

Véhicule autonome et connectée : Les ADAS



Étudiants :

Thomas DOURY
Martin NIVON
Pierrick VIELFAURE
Guillaume BOURDELEAU
Apostolos TSETOGLOU
Liyu ZHANG

Enseignant-responsable du projet :

ABDELAZIZ BENSRAHRA

Date de remise du rapport : 17/06/2019

Référence du projet : STPI/P6/2019 – 03

Intitulé du projet : Véhicule autonome et connecté : Les systèmes d'aide à la conduite embarquée (ADAS)

Type de projet : Bibliographie - Veille technologique

Objectifs du projet :

- Découvrir les différentes formes d'autonomie sur un véhicule connecté
- Vivre une expérience en entrant dans une voiture autonome
- Étudier les limites et les contraintes de la voiture autonome
- Analyser quelques systèmes d'aide à la conduite embarquée

Mots-clés du projet : Systèmes de communication, Systèmes de perception, Lidar, V2X.

Table des matières

Notations et Acronymes	4
Introduction	5
Organisation du travail	6
1 La veille technologique	7
1.1 L'AEB	7
1.2 L'AFIL	8
1.3 La cartographie	9
2 Les technologies de demain	11
2.1 Lidar	11
2.1.1 Histoire	11
2.1.2 Explication technique	12
2.2 Systèmes de communication V2X	13
2.2.1 Présentation du système de communication V2X	13
2.2.2 Le fonctionnement possible des systèmes V2X	14
2.2.3 La communication V2X dans l'idéal	15
2.2.4 Les limites de la communication V2X à l'heure à actuelle	15
2.2.5 Conclusion sur la communication V2X	15
Rapport d'étonnement	16
Conclusion et perspectives	19
Bibliographie	20
Sitographie	21

Remerciements

Nous tenons à remercier notre encadrant Mr BENSRAHAI pour son aide apportée et ses connaissances qui ont contribué au bon déroulement de notre projet.

Nous remercions les équipes d'Autonomous Lab et particulièrement Morgan PERCHER pour nous avoir fait visiter le poste de contrôle et essayer les voitures autonomes.

Enfin, nous remercions les doctorants du département ASI pour nous avoir présenté leurs recherches à propos des voitures autonomes et connectées.

Notations et Acronymes

- AEB : Automatic Emergency Braking
- AFIL : Alerte de Franchissement Involontaire de Ligne
- GPS : Global Positioning System
- IP : Internet Protocol
- IPv4 : Internet Protocol version 4
- IPv6 : Internet Protocol version 6
- LIDAR : Light Detection And Ranging
- PCC : Poste de Contrôle Centralisé
- VANET : Vehicular ad-hoc networks
- VLC : Visible Light Communication
- V2X : Vehicle-to-everything
- V2V : Vehicle-to-Vehicle
- V2P : Vehicle-to-Pedestrian
- V2I : Vehicle-to-Infrastructure
- V2N : Vehicle-to-Network
- V2D : Vehicle-to-Device
- V2G : Vehicle-to-Grid

Introduction

Dans le cadre de notre deuxième année à l'INSA, nous devons réaliser un projet de Physique. Cet étude consiste à effectuer des recherches bibliographiques et en faire la synthèse sous la forme d'un dossier écrit. L'objectif de ce projet est de développer le travail collaboratif. Ce travail d'équipe qui consiste à planifier le projet par une bonne répartition des tâches est un avant goût de notre futur métier d'ingénieur où nous serons amenés à superviser des équipes. Nous avons choisi d'approfondir nos connaissances sur les ADAS. Les aides à la conduite automobile, sont l'ensemble des systèmes d'assistance et d'aide à la conduite.

Dans ce présent rapport, la première partie décrit la veille technologique, regroupant L'AEB (Le freinage autonome d'urgence), l'AFIL (Alerte de franchissement involontaire de ligne) ainsi que la cartographie. La deuxième partie sera consacrée aux technologies de demain. Cette partie abordera la technologie du LIDAR et celle du système de communication V2X.

Par ailleurs, grâce à notre professeur M. BENSRAIR, nous avons eu la chance de nous rendre sur le site de AUTONOMOUS LAB où nous avons eu la chance d'observer une voiture autonome. Cette visite nous a permis d'en savoir plus sur les nouvelles technologies qui équiperont les voitures de demain et ainsi approfondir nos connaissances sur le sujet.

Organisation du travail

Etant six membres dans le groupe, nous nous devons de répartir précisément le travail entre tous les membres.

Ainsi, nous avons effectué les recherches sur les différentes aides à la conduite que nous voulions et pouvions développer dans notre projet tous ensemble. Une fois ces recherches effectuées, nous avons convenu d'un plan. La première partie étant constituée de trois sous parties, deux membres du groupe ont travaillé en collaboration pour chacune des sous parties. Deux duos ont ensuite travaillé sur les lidars et la perception quand le dernier s'est occupé de rédiger le rapport d'étonnement.

Enfin, nous avons rédigé l'introduction et la conclusion ensemble, chaque membre du groupe pouvant apporter des éléments sur sa partie permettant d'introduire et de conclure sur tous les aspects du projet.

Nous sommes persuadés que cette organisation et cette répartition précise du travail a permis au groupe de réaliser ce projet dans les meilleurs conditions.

Chapitre 1

La veille technologique

Au cours de cette première partie, nous allons vous présenter quelques outils de la veille technologique.

1.1 L’AEB

Tout d’abord, le système de freinage automatique d’urgence (AEB, Automatic Emergency Braking en anglais) est un ADAS actif permettant dans un premier temps, de renforcer le freinage si le conducteur ne freine pas suffisamment et dans un deuxième temps, d’actionner directement les freins en cas d’urgence et si le conducteur ne le fait pas. Une voiture équipée d’un système de freinage possède donc plusieurs capteurs et caméras. Ils lui permettent de repérer un danger et d’agir plus rapidement que le conducteur. En effet, l’apparition du danger ne laisse pas nécessairement au conducteur le temps de réagir si ce dernier n’est pas suffisamment attentif.

Le freinage automatique d’urgence est un ADAS qui permet de faire freiner le véhicule. Il s’active, par exemple, dans la cas d’une détection par la voiture d’un obstacle dangereux. Un piéton peut rentrer brusquement dans le champ des caméras du dispositif ; selon la trajectoire du piéton détecté par la voiture, la voiture peut décider de freiner plus ou moins fort. Autre exemple, une tierce voiture entreprend un dépassement d’un camion sur une voie rapide. Si ce véhicule n’a pas vérifié son angle mort et que vous arrivez à pleine vitesse, l’AEB de votre voiture se déclenche automatiquement.

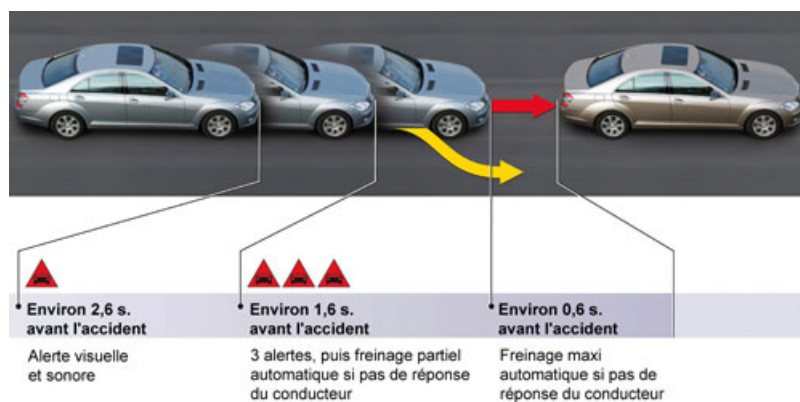


FIGURE 1.1 – Etapes de l’AEB

1

Cet ADAS possède évidemment de nombreux avantages. En effet, le conducteur peut se permettre quelques secondes d’inattention si le véhicule est lancé à vive allure dans la trajectoire d’un obstacle quelconque, comme présenté précédemment.

1. <https://vendre.autobiz.fr/blog/dictionnaire/freinage-automatique/>

Cependant, il existe plusieurs inconvénients puisque ce dispositif ne s'enclenche pas automatiquement, malgré son appellation. Parmi ces cas, on voit que la vitesse du véhicule ne doit pas excéder 140 km/h pour que le système puisse s'activer. De plus, dans le cas de la détection d'un piéton, la vitesse du véhicule ne doit pas dépasser 60 km/h pour qu'il puisse s'arrêter à temps.

Il est aussi possible que ce dispositif s'enclenche pour une raison inutile. Nous avons eu le témoignage d'une responsable, lors de notre visite au centre de contrôle de la voiture connectée. Elle nous expliquait qu'un piéton était au téléphone et faisait les cents pas à proximité d'un passage piéton. La voiture autonome et connectée, voulant bien faire les choses, attendait patiemment que ce piéton traverse. Cela pose ainsi des problèmes sur le trafic et la circulation. Aussi, la voiture connectée respecte à la lettre le code de la route ; il lui est donc impossible de traverser une ligne blanche dans aucune situation. S'il y a un obstacle, la voiture freine mais ne peut dépasser de manière autonome. Dans ce cas, il faut alors une présence humaine qui lui autorise le franchissement de ligne blanche. Même si ces freinages ne sont pas urgents et dangereux, ils utilisent les mêmes dispositifs que ceux du AEB.

Enfin et pour finir, le freinage automatique d'urgence, s'il devient obligatoire, permettrait d'éviter jusqu'à 1000 morts par an dans l'union européenne.

1.2 L'AFIL

L'étape suivante concernant l'aide à la conduite est une aide passive (qui n'intervient pas directement sur la conduite du véhicule) mais qui donne une alerte selon l'environnement de la voiture. Il en existe plusieurs types, nous allons ici prendre comme exemple le cas de l'alerte de franchissement involontaire de ligne (appelé AFIL).

Cette aide a été développée dans le but de corriger les petites erreurs de trajectoires faites par le conducteur pendant de longs trajets. En effet, durant un trajet sur l'autoroute il n'est pas rare que le conducteur fasse par inadvertance un petit écart sur une autre voie. Cela est due à la fatigue, à la monotonie de la conduite, aux intempéries ... La technologie AFIL a été développée pour prévenir le conducteur en cas de franchissement involontaire de ligne. Cependant si le clignotant est activé, l'AFIL ne fera pas effet car le franchissement est volontaire.

Cette aide à la conduite fonctionne sur le principe de la détection du positionnement de la voiture par rapport aux lignes blanches. Pour cela différents outils ont été utilisé pour détecter les marquages au sol. Les premiers modèles étaient équipées de capteurs infrarouges de chaque côté de la voiture. Aujourd'hui cette détection est effectuée par une caméra située en haut du pare-brise.

La première version de ce système fonctionne grâce à des capteurs infrarouges posés sous le bouclier avant de la voiture. En comparant la différence de réflexion des ondes infrarouges sur la route entre les bandes blanches et le goudron, la voiture détecte l'éventuel franchissement de ligne. Si le clignotant n'était pas activé, elle va alors déclencher l'alerte pour le conducteur.

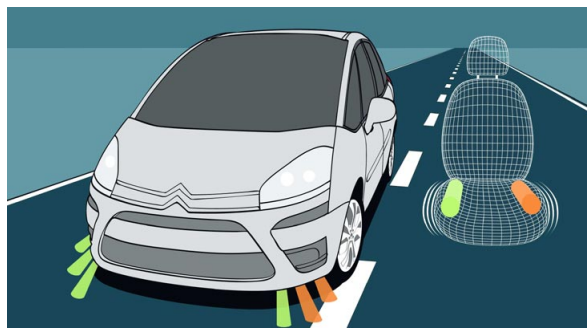


FIGURE 1.2 – Capteurs infrarouges Lidar

L'étape suivante de ce processus est l'implantation d'une seule caméra sur le dessus du pare-brise qui détecte les lignes blanches de chaque côté. Pour cela il faut qu'à partir des images enregistrées par la caméra, l'ordinateur soit capable d'identifier les lignes blanches. Ainsi quand la caméra détecte que la voiture franchit une ligne blanche elle peut lancer l'alerte pour le conducteur.



FIGURE 1.3 – Détection de ligne blanche

3

Une autre évolution de la technologie de l'AFIL est l'évolution du signal envoyé au conducteur. Les premiers modèles n'incluent qu'une alerte sonore ou lumineuse sur le tableau de bord. Ensuite on a pu voir apparaître un système de vibration dans le siège, la ceinture ou le volant du côté du déplacement pour simuler le passage sur une bande à alerte sonore et physique. Les derniers systèmes d'AFIL ne sont plus seulement des systèmes passifs mais des systèmes qui influent directement sur la conduite. En effet le système va donner un léger coup de volant pour remettre le véhicule dans l'alignement de la route quand il détecte un franchissement involontaire de ligne.

1.3 La cartographie

En 1990, la première représentation cartographique de la France sous sa forme numérique est créée. Les sociétés sont capables d'enrichir la cartographie existante avec d'autres informations comme les noms et les numéros des rues, les sens de circulation, les limites de vitesse, les interdictions de tourner à gauche ou à droite, ainsi que la classification des voies.

Pour ce faire, les entreprises s'appuient sur plusieurs sources d'informations. Elles associent la carte existante aux images aériennes et satellitaires afin de vérifier leurs exactitudes et s'assurer que les prises de vue soient suffisamment récentes pour être pertinentes. De nombreuses informations sont recueillies auprès des services administratifs publics ou privés et des entreprises de travaux publics mais aussi privés. Avec cet effort collaboratif il est plus facile d'anticiper d'éventuelles modifications de tracés afin de les reporter plus rapidement sur les cartes.

3. <https://www.eboons.fr/dossiers/auto-moto/transport/alerte-franchissement-involontaire>

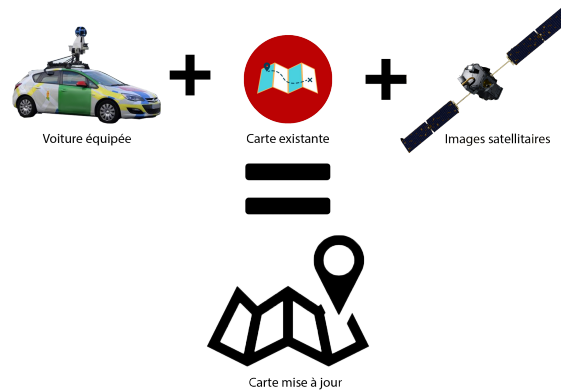


FIGURE 1.4 – Schématisation de la cartographie

4

De plus, les fournisseurs de cartes s'appuient aussi sur leurs communautés d'utilisateurs qui envoient (après acceptation) de manière anonyme beaucoup d'informations. Celles-ci peuvent concerner également des informations sur le trafic.

Les entreprises de cartographie disposent de plusieurs véhicules et d'autant d'ingénieurs et de techniciens pour effectuer des relevés sur place, ce qu'on appelle « Mobile Mapping ». Ces véhicules sont équipés de nombreuses technologies de pointe. Ils sont bardés de capteurs, de centrale à inertie pour mesurer les latitudes, les pentes et les directions, de plusieurs lasers et de caméras.

Quant au véhicule autonome, la cartographie est indispensable. C'est pour cette raison que même si les cartes aujourd'hui livrées par les différents éditeurs remplissent certains critères d'exigence dans ce domaine, il faut aller encore plus loin d'une manière généralisée, selon Hervé Clauss, de TomTom. D'après lui, les cartes actuelles sont assez précises afin d'obtenir en moyenne une précision de 5 mètres, qui correspond bien aux recommandations de l'ADAS, mais il faudrait faire encore mieux ; obtenant une précision d'une dizaine de centimètres. TomTom participe déjà à l'évolution de la cartographie en travaillant en collaboration avec les constructeurs automobiles souhaitant développer des projets de voitures autonomes.

Certes, les voitures autonomes embarquent des capteurs, des lasers et des caméras mais cela ne suffit pas. Il faut nécessairement les associer avec un système performant de cartographie pour voir ce que les capteurs ne voient pas. C'est la cartographie qui permettra de voir plus loin que la simple portée des dispositifs à bord des véhicules et ce, dans un souci d'anticipation, pour une conduite plus humaine.

Chapitre 2

Les technologies de demain

2.1 Lidar

1

Le LIDAR est une technologie permettant de mesurer la distance entre les éléments de l'environnement et le LIDAR et permet par conséquent de réaliser une cartographie 3D de l'environnement de la voiture autonome. Cependant cette technologie ne permet pas de savoir à quel type d'obstacle nous avons affaire.

2.1.1 Histoire

Cette technologie est un biomimétisme issue du système d'écholocation de la chauve souris. La première forme de lidar est apparue en 1962 pour la mesure de la distance Terre-Lune.

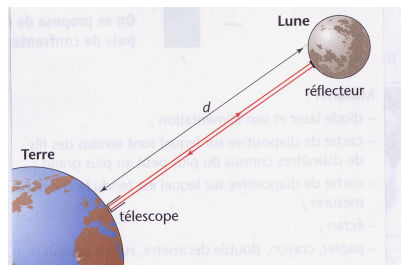


FIGURE 2.1 – Mesure distance Terre-Lune

2

Cependant on peut observer que la technologie a beaucoup évolué depuis ce temps, puisqu'il ne fallait alors qu'un seul rayon pour déterminer la distance alors qu'aujourd'hui il en mesure des milliers pour déterminer les obstacles.

Cette démarche a également permis de cartographier la Lune au cours la mission apollo 15 en 1971. Cependant cette mission était moins complexe que les problème auxquelles sont confrontés les voitures autonomes puisqu'il suffisait de cartographier un certain plan puis en répétant cette opération tout autour de la Lune on a pu cartographier l'ensemble du satellite naturel de la Terre. Le balayage était alors fait par le vaisseau qui effectuait le tour de la lune et non par le LIDAR en lui même. Au contraire sur les voitures autonomes, il doit lui même faire le balayage pour pouvoir cartographier son environnement.

1. Télémétrie : lidar envoie un signal lumineux et calcul le temps de vol du retour de signal, et calcul la distance grâce à ce moyen.

2. <http://thierry.guindet.pagesperso-orange.fr/longueurs%20humaines.htm>

2.1.2 Explication technique

Le LIDAR est une technologie de télédétection basée sur l'utilisation du laser. Il peut s'apparenter à une technologie plus connue du grand public, le radar, sauf qu'il utilise le laser à la place des ondes radio. Son fonctionnement est basé sur la mesure du temps de réflexion d'une impulsion lumineuse. Pour cela, une diode laser émet une impulsion de lumière polarisée et cohérente dans le domaine ultraviolet, visible ou infrarouge. Cette impulsion va alors être réfléchi sur l'obstacle le plus proche dans la direction de l'émission. Le signal réfléchi est perçu grâce à un photodétecteur. On peut alors connaître le temps qu'a mis la lumière pour faire l'aller retour, et en connaissant la vitesse de la lumière on peut connaître la distance de l'obstacle.

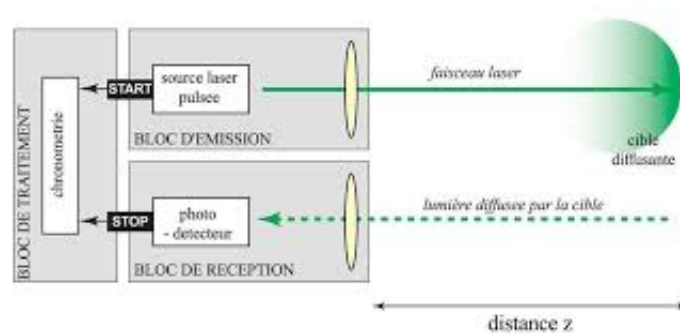


FIGURE 2.2 – Fonctionnement d'un lidar

3

Cependant deux problèmes se posent pour l'application à la voiture autonome : On ne connaît qu'un point et seulement à un instant donné. Pour résoudre le problème de la temporalité il suffit de répéter l'opération ce qui permet de connaître la position du point de l'obstacle en permanence. Il faut maintenant trouver comment connaître la position de l'ensemble des obstacle entourant la voiture autonome. Pour cela on ne va pas faire une émission simultanée de centaines d'impulsions lumineuse mais on va faire un balayage de notre faisceau laser et, grâce à la vitesse du balayage, nous pouvons détecter l'ensemble de l'environnement de la voiture en permanence. Certaines version du LIDAR plus évoluées permettent aussi de connaître la vitesse relative instantanée du point ciblé grâce à l'application de l'effet Doppler. On peut aussi connaître la composition du milieu que l'onde lumineuse traverse. Ces deux applications ne sont pas utilisés sur les voitures autonomes. En effet la vitesse instantanée n'est pas forcément utile car les mesures sont réalisées très régulièrement, on peut donc calculer la vitesse du point grâce à sa position à différents instants.

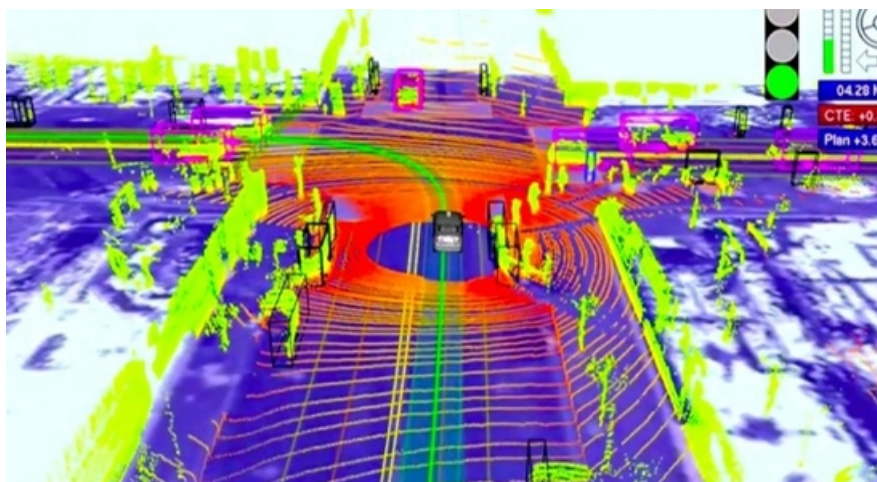


FIGURE 2.3 – Représentation de la dispersion d'ondes d'un lidar

3. <https://docplayer.fr/18865974-Etude-et-realisation-d-un-telemetre-laser-par-temps-de-vol.html>

4

A cette étape la “vision” de la voiture n’est qu’un ensemble de points, il faut donc réussir à assembler ces points pour former des objets afin de pouvoir analyser l’environnement.

La première étape du traitement des données est de supprimer les points correspondant au sol puisqu’ils ne sont pas des obstacles et ne sont donc pas nécessaires. Ensuite il faut réussir à associer des ensembles de points pour créer des objets. Pour cela il faut distinguer une cohésion dans un ensemble de points. Par exemple un ensemble de points proches allant dans la même direction à la même vitesse ont de grande chance d’appartenir à un même objet. Mais la plupart des objets présent dans l’environnement de la voiture sont plus complexe que ça et donc demandent beaucoup plus de ressources pour être traités. De plus une fois que chaque objet a été identifié il faut prévoir sa trajectoire. Cela dépend du type d’objet détecté. En effet, grâce au deep-learning la voiture est capable de différencier un piéton et un cycliste qui n’auront pas le même comportement ce qui fait que la voiture devra réagir différemment à leur approche.

A l’heure actuelle l’un des problèmes auxquels les industriels doivent faire face est le prix des LIDAR. En effet, pour en équiper une voiture autonome, il faut compter plusieurs dizaines de milliers d’euros. Les industriels doivent travailler au développement de ce produit pour voir baisser son prix et ainsi qu’il soit accessible au grand public.



FIGURE 2.4 – Lidar Velodyne

5

Un autre problème qui se pose est le fait que du point de vue de la voiture certains obstacles peuvent être caché par d’autres, il faut donc trouver un moyen de voir les “zones d’ombres”. Quelle que soit la technologie utilisée la voiture ne sera jamais capable de voir à travers un obstacle il faudra donc changer de point de vue pour détecter l’ensemble de l’environnement. Pour cela la voiture doit donc communiquer avec d’autres voitures ou d’autres installations capable de lui transmettre les informations manquantes.

2.2 Systèmes de communication V2X

Les systèmes de communication V2X : Il s’agira donc d’étudier les systèmes de communication V2X qui doivent prendre le relai des systèmes de perception quand il sont limités.

2.2.1 Présentation du système de communication V2X

Tout d’abord, il convient de définir ce que sont les systèmes de communication V2X, ce sont tous les systèmes déjà existants ou futurs qui permettent au véhicule de communiquer avec l’extérieur. Ainsi, pour être plus, voire totalement, autonome, un véhicule doit pouvoir communiquer avec tous les éléments extérieurs susceptibles de modifier son comportement sur la route. Ainsi, dans l’idéal,

4. <http://tpe-voiture-autonome.kazeo.com/les-principaux-capteurs-dune-voiture-autonome-a123093210>
5. <https://www.stuffi.fr/voiture-autonome-baidu-ford-investissent-150-millions-lidar/>

il communique avec les autres véhicules présents autour de lui ou qu'il risque de croiser, c'est le système de communication V2V (Vehicule to Vehicule); avec les piétons autour de lui, c'est le système V2P (Vehicule to Pedestrian); mais il peut aussi communiquer avec des capteurs, des infrastructures installés sur son chemin qui lui permettront d'avoir des données plus précises sur la trajectoire et le comportement à adopter face à un obstacle, c'est la communication V2I (Vehicule to Infrastructure). Nous avons notamment pu observer ce dernier aspect de la communication avec notre essai des voitures autonomes développées par transdev' sur le campus du Madrillet. Des capteurs sont, ainsi, installés aux giratoires empruntés par le véhicule afin d'obtenir des informations plus précises sur la manière dont le véhicule doit se comporter à l'approche d'un obstacle.

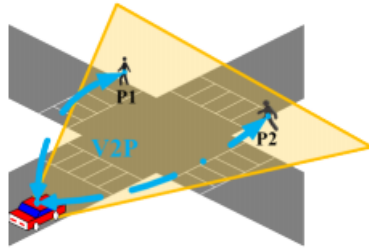


FIGURE 2.5 – Création d'un réseau

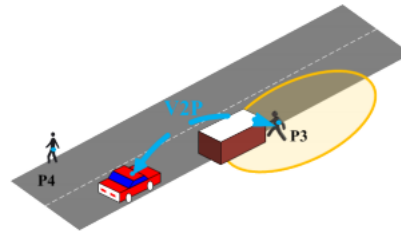


FIGURE 2.6 – Différentes interactions V2X

6

2.2.2 Le fonctionnement possible des systèmes V2X

Un tel système de communication se divise en plusieurs couches : la couche facilities, la couche réseau et transport et enfin, la couche accès. La couche facilities, tout d'abord, apporte un support à la communication, autrement dit, elle définit des formats de messages qui seront communs entre les différents usagers afin de rendre possible la communication. La couche réseau et transport, assure le transport des messages entre les différents usagers que ce soit grâce à un réseau de véhicule (VANET) ou grâce à l'Internet. Les usagers vulnérables de la route utiliseront le domaine Internet qui repose sur l'adressage IP qui permet d'acheminer les données. Actuellement, la version du protocole la plus utilisée est la version IPv4 qui code les adresses IP sur 4 octets. Cependant, devant l'accroissement du nombre d'utilisateurs, une nouvelle version IPv6 codant sur 16 octets permettrait de palier à un éventuel manque d'adresses. En revanche, l'usage de ce nouveau protocole implique de nouveaux problèmes, les version IPv4 et IPv6 ne pouvant communiquer, il faut créer des passerelles afin de rendre possible la communication V2P. Enfin, la couche accès représente les protocoles qui permettent aux usagers d'accéder au VANET ou à l'Internet. Il peut donc s'agir de la 3/4G (et éventuellement de la 5G en cours de développement), des réseaux Wi-Fi ou encore du Bluetooth. Le développement d'un réseau de communication en couches permettrait donc d'assurer la communication entre les différents usagers et, ainsi, de protéger au mieux les usagers les plus vulnérables.

6. Merdrignac, Pierre. « Système coopératif de perception et de communication pour la protection des usagers vulnérables », s. d., 253.

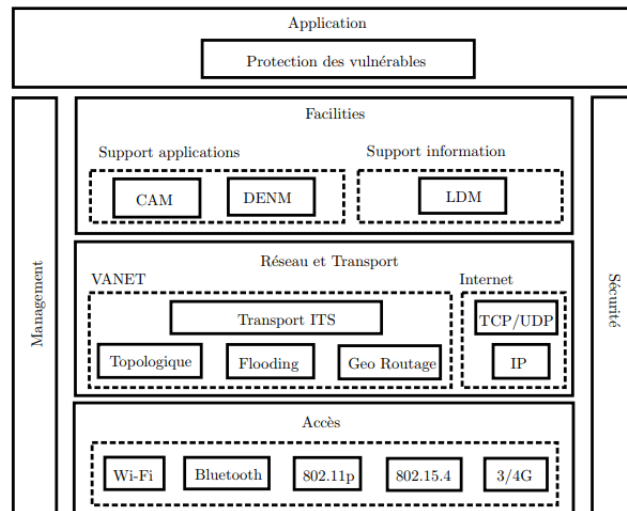


FIGURE 2.7 – Les couches du V2X

7

2.2.3 La communication V2X dans l'idéal

Une fois suffisamment développés, les systèmes de communication devront arriver à compléter les informations apportées par les capteurs tels que les lidars, les radars ou les caméras. Pour cela, il est possible de créer un réseau entre tous les usagers et les éventuels capteurs annexes présents sur la route. Ainsi, si un réseau est créé lorsqu'un usager interroge un autre usager la réponse pourra être transmise à tout un réseau d'usagers proches qui n'auront pas besoin de poser à leur tour la question dans l'immédiat. Cela permettrait notamment d'alléger le nombre d'informations transmises sur le réseau et permettrait d'éviter une congestion du réseau. La coopération devra donc s'effectuer entre tous les types de communication (V2P, V2V, V2I, etc.).

2.2.4 Les limites de la communication V2X à l'heure à actuelle

La communication V2X permettrait donc à terme de compléter les systèmes de perception afin de rendre les véhicules totalement autonomes. Cependant, les systèmes de communication ont encore des limites. Tout d'abord, les informations transmises dans les différents systèmes de communication ne sont pas les mêmes ce qui impose de créer des passerelles entre les V2P, V2V et V2I. De plus, afin de pouvoir communiquer des informations utiles un usager doit connaître sa position précise, or les systèmes de positionnement actuellement utilisés ne permettent de donner qu'une position avec plusieurs mètres d'imprécision. Enfin, le fait que tout usager ne possède pas de système de communication représente une dernière limite à la communication V2X.

2.2.5 Conclusion sur la communication V2X

La communication V2X permettra donc au final de venir combler les manques de la perception pour les voitures autonomes. Cela permettra donc aux voitures de mieux anticiper des situations dangereuses et donc de protéger au mieux les usagers les plus vulnérables. Nous avons pu observer un système de communication V2I avec le test des voitures autonomes, Autonomous Lab, avec des capteurs installés à des points stratégiques tels que les ronds-points et qui permettent à la voiture d'anticiper les situations dangereuses et de prendre le relai des lidars installés sur la voiture.

7. Merdrignac, Pierre. « Système coopératif de perception et de communication pour la protection des usagers vulnérables », s. d., 253.

Rapport d'étonnement

Lors de la journée consacrée à la visite de la voiture autonome "TRANSDEV" élaborée pour compléter le réseau Astuce, nous avons pu observer de nos propres yeux le fonctionnement des voitures autonomes. En effet, nous voyons régulièrement les voitures circuler sur le Campus du Madrillet sans réellement se rendre compte de leur autonomie. Ce n'est qu'une fois embarqué à bord que l'on découvre l'importance des technologies qui permettent son bon fonctionnement. Nous avons pu monter à bord de deux véhicules autonomes accompagnés par des ingénieurs travaillant sur le projet pour en assurer la sécurité, mais également pour répondre à nos questions. Avant de monter à bord, il fallait qu'un membre de l'équipe appelle la voiture à un arrêt sécurisé prévu à cet effet, par le biais de l'application dédié à ce nouveau mode de transport.

Le premier circuit s'est déroulé à bord d'une voiture autonome dont l'ensemble de la perception était assuré par des LIDAR mais aussi connecté par GPS et à des capteurs fixés autour des rond points pour donner une vision globale à la voiture. Depuis l'intérieur nous avons accès à un écran montrant la vision du LIDAR. Cet écran n'est là que pour les phases de test et sera à terme supprimé.

Le véhicule dans lequel nous avons effectué le deuxième circuit possédait les mêmes équipements que le premier avec une caméra en plus. Nous avons accès là encore à un écran qui affichait plusieurs informations. Tout d'abord, nous avons comme précédemment une vue de la perception du LIDAR avec comme seul traitement la suppression des points du sol. Ensuite, nous pouvions voir la vue du LIDAR une fois les données traitées, c'est à dire que seuls les risques potentiels étaient affichés (ainsi, les talus, les panneaux etc étaient supprimés). Enfin nous pouvions voir une liste dynamique des dangers identifiés ainsi que leur distance (exemple : "Piéton traversant la route à 18m"). Grâce à toutes ces informations, la voiture était capable de nous afficher la prédiction de la vitesse à adopter pour les 5 prochains mètres. Pendant ce trajet nous avons aussi traversé une intersection contrôlée par un feu tricolore. Pour cela il y avait un capteur fixe relié au réseau de la régie des feu qui envoyait en direct les informations d'état du feu tricolore à la voiture autonome. Nous avons aussi pu voir comment une voiture va s'arrêter à un arrêt sécurisé pour récupérer un passager ayant commandé un trajet. Et nous avons pu poser beaucoup de question aux ingénieurs qui étaient embarqués avec nous pour comprendre comment marchait les différents ADAS présent sur la voiture (les liens entre les LIDAR et la caméra qui fonctionne avec du deep learning). Après les deux tours de voitures nous avons pu visiter le Poste de Contrôle Centralisé (PCC) situé à Théâtre Des Arts. Il est dans la même salle que le centre de contrôle du reste du réseau astuce puisqu'à terme les voitures autonomes feront parties intégrantes du réseau. EN effet on nous y a expliqué que le but de ces voitures était de faire le lien entre la dernière station de métro (Technopôle) et les domiciles souvent situés à plusieurs kilomètres ce qui permettrait une meilleure distribution du réseau astuce notamment par le metro. Nous avons donc pu voir quel sera le rôle des techniciens présent au PCC qui est de surveiller les dysfonctionnement potentiels des voitures mais aussi d'interagir avec les usagers en cas de problème. Pour ce qui est de la partie gestions des problèmes la voiture est équipée de plusieurs caméra dans toutes les direction pour voir ce qui pourrait causer un défaut dans la perception. De même la voiture envoie en permanence au PCC des informations de position et d'état de fonctionnement permettant de prévoir les problèmes potentiels et de rappeler la voiture au dépôt en cas de risque trop grand. Cependant on ne peut pas contrôler la voiture à distance car cela pourrait être une faille de sécurité. En effet si un Hacker arrive à se connecter au réseau, et que le contrôle à distance de la voiture ce serait dangereux. Ainsi l'opérateur du PCC peut donner 3 ordres à la voiture : Arrêt immédiat de la voiture, arrêt au prochain arrêt sécurisé, arrêt après avoir déposer les usagers actuels à leur destination. La partie

interaction avec les usagers se fait par la possibilité pour les usagers embarqués dans la voiture de réaliser un appel vidéo avec l'opérateur pour obtenir des informations ou rapporter un problème.

Cette expérience a été très enrichissante dans le cadre de notre projet puisqu'elle nous a permis de voir des voitures autonomes en fonctionnement et de voir en direct l'importance de tous les différents ADAS que nous avons étudiés. Nous avons aussi pu nous rendre compte des différentes limites de l'utilisation des voitures à l'heure actuelle puisque même à une vitesse très limitée (30km/h pendant la démonstration) certains comportements de la voiture autonomes sont assez brusques puisque contrairement à un humain elle va opter pour la solution la plus sécurisée et non la situation la plus confortable.

Au delà de notre visite, nous avons eu la chance, non seulement, de développer notre esprit d'équipe mais aussi d'acquérir beaucoup d'informations en ce qui concerne les voitures autonomes. Plus spécifiquement, le but de notre projet était d'analyser les systèmes d'aide à la conduite automobile (en anglais Advanced driver-assistance systems ou ADAS). Les grandes industries automobiles s'intéressent de plus en plus aux voitures autonomes et les testent dans nos villes. Pour être capable de faire rouler une voiture sans un conducteur, il est nécessaire d'utiliser plusieurs capteurs numériques (caméras, radars, sonars, lidars...). Ces appareils permettent de détecter la route, les véhicules et de manière générale tous les obstacles entourant la voiture. De plus, de nombreux appareils de communication entre les différents usagers et les infrastructures présents sur la route permettent de réunir les données de tous les usagers. Les données obtenues par ces systèmes sont alors traitées par un logiciel qui va finalement prendre tous les décisions nécessaires pour effectuer les déplacements demandés. Mais sont-elles vraiment sûres ?

Tout d'abord, nous ne pouvons pas réfuter le fait que si les véhicules étaient entièrement opérationnels, le taux d'accidentalité sur la route serait considérablement réduit. D'après des études, 90% des accidents comportent un facteur humain. Il serait alors possible d'augmenter les limitations de vitesses sans pour autant augmenter le risque d'accidents puisque les voitures autonomes ont un temps de réaction inférieur à celui des humains. Cependant, sur une route où cohabitent voitures autonomes et humains, dont le comportement est parfois imprévisible, le risque d'accidents peut être diminué mais les voitures autonomes ne peuvent garantir l'absence totale de danger et donc d'accidents. Par exemple, le véhicule autonome de Google a été impliqué dans un accident en 2016 du fait de la présence d'humain sur la voie.

Depuis l'apparition de voitures autonomes sur nos routes, de nombreux dilemmes sont apparus concernant la responsabilité de l'accident.

Le problème est posé par la revue Science : « Les véhicules autonomes devraient réduire les accidents mais ils devront parfois choisir entre deux maux : écraser des piétons ou sacrifier le passager pour sauver les piétons ». Plus de 75% des personnes ayant participé au sondage, préfèrent sacrifier la vie du passager pour sauver un groupe de dix piétons. Néanmoins, ne serait-il pas contre-productif de changer l'algorithme des véhicules autonomes pour qu'ils choisissent l'option permettant de sauver le plus de vies ? Comme on pouvait l'imaginer l'opinion publique préférerait que la voiture ne soit pas obligée de faire un tel choix et que les entreprises assurent le fait que la voiture ne se trouvera jamais dans une telle situation. Cependant si les cas d'accidents ne seront pas pris en compte lors de la programmation mais que la voiture se retrouve dans une telle situation, comment va-t-elle réagir ?

De plus, au cas où un accident surviendrait et qu'il engendrerait des dégâts voire des victimes, il faut se demander qui peut être considéré comme responsable de l'accident. Doit-on considérer le passager derrière le volant comme responsable (en imaginant le cas où la loi autorise la circulation des voitures autonomes sous condition qu'un passager reste derrière le volant en cas d'accident) ou l'entreprise qui a conçu le véhicule ? Ce flou juridique doit donc être éclairci avant d'imaginer des véhicules autonomes circuler librement sur les routes.

Aussi, un autre problème se pose : comment assurer les voitures autonomes ? En effet, en France, par exemple, pour pouvoir circuler, un véhicule doit être assuré. On peut donc se demander si les assurances accepteront d'assurer de tels véhicules. Ainsi, lorsque nous avons visité les locaux de

trans'dev et les installations de la voiture autonome, nous avons rencontré des représentants d'assurances venus voir s'il était possible pour eux d'assurer les voitures autonomes.

Les constructeurs des véhicules autonomes doivent également penser aux risques de piratages informatiques. Une voiture autonome est une voiture connectée ce qui la rend extrêmement vulnérable. En 2013, les chercheurs de l'académie de Berlin ont publié quelques mesures qu'il faudrait adopter. Si nous voulons sécuriser les véhicules, il est important que les informations qu'ils reçoivent et émettent soient sécurisées. Il faudrait aussi intégrer des systèmes capables de détecter toutes intrusions. Enfin et surtout, il faudrait sécuriser les technologies sans fils (Wi-Fi, Bluetooth, ...) et évidemment l'activation des composants de la voiture. Pour être en mesure de répondre à tous les problèmes de sécurité liés aux voitures autonomes. On devra passer par une augmentation de l'activité des métiers de la cyber sécurité.

Conclusion et perspectives

En somme, nous avons pu, au cours de notre projet, en apprendre plus sur les ADAS. Nous nous sommes intéressés à la veille technologique avec des aides à la conduite telles que le freinage automatique d'urgence, l'alerte de franchissement involontaire de ligne, ainsi que la cartographie. Nous avons pu constater que de nombreuses aides sont déjà disponibles sur plusieurs modèles automobiles qui peuvent atteindre un certain niveau d'autonomie.

Par ailleurs, nous avons aussi pu constater que de nombreux outils doivent encore être améliorés afin de pouvoir voir les premières voitures autonomes circuler librement sur les routes. Une fois pleinement développées, des technologies telles que le lidar ou le radar permettront avec les technologies de communication de rendre les véhicules complètement autonomes.

Cependant, comme cela a pu nous être expliqué lors de notre essai des voitures autonomes développées par Autonomous Lab sur le plateau du Madrillet, des problèmes dans la gestion de l'information reçue par la voitures subsistent. Par exemple, les voitures peuvent avoir du mal à interpréter les intentions des piétons et croire qu'un individu veut traverser alors que ce n'est pas son intention. Les véhicules restent alors bloqués sur la route. Ils peuvent aussi avoir du mal à différencier les usagers vulnérables des simples objets sur la route.

De plus, les systèmes de communication, pourtant indispensables pour espérer rendre les voitures réellement autonomes, ne peuvent fonctionner tant que des solutions permettant aux usagers de communiquer entre eux ne sont trouvées. Des outils tels que les technologies de cartographie doivent encore être améliorés.

Aussi, au-delà de l'aspect technique, les voitures autonomes doivent répondre à des problèmes juridiques et éthiques avant de pouvoir circuler sur les routes - comme nous avons pu le voir dans notre rapport d'étonnement. Notre projet nous a permis d'en apprendre beaucoup sur les principaux outils d'autonomie développés ou en cours de développement. Ces derniers permettront dans un futur plus ou moins proche de voir des véhicules autonomes circuler sur les routes. Cela nous a aussi permis d'être confrontés aux différents problèmes, qu'ils soient techniques ou éthiques, empêchant pour le moment les véhicules autonomes de circuler sur nos routes.

Enfin, le travail d'équipe nécessaire pour mener à bien ce projet a été une expérience très positive pour tous les membres du groupe et nous a permis de nous confronter aux difficultés du travail au sein d'un groupe.

Bibliographie

Merdrignac, Pierre. « Système coopératif de perception et de communication pour la protection des usagers vulnérables », s. d., 253.

Sitographie

« Systèmes d'assistance au conducteur pour la circulation en ville – Solutions Bosch pour la mobilité ». Consulté le 11 mars 2019. [/fr/highlights/automated-mobility/driver-assistance-systems-for-urban-areas/](#).

« Freinage automatique d'urgence ». Wikipédia, 7 mars 2019.

https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Freinage_automatique_d%27urgence&oldid=157337256.

« Le freinage automatique - Outils autobiz - Dictionnaire ».

Consulté le 10 mai 2019.

<https://vendre.autobiz.fr/blog/dictionnaire/freinage-automatique/>.

<https://forum.donanimhaber.com/grand-c4-picasso-2007-2013-ilk-surus-izlenimi--16688035-37#&gid=1&pid=4fc6e54fd2040efeeae4dbb1e00deb80-34568550&f=1>

<https://www.eboons.fr/dossiers/auto-moto/transport/alerte-franchissement-involontaire>

<http://thierry.guindet.pagesperso-orange.fr/longueurs%20humaines.htm>

<https://docplayer.fr/18865974-Etude-et-realisation-d-un-telemetre-laser-par-temps-de-vol.html>

<http://tpe-voiture-autonome.kazeo.com/les-principaux-capteurs-dune-voiture-autonome-a123093210>

<https://www.stuffi.fr/voiture-autonome-baidu-ford-investissent-150-millions-lidar/>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Alerte_de_franchissement_involontaire_de_ligne

<https://www.cnetfrance.fr/cartech/fonctionnement-systeme-alerte-franchissement-involontaire-de-ligne-39762948.htm>

http://www.autotekno.com/alerte_de_franchissement_involontaire_de_ligne.php

Rapport "LIDAR" de Thomas Boucher et Tom Masson du 12/12/2018 <https://fr.wikipedia.org/wiki/Lidar>

<https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-lidar-4342/>