001. Cette certification garantit que des contrôles de sécurité stricts sont en place pour protéger les données des clients. De plus, elles ont également obtenu la certification SOC 2 Type 2, qui implique des audits externes rigoureux des processus, et des contrôles relatifs au stockage, à la manipulation et à la transmission sécurisée des données. Les protocoles opérationnels incluent des contrôles d'accès stricts aux systèmes hébergés tels qu'Amazon AWS, avec des données client et utilisateurs stockées dans l'UE. Les informations sensibles sont cryptées selon les normes de l'industrie, soulignant l'engagement de l'entreprise envers la sécurité. Des évaluations régulières de la vulnérabilité et des tests de pénétration renforcent davantage les mesures de sécurité (Virta, 2023).

L. HoSeok nous indique que la monétisation des données collectées à partir des véhicules autonomes présente des opportunités économiques pour les fabricants. Cependant, cela nécessite également le développement d'écosystèmes sécurisés qui respectent la vie privée tout en exploitant les données pour améliorer les services et les prédictions de maintenance.

À mesure que les véhicules autonomes s'intègrent davantage dans le transport quotidien, les cadres réglementaires devront évoluer pour répondre aux nouveaux défis posés par ces technologies. Il sera crucial que les entreprises restent à l'avant-garde de ces changements en mettant en œuvre des pratiques de sécurité et de confidentialité avant-gardistes. Sans ces garde-fous, les consommateurs seraient rapidement voués à devenir la proie de pratiques commerciales.

En effet, l'intégration des véhicules autonomes dans le secteur des transports apporte de profonds défis en matière de protection de la vie privée et de sécurité des données. Assurer la protection des données personnelles, adhérer à des normes réglementaires strictes et mettre en place des mesures de sécurité robustes sont cruciales pour maintenir la confiance publique et favoriser la croissance de cette industrie innovante.

Les cyberattaques

Les voitures autonomes promettent d'améliorer la sécurité routière, d'optimiser le flux de trafic et de réduire les émissions grâce à une gestion plus efficace des parcours. Les véhicules connectés intègrent une multitude de technologies avancées, notamment des systèmes de communication sans fil, des logiciels complexes et des capteurs divers. Selon S. Keerthitheja, ces composantes peuvent être exploitées par des acteurs malveillants pour compromettre non seulement la sécurité des données personnelles des utilisateurs, mais également leur sécurité physique.

Parmi les plus dangereuses, on retrouve les piratages à distance. L'attaquant peut prendre le contrôle de fonctions vitales du véhicule comme l'arrêt du moteur, la désactivation des freins ou la manipulation des informations affichées sur le tableau de bord. Ces intrusions peuvent mettre en péril la vie des occupants et d'autres usagers de la route en créant des situations de conduite incontrôlables.

Une autre menace significative est le ransomware, qui cible les données personnelles stockées dans les véhicules. Les véhicules modernes équipés de microphones et de systèmes de localisation accumulent une quantité substantielle de données sur les habitudes et les préférences des utilisateurs. Un ransomware peut non seulement restreindre l'accès à ces données, mais également permettre à des acteurs malveillants de pénétrer dans la sphère privée des individus, entraînant des violations de la vie privée.

Malheureusement, ceci est une réalité. Dans un article de L'Argus, nous pouvons lire les résultats d'un test de cybersécurité offensive. Un concours de piratage avait été lancé auprès « de jeunes chercheurs en cybersécurité qui ont réussi à compromettre la sécurité d'une Tesla berline Model 3 en moins de 30 secondes » (LeBlanc, 2024). Bien que ce concours n'ait eu aucunes conséquences néfastes, il a pu être démontré qu'un expert en piratage malveillant pourrait aisément pirater des véhicules autonomes.

Pour contrer ces menaces, l'Agence européenne pour la cybersécurité (ENISA) et le Centre commun de recherche (CCR) proposent plusieurs mesures (Richard, 2021) :

- Une surveillance constante des systèmes d'IA est cruciale pour détecter et réagir rapidement à toute anomalie ou tentative d'attaque.
- Les composants de l'IA doivent être régulièrement évalués pour garantir leur fiabilité tout au long de leur cycle de vie.
- Les parties prenantes devraient simuler divers scénarios d'attaque pour préparer et améliorer les réponses aux incidents de cybersécurité.
- L'adoption d'une approche de cybersécurité intégrée qui combine les principes traditionnels de la cybersécurité avec les spécificités de l'IA.

Par conséquent, il est important d'avoir une collaboration entre les organismes réglementaires, les instituts de recherche et l'industrie automobile. Des initiatives comme celles du Autonomous Vehicle Computing Consortium (AVCC) et de la SAE International illustrent l'engagement du secteur à améliorer la cybersécurité des voitures autonomes (Corot, 2021).

Les recommandations de l'ENISA et du CCR, ainsi que la collaboration active au sein de l'industrie, sont vitales pour garantir que la transition vers la conduite autonome se fasse de manière sécurisée et fiable, protégeant à la fois les utilisateurs et l'ensemble de l'infrastructure de transport.

4.2 Les dilemmes éthiques et moraux

Comme nous l'avons évoqué au chapitre précédent, les voitures autonomes commencent à circuler dans quelques pays tels que le Japon, l'Allemagne et dans certains états des États-Unis. Cela représente une avancée technologique majeure avec des implications profondes pour la sécurité routière et la gouvernance éthique. Ces véhicules, qui cherchent encore à convaincre tant les entreprises que le grand public, posent des questions éthiques complexes, surtout quand elles sont amenées à prendre des décisions dans des situations de vie ou de mort.

En effet, la programmation des véhicules autonomes soulève des dilemmes moraux significatifs. Pour illustrer cette problématique, nous utiliserons le « dilemme du tramway ». Le dilemme du tramway est une expérience de pensée utilisée en éthique par Philippa Foot en 1967. Dans ce dilemme, un tramway hors de contrôle fonce vers cinq personnes attachées au chemin de fer. Vous êtes à côté de ce tramway et vous avez une manette devant vous. Cette manette vous permet de rediriger le tram vers une autre piste où une seule personne est attachée. La majorité des gens actionnent cette manette tuant seulement une personne (Minarchiste, 2022). Mais qu'en est-il si les cinq personnes sont de vieilles personnes et la personne seule est un adolescent ?

Le dilemme du tramway :

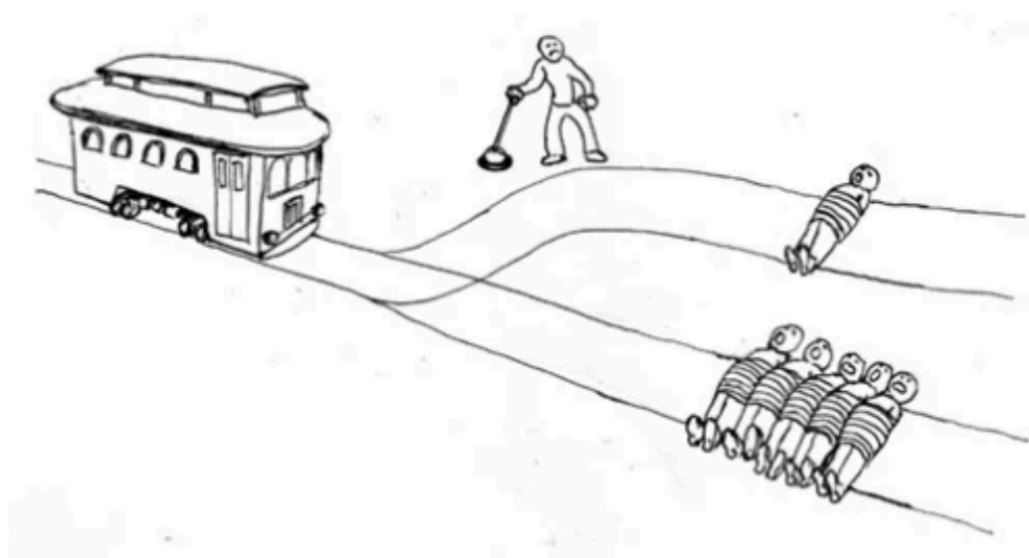


Figure 10 : (Minarchiste, 2022)

Modifions ce dilemme éthique avec une voiture autonome. Imaginons que vous êtes dans une voiture autonome de niveau 5. Cela signifie que c'est à l'algorithme présent dans la voiture de prendre des décisions de conduite. Vous êtes sur la chaussée, au

volant de votre voiture autonome et une famille traverse brusquement la route sans regarder. Soit la voiture reste conforme à sa programmation, vous protégez au maximum mais n'évite pas la famille de six et les tue. Ou, la voiture évite la famille, mais risque fortement de faire un accident et de vous tuer. Cela illustre la complexité éthique et morale de l'élaboration d'algorithmes dans ce type de situation. Quelles orientations adopteront les constructeurs ? L'éthique choisie deviendra leurs identités de marque ? Certains pays prendront-ils des directions en lien avec leurs idéologies ?

Une étude du MIT, démontre en effet, l'impact des différences de cultures sur les choix éthiques. Les trois graphiques ci-dessous, représentent les choix des pays de l'Ouest, des pays de l'Est et des pays du Sud quant à leurs choix moraux (Awad et al., 2018). Il leur a été demandé de catégoriser 7 groupes de personnes à épargner et de choisir ou non l'inaction. Étonnamment, ces graphes démontrent que, en fonction de la géographie, les préférences changent fortement.

Graphique des impacts culturels sur les décisions éthiques :

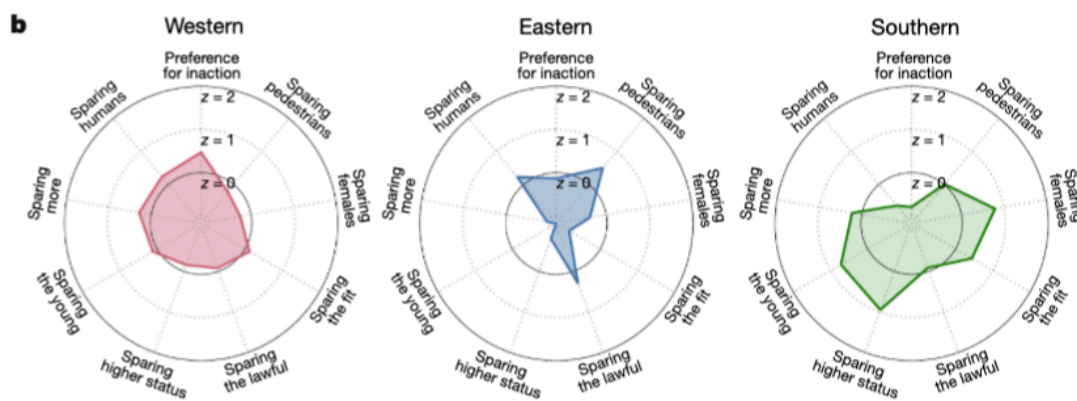


Figure 11 : (Awad et al., 2018)

Ceci nous dirige vers une proposition innovante de chercheurs de l'Université de Bologne, Italie. Pour remédier à ce problème éthique, ils ont proposé l'introduction d'un « levier éthique » dans les véhicules autonomes. Cela pourra permettre aux propriétaires de choisir entre une approche altruiste, favorisant leur sacrifice. Ou une approche plus égoïste, où la vie des autres n'est pas prioritaire (Avanista, 2024). Cela dit, cela soulève d'autres questions éthiques sur la responsabilité et le contrôle des actions d'un véhicule autonome.

4.3 Les implications sociales et culturelles

L'adoption des voitures autonomes représente une évolution majeure dans notre manière de concevoir et d'interagir avec les technologies de mobilité. Pour évaluer l'impact potentiel de cette transition sur la société, nous avons décidé de mener une étude quantitative. Celle-ci a comme objectif de nous aider à comprendre les perceptions, les attitudes, et les préoccupations de la population à l'égard de cette technologie émergente. Cette section introduit la méthodologie employée pour réaliser cette enquête, qui a pour but de sonder les divers aspects sociaux et culturels associés à l'adoption des voitures autonomes.

Notre enquête a été conçue pour capturer une image complète des attitudes envers les voitures autonomes, en se concentrant sur plusieurs axes principaux, dont la sécurité, la confiance dans la technologie, les préoccupations éthiques, et la volonté de changer de mode de transport. Cette enquête a été créée en utilisant une méthode d'échantillonnage aléatoire grâce aux réseaux sociaux et aux enquêtes sur le terrain avec 107 répondants à travers la Belgique. L'enquête comprenait 13 questions fermées et ouvertes. Les principaux thèmes traités dans cette étude portant sur :

- Les attitudes envers la sécurité des voitures autonomes
- La confiance dans la technologie
- La volonté de changer de mode de transport
- Les préoccupations éthiques potentielles
- Les implications sociales

Les conclusions de l'étude ont été repris ci-dessus dans cet ordre :

Perception de la sécurité des voitures autonomes

La majorité des répondants (64,49%) ont exprimé des inquiétudes concernant la sécurité des voitures autonomes. Leur plus grande préoccupation est liée aux scénarios d'accidents impliquant des piétons ou d'autres véhicules. Environ 34,58% des participants craignent que la technologie ne soit pas suffisamment avancée pour gérer de manière fiable des situations imprévues sur la route. Cependant, un segment significatif (76,64%) a reconnu le potentiel de réduction des accidents de la route grâce à l'élimination des erreurs humaines, soulignant une reconnaissance de l'avantage potentiel de la technologie en termes de sécurité améliorée.

Confiance dans la technologie

Bien que réticents, 83,18% des répondants se disent prêt à tester la voiture autonome dans un environnement contrôlé. Ceci indique clairement une ouverture conditionnelle

à l'adoption de la technologie. Les jeunes adultes, en particulier, montrent une plus grande confiance en cette technologie. En effet, 75,70% des 18-35 ans affirmant leur confiance dans les capacités technologiques des voitures autonomes, comparativement à seulement 42,06% des répondants de plus de 55 ans.

Volonté de changement de mode de transport

44,86% des participants envisagent de remplacer leur véhicule personnel par une voiture autonome si la technologie est au point et que cela pourrait garantir un trajet plus économique et moins stressant. Cependant, 24,30% des répondants sont fermement attachés à leur mode de transport actuel, souvent pour des raisons de confort personnel et de contrôle sur leur environnement de conduite.

Préoccupations éthiques

Les questions éthiques soulèvent des préoccupations significatives. 77,57% des répondants sont préoccupés par la manière dont les voitures autonomes pourraient prendre des décisions en cas de dilemmes moraux sur la route. Les participants expriment une certaine anxiété quant à la programmation des véhicules pour faire des choix éthiques, comme dans des scénarios où des accidents sont inévitables.

Implications sociales

L'étude révèle aussi que l'adoption de voitures autonomes pourrait avoir un impact profond sur la structure sociale, en particulier dans les zones urbaines où la congestion et la pollution pourraient être significativement réduites. 71,03% des répondants estiment que la généralisation des voitures autonomes pourrait améliorer la qualité de vie en milieu urbain.

Discussion des résultats

La sécurité reste la préoccupation majeure pour une majorité des répondants, reflétant une tendance observée dans de nombreuses innovations technologiques où la peur de l'inconnu joue un rôle prépondérant. Bien que la technologie des voitures autonomes soit conçue pour réduire les erreurs humaines et améliorer la sécurité routière, le manque de familiarité et la couverture médiatique des incidents isolés peuvent influencer négativement la perception publique. Il est donc impératif d'accentuer les efforts de communication et d'éducation pour mieux informer le public des avancées sécuritaires réalisées dans le domaine de l'automobile autonome.

L'analyse a montré des variations significatives dans l'acceptation de la technologie entre les différents groupes d'âge. Les jeunes adultes sont plus enclins à adopter cette nouvelle technologie, probablement en raison d'une plus grande familiarité et d'une plus

grande ouverture aux innovations. Cela suggère que les futures campagnes de sensibilisation devraient être adaptées en fonction des groupes démographiques, en ciblant les messages pour répondre aux préoccupations spécifiques de chaque groupe.

Les dilemmes éthiques soulignés par l'étude quantitative résonnent avec les discussions théoriques sur les "dilemmes moraux" des véhicules autonomes. Comment ces véhicules devraient-ils réagir dans des situations où un accident est inévitable ? Les inquiétudes soulevées nécessitent une approche réglementaire et éthique bien définie pour guider le développement des algorithmes de prise de décision dans les véhicules autonomes.

La volonté exprimée par une partie des répondants de changer leur mode de transport traditionnel pour des voitures autonomes indique un potentiel de transformation significative des habitudes de mobilité. Cependant, la transition vers une mobilité autonome nécessitera non seulement des avancées technologiques mais aussi un changement dans les infrastructures urbaines et les politiques publiques pour accommoder et encourager l'utilisation de véhicules autonomes.

Théorie de l'acceptation de la technologie.

La théorie de l'acceptation de la technologie (TAM) est un cadre théorique développé par Fred Davis en 1989 pour prédire et expliquer comment les utilisateurs acceptent et utilisent une nouvelle technologie. Les concepts clés de la TAM sont la perception de l'utilité et la perception de la facilité d'utilisation, qui sont considérées comme des indicateurs principaux de l'acceptation d'une technologie (Brangier et al., 2010). Appliquer cette théorie aux voitures autonomes permet de mieux comprendre les facteurs qui influencent leur adoption par le grand public.

Dans le contexte des voitures autonomes, l'utilité perçue pourrait être définie comme le degré auquel une personne croit que l'utilisation d'une voiture autonome améliorera sa performance ou sa vie quotidienne. Cela peut inclure des aspects comme, la réduction du temps de trajet. Les voitures autonomes pourraient optimiser les itinéraires et réduire le temps passé dans les embouteillages grâce à des systèmes de gestion du trafic plus avancés. Ceci inclut la communication Véhicule-à-Véhicule (V2V) et La communication Véhicule-à-Infrastructure (V2I). La communication de V2V permet aux voitures autonomes de partager en temps réel des informations telles que leur position, leur vitesse et leur direction. Cette technologie permet aux véhicules de synchroniser leurs mouvements pour éviter les embouteillages, réduire les arrêts inutiles et fluidifier la circulation. La communication V2I permet aux voitures autonomes d'interagir avec l'infrastructure urbaine, comme les feux de signalisation et les capteurs de trafic. Grâce à cette technologie, les feux de circulation peuvent être ajustés en temps réel pour favoriser le passage des véhicules autonomes, minimisant ainsi les arrêts prolongés. Les

capteurs de trafic fournissent des données sur les volumes de circulation, permettant de réorienter les flux de véhicules vers des itinéraires moins congestionnés (Altché et al., 2018).

Un autre aspect est la diminution des coûts. Moins d'accidents et une conduite optimisée pourraient réduire les coûts d'assurance et de maintenance. Ou encore le confort et commodité. Pour permettre aux utilisateurs de se détendre ou de travailler pendant les trajets, transformant le temps de conduite en temps productif ou de repos.

La facilité d'utilisation perçue pour les voitures autonomes est le degré auquel une personne croit que l'utilisation de cette technologie sera exempté d'effort. Cela comprend une interface utilisateur intuitive. Les systèmes de commande doivent être simples et clairs pour encourager ceux qui ne sont pas technophiles à adopter cette technologie. Ainsi qu'une fiabilité de la technologie. La conviction que la voiture peut exécuter ses fonctions de conduite de manière fiable sous diverses conditions. Ou encore la sécurité perçue. La croyance que la technologie est sûre à utiliser et peut réduire les risques d'accidents, un point crucial pour l'acceptation des voitures autonomes.

La manière dont ces perceptions interagissent peut fortement influencer la décision d'adopter des voitures autonomes. Si les utilisateurs perçoivent les voitures autonomes comme utiles et faciles à utiliser, ils sont plus susceptibles de les adopter et de les intégrer dans leur quotidien. Cependant, des facteurs externes tels que la réglementation, les politiques publiques, les aspects culturels et économiques jouent également un rôle essentiel dans cette adoption.

4.4 Le retour des utilisateurs

Afin de compléter cette analyse approfondie des hypothétiques utilisateurs européens, il serait intéressant d'étudier également le vécu des utilisateurs in situ. Intéressons-nous à aux retours de utilisateurs de robotaxis aux USA, là où les expérimentations sont les plus avancées. À l'heure actuelle, Waymo, l'une des entreprises pionnières dans ce secteur, offre des trajets en voiture autonome dans certaines régions des USA.

Voici l'expérience issue d'un blog sur Reddit, d'un citoyen lambda aux États-Unis : « Ce que nous avons découvert lors de notre test Uber vs Waymo, c'est que, sans surprise, les Uber sont généralement plus rapides et plus disponibles. Les voitures de Waymo offrent cependant une expérience plus fiable pour un peu plus d'argent. Les robotaxis Waymo offrent également quelque chose que les covoiturages humains n'offrent pas : la cohérence. Oui, le robotaxis peut parfois rouler maladroitement et sélectionner des itinéraires qui défient le bon sens. Mais les véhicules avancent à une vitesse constante et offrent un plus grand sentiment d'intimité. » (Reddit, 2024). Cet extrait montre que se

déplacer en robotaxis est globalement agréable, même s'il reste des améliorations à apporter.

Cela dit, les citoyens peuvent ne pas toujours avoir un avis totalement objectif. Voici, donc une analyse des expériences de 3 journalistes, ayant testé les services de Waymo. L'analyse repose sur des témoignages de différents médias sur plusieurs années afin d'obtenir une expérience représentative du sujet. Les témoignages sont celui d'Andrew Chappell en 2021 travaillant pour le média Medium, de Megan McArdle en 2022 travaillant pour le média The Washington Post, et de Geoff Piehl en 2023 travaillant pour le média Make Of Us (Chappell, 2021 ; McArdle, 2022; Piehl, 2023).

Ces différents journalistes rapportent une combinaison d'excitation et d'appréhension lorsqu'ils montent pour la première fois dans un robotaxis autonome. Les protocoles de sécurité ainsi que la douceur du trajet sont également soulignés dans les témoignages. La voiture respecte strictement les lois de la circulation et adopte une approche prudente de la conduite.

La technologie avancée, y compris les capteurs et les algorithmes d'intelligence artificielle, sont généralement loués pour sa capacité à naviguer dans des environnements urbains complexes. Les témoignages mettent l'accent sur un comportement prudent, comme des virages plus lents ou des arrêts prolongés, ce qui peut sembler différent des conducteurs humains, mais qui est destiné à la sécurité.

L'interface utilisateur à l'intérieur de la voiture est typiquement intuitive, permettant aux passagers de surveiller les décisions et les itinéraires de la voiture.

Toutefois, les différents journalistes ont tous rencontré des situations gênantes comme des difficultés à naviguer dans des scénarios routiers inhabituels ou à répondre à une conduite agressive de la part des autres conducteurs.

Megan McArdle nous témoigne d'une de ces situations. Lors d'un trajet, un camion devant lui s'est immobilisé en klaxonnant pour demander de reculer afin de changer de voie. La voiture autonome, ne comprenant pas la situation, s'est immobilisé. Elle a ensuite appelé un spécialiste humain pour résoudre la situation. Finalement juste avant que le spécialiste résolve la situation, le camion est parvenu à manœuvrer seul. Cet incident montre que des améliorations sont encore nécessaires, surtout face aux comportements humains imprévisibles.

D'une manière générale, l'expérience globale des 3 journalistes était positive. Les robotaxis Waymo semblent offrir une vision prometteuse pour l'avenir des transports. Toutefois, leur pleine intégration dans des environnements complexes nécessitera encore des ajustements et des améliorations pour mieux gérer l'imprévisibilité des interactions humaines sur la route.

4.5 Conclusion intermédiaire

- Ce chapitre examine les défis à surmonter pour la généralisation des voitures autonomes, en mettant en lumière les aspects juridiques, éthiques et sociaux.
- Il aborde d'abord le cadre juridique et réglementaire, grâce à une étude qualitative, soulignant les lacunes actuelles et la nécessité d'un cadre robuste pour protéger les usagers et encadrer l'utilisation des véhicules autonomes.
- Le chapitre explore les dilemmes éthiques et moraux posés par les véhicules autonomes, en particulier dans des situations d'urgence, et la nécessité de normes éthiques solides et d'algorithmes transparents.
- Les implications sociales et culturelles de l'adoption des voitures autonomes sont analysées à travers une étude quantitative. L'impact sur l'emploi et l'évolution de la perception culturelle de la mobilité sont également discutés ainsi que le retour des premiers utilisateurs de robotaxis.
- Ce chapitre démontre l'importance d'une approche multidisciplinaire impliquant législateurs, ingénieurs, philosophes et le grand public pour une transition intégrée et durable vers la mobilité autonome.
- Le prochain chapitre formulera des recommandations stratégiques pour les décideurs, les constructeurs et les autres parties prenantes, en mettant l'accent sur la mise en œuvre pratique et la gestion proactive de la mobilité autonome.

Chapitre 5 : Recommandations opérationnelles

À travers l'analyse approfondie des informations présentées dans les chapitres précédents, il apparaît clairement que des actions coordonnées et stratégiques sont nécessaires pour relever ces défis. En conséquence, il est impératif de formuler des recommandations solides et pratiques afin de guider les différents acteurs impliqués dans cette transition vers une mobilité autonome et durable.

5.1 Les différentes recommandations

1re recommandation : Développement d'un cadre réglementaire adapté

Le développement rapide des technologies de conduite autonome a mis en lumière l'insuffisance des cadres réglementaires actuels pour encadrer efficacement leur utilisation. Les législations existantes, conçues pour des véhicules traditionnels, ne prennent pas en compte les spécificités des voitures autonomes telles que les responsabilités en cas d'accidents, la protection des données, et les exigences de sécurité spécifiques à ces technologies. Cette lacune juridique représente un obstacle majeur à l'adoption et à l'intégration des voitures autonomes dans le système de transport actuel. En outre, les disparités entre les réglementations nationales et internationales peuvent compliquer la mise en œuvre d'une infrastructure cohérente et interopérable pour les véhicules autonomes.

Pour répondre aux défis posés par l'introduction des voitures autonomes, il est crucial de développer un cadre réglementaire spécifique, couvrant plusieurs aspects essentiels.

Tout d'abord, il est primordial de définir clairement les responsabilités des fabricants, des développeurs de logiciels et des utilisateurs en cas d'incidents impliquant des voitures autonomes. Cette clarification doit inclure une répartition précise des responsabilités, que ce soit en cas de défaillance technique, d'erreur logicielle ou de mauvaise utilisation par l'utilisateur. En outre, des mécanismes de compensation et d'assurance doivent être mis en place pour couvrir les dommages potentiels causés par des défaillances des systèmes autonomes. Ces mécanismes permettront de garantir une indemnisation rapide et équitable des victimes, tout en responsabilisant les différents acteurs de l'écosystème des véhicules autonomes.

La sécurité des systèmes autonomes est également une préoccupation majeure qui nécessite des protocoles de test rigoureux. Il est essentiel de développer des procédures d'évaluation exhaustives pour tester la sécurité et la fiabilité des véhicules autonomes avant leur mise sur le marché. Ces tests doivent simuler une large gamme de conditions de conduite ainsi que des scénarios d'urgence pour garantir que les systèmes

autonomes puissent réagir de manière appropriée et sécurisée. Parallèlement, des standards de sécurité minimum doivent être établis pour tous les véhicules autonomes. Ces standards doivent inclure des exigences pour des mises à jour régulières des systèmes afin de répondre aux nouvelles menaces et vulnérabilités, assurant ainsi une amélioration continue de la sécurité des véhicules.

Afin de garantir le respect des nouvelles réglementations et de gérer les cas de non-conformité, il est nécessaire de mettre en place des organismes de régulation dédiés à la supervision des véhicules autonomes. Ces instances de régulation seront responsables de l'application des normes de sécurité, de l'homologation des véhicules, et de la surveillance continue des performances des systèmes autonomes. De plus, pour faciliter l'adoption transfrontalière des technologies autonomes, il est crucial de favoriser la coopération internationale. Une harmonisation des réglementations à l'échelle mondiale permettra de créer un environnement réglementaire cohérent et prévisible, réduisant les obstacles au commerce international et stimulant l'innovation dans le secteur des véhicules autonomes.

En conclusion, l'élaboration d'un cadre réglementaire adapté est une étape cruciale pour faciliter l'adoption des voitures autonomes et maximiser leurs bénéfices tout en minimisant les risques. Cette recommandation vise à créer un environnement réglementaire favorable à l'innovation, à la sécurité, et à la protection des utilisateurs, posant ainsi les bases d'une transition réussie vers une mobilité autonome.

2ème recommandation : protection des données.

Le développement des véhicules autonomes génère une quantité de données immense. Ces données incluent des informations sensibles sur les habitudes de conduite, les localisations géographiques, et des données personnelles des utilisateurs. La protection de ces données est cruciale pour garantir la confiance des consommateurs et respecter les normes de confidentialité. Actuellement, les réglementations sur la protection des données pour les véhicules autonomes ne sont pas suffisamment robustes pour répondre aux défis posés par ces nouvelles technologies. Il est donc impératif de développer un cadre pour la gestion des données privées des utilisateurs.

L'instauration de directives strictes concernant les types de données pouvant être collectées par les véhicules autonomes est primordiale pour protéger la vie privée des utilisateurs. Il est essentiel de limiter la collecte de données aux informations strictement nécessaires au fonctionnement et à l'amélioration des systèmes autonomes. Par ailleurs, des règles claires doivent être imposées sur la durée de conservation des données, avec des périodes minimales et maximales bien définies, afin de garantir que les données ne soient pas conservées indéfiniment sans raison valable.

Le consentement éclairé des utilisateurs constitue une autre dimension cruciale de cette protection. Les fabricants et opérateurs de véhicules autonomes doivent s'engager à obtenir un consentement explicite et éclairé des utilisateurs avant toute collecte de données. En outre, ils doivent fournir des informations transparentes aux utilisateurs sur les types de données collectées, les finalités de la collecte, ainsi que les modalités de stockage et de traitement des données. Il est également indispensable de permettre aux utilisateurs de retirer leur consentement à tout moment et de demander la suppression de leurs données personnelles, renforçant ainsi leur contrôle sur leurs informations personnelles.

Afin d'assurer la sécurité des données, il est essentiel d'imposer des protocoles robustes. La gestion des données doit être encadrée par des protocoles stricts concernant l'accès aux informations. Il est crucial de définir des niveaux d'accès aux données, garantissant que seules les personnes ou entités autorisées puissent accéder à certaines catégories de données. Des procédures d'authentification et de contrôle d'accès rigoureuses doivent être exigées pour prévenir les accès non autorisés, les cyberattaques, et les fuites de données. Ces mesures incluent l'implémentation de pare-feu, de systèmes de détection d'intrusion, et la mise à jour régulière des logiciels de sécurité.

De plus, des audits réguliers doivent être mis en place pour les entreprises gérant les données des véhicules autonomes afin de vérifier leur conformité aux normes de sécurité. Il est également nécessaire de développer un système de certification pour les entreprises respectant ces standards de sécurité. Ce dernier renforcera la confiance des utilisateurs et des régulateurs dans les systèmes de gestion de données.

En conclusion, un cadre réglementaire rigoureux pour la protection des données privées des utilisateurs de véhicules autonomes est essentiel pour garantir la confiance des consommateurs, protéger leur vie privée, et encourager l'innovation dans ce domaine. Les normes de collecte des données, la sécurité des données, et la gestion des données et des accès doivent être soigneusement définies et mises en œuvre pour créer un environnement sécurisé et transparent pour tous les utilisateurs de véhicules autonomes.

3ème recommandation : Promotion de l'acceptation sociale et culturelle

La perception et l'acceptation sociale des voitures autonomes sont cruciales pour leur adoption à grande échelle. Bien que la technologie avance rapidement, les préoccupations du public concernant la sécurité, la fiabilité, et les implications éthiques des véhicules autonomes persistent. De plus, des barrières culturelles et psychologiques peuvent freiner l'adoption de ces nouvelles technologies. Pour surmonter ces obstacles, il est nécessaire de sensibiliser, d'éduquer et d'engager

activement le public afin de créer une perception positive et d'accroître la confiance envers les voitures autonomes.

Pour promouvoir l'acceptation sociale et culturelle des voitures autonomes, plusieurs actions spécifiques doivent être entreprises afin de sensibiliser le public, favoriser le dialogue et assurer une information précise et objective.

Tout d'abord, il est essentiel de lancer des campagnes de sensibilisation sur les bénéfices des voitures autonomes. Ces campagnes doivent viser à éduquer le public sur les avantages potentiels des voitures autonomes, tels que la réduction des accidents, l'optimisation des déplacements, l'amélioration de la mobilité pour les personnes âgées et les personnes à mobilité réduite, ainsi que les bénéfices environnementaux. Pour atteindre un large public, il est crucial d'utiliser divers canaux de communication, incluant les médias traditionnels, les réseaux sociaux et les événements collectifs. Ces campagnes devraient être conçues pour informer et rassurer le public, en mettant en avant le bénéfice direct pour les utilisateurs. Afin de les rassurer davantage, il est important de mettre en avant les avancées technologiques et les mesures de sécurité qui accompagnent le déploiement des véhicules autonomes.

De plus, il est impératif de collaborer étroitement avec les médias pour diffuser des informations précises et objectives sur les voitures autonomes. Travailler avec les médias garantit que les reportages soient basés sur des faits et reflètent fidèlement les avancées technologiques ainsi que les défis associés. En fournissant des ressources éducatives et des kits d'information aux journalistes, les acteurs de la mobilité autonome peuvent aider à assurer une couverture médiatique équilibrée et informée. Cette collaboration permettra de lutter contre la désinformation et de renforcer la confiance du public dans les véhicules autonomes.

Par ailleurs, l'organisation de forum de discussion et d'ateliers participatifs est une initiative importante pour créer des espaces de dialogue constructif. Ces forums permettront aux citoyens d'exprimer leurs préoccupations, de poser des questions et de recevoir des réponses d'experts en la matière. De plus, la tenue d'ateliers participatifs et de démonstrations de technologies de conduite autonome offrira au public l'opportunité d'expérimenter directement ces innovations. Cela contribuera à une meilleure compréhension du fonctionnement des voitures autonomes et à une démystification de la technologie, réduisant ainsi les craintes et les résistances potentielles.

Ces actions ont pour objectif de promouvoir une acceptation sociale et culturelle des voitures autonomes en informant le public de manière claire, en encourageant le dialogue et en garantissant une couverture médiatique précise et équilibrée. Il est essentiel de mettre en place ces initiatives afin de préparer le terrain à une adoption harmonieuse et généralisée des technologies de conduite autonome, tout en répondant aux préoccupations et aux attentes des citoyens.

4ème recommandation : Encouragement à l'innovation technologique

L'innovation technologique est au cœur du développement et de l'intégration des voitures autonomes. Pour maintenir un leadership technologique et compétitif dans ce domaine, il est essentiel de stimuler la recherche et le développement (R&D), d'encourager les partenariats public-privé, et de soutenir les start-ups et les initiatives innovantes. Un environnement favorable à l'innovation permettra non seulement de surmonter les défis techniques liés aux voitures autonomes, mais aussi de créer de nouvelles opportunités économiques et industrielles.

Pour encourager l'innovation technologique dans le secteur des voitures autonomes, plusieurs actions spécifiques doivent être entreprises pour créer un environnement propice à la recherche et au développement (R&D), à l'incubation de start-ups, et à la facilitation des tests sur route.

En premier lieu, il est crucial de soutenir les initiatives de recherche et développement (R&D). Pour ce faire, il est nécessaire d'allouer des subventions et des financements ciblés sur des projets de R&D axés sur les technologies autonomes. Ces projets devraient inclure des domaines clés tels que l'intelligence artificielle, la détection et télémétrie par lumière (LIDAR), et la cybersécurité. En outre, il est essentiel de favoriser la collaboration entre les universités, les centres de recherche, et les entreprises. Une telle coopération permettra de développer des solutions innovantes et d'accélérer le transfert de technologies depuis les laboratoires de recherche jusqu'à l'industrie, créant ainsi un écosystème dynamique et interconnecté.

Les start-ups spécialisées dans les technologies de la mobilité autonome sont également une ressource précieuse pour accélérer l'innovation. Les institutions pourraient aisément supporter les jeunes entreprises par la création d'incubateurs ou autres aides ciblées. Cela leur permettra de bénéficier d'un accès à des ressources indispensables, telles que des infrastructures de recherche, des réseaux et des opportunités de financement. Des concours pour les jeunes entreprises innovantes pourraient également être mis en place pour stimuler la créativité et l'entrepreneuriat. Ces initiatives encourageront les start-ups à développer des technologies de pointe et à contribuer activement à l'évolution du secteur de la mobilité autonome.

Finalement, il est important de faciliter les tests sur route des véhicules autonomes. Pour cela, la création d'environnements de test contrôlés et de zones spécifiques où les véhicules autonomes peuvent être testés en conditions réelles est nécessaire. Ces environnements doivent être conçus pour assurer la sécurité des autres usagers de la route tout en offrant des conditions de test variées et réalistes. Par ailleurs, il est essentiel de simplifier les procédures administratives et les réglementations pour permettre aux entreprises de mener des essais sur route de manière plus efficace et rapide. Les

entreprises pourront ainsi accélérer le développement et la mise en marche de leurs technologies.

En conclusion, le soutien aux initiatives de R&D, la création de start-ups, et la facilitation des tests sur route des véhicules autonomes sont des actions essentielles pour encourager l'innovation technologique dans le secteur des voitures autonomes. Ces mesures permettront de développer des technologies avancées, de stimuler l'entrepreneuriat et de garantir que les véhicules autonomes puissent être testés et mis en œuvre de manière efficiente et en toute sécurité.

5ème recommandation : Intégration des véhicules autonomes dans l'infrastructure urbaine

L'intégration des véhicules autonomes dans le tissu urbain est une condition sine qua non pour réaliser pleinement les bénéfices de cette technologie. Les infrastructures actuelles conçues pour les véhicules traditionnels, ne sont pas encore adaptées aux besoins spécifiques des voitures autonomes. La modernisation des infrastructures routières est nécessaire pour assurer la sécurité, l'efficacité et la fluidité des transports autonomes. Cette transition exige une collaboration étroite entre les autorités publiques nationales et internationales et les entreprises technologiques.

Pour intégrer efficacement les véhicules autonomes dans l'infrastructure urbaine, plusieurs actions spécifiques doivent être entreprises. Afin d'adapter les infrastructures routières existantes de manière cohérente, il est important d'identifier et de prioriser les zones urbaines nécessitant des adaptations spécifiques pour les véhicules autonomes. Ces adaptations peuvent inclure la création de voies réservées, l'établissement de zones de chargement et de déchargement spécifiques, ainsi que l'installation de stations de recharge adaptées à ces véhicules. Afin de s'assurer de l'efficacité de ces adaptations, il serait souhaitable de mettre en place des projets pilotes dans certaines villes dans le monde. Ces projets permettront de tester et d'affiner les adaptations nécessaires avant d'envisager un déploiement à plus grande échelle.

Le développement de systèmes de signalisation spécifique aux voitures autonomes est également crucial pour pouvoir intégrer les véhicules autonomes dans l'infrastructure urbaine. Dans un premier temps, l'installation de systèmes de signalisation intelligents capables de communiquer directement avec les véhicules autonomes est un exemple indispensable. Ces systèmes fourniront des informations en temps réel sur les conditions de circulation, les travaux routiers, et les incidents, améliorant ainsi la sécurité et l'efficacité des déplacements. D'autre part, il sera également nécessaire de développer des infrastructures de communication V2X (Vehicle-to-Everything) pour permettre aux véhicules autonomes de communiquer entre eux et avec les éléments de l'infrastructure urbaine. Cette communication bidirectionnelle est fondamentale pour

garantir une coordination optimale des mouvements de trafic et pour prévenir les accidents.

Finalement, la promotion de l'utilisation de technologies intelligentes pour la gestion du trafic est une autre action qui deviendra essentielle. Ces technologies pourront optimiser les flux de circulation et réduire les congestions. Cette intégration repose sur l'utilisation d'algorithmes avancés et de capteurs connectés qui peuvent analyser les données en temps réel. Cela permettra d'ajuster les feux de signalisation, les limitations de vitesse, et les itinéraires recommandés pour les véhicules autonomes de manière dynamique. En utilisant des données en temps réel, les systèmes de gestion intelligente du trafic peuvent réagir rapidement aux changements dans les conditions de circulation, minimisant ainsi les embouteillages et améliorant l'efficacité globale du réseau de transport.

Nous pouvons conclure que l'intégration efficace des véhicules autonomes dans l'infrastructure urbaine ne sera possible que si les infrastructures routières actuelles sont adaptées. Pour cela, il faudra développer des systèmes de signalisation et de communication dédiés, et promouvoir l'utilisation de technologies intelligentes pour la gestion du trafic. Ces actions combinées permettront de créer un environnement urbain capable de soutenir l'utilisation sûre et efficace des véhicules autonomes, tout en optimisant les flux de circulation et en réduisant les congestions. Toutefois, ces adaptations représentent un coût important pour les pays. Bien qu'il soit difficile de fournir une estimation précise, les montants varient largement en fonction de la taille du pays, de l'état des infrastructures existantes et des capacités technologiques. Pour les grandes nations développées, le coût total pourrait atteindre des centaines de milliards, voire dépasser un trillion d'euros, en prenant en compte les mises à jour des infrastructures et les investissements nécessaires dans la technologie.

5.2 Prise de recul sur les recommandations

Il est essentiel de prendre du recul par rapport à ces recommandations pour évaluer leur pertinence, leur faisabilité et leur impact potentiel. Les recommandations doivent être perçues non seulement comme des propositions théoriques, mais aussi comme des outils pratiques pouvant être mis en œuvre par les décideurs politiques, les constructeurs automobiles, les régulateurs, et les autres parties prenantes.

D'une part, les recommandations relatives au développement d'un cadre réglementaire adapté pour les véhicules autonomes et la gestion des données privées des utilisateurs sont fondamentales. Elles visent à créer un environnement juridique stable et sécuritaire, propice à l'innovation tout en protégeant les droits des utilisateurs. Cependant, leur mise en œuvre nécessite une coordination étroite entre les différentes juridictions nationales et internationales, ainsi qu'une adaptation continue pour suivre l'évolution rapide des technologies autonomes.

D'autre part, les recommandations sur l'acceptation sociale et culturelle, mettent en lumière l'importance de l'humain dans cette transition technologique. Il ne suffit pas d'avoir des véhicules autonomes performants, il est également crucial que le public accepte et comprenne les avantages et les défis de ces technologies. Ces campagnes informatives nécessiteront des budgets colossaux et il sera complexe de libérer de tels budgets tout en restant neutre et impartial.

Enfin, les recommandations techniques, telles que l'adaptation des infrastructures urbaines et le développement de systèmes de communication dédiés, sont essentielles pour assurer une intégration fluide des voitures autonomes dans l'environnement existant. Ces initiatives requièrent des investissements significatifs et une planification à long terme, mais elles sont indispensables pour tirer pleinement parti des avantages de la mobilité autonome.

5.3 Conclusion intermédiaire

- Afin de faciliter l'adoption et l'intégration des véhicules autonomes, il sera crucial de créer des organismes de régulation dédiés. Ces organismes permettront de clarifier les responsabilités des différents acteurs, de mettre en place des mécanismes d'assurance et de compensation, et d'établir des protocoles de test et des standards de sécurité.
- La coopération internationale permettra d'harmoniser les réglementations tout en maximisant les bénéfices et en minimisant les risques pour les utilisateurs.
- Les régulations devront limiter la collecte des données aux informations strictement nécessaires et obtenir le consentement des utilisateurs. La sécurité des données devra être assurée par des protocoles robustes, incluant des technologies de chiffrement, et des audits réguliers pour prévenir les abus.
- Il sera nécessaire de sensibiliser, d'éduquer et d'engager activement le public. Des campagnes de sensibilisation sur les bénéfices des voitures autonomes devront être lancées. La collaboration avec les médias pour diffuser des informations précises et objectives sera essentielle pour lutter contre la désinformation et renforcer la confiance du public.
- Il sera nécessaire d'allouer des financements pour des projets de R&D axés sur l'intelligence artificielle, les technologies autonomes, et la cybersécurité.
- Afin de bénéficier des innovations propulsées par les start-ups spécialisées dans la mobilité autonome, il serait intéressant de créer des subventions ou incubateurs dédiées.
- Les tests sur route des véhicules autonomes seraient facilités en créant des environnements de test contrôlés et en simplifiant les procédures administratives.
- L'adaptation des infrastructures routières actuelles serait optimisée en identifiant et en priorisant les zones spécifiques, telles que les voies réservées, les zones de chargement et les stations de recharge.
- Le développement de systèmes de signalisation intelligents et d'infrastructures de communication V2X sera également crucial pour fournir des informations en temps réel et permettre une coordination optimale des mouvements de trafic.

III. Conclusions générales

Après l'étude de ces pages, il semble évident que la mobilité urbaine sera confrontée prochainement à des défis sans précédent, tant sur le plan environnemental que sociétal. Dans ce contexte, la voiture autonome apparaît comme une solution potentielle pour répondre aux besoins de mobilité du futur. Afin de répondre à la question de recherche centrale « la voiture autonome peut-elle devenir une solution viable pour la mobilité de demain ? », une série de recommandations a été formulée dans le cinquième et dernier chapitre de ce mémoire.

Synthèse des Résultats

Dans cette section, nous avons examiné les principaux impacts des voitures autonomes identifiés au cours de cette étude, en mettant en lumière à la fois les effets positifs et négatifs, ainsi que les progrès réalisés par les différents acteurs de l'industrie et les régulateurs pour concrétiser cette technologie.

Les impacts positifs des véhicules autonomes sont multiples. Premièrement, ils promettent une amélioration significative de la sécurité routière. Les systèmes avancés d'assistance à la conduite (ADAS) intégrés dans ces véhicules peuvent réagir plus rapidement et de manière plus précise que les conducteurs humains, réduisant ainsi le nombre d'accidents de la route. Les données issues de divers essais indiquent une diminution notable des incidents dus à l'erreur humaine, principale cause actuelle d'accidents.

Deuxièmement, les voitures autonomes peuvent contribuer à une réduction substantielle des émissions de gaz à effet de serre, surtout lorsqu'elles sont électriques. L'optimisation des trajets et une conduite plus efficace permettent de diminuer la consommation de carburant et les émissions associées. En intégrant des technologies comme le covoiturage autonome et les flottes de véhicules partagés, il est possible de réduire le nombre total de voitures sur les routes, diminuant ainsi l'empreinte carbone globale.

Troisièmement, les véhicules autonomes augmentent l'efficacité du transport. Ils peuvent optimiser les trajets en temps réel, réduisant les embouteillages et les temps de déplacement, ce qui améliore non seulement l'efficacité des trajets mais aussi la qualité de vie des utilisateurs. La gestion intelligente du trafic, rendue possible par les voitures autonomes connectées à une infrastructure de transport intelligente, peut améliorer de manière significative la fluidité de la circulation.

Cependant, les impacts négatifs ne doivent pas être négligés. Les défis technologiques sont encore nombreux. Bien que des progrès significatifs aient été réalisés, les technologies de conduite autonome ne sont pas encore parfaites. Les limitations actuelles incluent la capacité des capteurs à fonctionner dans des conditions

météorologiques défavorables et dans la fiabilité des systèmes d'intelligence artificielle dans des situations complexes. De plus, la nécessité d'une infrastructure sophistiquée et coûteuse pour supporter ces véhicules constitue un autre défi majeur.

La cybersécurité est une préoccupation majeure. Les véhicules autonomes peuvent être vulnérables aux attaques informatiques, ce qui pose des risques pour la sécurité des utilisateurs. Par ailleurs, la collecte et le traitement des données personnelles par les systèmes de conduite autonome soulèvent des questions importantes en matière de confidentialité et de protection des données.

Les impacts socio-économiques doivent également être pris en compte. L'adoption généralisée des véhicules autonomes pourrait entraîner des pertes d'emplois dans certains secteurs, notamment pour les chauffeurs de taxi, les conducteurs de camions, et d'autres professions liées à la conduite. Les changements dans les modèles de propriété et d'usage des véhicules pourraient avoir des répercussions économiques importantes, tant positives que négatives, sur les industries automobiles et de l'assurance.

Malgré ces défis, des progrès significatifs ont été réalisés récemment par les acteurs de l'industrie et les régulateurs. Sur le plan technologique, des avancées notables ont été faites dans le développement des capteurs et des systèmes d'intelligence artificielle. Les progrès dans les technologies de capteurs, comme le LIDAR, le radar et les caméras, permettent une meilleure détection et perception de l'environnement par les véhicules autonomes. Les algorithmes d'intelligence artificielle utilisés pour la reconnaissance d'images, la prise de décision et le contrôle de la conduite sont de plus en plus sophistiqués et fiables.

Les essais et les déploiements pilotes jouent également un rôle crucial. De nombreuses entreprises, telles que Waymo, Tesla et Uber, ont lancé des programmes pilotes de véhicules autonomes dans diverses villes à travers le monde. Ces essais permettent de collecter des données précieuses et d'améliorer continuellement les systèmes de conduite autonome. Les résultats de ces programmes pilotes montrent une tendance positive vers une conduite plus sûre et plus efficiente.

Sur le plan réglementaire, plusieurs initiatives ont été entreprises pour faciliter l'intégration des véhicules autonomes. Les régulateurs dans plusieurs pays ont commencé à développer des cadres juridiques pour l'utilisation des véhicules autonomes, visant à assurer la sécurité des utilisateurs tout en permettant l'innovation technologique. Par exemple, l'Union européenne a mis en place des réglementations spécifiques pour les systèmes de conduite autonome, incluant des exigences de sécurité et des normes de certification.

Des investissements significatifs sont également réalisés pour moderniser les infrastructures de transport afin de les rendre compatibles avec les véhicules

autonomes. Cela inclut l'installation de systèmes de communication V2X (Vehicle-to-Everything) et l'amélioration des réseaux routiers. Les initiatives gouvernementales pour soutenir la recherche et le développement dans le domaine des véhicules autonomes ont également joué un rôle crucial dans les progrès réalisés.

En conclusion, les impacts identifiés et les progrès réalisés illustrent à la fois la faisabilité et les défis liés à l'adoption des voitures autonomes. Bien que cette technologie présente de nombreux avantages, elle comporte également des obstacles significatifs qui doivent être surmontés. Les efforts continus des acteurs de l'industrie et des régulateurs seront essentiels pour réussir la transition vers une mobilité autonome et durable.

Perspectives

Le progrès technologique est au cœur de la réussite des voitures autonomes. Les prochaines années verront probablement des avancées significatives dans les capteurs, les algorithmes de traitement de données et l'intelligence artificielle. Les capteurs, tels que le LIDAR et les caméras haute résolution, continueront à évoluer, offrant des capacités de détection et de reconnaissance d'objets de plus en plus précises. Parallèlement, les algorithmes d'intelligence artificielle deviendront plus sophistiqués, capables de prendre des décisions complexes en temps réel, améliorant ainsi la sécurité et l'efficacité des véhicules autonomes.

Les infrastructures de communication joueront également un rôle crucial. Le développement de la technologie 5G et de l'Internet des Objets (IoT) permettra une connectivité plus rapide et plus fiable entre les véhicules et les infrastructures routières. Cette connectivité améliorée facilitera la coordination entre les véhicules autonomes, réduisant les risques d'accidents et optimisant les flux de trafic.

L'adoption des voitures autonomes dépendra largement de l'acceptation par le grand public. Pour réussir cette transition, il est essentiel de mener des campagnes de sensibilisation visant à éduquer les consommateurs sur les avantages et la sécurité des véhicules autonomes. Ces campagnes devront aborder les préoccupations courantes, telles que la fiabilité technologique et la protection des données personnelles.

Les autorités publiques et les acteurs industriels devront collaborer pour créer un cadre réglementaire clair et favorable à l'innovation. Des politiques incitatives, comme des subventions pour l'achat de véhicules autonomes ou des avantages fiscaux pour les entreprises qui adoptent cette technologie, pourront accélérer l'adoption. De plus, des projets pilotes dans des environnements contrôlés permettront de démontrer la viabilité et la sécurité des voitures autonomes, renforçant ainsi la confiance des consommateurs.

À long terme, les voitures autonomes ont le potentiel de transformer radicalement notre société et notre environnement. D'un point de vue environnemental, elles contribueront

à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, notamment grâce à une conduite plus efficace et à l'intégration croissante de véhicules électriques. Cette transition vers une mobilité plus propre est en ligne avec les objectifs climatiques ambitieux de nombreuses régions du monde, notamment l'Union européenne, qui vise la neutralité carbone d'ici 2050.

Sur le plan social, les voitures autonomes offriront une plus grande accessibilité à la mobilité, notamment pour les personnes âgées et les personnes à mobilité réduite. Elles permettront également de réduire les accidents de la route, dont la majorité sont causés par des erreurs humaines, améliorant ainsi la sécurité globale des déplacements.

Enfin, les implications économiques de cette transition sont vastes. L'industrie automobile devra se réinventer, créant de nouvelles opportunités d'emploi dans des domaines tels que la technologie des capteurs, le développement de logiciels et la gestion des données. Les économies locales bénéficieront également de la réduction des coûts liés aux accidents de la route et à la congestion du trafic.

En conclusion, l'avenir des voitures autonomes est prometteur et porteur de nombreux bénéfices. Toutefois, la réussite de cette transition dépendra de l'innovation technologique, de l'acceptation sociale et de la mise en place de politiques publiques favorables. En poursuivant sur cette voie, nous pouvons espérer un futur où la mobilité est plus sûre, plus efficace et plus durable, offrant des avantages considérables pour les générations futures.

La réflexion globale sur l'ensemble de ce mémoire met en lumière l'importance cruciale des voitures autonomes dans l'évolution future de la mobilité. À travers une analyse approfondie, nous avons pu identifier non seulement les avantages, mais aussi les défis associés à l'adoption de cette technologie révolutionnaire. Le secteur de la mobilité est en pleine mutation, et les voitures autonomes se positionnent comme des acteurs majeurs de cette transformation. Leur potentiel à réduire les accidents de la route, à optimiser l'efficacité des trajets, et à diminuer les émissions de gaz à effet de serre en fait des candidats idéaux pour répondre aux exigences contemporaines de durabilité et de sécurité.

Il est essentiel de noter que cette transition vers une mobilité autonome ne peut se réaliser sans une collaboration étroite entre les divers acteurs impliqués. Les constructeurs automobiles doivent continuer à investir dans la recherche et le développement, et à nouer des partenariats stratégiques avec les entreprises technologiques pour intégrer les innovations nécessaires. Les autorités publiques, de leur côté, doivent mettre en place des cadres réglementaires adaptés et moderniser les infrastructures routières pour accueillir ces nouveaux véhicules. Les consommateurs, enfin, doivent être sensibilisés aux avantages des voitures autonomes et encouragés à

adopter ces technologies par des campagnes d'information et des incitations appropriées.

Cette conclusion ne serait pas complète sans envisager les perspectives futures. Les progrès technologiques dans le domaine de l'intelligence artificielle et des capteurs continuent de se développer à un rythme rapide. Ces avancées promettent de rendre les voitures autonomes encore plus sûres et plus efficaces, accélérant ainsi leur adoption à grande échelle. La vision à long terme de la mobilité autonome inclut non seulement des véhicules individuels mais aussi des systèmes de transport partagés, tels que les robotaxis, qui pourraient transformer radicalement la manière dont nous nous déplaçons dans les zones urbaines.

En somme, les voitures autonomes représentent bien plus qu'une simple innovation technologique ; elles symbolisent une évolution majeure dans notre approche de la mobilité. Leur adoption généralisée nécessite des efforts concertés et soutenus, mais les bénéfices potentiels en termes de sécurité, d'efficacité et de durabilité sont immenses. Ce mémoire a démontré que, malgré les défis à surmonter, les opportunités offertes par les voitures autonomes sont vastes et prometteuses. La route vers une mobilité autonome et durable est tracée, et il incombe à chaque acteur de la suivre avec détermination et engagement.

Ainsi, le message de clôture de ce mémoire est un appel à l'action : pour réussir cette transition vers une mobilité plus propre, plus sûre et plus efficiente, une collaboration active et continue entre les constructeurs, les régulateurs, les technologues et les utilisateurs est indispensable. Ensemble, nous pouvons construire un futur où les voitures autonomes ne sont pas seulement une possibilité, mais une réalité qui transforme positivement nos vies et notre environnement.

Références

- Altché, F., Polack, P., & De La Fortelle, A. (2018, January 24). *Comment les véhicules autonomes doivent-ils communiquer ?* Hal. <https://minesparis-psl.hal.science/hal-01691909>
- Arias, P. (2024, 7 février). Waymo self-driving car crashes into San Francisco bicyclist. *Fox Business*. <https://www.foxbusiness.com/lifestyle/waymo-self-driving-car-crashes-san-francisco-bicyclist>
- Automotive industry. (2024). Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/automotive-industry_en
- Autonomous Ride-Hailing in Los Angeles, CA - Waymo*. (2006). Waymo. <https://waymo.com/waymo-one-los-angeles/>
- Autonomous Vehicle Industry Statistics • GitNUx*. (2024, April 24). GITNUX. <https://gitnux.org/autonomous-vehicle-industry/>
- Avanista. (2024). *Les enjeux éthiques de la voiture autonome* - Avanista.fr. <https://www.avanista.fr/actualites/21-enjeux-ethiques-voiture-autonome-avanista>
- Awad, E., Dsouza, S., Kim, R., Schulz, J., Henrich, J., Shariff, A., Bonnefon, J., & Rahwan, I. (2018). The Moral Machine experiment. *Nature*, 563(7729), 59–64. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0637-6>
- Belga. (2023, September 28). La réforme du secteur des taxis validée par le parlement wallon: “ Une évolution nécessaire.” *lavenir.net*. <https://www.lavenir.net/actu/belgique/2023/09/28/la-reforme-du-secteur-des-taxis-validee-par-le-parlement-wallon-V2H3EOPXJVCPhFZ3SUNDGGE3XQ/>
- Belgian Mobility Dashboard. (2024). *Cost of congestion*. <https://www.mobilitydashboard.be/congestion/cost-of-congestion/>

Belgium.be. (2024). *Données personnelles* |

Belgium.be. https://www.belgium.be/fr/justice/respect_de_la_vie_privée/protection_d_es_donnees_personnelles/donnees_personnelles

Bertuzzi, L., & Bertuzzi, L. (2022b, September 28). *La Commission européenne propose une directive sur la responsabilité en matière d'IA.*

www.euractiv.fr. <https://www.euractiv.fr/section/economie/news/la-commission-europeenne-propose-une-directive-sur-la-responsabilite-en-matiere-dia/>

Besnard, G. (2019, 26 septembre). *Focus – La première voiture autonome que vous utiliserez transportera très probablement vos courses avant de s'occuper de vous ! - Fevad, la Fédération du e-commerce et de la vente à distance.* Fevad, la Fédération du E-commerce et de la Vente À Distance. <https://www.fevad.com/focus-la-premiere-voiture-autonome-que-vous-utiliserez-transportera-tres-probablement-vos-courses-avant-de-soccuper-de-vous/>

Bialas, P. J. (2023, 23 novembre). Black Friday : la course à l'innovation pour livrer au plus vite les colis. *Le Soir.* <https://www.lesoir.be/551137/article/2023-11-23/black-friday-la-course-linnovation-pour-livrer-au-plus-vite-les-colis>

Bouquin, S. (2020) automatisation en questions. *Les Mondes du travail* , Nouvelle série (24-25), pp. 23-175. <https://hal.science/hal-04469559>

Brangier, E., Adélé, S., & Bastien, J. (2010). Analyse critique des approches de l'acceptation des technologies : de l'utilisabilité à la symbiose humain-technologie-organisation. *Revue Européenne De Psychologie Appliquée*, 129–149. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2009.11.002>

Camion autonome : l'Einride-Pod va effectuer des livraisons régulières. (2021, 26 mars).

AFT. <https://www.aft-dev.com/actualites/camion-autonome-leinride-pod-va-effectuer-livraisons-regulieres>

Capteur de vision. (2024). Laboratoire STEM. <https://education.vex.com/stemlabs/fr/iq/stemlabs/vision-sensor/perception-with-self-driving-vehicles>

Chandler, K., LIM, P. B., Lambracht, F., & Pengelly, J. (2024, 29 janvier). Automotive update – driving ahead into 2024. *Taylor*

- Wessing. <https://www.taylorwessing.com/en/insights-and-events/insights/2024/01/automotive-update---part-two>
- Changement climatique : les gaz à effet de serre à l'origine du réchauffement climatique* | Thèmes | Parlement européen. (2023, March 23). Thèmes | Parlement Européen. <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20230316STO77629/les-gaz-a-effet-de-serre-a-l-origine-du-rechauffement-climatique>
- Chappell, A. (2021, April 1). First time in Waymo's driverless taxi — Here's my review. *Medium*. <https://andrewmchappell.medium.com/first-time-in-waymos-driverless-taxi-here-s-my-review-ba1c692b81c6>
- Chiffres-clés de la mobilité en Belgique 2022* | Mobility. (2022). Mobility. <https://mobilit.belgium.be/fr/publications/chiffres-cles-de-la-mobilite-en-belgique-2022>
- commission européenne. (2024). *Vehicle safety and automated/connected vehicles*. Internal Market, Industry, Entrepreneurship And SMEs. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/automotive-industry/vehicle-safety-and-automatedconnected-vehicles_en#
- CORNIU, J.-P. & La Fondation pour l'innovation politique. (2016). *LE NOUVEAU MONDE DE L'AUTOMOBILE (1) : L'IMPASSE DU MOTEUR à EXPLOSION*. https://www.fondapol.org/app/uploads/2020/05/089-CORNIU_I_2016-09-30_web-V2-1.pdf
- Corot, L. (2021, March 31). Des organisations du monde automobile développent des standards pour les véhicules autonomes. *www.usine-digitale.fr*. <https://www.usine-digitale.fr/article/des-organisations-du-monde-automobile-developpent-des-standards-pour-les-vehicules-autonomes.N1076964>
- Crémel, S. (2017b). Véhicules autonomes. <https://enpc.hal.science/hal-01882215/>
- Deichmann, J., Ebel, E., Heineke, K., Heuss, R., Kellner, M., & Steiner, F. (2023). Autonomous driving's future: Convenient and connected. In *McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/autonomous-drivings-future-convenient-and-connected>

Deloitte Global Automotive Mobility Market Simulation Tool. (2023, March). The future of automotive mobility to 2035 | What might mobility providers' role be in tomorrow's value chain? In *Deloitte Global Automotive Mobility Market Simulation Tool*(pp. 0–54). <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/gx-deloitte-future-automotive-mobility-study.pdf>

Desamero, J. (2022, 4 janvier). *L'intelligence artificielle dans l'industrie automobile - taq*. Taq. <https://www.taqauto.com/fr/2021/12/artificial-intelligence-in-the-automotive-industry/>

Direction générale de la communication Parlement européen, & Duch, J., Guillot. (2023). Émissions de CO2 des voitures : faits et chiffres [Infographie]. *Direction Générale De La Communication Parlement Européen*, 1–7. https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2019/3/story/20190313STO31218/20190313STO31218_fr.pdf

DoorDash. (2024). <https://www.doordash.com>

Ecole de Guerre Economique. (2024, April 18). Voiture autonome et guerre des normes. *Ecole de Guerre Economique*. <https://www.ege.fr/infoguerre/voiture-autonome-et-guerre-des-normes-0>

Emna. (2022, October 12). Mobilité intelligente : la nouvelle stratégie de l'UE. *mobilMIX.brussels*. <https://www.mobilmix.brussels/fr/mobilite-intelligente/>

Ethias, (2024). CONDITIONS GÉNÉRALES VÉHICULES AUTOMOTEURS Dans *Ethias*. https://www.ethias.be/content/dam/B2C/general/pdf/general-conditions/cg_automoteur_fr.pdf

Etx, R. A. (2024, April 3). *Ces nouveaux équipements que vous trouverez sur les voitures neuves dès juillet 2024*. RTBF. <https://www.rtbef.be/article/ces-nouveaux-equipements-que-vous-trouverez-sur-les-voitures-neuves-des-juillet-2024-11353372>

Euronews. (2023, 9 novembre). Les voitures autonomes bientôt sur les routes du Royaume-Uni. *Euronews*. <https://fr.euronews.com/next/2023/11/09/les-voitures-autonomes-bientot-sur-les-routes-du-royaume-uni>

- European Court of Auditors. (2024). *Transports et mobilité*. <https://www.eca.europa.eu/fr/transport-mobility>
- European Shared Mobility Index released. (2023, 4 juillet). EU Urban Mobility Observatory. https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/european-shared-mobility-index-released-2023-07-04_en
- Fleck, A. (2023, 22 september). Cars Cause Biggest Share of Transportation CO₂ Emissions. *Statista Daily Data*. <https://www.statista.com/chart/30890/estimated-share-of-co2-emissions-in-the-transportation-sector/>
- Furchtgott-Roth, D. (2021, July 16). Trucks are winning automation race. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/dianafurchtgott-roth/2021/07/16/trucks-are-winning-automation-race/>
- GDP) – legal text. (2024, April 22). General Data Protection Regulation (GDPR). <https://gdpr-info.eu/>
- Gillet, B. (2016). EFFETS DE LA TRANSITION NUMERIQUE SUR LE SECTEUR AUTOMOBILE. Dans *Le Forem*. https://www.leforem.be/content/dam/leforem/fr/documents/20160726_MAV_4_0_Synthese_AUTOMOBILE.pdf
- Godart, B. (2024). Nette diminution du nombre de tués sur les routes au cours des 6 premiers mois de l'année. *Vias*. <https://www.vias.be/fr/newsroom/nette-diminution-du-nombre-de-tues-sur-les-routes-au-cours-des-6-premiers-mois-de-lannee/#>
- Gouzee, D. (2024, February 17). Produits défectueux : protégez vos droits. *Legalex Bruxelles*. <https://www.avocats-lexalex-bruxelles.be/2024/02/17/assurance-et-produits-defectueux/>
- Grujic, I., Dorić, J., Stojanovic, N., & Abdullah, O. (2019). Numerical analysis of hydrogen fueled IC engine. 19th Conference on Thermal Science and Engineering of Serbia. https://www.researchgate.net/publication/337898468_Numerical_analysis_of_hydrogen_fueled_IC_engine
- Hartwig, M. (2024). Opportunities for safe, efficient, and sustainable mobility for everyone. Dans *BMW*. https://www.bmw.com/content/dam/bmw/marketBMWCOM/bmw_com/

categories/Innovation/ebook-self-driving-cars/pdf/e-book-self-driving-cars_en.pdf.asset.1578326516692.pdf

Honda Global | November 11, 2020 Honda receives type designation for Level 3 Automated Driving in Japan.

(n.d.). <https://global.honda/en/newsroom/news/2020/4201111eng.html>

Idea Consult, Salvador, E., Olivier Brolis, O., Huveneers, C., De Streel, A., & Jacques, F.

(2024). Marché belge des plateformes en ligne : Evaluation de la concurrence et du cadre réglementaire. In *SPF Economie*. SPF

Economie. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://economie.fgov.be/fr/file/7468953/download%3Ftoken%3D91PtB2yb&ved=2ahUKEwjTmL2jmOqFAxVRhP0HHUpLB70QFnoECBIQAQ&usq=AOvVaw33Z6CIM-ZtBJ6qPJ1X_cLX

Immatriculations de véhicules | Statbel.

(2024). <https://statbel.fgov.be/fr/themes/mobilite/circulation/immatriculations-de-vehicules>

Info, RTL (2023, August 9). “Ces chiffres ne sont pas normaux”: sur l’autoroute, les Belges sont de très MAUVAIS élèves pour respecter les. *RTL*

Info. <https://www.rtl.be/actu/belgique/societe/ces-chiffres-ne-sont-pas-normaux-sur-lautoroute-les-belges-sont-de-tres-mauvais/2023-08-09/article/576449>

Istace, J. (2023, 24 octobre). *Les voitures électriques &apos ; low cost&apos ; , entre 20 et 25.000 euros, made in Europe débarquent en Belgique.*

RTBF. <https://www.rtb.be/article/les-voitures-electriques-low-cost-entre-20-et-25000-euros-made-in-europe-%20debarquent-en-belgique-11276384>

Ivanov, P. (2024, March 13). *Quelles perspectives sur la voiture autonome pour l’industrie automobile ?* <https://www.journaldunet.com/mobilites/1528895-quelles-perspectives-sur-la-voiture-autonome-pour-l-industrie-automobile/>

JASIC (2024). -JapanAutomobileStandardsInternationalizationCenter-

https://www.jasic.org/e/index_e.htm

- Kardinal. (2022, May 3). *Intelligence Artificielle en Logistique : 6 applications concrètes et leurs bénéfices*. Kardinal. <https://kardinal.ai/fr/les-cas-dusage-de-lintelligence-artificielle-en-logistique/>
- Kupfer, M., & Li, H. (2023, août 9). *Uber vs. Waymo : Which is fastest on San Francisco's streets ?* The San Francisco Standard. <https://sfstandard.com/2023/07/21/sfstandard-com-business-robotaxi-uber-race-waymo/>
- L'impact de l'intelligence artificielle sur les véhicules autonomes*. (2024, 11 février). <https://www.voiture-autonome.net/constructeurs/impact-ia-vehicules-autonomes.html>
- LAFAY, A., & DEVAUCHELLE, G. (2020). La conduite automatisée, intelligences artificielles et humaines, quelles interactions ? *Annales des Mines*, 12. <https://www.annales.org/edit/enjeux-numeriques/2020/en-2020-12/2020-12-4.pdf>
- Larousse, É. (2024). *Définitions : covoiturage - Dictionnaire de français Larousse*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/covoiturage/20088#:~:text=Utilisation%20d'une%20m%C3%AA%20me%20voiture,partager%20les%20frais%20de%20transport>
- Larousse, É. (2024). *Définitions : voiture - Dictionnaire de français Larousse*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/voiture/82405>
- LeBlanc, J. (2024, March 24). *Des hackers français piratent une Tesla Model 3. . . et en gagnent une autre*. L'argus. <https://www.largus.fr/actualite-automobile/des-hackers-francais-piratent-une-tesla-model-3-et-en-gagnent-une-autre-30032893.html>
- Lenez, A. (2023, April 7). *Des employés de Tesla ont espionné les caméras de leurs clients*. Ouest-France.fr. <https://www.ouest-france.fr/economie/automobile/des-employes-de-tesla-ont-espionne-les-cameras-de-leurs-clients-2fea2138-d54a-11eda235-54c2ea0bc94d>
- LICATA, V. (2021). *Analyse du cycle de vie des scooters électriques en libre-partage à Bruxelles* (By Université Libre de Bruxelles, Institut de Gestion de l'Environnement

- et d'Aménagement du Territoire, & Faculté des Sciences). https://mem-envi.ulb.be/Memoires_en_pdf/MFE_20_21/MFE_Licata_20_21.pdf
- LIDAR montre la voie.* (2024).
- Audi.de. <https://www.fr.audi.be/be/web/fr/magazine/digitalisation/xenomatix.html>
- LogTDConception. (2024, 30 mars). *ROBOT 3 AXES*. TD CONCEPTION. <https://www.td-conception.com/robot-3-axes/>
- Low Emission Mobility ou Mobilité à basses émissions : rendre l'air plus respirable en limitant la circulation des véhicules polluants.* (2023, October 23). Citoyen - Bruxelles Environnement. <https://environnement.brussels/citoyen/nos-actions/plans-et-politiques-regionales/low-emission-mobility-ou-mobilite-basses-emissions-rendre-lair-plus-respirable-en-limitant-la-circulation-des-vehicules-polluants>
- Mason, P. (1998). Energy Futures and Future Transport [ResearchGate]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4085.9768>
- McArdle, M. (2022, October 31). The weirdest thing about being in a self-driving car. *Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/opinions/2022/10/31/waymo-self-driving-car-ride/>
- Meilhan, N. (2019). Comment faire enfin baisser les émissions de CO2 des voitures. *Note D'analyse, n° 78(2)*, 1–12. <https://doi.org/10.3917/lna.078.0001>
- Mercedes-Benz Group. (2023, January 26). *Mercedes-Benz world's first automotive company to certify SAE Level 3 system for U.S. market | Mercedes-Benz Group*. <https://group.mercedes-benz.com/innovation/product-innovation/autonomous-driving/drive-pilot-nevada.html>
- Mertens, B. (2024, January 10). À quand les voitures autonomes sur les routes belges ? *Moustique*. <https://moustique.lalibre.be/actu/consommation/2024/01/11/a-quand-les-voitures-autonomes-sur-les-routes-belges-276244>
- Minarchiste, L. (2022, October 4). *L'utilitarisme et le problème du dilemme du tramway*. Contrepoints. <https://www.contrepoints.org/2014/03/17/159793-dilemne-du-tramway-definition>

- Morris, J. (2022, November 9). Why is Tesla's full Self-Driving only Level 2 autonomous? *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/jamesmorris/2021/03/13/why-is-teslas-full-self-driving-only-level-2-autonomous/>
- MVWG - EU monitor. (2024). *Working Group on Motor Vehicles*
<https://www.eumonitor.nl/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vk66hypelzym>
- Myclimate. (2024). Qu'est-ce que la durabilité ?
<https://www.myclimate.org/fr/sinformer/faq/faq-detail/quest-ce-que-la-durabilite/>
- Normand, J. (2016, July 8). Tricycle Mercedes, la première voiture du monde. *Le Monde.fr*. https://www.lemonde.fr/m-voiture/article/2016/07/08/tricycle-mercedes-la-premiere-voiture-du-monde_4966163_4497789.html
- Numérisation: conduire la transition vers une mobilité intelligente et durable. (2024, March 20). Bâtir L'avenir Numérique De L'Europe. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/policies/digitalisation-mobility>
- ONISR. (2023). Accidentalité routière 2022 en France. In *Observatoire National Interministériel De La Sécurité Routière*. https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/sites/default/files/2024-01/2023%2005%2031_ONISR_Accidentalit%C3%A9_Bilan_d%C3%A9finitif_2022_vMS_vOM_31%20mai%2018h00.pdf
- OpenAI. (2024). ChatGPT. (Version du 7 mai) [modèle économique des voitures autonomes]
<https://chat.openai.com/share/8fbc760b-3277-4240-8674-eb87bb74f667>
- Parc de véhicules | Statbel. (2023, September 13). <https://statbel.fgov.be/fr/themes/mobilite/circulation/parc-de-vehicules>
- Parlement européen. (2024). *Émissions de CO2 des voitures : faits et chiffres (infographie) | Thèmes*
<https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20190313STO31218/emissions-de-co2-des-voitures-faits-et-chiffres-infographie>

- Pavel, I., Vignolles, D. & Lallement, G. (2018). *Les enjeux économiques et industriels du véhicule connecté et automatisé. Annales des Mines - Réalités industrielles*, 2018, 16-20. <https://doi.org/10.3917/rindu1.182.0016>
- Petercam, D. (2018, March 16). *Cash for cars: l'avis de nos experts sur les problèmes de mobilité en Belgique*. <https://www.degroofpetercam.com/fr-be/blog/cash-for-cars-embouteillage-belgique-problemes-de-mobilite>
- Piehl, G. (2023, July 7). *What It's Like to Ride in a Waymo Driverless Taxi*. MUO. <https://www.makeuseof.com/waymo-autonomous-vehicle-ride/>
- Planifier et Configurer une Mobilité Urbaine Plus Durable | UN-Habitat. (2013). <https://unhabitat.org/planifier-et-configurer-une-mobilite-urbaine-plus-durable-french-language-version>
- Poullet, Y., Gérard, L., Bontridder, N. (2024). Centre de recherche en information, droit et société (CRIDS/ NaDI), & Agence du Numérique. Intelligence artificielle et autorités publiques wallonnes. In *Rapport Prospectif* [Report]. <https://content.digitalwallonia.be/post/20220323134506/FINAL-Rapport-IA-et-services-publics-23-06.pdf>
- Rapport spécial – Mobilité urbaine*. (2020, June). <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/urban-mobility-6-2020/fr/>
- Rapport spécial 04/2024: Sécurité routière*. (2024, April). European Court of Auditors. <https://www.eca.europa.eu/fr/publications/SR-2024-04>
- Redant, K., & Van Geelen, H. (2020). Connected & autonomous vehicles et infrastructure routière : Etat des lieux et prospective. Dans *Brrc*. Centre de recherches routières. https://brrc.be/sites/default/files/2021-01/sf51_CAV_2.pdf
- Reddit, 2024. https://www.reddit.com/r/SelfDrivingCars/comments/1dujb4b/waymo_vs_uber_is_a_robotaxi_better_in_sfs_most/
- Reilly, C. (2023, 24 octobre). *Top Legal Issues Facing the Automotive Industry in 2019* | *Foley & ; Lardner LLP*. <https://www.foley.com/insights/publications/2019/01/top-legal-issues-facing-the-automotive-industry-in/>

- Richard, P. (2021, April 8). *Véhicules autonomes : les risques liés à la cybersécurité doivent être mieux pris en compte* | *Techniques de l'Ingénieur*. Techniques De L'Ingénieur. <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/vehicules-autonomes-les-risques-lies-a-la-cybersecurite-doivent-etre-mieux-pris-en-compte-91530/#:~:text=Les%20v%C3%A9hicules%20autonomes%20sont%20%C3%A9galement,que%20la%20situation%20est%20alarmante.>
- Rider, C. T. K. (2024). *K.I.T.T. (2000)*. Knight Rider. [https://knight-rider.fandom.com/wiki/K.I.T.T._\(2000\)](https://knight-rider.fandom.com/wiki/K.I.T.T._(2000))
- SAE J3016 automated-driving graphic*. (2020, 15 mai). <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>
- Savy, M. (2017). Transport : une approche d'économie politique. *L'Économie politique*, 76, 8-23. <https://doi.org/10.3917/leco.076.0008>
- Seo, M. N. E. (2023, 3 décembre). Combien de kilomètres les voitures autonomes ont-elles parcouru jusqu'à présent ? *Maleye*. <https://maleye.com/nombre-kilometres-voitures-autonomes/>
- Sharma, S. (2020, June 3). Voici pourquoi le constructeur automobile allemand Volkswagen a investi 2.3 milliards d'euros dans cette voiture autonome basée à Pittsburgh startup | *Silicon Canals*. <https://siliconcanals.com/fr/Actualit%C3%A9s/constructeur-automobile-allemand-volkswagen-investissement-auto-conduite-startup/>
- Site internet du Parlement de Wallonie*. (2024). Parlement de Wallonie. <https://www.parlement-wallonie.be/pwpages?p=interp-questions-voir&type=28&iddoc=122058>
- SPW. (2022). Les différents types d'autopartage. In *Cemathèque: Vol. n°53* (pp. 2–3). http://mobilite.wallonie.be/files/cematheque/cematheque_0053.pdf
- Statista*. (2024, February 28). *Global car sales 2019-2023*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/200002/international-car-sales-since-1990/>
- Steinmann, L. (2022, December 22). Stellantis accélère dans la voiture autonome en rachetant une start-up hongroise. *Les Echos*. <https://www.lesechos.fr/industrie->

[services/automobile/stellantis-accelere-dans-la-voiture-autonome-en-rachetant-une-start-up-hongroise-1891506](#)

STROWEL, A., & MALENGREAU, T. (2018, 29 mars). Quelles responsabilités pour les véhicules autonomes ? *L'Echo*. <https://www.lecho.be/opinions/carte-blanche/quelles-responsabilites-pour-les-vehicules-autonomes/9997076.html>

The Mission of SAE International is to advance mobility knowledge and solutions. (2024, 8 avril). <https://www.sae.org/>

The road to affordable autonomous mobility. (2022, 3 janvier). McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-road-to-affordable-autonomous-mobility>

Timmermans, J.-M. (2023, novembre). *Quel rôle la technologie joue-t-elle dans la transition vers la conduite électrique ?* Agoria. <https://www.agoria.be/fr/themes/business-clusters/mobilite-technologie-des-vehicules/commercial-vehicules-automotive-suppliers/quel-role-la-technologie-joue-t-elle-dans-la-transition-vers-la-conduite-electrique>

UNECE. (2024). *WP.29 - UNECE*. <https://unece.org/wp29-introduction>

Valeo. (2024, 7 février). *LiDAR sensor | Autonomous vehicle sensors* | Valeo. <https://www.valeo.com/en/valeo-scala-lidar/>

Van Den Troost, D. (2018, April 26). *L'intelligence artificielle : moteur de notre future mobilité*. Microsoft Pulse. <https://pulse.microsoft.com/fr-be/transform-fr-be/na/fa1-lintelligence-artificielle-moteur-de-notre-future-mobilite/>

Van Rompay, E. (2015, December 4). Voiture autonome: 4 scénarios qui vont bouleverser la mobilité au quotidien. *FRENCHWEB.FR*. <https://www.frenchweb.fr/voiture-autonome-4-scenarios-qui-vont-bouleverser-la-mobilite-au-quotidien/216693>

Véhicules autonomes dans l'UE : de la science-fiction à la réalité | Thèmes | Parlement européen. (2019). Thèmes | Parlement Européen. <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20190110STO23102/vehicules-autonomes-dans-l-ue-de-la-science-fiction-a-la-realite>

- Verstraete, R. (2023, 2 décembre). *Voitures autonomes, responsabilité en cas d'accident et sécurité routière : êtes-vous prêt à lâcher le volant*
? RTBF. <https://www.rtb.be/article/voitures-autonomes-responsabilite-en-cas-daccident-et-securite-routiere-etes-vous-%20pret-a-lacher-le-volant-11294830>
- Virta. (2023, June 23). Véhicules électriques : Comment protéger les données des automobilistes ? *Virta*. <https://www.virta.global/fr/blog/recharge-electrique-comment-protéger-donnees-automobilistes>
- Vrancken, S. (2022). Voitures autonomes : vers une légifération plus technologique de la société ? In B. Kohl, *Travail De Fin D'études* [Thesis]. https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/14621/4/TFE_VRANC_KENSarah_s165678.pdf
- Yang, Z. (2024, January 23). What's next for robotaxis in 2024. *MIT Technology Review*. <https://www.technologyreview.com/2024/01/23/1086936/whats-next-for-robotaxis-2024/>