

Développement d'un véhicule autonome et intelligent

BOUYA JOLIVET¹, EL YAAKOUBI MOHAMED² ET DAHMANI HAJAR³,

¹ Université d'evry val d'essonne

² Faculté de science et ingénierie

³ Département d'énergie électrique électronique et automatique

Encadreur: AIT-OUFROUKH NAÏMA (e-mail:naima.aitoufroukh@univ-evry.fr).

Ce travail a été encadré par les professeurs de l'université d'evry val d'essonne et membre du laboratoire Informatique, Bioinformatique, Systèmes (IBISC)

ABSTRACT

La voiture est souvent considérée comme indispensable dans la vie quotidienne, avec de nombreuses familles possédant plusieurs véhicules, même si ces derniers ne sont pas toujours utilisés. Cependant, il est possible de remplacer plusieurs voitures par une seule capable d'accomplir diverses tâches, sans nécessiter de chauffeur à bord. Cette approche réduirait les coûts, le temps de déplacement et augmenterait la sécurité grâce à des systèmes automobiles intelligents, notre projet d'étude et de recherche s'inscrit dans cette perspective qui est de développer un mini-véhicule autonome et intelligent en le dotant des capteurs nécessaires pour un fonctionnement autonome.

INDEX TERMS

Autonome, Développement, Intelligent, intelligence artificielle et Véhicule

I. INTRODUCTION

AU cours des dernières années, la technologie des voitures autonomes a connu une progression rapide, faisant des progrès notables dans la sécurité routière et la mobilité. Les voitures autonomes sont des véhicules qui peuvent se déplacer sans intervention humaine, utilisant une combinaison de capteurs, d'algorithmes et de systèmes de communication pour détecter les obstacles, évaluer les situations de conduite et prendre des décisions en conséquence. Pour notre projet d'étude et de recherche nous devons développer un véhicule constitué des capteurs de proximités nécessaires pour le fonctionnement autonome de celui-ci notamment une caméra, un capteur ultrason pour détecter les obstacles et des détecteurs de lignes pour le suivi de trajectoire.

II. ETAT DE L'ART

A. HISTOIRE DES VÉHICULES AUTONOMES

Le Véhicule autonome n'est pas un concept récent, déjà en 1977 un laboratoire de robotique de Tsukuba (Japon) ont proposé un prototype de véhicule à conduite automatisée sur un circuit dédié, Il fut suivi en 1986 par l'ALV (Autonomous Land Vehicle) développé à Carnegie Mellon ainsi que d'autres prototypes dans le cadre des grands projets tels Prometheus (1987) en Europe, ou aux États-Unis, le programme du National Automated Highway System Consortium (NAHSC) ce dernier couronné par une

démonstration emblématique à San Diego en 1997. Ainsi, l'émergence du véhicule autonome n'est pas le produit d'une révolution, mais plutôt celui d'une lente évolution fruit de nombreux travaux sur les systèmes d'aides à la conduite, les télé-communications et la conduite partiellement automatisée. Le développement d'un véhicule autonome et intelligent communiquant avec un parc d'autres véhicules implique l'intégration de plusieurs technologies avancées, comme la vision par ordinateur, les capteurs, les communications sans fil et bien d'autres. Voici un état de l'art des principaux aspects à développer dans notre projet.[1]

B. LES CONSTRUCTEURS DES VÉHICULES AUTONOMES

L'évolution rapide de la technologie des véhicules autonomes a suscité l'intérêt et l'engagement de nombreuses marques et entreprises du monde entier. Ces acteurs jouent un rôle clé dans la conception, le développement et le déploiement de solutions novatrices visant à rendre la conduite autonome une réalité quotidienne.

1) TESLA

Plus connu en tant que constructeur de véhicules électriques, est un des leaders de la voiture individuelle autonome. Depuis 2020, Elle équipe ses véhicules de fonctions d'aide à la conduite. Les véhicules qu'elle commercialise atteignent le

niveau 2 d'autonomie. Leur système Autopilot offre des fonctionnalités de conduite semi-autonome, et l'entreprise

2) WAYMO

c'est une filiale de Google dédiée au développement du véhicule autonome. Elle travaille à la fois sur des véhicules de transports de passagers, à travers la production d'un véhicule individuel autonome et la mise en place d'un service de robot-taxis,

3) FORD

Il est l'un des premiers utilisateurs de MCity, une ville fantôme reconstituée destinée au développement de la conduite autonome. Autre première réalisée : faire rouler des véhicules autonomes sous la neige. Plutôt que de se cantonner à faire du transport de personnes, Ford et Argo AI se sont lancés dans l'expérimentation de transport d'objets et de nourriture à bord de voitures robotisées.

C. LES DIFFÉRENTS NIVEAUX D'AUTONOMIE

Le système de classification comporte six niveaux d'autonomie, allant du niveau 0 au niveau 5 lassé selon la norme SAE(society of automotive engineer) et ces différents niveaux sont autorisés dans certains pays par rapport aux lois mises en vigueur :

1) Niveau 0

Il ne dispose d'aucune commande autonome ou de conduite autonome, tous les aspects de la conduite devant être pris en charge par le conducteur, y compris la réaction aux dangers.

2) Niveau 1

L'autonomie de niveau 1 est la plus répandue sur les routes aujourd'hui. Il s'agit des voitures équipées de systèmes qui permettent à la voiture et au conducteur de partager le contrôle du véhicule. A ce niveau, la voiture est capable d'interagir dynamiquement avec son environnement, mais le conducteur doit contrôler en permanence la conduite de la voiture

3) Niveau 2

À ce niveau, la voiture fournit une assistance à la direction, à l'accélération, à la décélération et au freinage, tandis que le conducteur reste vigilant et surveille la conduite de la voiture pour pouvoir la contrôler.

4) Niveau 3:Sémi-autonome

À ce niveau, le conducteur peut tout faire pendant que la voiture est en mouvement, comme feuilleter un journal... tout en restant vigilant à tout moment pour reprendre le contrôle de la voiture dans les situations nécessaires.

5) Niveau 4: autonomie totale

Le système de la voiture ne nécessite pas d'intervention du conducteur à ce niveau (il peut dormir sur le volant).

La voiture est capable de prendre les bonnes décisions pour éviter les situations dangereuses auxquelles elle est confrontée sur son chemin et donc la direction, la pédale, l'embrayage et le frein sont expérimentaux.

6) Niveau 5: autonomie absolue

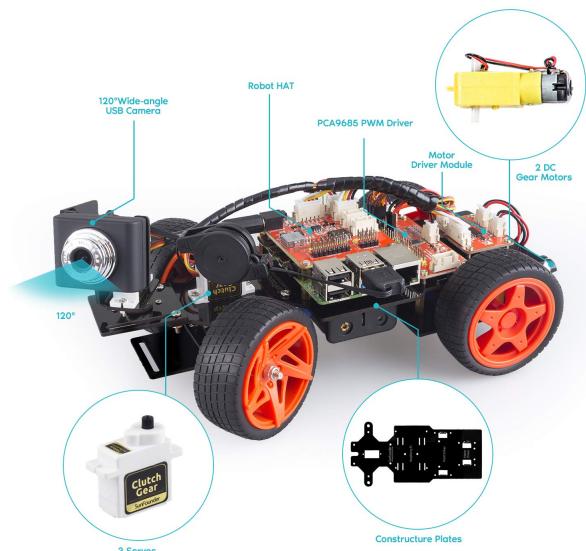
La voiture est totalement indépendante (idéal) et roule sur diverses routes partout et par tous les temps sans la présence du conducteur.

D. OBJECTIF DU PROJET

Ainsi notre objectif est de se baser sur le développement récent des véhicules autonomes afin de comprendre le fonctionnement et de mettre en oeuvre un modèle de voiture autonome et intelligent, afin de voir quel niveau d'autonomie nous pouvons atteindre.

E. LES OUTILS ET CAPTEURS INTÉGRÉS POUR RENDRE NOTRE VÉHICULE AUTONOME

Pour ce projet nous avons à notre disposition un mini-véhicule électrique équipé de deux moteurs à courant continu lié au deux roues arrières du véhicule et alimenté par des piles, et des différents matériels pour le fonctionnement du véhicule notamment: la caméra, le capteur ultrason le détecteur de ligne. [2]



1) Moteur à courant continu

Constituer du stator et du rotor, c'est une machine qui convertit l'énergie électrique en une énergie mécanique par les forces électro-magnétiques faisant ainsi tourner le rotor quand il est alimenté. lorsqu'on inverse le sens de la tension le moteur tourne en sens inverse . Le choix de ce moteur est pour les mouvement et en arrière du véhicule en étant connectés aux roues arrières.



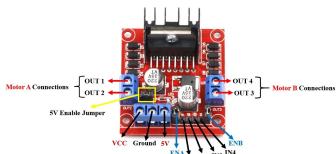
2) Servomoteur

Ce sont des moteurs asservis en position, pour notre projet ils sont utilisés pour permettre aux deux roues avant de tourner pour suivre une trajectoire



3) Pont en H: L298N

Circuit intégrer qui permet de contrôler le mouvement avant-arrière du moteur (IN1-IN2-IN3-IN4) et aussi la vitesse du moteur(ENA-ENB).



4) Carte raspberry pi

Est un mini-ordinateur équipé d'un puissant processeur Quad-Core ARM, il prend le rôle d'un ordinateur embarqué et nous permet d'implémenter les capteurs embarquées pour le fonctionnement autonome du véhicule. Nous avons utilisé un ensemble de documentation pour utiliser la carte Raspberry [3]



5) Caméra raspberry

mini-caméra permettant la vision par ordinateur, nous allons utiliser cette caméra pour la détection des feux de signalisations pour que la voiture respectent le code de la route.



6) Capteur Ultrason

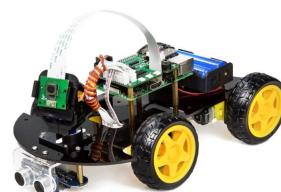
Permet de détecter les obstacles et s'arrêter en conséquence, la voiture ne pourra redémarrer que si l'obstacle a été enlevé, pour plus de sécurité nous allons implémenter un algorithme qui arrête la voiture quand il détecte l'obstacle. Le capteur ultrason émet continuellement une onde sonore et si l'obstacle se trouve devant l'onde est réfléchi c'est le signal qu'il y a un obstacle devant.



7) Détecteur de ligne

Ce sont des capteurs de proximités qui doivent détecter les lignes et le signaler à l'ordinateur de bords afin que la voiture suive une trajectoire correct. Il fonctionne grâce aux infrarouges.

8) Voiture après capteurs embarqués



III. MATERIELS ET MÉTHODOLOGIES

Le développement de notre mini-véhicule autonome s'est appuyé sur un Raspberry Pi 4, équipé d'une caméra et d'un capteur ultrason pour la détection d'obstacles et la détection des lignes par infrarouge. Nous avons utilisé un châssis de robot équipé de moteurs contrôlés par un module L298N. Le logiciel, principalement écrit en Python, utilise OpenCV pour le traitement d'images et RPi.GPIO pour le contrôle des moteurs et des capteurs. Les tests ont été réalisés dans des environnements contrôlés pour évaluer la capacité du véhicule à naviguer et éviter les obstacles, avec des ajustements réguliers pour améliorer la précision et la réactivité.

A. SCHEMA DE BRANCHEMENT

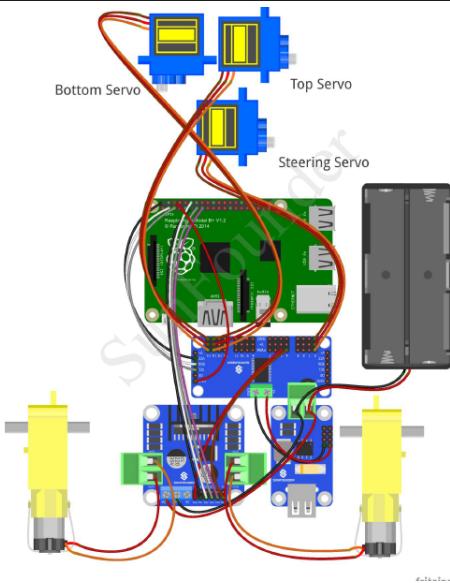


FIGURE 1: Schéma de branchement

B. ALGORITHME ET METHODE

Dans cette section, l'architecture du système est basée sur deux parties principales :

- La voiture perçoit l'environnement à travers des capteurs et la caméra, ensuite le véhicule envoie ses informations à la station de calcul et de contrôle.
- Station de calcul et de contrôle analyse et traite les données reçues par le véhicule et les renvoie sous forme de commandes en temps réel.

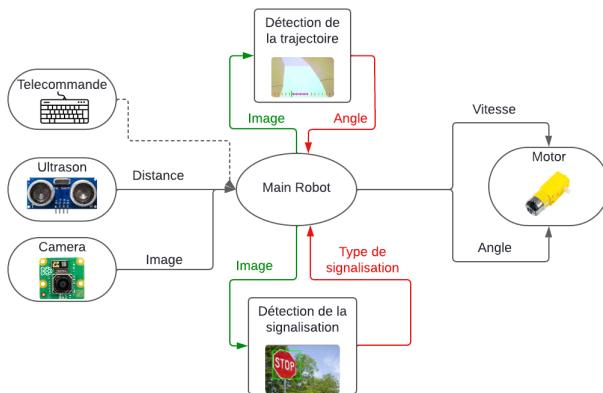


FIGURE 2: Algorithme

C. TRAITEMENT D'IMAGE: DETECTION DE LIGNE

1) Acquisition de l'image

Les images sont capturées en temps réel à l'aide d'une caméra fixée sur le véhicule. Ces images servent de base pour les traitements ultérieurs.

2) Transformation de perspective

- **Définition des points de perspective:** Utiliser des trackbars pour définir manuellement les points de perspective afin d'obtenir une vue de dessus (vue en plongée) de la route.

3) Prétraitement de l'image

- **Conversion en niveau de gris:** La première étape consiste à convertir les images RGB en niveaux de gris pour simplifier le traitement.
- **Seuillage:** Appliquer une méthode de seuillage pour obtenir une image binaire où les pixels blancs représentent les lignes de la route et les pixels noirs représentent l'arrière-plan.

4) Calcul de la courbure

- **Création d'histogramme:** Calculer l'histogramme en sommant les pixels blancs de chaque colonne dans l'image transformée pour détecter la courbure de la route.
- **Ajustement de la ligne centrale:** Calculer la position moyenne des pixels blancs au bas de l'image pour ajuster dynamiquement la ligne centrale de l'histogramme.
- **Calcul de la courbure:** Déterminer la courbure de la route en comparant la position moyenne des pixels blancs avec la position centrale ajustée.

D. DETECTION DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE PAR INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

L'objectif est de rendre le véhicule autonome capable d'agir en fonction de la signalisation routière. Pour détecter et classifier les plaques de signalisation à l'aide de techniques d'IA, on a suivi les étapes nécessaires.

1) Acquisition des Données

- **Collection d'images :** Utiliser la caméra montée sur le véhicule pour capturer des différents plaques et des feux de signalisation.
- **Étiquetage des Données :** Annoter manuellement les images pour indiquer la position et le type de chaque plaque de signalisation.

2) Prétraitement des Données

- **Redimensionnement :** Adapter la taille des images pour correspondre aux exigences du modèle d'IA utilisé. redimensionner toutes les images à 224x224 pixels.
- **Normalisation :** Normaliser les valeurs des pixels pour améliorer la convergence du modèle d'apprentissage.

3) Définition du Modèle :

Nous avons téléchargé le modèle pré-entraîné YOLOv8 à partir de la bibliothèque Ultralytics. YOLO (You Only Look Once) est un modèle de réseau de neurones convolutifs (CNN) spécialement conçu pour la détection d'objets.

E. COMMUNICATION VÉHICULE ET STATION DE CONTRÔLE

Pour établir une communication entre un véhicule et une station après chaque détection d'un obstacle, nous avons suivi les étapes suivantes : on établi une communication WebSocket entre deux Raspberry Pi, l'un dans la voiture et l'autre à la station.

1) Configuration des Raspberry Pi

- Installation des Dépendances et bibliothèques nécessaires pour gérer les connexions WebSocket.
- Configuration du Réseau : les deux Raspberry Pi sont connectés au même réseau local: Wi-Fi.

2) Client WebSocket (Voiture)

- Capture du Flux Vidéo
- Encodage du Flux Vidéo pour encoder chaque trame vidéo en bytes avant de l'envoyer via WebSocket.
- Envoi du Flux Vidéo via WebSocket

3) Serveur WebSocket (Station)

Implémentation du Serveur WebSocket en Utilisant la bibliothèque websockets pour cela.

- Réception et Affichage du Flux Vidéo : Sur la Raspberry Pi de la station, utilisez le serveur WebSocket pour recevoir les trames vidéo et les décoder.

IV. RESULTATS

A. DÉTECTION DE LIGNE

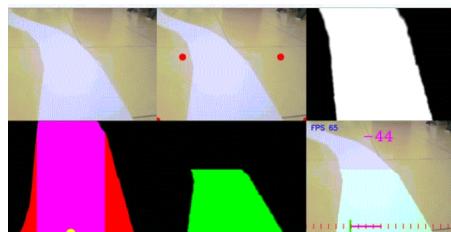


FIGURE 3: Algorithme

B. DETECTION DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE

V. CONTRAINTES

L'utilisation d'une carte Raspberry n'est pas optimale pour les algorithmes nécessaires au fonctionnement de notre véhicule du fait de la surchauffe et du temps d'exécution très lent quand nous voulons employer plusieurs capteurs causé notamment par l'alimentation de la carte Raspberry. Aussi nous avons rencontré plusieurs problèmes matériels notamment:

- temps de charges de la batterie et niveau d'autonomie de la batterie
- Alimentation de la carte Raspberry
- capteur de détecteurs de lignes non adapté
- problème de wifi avec notre carte Raspberry 3
- Algorithme sur la détection par caméra lent

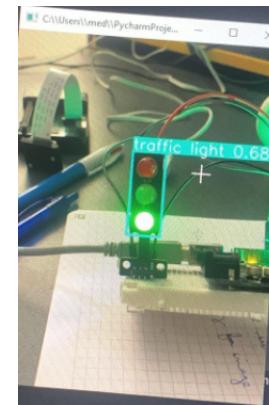


FIGURE 4: Algorithme

- surchauffe de la carte Raspberry quand tous les capteurs sont utilisés

VI. DISCUSSION

A. AVANCÉS TECHNOLOGIQUES

Dans un futur proche, le système de commande des véhicules intégrera plusieurs technologies avancées pour améliorer considérablement la sécurité et la navigation : Le progrès en matière de capteurs assurera un fonctionnement plus adapté parmi lesquels :

- Lidar (Light Detection and Ranging) sera utilisé pour offrir une visibilité améliorée, permet de détecter et de classifier les obstacles avec une précision exceptionnelle.
- GPS (Global Positioning System) assurera une navigation en temps réel fiable, en déterminant la position exacte du véhicule et en permettant de planifier des itinéraires optimisés.
- Radar capable de détecter des objets à longue portée, même d'identifier la vitesse et la distance des objets en mouvement, fournissant des données cruciales pour éviter les collisions.
- L'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans notre système jouera un rôle crucial pour atteindre une autonomie parfaite. L'IA permettra de traiter et d'analyser les données provenant des différents capteurs,

B. PERSPECTIVES

Le développement et le déploiement de cette technologie auront plusieurs impacts notamment économique, environnemental,

- Réduction des Accidents : L'élimination des erreurs humaines pourrait réduire significativement le nombre d'accidents de la route.
- Mobilité pour Tous : Les véhicules autonomes peuvent offrir une mobilité accrue aux personnes âgées, aux personnes à mobilité réduite et à celles n'ayant pas de permis de conduire.
- Changements dans l'industrie Automobile : L'industrie automobile pourrait connaître une transformation majeure avec une augmentation de la demande pour des

technologies de pointe et une baisse potentielle de la propriété individuelle des véhicules en faveur de services de mobilité partagée.

- Réduction des Émissions : Les véhicules autonomes, surtout s'ils sont électriques, peuvent contribuer à la réduction des émissions de CO₂ en optimisant la consommation énergétique et en facilitant l'adoption de véhicules électriques.
- Optimisation du Trafic : La capacité des véhicules autonomes à communiquer entre eux et avec les infrastructures routières peut améliorer la fluidité du trafic, réduire les embouteillages et diminuer la consommation de carburant.
- Innovation Technologique et intégration avec les Smart Cities : Les véhicules autonomes peuvent jouer un rôle crucial dans le développement des villes intelligentes, en s'intégrant avec les infrastructures urbaines pour une gestion plus efficace du transport.
- Évolution des Algorithmes : Les avancées continues en IA et en apprentissage machine permettront de développer des systèmes de plus en plus sophistiqués et robustes, capables de gérer une variété encore plus large de situations de conduite.

VII. CONCLUSION

Le développement d'un véhicule autonome représente une avancée majeure pouvant transformer la mobilité, améliorer la sécurité en réduisant les accidents de la route

L'intégration des capteurs et des servomoteurs dans les systèmes de commande des véhicules représente une avancée technologique majeure, renforçant à la fois la sécurité et l'efficacité routière. Ces composants permettent une gestion précise de la trajectoire du véhicule grâce à une série de capteurs sophistiqués qui surveillent en temps réel la position, la vitesse, et les conditions. Les capteurs, tels que l'ultrasons, détectent avec une grande précision les obstacles à différentes distances, permettant une réaction rapide et adaptée du système de commande. Les servomoteurs, quant à eux, assurent un contrôle précis des actions mécaniques, notamment la direction, améliorant ainsi la réactivité et la sécurité du véhicule.

L'emploi de caméras ajoute une dimension supplémentaire à cette intégration technologique. Ces caméras utilisent des algorithmes de vision par ordinateur pour identifier les feux de signalisation (le feu rouge pour notre cas), ainsi que d'autres signaux routiers. La reconnaissance des signaux de circulation est essentielle pour prévenir les infractions et les accidents. Les données des caméras sont également traitées en temps réel, permettant au système de commande de réagir rapidement et de manière appropriée, que ce soit en freinant automatiquement ou en ajustant la vitesse du véhicule. Ces avancées technologiques sont un progrès considérable par rapport à l'aide traditionnelle aux conducteurs, posant ainsi les bases des technologies totalement autonomes.

APPENDIX A ANNEXES

A. FINAL STAGE

Ici tu mets les photos des codes

REMERCIEMENT

Pour ce projet nous remerciant notre encadreur pour nous.....

REFERENCES

- [1] <https://www.techniques-ingénieur.fr/base-documentaire/ingenierie-des-transports-th14/systemes-de-transport-intelligents-42575210/vehicule-autonome-et-connecté-trp1012/une-breve-histoire-du-vehicule-autonome-trp1012niv10001.html>
- [2] <https://docs.sunfounder.com/projects/picar-v/en/latest/>
- [3] <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/configuration.html>

• • •