



random trajectory generation of a mobile shooting target < Génération de trajectoire aléatoire d'une cible de tir mobile >

M. Sangare*, F. Diarra

Ecole Nationale d'Ingénieurs ABT, 410, Avenue Van Volenhoven; BP: 242, Bamako, Mali.

*Corresponding Author; Email: masangels@yahoo.com

Received 14 October 2021, Revised 01 December 2021, Accepted 20 December 2021

Résumé. Cette étude a pour objet la conception du système de direction d'un véhicule automatique de type automobile à trajectoire aléatoire (périodes et angles de rotation aléatoires), imprévisible dans le temps et l'espace. Le besoin a été exprimé par les Forces Armées et de Sécurité du Mali pour la formation des tireurs sur des cibles mobiles à trajectoire imprévisible. Le changement de direction est assuré par un moteur « pas-à-pas » actionnant les deux roues avant. Ce moteur est contrôlé par une carte électronique ARDUINO programmée pour générer des codes aléatoires de changement de direction et de pente de déviation. L'ensemble sera en mouvement entre deux murs parallèles. Le mouvement est rendu encore plus aléatoire par le changement de trajectoire induit automatiquement par le contact aléatoire de l'engin avec les parois des murs. Dans cet article, nous montrons les résultats obtenus par simulation informatique sans tenir compte du terrain et de la carrosserie qui pourront faire l'objet de publications ultérieures.

Mots clef : Robot sur roues, commande de direction, trajectoire aléatoire, Carte Arduino

Abstract. The purpose of this study is to design the steering system of an automatic vehicle of the automobile type with random trajectory (random periods and angles of rotation), unpredictable in time and space. The need has been expressed by the Armed and Security Forces of Mali for the training of shooters on moving targets with unpredictable trajectories. The change of direction is ensured by a "step-by-step" motor operating the two front wheels. This motor is controlled by an ARDUINO electronic card programmed to generate random codes for change of direction and slope of deviation. The vehicle will be in motion between two parallel walls. The movement is made even more random by the change of trajectory automatically induced by the random contact of the machine with the walls. In this article, we show the results obtained by computer simulation without taking into account the terrain and the bodywork which may be the subject of later publications.

Key words: Robot on wheels, direction control, random trajectory. Arduino board

I. Introduction

La direction d'un véhicule routier en général, est l'ensemble des organes qui permet de modifier l'orientation de sa trajectoire et donc de prendre des virages. Techniquement, sur un véhicule à roues, en agissant sur le volant (ou le guidon), le conducteur fait varier l'angle de

dérive (angle entre le plan de roue et la trajectoire de la roue) des roues directrices (ou de la roue directrice).

La formalisation géométrique de la direction par l'épure de Jeantaud conduit à utiliser une barre de direction qui relie rigidement des billettes de direction. C'est de ce système, non rigoureux du point de vue mathématique mais tout à fait satisfaisant en pratique, d'où sont dérivées toutes les directions automobiles actuelles. Ce principe que nous utilisons dans cette étude est toujours en vigueur de nos jours.

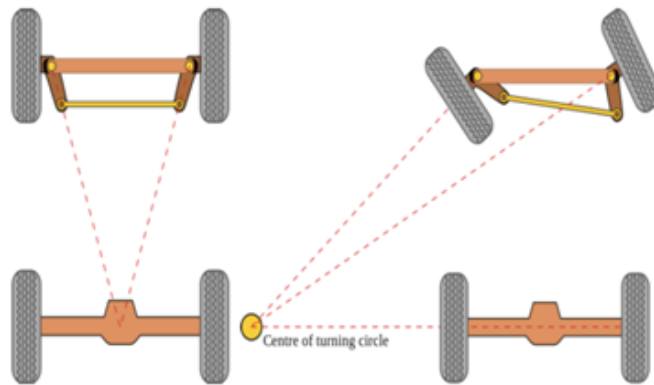


Figure 1 : Épure de Jeantaud ou d'Ackermann.

II. Description

La figure 2 montre la conception actuelle des systèmes de direction les plus courants. Nous choisirons un système à crémaillère pour sa légèreté et son faible encombrement.

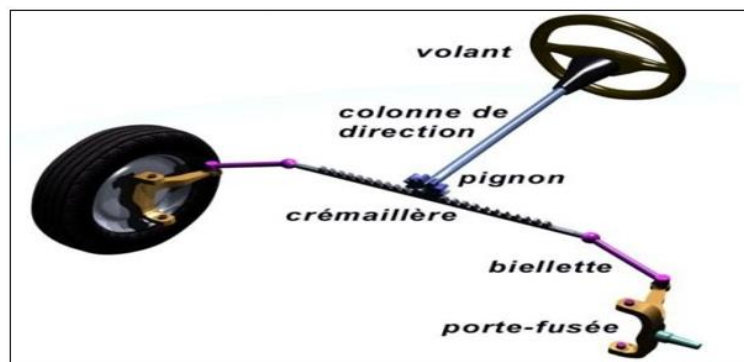


Figure 2 : Schéma d'une direction à crémaillère.

Chaque extrémité de l'essieu ou des deux demi-essieux avant comporte un axe, qui permet le pivotement du porte-fusée. C'est l'axe de pivot. La position géométrique de cet axe est très importante. Dans notre projet nous utilisons une direction à essieu rigide à chape fermée.

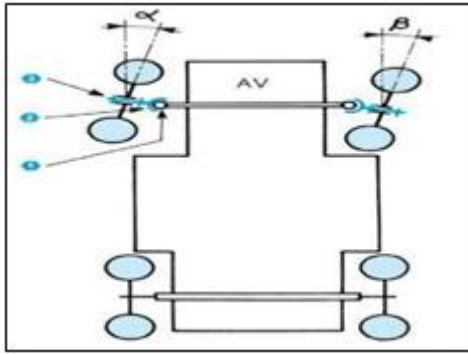


Figure3 : Orientation des roues AV. 1. Axe de pivot. 2. Porte-fusée. 3. Fusée. α et β : angle de braquage des roues AV.

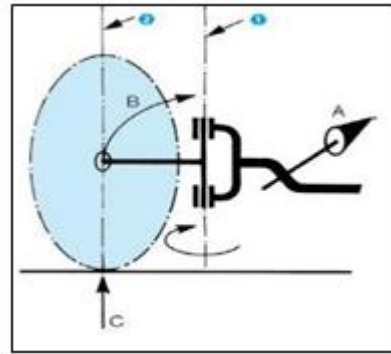


Figure 4 : Pivotement d'une roue. 1. Axe de pivot. 2. Plan moyen de la roue. A. Avancement du véhicule. B. Braquage à droite. C. Action du sol sur la roue.

III. Etude du Mouvement de Direction

Nos calculs nous ont conduits à choisir un moteur pas-a-pas SOPROLEC de couple 4.5Nm, Pas 1.8 degrés, 4 phases.

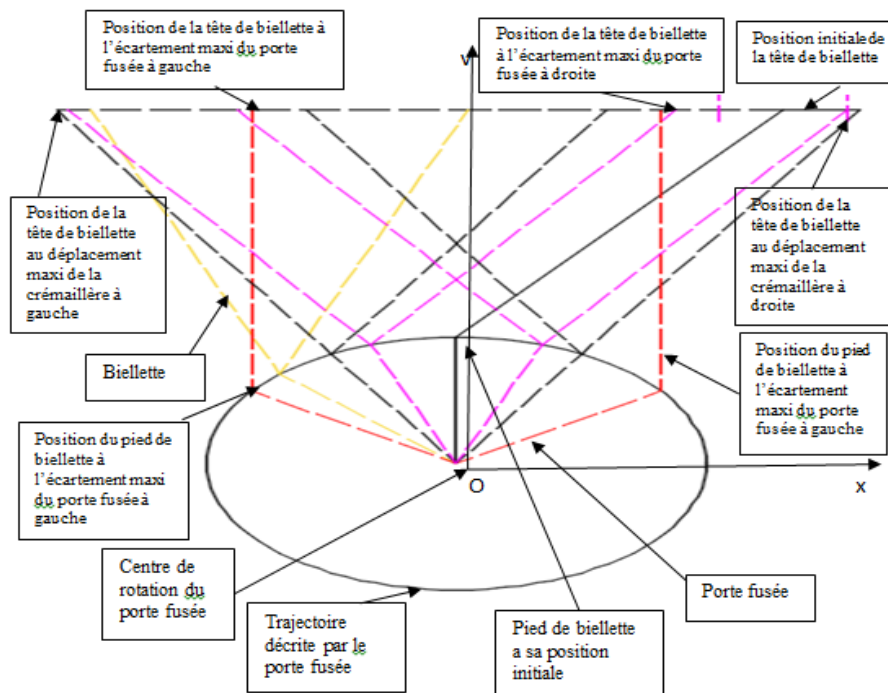


Figure 5 : simulation du mouvement de direction.

Sur le graphe de simulation figure 4, nous faisons les constations suivantes :

- 1- Chaque mouvement (rectiligne) de la crémaillère induit un mouvement (rectiligne et rotation à la fois) aux biellettes qui à leur tour en induit (rotation) aux essieux dans le même sens mais des valeurs d'angles différentes, (voir graphe ci-dessous).
- 2- Les valeurs d'angle formé entre l'axe (oy) et l'essieu pour une roue donnée n'est pas la même dans les deux sens pour un même déplacement de la crémaillère
- 3- Si on déplace la crémaillère de son point de repos pour réaliser une rotation de l'essieu gauche dans le sens de rotation antihoraire, l'angle entre l'essieu de l'axe (oy) croît jusqu'à une certaine valeur, valeur à laquelle la biellette prend une position (direction) parallèle à l'axe (O, y). En continuant à déplacer la crémaillère toujours dans le même sens, l'angle au lieu d'augmenter commence à décroître (l'essieu tourne dans le sens contraire) jusqu'à ce que la crémaillère atteigne sa distance maximale.
- 4- Pour un système isolé, les distances de déplacement maximal de la crémaillère s'inversent d'un sens à l'autre alors que les angles formés ont la même valeur absolue.

IV. Calcul des différents paramètres du mouvement de direction :

La figure 5 représente le côté gauche d'un système de direction à différentes positions, avec : $X_1; X_1'; X_2; X_2'$: coordonnées de la tête de biellette pour les positions maxi fixées de l'essieu.
Y : distance verticale entre le centre de rotation de l'essieu et la crémaillère.

L : longueur de la biellette.

R : longueur de l'essieu.

D : distance correspondant au segment commun formé par la biellette et l'essieu.

O : centre de rotation de l'essieu.

B : position de la tête de biellette pour une distance maxi de la crémaillère vers la droite.

C : intersection de l'essieu et de la biellette pour la distance maxi vers la droite.

Au point B (distance maximale parcourue par la crémaillère) :

- Les points O, A, B forment un triangle rectangle en A ;
- BC est la longueur de la biellette (aussi rayon du cercle de centre C).
- OC est la longueur de l'essieu (aussi rayon du cercle de centre O).

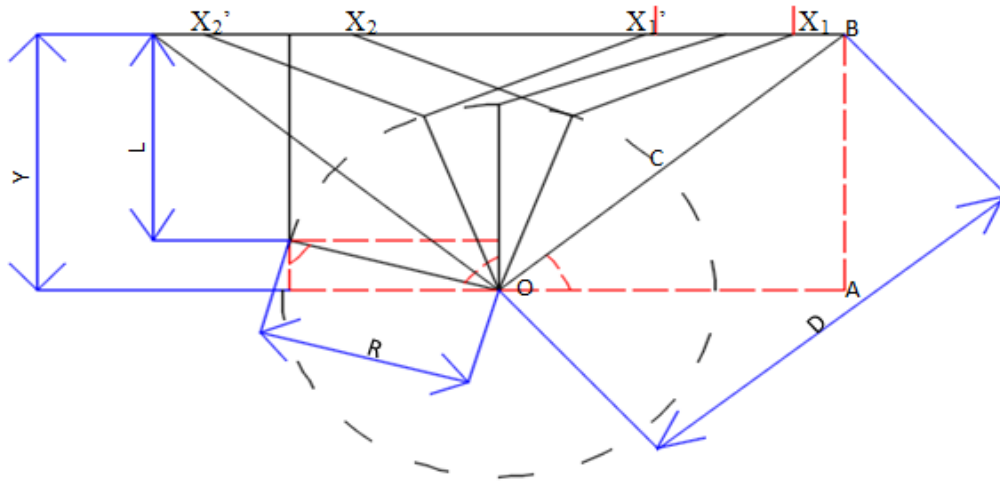


Figure 6: représentation du système à quelques positions remarquables

4.1. L'angle maximal au virage de l'essieu :

$$\cos(\alpha_{max}) = \frac{Y-L}{R}; \quad \alpha_{max} = \cos^{-1}\left(\frac{Y-L}{R}\right)$$

4.2. L'angle pour une distance maximale de la crémaillère α_{max} :

$$\cos(\alpha_{Dmax}) = \frac{Y}{D} \quad (\text{Avec } D = L+R)$$

$$\cos(\alpha_{Dmax}) = \frac{Y}{L+R} \Rightarrow \alpha_{Dmax} = \cos^{-1}\left(\frac{Y}{L+R}\right) \alpha \gg \text{tel que : } \alpha_{Dmax} > \alpha.$$

Dans un virage (rotation) à gauche :

- La crémaillère effectue un déplacement de B à B' (soit une distance $D_{BB'}$)
- Le rayon OA devient OA' (soit une rotation d'angle α)

L'équation du cercle de centre O(0,0) et de rayon R est :

$$\bullet \quad x^2 + y^2 = R^2 \quad (1)$$

$$\text{Avec } x = R\sin(\alpha) \text{ et } y = R\cos(\alpha) \quad (2)$$

L'équation du cercle de centre B*(X,Y) et de rayon L est :

$$\bullet \quad (x - X)^2 + (y - Y)^2 = L^2 \quad (3)$$

$$\text{D'après (2) et (3)} \Rightarrow (R\sin(\alpha) - X)^2 + (R\cos(\alpha) - Y)^2 = L^2$$

$$\Rightarrow R\sin(\alpha) - X = \pm \sqrt{L^2 - (R\cos(\alpha) - Y)^2}$$

$$X = R\sin(\alpha) - \sqrt{L^2 - (R\cos(\alpha) - Y)^2} \quad \text{ou} \quad X = R\sin(\alpha) + \sqrt{L^2 - (R\cos(\alpha) - Y)^2}$$

Au repos, d'après l'équation du cercle de centre O(0,0) :

$$X = 0 \text{ alors } y = R$$

Ainsi l'équation du cercle de centre B(X_{repos} , Y_{repos}) donne :

$$X_{\text{repos}}^2 + (R - Y_{\text{repos}})^2 = L^2$$

$$X_{\text{repos}} = \sqrt{L^2 - (R - Y_{\text{repos}})^2} ; \text{D'où la distance parcourue } D_{BB'} = |X_{\text{repos}} - X|$$

4.3. Le nombre de rotation maxi de l'arbre du moteur de virage (n) :

$D_{BB'} = n \cdot \pi d$ (Avec d = diamètre de l'engrenage du moteur)

$$n = \frac{D_{BB'}}{\pi d}$$

4.4. L'angle maxi de l'arbre moteur dans un sens ou l'autre (α) :

$$\alpha = 360^\circ \cdot n$$

4.5. Le nombre de pas maxi à effectuer par le moteur pas à pas :

$$p = \frac{\alpha}{1,8}$$

4.6. Calcul du temps maximal d'alimentation du moteur (delay) :

$$t = \frac{n \cdot 60s}{N}$$

4.7. Temps maximal de parcours d'un trajet rectiligne (tr) :

On souhaite que l'engin fasse au plus 5m sans virer.

$$V = \frac{l}{tr} \Rightarrow tr = \frac{l}{V}$$

V. Le programme informatique du mouvement de direction

Le programme est réalisé avec le logiciel **Arduino IDE** pour la carte embarquée « **arduino** », qui commandera le système de direction.

Le programme est conçu pour tourner en boucle infini tant que le système est alimenté en énergie électrique.

Le dispositif, dans un premier temps fait le choix d'une déviation (rotation) soit vers la droite soit vers la gauche. Selon la direction choisie, l'angle de rotation étant en rapport avec le nombre de pas du moteur, le programme choisit un nombre aléatoire de pas ($1 < p < 40$), donc un angle de rotation aléatoire ($7.2^\circ < \alpha < 72^\circ$) dans un sens. Le nombre de pas (ou l'angle de rotation) étant atteint, il intervertit les valeurs précédemment transmises aux ports effectuant donc un retour à la position de repos. Ensuite le programme attribue une durée aléatoire au système, durée de temps pendant lequel la trajectoire reste rectiligne puis le programme se répète mais dans l'autre sens. Cette suite se permute telle une boucle jusqu'à la mise hors tension manuelle du système.

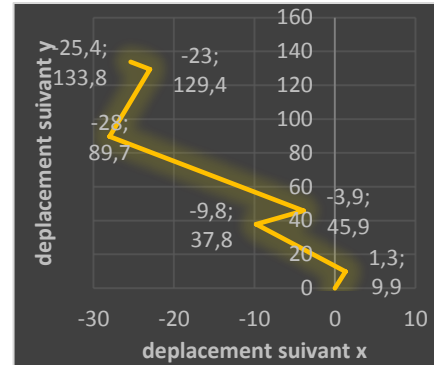
VI. Résultats de la simulation des variations de direction

Les graphes suivants représentent le mouvement du moteur de direction dans le plan pour deux séquences consécutives.

Essai Tableau de valeur des parametres Trajectoire

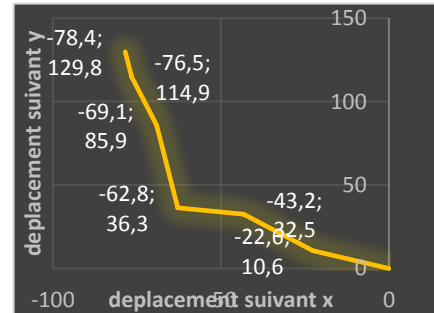
1

Sens 1	Tourne pour la 1ere fois à droite						
Positions	1	2	3	4	5	6	7
Angle(°)	0	7,2	28,8	57,6	64,8	36	36
Temps(ms)	0	200	600	200	1000	800	100
Distance(m)	0	1	3	1	5	4	0.5



2

Sens 2	Tourne pour la 1ere fois à gauche						
Positions	1	2	3	4	5	6	7
Angle(°)	0	64,8	21,6	36	72	7,2	7,2
Temps (ms)	0	500	600	400	1000	600	300
Distance(m)	0	2,5	3	2	5	3	1,5



Conclusion

Nos résultats de simulation informatiques montrent qu'il est possible de générer des mouvements complexes à trajectoire aléatoire en contrôlant le mécanisme de direction d'un véhicule par une carte « arduino » commandant un moteur de type « PAS-A-PAS ». Notre véhicule portera une cible de tir pour la formation des tireurs d'élite des Forces Armées et de sécurité Maliennes.

Références

- [1] A. Houenou. Calcul de trajectoires pour la préconisation de manoeuvres automobiles sur la base d'une perception multi-capteur : application à l'évitement de collision. Autre [cs.OH]. Université de Technologie de Compiègne, 2013.
- [2] S.Mohamed Meliani. Modélisation du système pilote-véhicule dans une tâche de contrôle manuel de fauteuil roulant électrique. Autre. *Université Paul Verlaine - Metz*, 2009
- [3] Y.Goyat. Estimation précise des trajectoires de véhicule par un système optique. Automatique / Robotique. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2008.
- [4] G. venture. identification des parametres dynamiques d'une voiture. robotique [cs.ro]. ecole centrale de nantes (ecn) (ecn) (ecn) (ecn);

- [5] V. Prahlad, K. Chen Tan, W. Ming-Liang. « Evolutionary artificial potential fields and their application in real time robot path planning ». In *Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation*. (La Jolla (USA), 16-19 juillet 2000). 1.
- [6] G. Fuseiller. Perception et génération de trajectoires en robotique dans des environnements dynamiques. *Automatique / Robotique. Université de Limoges*, 2019.
- [7] F. Gaillard. Approche cognitive pour la planification de trajectoire sous contraintes. Intelligence artificielle [cs.AI]. *Université des Sciences et Technologie de Lille - Lille I*, 2012.
- [8] B.Said, H., J. Stéphant, et O. Labbani-Igbida. 2016. « Sensor-based control using finite time observer of visual signatures: Application to corridor following ». In *2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*
- [9] X. Broquère. Planification de trajectoire pour la manipulation d'objets et l'interaction Hommerobot. Robotique [cs.RO]. *Université Paul Sabatier - Toulouse III*, 2011
- [10] X. Broquère. Planification de trajectoire pour la manipulation d'objets et l'interaction Hommerobot. Robotique [cs.RO]. *Université Paul Sabatier - Toulouse III*, 2011.
- [11] G. Saurel. Génération de mouvement en robotique mobile et humanoïde. *Automatique / Robotique. INSA de Toulouse*, 2017
- [12] D. Guillaume, J. Luc. Comment générer l'Aléatoire Locoduino 12 avril 2015.
- [13] Christian, *Du Stretch a l'Exécutable*. 30 décembre 2020.
- [14] B. Boukhebouz, G. Mercere , M. Grossard , E. Laroche. *Shaping multisine excitation for closed-loop identification of a flexible transmission*, 19th IFAC Symposium on System Identification (SYSID 2021), Padoue, Italy
- [15] E. Schmitzberger. Planification globale de trajectoires en milieux industriels : application à la maintenance et au démantèlement de centrales nucléaires. Autre. *Institut National Polytechnique de Lorraine*, 2003. Français. ffNNT : 2003INPL081Nff. fftel-01749714
- [16] J. Cortés, T. Siméon, J.P. A, Laumond, Random Loop Generator for planning the motions of closed kinematic chains with PRM methods. In *IEEE Int. Conf. On Robotics and Automation*. 2002
- [17] M. Ahuactzin Le Fil d'Ariane. Une méthode de planification générale. Application à la planification de trajectoires. Thèse de Doctorat de l'*Institut National Polytechnique de Grenoble* , 1994
- [18] N , Leena,. K.Saju, (2014). A survey on path planning techniques for autonomous mobile robots. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*
- [19] [Levitt and Lawton, 1990] Levitt, T. and Lawton, D. T. (1990). Qualitative navigation for mobile robots. *Journal Artificial Intelligence*,
- [20] [https://www.carnetdumaker.net/articles/Générer des nombres pseudo-aléatoires avec une carte Arduino](https://www.carnetdumaker.net/articles/Générer_des_nombres_pseudo-aléatoires_avec_une_carte_Arduino)

(2021);<http://revues.imist.ma/?journal=mjpas&page=index>