



The 1st International Conference on Local Resource Exploitation

www.lorexp.org / info@lorexp.org
REF: LOREXP_2021_A1128 Pages: 801-810



Intégration d'un système intelligent au stationnement automatique en marche arrière d'une voiture robot par approche floue

Integration of an intelligent system in the automatic reverse parking of a robot car by fuzzy approach

Offole Florence^{1,*}, Essola Dieudonné¹, Kouokam Endouche¹ et Issonj Nelson¹

¹ Université de Douala, P.O. Box 2701, Douala-Cameroun.

* Auteur Correspondant : florenceoffole@yahoo.fr

ABSTRACT:

Motorists face difficulties during parking maneuvers as well as accidents caused by these maneuvers. Nowadays, it is important to develop solutions that can provide parking assistance, guarantee safety and be easily usable. The objective of this work is to reduce or even eliminate collisions or impacts of vehicles with possible obstacles and above all to facilitate and make parking safer, especially in reverse. The robot vehicle capable of automatically driving autonomously in real traffic without the intervention of a human has improved road safety by integrating the fuzzy control during decision-making by safe applications capable of detecting and correcting the driver's inappropriate reactions. In this car, the intuitive user interface which displays the distances measured by the distance sensors to collision risk positions has been introduced as well as a reverse trajectory prediction system for good parking. The system then searches for a suitable parallel parking space and automatically parks the vehicle in that space. For this, the simulation of a parking aid system by fuzzy logic applied to a robot car was carried out. The results obtained on the robot car have shown that it is possible to automate a car to perform easy and safe parking maneuvers with an acceptable allowable instantaneous margin of error due to the continuation of the trajectory, allowing the maneuver without the risk of collision

Keywords: Parking maneuver, Fuzzy logic, Microcontroller, Collision, Automatic, Parking assist system.

RÉSUMÉ :

Les automobilistes font face à des difficultés lors des manœuvres pour stationnement ainsi qu'aux accidents dû à ces manœuvres. De nos jours, il est important de mettre sur pied des solutions pouvant apporter assistance au stationnement, qui garantisse la sécurité et soit facilement utilisable. L'objectif de ce travail est de réduire, voire supprimer les collisions ou chocs des véhicules avec des obstacles éventuels et surtout de faciliter et rendre le stationnement plus sécuritaire en particulier en marche arrière. Le véhicule robot capable de rouler automatiquement en toute autonomie dans un trafic réel sans l'intervention d'un être humain a permis d'améliorer la sécurité routière par l'intégration de la commande floue lors de la prise de décision ceci par d'applications sécuritaires capables de détecter et de corriger les réactions non appropriées du conducteur. A cette voiture, l'interface utilisateur intuitive qui affiche les distances mesurées par les capteurs de distance aux positions à risques de collisions a été introduit ainsi qu'un système de prédiction de la trajectoire en marche arrière pour un bon stationnement. Le système constitué effectue alors la recherche d'un espace de stationnement parallèle convenable et stationne automatiquement le véhicule dans cet espace. Pour cela la simulation d'un système d'aide au stationnement par logique floue appliqué à une voiture robot a été réalisée. Les résultats obtenus sur la voiture robot ont démontré qu'il est possible d'automatiser une voiture pour effectuer des manœuvres de stationnement facile et sécuritaire avec une marge d'erreur instantanée admissible acceptable du fait de la poursuite de la trajectoire, permettant la manœuvre sans risque de collision

Mots clés : Manœuvre de stationnement, Logique floue, Microcontrôleur, Collision, Automatique, Système d'aide au stationnement.

1. INTRODUCTION

L'une des tâches les plus difficiles à réaliser pour plusieurs conducteurs reste la manœuvre délicate du stationnement. De nombreux conducteurs vont même refuser de stationner leur véhicule dans un stationnement qui exige l'exécution de la manœuvre de stationnement en créneau ou en bataille. D'autres vivrons un moment désagréable en provoquant des dommages matériels à leur voiture ou à une voiture déjà stationnée ou pire encore causé des blessures aux usagers de la route hors de leurs champs de vision voire même la mort (Zhu et Rajamani, 2005). Le système d'aide au stationnement informe en continu le conducteur de la distance restante entre le pare-chocs et l'éventuel obstacle pendant la manœuvre (Shiuh-Jer et Yu-Sheng, 2017).

D'un premier abord, on peut penser que ce n'est pas un équipement important pour réduire le nombre de décès. On le voit plus comme un confort pour faciliter les manœuvres. Mais la **NHTSA** déclare qu'aux États-Unis plus de 200 personnes meurent chaque année et 15.000 sont blessées suite à un accident impliquant une automobile en marche arrière, 31 % des morts sont des enfants des moins de cinq ans. Dans certains pays, la législation oblige à tous les constructeurs automobiles depuis mai 2018 de placer des « cameras de recul » sur tous les nouveaux modèles de voitures produites (NHTSA, 2018).

Le système de stationnement intelligent mis en œuvre principalement est développé avec l'incorporation de technologies avancées et de recherches dans diverses disciplines universitaires (Zhu, C. et Rajamani R., 2005). De nos jours, il y a une croissance rapide du système de stationnement qui remplace celui où le conducteur effectue manuellement les manœuvres requises pour cette activité. Le conducteur sélectionne un emplacement de stationnement et donne la direction pour conduire correctement dans l'emplacement (Huang et Lin, 2009).

Huang et Hsu (2017) ont développé un système de contrôle neuro-flou pour éviter les obstacles d'un robot mobile non holonomique (Mamunur et al., 2019 ; Ghobadi et al., 2012). Ils ont combiné quatre capteurs infrarouges pour la détection de distance à obstacle autour du robot mobile (Huang et Hsu, 2017). Les informations de distance sont traitées par le contrôleur neurofuzzy proposé pour ajuster les vitesses de deux roues entraînées (Offole et al., 2020a ; Offole et al., 2020b).

L'objectif de ce travail est de réduire, voire supprimer les collisions ou chocs des véhicules avec des obstacles éventuels et surtout de faciliter et rendre le stationnement plus sécuritaire en particulier en marche arrière.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Description du dispositif expérimentale

Le prototype du véhicule robot utilisé est celui représenté de la figure 1 pour l'expérimentation.



Figure 1. Voiture robot montée

2.2. Système anticollision

Le développement du système d’anticollision avec son interface visuel et son signal sonore rendent la manœuvre de stationnement plus sûre ainsi que la conduite. Les distances mesurées par les capteurs ultrason nous permettrons d’afficher ces couleurs selon le code de couleur illustré au tableau 1

Tableau 1. Code de couleur des plages de sécurité

Distance maximale à un côté du véhicule	Couleur	Exemple	Définition
< 20	Rouge	AR	Arrière
20 - 40	Orange	ARD	Arrière Droite
40 - 70	Jaune	AVD	Avant Droit
70 - 100	Verte	AV	Avant
> 100	Gris	AVG	Avant gauche

2.3. Prise en compte de la trajectoire du véhicule

La figure 2 montre la stratégie de stationnement proposé, où (x_e, y_e) est le centre virtuel du quart de cercle, (x_o, y_o) est la position de référence initiale ou le braquage des roues est limité, et (x_f, y_f) est la position finale. La position de référence du centre arrière du véhicule pendant la manœuvre de stationnement verticale sur l’arc de cercle est donnée par la relation.

$$(x_o - x_e)^2 + (y_o - y_e)^2 = (y_e - y_f)^2 \tag{1}$$

$$(x_f - x_e)^2 + (y_f - y_e)^2 = (y_e - y_o)^2 \tag{2}$$

De même, l’orientation spécifique du véhicule θ et son angle correspondant est Φ peuvent être dérivé des équations (1) et (2) respectivement.

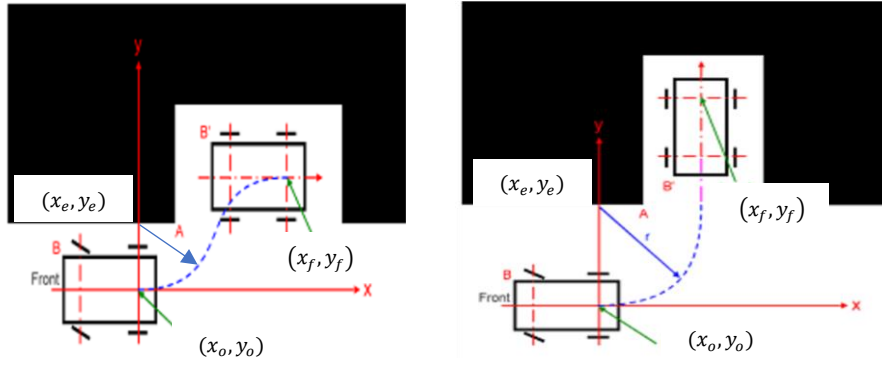


Figure 2. Système de coordonnées parallèles et verticales utilisé pour la voiture (Huang et Hsu, 2017)

2.4. Contrôleur à logique floue et trajectoire

Le modèle de décision qui débute la procédure de stationnement est basée sur trois prémisses dépendant de la disponibilité de l'emplacement de stationnement ou la distance entre les voitures déjà stationnées :

- Si l'espace de stationnement est large (plus de 30 cm), la manœuvre de stationnement parallèle (avant) est exécutée.
- Si l'espace de stationnement est moyen (plus de 15 cm), la manœuvre de stationnement verticale (arrière) est exécutée.
- Mais si l'espace de stationnement est petit (moins de 15 cm), pas d'action exécutée.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le but de ce travail est d'effectuer des expérimentations et des simulations des algorithmes, et aussi mettre en exergue le côté pratique de l'étude effectuée et le comparer aux valeurs théoriques.

3.1. Simulations théoriques

A partir de l'équation la trajectoire de stationnement nous obtenons la trajectoire de stationnement désirée du véhicule à la Figure 3 qui servira de référence pour la simulation du modèle de trajectoire de la voiture. Il est à noter que l'angle de braquage obtenu considère que le contrôleur utilisé pour le suivre de la trajectoire agit parfaitement.

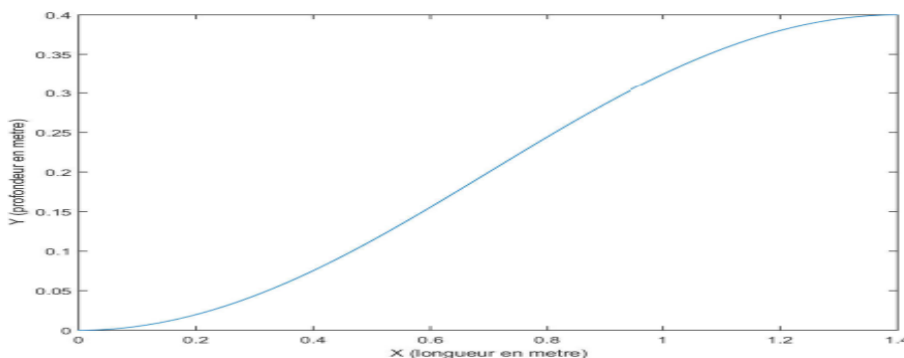


Figure 3. Trajectoire désirée de stationnement

Sur le tracé de l'orientation du véhicule, on peut constater que l'orientation initiale est la même que l'orientation finale. Il est aussi possible de constater que l'orientation maximale est obtenue au milieu de la séquence de stationnement. L'angle de braquage nécessaire en fonction de la distance parcourue sur la longueur est affiché à la figure 4.

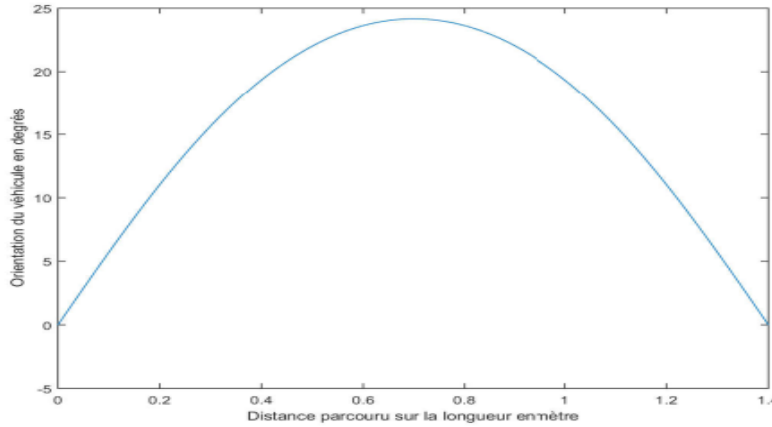


Figure 4. Orientation du véhicule pour la trajectoire verticale de stationnement

Cette trajectoire est faisable, car l'angle de braquage ϕ obtenu ne dépasse pas l'angle de braquage maximal de la voiture. L'angle de braquage est maximal au début de la séquence et minimal à la fin de la séquence comme le montre la figure 5. Pour la trajectoire en parallèle, il est évident que l'angle de braquage est nul et seul l'ordonné varie. On a ainsi une droite.

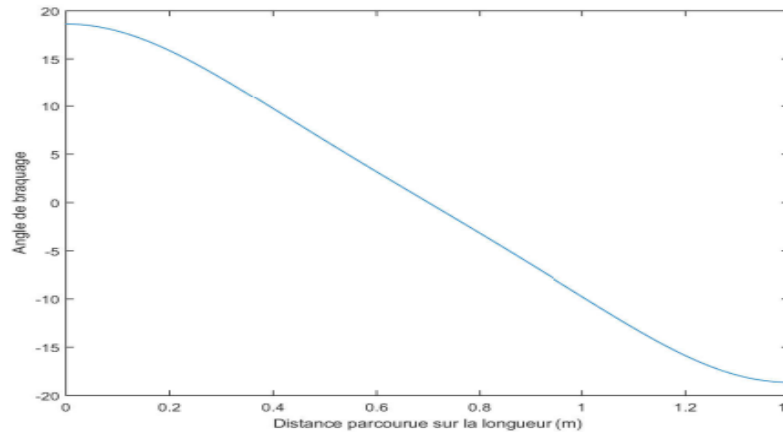


Figure 5. Angle de braquage estimé de la trajectoire de stationnement

3.2. Modélisations théoriques et simulations

Les erreurs de localisation du véhicule augmentent avec le temps dû aux inexactitudes du modèle cinématique, la précision limitée de l'encodeur et le glissement des roues. Les erreurs peuvent être effacées en réinitialisant l'ordinateur de bord.

Stationnement vertical à la position initiale

Pour le stationnement vertical l’obstacle se trouve à une distance de 8.5 cm par rapport à la position initiale du véhicule. La trajectoire théorique en rouge est la trajectoire désirée que devrait suivre le modèle de véhicule en situation de stationnement en verticale, représentée à la figure 6, superposée à la trajectoire obtenue par la simulation du modèle de véhicule en bleu.

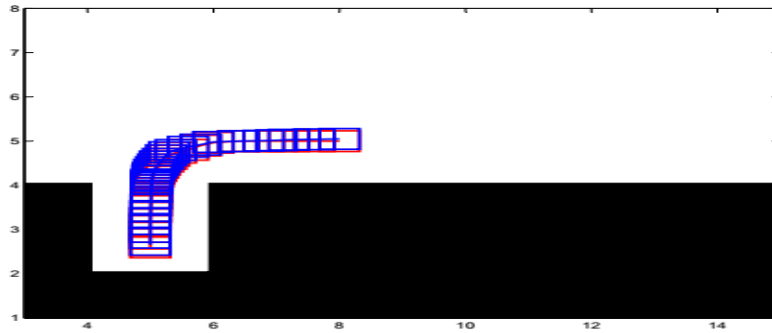


Figure 6. Simulation du stationnement vertical à la position initiale. En rouge (trajectoire désirée) et en bleu (trajectoire obtenue)

Les deux trajectoires, celle théorique en rouge et celle du véhicule obtenue en bleu, simulées sont représenté par la figure 7 a, et l’erreur qui n’est autre que la différence du modèle de voiture et du modèle théorique présenté dans la figure 7 b. On constate ici une faible différence entre les deux qui présente presque la même allure, ceci explique le fait que le model de véhicule suit assez bien la trajectoire optimale désirée.

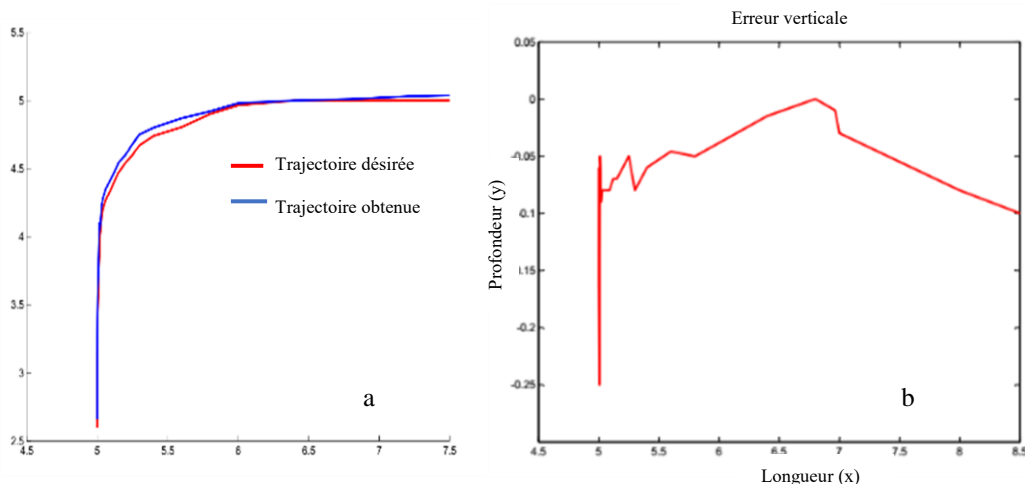


Figure 7. Trajectoire théorique du véhicule en stationnement verticale (a) avec l’erreur obtenue (b)

Stationnement parallèle à la position initiale

Pour le stationnement parallèle l’obstacle se trouve à une distance de 12.5 cm par rapport à la position initiale du véhicule. Cette distance est la distance théorique conformément aux résultats des figures 3 et 4 et est proche du chemin suivi conformément à l’erreur obtenue dont la valeur est insignifiante lors de la superposition de ces deux évènements a figure 8. Toutefois la trajectoire théorique est la base de la

simulation et sert de paramètre de control des écarts et d'éventuelles erreurs. La trajectoire théorique en rouge est la trajectoire désirée que devrait suivre le modèle de véhicule en situation de stationnement en parallèle, représentée dans en bleu la figure 8, superposée à la trajectoire obtenue par la simulation du modèle de véhicule.

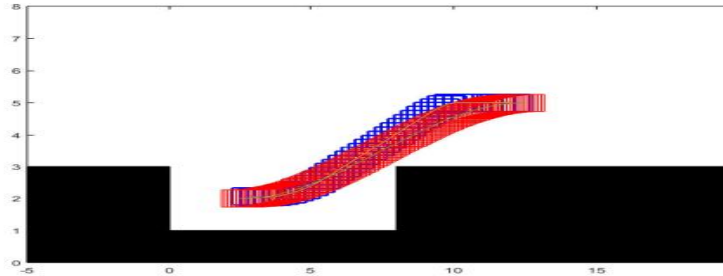


Figure 8. Simulation du stationnement parallèle à la position initiale. En rouge (trajectoire désirée) et en bleu (trajectoire obtenue)

Les deux trajectoires (théorique et obtenue par simulation) sont représentées à la figure 9 a, et l'erreur à la figure 9 b. On constate ici une faible différence entre les deux qui présente presque la même allure, ceci explique le fait que le modèle de véhicule suit assez bien la trajectoire optimale, l'erreur maximale n'excédant pas 1.

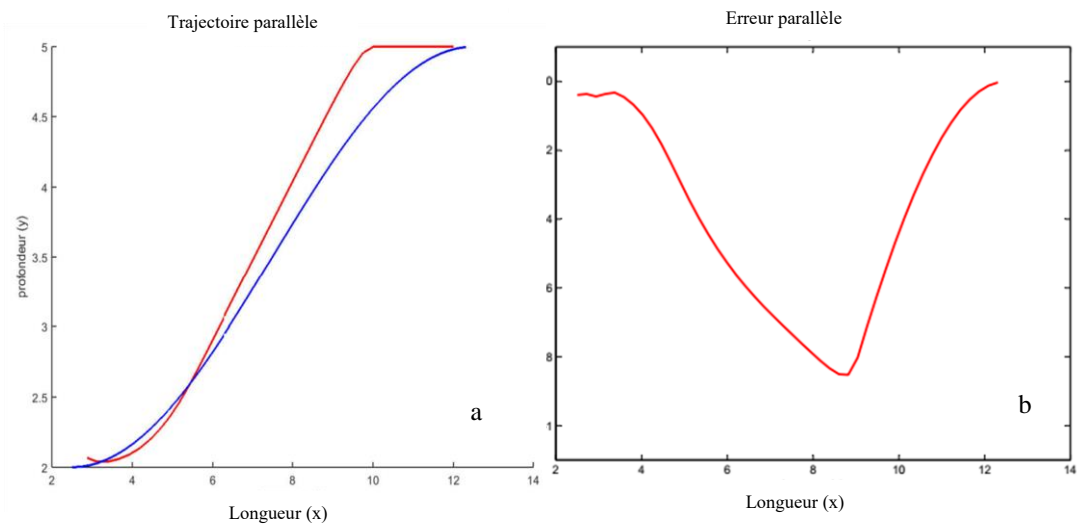


Figure 9. Trajectoire théorique du véhicule en stationnement parallèle (a) avec l'erreur (b) : En bleu (trajectoire désirée) et en rouge (trajectoire obtenue)

3.3. Expérimentation et application

Système de stationnement parallèle

La courbe en bleu (a) de la figure 10 présente la trajectoire expérimentale effectuée par le prototype obtenu à partir des capteurs ultrasons en temps réel. La superposition de cette trajectoire expérimentale à la trajectoire théorique en rouge (a) nous permet de mieux les apprécier et les comparer. Nous observons une faible variation entre les deux trajectoires, et les deux courbes ont presque la même allure avec une petite différence que l'on évalue en termes d'erreur. Elle est due aux micros imprécisions lors des braquages et mais aussi au fait que le volant a tendance à revenir à la position neutre, au glissement des roues, à la vitesse du véhicule... Cette erreur est encore plus faible quand nous appliquons un traitement (méthode des erreurs quadratiques la courbe en rouge) qui nous permet minimiser les erreurs. La courbe en rouge (b) présente le graphe d'erreur de position de la trajectoire expérimentale et la courbe en noire (b) présente le graphe d'erreur de position de la trajectoire théorique.

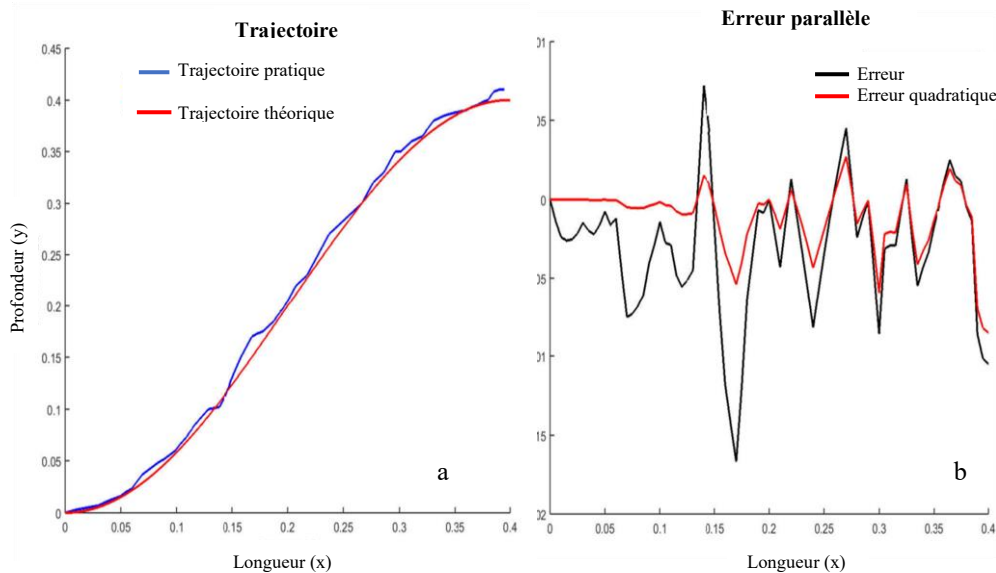


Figure 10. (a) Comparaison expérimentale de la trajectoire du véhicule (bleu) à sa valeur théorique (rouge) en stationnement parallèle ; (b) comparaison de l'erreur expérimentale (rouge) à l'erreur quadratique (noir)

Système de stationnement vertical

Sur la figure 11, la courbe en bleu (a) présente la trajectoire expérimentale effectuée par le prototype obtenu à partir des capteurs ultrasons en temps réel. Sa à la trajectoire théorique en rouge (a) nous permet de mieux les apprécier et les comparer. Nous observons une faible variation entre les deux trajectoires, et les deux courbes ont presque la même allure avec une petite différence que l'on évalue en termes d'erreur. Cette erreur est encore plus faible quand nous appliquons un traitement (méthode des erreurs quadratiques la courbe en rouge) qui nous permet minimiser les erreurs. La courbe en rouge (b) présente le graphe d'erreur de position de la trajectoire expérimentale et la courbe en bleu (b) présente le graphe d'erreur de position

de la trajectoire théorique. Le dépassement vers la gauche est dû à la cinématique de notre véhicule, les glissements des roues au sol et la précision des capteurs.

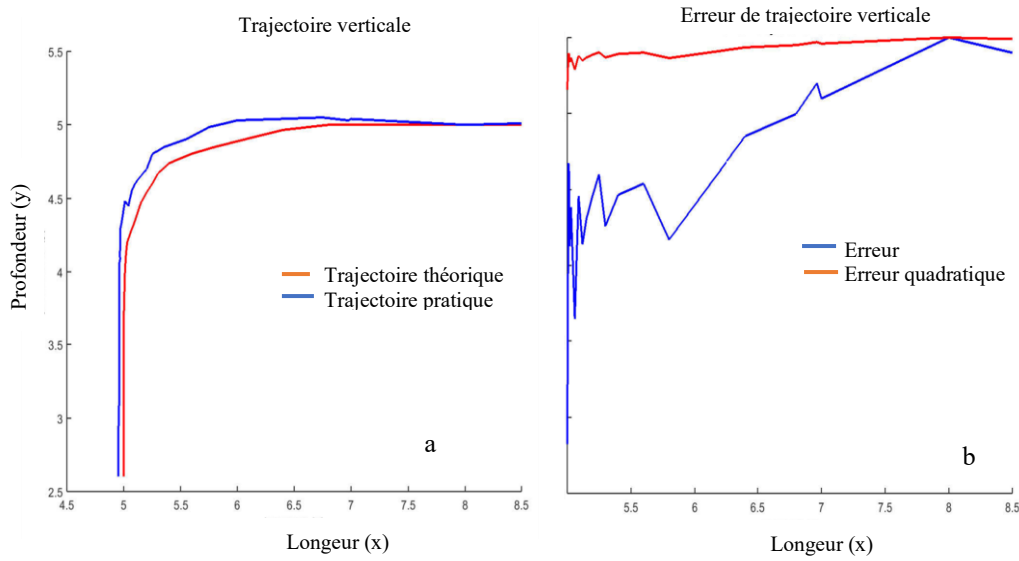


Figure 11. (a) Comparaison expérimentale de la trajectoire du véhicule (bleu) à sa valeur théorique (rouge) en stationnement vertical ; (b) comparaison de l’erreur expérimentale (rouge) à l’erreur quadratique (noir)

Le tableau 2 montre que pour un sol revêtit, le véhicule se déplaçant avec une vitesse constante de 15 cm/s l’erreur absolue moyenne en pourcentage est d’environ 12 % pour le stationnement en parallèle et environ 14 % pour le stationnement en verticale. Ceci indique que, le système bien que fonctionnel est sujet des contraintes tels que l’inertie du véhicule, l’erreur de lecture des capteurs, les glissements des roues et la précision du modèle du contrôleur.

Tableau 2. Erreurs de localisation du véhicule.

	D1 (m)	D2 (m)	S (m)	Xmin (m)	Smin (m)	θ (deg)	Y (m)	Y (m)	X (m)	Orientation décision
Théorique (parallèle)	0,05	0,05	0,90	1,1	0,85	0	0,300	0,40	1,07	Parallèle
Pratique Moyenne des 5	0,065	0,051	0,92	1,12	0,84	2,7	0,298	0,40	1,09	Parallèle
Erreur moyenne	30 %	2 %	2,22 %	1,8 %	1,2 %		0,7 %	0,0	1,9	5 %
Théorique (vertical)	0,05	0,05	0,40	0,50	0,35	0	0,5	0,60	0,46	Vertical
Pratique Moyenne des 5	0,053	0,055	0,41	0,53	0,37	2,1	0,48	0,60	0,49	Vertical
Erreur moyenne	6 %	10 %	2,5 %	6 %	5,7 %		4 %	0 %	6,5	2 %

4. CONCLUSION

Dans ce travail, la problématique sur la sécurité routière a été abordée en utilisant des techniques de commande neuro-floue. La tâche de base que doit réaliser le système conçu avec un minimum d'erreur est d'assurer le maintien d'un véhicule sur sa voie tout en évitant les obstacles de manière autonome. Nous avons utilisé un contrôleur, neuro-flou coopératif avec un système de commande hybride.

Les résultats de la simulation du contrôleur flou démontrent l'efficacité de la commande à base de la logique floue pour les différentes fonctions du système qui sont l'évitement d'obstacle, l'anticollision et le repositionnement du véhicule. La simulation du contrôleur neuronal permet d'observer en temps réel, les performances dans le suivi de trajectoire. Ce système de commande est donc une solution prometteuse pour les problèmes liés au suivi de trajectoire surtout lorsqu'il est entraîné conformément aux recommandations issues des simulations. Les résultats obtenus montrent un temps d'ajustement réduit. La thématique traitée peut contribuer à mettre sur pied une technique de contrôle flou pour une bonne précision, d'efficacité enfin d'éviter la collision.

5. RÉFÉRENCES

- Ghobadi J., Adine A., Mousavi S., 2012. Manoeuvring for control of the car park using fuzzy logic. *The Journal of Mathematics and Computer Science*, **5**(3) 167-175.
- Huang S.-J., Lin G.-Y., 2009. Parallel auto-parking of a model vehicle using a self-organizing fuzzy controller. *Journal of automobile engineering*, (224), 997-1011.
- Huang S.-J., Hsu Y.-S., 2017. Parking Space Detection and Trajectory Tracking Control for Vehicle Auto-Parking. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, **11**(10).
- Mamunur R., Mustafa M.-R., Rachidul I., Omar N., Abubakar A. 2019. Autonomous 4WD Smart Car Parallel Self-Parking System by Using Fuzzy Logic Controller. *American International Journal of Sciences and Engineering Research*, **2**(2). ISSN 2641-0303 (Print) ISSN 2641-0311
- NHTSA, 2018. Annonces Final Rule Requiring Rear Visibility Technology (<https://www.nhtsa.gov/press-releases/nhtsa-announces-final-rule-requiring-rear-visibility-technology>), sur [nhtsa.gov](https://www.nhtsa.gov), consulté le 14 mai 2018
- Offole F., Essola D., Issondj N., Bouheul C., 2020b. Failure Prediction of Highly Requested Complex Technical Systems: Application to W18v50df Engines. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (ijasre)*, **6**(4).
- Offole F., Essola D., Perabi S., Issondj N., Yawat L., Atemkeng Z., 2020a. Commande neuro-floue pour le suivi de trajectoire et l'évitement d'obstacles dans un véhicule autonome. *Afrique Science*, **16**(5) 249–260.
- Shiuh-Jer H., Yu-Sheng H., 2017. Parking Space Detection and Trajectory Tracking Control for Vehicle Auto-Parking. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, **11**(10).1700–1706.
- Zhu C. et Rajamani R., 2005. Global positioning system-based vehicle control for automated parking. *Journal of Automobile Engineering*, **220**(1), 37-52.