

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج
Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département électromécanique

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER
en Electromécanique
Spécialité : Electromécanique

Par :

- Tahar BENCHIKH

Sujet :

Conception et réalisation d'un robot de nettoyage

Soutenu publiquement, le : 03/07/2023

Devant le jury composé de :

M Seddik BEN HADOUGHHA	Pr	Président	Univ-BBA
M Riad KHANFER	MCA	Examineur	Univ-BBA
M Fares ZAOUI	MCB	Encadrant	Univ-BBA

Année Universitaire 2022/2023

Dédicaces

A nos chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de nos études,

A nos chères sœurs pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.

A nos chers frères pour leur appui et leur encouragement.

A toutes nos familles pour leur soutien tout au long de notre parcours universitaire.

Benchikh

Remerciements

Le travail que nous présentons dans ce mémoire de fin d'études a été réalisé au département Electromécanique de l'Université Mohamed El-Bachir El-Ibrahim de Bordj Bou Arreridj, Algérie.

*Nous voudrions exprimer toutes nos reconnaissances à notre encadreur du mémoire de fin d'études le **Dr. ZAOUI FARES**, enseignant chercheur à l'Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahim de Bordj Bou Arreridj, pour son encadrement, son soutien permanent, pour tous ses encouragements et discussions ainsi que pour ses précieux conseils tout au long de l'élaboration de ce travail.*

Nous remercions aussi monsieur le président et les membres du jury d'avoir accepté de juger notre travail.

Nos vifs remerciements vont également à tous nos amis pour leur soutien moral tout le long de la préparation de ce mémoire de fin d'études.

Enfin, on ne peut clore cette page de remerciements, sans exprimer notre profonde reconnaissance à l'ensemble du personnel du département Electromécanique: enseignants, ingénieurs, administrateurs et agents qui ont déployé des efforts remarquables pour nous faciliter la concrétisation de ce travail.

*Listes des figures
et des tableaux*

Liste des figures

Figure 1.1 : champ photovoltaïque	03
Figure 1.2 : Coupe transversale basique d'une cellule photovoltaïque à base de silicium Adaptée de Pasto	05
Figure 1.3 : Constituants d'un générateur PV	06
Figure 1.4 : Constituants d'un module photovoltaïque (Si cristallin)	07
Figure 1.5 : Panneau solaire en état poussiéreux.....	09
Figure 1.6 : Sable sur les bords du cadre.....	10
Figure 1.7 : Fientes d'oiseaux	10
Figure 2.1 : Une brosse pour nettoyer les panneaux solaires Photovoltaïques	17
Figure 2.2 : Une brosse pour nettoyer les panneaux Solaires photovoltaïques Solaire.....	17
Figure 2.3 : Un réservoir d'eau avec ses accessoires est installé sur le pick-up pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïques.....	18
Figure 2.4 : Un petit robot mobile pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïque.....	20
Figure 2.5 : Camion avec bras pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïque	21
Figure 2.6 : Un camion avec une flèche pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïque.....	22
Figure 3.1 : manette de commande.....	25
Figure 3.2 : châssis du robot	28
Figure 3.3 : Dimensionnement et modélisation géométrique de cadre	28
Figure 3.4 : Première matière de pineau	29
Figure 3.5 : : Dimensionnement de pineau	29
Figure 3.6 : Moteur électrique d 'essuie-glace	30
Figure 3.7 : : Dimensionnement d 'essuie-glace	30
Figure 3.8 : La relation mécanique entre les roues et les moteurs	31
Figure 3.9 : Pompe de lave glace électrique	31

Liste des figures et liste des tableaux

Figure 3.10 :buse d'injection d'eau.....	32
Figure 3.11 : Dimensionnement pompe de lave glace électrique.....	32
Figure 3.12 : Dimensionnement buse d'injection d'eau.....	33
Figure 3.13 : Réservoir d'eau.....	33
Figure 3.14 : Dimensionnement Réservoir d'eau.....	34
Figure 3.15 : brosses de nettoyage.....	34
Figure 3.16 : Dimensionnement brosses de nettoyage.....	35
Figure 3.17 : relais électromagnétique.....	35
Figure 3.18 : Dimensionnement relais électromagnétique.....	36
Figure 3.19 : schéma de La commande de la véhicule.....	37
Figure 3.20 : voiture de nettoyage.....	37
Figure 3.21 :Dimensionnement voiture de nettoyage.....	38
Figure 3.22 : phase de test de robot réalisé	38
Figure 3.23 : Manière de grimper au-dessus du panneau solaire.....	39

Liste des tableaux

Tableau 3.1 : Moteur électrique d 'essuie-glace	26
Tableau 3.2 : pompe de lave glace électrique.....	26

Résumé :

Dans ce projet, vous allez créer une conception mécanique pour un système de nettoyage de panneaux solaires, nous avons commencé par une description générale des panneaux solaires et de leur fonctionnement, puis nous avons décrit les différents composants puis nous avons conçu, fabriqué et assemblé la structure et les pièces mécaniques. Nous avons fait une conception 3D de la machine, sur SOLIDWORKS.. Après cela, et à la fin nous avons mené des expériences pratiques. Les tests menés sur le système réel conçu ont montré son efficacité.

Mots clés : modules photovoltaïque , Réalisation, SOLIDWORKS.

Abstract :

In this project, you will create a mechanical design for a cleaning solar panels, we started with a general description of the solar panels and how they work, then we described the different components then we designed, manufactured and assembled the structure and the mechanical parts. We have made a 3D design of the machine, on SOLIDWORKS. After that, and at the end we conducted practical experiments. The tests carried out on the system real designed have shown its effectiveness.

Keywords: photovoltaic modules , conception, SOLIDWORKS.

ملخص :

في هذا المشروع ، ستقوم بإنشاء تصميم ميكانيكي لتنظيف الألواح الشمسية ، بدأنا بوصف عام لـ الألواح الشمسية وكيفية عملها ، ثم قمنا بوصف المكونات المختلفة ثم قمنا بتصميم وتصنيع وتجميع الهيكل والأجزاء الميكانيكية التي لدينا عمل تصميمًا ثلاثي الأبعاد للجهاز على SOLIDWORKS. وبعد ذلك ، وفي النهاية أجرينا تجارب عملية. الاختبارات التي أجريت على النظام أظهرت المصممة الحقيقية فعاليتها.

الكلمات الدالة الألواح الشمسية , تصميم, SOLIDWORKS.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
<i>Chapitre 01 : Les modules photovoltaïque et les stations photovoltaïque l'influence des différents types de salissures dans les modules PV</i>	
I.Introduction	3
I.1 Énergie solaire photovoltaïque	3
I.1.1 Historique.....	4
I.1.2 Principe de la conversion photovoltaïque.....	4
I.2 Générateur photovoltaïque (champ PV)	5
I.2.1 Modules.....	6
I.2.2 Constituants.....	6
I.2.3 Fonction Les modules photovoltaïques assurent les fonctions suivantes	7
I.3. Différents types d'ombrages	7
I. 3.1 L'ombrage partiel.....	7
I.3.2 L'ombrage total.....	8
I.4 l'influence des différent types de salissures dans les modules pv	8
I.4.1 Effet de la poussière La poussière	8
I.4.2 Effets de l'obstruction	8
I.5 Effet de la corrosion.....	9
I.5.1 Nettoyage les systèmes photovoltaïque	10
I.5.2Méthodes de nettoyage	10
I.5.3 Nettoyage naturel	11
I.5.4 Nettoyage manuel	11
I.5.5 Nettoyage automatique	11
I.5.6 Robots de nettoyage intelligent.....	11
I.6 CONCLUSION.....	12

Chapitre 02 : Les technique de nettoyage

II. Introduction.....	14
II.1 Les techniques de nettoyage	14
II.1 .1 Nettoyage à sec :.....	14
II.1. 2 Nettoyage humide :.....	14
II.1.3Nettoyage à la vapeur :	15
II.1.4 Nettoyage par aspiration :.....	15
II.1.5 Nettoyage à ultrasons :	15
II.2 À quelle fréquence les panneaux solaires photovoltaïques doivent-ils être nettoyés	15
II.3 Quels sont les éléments à prendre en compte lors du nettoyage des panneaux solaires photovoltaïques ?.....	16
II.4 Quel est le bon mécanisme pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïque.....	16
II.5 Utilisation de brosses et extension d'un réseau d'eau sur le site du projet.....	17
II.6 Utilisation de brosses avec l'utilisation d'une prise d'eau	18
II.7Utiliser des brosses et adopter le processus de nettoyage à sec (sans utiliser d'eau	18
II.8 Un petit robot mobile.....	19
II.9 Robotsinstallés sur les panneaux solaires photovoltaïques.	20
II.10 camions avec largeur de flèche de panneaux solaires photovoltaïque	21
II.11 Le nettoyage vos panneaux photovoltaïques par drone.....	22
II.12 Conclusion	23

Chapitre 03 : Conception et réalisation du robot

III.Introduction.....	24
III.1 cahier de charger	24
III.2 Etape de réalisation de projet.....	24
III.2.1 dimensionnement d'un système.....	24
III.2.2Etapes de dimensionnement de l'installation	24
III.2.2.1 Caractéristiques techniques.....	25
III.3 Logicielle SOLIDWORKS	25
III.4 Realisation de conception mécanique	25
III.5 CONCLUSION.....	39

Introduction Générale

Introduction Générale

Avec l'essor de l'énergie solaire et des panneaux photovoltaïques, il est devenu essentiel de maintenir ces installations propres et efficaces afin d'optimiser leur production d'électricité. Le nettoyage régulier des panneaux solaires est une tâche importante mais souvent fastidieuse, nécessitant du temps et des efforts considérables. C'est dans ce contexte que la conception et la réalisation d'un robot de nettoyage manuel des panneaux photovoltaïques ont été envisagées. L'objectif principal de ce projet est de concevoir un robot de nettoyage spécialement adapté pour les panneaux photovoltaïques, capable de nettoyer efficacement leur surface en minimisant les efforts manuels. L'utilisation d'un robot permettrait de simplifier le processus de nettoyage, de gagner du temps et de réduire les coûts liés à l'embauche de personnel pour cette tâche spécifique. Ce robot de nettoyage manuel des panneaux photovoltaïques sera conçu pour fonctionner sous la supervision d'un opérateur humain. Il sera équipé de différentes fonctionnalités et outils spécifiques pour assurer un nettoyage efficace et sans risque pour les panneaux solaires. Par exemple, il pourra être équipé de brosses spéciales, de systèmes d'arrosage ou de dispositifs de pulvérisation d'eau, permettant d'éliminer les saletés, la poussière et autres contaminants présents sur les panneaux. La conception du robot mettra également l'accent sur la sécurité, en intégrant des capteurs et des systèmes de détection d'obstacles pour éviter les dommages potentiels aux panneaux solaires ainsi qu'aux autres structures environnantes. De plus, le robot sera doté d'un système de contrôle et de navigation précis, permettant à l'opérateur de le guider facilement le long des panneaux solaires, en optimisant ainsi l'efficacité et la couverture du nettoyage. La réalisation d'un tel robot de nettoyage manuel des panneaux photovoltaïques présente de nombreux avantages, notamment l'amélioration de la performance des panneaux solaires, l'augmentation de leur durée de vie et la réduction des coûts de maintenance. De plus, cela permet de garantir une production d'électricité maximale et durable à partir de sources d'énergie renouvelable. Au cours de cette étude, nous aborderons les différentes étapes de conception et de réalisation d'un robot de nettoyage manuel des panneaux photovoltaïques, en examinant les considérations techniques, les choix de conception, les défis possibles et les avantages associés à ce type de robot spécifique.

CHAPITRE 01 :

***Les modules photovoltaïque
et les stations photovoltaïques
l'influence des différents
types de salissures dans les
modules PV***

I. Introduction

L'électricité produite par la conversion solaire photovoltaïque est une alternative importante aux autres sources d'énergie polluantes qui s'épuisent avec le temps. Dans ce chapitre, nous fournirons des informations générales sur les générateurs photovoltaïques, Nous décrirons également la modélisation et le fonctionnement des cellules photovoltaïques ainsi que les propriétés électriques associées. Nous couvrons également certains facteurs qui affectent l'efficacité des panneaux solaires et nous avons présenté certaines méthodes de nettoyage des panneaux solaires qui augmentent considérablement la productivité énergétique [1].

I.1 Énergie solaire photovoltaïque

Le terme "photovoltaïque" vient du grec, signifiant lumière, volts et électricité. L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs tels que le silicium ou des matériaux recouverts d'une mince couche métallique. Ces matériaux photosensibles ont la propriété de libérer leurs électrons sous l'influence d'une énergie extérieure, ce qui est appelé l'effet photovoltaïque . L'énergie est apportée par les photons , (composants de la lumière) qui heurtent les électrons et les libèrent, induisant ainsi un courant électrique. Ce courant continu de micro faible puissance, mesuré en watt-crête (WC) , peut être transformé en courant alternatif grâce à un onduleur. L'électricité produite est disponible sous forme d'électricité directe, stockée en batteries pour une utilisation décentralisée de l'énergie électrique) ou injectée dans le réseau.



Figure 1.1 : Champ photovoltaïque.

I.1.1 Historique

Quelques dates importantes dans l'histoire du photovoltaïque [1] :

- En 1839 : Le physicien français Edmond Becquerel découvre l'effet photovoltaïque, qui est le processus d'utilisation de l'ensoleillement pour produire du courant électrique dans un matériau solide.
- En 1875 : Werner Von Siemens. présente un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs devant l'Académie des Sciences de Berlin. Cependant, jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, le phénomène demeure encore une curiosité de laboratoire.
- En 1954 : Trois chercheurs américains, Chapin, Pearson et Prince, développent une cellule photovoltaïque à haut rendement.. Cette avancée arrive à un moment où l'industrie spatiale émergente recherche des solutions innovantes pour alimenter ses satellites.
- En 1958 : Une cellule photovoltaïque avec un rendement de 9% est développée Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace.
- En 1973 : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware.
- En 1983 : La première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4000 km en Australie.

I.1.2 Principe de la conversion photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est un matériau semi-conducteur qui convertit les photons des rayonnements solaires en énergie électrique par l'effet photovoltaïque. Cette conversion s'effectue en trois étapes: (i) L'Absorption de la lumière par le matériau : Le matériau semi-conducteur absorbe les photons du rayonnement solaire. (ii) Transfert d'énergie des photons aux électrons : Lorsque les photons sont absorbés, ils transfèrent leur énergie aux électrons du matériau semi-conducteur, ce qui les excite et leur permet de se déplacer. (iii) Collecte des charges : Les électrons excités sont collectés et dirigés vers une électrode, tandis que les trous

Chapitre 01 : Les modules photovoltaïques et les stations photovoltaïques l'influence des différents types de salissures dans les modules PV

(absence d'électrons) sont également collectés et dirigés vers une autre électrode. Ce déplacement des charges génère un courant électrique.

A l'état pur, les semi-conducteurs ne conduisent pas bien le courant. Ils incorporent donc des atomes d'impuretés pour améliorer leur conductivité; cette manipulation s'appelle le dopage. Les cellules photovoltaïques sont majoritairement principalement composées de deux couches de silicium. Physiquement, les deux couches sont dopées différemment : l'une est de type N, avec des atomes de phosphore ajoutés, pour supporter la conduction électronique, et l'autre est de type P, avec des atomes de bore ajoutés, qui conduit principalement à travers les trous. La région séparant ces deux régions forme une jonction PN avec une barrière de potentiel. La charge est collectée par des électrodes déposées sur les deux couches semi-conductrices. La tension (V) mesurée aux bornes de la cellule photovoltaïque lorsque le courant est nul, est d'environ 0,6 V. Le courant (I) de la cellule photovoltaïque en court-circuité lorsque la tension est nulle, dépend fortement de l'intensité du rayonnement solaire[2].

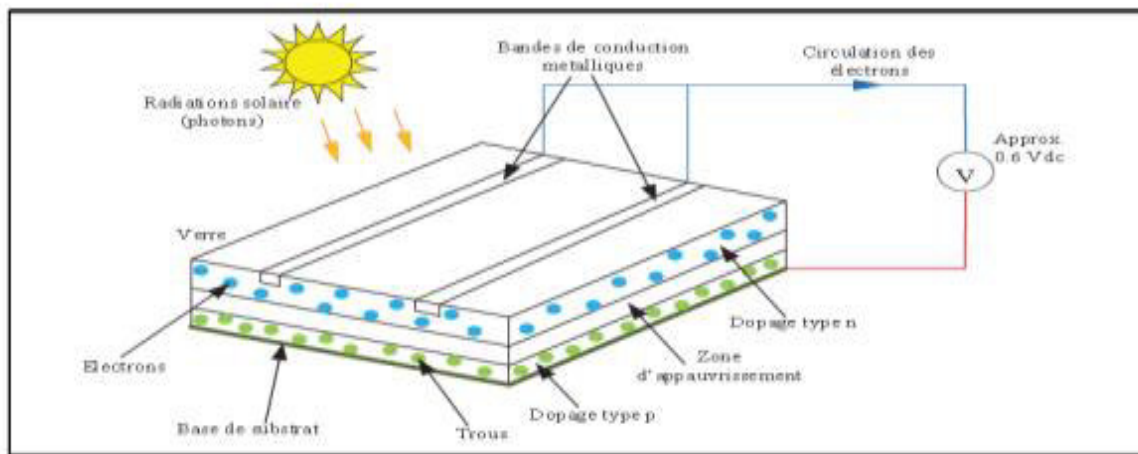


Figure I.1.2 : Coupe transversale basique d'une cellule photovoltaïque à base de silicium (adaptée de Pastor) [2].

I.2 Générateur photovoltaïque (champ PV)

Dans des conditions d'ensoleillement standard (1000W/m^2 , 25°C , AM1.5), la puissance maximale délivrée par une cellule en silicium de 150 cm^2 est d'environ 2.3 W sous une tension de 0.5V . Cette faible puissance est insuffisante pour la plupart des applications domestiques ou industrielles. Le générateur photovoltaïque est donc constitué d'un réseau série-parallèle de nombreux modules photovoltaïques, regroupés en panneaux photovoltaïques constitués de modules identiques[3]. La plupart des panneaux PV commerciaux sont constitués de sous-

Chapitre 01 : Les modules photovoltaïques et les stations photovoltaïques l'influence des différents types de salissures dans les modules PV

réseaux de cellules connectées en série. Chacun de ces sous-réseaux est lui-même constitué d'un groupe de cellules PV connectées en série. Le nombre de cellules par sous-réseaux est le fruit d'un compromis économique entre protection et pertes en cas de défaut partiel d'une partie importante du GPV[4].

I.2.1 Modules

Pour produire plus de puissance, les cellules solaires sont assemblées pour former un module. Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension[5].

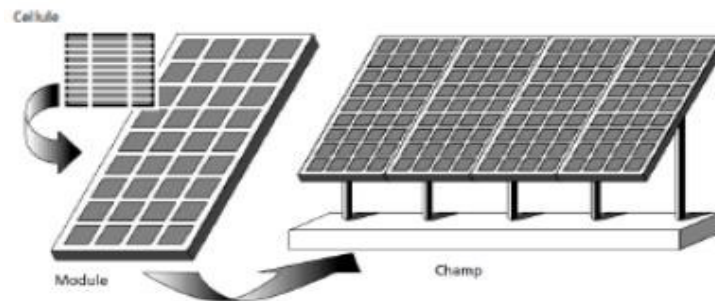


Figure I.3 : Constituants d'un générateur PV [5] .

I.2.2 Constituants

Afin de conférer au module une certaine protection et rigidité, il est essentiel de choisir soigneusement ses composants. Pour assurer une bonne captation du rayonnement solaire, il est essentiel de minimiser la réflexion des parties traversées par ce rayonnement [5].

- Cadre en aluminium : Le module est généralement entouré d'un cadre rigide en aluminium, comprenant des trous de fixation.
- Verre trempé : La surface avant est constituée d'un verre, trempé, d'une épaisseur de plusieurs millimètres, afin d'augmenter sa résistance aux chocs. Il assure une stabilité mécanique tout en étant transparent pour la lumière incidente.
- Couches d'encapsulation avant et arrière Les cellules de silicium sont enveloppées dans une résine EVA (éthylène-vinyleacétate).

Chapitre 01 : Les modules photovoltaïques et les stations photovoltaïques l'influence des différents types de salissures dans les modules PV

- Surface arrière : La couche arrière sert de barrière contre l'humidité et les autres contraintes. Selon le fabricant, il elle peut être constituée d'une autre plaque de verre ou d'une matière.

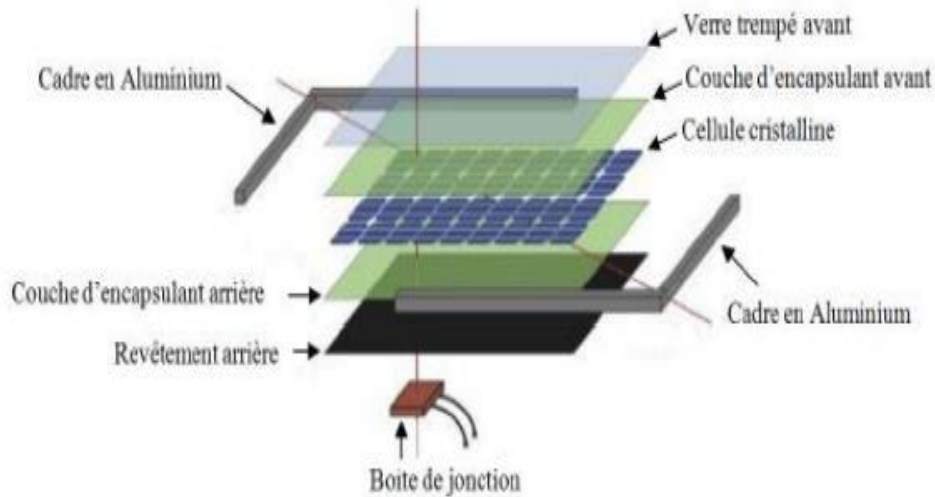


Figure I.4 : Constituants d'un module photovoltaïque (Silicium cristallin)

I.2.3 Fonction Les modules photovoltaïques assurent les fonctions suivantes :

- Protection des cellules contre les agents atmosphériques
- Protection mécanique et support.
- Connexion électrique entre cellules et avec l'extérieur [5].

I.3 Différents types d'ombrages

On peut distinguer deux types d'ombrage : l'ombrage partiel et l'ombrage total [10].

I. 3.1 L'ombrage partiel

C'est un ombrage qui laisse partiellement passer les rayons du soleil ou qui empêche seulement le rayonnement direct d'atteindre une partie de la cellule photovoltaïque[6].

I.3.2 L'ombrage total

Chapitre 01 : Les modules photovoltaïque et les stations photovoltaïques l'influence des différents types de salissures dans les modules PV

On appelle ombrage complet ou total ce qui recouvre entièrement le panneau ou empêche tout rayonnement (direct et indirect) d'atteindre une partie de cellule photovoltaïque (par exemple, une déjection d'oiseau, une branche d'arbre sur le panneau, une couverture).

Il faut savoir que les cellules photovoltaïques sont connectées en série. Par conséquent, la cellule la plus faible aura un impact sur les performances des autres cellules. L'ombrage total d'une rangée de cellules peut rendre l'ensemble du module photovoltaïque inefficace.[6]

I. 4 L'influence des différents types de salissures sur les modules PV

I.4.1 Effet de la poussière

La poussière est constituée de très petites particules avec un diamètre inférieur à 500 μm . Elle peut être représentée par des bactéries, des gouttelettes, du petit grains de pollen, des touffes de vêtements et de tapis, des cendres volcaniques, des cellules animales, de la boue ou de la vase, etc. L'accumulation de la poussière dépend de diverses conditions environnementales et météorologiques, des activités humaines, telle que la fumée des voitures, de l'activité volcanique, de la pollution de l'air, des activités industrielles, ainsi que de l'érosion des murs et des montagnes par les facteurs météorologiques et les tornades de boue, de sorte que la poussière varie d'une région à l'autre [7].

I.4.2 Effets de l'obstruction

La poussière adhère à la surface des panneaux solaires, ce qui bloque, absorbe et réfléchit la lumière. L'effet le plus importante est le blocage de la lumière. La réflexion, l'absorption et l'ombrage des particules de poussière sur la lumière affectent l'absorption de la lumière par les

panneaux photovoltaïques, ce qui réduit leur efficacité de la production d'énergie (voir Figure I.5) Des recherches ont indiqué montré que la poussière déposée sur la surface réceptrice de lumière des modules solaires réduit d'abord la transmission de la lumière à travers la surface du panneau solaire puis modifie l'angle d'incidence de certains rayons lumineux, ce qui entraîne une répartition inégale de la lumière à travers la couche de verre [8].



FigureI.5: Panneau solaire en état poussiéreux

I.5.Effet de la corrosion

La surface des panneaux photovoltaïques est principalement constituée de verre, et dont les principaux composants du verre sont la silice et le calcaire. Lorsque de la poussière humide contenant de l'acide ou des alcalis adhère à la surface de la lamelle couvre-objet, les composants de la lamelle couvre-objet peuvent réagir avec l'acide ou l'alcali. Au fil du temps, dans un environnement acide ou alcalin, la surface en verre se corrode lentement, entraînant la formation de piqûres., ce qui entraînera la réflexion de la lumière diffuse sur la surface de la plaque de couverture, et l'uniformité de diffusion dans le verre est détruite.

De plus, plus la surface du revêtement du module photovoltaïque est rugueuse, moins l'énergie de la lumière réfractée est élevée, ce qui signifie que moins d'énergie réelle atteint la surface de la cellule photovoltaïque. Par conséquent, la production d'énergie de la cellule photovoltaïque diminue. Les surfaces rugueuses et collantes, contenant des résidus adhésifs, ont tendance à accumuler plus de poussière que les surfaces lisses. De plus, la poussière elle-même attire davantage de poussière. Une fois que de la poussière initiale est présente, elle entraîne une accumulation plus importante de poussière et accélère la détérioration de la production d'énergie photovoltaïque [8].

I.5.1 Nettoyage des systèmes photovoltaïques

L'un des principaux problèmes qui entravent le développement de l'industrie solaire dans les zones à forte densité de poussière est la contamination des modules PV par la poussière. Face à ce problème, une solution courante consiste à nettoyer les modules PV en utilisant les moyens de nettoyage disponibles sur le site d'installation du système PV.[9]

I.5.2 Méthodes de nettoyage

Afin d'assurer un rendement maximal, il est essentiel que les panneaux solaires doivent être soient propres. Si la surface des panneaux photovoltaïques est obstruée par de la poussière ou toute autre forme de salissure, ils ne pourront pas convertir efficacement l'énergie solaire. Heureusement, l'entretien d'une installation solaire est relativement simple. Le nettoyage des panneaux solaires et la maintenance de l'équipement être effectués par vous-même sans problème difficulté [10].



Figure 1.6 : Sable sur les bords du cadre



Figure 1.7: Fientes d'oiseaux

I.5.3 Nettoyage naturel

Les modules PV bénéficient d'un nettoyage naturel grâce à la pluie et à la vitesse du vent. L'angle incliné des modules favorise l'écoulement des eaux de pluie, ce qui permet de nettoyer la saleté à la surface des modules PV. Ce type de nettoyage présente certainement de nombreux avantages, mais il peut également présenter quelques inconvénients [11].

I.5.4 Nettoyage manuel

Le nettoyage manuel est une méthode très primitive de nettoyage des panneaux solaires, effectuée entièrement à la main. Cette méthode présente une faible efficacité de travail, un cycle de nettoyage long, un coût élevé de main-d'œuvre élevé et des risques potentiels pour la sécurité des personnes. Les centrales photovoltaïques à grande échelle utilisent rarement le nettoyage manuel.

D'autre part, le nettoyage à l'eau consiste à pulvériser de l'eau sur la surface du module photovoltaïque à l'aide d'une buse connectée à une roue hydraulique (ou à la conduite d'eau), afin d'atteindre l'objectif de nettoyage. Cette méthode de nettoyage est supérieure au manuel sec, une efficacité de nettoyage est plus élevée, mais elle nécessite une consommation d'eau plus importante. De plus, une fois que le panneau solaire est naturellement séché à l'air, des taches d'eau peuvent se former à la surface, créant des micro-ombrage, qui affectent l'efficacité de la production d'énergie. De plus, l'utilisation de canons à eau à haute pression en hiver peut entraîner la formation d'une couche de glace qui affaiblit sérieusement l'effet optique des modules [10].

I.5.5 Nettoyage automatique

Les premiers appareils de nettoyage automatisé des modules PV ont été fabriqués aux États-Unis, plus précisément à Boston. Ce type de nettoyage consiste à faire glisser le nettoyeur principal verticalement sur les rails fixés à l'extrémité des panneaux solaires. Le robot est généralement combiné à un système automatique d'injection d'eau à basse pression sur les surfaces des panneaux solaires, ce qui permet de nettoyer les salissures sur les modules PV [11].

I.5.6 Robots de nettoyage intelligents

Il existe déjà des robots de nettoyage intelligents en Chine. Cette méthode consiste à installer un robot de nettoyage pour chaque rangée des panneaux photovoltaïques dans la centrale électrique, permettant un nettoyage automatique et régulier, sans surveillance, ce qui permet d'économiser les coûts de main-d'œuvre. Cette méthode convient aux centrales photovoltaïques à terrain plat. Comparé aux méthodes de nettoyage traditionnelles, le robot de nettoyage intelligent est autonome en énergie et dispose d'un stockage d'énergie, éliminant ainsi le besoin d'une alimentation externe. Il effectue un nettoyage sans eau (sec), ce qui permet d'économiser

Chapitre 01 : Les modules photovoltaïque et les stations photovoltaïques l'influence des différents types de salissures dans les modules PV

de l'énergie, de protéger l'environnement, et d'économiser l'eau. La fréquence de fonctionnement peut être réglée selon les besoins du site, permettant ainsi un nettoyage régulière fonction de l'environnement. La force de nettoyage est uniforme ce qui évite d'endommager les panneaux solaires, et il le robot peut fonctionner la nuit [12].

I.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu du domaine de la photovoltaïque. Nous avons également abordé les méthodes de nettoyage des panneaux solaires visant à améliorer leur rendement pour et ainsi augmenter la production d'énergie électrique.

CHAPITRE 02 :
Techniques de nettoyage

II. Introduction

Les panneaux solaires photovoltaïques convertissent le rayonnement solaire qui les atteint en un courant continu constant. Ensuite, ces les panneaux sont connectés à des onduleurs photovoltaïques (Peters) afin de convertir le ce courant continu en un courant alternatif (rrent AC), et puis de le redistribuer vers le réseau électrique public et les charges électriques.

Cependant, l'accumulation de poussière sur la surface vitrée des panneaux solaires photovoltaïques peut bloquer une partie du rayonnement solaire incident, entraînant ainsi une diminution de leur capacité de production . De plus, une accumulation inégale de poussière ou la présence d'objets opaques tels que les déjections d'oiseaux peuvent provoquer l'apparition de points chauds sur les panneaux.

II.1 Les techniques de nettoyage

Il existe plusieurs techniques de nettoyage utilisées dans différents domaines tels que l'entretien ménager, l'industrie, l'automobile, et bien d'autres. Voici quelques-unes des techniques couramment utilisées :

II.1 .1Nettoyage à sec :

Cette technique est utilisée pour éliminer la saleté et les taches sans utiliser d'eau. Elle repose généralement sur l'utilisation de solvants ou de produits chimiques spéciaux. Le nettoyage à sec est souvent utilisé pour les vêtements délicats ou les tissus sensibles à l'eau.[13]

II.1. 2 Nettoyage humide :

Le nettoyage humide implique l'utilisation d'eau ou d'un mélange d'eau et de détergent pour éliminer la saleté, la poussière et les taches. Cette méthode est couramment utilisée pour le nettoyage des surfaces dures telles que les sols, les carreaux, les fenêtres, etc.[14]

II.1.3 Nettoyage à la vapeur

Cette technique utilise de la vapeur d'eau sous pression pour éliminer la saleté et les taches. La vapeur chaude peut dissoudre la saleté et tuer les bactéries, ce qui en fait une méthode efficace pour le nettoyage des tapis, des matelas, des meubles rembourrés et d'autres surfaces.[15]

II.1.4 Nettoyage par aspiration

L'aspiration est une méthode courante pour éliminer la poussière, les débris et les particules de saleté des surfaces telles que les tapis, les moquettes et les meubles rembourrés. Les aspirateurs utilisent un système d'aspiration pour collecter la saleté dans un réservoir ou un sac.[16]

II.1.5 Nettoyage à ultrasons

Cette technique utilise des ondes ultrasonores pour éliminer la saleté, la graisse et les contaminants des objets. Les objets à nettoyer sont placés dans un bain de liquide de nettoyage, et les ondes ultrasonores créent des vibrations qui délogent la saleté, permettant ainsi un nettoyage en profondeur[17]

II.2 À quelle fréquence les panneaux solaires photovoltaïques doivent-ils être nettoyés ?

Le processus de détermination de la fréquence de nettoyage des panneaux photovoltaïques dépend du site du projet, des conditions d'installation et d'encrassement pris en compte lors de l'étude de productivité du projet d'électricité solaire. Par conséquent, il n'est pas possible de spécifier un nombre fixe de nettoyages pour les projets solaires photovoltaïques, même s'ils sont situés dans une certaine zone géographique.

Il est possible d'installer un appareil dans les projets de grande envergure qui calcule les pertes résultant du non nettoyage des panneaux. Cet appareil se compose de deux panneaux : le premier panneau n'est nettoyé que lorsque les panneaux du projet sont nettoyés, tandis que le

deuxième panneau est nettoyé quotidiennement. Ensuite, le débit de la carte propre est comparé au débit de la carte sale afin de déterminer les pertes causées par l'absence de nettoyage.

Une fois que le montant des pertes résultant du non-nettoyage des panneaux est connu, il est possible de comparer le coût du processus de nettoyage avec le montant des pertes de productivité. Cela peut être réalisé en comparant le coût du nettoyage avec le prix de vente du kilowattheure (exprimé en cents/kilowattheure).[18]

II.3 Quels sont les éléments à prendre en compte lors du nettoyage des panneaux solaires photovoltaïques ?

- **Moment du nettoyage:** Il est recommandé de nettoyer les panneaux tôt le matin ou le soir, lorsque la différence de température entre l'eau utilisée et les panneaux solaires PV est minimale.
- **Arrêt des onduleurs électriques:** Le nettoyage des panneaux solaires photovoltaïques doit être effectué lorsque les onduleurs électriques ne fonctionnent pas. (Les chaînes des panneaux doivent être en position de circuit ouvert afin de ne pas affecter la productivité des panneaux et de réduire les risques de chocs électriques pour les travailleurs qui effectuent le nettoyage.
- **Éviter les produits chimiques :** Aucun produit chimique ne doit être utilisé dans le processus de nettoyage des panneaux solaires PV. Il est préférable d'utiliser une éponge humide ou un chiffon doux pour essuyer la surface vitrée des panneaux. Cette méthode convient aux projets résidentiels et de petite taille. Pour les projets de grande taille, l'utilisation de machines et de brosses spéciales est recommandée. [18]

II.4 Quel est le bon mécanisme pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïque

Dans les petits projets résidentiels, l'utilisation d'éponges humides ou des chiffons doux est appropriée pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïques. Dans les projets de grandes envergure et les projets dédiés à la vente d'électricité, comprenant des dizaines de milliers de panneaux, cette méthode devient peu pratique et peu rentable en termes de coûts techniques et financiers. Ci-dessous, nous expliquerons certaines des méthodes de nettoyage utilisées dans ces projets à grande échelle. [18]

II.5 Utilisation de brosses et extension d'un réseau d'eau sur le site du projet

Des brosses spéciales peuvent être utilisées pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïques, car ces brosses sont équipées d'une alimentation en eau et en électricité. La brosse se déplace sur les panneaux tout en pompant de l'eau sur leur surface. [18]



Figure 2.1 : Une brosse pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïques.



Figure 2.2 : Une brosse pour nettoyer les panneaux Solaires photovoltaïques Solaire

II.6 Utilisation de brosses avec l'utilisation d'une prise d'eau

Les mêmes brosses que nous avons évoquées au point précédent peuvent être utilisées, mais pour amener l'eau dans les passages entre les panneaux, un réservoir d'eau peut être installé sur un pick-up au lieu de prolonger un réseau d'eau complet au sein du site.

La meilleure option est déterminée entre la première option et cette option en fonction du nombre de temps de nettoyage requis annuellement, des conditions du site et du coût d'extension d'un réseau d'eau par rapport aux coûts d'utilisation d'une camionnette pour transporter l'eau, et si le nettoyage processus sera de la responsabilité du maître d'ouvrage ou de la responsabilité de l'entrepreneur qui a mis en œuvre le projet[18]



Figure 2.3 :Un réservoir d'eau avec ses accessoires est installé sur le pick-up pour le nettoyage des panneaux solaires photovoltaïques.

II.7 Utiliser des brosses et adopter le processus de nettoyage à sec (sans utiliser d'eau)

Dans certains projets, l'accès aux sources d'eau est limité ou les coûts sont élevés ce qui conduit les propriétaires et les exploitants de projets solaires photovoltaïques à préférer adopter le processus de nettoyage à sec pour les panneaux.

Il est conseillé de vérifier auprès du fabricant des panneaux solaires PV avant d'utiliser ce type de brosse/nettoyeuse, afin de s'assurer qu'elle n'endommagera pas les panneaux, en particulier le revêtement antireflet. (ARC). [18]

II.8 Un petit robot mobile

Dans certains projets, en particulier ceux qui sont conçus et installés sur des toits de structures métalliques, où toute la surface est utilisée sans laisser d'espace pour les opérations de nettoyage et d'entretien, il devient nécessaire d'utiliser des robots mobiles dans le processus de nettoyage, comme illustré dans l'image ci-dessous.

Dans ce type de projet, l'utilisation des brosses mentionnées dans les options précédentes est difficile, car la largeur des panneaux solaires photovoltaïques dépasse la portée maximale des bras installés sur les brosses de nettoyage. (Cependant, les brosses peuvent être utilisées en les fixant avec des cordes, en les abaissant aux extrémités inférieures du réseau et en les remontant à nouveau). [18]



Figure 2.4 : Un petit robot mobile pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïques.

II.9 Robots installés sur panneaux solaires photovoltaïques.

Il est également possible d'utiliser des robots installés sur les panneaux solaires photovoltaïques, comme indiqué dans les images ci-dessous. Ce type de robot dépend souvent du processus de nettoyage à sec.

Ces robots sont fixés en permanence sur les rangées de panneaux, éliminant ainsi complètement le besoin de la main-d'œuvre dans le processus de nettoyage à l'exception des opérations de maintenance ou pour réduire les coûts d'investissement (CAPEX). Ces robots peuvent être mobiles et déplacés d'une rangée à l'autre.

Cette méthode de nettoyage des panneaux doit être prise en compte dès la phase de conception du projet, où des structures métalliques supplémentaires sont généralement installées sur les supports métalliques des panneaux afin d'éviter que ces robots n'exercent une pression ou une contrainte mécanique sur les panneaux. [18]

II.10 Camions avec largeur de flèche de panneaux solaires photovoltaïque

La dernière méthode que nous mentionnerons dans cette section pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïques consiste à utiliser un camion équipé d'une flèche qui couvre la largeur des panneaux solaires photovoltaïques. Le nettoyage du panneau s'effectue en positionnant simplement le camion à côté du panneau, à un emplacement approprié.

Il est crucial de spécifier la méthode de nettoyage des panneaux dès la conception du projet. Par exemple, pour utiliser cette méthode de nettoyage, il est nécessaire de prévoir un espace suffisant entre les générateurs photovoltaïques pour permettre le déplacement du camion. De plus, aucun objet obstacle ne doit entraver le mouvement du chariot entre les rangées de panneaux. [18]



Figure 2.5 : Camion avec bras pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïque



Figure 2.6: Un camion avec une flèche pour nettoyer les panneaux solaires photovoltaïque

II.11 Le nettoyage des panneaux photovoltaïques par drone

L'entretien des panneaux solaires par drone n'est pas une tâche à prendre à la légère. En effet, ci cela demande de connaissances solides et une expertise exceptionnelle dans le pilotage des drones. Il est essentiel de maîtriser parfaitement les techniques de vol afin de couvrir toute la surface des panneaux. De plus , le choix des produits de nettoyage ne doit pas être négligé. Il peut être nécessaire d'utiliser des solutions dégraissantes pour des panneaux qui n'ont jamais été nettoyés depuis de nombreuses années.

Pour effectuer le nettoyage des panneaux solaires, un télépilote expérimenté utilise le drone pour voler au-dessus des panneaux et pulvériser le liquide de nettoyage. Le drone est contrôlé avec précision pour s'assurer que toute la surface des panneaux est traitée de manière optimale.

Le nettoyage des panneaux solaires par drone est non seulement efficace, mais il réduit également les risques associés aux méthodes traditionnelles telles que l'utilisation d'échelles ou de plates-formes élévatrices. De plus, cette méthode permet d'économiser du temps et de la main-d'œuvre.

Il est important de faire appel à des professionnels qualifiés et expérimentés pour effectuer le nettoyage des panneaux solaires par drone afin de garantir un nettoyage adéquat et en toute sécurité. [19]

II.12 Conclusion :

le nettoyage régulier et approprié des panneaux photovoltaïques est crucial pour maintenir leur performance optimale. En combinant les bonnes techniques de nettoyage avec un entretien régulier, vous pouvez assurer une production d'énergie solaire maximale et prolonger la durée de vie de vos panneaux.

Chapitre 03 :
Conception et
réalisation du robot

III. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes étapes de notre réalisation. Nous avons divisé ce chapitre en quatre parties. La première partie concerne le dimensionnement du système autonome. La deuxième partie traite de la conception mécanique de système. Troisièmement , nous réalisons l'installation de la commande électrique par les relais électromagnétiques.

III.1 cahier de charger

Le robot de nettoyage se déplace linéairement sur l'axe X et l'axe Y et à une rotation sur l'axe Z , Le déplacement du robot de nettoyage sur le support des panneaux solaires s'effectue sur toute la distance d'installation . la commande est effectuée manuellement par un actionnement sur manette . la manette est présente dans la figure 3.1



Figure 3.1: manette de commande

III.2 Étapes de réalisation du projet

Pour la confection de système de nettoyage, nous avons suivi différentes étapes qui sont les suivantes :

III.2.1 dimensionnement d'un système

Pour la réalisation d'un robot de nettoyage le dimensionnement est une étape indispensable. La méthode de dimensionnement consiste à déterminer d'abord la longueur et la largeur du châssis , ou il faut loger les équipements nécessaires pour la fonctionnement du robot comme batterie , moteurs et les relais de commande.

III.2.2 Etapes de dimensionnement de l'installation

III.2.2.1 Caractéristiques techniques : Ces valeurs sont données à titre indicatif et peuvent varier suivant les moteurs.[21]

Alimentation électrique	12 volts
Puissance	35 watts
Vitesse moteur (Grande)	3000t/mn (35 t/mn après réducteur)
Vitesse moteur (petite)	2000t/mn (50 t/mn après réducteur)
Consommation électrique	6 ampères
Résistance induit	0,5 ohms
Couple de sortie	4 N.m
Effort sur bras essuie-glace (pour 1 bras de 600mm)	7 N

Tableaux 3.1 : Moteur électrique d'essuie-glace

Mode de fonctionnement	Électrique
Tension de service	12 V
Puissance de pomp	1 à 5 bar, 1 à 8 l/min
Design	Mono / Double
Ø Carter	Entre 27 et 46 mm
Ø Entrée	Entre 7 et 17 mm
Ø Sortie	Entre 4 et 11 mm

Tableaux 3.2: pompe de lave glace électrique

III.3 Logicielle SOLIDWORKS

Le logiciel de conception mécanique SOLIDWORKS est un outil de conception de modélisation volumique paramétrée , basé sur des fonctions. , Il tire parti des fonctionnalités de Windows TM , et est connu pour sa convivialité. On peut créer des modèles volumiques 3D entièrement intégrés avec ou sans contraintes, en utilisant des relations automatiques ou définies par l'utilisateur pour saisir l'intention de conception. Un modèle SOLIDWORKS est

entièrement intégré aux mises en plan et aux assemblages qui y sont référencés. Les changements apportés au modèle sont entièrement reflétés dans les mises en plan et les assemblages qui lui sont associés. De même, si des changements sont effectués dans le contexte d'une mise en plan ou d'un assemblage, ils sont reflétés dans le modèle. Les relations géométriques telles que les relations parallèles, perpendiculaires, horizontales, verticales, concentriques et coïncidentes sont des exemples des de contraintes supportées par SOLIDWORKS. Des équations peuvent également être utilisées pour établir des relations mathématiques entre les paramètres. Grâce à ces fonctionnalités, nous pouvons garantir que des concepts seront établis et conservés[22]

III.4 Réalisation et conception mécanique

Nous avons suivi les étapes suivantes pour la réalisation de notre robot de nettoyage.

Première étape :

Le châssis du robot est constitue en aluminium d'une épaisseur de 1 mm, avec longueur de 60cm, et largeur de 40 cm, Hauteur de 10 cm.



Figure 3.2: châssis du robot

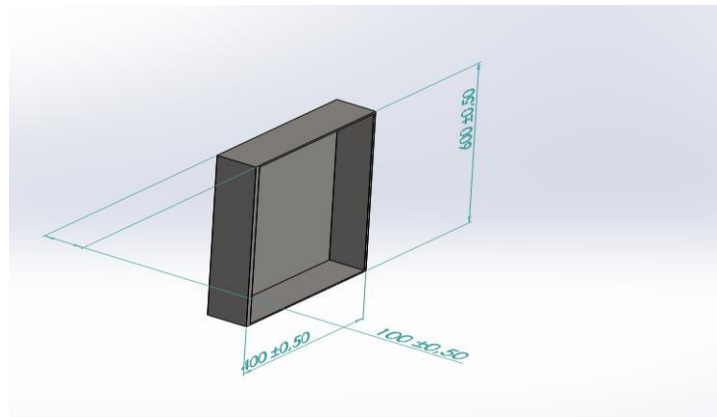


Figure 3.3 :châssis sur SolidWorks

Deuxième étape :

Deuxièmement, après la fabrication du châssis, une conception tridimensionnelle pour la fabrication des roues dentées (4) .



Figure3.4: Première matière du pignon

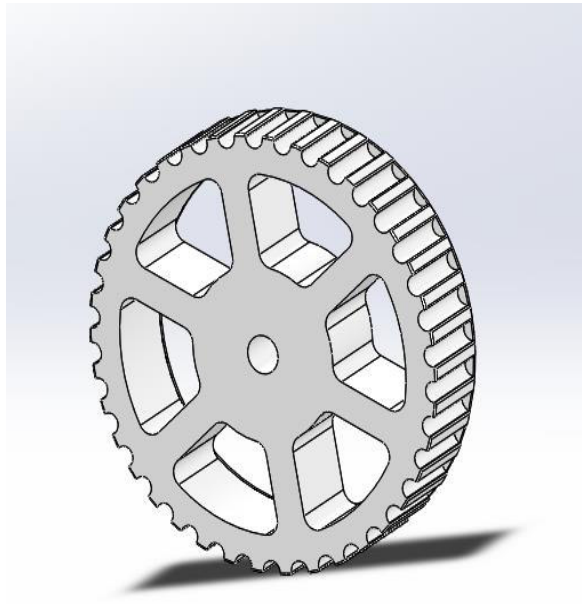


Figure 3.5: pignon sur SolidWorks

Troisième étape :

Troisièmement, la forme mécanique du mouvement entre les deux moteurs et les roues, où il y a deux moteurs de type PC 12V, l'un dans la roue droite et l'autre dans la gauche, et il existe également une relation mécanique entre les deux moteurs et les roues, à savoir transmission par courroi avec accouplement .



Figure 3.6 : Moteur électrique d'essuie-glace

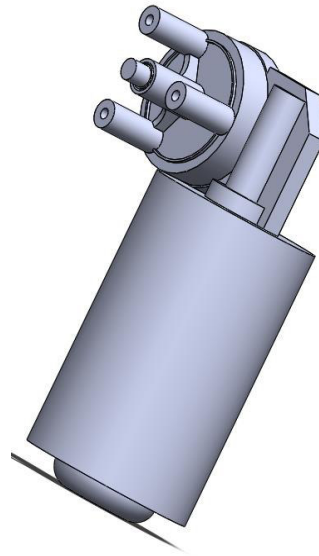


Figure 3.7 : Moteur électrique d'essuie-glace sur SolidWorks

Quatrième étape

Nous parlons également de la relation mécanique qui existe entre les pignons , dans notre cas $D_M = D_R$

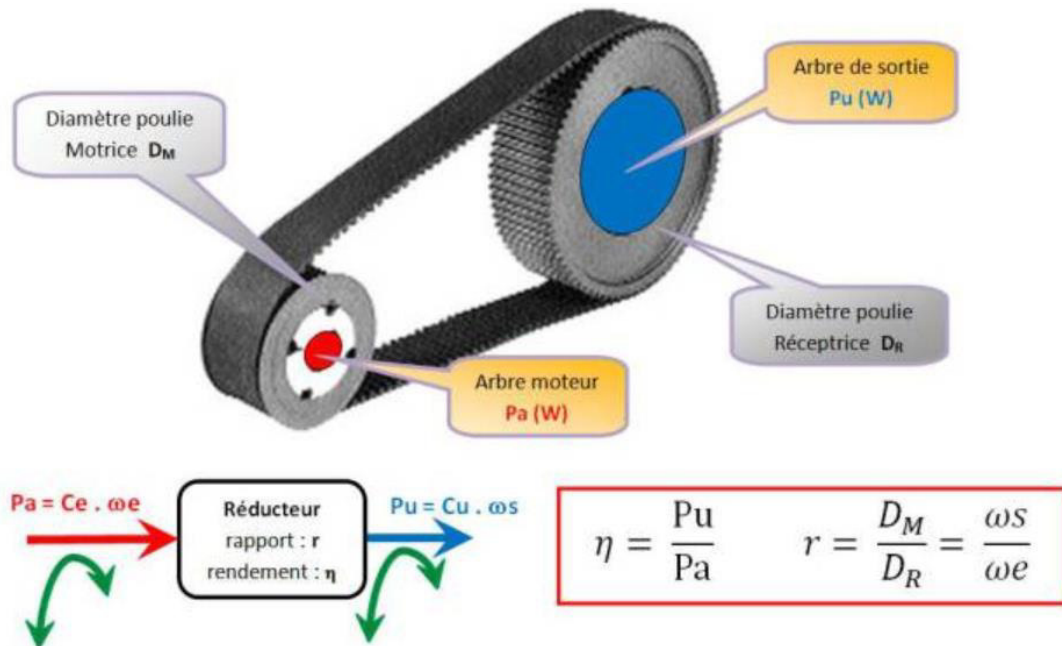


Figure 3.8: La relation mécanique entre les Pignons [23]

Cinquième étape :

pour l'arrosage de leau sur les modules photovltaique nous utilisons une moteur pompe de 12V DC de type klaxcar, et buse d'injection d'eau



Figure 3.9 : moteur pompe



Figure 3.10 : buse d'injection d'eau

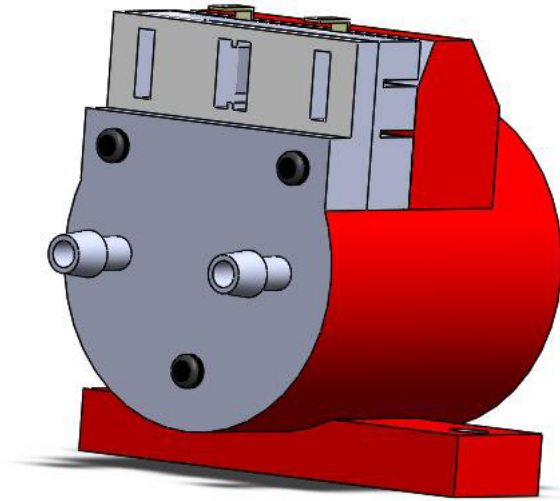


Figure 3.11 : moteur pompe sur SolidWorks



Figure 3.12: buse d'injection d'eau sur SolidWorks

Sixième étape :

nous avons besoin d'un réservoir d'eau qui a une hauteur de cm12, une longueur de 35cm et également une largeur de 15 cm et une capacité de 4500cm³ (4,5 litre)



Figure 3.13: Réservoir d'eau

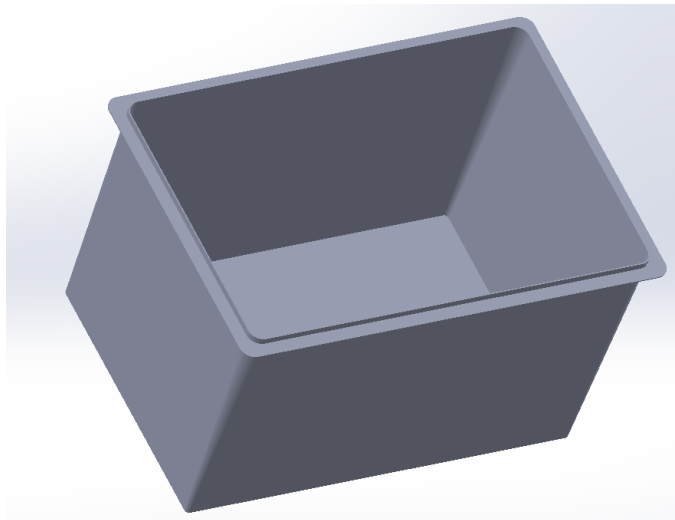


Figure 3.14: Réservoir d'eau sur SolidWorks

Septième étape :

La brosse qui enlève la saleté et la poussière au niveau des panneaux solaires, avec une forme cylindrique

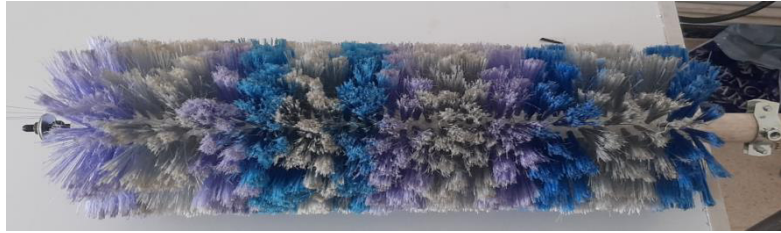


Figure 3.15: brosses de nettoyage

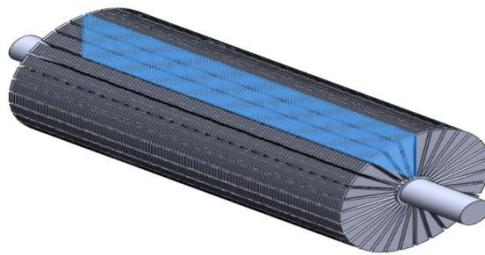


Figure 3.16: brosses de nettoyage sur SolidWorks

Huitième étape :
les relais électromagnétique (CNC .12V) utilisées,

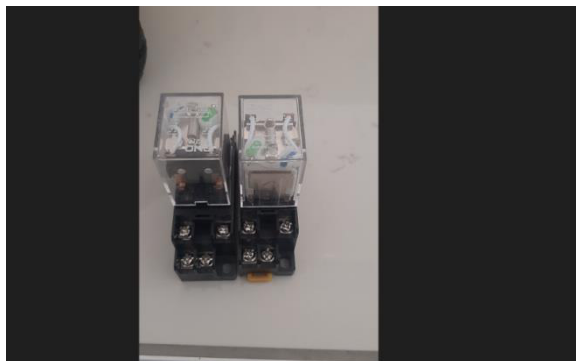


Figure 3.17: relais électromagnétique

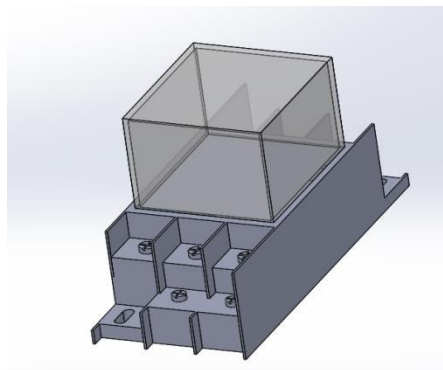


Figure 3.18: relais électromagnétique sur SolidWorks

Neuvième étape :

Le schéma de commande est présenté dans la figure 3.19

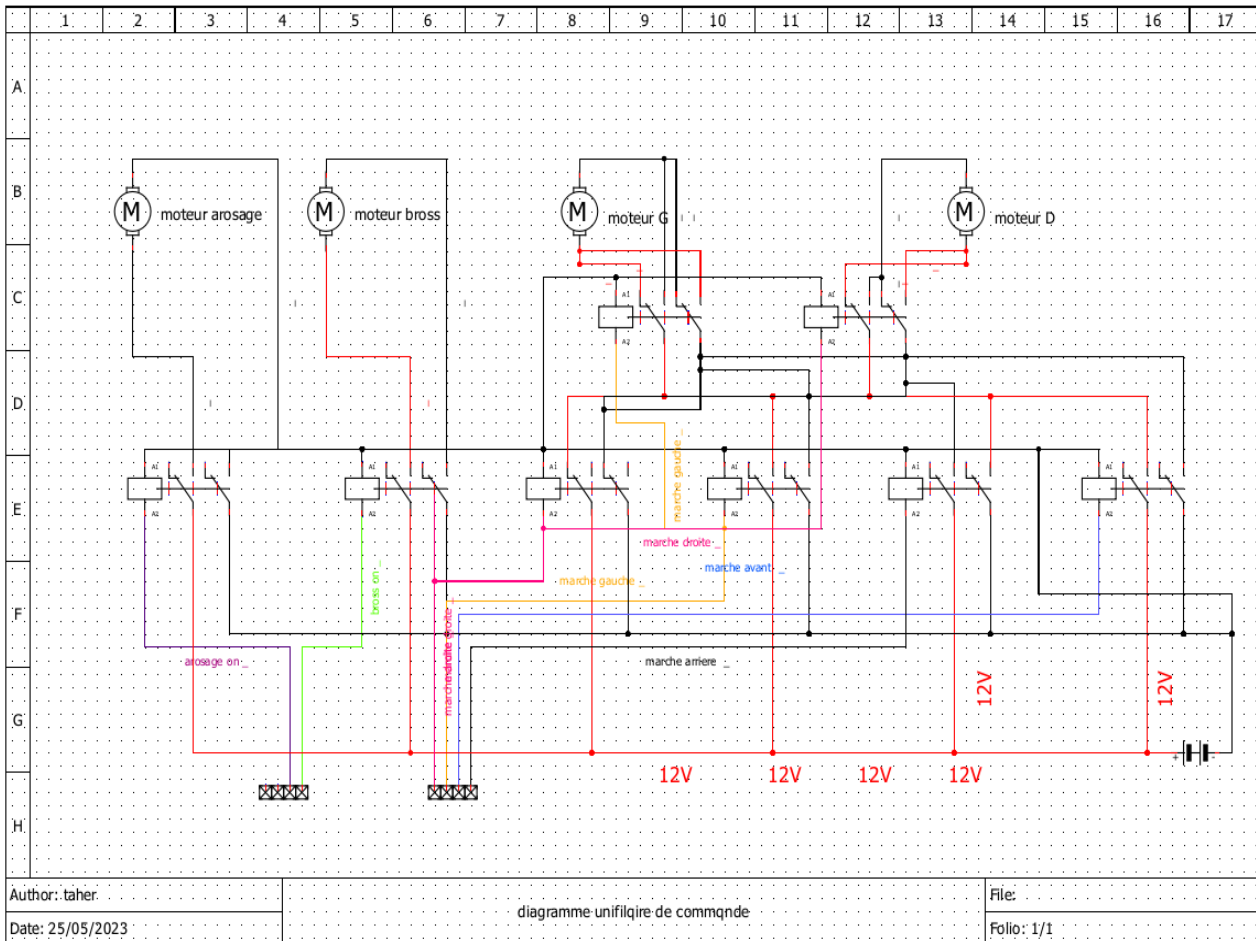


Figure 3.19: le schéma de command du robot

Dixième étape :

L'assemblage des différentes parties pour construire le robot



Figure 3.20 : robot de nettoyage

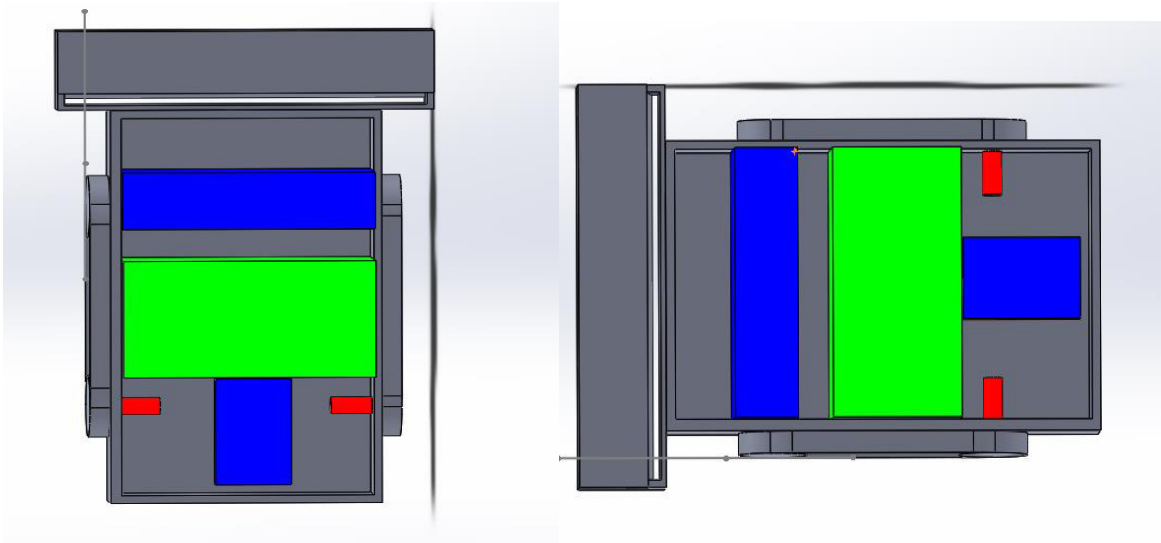


Figure 3.21 : robot sur Solidworks

Onzième étape :

test de fonctionnement sec et on eau est réalisé.



Figure 3.22 : phase de test du robot réalisé

Douzième étape:

Grâce à la forme en chenille (mécanique) le robot franchit facilement les obstacles entre les panneaux

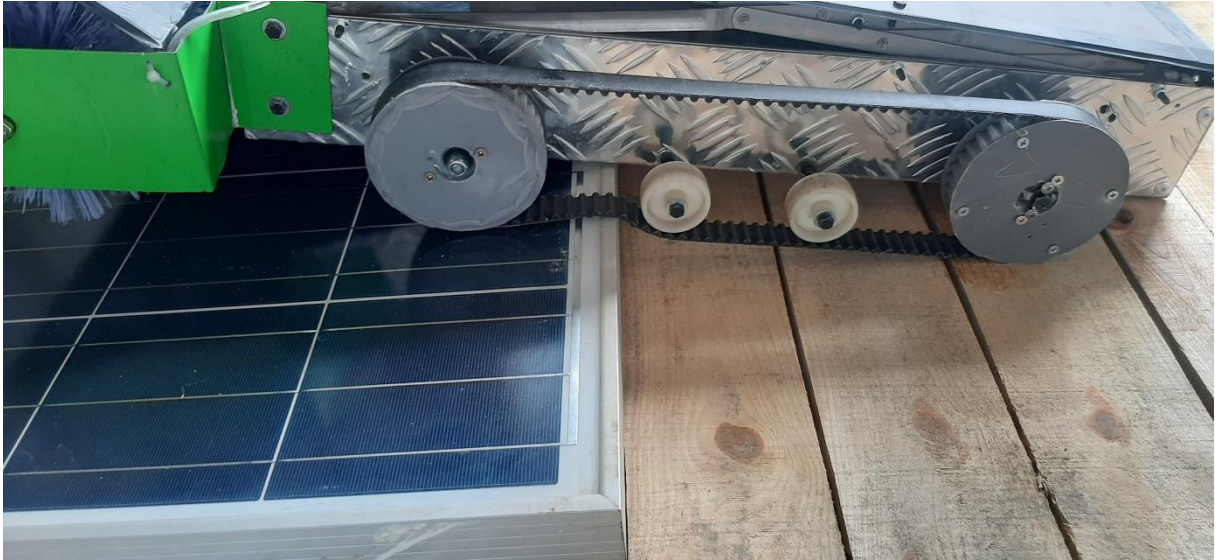


Figure 3.23 : Le robot passe un obstacle

III.5 Conclusion:

Robot chenillé dans le but d' accélérer le nettoyage des panneaux solaires, de réduire la fatigue et de donner la possibilité d'atteindre des points difficiles d'accès avec un équipement classique. Ce robot a une conception légère , compacte et facile à manipuler , avec une capacité de mouvement facile , grâce à un joystick sensible et très précis , permet un contrôle parfait du robot à tout moment.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce projet porte sur « la réalisation d'un robot nettoyeur des panneaux solaires commandé manuellement »

Le but de ce travail réside dans la mise en œuvre d'une solution technique simple et réalisable avec des composants qui existent déjà sur le marché à des prix abordables. Pour garantir une propreté des panneaux solaires afin, d'améliorer son rendement. Le Robot dispose de deux moteur électrique 12V alimenté par un système de câblage. combinant l'action nettoiyante de la brosse rotative en poils de nylon avec l'utilisation d'eau . En perspective, on souhaite d'améliorer notre robot notamment sa commande avec un système de radiocommande sans fil , et sa mécanique on lui ajoutant des systèmes de protection contre la chute ,et un système de batterie à grande autonomie pour éviter les câbles et augmenté la flexibilité .

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] http://www.energies-renouvelables.org/solaire_photovoltaique.asp, Consulté le 21 avril 2022
- [2] <https://www.futura-sciences.com/maison/dossiers/maison-electricite-solaire-energie-rayonnante-1225/page/12/>
- [3] Y. Abdelaziz, "Contribution à l'Optimisation des Performances d'un Générateur Photovoltaïque en Présence d'Ombrage Partiel," DJILLALI LIABES DE SIDI-BELA
- [4] C. Deffaf, Djemaa et Djendi, "Etude de l'effet de la tension directe de la diode by-pass sur la puissance maximale d'un système photovoltaïque en présence d'ombrage partiel.," Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj, 2021
- [5] Azzaoui.boubaker, "Notes de cours Chapitre deux Systèmes photovoltaïques 2.1," Mostefa Benboulaid Batna 2, 2020.
- [6] M. D. E. Fin, "Dédicaces," 2021
- [7] Kiran Ranabhat, an introduction to solar cell technology, journal of applied engineering science, Vol. 14, pp. 481-491, 2016
- [8] <http://www.solarenergy.com.tw/index.php?option=module&lang=cht&task=pageinfo&id=180&index=6> Consulté le 06 mai 2022
- [9] M. Genie, E. Energetique, and E. T. Energie, "Mise En Place Et Execution D " Un Protocole D " Etude Et De Suivi Du Nettoyage De Modules Photovoltaïques En Zone Tres Poussiereuse : Cas De La Region Soudano-Sahelienne," 2015
- [10] A. Maroua, "Etude expérimentale de l'effet de la poussière et de fientes des oiseaux sur le fonctionnement des panneaux solaires photovoltaïques pour le site de M'sila," MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2022

Références Bibliographiques

[11] N. F. DJEMENDA, "MISE EN PLACE ET EXECUTION D'UN PROTOCOLE D'ETUDE ET DE SUIVI DU NETTOYAGE DE MODULES PHOTOVOLTAÏQUES EN ZONE TRES POUSSIEREUSE : CAS DE LA REGION SOUDANOSAHÉLIENNE," LABORATOIRE ENERGIE SOLAIRE ET ECONOMIE D'ENERGIE(LESEE), 2iE, Ouagadougou, Burkina Faso, 2015.

[12] <http://xrp-solar.com/m/zixun/274493.html> Consulté le 4 mai 2022.

[13]. Kleissl, J., et al. (2018). "Impact of Dust on PV Performance: Research Status, Challenges, and Recommendations." IEEE Journal of Photovoltaics, 8(1), 514-524.

[14]. Rekik, A., et al. (2019). "Performance Enhancement of PV Modules via Soiling Mitigation Technologies: A Comprehensive Review." Renewable and Sustainable Energy Reviews, 115, 109398.

[15]. Wood, D. M., et al. (2016). "Solar Photovoltaic Soiling: A Review of Literature." Solar Energy, 132, 576-592.

[16]. Balaraju, V., et al. (2019). "Effects of Dust and Dirt Particles on the Performance of Photovoltaic Modules." International Journal of Energy Research, 43(7), 3127-3142.

[17]. Paulesich, R., et al. (2020). "Efficiency Gains of Cleaning Photovoltaic Panels in Dry Climates: A Systematic Review." Sustainability, 12(10), 4059.

[18]. <https://thesolarest.com/%D8%AF%D9%84%D9%8A%D9%84-%D8%AA%D9%86%D8%B8%D9%8A%D9%81-%D8%A7%D9%84%D8%A3%D9%84%D9%88%D8%A7%D8%AD-%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%85%D8%B3%D9%8A%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%87%D8%B1%D9%88%D8%B6%D9%88%D8%A6/?fbclid=IwAR0iAeJXvnu81b34Ath7g0asB2khVXdniI-tunAmVJxm5SA5TdlKrM8ogzY§>

[19]. <https://dronehub.fr/services/nettoyage-panneaux-photovoltaiques-drone?fbclid=IwAR0Ki8Mzmw3-nJuITE0YyDz3jq62cpMWgeVYyIqyNZNliLmrexydqfB2Ntw>

Références Bibliographiques

[20].B. Kahina, “Dimensionnement d “ un système photovoltaïque avec stockage,” A.MIRA-BEJAIA, 2021.

[21].<https://entretien-voiture.ooreka.fr/astuce/voir/412025/moteur-essuie-glace?fbclid=IwAR0PMHCVFSwpzmWNRuqHOWXuKIQScouNGkdP3OVB3SEu3kkh13BcWbaGt3w>

[22].B. Abderrahim and M. Zineddine, “Conception et simulation d “ une machine vibratoire avec solidworks,” M“sila, 2020.

[23].http://pedagogie.ac-limoges.fr/sti_si/accueil/FichesConnaissances/Sequence3SSi/co/S3B22_Association_modele_composant_12.html

Références Bibliographiques
