



"Étude et conception d'un robot mobile écologique dédié à la pulvérisation des fraises sous serre "

"R.MAJDOUBI"¹,

"Pr.Lh.MASMOUDI"²,

"Pr.A.ELHARIF"³,

"Pr.M.K.ETTOUHAMI"⁴

¹ "Université Mohammed V, FSR, LCS, Maroc, rania1992.majdoubi@gmail.com"

² " Université Mohammed V, FSR, LCS, Maroc, lhmasmoudi@gmail.com"

³ " Université Mohammed V, FSR, Maroc, elharifa@hotmail.com"

⁴ " Université Mohammed V, ENSET Rabat, Maroc, ettouhamedkarim@yahoo.fr"

Résumé :

" Cette contribution a pour objectif de concevoir un robot prototype mobile écologique dédié à des tâche d'entretiens automatique et localisé de la culture des fraises sous serre.

Le robot prototype est composé d'une plateforme mobile basée sur un châssis à quatre roues motrices, et d'un système de vision à caméra stéréo pour détecter les rangées et localiser les plants de fraises, d'un système à pompe couplé à deux bras manipulateurs avec buses et d'un télémètre laser pour mesurer et cartographier l'environnement. L'autonomie énergétique nécessaire au fonctionnement du robot prototype est assurée par une batterie embarquée, rechargeable via une station de recharge photovoltaïque. L'installation de cette station est l'objet de dimensionnement, d'étude et de comparaison en termes d'ombrage optimal. Les résultats obtenus sont illustrés par des diagrammes des masques des différentes zones du site d'expérimentation. "

Mots clés :

Robot agricole, produit phytosanitaire, plants, conception, panneau photovoltaïque, serre.

1. Introduction

Le progrès scientifique et l'avancement dans le système informatique en rendu possible la réalisation et l'utilisation du robot en agriculture [1][2][3].

Ce travail présente l'étude et la conception d'un robot prototype dédié à des applications en agriculture et en particulier à la tâche de pulvérisation des fraises sous serre. En effet, le robot prototype permettra d'augmenter le rendement et la rentabilité tout en optimisant la pulvérisation des pesticides, en diminuant le cout de l'énergie et de la main d'œuvre ainsi que les risques sanitaires humains et environnement.

La démarche de la conception de ce prototype adopte l'approche de Pahl et Beitz [4] .elle repose principalement sur quatre étapes : la planification et de clarification des tâches, la conception conceptuelle, conception préliminaire et la conception détaillée.

Le prototype prévu est l'objet d'intégration d'un module d'énergie propre [5] pour l'autonomie de son fonctionnement. Ceci nécessite une étude préalable de dimensionnement de système photovoltaïque. On s'est intéressé à étudier l'effet de masque [6] sur la zone prévue pour l'expérimentation. A cet effet, une serre tunnel dédié à l'expérimentation du robot prototype, nommé AgriEco Robot, a été installée récemment à la faculté des sciences de rabat.

2. Conception et élaboration d'une plateforme mobile :

1. Caractéristiques du Robot:

Le robot prototype agricole « AgriEco Robot» est une plateforme mobile dédié à des applications des tâches d'entretiens et de pulvérisation de produit phytosanitaire des fraises sous serre. Les caractéristiques du robot prototype se résument ainsi :

- Plateforme de dimension : 44.5 cm de large, 65 cm de long, 45 cm de haut.
- 4 roues motrices de 250w chacune.
- Batterie lithium de caractéristiques 36v 30 ah.
- Autonomie de travaille 4h.
- Un bras avec pulvérisateur.
- Caméra stéréo.
- Scanner Laser.
- Des contrôleurs.
- Vitesse de déplacement 0.2m/s.
- La charge totale y compris des accessoires est 80kg.

2. Conception de la plateforme mobile:

a. Processus de conception :

Dans la littérature, plusieurs auteurs ont proposé des décompositions du processus de conception en différente phases [7] [8], le processus adopté dans ce travail est celui Pahl et Bietz [4]. Il se réalise en quatre grandes étapes, exécutées séquentiellement (figure2).

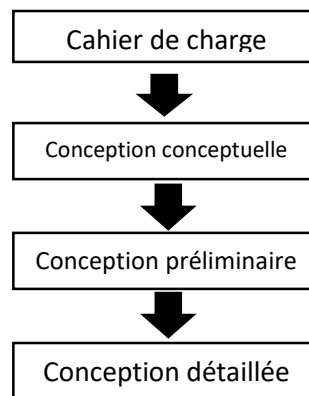


Figure 1. Etapes de conception selon l'approche de Pahl et Bietz

- Le cahier de charge défini dans ce travail a été élaboré en concertation avec agriculteur de la culture de fraise sous serre dont le résumé est présenté.
- la phase de conception conceptuelle, est établie selon des contraintes de déplacements de la plateforme et son évolution dans un environnement spécifique à la réalisation des tâches d'entretien sous serre.
- La conception préliminaire a été établie de manière à optimiser l'espace de la plateforme pour une meilleure intégration des dispositifs d'acquisition, de commande et des outils d'entretiens.
- Dans la phase de conception détaillée chacun des composants embarqués sur la plateforme est complètement défini en spécifiant les dimensions, les tolérances de fabrication, les matériaux, les schémas et les plans détaillés.

b. Conception :

Le modèle numérique du robot « AgriEco Robot » a été réalisé à l'aide du logiciel volumique de CAO. En effet ce modèle est constitué d'un châssis à quatre roues motrices, d'un cache avant, cache arrière, cache gauche et cache droit, une cuve de pesticide de capacité 12 litres, un bras pulvérisateur, un pulvérisateur, une caméra stéréo et un télémètre laser.

La conception CAO du châssis, le châssis fabriqué dans l'atelier, la structure à quatre roues, la cartouche du robot agricole, le modèle CAO du robot agricole et le modèle imprimé en 3D sont représentés dans la figure 2, figure 3, figure 4, figure 5, figure 6 et figure 7, respectivement.

Résultats de modèle volumique

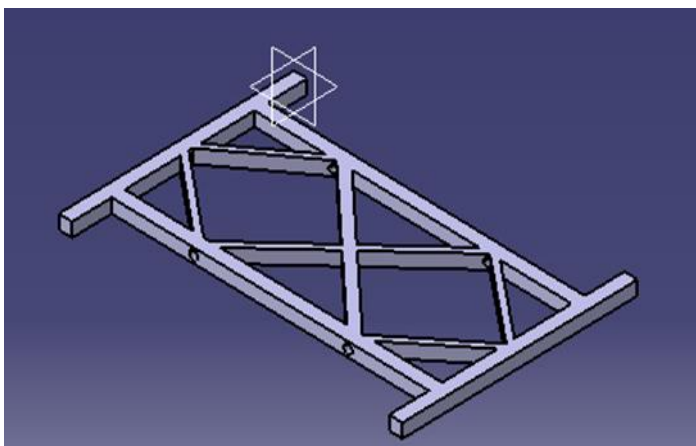


Figure2. Conception CAO du châssis

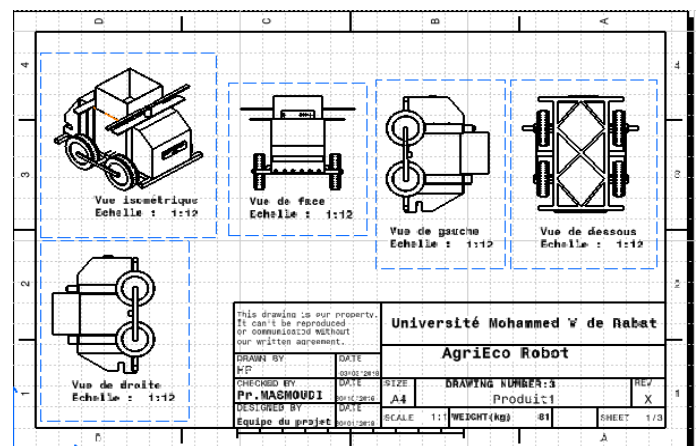


Figure 5. la cartouche du robot « AgriEco Robot »

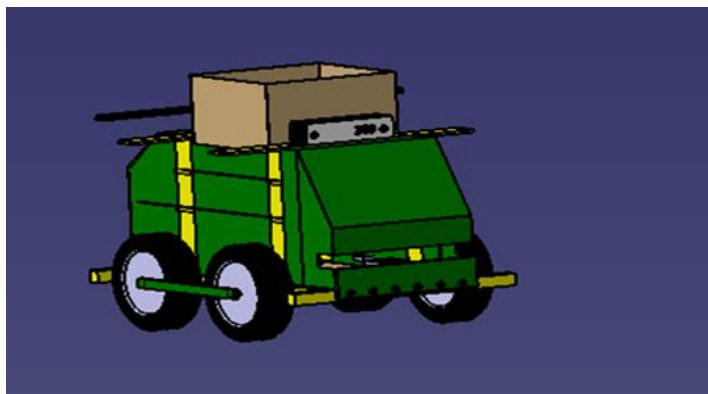


Figure 6. Conception CAO du robot

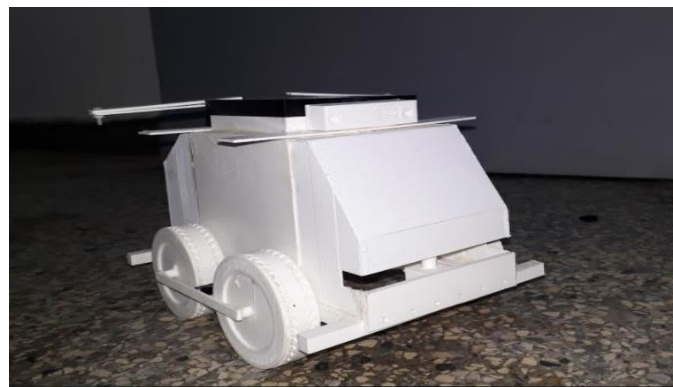


Figure 7. Robot imprimé en 3 D à l'échelle de 30%

c. Mobilité de la plateforme :

La phase de simulation du déplacement de la plateforme est effectuée à partir des lois de commande établie à partir des équations obtenue ainsi de suite.

La figure suivante montre le dessin cinématique du robot ainsi les angles essentiels pour le calcul de ces forces.

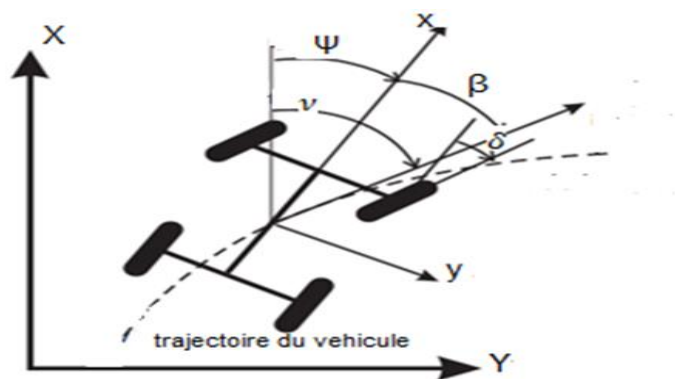


Figure 9. Dessin cinématique du châssis a 4 roues

Avec :

ν : L'angle de course,

β : L'angle de dérive

δ : L'angle de braquage,

Ψ : Angle de cap

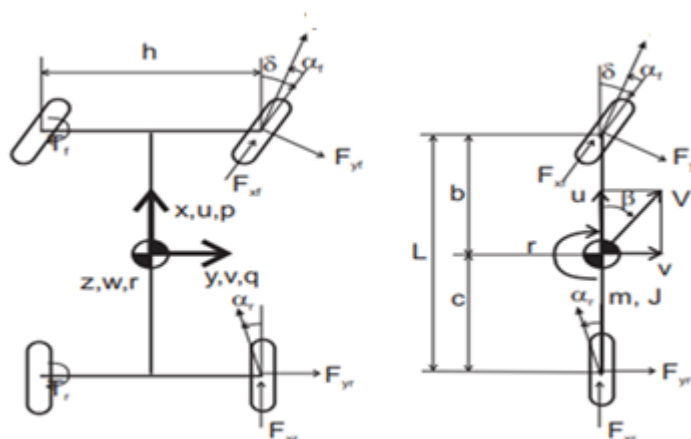


Figure 10. Dessin cinématique du châssis à 4 roues

Les équations d'équilibre en translation selon la direction latérale et en rotation sous l'effet des forces centrifuges donnent :

$$\sum F_y = 0 \quad (2.2.1)$$

$$\sum M_z = 0 \quad (2.2.2)$$

Soit :

$$F_y \cos \delta + F_{yr} = m \frac{V^2}{R} \cos \beta \quad (2.2.3)$$

$$F_y \cos \delta b - F_{yr} c = 0 \quad (2.2.4)$$

Or l'angle de braquage δ étant petit, Il vient :

$$F_y + F_{yr} = m \frac{V^2}{R} \quad (2.2.5)$$

$$F_y b - F_{yr} c = 0 \quad (2.2.6)$$

En résolvant les équations, on tire :

$$F_y = \frac{c}{L} m \frac{V^2}{R} \quad (2.2.7)$$

$$F_{yr} = \frac{b}{L} m \frac{V^2}{R} \quad (2.2.8)$$

Les forces latérales se répartissent comme les poids aux essieux.

Dans le cas de notre projet nous avons simulé sur un logiciel de conception volumique, le fonctionnement du mécanisme pour vérifier l'espace du travail du robot agricole ce qui nous impose à faire une étude de distinction des cas.

3. Alimentation du robot AgriEco Robot :

1. la consommation du robot et dimensionnement du système PV:

L'énergie électrique pour son fonctionnement est fournie par un système de panneau photovoltaïque muni d'un suiveur solaire à 2 axes. Donc pour dimensionner le système photovoltaïque il faut calculer le besoin en énergie journalier de ce robot, ainsi étudier l'effet d'ombrage dans les zones qu'on veut installer le panneau photovoltaïque.

Le besoin nécessaire en énergie, de tous les équipements du robot, pour son fonctionnement avec d'une autonomie de fonctionnement de 3h avec une durée d'ensoleillement de 3.5 jours, est estimé de 1250 wh /jour

L'étude théorique argumentée par le logiciel de dimensionnement des panneaux photovoltaïques, pour alimenter le fonctionnement du robot, a abouti à :

- 4 panneaux solaires de capacité 250wc (2 en séries et 2 en parallèles)
- 3 batteries gel monté en série de caractéristiques 140Ah 12 v
- un régulateur de charge 30A.
- connecteur MC4.
- câble DC.

2. Etude d'ombrage :

L'effet des ombrage peuvent influencer de manière non négligeable de productivité en énergie de la station solaire photovoltaïque .à cet effet une étude préalable a été effectuée sur trois zones différentes sur le site d'installation prévu. Le choix de la meilleure zone en termes de production d'énergie maximale est obtenu à partir des informations de l'azimut et de la hauteur des masques entourant la zone, en se basant sur l'utilisation d'un logiciel de dimensionnement photovoltaïque.

Résultats obtenus :

Le diagramme solaire du site d'installation, le diagramme de masque de la zone 1, le diagramme de masque de la zone 2 et le diagramme de masque de la zone 3 sont représentés dans la figure 12, figure 13, figure 14 et figure 15, respectivement.

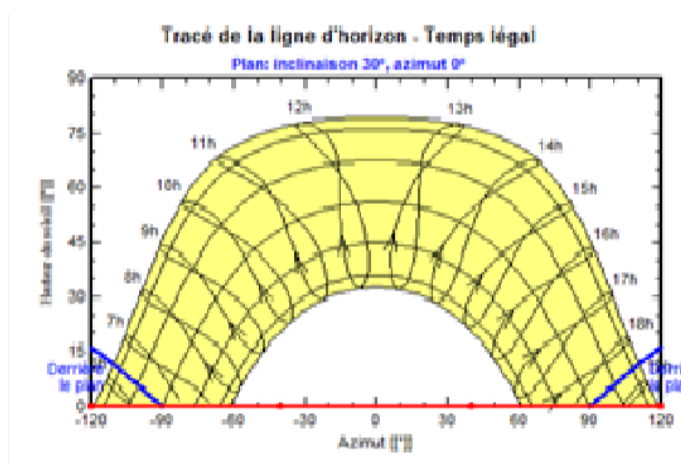


Figure 12. diagramme solaire de Rabat (FSR)

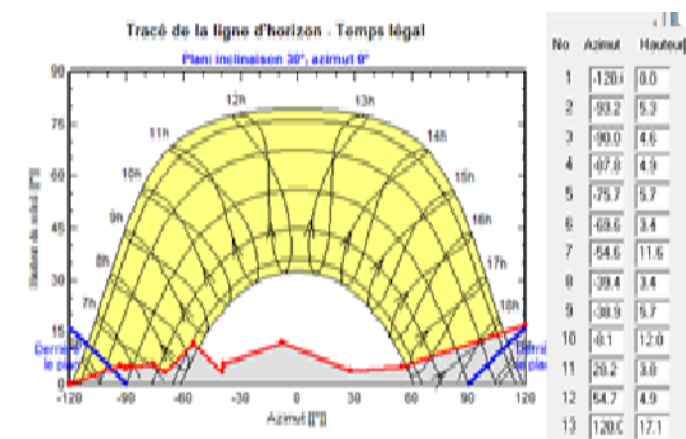


Figure 13. la courbe de masque pour la zone 1

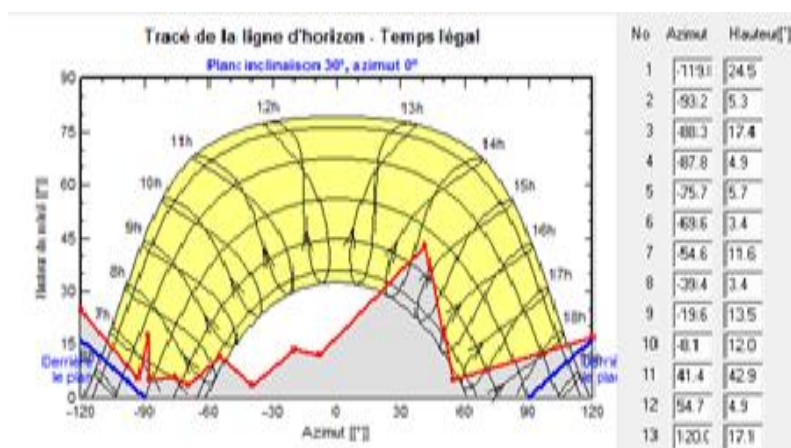


Figure 14. la courbe de masque de la zone 2

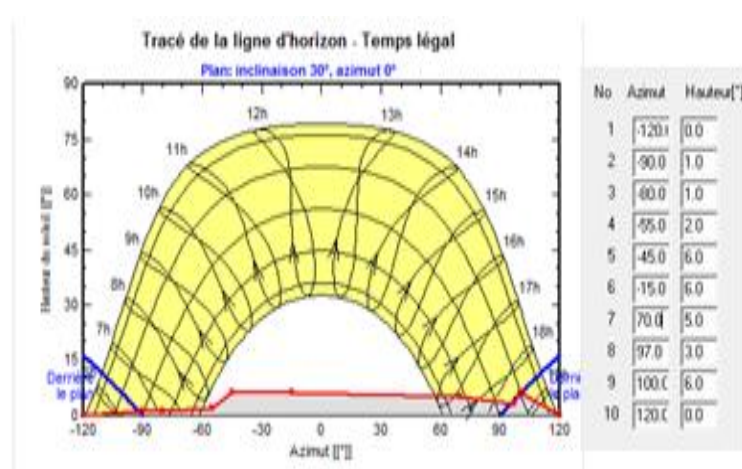


Figure 15. la courbe de masque de la zone 3

Il est bien noté que l'air de la surface masquée la plus petite correspond à la zone 3. Ceci montre que la zone 3 est la zone la plus optimal à installer les panneaux solaire car elle reçoit un maximum d'éclairement.

4. Conclusion :

Cette contribution a porté en premier lieu sur la démarche de conception d'un robot agricole écologique en utilisant un logiciel volumique de CAO. En second lieu sur le dimensionnement de système PV adapté aux besoins en énergies pour le fonctionnement du robot ainsi que le choix de la zone d'installation photovoltaïque dans le site d'expérimentation, selon le critère de l'effet de masque.

5. Remerciement :

Le département de physique et plus précisément le laboratoire LCS remercie le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique du Maroc (MESRSFC) et le Centre National de la Recherche Scientifique et Technique du Maroc (CNRST), pour leur financement de ce projet, qui nous a permis de faire face à toutes les contraintes que nous avons rencontrées durant le déroulement de ce projet.

6. Bibliographie

[1] Kapach, K., Maison, R., Edan, Y., & Ben-shahar, O. 2012. Computer vision for fruit harvesting robot-state of the art and challenges ahead. International journal of computational Vision and Robotics, 3(1), 4-34.

- [2] Tu, Xuyong, "Robust navigation control and headland turning optimization of agricultural vehicles" (2013). Graduate Theses and Dissertations. Paper 13188.
- [3] Zhang,Q.,Reid, J . F.,& Noguchi,N.(1999,August).Agricultral vehicule navigation using multiple guidance sensors.In proceedings of the international conference on feild andservice robotics (pp. 293-298).August.
- [4] Willemien VISSER LTCI (Laboratoire commun en Traitement et Communication de l'Information), UMR 5141 CNRS-TELECOM ParisTech INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et Automatique, France) willemien.visser@TELECOM-ParisTech.fr
- [5] <http://parisinnovationreview.com/article/energie-solaire-photovoltaique-crise-du-present-et-technologies-du-futur>
- [6] L. Segel. Theoretical prediction and experimental substantiation of the reponse of the automobile steering control. Technical report, The Institute of Mechanical Engineers, London, 1956.
- [7] C.Hibner. 2003. Drive Train Basics (How to Be Sure Your Robot Will Turn). Team 308 – TRW and Walled Lake Schools: The Monsters
- [8] <https://www.autodesk.com/education/freesoftware/robot-structural-analysis-professional>.