



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE DE YAOUNDE

IOT
PROJET

Guide d'utilisation du suiveur solaire

Elèves :

SIBEFEU CHIMBA Emmanuel Carlos 21P275
SINGHE PENKA Hendrix Donavan 21P050
SIMO Alan Sorel 21P024
DJONGO FOKOU Ariel Sharon 21P360
DJOKO DJODOM Syntia Loana 21P038
CESSU CHOUMESSI Maxime 21P033
NGEUKEU Meli Audain 21P149
NEGOUM WOUATEDEM Yves Arthur 21P273
Antoine Emmanuel ESSOMBA ESSOMBA 23P750
NGUIFFO NGAKOU Rick Varnel 21P373

Sous la supervision de :
Dr CHANA et Dr Ngounou

29 janvier 2025

Table des matières

1 C'est quoi le suiveur solaire ?	5
1.1 Définition	5
1.2 Types de suiveur solaire	5
1.3 Avantages et inconvénients	5
2 Matériels et logiciels de base	6
2.1 Capteurs	6
2.1.1 Définition	6
2.1.2 Capteurs de lumière (LDR)	6
2.1.3 Caractéristiques	7
2.2 Carte arduino	8
2.2.1 Définition	8
2.2.2 Carte arduino UNO	8
2.3 Panneau solaire	9
2.3.1 Condition de fonctionnement	9
2.3.2 Types de panneau solaire	9
2.3.3 Avantages et inconvénients	9
2.4 Moteur	9
2.4.1 Définition	9
2.4.2 Moteur à courant continu	10
2.4.3 Servomoteurs	10
2.5 Power Bank	11
2.5.1 Définition	11
2.5.2 Utilités	11
2.5.3 Avantages et inconvénients	11
2.6 Logiciel Arduino IDE	11
2.7 Logiciel PROTEUS	12
3 Analyse et Conception	12
3.1 Exigences fonctionnelles	12
3.2 Exigences non fonctionnelles	12
3.3 Contraintes techniques et environnementales	13
3.4 Diagramme d'analyse	13
3.4.1 Diagramme de contexte	13
3.4.2 Diagramme de package	14
3.4.3 Diagramme de cas d'utilisation	16
3.4.4 Diagrammes de séquence système	18
3.4.5 Diagrammes d'activité	19
3.5 Diagramme de conception	20
3.5.1 Diagramme de séquence technique : Cas d'utilisation Ajuster la position des panneaux	20
3.6 Diagramme de déploiement	20

4 Réalisation de notre suiveur solaire avec 2 servomoteurs	21
4.1 Principe de fonctionnement	21
4.2 Schéma synoptique	21
4.3 Description des composants du système	22
4.3.1 Arduino Uno	22
4.3.2 Servomoteurs	23
4.3.3 Capteurs de lumière (LDR)	24
4.3.4 Résistances	24
4.3.5 Panneau solaire	25
4.3.6 Alimentation	26
4.3.7 Télécommande et capteur infrarouge	26
4.3.8 Plaque perforée et jumpers	27
4.4 Partie électronique	28
4.4.1 Carte de commande de suiveur solaire	28
4.4.2 Schéma de câblage	29
4.4.3 Algorithme de contrôle	29
4.4.4 Assemblage des composants	34
4.4.5 Tests et calibrage	34
4.4.6 Implementation	34
4.5 Partie mécanique et structure	36
4.5.1 Structure générale	36
4.5.2 Structure des capteurs de lumière	37
4.5.3 Mécanisme de rotation	38
4.5.4 Matériaux utilisés	40
4.6 Résultat de notre suiveur	40
5 Possible amélioration et évolution du concept initiale	42
5.1 Pourquoi les moteurs pas à pas ?	43
5.2 Comparaison avec les servomoteurs MG995	43
5.3 Mise en œuvre des moteurs pas à pas	43

Introduction

Notre rapport concerne la fabrication d'un suiveur solaire, qui est un outil mécano-électronique utilisé pour suivre le soleil afin de permettre une capture optimale de son rayonnement. Tout au long de ce projet, nous allons présenter premièrement le suiveur solaire en lui-même, deuxièmement les matériels et logiciels utilisés pour la construction de notre propre suiveur solaire, troisièmement l'analyse et la conception en modélisation UML de notre projet, ensuite la réalisation du suiveur solaire proprement dit en passant par son aspect électronique et mécanique, et enfin les possibles améliorations de notre concept initial.

Contexte

Le Cameroun est un pays doté d'un fort potentiel en énergie solaire en raison de son ensoleillement abondant tout au long de l'année. Cependant, l'accès à l'énergie reste encore limité dans plusieurs régions, en particulier dans les zones rurales. Les coupures d'électricité sont fréquentes même dans les zones urbaines, créant un besoin constant de solutions énergétiques alternatives fiables. Face à ces défis énergétiques, l'utilisation de l'énergie solaire se présente comme une solution efficace pour répondre aux besoins en électricité. Toutefois, les systèmes photovoltaïques actuels installés sont souvent fixes, ce qui limite leur rendement, car ils ne captent pas toujours la lumière du soleil de manière optimale tout au long de la journée. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre projet de réalisation d'un suiveur solaire pour améliorer la captation des rayons solaires et ainsi maximiser la production d'énergie.

Objectifs du projet et problème résolu

Le principal problème que nous cherchons à résoudre est l'inefficacité des panneaux solaires fixes qui ne suivent pas le mouvement du soleil. En conséquence, ces panneaux ne captent pas l'intégralité de l'énergie solaire disponible, surtout en début et en fin de journée. Notre suiveur solaire vise donc à pallier cette limitation en permettant aux panneaux de s'orienter automatiquement en fonction de la position du soleil, augmentant ainsi leur rendement énergétique. Cela pourrait avoir un impact significatif sur la production d'énergie solaire au Cameroun, surtout dans les zones où l'électricité est rare ou peu fiable.

1 C'est quoi le suiveur solaire ?

1.1 Définition

Un suiveur solaire est une structure portante qui permet d'orienter les panneaux solaires photovoltaïques en fonction de la position du soleil, afin d'en augmenter la productivité. Son principe de fonctionnement est de s'orienter vers le Soleil, ce qui a pour effet d'augmenter la production d'énergie de manière substantielle telle que l'énergie solaire reçue par une surface de modules photovoltaïques soit plus importante si cette surface est perpendiculaire aux rayons directs du soleil.

1.2 Types de suiveur solaire

En principe il existe deux grandes familles de suiveurs solaires : les suiveurs passifs et les suiveurs actifs. Différentes caractéristiques permettent de différencier les suiveurs solaires entre eux, principalement en comparant leurs gains en production électrique.

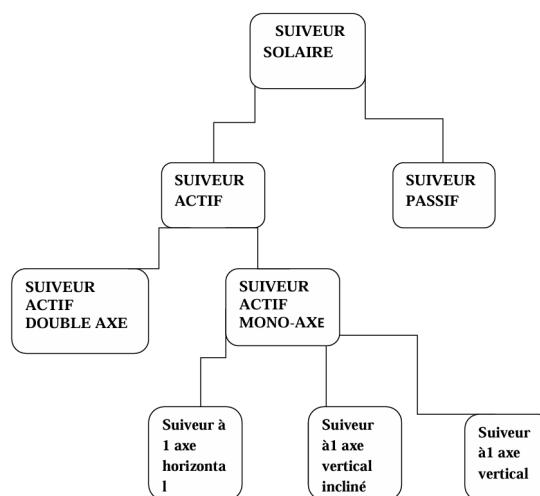


FIGURE 1 – Types de suiveurs solaires

1.3 Avantages et inconvénients

Les avantages :

- Faciliter la mise en œuvre.
- Les suiveurs solaires augmentent la production d'énergie des panneaux solaires, souvent de 20 à 30% (voire plus), par rapport à des panneaux fixes, car ils captent la lumière directe toute la journée.
- L'utilisation optimale du rayonnement solaire même en présence de nuages.
- Certains modèles suivent le soleil sur un ou deux axes, ce qui les rend adaptés à différents climats et orientations géographiques.

Les inconvénients :

- Le coût d'investissement est particulièrement élevé pour le suiveur solaire à deux axes.

- Les suiveurs solaires comportent des composants mécaniques et électroniques (moteurs, capteurs, systèmes de contrôle) qui nécessitent une maintenance régulière pour éviter les pannes.
- Les parties mobiles sont sujettes à l'usure, ce qui peut réduire la durée de vie globale du système par rapport aux structures fixes.
- Dans les régions avec peu de soleil direct ou avec une forte couverture nuageuse, l'avantage du suiveur peut être limité par rapport à des panneaux fixes inclinés de manière optimale.

2 Matériels et logiciels de base

2.1 Capteurs

2.1.1 Définition

Un capteur est un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable comme montré sur la figure (3.1). Étant donné que notre système de suivi est basé sur un suivi automatique à 2 axes, nous utilisons des résistances dépendantes de la lumière (LDR) qui sont la principale source d'entrée pour notre système. Chaque paire de capteurs est utilisée pour prendre la position de la lumière. Une paire alimente la position du soleil dans l'axe vertical et l'autre paire alimente les informations sur l'axe horizontal. Ces informations sont ensuite transférées au circuit de traitement de la lumière.

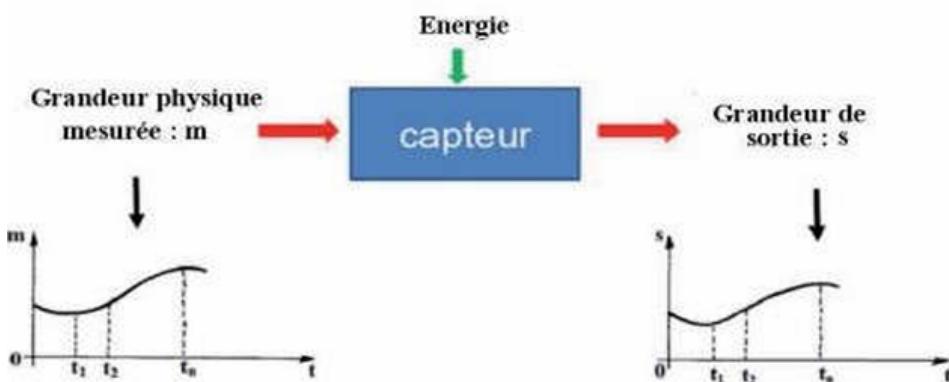


FIGURE 2 – Principe de fonctionnement d'un capteur

2.1.2 Capteurs de lumière (LDR)

LDR signifie résistances dépendant de la lumière. Ce sont des types spéciaux de résistances dont la résistance diminue avec l'augmentation de l'intensité de la lumière incidente. LDR est également parfois connu sous le nom de photorésistances. Une photorésistance est faite d'un semi-conducteur à haute résistance.

Si la lumière tombe sur l'appareil haute fréquence, les photons absorbés par le semi-conducteur donnent des électrons assez d'énergie pour sauter dans la bande de conduction. L'électron libre résultant (et son partenaire de trou) conduisent l'électricité, abaissant ainsi

la résistance avec l'augmentation de l'intensité lumineuse. Les LDR sont disponibles dans de nombreuses tailles et formes. Pour notre projet nous décidé d'utiliser un LDR de petite taille avec une réponse acceptable au changement d'intensité lumineuse puisque notre prototype est relativement petit. Les LDR sont la clé composante de ce projet d'où le positionnement des LDR sur la structure lui-même est crucial. Pour fabriquer un suiveur solaire à deux axes, nous avions besoin de 2 LDR pour chaque par conséquent, nous avons utilisé un total de 4 LDR : on peut déterminer le schéma électrique d'une photorésistance

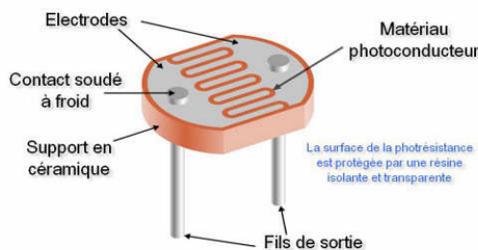


FIGURE 3 – une photorésistance LDR

relie en parallèle avec une résistance (deviseur de tension) :

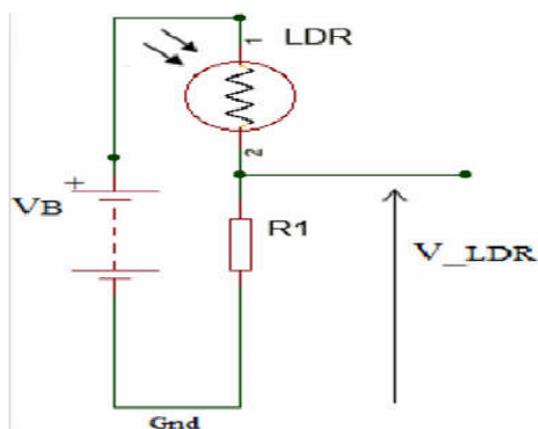


FIGURE 4 – Circuit équivalent d'un LDR/ Résistance en parallèle

2.1.3 Caractéristiques

Comme tous les composants électriques, les photorésistances se caractérisent par des spécifications principales comme la sensibilité ou la résistance, ou secondaires comme leur comportement en température ou leur temps de réponse, d'étalonnage de la photorésistance $R_{photo}=f(E)$ variable Pour différents éclairages, on mesure la résistance de la photorésistance à l'aide d'un ohmmètre, voici l'évolution de R en fonction de E :

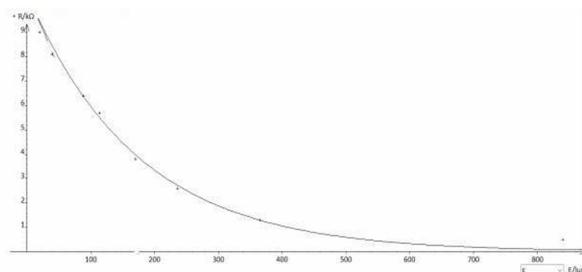


FIGURE 5 – l'évolution de R en fonction de E

2.2 Carte arduino

2.2.1 Définition

Une carte Arduino est une plateforme électronique open-source basée sur un microcontrôleur programmable. Le rôle de cette carte est de stocker un programme et de le faire fonctionner, il existe diverses cartes ARDUINO (UNO, MEGA, NANO, ESPLORA) il permet de se connecter à différents composants comme des écrans, des moteurs électriques.

2.2.2 Carte arduino UNO

1. Les entrées/sorties digital

De D0 à D13, chacun des connecteurs D0 à D13 peut être configuré par la programmation en entrée ou en sortie. Les signaux véhiculés par ces connecteurs sont des signaux logiques, c'est-a-dire qu'ils ne peuvent prendre que deux états soit une valeur haut (5 Volts) ou bas (0 Volt), par rapport au connecteur de masse GND. Le signe (˜) sur les connecteurs 3, 5, 6, 9 10 et 11, sa signification (PWM).

2. Les entrées analogiques A0 à A5

Contrairement aux entrées/sorties digital (numériques), ces six entrées peuvent admettre un millier de valeurs analogiques (1024 exactement).

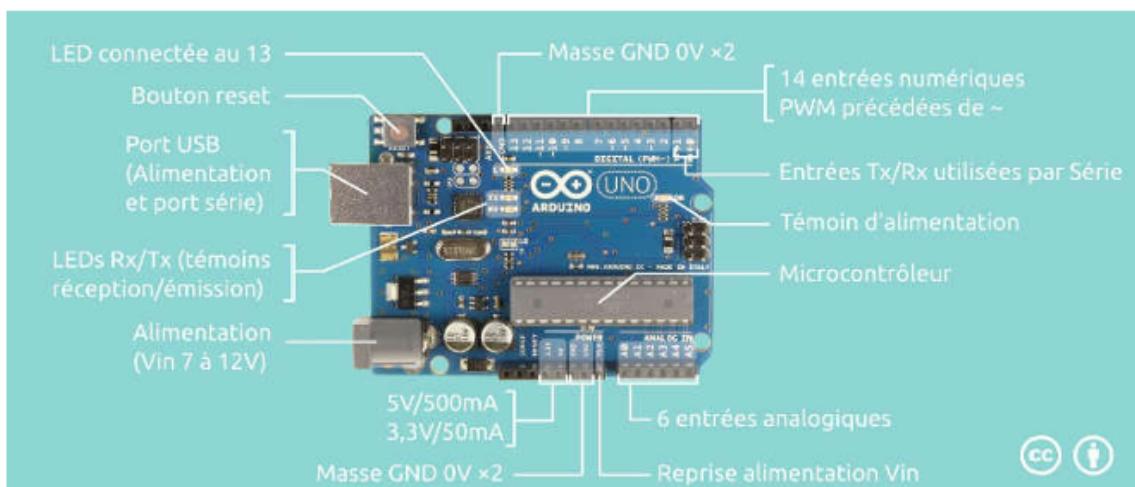


FIGURE 6 – Carte Arduino UNO

2.3 Panneau solaire

Généralement les cellules photovoltaïques sont associées pour constituer un panneau. Ces cellules (sous module) sont regroupées soit en série soit en parallèle pour constituer un module (panneau) ; le regroupement en série permet d'augmenter la tension de sortie ; le regroupement en parallèle permet d'augmenter le courant de sortie. Les panneaux solaires sont destinés à récupérer l'énergie du rayonnement solaire pour la transformer en chaleur ou en électricité.

2.3.1 Condition de fonctionnement

Pour garantir des résultats des systèmes photovoltaïques, c'est-a-dire quantification précise d'une production d'électricité, il est nécessaire de bien connaître la ressource énergétique d'une part, et d'autre part, le comportement électrique des modules photovoltaïques en fonction des variables qui caractérisent ses conditions de fonctionnement.

2.3.2 Types de panneau solaire

On distingue trois types de panneaux solaires :

1. Panneaux solaires thermiques : appelés aussi capteurs solaires thermiques, ou « collecteurs solaires », ce dernier piégeant la chaleur rayonnement solaire et la transfèrent fluide caloporteur.
2. Panneaux solaires photovoltaïques : appelés « modules photovoltaïques », le principe de fonctionnement de ce dernier est de convertir une partie du rayonnement solaire en électricité. On appelle un groupe de panneaux solaires « centrale solaire photovoltaïque ».
3. Panneaux photovoltaïques hybrides qui combinent les deux technologies précédentes et produisent à la fois de l'électricité et de la chaleur.

Les panneaux solaires sont les composants de base de la plupart des installations de captation d'énergie solaire.

2.3.3 Avantages et inconvénients

1. Avantages
 - Ils utilisent une énergie propre et renouvelable.
 - L'installation est simple et rapide.
 - les matériaux utilisés résistent aux conditions météorologiques extrêmes (silicium, aluminium).
2. Inconvénients
 - Le coût de l'installation est élevé.
 - La production d'énergie n'est possible que lorsqu'il y a du soleil.

2.4 Moteur

2.4.1 Définition

Un moteur est un élément mécanique qui permet de transforme une énergie, il existe deux grandes familles des moteurs : moteurs à courant continu et moteurs à courant alternatif.

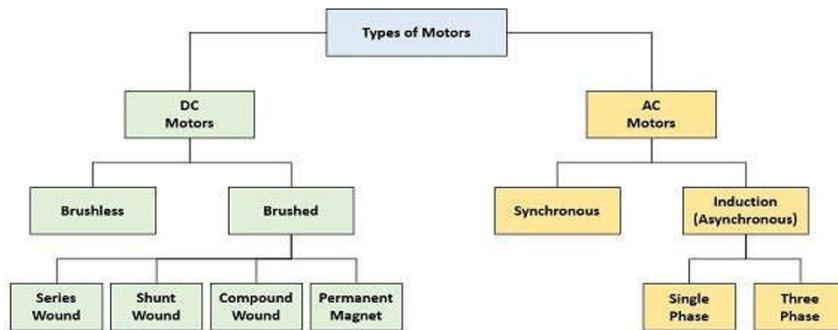


FIGURE 7 – Différents types des moteurs

2.4.2 Moteur à courant continu

Un moteur à courant continu est une machine qui transforme une énergie électrique de forme continue en une énergie mécanique grâce à d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie, cette machine possède la propriété de réversibilité. Elle peut en effet fonctionner indifféremment en génératrice ou en moteur. En fonctionnement moteur, l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique tandis qu'en fonctionnement génératrice, l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique. Ce dernier est le premier type de moteur largement utilisé, il se compose par :

- Inducteur ou du stator
- L'induit ou du rotor.
- Le collecteur et des balais

2.4.3 Servomoteurs

On appelle servomoteur en général, toute machine qui, à l'aide d'organes intelligemment combinés, exécute avec une grande précision tous les déplacements, ce dernier spécifique pour un déplacement angulaire, il ne tourne pas sur lui-même de façon continu, il tourne certes sur un axe, mais suivant un angle. La plage de l'angle est généralement de 0 à 180 degrés.

D'un autre côté on peut dire qu'un servomoteur est un moteur continu équipé d'un réducteur pour réduire la vitesse et augmenter la puissance, et d'un potentiomètre qui permet de garder l'angle d'inclinaison choisi.



FIGURE 8 – un servomoteur

2.5 Power Bank

2.5.1 Définition

Le Power Bank est généralement un dispositif de charge et c'est comme une batterie qui peut être facilement effectuée hors de la maison. Le Power Bank est composé d'un tas de batteries connectées pour nous fournir de multiples charges de téléphone. Les capacités des Power Bank disponibles sur le marché varient selon les fabricants. Le power Bank n'est pas une marque, c'est en fait la traduction en anglais de ce que les français appellent la «batterie externe», c'est en réalité un accumulateur de courant portable qui permet de recharger ses accessoires mobiles sous utiliser sa prise électrique.

2.5.2 Utilités

Il faut brancher d'abord la batterie dans la source d'alimentation pour le chargement, une fois la batterie externe complètement chargée, on peut l'importer, donc il suffit de connecter votre appareil à une banque d'alimentation pour charger la batterie. La plupart des banques d'alimentation ont un port d'entrée USB, on peut l'utiliser pour connecter à une prise murale ou à un port USB d'un ordinateur ou téléphone pour charger la batterie.

2.5.3 Avantages et inconvénients

Les Avantages :

- Parfait pour ceux qui ont besoin de recharger complètement leur téléphone au moins une fois par jour ainsi que pendant la nuit.
- un power Bank moyenne devrait vous permettre de faire le plein complètement.

Les inconvénients :

- plus cher que les petites versions.
- si vous avez un gros téléphone à batterie, vous n'aurez pas plus d'une charge complète et peut-être une autre charge de 25 à 50% .

2.6 Logiciel Arduino IDE

L'Arduino Integrated Development Environment (IDE) est un logiciel open-source essentiel pour écrire, compiler et téléverser des programmes sur des cartes Arduino. Conçu

pour être intuitif, même pour les débutants, l'IDE comprend une barre de menus et d'outils, un éditeur de code, une zone de messages pour les erreurs de compilation, et un moniteur série pour interagir avec la carte en temps réel. Les programmes Arduino, appelés sketches, sont principalement écrits en C/C++. L'IDE gère également les bibliothèques externes pour étendre les fonctionnalités des projets. Compatible avec Windows, macOS, Linux, et disponible en version en ligne, l'Arduino IDE est un outil polyvalent et soutenu par une vaste communauté en ligne.

2.7 Logiciel PROTEUS

Le Proteus Design Suite est un logiciel de Labcenter Electronics destiné à la conception électronique. Il permet de créer des schémas, de simuler des circuits électroniques, et de concevoir des PCB. Les principales fonctionnalités incluent la capture de schéma, la simulation de microcontrôleurs (comme Arduino et PIC), et la conception de PCB avec visualisation en 3D. Compatible avec Windows, Proteus est largement utilisé par les étudiants et les professionnels pour tester et valider des circuits avant leur fabrication physique, réduisant ainsi les erreurs et les coûts.

3 Analyse et Conception

3.1 Exigences fonctionnelles

Le suiveur solaire que nous allons produire doit être capable de remplir certaines exigences fonctionnelles telles que :

- **Se mettre en marche et s'arrêter** : Notre suiveur solaire doit être capable de fonctionner s'il est mis sous tension et ne pas le faire quand il est mis hors tension.
- **Déetecter la LDR qui a une intensité max** : Dès lors qu'il est mis sous tension, notre suiveur solaire doit être capable d'interpréter les données des LDRs et ainsi identifier celui qui capte une intensité maximale.
- **Ajuster la position des panneaux solaires** : Dès lors que la LDR d'intensité max a été détectée, notre suiveur solaire doit être capable d'ajuster la position des panneaux solaires en fonction de celle-ci.
- **Rediriger l'énergie recue et transformée directement vers une batterie rechargeable** : Lorsque les panneaux seront ajustés, ceux-ci vont transformer l'énergie recue en énergie électrique que notre suiveur sera capable de rediriger vers une batterie rechargeable connectée directement à elle.

3.2 Exigences non fonctionnelles

Le suiveur solaire concu sera capable de remplir certaines exigences non fonctionnelles telles que :

- **Fiabilité** : Le système doit fonctionner sans pannes fréquentes et avoir une durée de vie minimale spécifiée.
- **Efficacité énergétique** : Le système doit consommer peu d'énergie pour fonctionner par rapport à l'énergie qu'il génère.
- **Durabilité** : Les matériaux doivent résister aux conditions climatiques (pluie, vent, neige, UV) sans se dégrader rapidement.

- **Sécurité** : Doit être conçu pour éviter tout risque pour les personnes et les biens, notamment en cas de défaillance. Impact environnemental :
- **Impact environnemental** : Le système doit minimiser son empreinte écologique, tant durant sa fabrication que durant son fonctionnement.
- **Évolutivité** : Il doit être possible d'ajouter facilement des modules ou de modifier le système sans nécessiter une refonte complète

3.3 Contraintes techniques et environnementales

Pour la construction de cet outil, nous avons pris en compte nombre de contraintes techniques et environnementales pour maintenir la structure, le bon fonctionnement et l'efficacité de notre système. Pour les contraintes techniques, nous avons pris en compte :

- **La précision des orientations** : Notre suiveur doit être de s'orienter nettement selon la volonté du micro-contôleur qui commande son mouvement.
- **Le choix des capteurs** : Les capteurs ont été étudiés selon leur sensibilité et leur robustesse afin de permettre non seulement une excellente précision dans la détermination de la position du soleil et une grande résistance aux conditions météorologiques qui peuvent être parfois extrêmes.
- **La puissance des micro-contôleurs** : Elle a été prise en compte pour permettre un traitement optimal des informations et piloter les moteurs en conséquence.

Pour les contraintes environnementales, nous avons pris en compte :

- **L'exposition au soleil** : Le suiveur solaire doit être conçu pour maximiser l'exposition solaire. Plus l'ensoleillement est important et constant, plus le rendement du suiveur solaire sera élevé.
- **Conditions météorologiques** : Un vent fort et des températures peut endommager le suiveur, surtout pour les structures électroniques, et, affecter la performance des panneaux photovoltaïques. C'est pourquoi nous allons éviter que le suiveur subisse certaines conditions atmosphériques néfastes pour lui.

3.4 Diagramme d'analyse

3.4.1 Diagramme de contexte

Ce diagramme est utilisé pour situer le système dans son environnement global, en montrant les interactions principales entre le système et les acteurs externes.

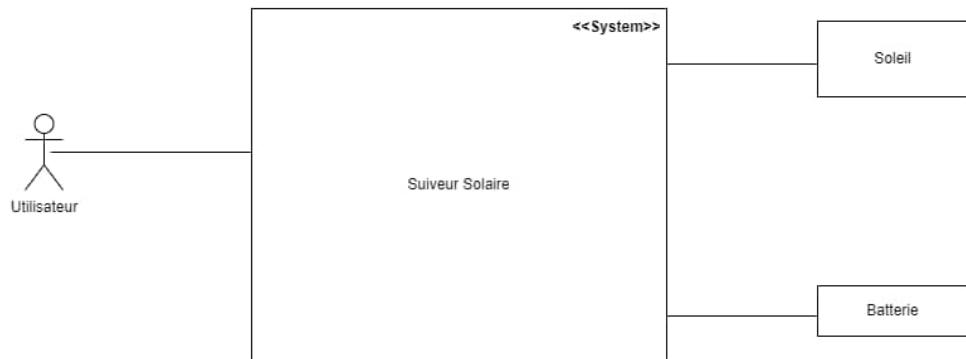


FIGURE 9 – Diagramme de contexte

3.4.2 Diagramme de package

Ce diagramme facilite la modélisation en montrant la structure hiérarchique du système et les dépendances entre les différents modules.

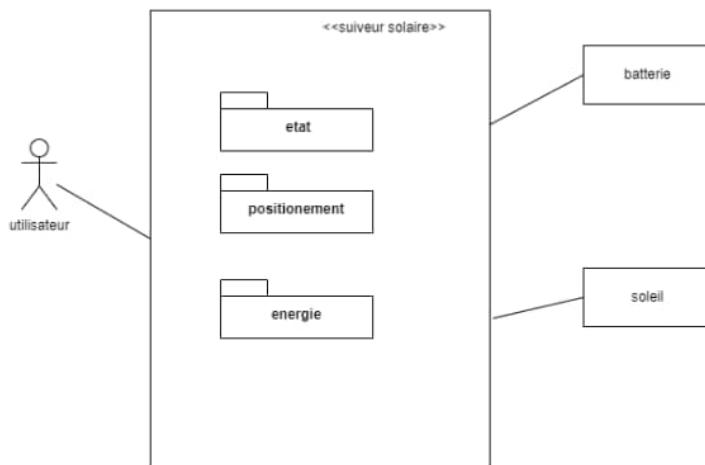


FIGURE 10 – Diagramme de package

Description des différents packages :

- **Etat** : Ce package gère et surveille l'état actuel du suiveur solaire. Il comprend : la mise en marche et l'arrêt du système.
- **Positionnement** : Ce package s'occupe du positionnement du suiveur solaire pour optimiser l'exposition au soleil. Il comprend : Ajuster la position et détecter le capteur ayant l'intensité maximale
- **Energie** : Ce package gère la production et le stockage. Il est constitué essentiellement du transfert de l'énergie stockée (à l'aide d'un panneau solaire) dans un support de stockage.

3.4.3 Diagramme de cas d'utilisation

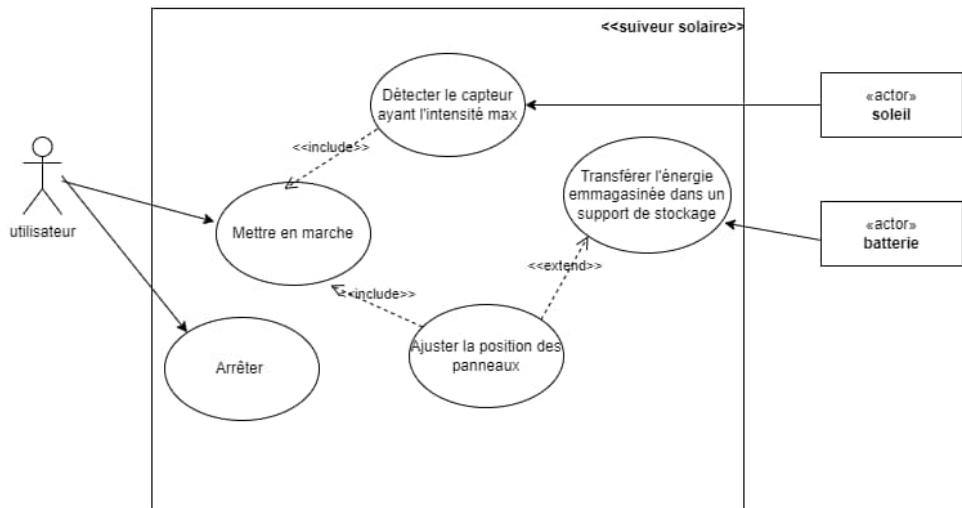


FIGURE 11 – Diagramme de cas d'utilisation

1. Mettre en marche

- **Résumé** : Permettre à l'utilisateur de démarrer le suiveur solaire.
- **Acteur** : utilisateur
- **Pre-conditions** : Le suiveur solaire doit être correctement installé et connecté à une source d'énergie.
- **Post-conditions** : Le suiveur solaire est en marche et prêt à suivre la position du soleil.
- **Scenario principal** : L'utilisateur appuie sur le bouton de mise en marche. Le système effectue une auto-vérification pour s'assurer que tous les composants fonctionnent correctement. Le système démarre et commence à suivre la position du soleil.
- **Scenario alternatifs** : Si un composant est défectueux, le système affiche un message d'erreur et ne se met pas en marche.

2. Arrêter

- **Résumé** : Permettre à l'utilisateur d'arrêter le suiveur solaire.
- **Acteur** : Utilisateur
- **Pré-conditions** : Le suiveur solaire doit être en marche.
- **Post-conditions** : Le suiveur solaire est arrêté et ne suit plus la position du soleil.
- **Scenario principal** : L'utilisateur appuie sur le bouton d'arrêt. Le système s'arrête progressivement et enregistre la dernière position du soleil. Le suiveur

solaire se met en veille.

- **Scenario alternatifs :** Si une urgence survient, le système peut être arrêté immédiatement par une coupure de courant.

3. Ajuster la position

- **Résumé :** Permettre à l'utilisateur d'ajuster manuellement la position du suiveur solaire.
- **Acteur :** systeme
- **Pré-conditions :** Le suiveur solaire doit être en marche et le cas d'utilisation detecter le capteur d'intensite max doit etre realiser.
- **Post-conditions :** le systeme s'oriente vers la postion ou le rayonnement est maximal.
- **Scenario principal :** Le système se sert des donnees issue de la detection du capteur de rayonnement max. Le système ajuste la position du suiveur solaire en fonction de cela.
- **Scenario alternatifs :** si les donnees recolter de la detection sont errone, le système affiche un message d'erreur et demande de nouvelles coordonnées.

4. Déetecter le capteur ayant l'intensité max

- **Résumé :** Permettre au système de déetecter quel capteur reçoit la plus grande intensité lumineuse.
- **Acteur :** Système (automatisé)
- **Pré-conditions :** Le suiveur solaire doit être en marche avec tous les capteurs actifs.
- **Post-conditions :** Le capteur avec l'intensité lumineuse maximale est détecté.
- **Scenario principal :** Le système lit les données de tous les capteurs de lumière. Le système compare les intensités lumineuses reçues par chaque capteur. Le système identifie le capteur avec l'intensité lumineuse maximale. Le système lit les données de tous les capteurs de lumière. Le système compare les intensités lumineuses reçues par chaque capteur. Le système identifie le capteur avec l'intensité lumineuse maximale.
- **Scenario alternatifs :** Si un capteur est défectueux, le système ignore ce capteur et alerte l'utilisateur.

5. Transférer l'énergie emmagasinée dans le support de stockage

- **Résumé :** Permettre au suiveur solaire de transférer l'énergie accumulée vers le réseau ou un autre système de stockage.
- **Acteur :** batterie
- **Pré-conditions :** Le suiveur solaire doit avoir accumulé de l'énergie et être connecté au réseau ou à un autre système de stockage.
- **Post-conditions :** L'énergie est transférée avec succès dans la batterie.
- **Scenario principal :** Le système détecte que le support de stockage est plein ou que l'énergie doit être transférée. Le système établit une connexion sécurisée avec le réseau ou un autre système de stockage(batterie). Le système transfère l'énergie accumulée de manière contrôlée. Le transfert est complété, et le support de stockage est prêt à recevoir plus d'énergie.
- **Scenario alternatifs :** si le systeme de transport est defectueux le systeme renvoie un message d'erreur.

3.4.4 Diagrammes de séquence système

Cas d'utilisation "Mettre en marche" : L'utilisateur pourra mettre en marche le suivi. Le diagramme de séquence système pour ce cas d'utilisation est :

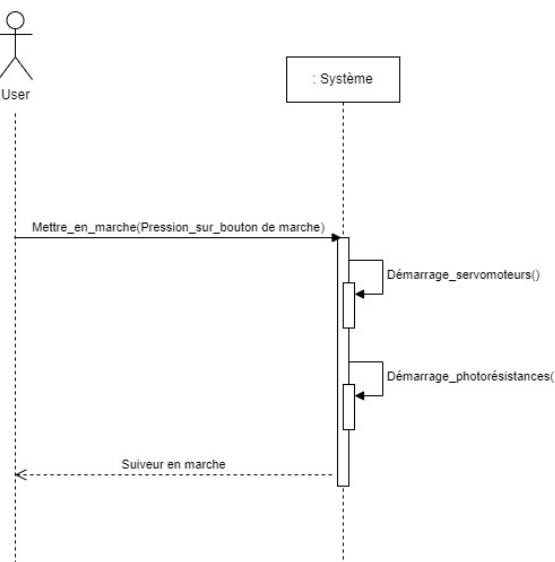


FIGURE 12 – Diagramme de séquence système de "Mettre en marche"

Cas d'utilisation "Arrêter" : L'utilisateur pourra arrêter le suivi. Le diagramme de séquence système pour ce cas d'utilisation est :

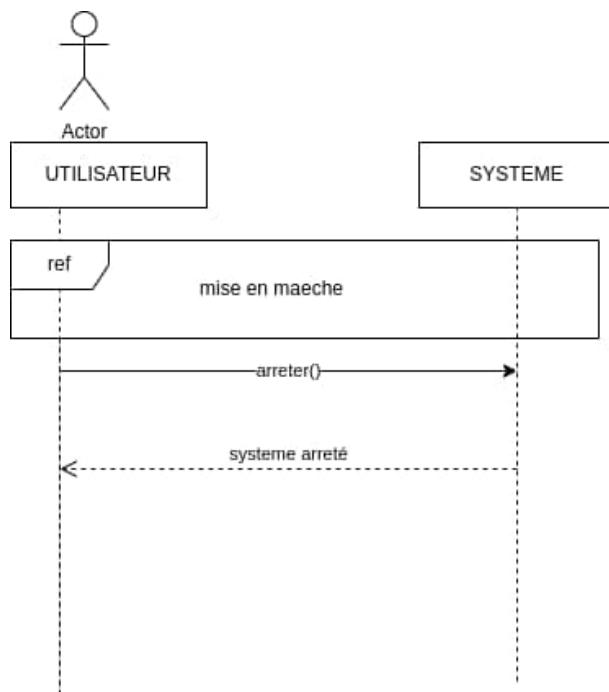


FIGURE 13 – Diagramme de séquence système de "Arrêter"

Cas d'utilisation "Ajuster la position des panneaux" : Après avoir été mis en marche, le système va se déplacer à chaque fois vers le capteur qui reçoit plus de lumière jusqu'à ce que tous les capteurs aient la même valeur.

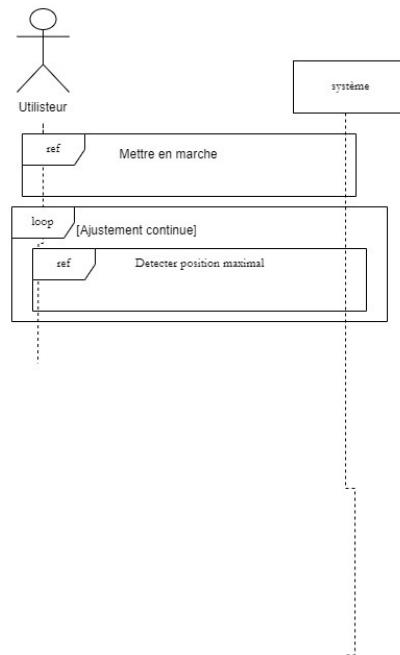


FIGURE 14 – Diagramme de séquence système de "Ajuster la position des panneaux"

3.4.5 Diagrammes d'activité

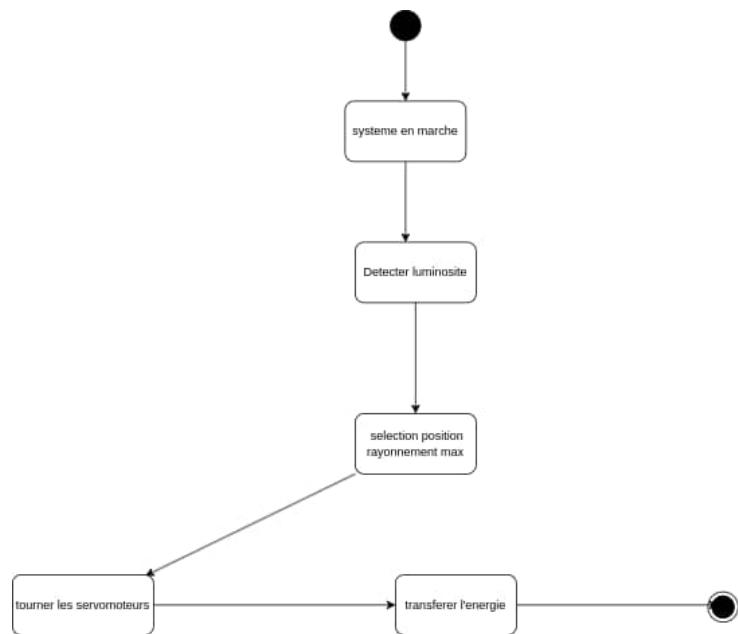


FIGURE 15 – Diagramme d'activité de "detecter position maximale"

3.5 Diagramme de conception

3.5.1 Diagramme de séquence technique : Cas d'utilisation Ajuster la position des panneaux

Le microcontrôleur va recevoir les différentes valeurs des photo-résistances LDRs et ordonner aux servomoteurs de déplacer le panneau vers celle qui reçoit plus de rayonnement solaire, cette opération va donc se répéter jusqu'à ce qu'il y ait égalité et reprendre lorsqu'il y aura une différence.

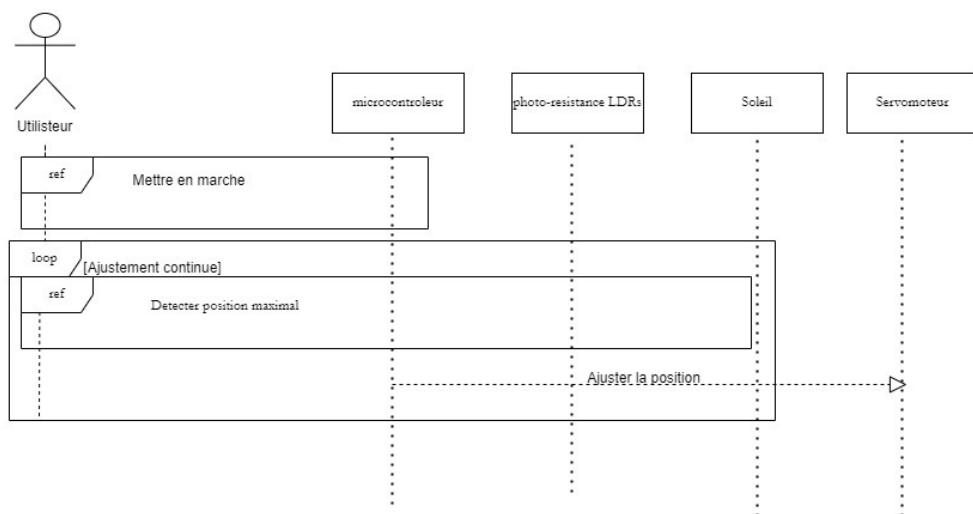


FIGURE 16 – Diagramme de séquence technique de "Ajuster la position des panneaux"

3.6 Diagramme de déploiement

Il montre la disposition des éléments matériels et les liens entre eux. Voici le diagramme en question :

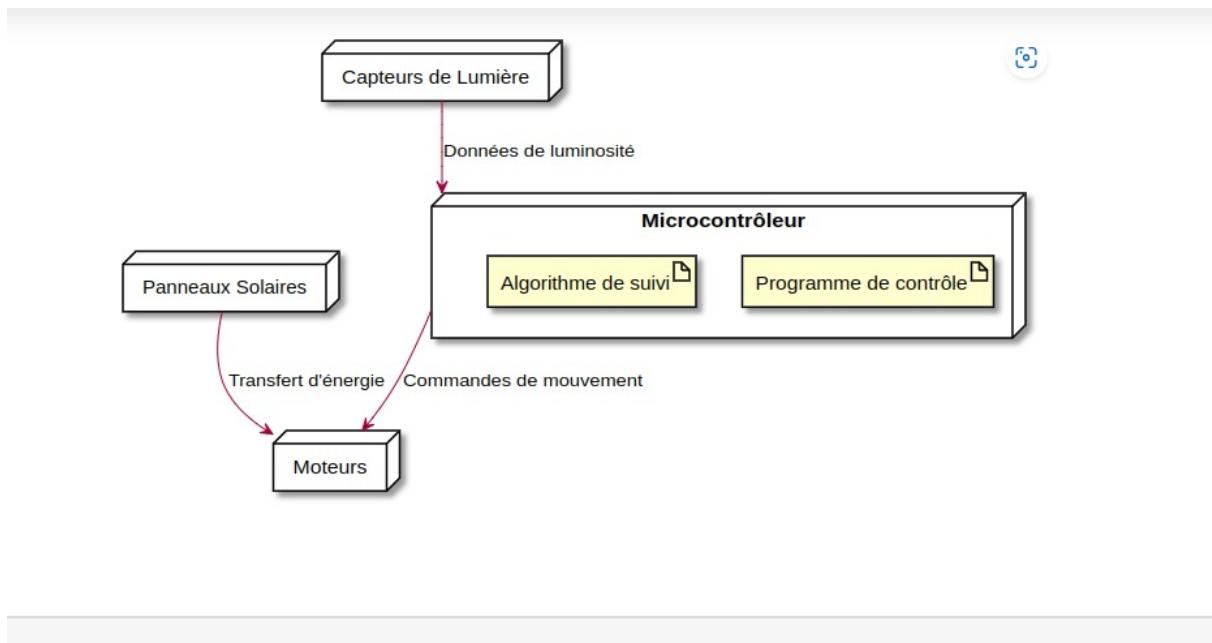


FIGURE 17 – Diagramme de déploiement

4 Réalisation de notre suiveur solaire avec 2 servomoteurs

4.1 Principe de fonctionnement

Le principe du travail de notre projet suiveur solaire avec deux servomoteurs est que la lumière reçue par la photorésistance doit être calculée en mesurant la tension entre ses bornes. Ceci est réalisé en connectant les broches de A0 à A4 qui sont des entrées arduino , puis le servomoteur est connecté aux sortie arduino pin 9 et pin 10, pour faire bouger le panneau solaire vers la position du lumière soit selon l'axe vertical ou l'axe horizontal.

4.2 Schéma synoptique

Nous pouvons interpréter notre projet suiveur solaire avec un schéma simple et clair, où le capteur de lumière LDR représente l'entrée de la carte arduino. Il contrôlera deux servomoteurs qui sont connectés à 2 axe de le panneau :

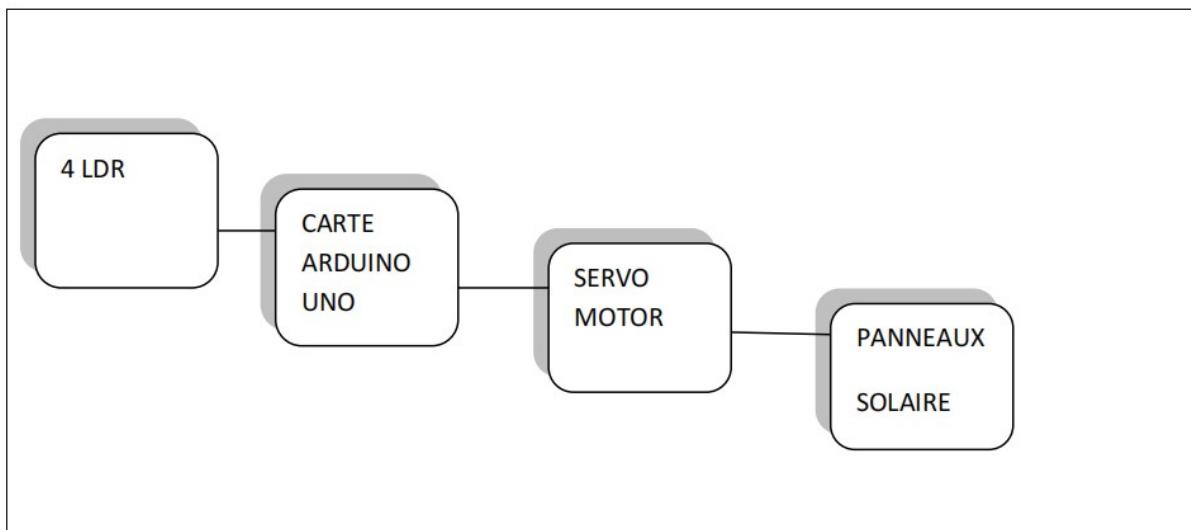


FIGURE 18 – Schéma synoptique

4.3 Description des composants du système

Dans le cadre de la réalisation de notre suiveur solaire, plusieurs composants ont été sélectionnés en raison de leurs caractéristiques adaptées à nos besoins. Ces composants travaillent en synergie pour permettre au système de détecter la lumière et d'ajuster automatiquement l'orientation du panneau solaire. Voici une description détaillée des composants utilisés.

4.3.1 Arduino Uno

Nous avons utilisé une carte **Arduino Uno**, choisie pour sa simplicité d'utilisation et ses caractéristiques adaptées aux projets de prototypage. Elle intègre un microcontrôleur **ATmega328P**, dispose de **14 broches numériques** (dont 6 PWM) et de **6 broches analogiques**, ce qui permet de connecter facilement les capteurs (LDR) et les actionneurs (servomoteurs). Son fonctionnement sous une tension de 5V garantit une compatibilité avec les composants de notre système.



FIGURE 19 – Carte Arduino Uno

4.3.2 Servomoteurs

Nous avons utilisé **deux servomoteurs MG995**, connus pour leur robustesse et leur puissance élevée. Ces servomoteurs fonctionnent sous une tension de 4.8V à 7.2V et offrent un **couple maximal de 10 kg/cm à 6V**. Ils disposent d'un **angle de rotation de 0° à 180°**, ce qui permet d'orienter efficacement le panneau solaire selon les besoins. Les servomoteurs sont connectés aux broches PWM 9 et 10 de l'Arduino pour un contrôle précis.



FIGURE 20 – Servomoteur MG995

4.3.3 Capteurs de lumière (LDR)

Nous avons utilisé **quatre LDR standard** (Light Dependent Resistor) comme capteurs de lumière. Ces LDR sont sensibles à la lumière visible dans une plage de 400 nm à 600 nm. En fonction de l'intensité lumineuse reçue, leur résistance varie de **1 Milli ohms à l'obscurité à environ 5 kilo ohms en pleine lumière**. Elles sont connectées aux broches analogiques A0, A1, A2 et A3 de l'Arduino, qui analyse les données pour déterminer la position optimale du panneau solaire.

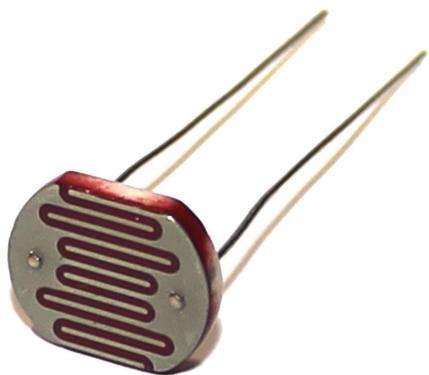


FIGURE 21 – Capteur de lumière LDR

4.3.4 Résistances

Nous avons utilisé **quatre résistances de 1 kilo ohms** pour limiter le courant traversant les LDR. Ces résistances jouent un rôle crucial en garantissant un fonctionnement optimal des capteurs de lumière, tout en protégeant le circuit contre des variations de courant excessives. Elles sont connectées en série avec chaque LDR pour former un pont diviseur de tension, permettant une lecture analogique fiable par l'Arduino.



FIGURE 22 – Résistances de 1 kilo ohms utilisées pour les LDR

4.3.5 Panneau solaire

Nous avons utilisé un **mini panneau solaire de 5V** capable de produire un courant maximal de **150 mA**. Avec des dimensions de 70 mm x 90 mm et un rendement de 15 à 18 %, ce panneau est idéal pour les tests de notre système. Il constitue la partie active du projet, convertissant l'énergie solaire en énergie électrique.



FIGURE 23 – Mini panneau solaire 5V

4.3.6 Alimentation

Pour alimenter l'ensemble du système, nous avons utilisé un **power bank de 5V et 10000 mAh**. Ce choix offre une alimentation stable et portable, adaptée aux besoins en énergie des servomoteurs et de l'Arduino. Avec plusieurs ports USB, ce power bank permet de brancher simultanément plusieurs dispositifs, garantissant une autonomie suffisante pour les tests prolongés.



FIGURE 24 – Power bank 5V 10000 mAh

4.3.7 Télécommande et capteur infrarouge

Nous avons intégré une **télécommande infrarouge** et un **capteur IR** pour permettre l'allumage et l'extinction du système. Le capteur infrarouge est connecté à une broche numérique de l'Arduino, qui reçoit les signaux émis par la télécommande. Cette fonctionnalité améliore la praticité en offrant un contrôle à distance du suiveur solaire.



FIGURE 25 – Télécommande et capteur infrarouge

4.3.8 Plaque perforée et jumpers

Pour le montage électronique, nous avons utilisé une **plaqué perforée** en lieu et place d'une breadboard classique, afin d'assurer une meilleure stabilité des connexions. Les **fils jumpers** (mâles et femelles) ont été employés pour relier les différents composants, notamment les capteurs LDR, les servomoteurs et la carte Arduino Uno. Cette approche garantit une connexion durable tout en restant modulable.

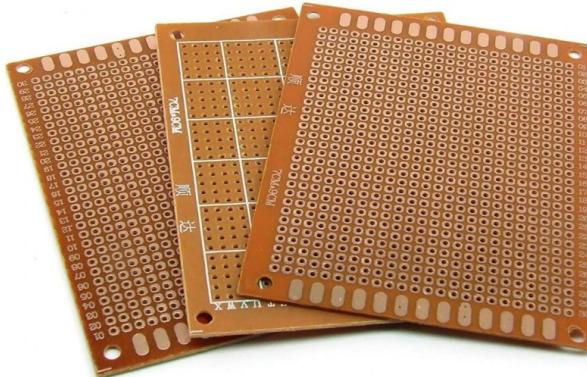


FIGURE 26 – Plaque perforée



FIGURE 27 – fils jumpers

4.4 Partie électronique

Après avoir décrit la partie matérielle de notre système, nous sommes arrivés à la partie la plus importante de notre mémoire qui est la réalisation du système de poursuite solaire.

4.4.1 Carte de commande de suiveur solaire

Cette dernière étape est consacrée à l'implémentation matériels et test de la technique adoptée dans cette étude, c'est la partie électronique qui va assurer la commande de tout le système. Pour ce faire, il est indispensable d'identifier la technologie choisie ainsi que les blocs qui seront utilisés. Notre choix s'est porté sur l'utilisation d'une carte Arduino UNO comme circuit intégré pour l'exécution du programme qui sera traduit en langage C. Une présentation de l'environnement logiciel est éventuellement décrite dans ce chapitre, expliquant la procédure.

4.4.2 Schéma de câblage

Le câblage des composants électroniques est réalisé comme suit :

Les LDR sont connectées à des résistances pour former des diviseurs de tension, et leurs sorties analogiques sont reliées aux entrées analogiques de l'Arduino (A0, A1, A2, A3). Les deux servomoteurs sont connectés aux broches PWM de l'Arduino (par exemple, D9 pour le mouvement horizontal et D10 pour le mouvement vertical). Une alimentation électrique est fournie à la carte Arduino et aux servomoteurs, soit via le port USB de l'Arduino, soit via une alimentation externe appropriée.

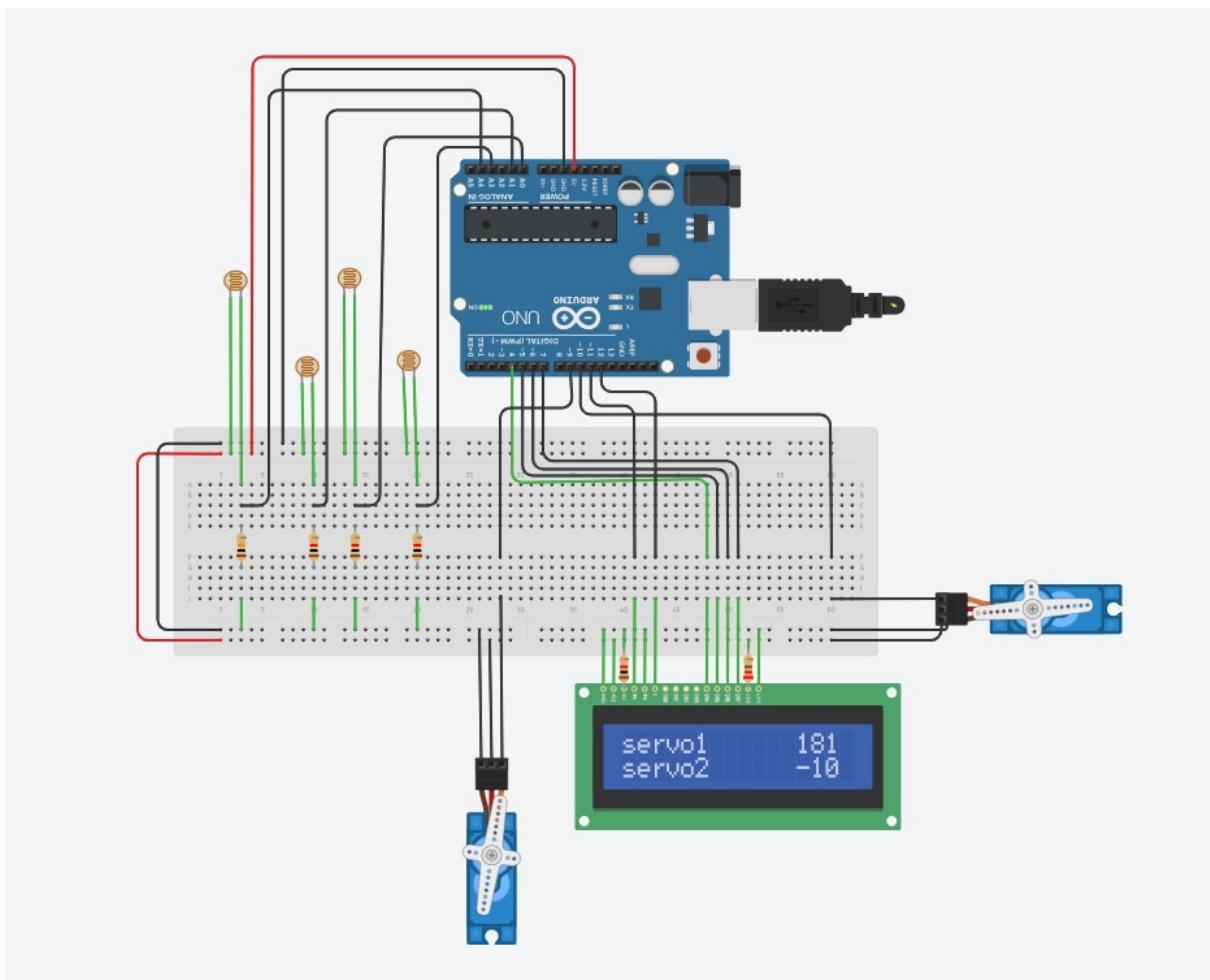


FIGURE 28 – schéma du montage.

4.4.3 Algorithme de contrôle

L'algorithme de contrôle repose sur la comparaison des intensités lumineuses détectées par les LDR. Les étapes principales sont :

Lecture des valeurs analogiques des LDR. Comparaison des valeurs pour déterminer la direction dans laquelle le panneau doit être déplacé. Envoi des signaux aux servomoteurs pour ajuster leur position. Le contrôle est assuré par un programme Arduino, qui exploite les valeurs analogiques des LDR pour générer les signaux nécessaires aux servomoteurs. Une régulation progressive est appliquée pour éviter les mouvements brusques.

Liste des abréviations :

CPTHG : Capteur Horizontal Gauche

CPTHD : Capteur Horizontal Droit

CPTVH : Capteur Vertical Haut

CPTVB : Capteur Vertical Bas

MV : Moteur Vertical

MH : Moteur Horizontal

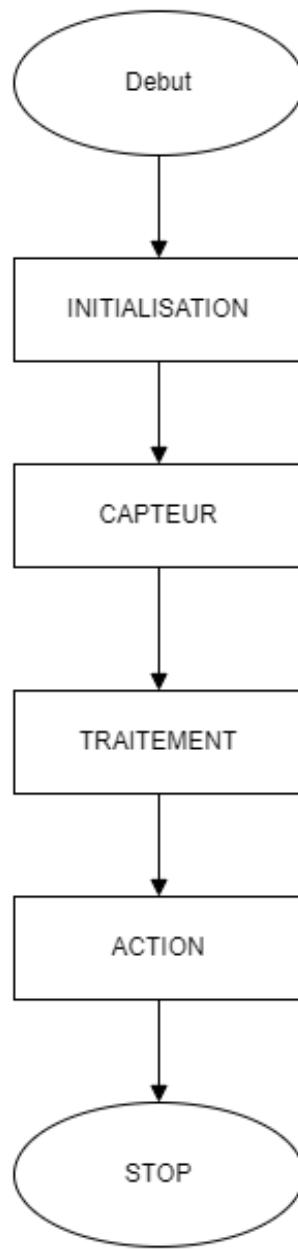


FIGURE 29 – Principe d’execution.

Initialisation : initialisation des servomoteurs.

Capteur : lecture et stockage des valeurs des photorésistances.

Traitement : traitement des valeurs des capteurs par le microcontrôleur pour déterminer le sens d’action.

Action : déplacement des servomoteurs dans le sens prévu.

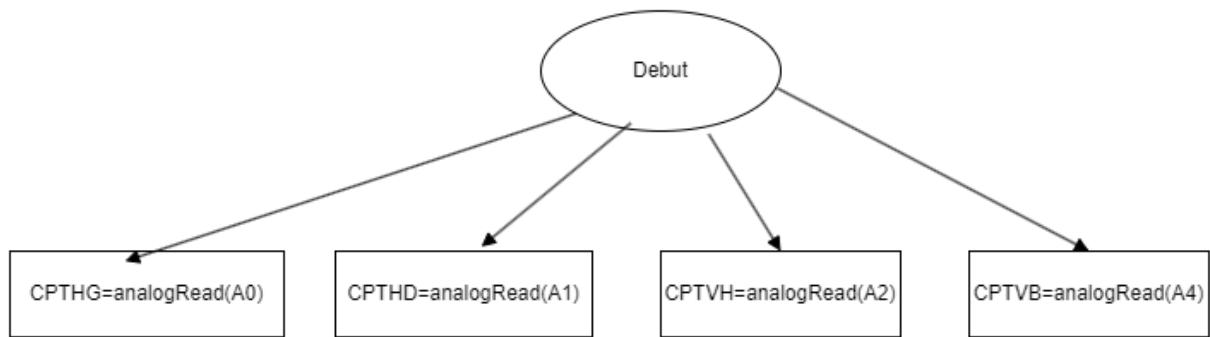


FIGURE 30 – fonctionnement des capteurs.

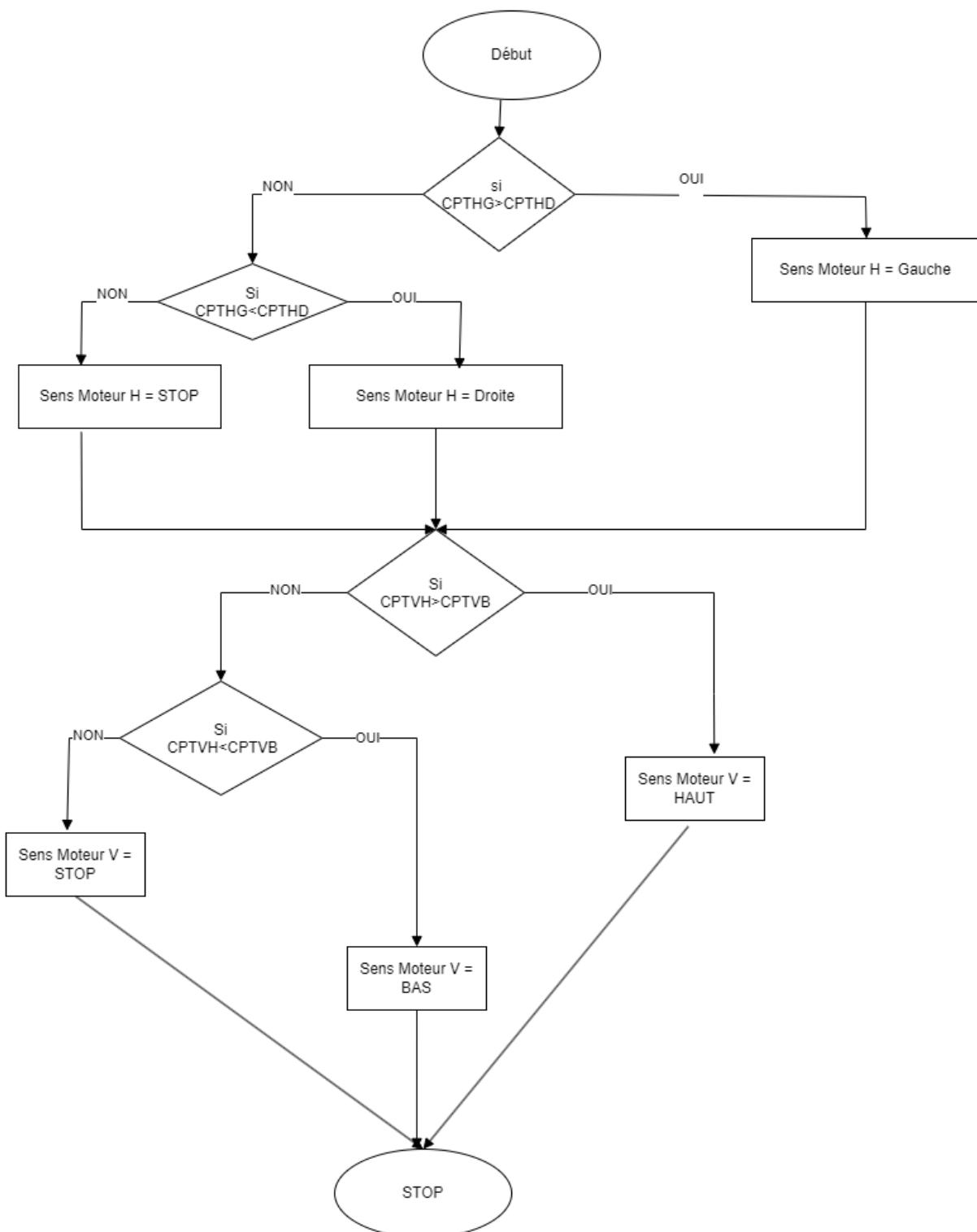


FIGURE 31 – phase de traitement.

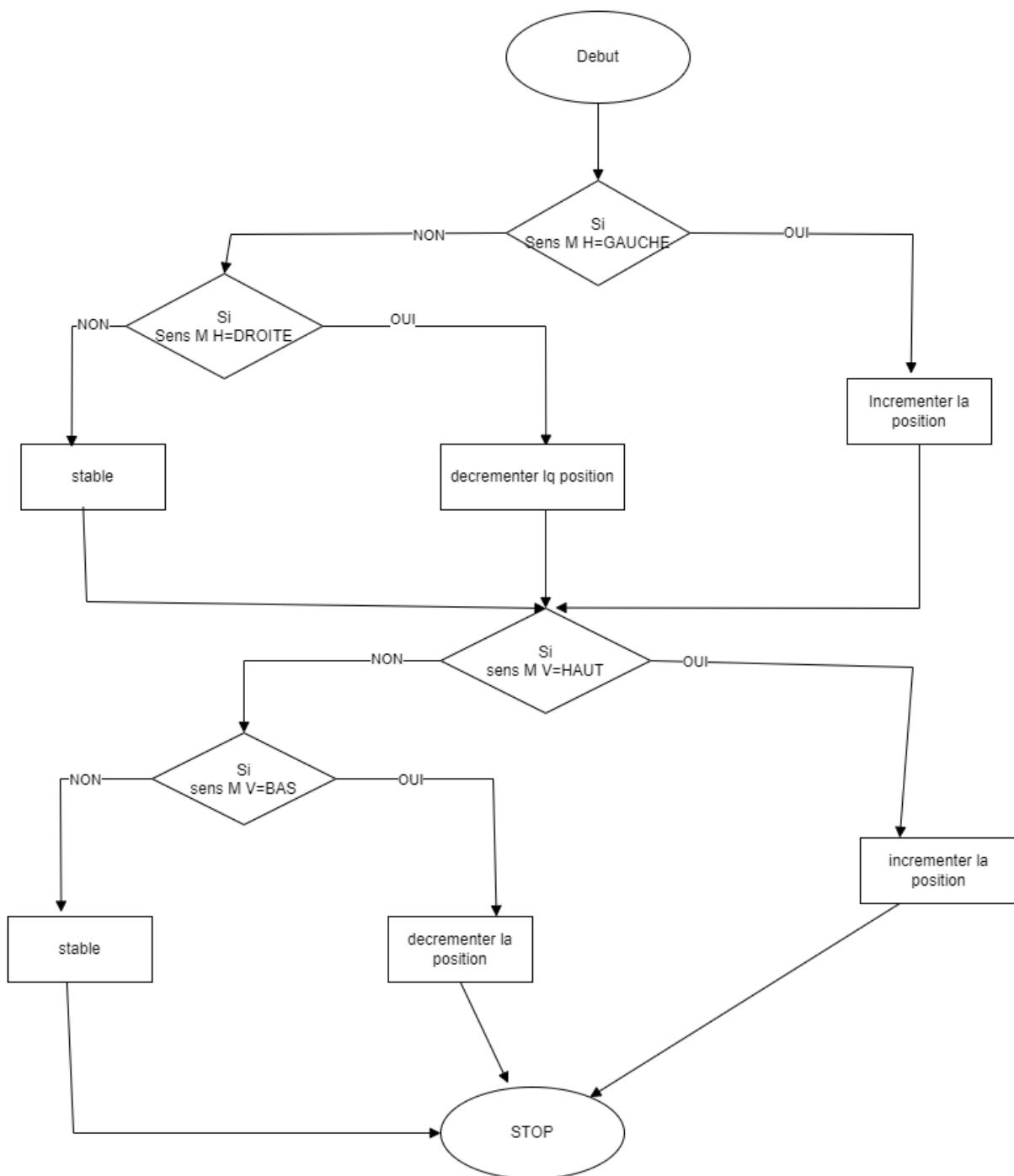


FIGURE 32 – Action des servomoteurs.

4.4.4 Assemblage des composants

Les différents composants électroniques sont assemblés selon le schéma de câblage, en veillant à :

Utiliser des connexions solides pour les câbles afin d'assurer la fiabilité du système. Disposer les LDR de manière stable et rigide pour éviter les interférences dues aux vibrations. Respecter les polarités des servomoteurs et des LDR pour éviter tout dysfonctionnement.

4.4.5 Tests et calibrage

Une fois le montage terminé, des tests sont effectués pour vérifier le fonctionnement du système :

Calibration des LDR pour s'assurer qu'elles détectent correctement les variations de lumière. Tests des servomoteurs pour vérifier leur amplitude de mouvement et leur précision. Ajustement des paramètres dans le programme Arduino pour optimiser le suivi solaire.

4.4.6 Implementation

```
solar.ino
1 #include <Servo.h>      // Importation de la bibliothèque pour les servomoteurs
2 #include <IRremote.h>    // Bibliothèque pour la télécommande infrarouge
3
4 // Création d'instances de servomoteurs
5 Servo servo1;
6 Servo servo2;
7
8 // Configuration de la télécommande
9 int ivalue;
10 const int RECV_PIN = 11; // Broche de réception du signal infrarouge
11 /*IRrecv irrecv(RECV_PIN);
12 decode_results results;
13 */
14 // Variables de contrôle
15 bool systemEnabled = false; // État du système (activé/désactivé)
16
17 // Code de la touche ON/OFF sur la télécommande (à ajuster selon votre télécommande)
18 //const unsigned long ON_OFF_CODE = 0xFF02FD; // Exemple de code, à remplacer
19
20
21 void setup() {
22     // Initialisation de la communication série
23     Serial.begin(9600);
24
25     // Initialisation des servos sur les broches 9 et 10
26     servo1.attach(9);
27     servo2.attach(10);
28
29     // Position initiale des servos (90°)
30     servo1.write(90);
31     servo2.write(90);
32
33     // Initialisation de la réception infrarouge
34     IrReceiver.begin(RECV_PIN);
35 }
```

```
37 void loop() {
38     // vérification des signaux de la télécommande
39     if (IrReceiver.decode()) {
40         // Vérification si le code correspond à la touche ON/OFF
41         ivalue = IrReceiver.decodedIRData.command;
42         Serial.println(ivalue);
43         if (ivalue == 24) {
44             systemEnabled = !systemEnabled; // Basculer l'état du système
45             Serial.println(systemEnabled ? "Système activé" : "Système désactivé");
46         }
47
48     // Reprendre la réception des signaux
49     IrReceiver.resume();
50 }
51
52 // Ne fonctionner que si le système est activé
53 if (systemEnabled) {
54     // Lecture des valeurs des capteurs de luminosité
55     int ldrTopL = analogRead(A0);
56     int ldrBottomL = analogRead(A1);
57     int ldrTopR = analogRead(A3);
58     int ldrBottomR = analogRead(A4);
59
60     // Affichage des valeurs des capteurs dans le moniteur série
61     Serial.print("ldrTopL : "); Serial.println(ldrTopL);
62     Serial.print("ldrBottomL : "); serial.println(ldrBottomL);
63     Serial.print("ldrTopR : "); Serial.println(ldrTopR);
64     Serial.print("ldrBottomR : "); Serial.println(ldrBottomR);
65
66     // Calcul des valeurs moyennes pour chaque direction
67     int avgT = (ldrTopL + ldrTopR) / 2;
68     int avgB = (ldrBottomL + ldrBottomR) / 2;
69     int avgL = (ldrTopL + ldrBottomL) / 2;
70     int avgR = (ldrTopR + ldrBottomR) / 2;
71 }
```

```

73     UpDown(avgT, avgB);
74     delay(20);
75     LeftRight(avgL, avgR);
76     delay(20);
77 } else {
78     // Si le système est désactivé, maintenir les servos en position
79     servo1.write(90);
80     servo2.write(90);
81 }
82 }
83
84 // Fonction pour ajuster le servo vertical en fonction de la lumière reçue
85 void UpDown(int avgT, int avgB) {
86     int pos1 = servo1.read(); // Lit la position actuelle du servo
87
88     if (avgT < avgB ) {
89         pos1++; // Déplace le servo vers le bas si la lumière est plus forte en bas
90     } else if (avgT > avgB ) {
91         pos1--; // Déplace le servo vers le haut si la lumière est plus forte en haut
92     }
93     servo1.write(pos1); // Écrit la nouvelle position du servo
94     delay(20);
95 }
96
97 // Fonction pour ajuster le servo horizontal en fonction de la lumière reçue
98 void LeftRight(int avgL, int avgR) {
99     int pos2 = servo2.read(); // Lit la position actuelle du servo
100
101    if (avgL < avgR ) {
102        pos2++; // Déplace le servo vers la droite si la lumière est plus forte à droite
103    } else if (avgL > avgR ) {
104        pos2--; // Déplace le servo vers la gauche si la lumière est plus forte à gauche
105    }
106    servo2.write(pos2); // Écrit la nouvelle position du servo
107    delay(20);
108 }
```

4.5 Partie mécanique et structure

La partie mécanique et structure constitue un élément essentiel dans la conception d'un suiveur solaire à deux axes. Elle inclut le support du panneau solaire, les pièces mécaniques qui assurent les rotations horizontales et verticales, ainsi que les servomoteurs responsables des mouvements.

4.5.1 Structure générale

Notre support est conçu pour accueillir un panneau photovoltaïque standard, avec deux parties mobiles principales :

- Une partie sur l'axe vertical** : Cette partie assure la variation de l'azimut du panneau solaire. Elle est basée sur l'emplacement des servomoteurs situés au centre du support. Les sorties positives (rouge) des servomoteurs sont reliées au 5V de l'Arduino, tandis que les sorties négatives (marron) sont connectées à la GND de l'Arduino. Les commandes des servomoteurs (orange) sont connectées aux sorties de l'Arduino : la branche 9 pour le moteur horizontal et la branche 10 pour le moteur vertical.

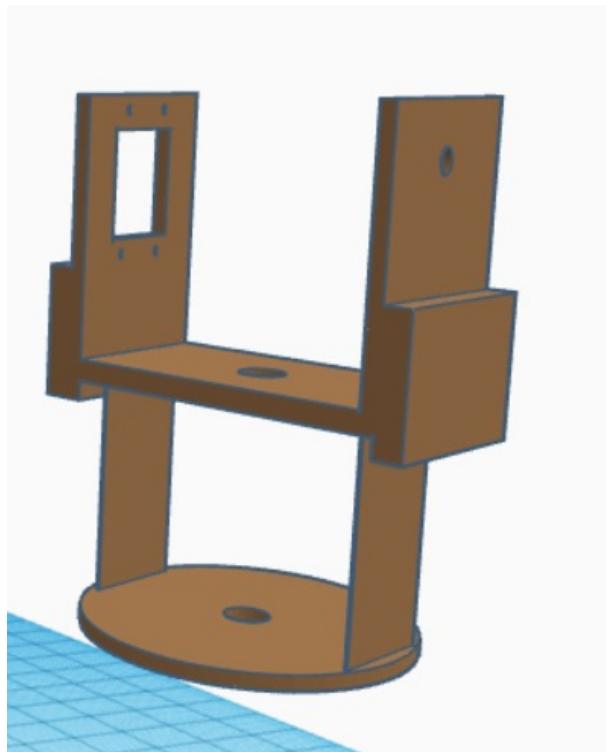


FIGURE 33 – Figure 4.21 : Emplacement des servomoteurs sur l'axe vertical

2. **Une partie sur l'axe horizontal :** Cette partie permet de modifier l'élévation du panneau solaire en fonction de la position du soleil. Le moteur horizontal est fixé de manière à permettre un mouvement fluide et précis.

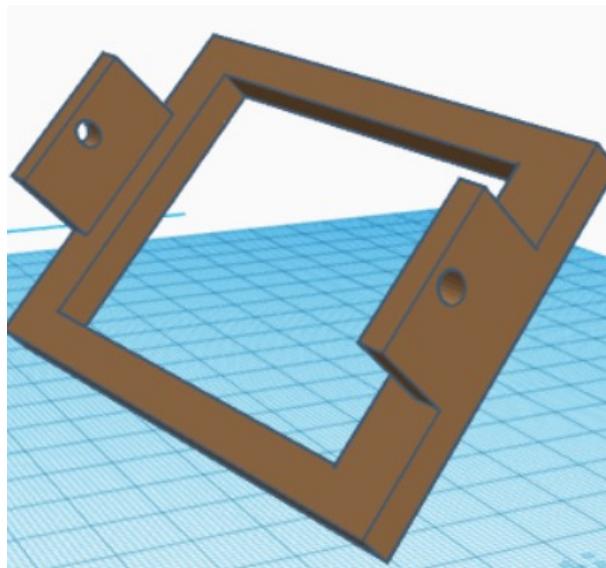


FIGURE 34 – Figure 4.22 : Emplacement des servomoteurs sur l'axe horizontal

4.5.2 Structure des capteurs de lumière

Les capteurs de lumière (LDR) sont disposés dans une structure en forme de croix (+) pour assurer une isolation efficace et une couverture optimale dans toutes les directions.

Cette disposition permet une détection précise de la position du soleil (figure 4.23).

Les photo-résistances et les résistances sont soudées sur une plaque perforée. Chaque capteur est connecté en série avec une résistance. Les pattes des résistances sont reliées à la GND de l'Arduino, tandis que les sorties des capteurs sont connectées ensemble et reliées au 5V de l'Arduino. Enfin, chaque point de connexion intermédiaire (entre une résistance et un capteur) est connecté à une entrée analogique de l'Arduino.

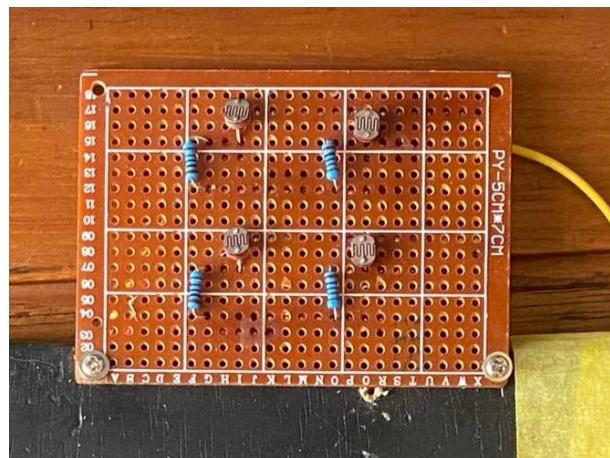


FIGURE 35 – L'emplacement des capteurs de lumière

4.5.3 Mécanisme de rotation

Axe vertical : Le mouvement autour de l'axe vertical est assuré par un servomoteur de type MG995. Ce moteur est configuré pour optimiser la rotation azimutale et maintenir un alignement précis avec le soleil.



FIGURE 36 – Emplacement des servomoteurs sur l'axe verticale

Axe horizontal : La rotation autour de l'axe horizontal est également pilotée par un servomoteur de type MG995. Ce moteur est fixé directement au cadre en bois et permet une inclinaison fluide du panneau solaire.

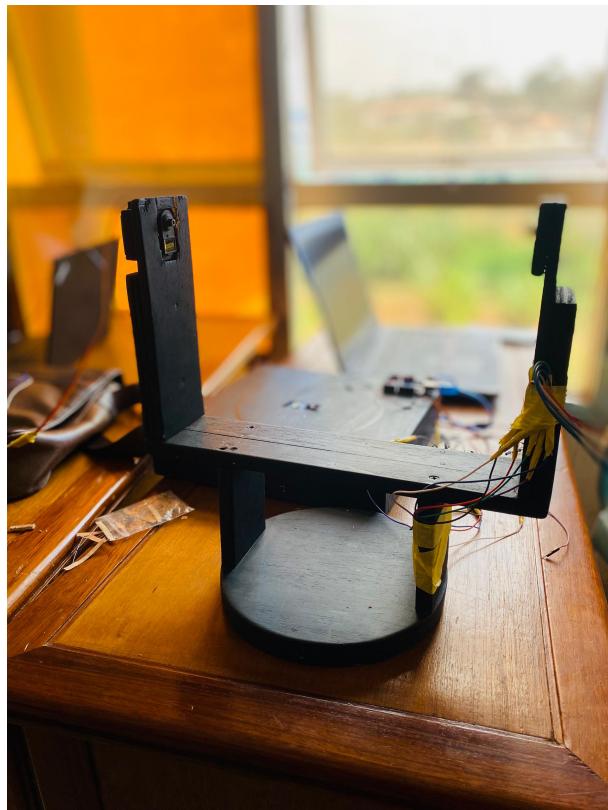


FIGURE 37 – Emplacement des servomoteurs sur l'axe horizontal

4.5.4 Matériaux utilisés

Le matériau principal utilisé pour la fabrication de la structure est :

Bois : Choisi pour sa légèreté, sa facilité d'assemblage et son faible coût.

4.6 Résultat de notre suiveur

- L'objectif de ce projet était de maximiser l'efficacité de conversion énergétique d'un panneau solaire en suivant le mouvement du soleil sur deux axes. Nous avons réussi à atteindre notre but quant à la réalisation de notre traqueur solaire qui suit fidèlement la position du soleil pour augmenter le rendement du panneau solaire mobile par rapport au système fixe, les résultats ont été au rendez-vous. Le prototype final a été à la hauteur de nos attentes.

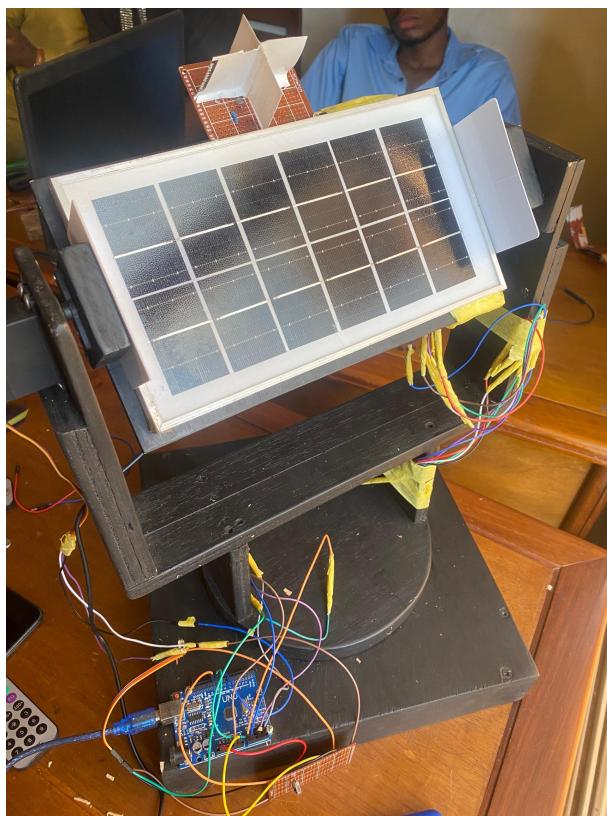


FIGURE 38 – prototype final

- Maintenant l'étape qui s'impose est le devenir de l'énergie captée par notre suiveur solaire. Pour cela, nous avons décidé dans un premier temps de charger un petit appareil, à l'occurrence un téléphone Itel. Etant donné la dimension de notre panneau solaire, on ne peut pas utiliser l'énergie captée sur une certaine gamme d'appareils. L'image suivante illustre un moment précis où le téléphone est en cours de chargement.

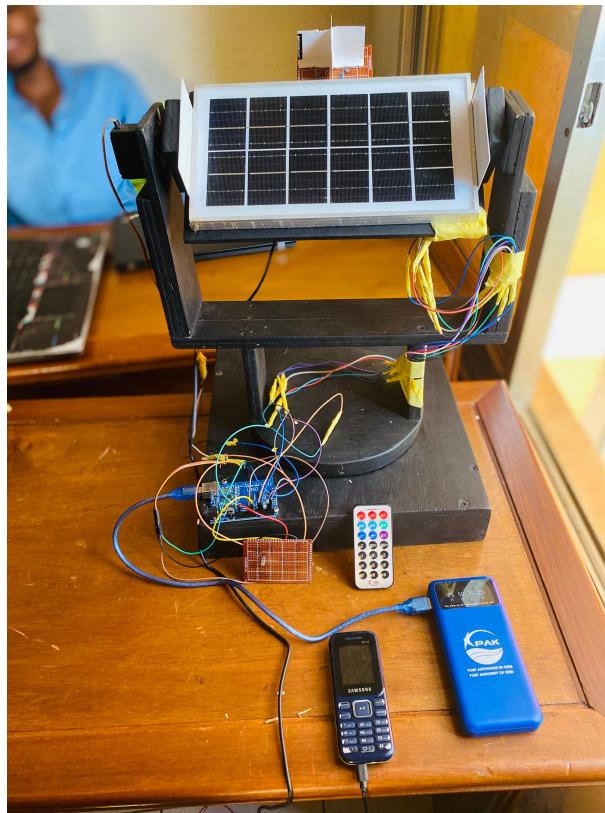


FIGURE 39 – Usage de notre suiveur solaire

- La question qui vient automatiquement à l'esprit est la suivante : "*Le système proposé est-il nettement préférable à un suiveur à un axe ?*". En termes de performance et d'efficacité énergétique :
 1. **Suivi Précis du Soleil** : Un suiveur solaire à deux axes peut suivre la trajectoire du soleil de manière plus précise tout au long de la journée. En suivant le soleil plus précisément, les panneaux solaires montés sur un suiveur à deux axes captent plus de lumière solaire directe. Cela augmente considérablement la quantité totale d'énergie produite par le panneau solaire.
 2. **Efficacité Énergétique et gain d'énergie** : L'efficacité des panneaux solaires est maximisée lorsque les rayons du soleil frappent perpendiculairement à la surface du panneau. Un suiveur à deux axes permet d'atteindre cet angle optimal plus souvent qu'un suiveur à un axe. Il augmente la production d'énergie de 25 à 45% par rapport à un système fixe, et de 10 à 20% par rapport à un suiveur à un axe.
- **Limitations et challenges** :
 - Des erreurs de calibration des capteurs
 - Ajout de la télécommande
 - Equilibrage du système

5 Possible amélioration et évolution du concept initiale

Une optimisation importante pour le concept initial pourrait être l'utilisation de moteurs pas à pas au lieu des servomoteurs MG995. Les moteurs pas à pas présentent plu-

sieurs avantages qui en font une option idéale pour un suiveur solaire plus précis et efficace.

5.1 Pourquoi les moteurs pas à pas ?

Les moteurs pas à pas permettent un contrôle beaucoup plus précis des mouvements grâce à leur capacité à diviser une rotation complète en un grand nombre de pas égaux. Voici les avantages principaux :

- **Précision accrue** : Les moteurs pas à pas offrent une résolution angulaire élevée, permettant des ajustements plus fins dans l'orientation du panneau solaire.
- **Positionnement sans rétroaction** : Contrairement aux servomoteurs, les moteurs pas à pas peuvent maintenir leur position sans nécessiter de capteur de retour (feedback)
- **Fiabilité et durabilité** : Les moteurs pas à pas sont moins sujets à l'usure mécanique car ils ne comportent pas de potentiomètre ou de pièces internes complexes.
- **Contrôle simplifié** : Avec un pilote de moteur pas à pas (comme le module A4988 ou DRV8825), il est possible d'obtenir un mouvement fluide et précis via des commandes Arduino.

5.2 Comparaison avec les servomoteurs MG995

Bien que les servomoteurs MG995R soient simples à utiliser et largement disponibles, ils présentent certaines limitations :

- **Précision limitée** : Les servomoteurs sont généralement limités à une plage de 180° et offrent une résolution angulaire inférieure à celle des moteurs pas à pas.
- **Bruit et vibrations** : Les servomoteurs peuvent produire du bruit et des vibrations, ce qui peut nuire à la stabilité de l'ensemble.
- **Maintenance** : Les potentiomètres intégrés aux servomoteurs peuvent s'user avec le temps, réduisant leur précision et leur fiabilité.

En revanche, les moteurs pas à pas éliminent ces problèmes grâce à leur conception robuste et leur fonctionnement sans rétroaction.

5.3 Mise en œuvre des moteurs pas à pas

Pour intégrer des moteurs pas à pas dans le suiveur solaire, voici les étapes principales :

1. **Choix du moteur** : Utiliser des moteurs pas à pas de type NEMA 17 ou NEMA 23 en fonction des besoins de couple.
2. **Pilote de moteur** : Ajouter des modules de contrôle tels que l'A4988 ou le DRV8825 pour piloter les moteurs via l'Arduino.
3. **Alimentation** : Fournir une alimentation adaptée, car les moteurs pas à pas consomment généralement plus de courant que les servomoteurs.
4. **Code Arduino** : Mettre à jour le programme Arduino pour inclure des bibliothèques comme AccelStepper, permettant un contrôle précis des moteurs pas à pas.

Conclusion

La réalisation de ce projet de suiveur solaire photovoltaïque à deux axes a permis d'atteindre plusieurs objectifs importants en matière de maximisation de l'efficacité énergétique des panneaux solaires. À travers cette étude, nous avons pu mettre en évidence l'importance cruciale de l'orientation des panneaux solaires par rapport à l'incidence des rayons solaires pour maximiser le rendement énergétique. La conception et la réalisation du prototype ont nécessité une approche méthodologique rigoureuse, combinant des connaissances théoriques en électronique, en mécanique et en programmation. Les différentes étapes du projet, de la conception à la mise en œuvre, ont permis d'acquérir une expertise solide dans le domaine des énergies renouvelables et de l'automatisation. L'intégration de capteurs de lumière, de servomoteurs et d'un algorithme de contrôle PID nous a permis de suivre avec précision la trajectoire du soleil, augmentant ainsi la quantité d'énergie captée par le panneau solaire. Les défis rencontrés lors de la phase de développement, notamment en termes de précision du suivi, de robustesse mécanique et de gestion de l'énergie, ont été relevés grâce à une ambiance disciplinaire, à des ajustements continus et à une itération constante. Des améliorations futures pourraient inclure l'utilisation de capteurs de lumière de haute précision, des moteurs pas à pas. De plus, l'intégration de technologies de stockage d'énergie plus définitive pourrait maximiser l'utilisation de l'énergie solaire captée. À terme, ce type de système pourrait contribuer à la transition énergétique en favorisant le développement des énergies renouvelables et en réduisant la dépendance aux énergies fossiles. Il pourrait également trouver des applications dans des domaines en pleine expansion comme l'agriculture. Ce projet met en lumière l'importance des technologies de suivi solaire pour accroître l'efficacité des systèmes photovoltaïques et réduire notre dépendance aux sources d'énergie non renouvelables. Le succès de ce projet ouvre la voie à des applications plus larges et à des améliorations continues dans le domaine des énergies renouvelables. Les résultats obtenus et les leçons apprises tout au long de ce projet nous permettent d'envisager des améliorations futures et de continuer à contribuer au développement de solutions énergétiques durables et innovantes. Nous sommes convaincus que cette technologie peut jouer un rôle clé dans la transition vers une énergie plus verte et plus efficiente.

Bibliographie

Références

- [1] Kadri, I. "Étude Conception et Réalisation d'un Suiveur Solaire à Base Arduino". Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 2018.
- [2] Ferroudji, Fateh. "Conception et Optimisation en Dynamique Forcée d'un Nouveau Prototype de Système de Suiveur Solaire à Deux Axes". Doctorat Sciences, Université de Batna, 26/10/2015.
- [3] Belkebir, Katia, Chaabi, Siham. "Conception et Réalisation d'un Suiveur de Soleil à Base d'une Carte Arduino Uno". Mémoire de fin d'études de Master Professionnel, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2016.
- [4] Aouine, Abdelkrim. "Conception et Réalisation d'un Traqueur Solaire Intelligent à Base d'une Carte Arduino Uno". Mémoire de fin d'études de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2016.
- [5] Bensaoucha, Seyf, Djloud, Snoussi. "Réalisation d'un Suiveur Solaire à Base d'Arduino". Mémoire de fin d'études, Université de Msila, 2019.
- [6] Document. "Découverte Arduino Uno". Disponible à : http://www.techmania.fr/arduino/découverte_arduino.pdf. (Dernier accès le 22-11-2024).
- [7] Cite Web. "Arduino : La carte de programmation qui fait sa révolution". Disponible à : <https://easypartner.fr/blog/arduino-la-carte-de-programmation-qui-fait-sa-revolution/>. (Dernier accès le 29-11-2024).
- [8] Article. "Découverte de l'Arduino". Disponible à : https://zestedesavoir.com/tutoriels/686/arduino-premiers-pas-en-informatique-embarquée/742_découverte-de-larduino/3416_le-logiciel/. (Dernier accès le 9-12-2024).
- [9] Wikipedia. "Proteus (électronique)". Disponible à : [https://fr.wikipedia.org/wiki/proteus_\(%C3%A9lectronique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/proteus_(%C3%A9lectronique)). (Dernier accès le 9-12-2024).
- [10] Cite Web. "Proteus". Disponible à : <http://www.elektronique.fr/logiciels/proteus.php>. (Dernier accès le 10-12-2024).
- [11] Cite Web. "Top 10 meilleurs logiciels de conception de circuit imprimé". Disponible à : <https://www.proto-electronics.com/fr/blog/top-10-meilleurs-logiciels-conception-circuit-imprime>. (Dernier accès le 4-01-2025).