

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique

Thème

*Etude et Réalisation d'un Tracker solaire autopiloté
Commande via une carte Arduino*

Soutenu publiquement le: 04/06/2018

Devant le jury composé de :

Présenté par :

-Mr: Bousbia Seif eddine

Président

-Mr: KHELLOUT Abderrahim

-Dr: Regouta Mohammed Sghir

Examineur

-Mr: KHELLOUT Ahmed

-Mr: Mansouri Khaled

Encadreur

2017-2018

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A ma très chère mère.

A ma très cher père.

A toutes mes frères et sœurs.

A mon ami seïf eddine.

A toute la famille et tous mes amis de

promotion de mastère 2018, et

à tous les gens que je connais.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes chers parents.

Toute ma famille.

Tous qui donnent une contribution de

réalisation de ce mémoire.

Remerciement

Nous remercions ﷻ Tout-Puissant de nous donner le

courage et la

patience qui nous a permis d'accomplir ce modeste travail.

Aussi

À nos familles.

Et

À nos amies.

***Aussi Nous voudrions également exprimer notre grande
gratitude à notre superviseur Mr. Mansouri Khaled- pour***

***son aide et ses conseils courageux pour accomplir et
suivre ce travail. Nous remercions également le membre***

du jury d'avoir révisé ce travail

Nous adressons nos sincères remerciements à tout le

personnel qui nous a aidés à réaliser ce travail.

Abderrahim Et Ahmed.

Sommaire

Sommaire

Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux et des courbes.....	vii
Liste des annexes.....	viii
Nomenclature.....	ix
Introduction générale.....	1
Chapitre :I Les coordonnées astronomiques et les angles correspondantes la trajectoire du soleil	
I.1.Introduction.....	2
I.2. Spécifications géographiques.....	2
I. 3. Le mouvement de révolution et les saisons.....	2
I. 3.1.Aux équinoxes de printemps et d'automne	3
I. 3.2.Au solstice d'été	3
I.3.3.Au solstice d'hiver	4
I.4.Trajectoires apparents du Soleil	5
I.5. Angles solaires	6
I.5.1. Angles géographiques.....	6
I.5.2. Angles horaires	7
I.5.3. Angles verticales	7
I.5.4. Angles horizontales.....	8
I.5.4. Angles de plan incliné.....	8
I.6.Temps Solaire.....	10
I.7.Conclusion.....	11
Chapitre II: Généralités Sur L'énergie Solaire Et Tracker Solaire	
I.1.Introduction.....	12
II.2.Le rayonnement solaire.....	12
II.2.1. Types de rayonnements.....	12

II.2.1.1. Rayonnement direct.....	12
II.2.1.2. Rayonnement diffus.....	12
II.2.1.3. Rayonnement réfléchi.....	12
II.2.1.4. Rayonnement global.....	12
II.3. L'énergie Solaire.....	13
II.3.1. L'énergie solaire photovoltaïque.....	14
II.3.2 L'énergie solaire thermique.....	15
II.4. Impact de l'orientation de l'inclinaison sur Le rendement en productivité.....	17
II.5. Tracker solaire.....	18
II.5.1. Définition.....	18
II.5.2. Historique.....	18
II.6. types de Tracker solaire.....	19
II.6.1. Type de Trackers solaires selon de stratégie de commande.....	20
II.6.1.1. Les Trackers solaires avec commande passif.....	20
II.6.1.2. Les Tracker solaires avec commande actif.....	20
1. Tracker en boucle ouverte.....	21
2. Tracker en boucle fermée.....	22
II.6.2. Types de Trackers solaires selon degrés des libertés.....	22
1. Trackers solaires a mono-axe de rotation.....	22
2. Trackers solaires a double-axes de rotation.....	24
II.7. Conclusion.....	25
Chapitre: III Conception et réalisation de système poursuite	
III.1. Introduction.....	26
III.2. Partie d'étude et conception.....	26
III.2.1. Etude électrique.....	26
III.2.2. Conception électrique.....	31
III.2.2.1. Etape de programmation.....	31
III.2.2.2. Etape de simulation.....	32

III.2.3.Conception mécanique.....	32
Etape 1 :Conception des pièces.....	32
Etape 2: L'assemblage des pièces.....	33
III.3.Partie de réalisation.....	34
III.3.1.Réalisation électrique.....	34
III.3.1.1.Le circuit électrique du capteur solaire	35
III.3.1.2.Le circuit électrique du commande.....	35
III.3.1.3.Le circuit électrique du puissance.....	36
III.3.2.Réalisation mécanique.....	37
Chapitre: III	Résultats et discussion
III.4.Expérimenter et dériver des résultats.....	38
III.4.1.Résultats de l'expérience.....	38
III.4.2.Analyser les résultats de l'expérience.....	40
III.4.3.Conclusion de l'expérience.....	41
III.5. Conclusion.....	41
Conclusion générale.....	42
Bibliographie.....	43
Annexe.....	45

Liste des figures

Liste des figures

Chapitre I : Les coordonnées astronomiques et les angles correspondantes la trajectoire du soleil

Figure.I.1. Variation saisonnière du rayonnement solaire.....	3
Figure.I.2. Aux équinoxes de printemps et d'automne.....	3
Figure.I.3. Au solstice d'été.....	4
Figure.I.4. Au solstice d'hiver.....	4
Figure.I.5. Rayonnement solaire perpendiculaire sur la Terre par rapport les orbites.....	5
Figure.I.6. Trajectoire du soleil.....	5
Figure.I.7. Les coordonnées d'un point sur la terre.....	6
Figure.I.8. Angles solaires.....	8
Figure.I.9. Les angles de l'inclinaison, hauteur angulaire et l'incidence.....	9

Chapitre II : Généralités Sur L'énergie Solaire Et Tracker Solaire

Figure .II.1. Composantes du rayonnement global sur une surface inclinée.....	12
Figure .II.2. Type d'énergie solaire.....	13
Figure II.3. Coupe transversale d'une cellule PV typique.....	15
Figure.II.4. Relation de cellule avec le module et la matrice "Array" photovoltaïque.....	15
Figure.II.5. Principe de captation de l'énergie solaire.....	16
Figure.II.6. Dépendance des performances d'un collecteur d'énergie dès l'angles θ_i et β	17
Figure.II.7. Rendement en productivité solaire exploitée en fonction de l'angle θ_i des rayons solaires.....	18
Fig.II.8. Modèle d'un héliostat dans ses premières applications.....	19

Figure.II.9.Types de Tracker solaire.....	19
Figure.II.10. Exemple et fonctionnement du Tracker solaires avec commande passif.....	20
Figure.II.11. Exemple et fonctionnement du Tracker solaires avec commande actif.....	21
Figure.II.12. stratégie de commande en boucle ouverte.....	21
Figure.II.13. stratégie de commande en boucle fermée.....	22
Figure.II.14. Tracker solaire a mono-axe de rotation (l'angle d'azumit).....	23
Figure.II.15. Tracker solaire a mono-axe de rotation (l'angle d'horaire).....	23
Figure.II.16. Tracker solaire a double-axe de rotation (les'angle d'horaire/ altitude).....	24
Figure.II.17. Tracker solaire a double-axe de rotation (les'angle d'azumit / altitude).....	25

Chapitre III : Conception et réalisation de système poursuite

Figure.III.1. schéma électrique total.....	27
Figure.III.2.Image photorésistance (LDR) de différentes tailles.....	27
Figure.III.3.Schéma du prototype des quatre capteurs LDR.....	28
Figure.III.4.Circuit de captage en système.....	28
Figure.III.5.La carte Arduino Uno.....	29
Figure.III.6.shémas circuit de puissance.....	30
Figure.III.7.Principe de fonctionnement du moteur à courant continu.....	30
Figure.III.8.Organigramme de programme proposé.....	31
Figure.III.9. circuit électrique de système simulé.....	32
Figure.III.10.conception les parties principales de système poursuite	33
Figure.III.11. La structure mécanique totale du Tracker solaire.....	34
Figure.III.12. photo de Réalisation du circuit électrique du système poursuite en à vide.....	34

Figure.III.13. photo de Réalisation du circuit électrique du capteur solaire.....35

Figure.III.14.photo de Réalisation du circuit électrique du commande.....35

Figure.III.15.photo de Réalisation du circuit électrique du puissance.....36

Figure.III.16.photo de Réalisation du moteur linéaire électrique.....36

Figure.III.17.photo de Réalisation du Structure mécanique de Tracker Solaire..... 37

Chapitre III :

Résultats et discussion

Figure.III.18.Photo des conditions météorologiques pendant l'expérience.....38

Liste des tableaux et des courbes

Liste des tableaux et des courbes

Chapitre I Les coordonnées astronomiques et les angles correspondantes la trajectoire du soleil

Tableau.I.1. Les coordonnées géographique de la ville d'EL-OUED.....2

Chapitre III : Résultats et discussion

Courbe.III.1. Curve du trajectoire d'angle horaire du système poursuite.....39

Courbe.III.2. Curve du trajectoire d'angle altitude du Tracker solaire.....39

Courbe.III.3. Comparaison de la puissance électrique.....40

Liste des annexes

Liste des annexes

Annexe:1.....	44
Le principe de fonctionnement de capteur LDR	
Annexe:2.....	45
Interface du logiciel Arduino	
Annexe:3.....	46
Interface du logiciel PROTEUS_ISIS	
Annexe:4.....	47
Circuit intégré pour le circuit de puissance L293D	
Annexe:5.....	48
Interface du logicielle SolidWorks	
Annexe:6.....	49
Circuit électrique pour MODULE 4 RELAY	
Annexe:7.....	50
Fiche Technique Sur Moteur Linéaire électrique	
Annexe:8.....	51
Tous les outils utilisés dans l'expérience avec coût	
Annexe:9.....	52
Capteur de rayonnement solaire perpendiculaire.	
Annexe:10.....	53
Plaque signalisé de panneau photovoltaïque d'expérience.	

Nomenclature

Nomenclature

CE	Collecteur d'énergie
P _N	Pôle Nord
SVF.AT	Coefficient de Visibilité ciel dans la ville
SVF.AC	Coefficient de Visibilité ciel dans la campagne
δ	Angle déclinaison
φ	Latitude du lieu
L	Longitude du lieu
λ	Etant la longitude traduite en heures (1 heure pour 15 degrés).
θ_i	Angle d'incidence
β	L'inclinaison du collecteur d'énergie
H	Angle Hauteur de soleil
γ	Angle d'azimut
θ_z	Angle de zénith
α	Angle d'altitude
ω	Angle horaire (valeur absolue) de 0° à 180°
ω_s	Angle de lever du soleil
ω_c	Angle de coucher du soleil
δ	Déclinaison du Soleil
E	Equation de temps
T _G	Temps universel (Greenwich)
T _L	Temps du lieu
T _{SV}	Temps solaire vrai
T _{SM}	Temps solaire moyen
n	nombre de jour
Q	constant en l'équation de temps
RN _{PS}	Le rendement en productivité solaire

MCC	Moteur a courent continu
GND	Masse de terre (Gound)
DC	Direct Courent
LDR	Capteur Photo-résistance (Light Dependent Resictance)
L293D	Circuit intégré de Driver moteur
V _s	Tension source (V)
R _{LDR}	Résistance de la LDR (Ω)
PV	Photovoltaïque
IDE	Environnement de Devloppement Intégré
Hg	Capteur Haut gauche
Hd	Capteur Haut droit
Bg	Capteur Bas gauche
Bd	Capteur Bas droit
Mh	Moteur Horaire
Ma	Moteur Altitude
tr	Tolérance
Avt	Moyenne haut
Avd	Moyenne bas
Avl	Moyenne gauche
Avr	Moyenne droit
Dvert	Différence vertical
Dhoriz	Différence horizontal
M(h,a) =0	Stop moteur
S1	Sens Droit
S2	Sens gauche

Introduction générale

Introduction générale

Dans un contexte énergétique et économique difficile, les attentes en termes d'énergies renouvelables en général et d'énergie solaire en particulier, sont de plus en plus importantes. Les enjeux majeurs des chercheurs et des industriels dans ce domaine sont d'augmenter le rendement et de diminuer les coûts des cellules, des modules et des systèmes photovoltaïques et ainsi que les systèmes thermiques afin de les rendre les plus compétitifs possible.

L'énergie solaire varie en fonction de la position de celui-ci que donne en fonction de l'heure du jour et de la différence des saisons dans l'année, cette source doit être suivie afin d'obtenir la productivité la plus rentable, sur cette base, les leaders mondiaux dans le domaine de l'énergie solaire, par exemple, la Chine et l'Espagne, ont adopté cette idée. Ainsi que l'Algérie a réservé une multitude d'investissements dans la technologie photovoltaïque et ses applications à titre d'exemple le projet HASSI R'MEL. Ce dernier consiste à mettre à profit des concentrateurs solaires cylindro-parabolique muni des systèmes basés sur la même idée.

Dans ce travail, nous cherchons d'améliorer la qualité et la quantité de la chute du soleil, où le collecteur d'énergie et le rayon de soleil forment un angle de 90° tout au long de la journée pour collecter autant de rayons solaires que possible. Cette stratégie est possible en développant un prototype du système de suiveur solaire. Pour atteindre cet objectif, une étude avec une réalisation d'un suiveur solaire (Tracker Solaire) à deux degrés de liberté a été fait dans ce contexte.

Notre rapport est organisé par trois parties, nous allons d'abord commencer par un premier qui présentera Les coordonnées astronomiques et les angles correspondantes la trajectoire du soleil, où nous allons expliquer le mouvement du soleil et de la terre et ses conséquences.

Dans la deuxième partie, nous allons étudier à propos de Généralités Sur L'énergie Solaire Et Tracker Solaire, nous allons donc étudier rapidement l'énergie solaire, ensuite nous allons étudier en profondeur sur le Tracker solaire.

Finalement, une conception et réalisation de système poursuite à deux axes vas exécuter, avec une commande par une carte Arduino à l'aide de quatre photorésistances, suivi par une expérience où nous utilisons le panneau solaire photovoltaïque pour prouver l'efficacité du système.

Chapitre I :

**Les coordonnées
astronomiques et les
angles correspondantes la
trajectoire du soleil**

I.1.Introduction:

Il existe toutefois une différence importante entre le système de coordonnées équatoriales et le système de coordonnées géographiques : le système géographique est fixé à la Terre ; il tourne avec la Terre. Le système équatorial est fixé aux étoiles , en fait, les coordonnées équatoriales ne sont pas tout à fait fixées aux étoiles. Voir précession. De plus, si l'on utilise l'angle horaire au lieu de l'ascension droite, le système équatorial devient fixé à la Terre, non pas aux étoiles, donc il semble se déplacer avec les étoiles alors qu'en réalité c'est la Terre qui tourne et le ciel est immobile. [1]

Dans ce chapitre, nous allons commencer par expliquer le mouvement de révolution et les saisons, Et nous allons touchons en trajectoires apparents du Soleil, Ensuite, nous allons expliquer les angles du soleil, Enfin, nous allons discuter de certaines équations de temps.

I.2. Spécifications géographiques:

Les coordonnées géographiques d'EL-OUED sont données par le tableau suivant :

Tableau.I.1. Les coordonnées géographique de la ville d'EL-OUED.[2].[3]

Altitude (A): 76 m	Latitude (φ): 33° 50' Nord
SVF.AT:0.16 et SVF.AC:0.79	Longitude(L) : 6° 78'Est

I. 3. Le mouvement de révolution et les saisons:

Le rotation de la Terre autour du Soleil décrit une ellipse légèrement aplatie avec une période de 365,25 jours. Dans cette ronde annuelle autour du Soleil, la Terre effectue un tour complet sur elle-même en 24 heures autour de l'axe des pôles. Cet axe nord - sud fait un angle de $\delta = 23^{\circ}45'$ avec la direction perpendiculaire au plan de l'orbite terrestre autour du Soleil.

Cette inclinaison est constante tout au long du rotation autour du Soleil et est responsable des variations saisonnières Ainsi pendant nos mois d'hiver, en hémisphère nord la durée d'insolation est relativement courte et le Soleil n e monter pas très haut dans le ciel, tandis que l'été règne sur l'hémisphère sud. Pendant nos mois d'été, la situation est inversée, l'hémisphère nord est tourné vers le Soleil. Les jours sont alors plus longs que les nuits dans l'hémisphère nord et le rayonnement incident se rapproche de la verticale. [4]

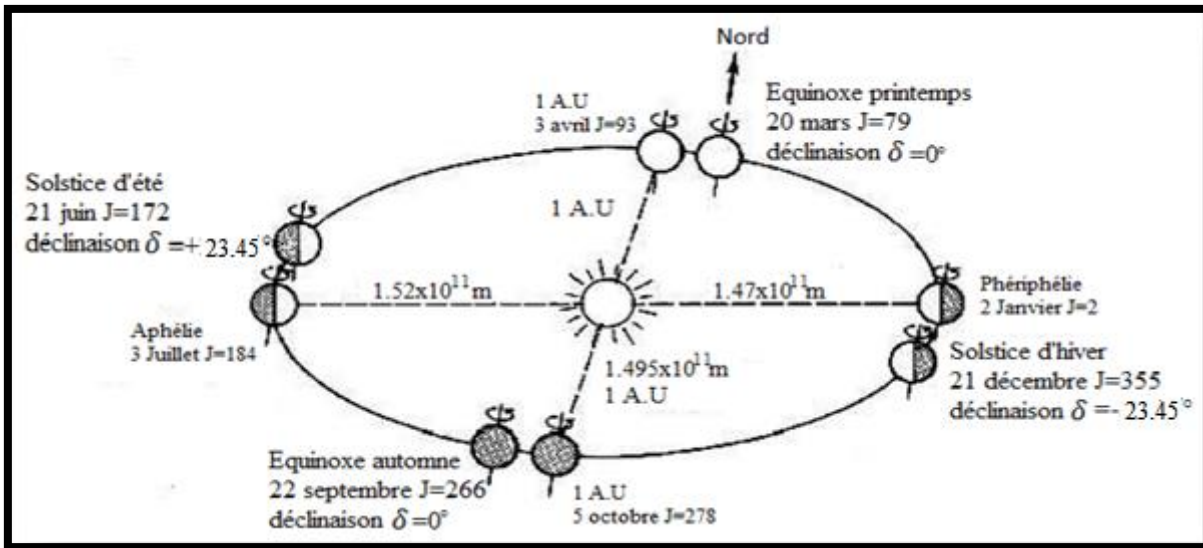


Figure.I.1.Variation saisonnière du rayonnement solaire.[5]

I. 3.1.Aux équinoxes de printemps et d'automne (21 mars, 21 septembre):

A midi, le rayonnement est perpendiculaire à l'équateur (latitude 0°) et partout sur le globe, les jours et les nuits sont de durée égale. C'est à ce moment que la hauteur du Soleil à midi est la plus facile à calculer. En effet, sa hauteur H est égale à l'angle complémentaire de la latitude. [6]

$$H = 90^\circ - \varphi \tag{I.1.}$$

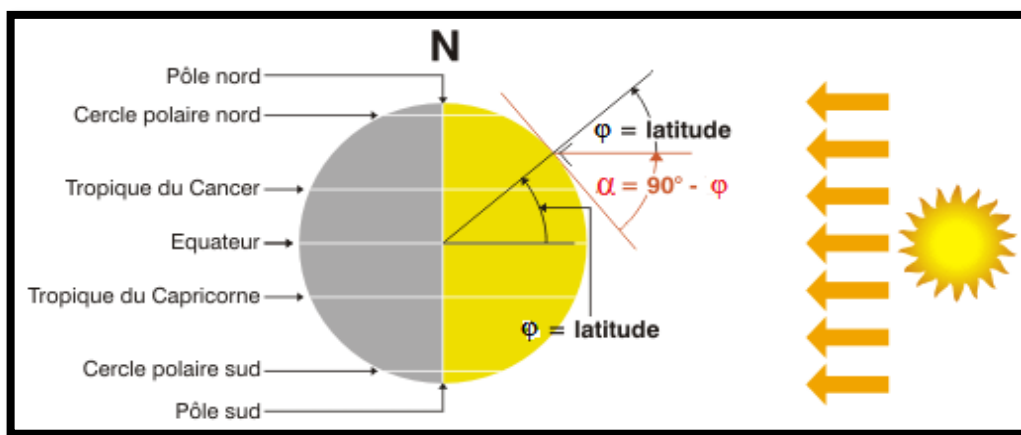


Figure.I.2. Aux équinoxes de printemps et d'automne.[3]

I. 3.2.Au solstice d'été (21 juin):

La Terre est inclinée vers les rayons solaires et, à midi, ceux-ci sont perpendiculaires au tropique du cancer (latitude 23°45' N). Le Soleil ne se couche jamais dans les régions du

globe situées à l'intérieur du cercle arctique (celui-ci se trouvant 23°45' au-dessous du pôle Nord). Une personne vivant à la latitude de 66°33' N (90°-23°45') devrait veiller jusqu'à minuit pour voir le Soleil se promener aux alentours du nord, s'abaisser jusqu'à toucher l'horizon et commencer à s'élever de nouveau vers le secteur est du ciel. La hauteur H du Soleil à midi (solaire) est de 23°45' supérieure à celle de l'équinoxe. [6]

$$H = 90^\circ - \varphi + 23^\circ45' \tag{I.2}$$

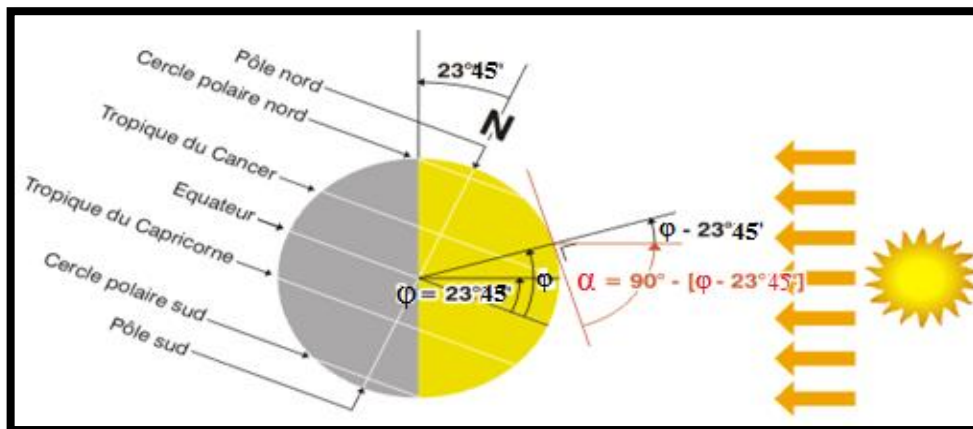


Figure.I.3. Au solstice d'été .[3]

I.3.3.Au solstice d'hiver (22 décembre):

L'angle d'inclinaison est inversé et c'est le tropique du capricorne (latitude 23°45' S) qui bénéficie d'un rayonnement perpendiculaire. La hauteur du Soleil à midi est de 23°45' inférieure à celle de l'équinoxe. [3]

$$H = 90^\circ - \varphi - 23^\circ45' \tag{I.3}$$

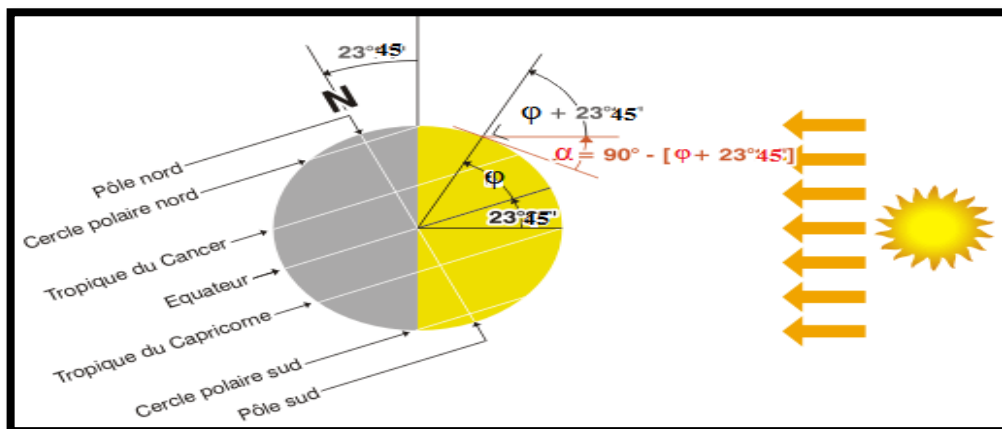


Figure.I.4. Au solstice d'hiver [3]

Dans cette figure (I.5) résume ce que nous avons appris du mouvement de la Terre, où nous trouvons l'emplacement de la chute du rayonnement solaire perpendiculaire à chacune des quatre saisons.

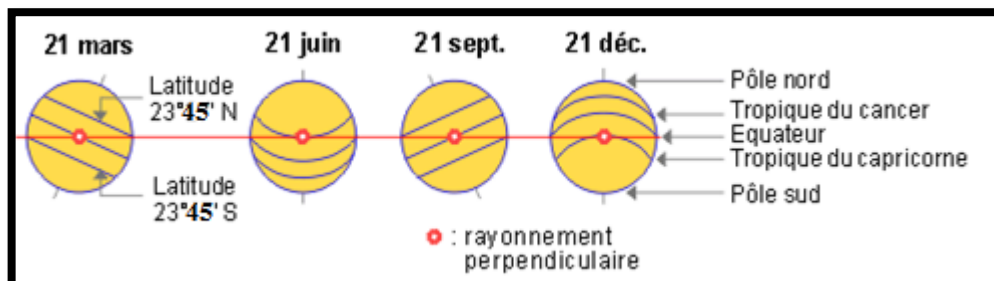


Figure.I.5.Rayonnement solaire perpendiculaire sur la Terre par rapport les orbites [6]

I.4.Trajectoires apparents du Soleil:

Les trajectoires et en même temps les hauteurs du Soleil sont tracées pour tous les pays qui sont à la même latitude. Plus on monte vers le Nord, plus le Soleil a son lever, s'écarte de l'Est à l'époque des solstices. L'angle que fait un point de l'horizon avec la direction du Sud, s'appelle l'azimut. L'équateur céleste est pratiquement la ligne que trace pour nous le Soleil dans le ciel, aux premiers jours du printemps et de l'automne (appelés jours d'équinoxes). L'observateur est ici face au Soleil couchant. Le parcours du Soleil est le plus long au solstice d'été. Au solstice d'hiver, en revanche, le parcours du Soleil est le plus court, comme le montre de la Figure suivante: [7]

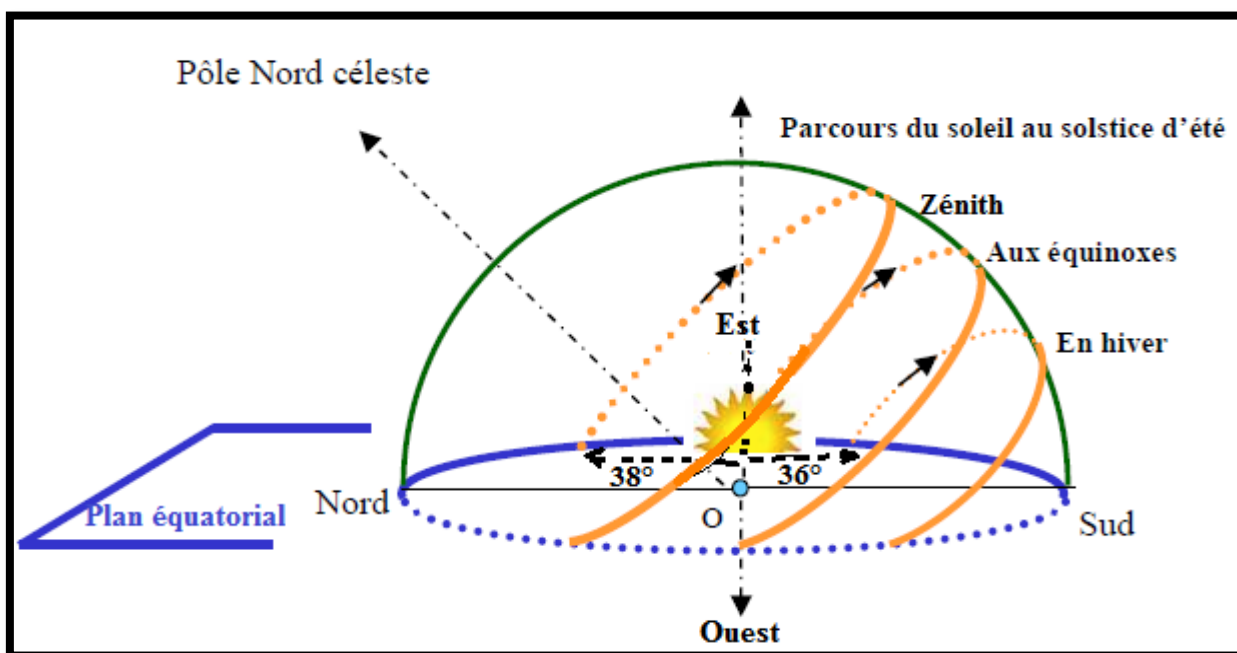


Figure.I.6. Trajectoire du soleil.

Où le soleil atteint le point culminant de la journée et connu sous le nom de zénith, et ce point varie d'une saison à l'autre, où le point culminant atteint par le soleil est en été, et l'endroit le plus bas pour atteindre le soleil en hiver

I.5. Angles solaires :

Le concept de poursuite solaire dépend de déterminer le locale du soleil relatif à la terre a tous moment pendant le jour, la rotation de la terre autour d'elle-même implique les séquences du jour et la nuit, En outre, sa rotation autour du soleil cause la variation des longueurs jour et nuit. Le temps solaire est base sur le mouvement angulaire apparent du soleil à travers le ciel.

Aussi pour bien comprendre et utiliser l'influence du Soleil dans le choix et le traitement d'un site, il faut bien sûr connaître à tout instant la position du Soleil dans le ciel. Cette information est indispensable pour le calcul des apports solaires, pour le choix de l'exposition le panneau CE.

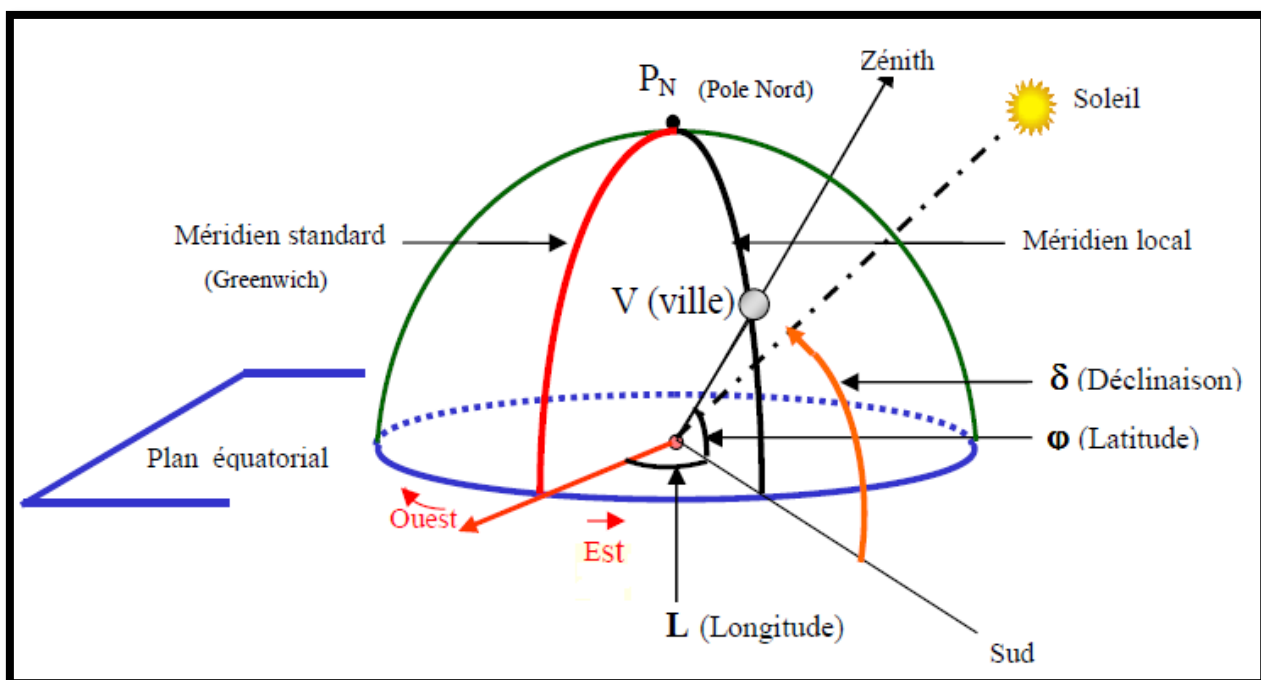


Figure.I.7. Les coordonnées d'un point sur la terre.

I.5.1. Angles géographiques:

*Angles de la latitude :

C'est l'angle que fait le plan de l'équateur avec la direction reliant le centre de la terre

au point considère. L'équateur terrestre est donc caractérisé par une latitude égal à 0° , le pôle nord par la latitude $+90^\circ$ et la pole sud par la latitude -90° , $90^\circ \geq \varphi \geq -90^\circ$.

***Angles de la longitude :**

C'est l'angle que fait le méridien local passant par le point considéré avec le méridien d'origine passant par la ville de Greenwich. On a choisi pour méridien (origine 0°), le plan passant par l'observatoire de Greenwich. Par convention on affecte du signe (+) le méridien situé à l'est de ce méridien, et du signe (-) les méridien situé à l'ouest, $180^\circ \geq L \geq -180^\circ$.

I.5.2. Angles horaires :

***Angle de déclinaison :**

La déclinaison δ est l'angle forme par l'axe du centre solaire quand le soleil est sur le méridien local avec le plan équatorial (nord est positif) Fig.I.7, donnee par la relation:

$$\delta = 23,45^\circ \sin [0.986(n + 284)] \quad (\text{I.4})$$

***Angle horaire :**

Angle horaire ω c'est un angle forme entre le centre soleil-terre et le méridien local ou c'est un déplacement du soleil vers l'Est ou l'Ouest du méridien local du a la rotation de la terre autour de son axe à 15° par heure.

$\omega < 0$ le matin et $\omega > 0$ l'après- midi.

$$\omega = 15(T_{SV} - 12) \quad (\text{I.5})$$

L'angle horaire du Soleil au lever et coucher est donné en valeur absolue par:

$$\text{Angle de lever du soleil } \omega_s = \cos^{-1}(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (\text{I.6})$$

Angle de coucher du soleil $\omega_c = -\omega_s$

Durée du jour : $N_d = (2\omega_s/15^\circ)$

I.5.3. Angles verticales:

***Angle d'altitude :**

L'angle d'altitude α est l'angle entre le plan horizontal et centre du soleil, étant donné par :

$$\alpha = \sin^{-1}(\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \omega \cos \varphi) \quad (\text{I.7})$$

***Angle de zénith:**

Il est défini comme étant l'angle entre le vertical V du lieu et la direction du soleil (Fig.I.8.). L'angle de zénith solaire θ_z est donné par l'équation suivante:

$$\theta_z = 90 - \alpha \tag{I.8}$$

I.5.4. Angles horizontales

***Angle d'azimut :**

L'angle solaire d'azimut γ est l'angle mesure à partir de l'axe du nord dans le sens d'aiguillage d'une montre sur le plan horizontal avec la projection de rayonnement central du soleil.

$$\gamma = \text{Sin}^{-1}((\cos\delta.\sin\omega) / \cos(\alpha)) \tag{I.9}$$

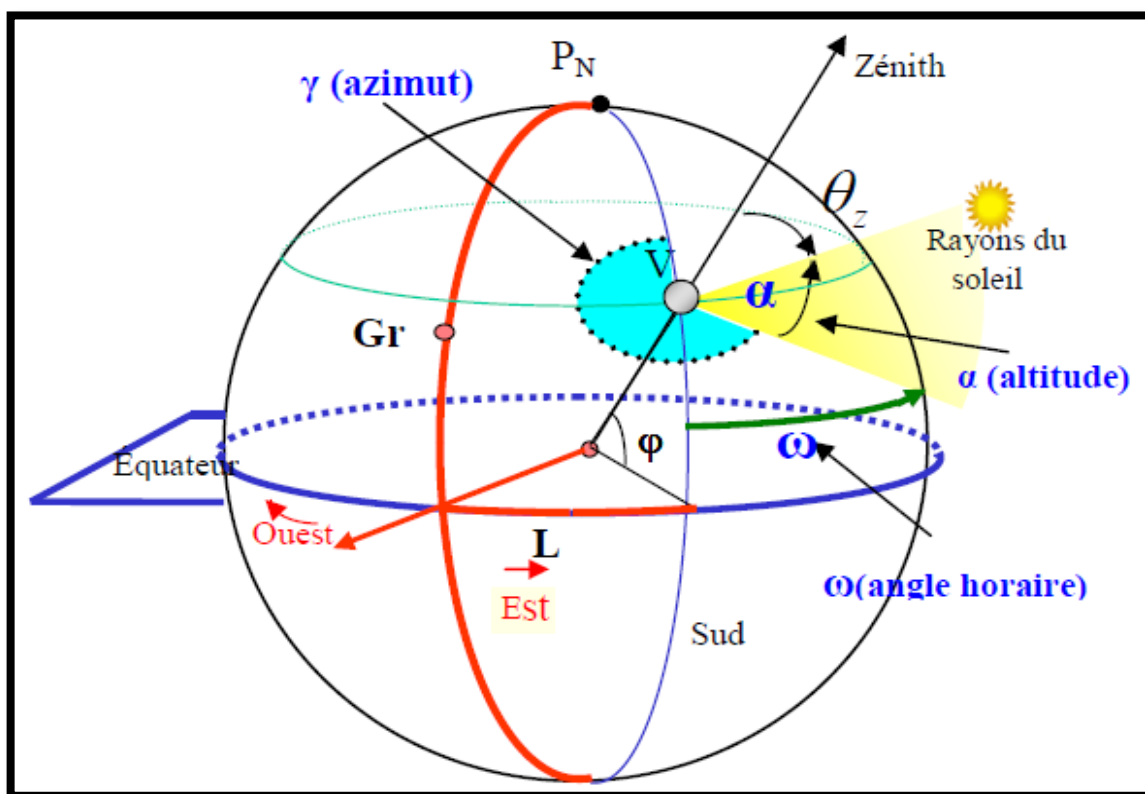


Figure.I.8. Angles solaires.

I.5.5. Angles de plan incliné:

***Angle d'inclinaison du panneau:**

L'angle d'inclinaison β l'angle entre le panneau et le plan horizontal ; $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$, comme le montre la Fig.I.9.:

***Angle d'incidence:**

L'angle d'incidence θ_i est l'angle qui se trouve entre le rayon du soleil et la normale de la surface du panneau collecteur, et il a un rôle important dans la conception de systèmes solaires en raison du fait que l'énergie rassemblée est réduite par le cosinus de cet angle. Fig.I.9. montre une représentation schématique de ces angles solaires. [4]

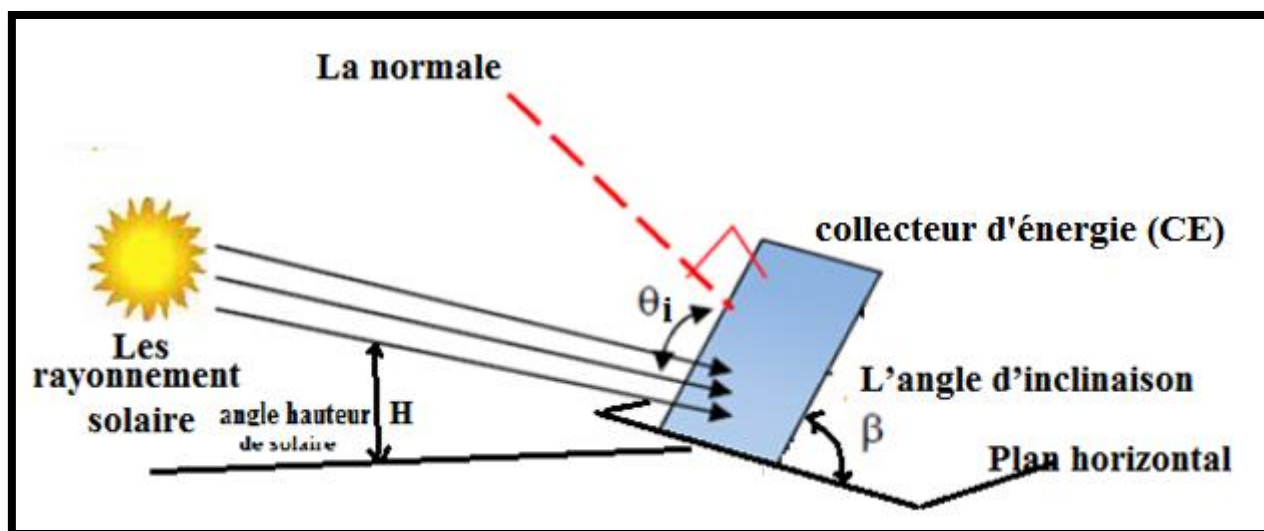


Figure.I.9. Les angles de l'inclinaison, hauteur angulaire et l'incidence.

Le CE est incliné d'un angle β , les rayons solaires arrivent avec une hauteur H , les deux angles doivent être complémentaires et former 90° . Nous devons incliner le panneau CE de telle sorte que les rayons solaires arrivent perpendiculairement sur la surface. Cela revient donc à annuler l'angle incident θ_i et à déterminer l'angle d'inclinaison du CE. L'équation générale qui nous permet de calculer les angles (γ , H) pour les différentes positions du panneau CE est: [4],

$$\theta_i = \cos^{-1}(\sin(L)\sin(\delta) \cos(\beta) - \cos(L) \sin(\delta) \sin(\beta) \cos(\gamma) + \cos(L) \cos(\delta) \cos(\omega) \cos(\beta) + \sin(L) \cos(\delta) \sin(\beta) \cos(\omega) \cos(\gamma) + \cos(\delta) \sin(\omega) \sin(\beta) \sin(\gamma)) \quad (\text{I.10})$$

- **Cas d'un plan horizontal:** l'inclinaison du CE est nulle et l'équation (10) Devient: [5],

$$H = \sin^{-1}(\cos(\theta_i) = \sin(L) \sin(\delta) + \cos(L) \cos(\delta) \cos(\omega)) \quad (\text{I.11})$$

- **Cas d'un plan perpendiculaire:** l'équation (10) devient : [4], [8]

$$\theta_i = \cos^{-1}(-\cos(L)\sin(\delta) \cos(\gamma) + \sin(L) \cos(\delta) \cos(\omega) \cos(\gamma) + \cos(\delta) \sin(\omega) \sin(\gamma)) \quad (\text{I.12})$$

Pour une poursuite du soleil suivant deux axes, avec le panneau CE orienté en permanence face au soleil, sous une incidence normale l'angle incident θ_i doit être nul. [8]

$$\cos(\theta_i) = 1 \quad (\text{I.13})$$

***L'inclinaison du collecteur d'énergie (CE) β :**

L'inclinaison du panneau CE se détermine finalement par la relation [4], [8]

$$\beta = 90 - H \quad (\text{I.14})$$

I.6. TEMPS SOLAIRES :

A midi, le soleil croise le méridien de l'observateur, alors que le temps local est déterminé selon les fuseaux horaires politiques et d'autres approximations, L'écart entre le temps solaire moyen T_{SM} et le vrai temps solaire T_{SV} , s'appelle (Equation du temps) E [6].

***Le temps solaire vrai T_{SV} :**

On appelle Le temps solaire vrai en un lieu et un instant donné, l'angle horaire du soleil en ce lieu et à cet instant:

$$T_{SV} = 12 + (\omega/15) \quad (\text{I.15})$$

***Le temps solaire moyen T_{SM} :**

C'est le temps qui correspond à une rotation uniforme de la terre autour du soleil.

Il diffère peu du T_{SV} (écart maximal $E = 16$ minutes).

$$T_{SM} = T_G + \lambda \quad (\text{I.16})$$

Où:

λ : Etant la longitude traduite en heures (1 heure pour 15 degrés).

T_G : temps universel (Greenwich)

T_L : temps du lieu ($T_L = T_G + \text{Décalage horaire}$)

***Equation du temps:**

$$E = T_{SM} - T_{SV} \quad (\text{I.17})$$

$$E = 2.292(0,000075 + 0,001868.\cos Q - 0,032077 \sin Q - 0,014615 \cos 2Q - 0,04089 \sin 2Q) \quad (\text{I.18})$$

Où :

$$Q = 0.986(n - 1) \quad \text{et} \quad 1 \leq n \leq 365 \quad (\text{I.19})$$

***La relation de la position du soleil (angle horaire) en fonction l'équation du temps :**

Des équations dérivées dans le précédent:

$$\omega = \lambda + 15(E + T_G - 12) \quad (\text{I.20})$$

I.7. Conclusion:

Dans ce chapitre, nous expliquons tous les angles solaires, ainsi que la définition précise des chemins pris par le soleil, où déterminer la meilleure façon d'effectuer un suivi automatique.

Dans le chapitre suivant, nous parlerons de généralités sur l'énergie solaire et ensuite nous parlerons du Tracker solaire, ce qui nous améliorera de l'angle incident θ_i , ce qui améliorera notre productivité

Chapitre II :

Généralités Sur L'énergie Solaire Et Tracker Solaire

II.1.Introduction:

Dans ce chapitre, nous commençons par la présentation de quelques notions générales. Commençant par le rayonnement solaire, ensuite l'énergie Solaire, ensuite, nous allons étudier la relation entre la direction et l'inclinaison ainsi que le suivi solaire de la productivité, dans ce dernier nous allons étudier le Tracker solaire et nous pourrons connaître les types selon de la stratégie de commande et du degré de liberté.

II.2 Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est un rayonnement thermique qui se propage sous la forme d'ondes électromagnétiques. En dehors de l'atmosphère terrestre, il donne un éclairage énergétique à peu près constant et égale à 1367w/m^2 , appelé de ce fait constante solaire.

II.2.1. Types de rayonnements

II.2.1.1. Rayonnement direct

Le rayonnement solaire direct se définit comme étant le rayonnement provenant du seul disque solaire. Il est donc nul lorsque le soleil est occulté par les nuages.[5]

II.2.1.2. Rayonnement diffus

Dans sa traversée de l'atmosphère, le rayonnement solaire est diffusé par les molécules de l'air et les particules en suspension. Le rayonnement solaire diffus n'est donc nul que la nuit.[5]

II.2.1.3. Rayonnement réfléchi:

correspondant au rayonnement réfléchi par l'environnement extérieur, en particulier le sol, dont le coefficient de réflexion est appelé "albédo".[5]

II.2.1.4. Rayonnement global:

C'est la somme des deux types de rayonnements direct , diffus.

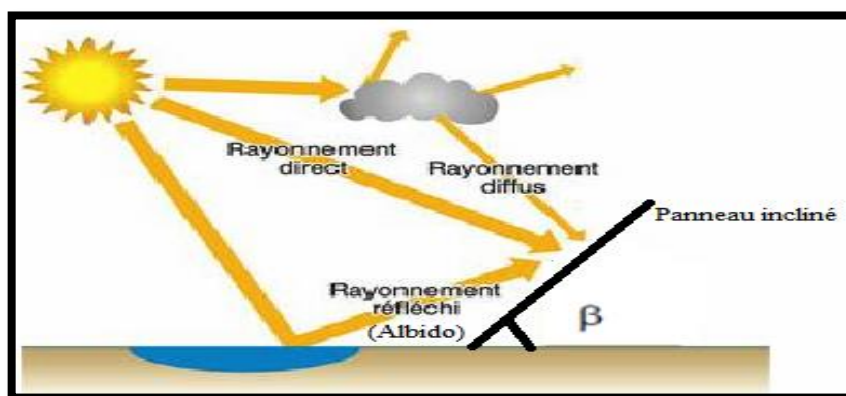


Figure .II.1. Composantes du rayonnement global sur une surface inclinée[5]

II.3. L'énergie Solaire:

L'énergie solaire est l'énergie électromagnétique transmise par le soleil et qui est générée par la fusion nucléaire. Elle est à l'origine de toute forme de vie terrestre et représente environ 420 trillions de kilo watt -heures (kWh). L'énergie solaire est plusieurs milliers de fois plus importante que toutes les énergies cumulées utilisées par le monde entier.

Le rayonnement lumineux et la chaleur du soleil sont utilisés par les humains depuis l'Antiquité, ce qui a abouti à une série de technologies qui n'ont cessé de se développer. Le rayonnement solaire, ainsi que les ressources à énergie solaire secondaires telles que l'énergie éolienne et marémotrice, l'énergie hydroélectrique et la biomasse, représentent la plupart de l'énergie renouvelable disponible sur Terre. Seule une minuscule part de l'énergie solaire disponible est utilisée.

La production d'électricité à énergie solaire repose sur des moteurs thermiques et sur l'effet photovoltaïque. Les utilisations de l'énergie solaire n'ont de limites que celles du génie humain. Pour ne citer que quelques-unes de ses applications : le chauffage et la climatisation de locaux à travers une architecture solaire, la création d'eau potable via la distillation et la désinfection, la domestication de la lumière du jour, l'eau chaude solaire, la cuisson solaire et la production de chaleur haute température à des fins industrielles. Pour collecter l'énergie solaire, le moyen le plus courant est d'utiliser des panneaux solaires.[9]

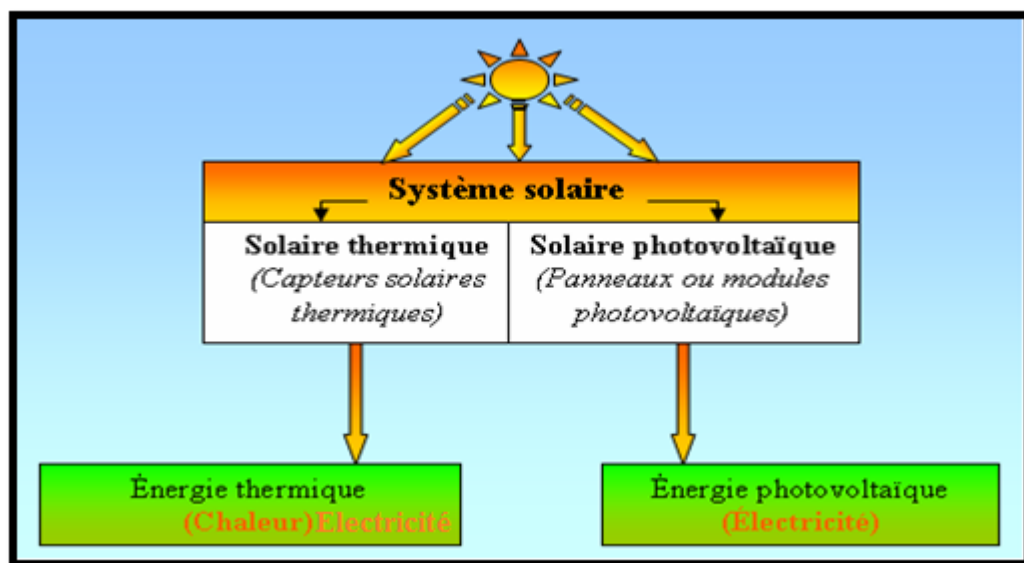


Figure .II.2. Type d'énergie solaire

II.3.1. L'énergie solaire photovoltaïque:

L'énergie photovoltaïque se base sur l'effet photoélectrique pour créer un courant électrique continu à partir d'un rayonnement électromagnétique. Cette source de lumière peut être naturelle (soleil) ou artificielle (une ampoule). L'énergie photovoltaïque est captée par des cellules photovoltaïques, un composant électronique produit de l'électricité lorsqu'il est exposé à la lumière. Plusieurs cellules peuvent être reliées pour former un module solaire photovoltaïque ou un panneau photovoltaïque. Une installation photovoltaïque connectée à un réseau d'électricité se compose généralement de plusieurs panneaux photovoltaïques, leur nombre pouvant varier d'une dizaine à plusieurs milliers.

La cellule PV est le plus petit élément d'une installation photovoltaïque. Elle est composée de matériaux semi-conducteurs et transforme directement l'énergie lumineuse en énergie électrique. Nous allons ici présenter rapidement le fonctionnement du phénomène photovoltaïque: [10]

Le phénomène photovoltaïque est la transformation directe de la lumière en électricité à l'échelle atomique. Certains matériaux se caractérisent par une propriété connue sous le nom d'effet photoélectrique qui leur fait absorber les photons de la lumière et libérer des électrons. Lorsque ces électrons libres sont capturés, il en résulte un courant électrique qui peut être utilisé comme de l'électricité.

La cellule photovoltaïque est fabriquée à partir de deux couches de Silicium (matériau semi-conducteur) . Il contient une couche dopée avec du Bore qui possède moins d'électrons que le Silicium, cette zone est donc dopée positivement (zone P). Aussi il contient une couche dopée avec du Phosphore qui possède plus d'électrons que le Silicium, cette zone est donc dopée négativement (zone N).

Lorsqu'un photon de la lumière arrive, son énergie crée une rupture entre un atome de silicium et un électron, modifiant les charges électriques. C'est ce qu'on appelle l'effet photovoltaïque. Les atomes, chargés positivement, vont alors dans la zone P et les électrons, chargés négativement, dans la zone N. Une différence de potentiel électrique, c'est-à-dire une tension électrique, est ainsi créée

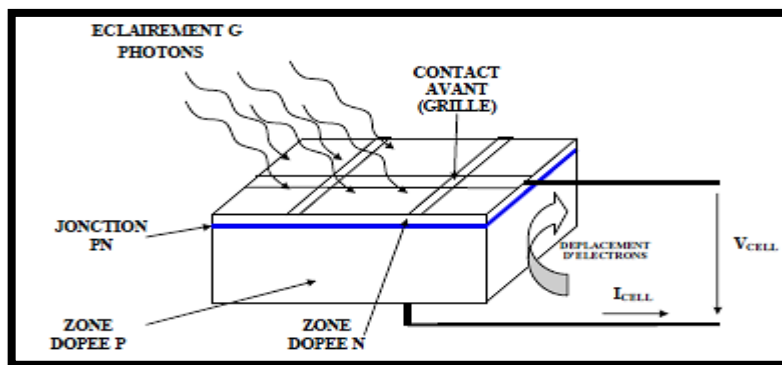


Figure II.3. Coupe transversale d'une cellule PV typique. [4].

Le module photovoltaïque est un groupement de cellules connectées entre elles, le Matrice " array" photovoltaïque est un groupement de modules connectés entre ils. Il est protégé en face avant par une plaque de verre, et en face arrière par un autre matériau (ou autre plaque de verre). Le tout est installé sur un cadre aluminium anodisé. Le rendement d'une cellule dépend de l'intensité de la lumière, de sa température et de son orientation par rapport au soleil.

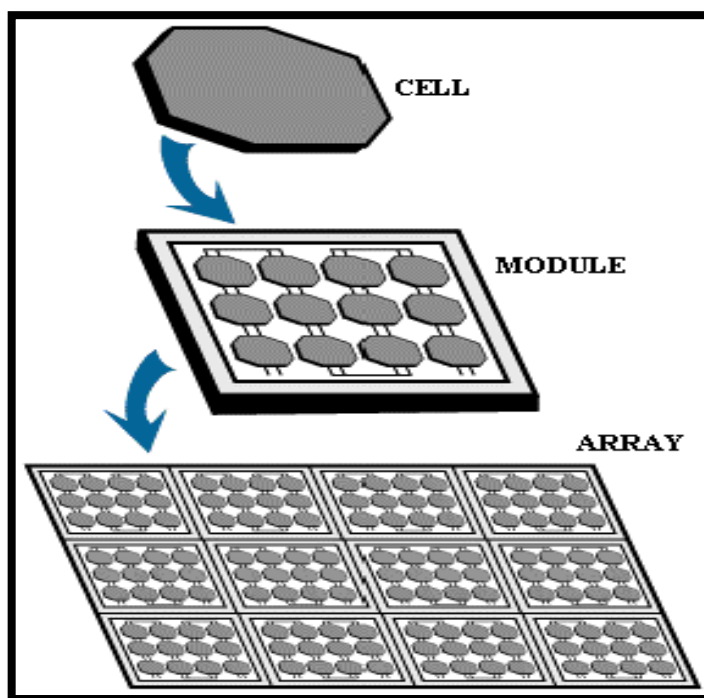


Figure.II.4. Relation de cellule avec le module et la matrice "Array" photovoltaïque.[11]

II.3.2 L'énergie solaire thermique:

L'énergie solaire thermique consiste énergie captage du soleil pour la transférer à un support de transfert de chaleur, généralement de l'eau ou de l'air.

Parmi les diverses applications de l'énergie solaire thermique il est possible de produire de l'électricité.

La technologie actuelle permet à l'eau de la chaleur avec le rayonnement solaire pour produire de la vapeur et ensuite obtenir de l'électricité.

Le capteur plan est considéré comme un simple absorbeur de rayonnement solaire direct et diffus qui les transforme en chaleur. Le rayonnement solaire est non seulement absorbé par le ciel, mais aussi par tout l'environnement. [12]

Un capteur plan est relativement insensible aux conditions du ciel, dont la réalisation ne demande pas une conception compliquée. Cependant, la conception d'un collecteur avec effet de concentration, fait appel à des techniques plus au moins complexes, dont le principe consiste à focaliser le rayonnement incident sur un absorbeur de surface réduite que la surface d'ouverture du collecteur, afin d'augmenter la concentration du rayonnement direct aux niveaux de l'absorbeur. Les capteurs plans utilisent le rayonnement diffus provenant du ciel et du sol, par contre les concentrateurs n'utilisent que le rayonnement direct. La (Figure.II.5.) montre le principe de captation par les deux types de conversion thermique de l'énergie solaire.

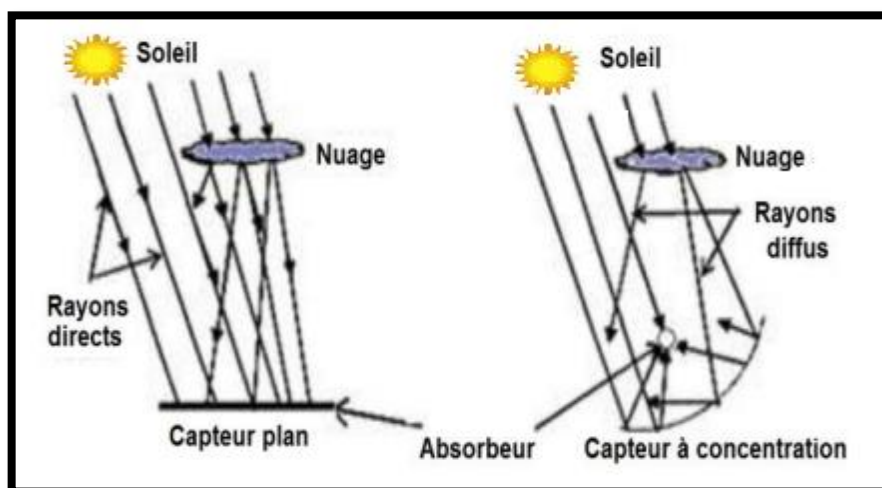


Figure.II.5. Principe de captation de l'énergie solaire

Les concentrateurs solaires utilisent des surfaces réfléchissantes (miroirs) paraboliques ou cylindre-paraboliques pour concentrer les rayons solaires respectivement dans un foyer ponctuel ou linéaire. Dans le foyer ponctuel ou le long du foyer linéaire se trouvent les récepteurs (absorbeurs) qui captent la chaleur solaire ainsi concentrée. Naturellement, ces concentrateurs doivent suivre le mouvement apparent du soleil. Dans un concentrateur cylindro-parabolique, le fluide caloporteur (eau, huile thermique ou gaz) peut être porté à

environ 400 °C. On peut obtenir des températures plus élevées jusqu'à 1500 °C pour les concertateurs ponctuelles. Ces types de collecteurs solaires sont plus adaptés pour la production de chaleur industrielle et d'électricité. L'utilisation des systèmes à concentration présente des avantages et des inconvénients. [13]

II.4. Impact de l'orientation de l'inclinaison sur Le rendement en productivité:

Comme mentionné auparavant, la productivité par le CE dépend fortement de la quantité de rayonnement (Lumière ou Thermique) solaire absorbée par ce dernier. Cette quantité dépend de l'orientation du collecteur par rapport au soleil. Pour collecter le maximum d'énergie, le CE doit être constamment orienté perpendiculairement aux rayons solaires, (Figure .II.6). [14]

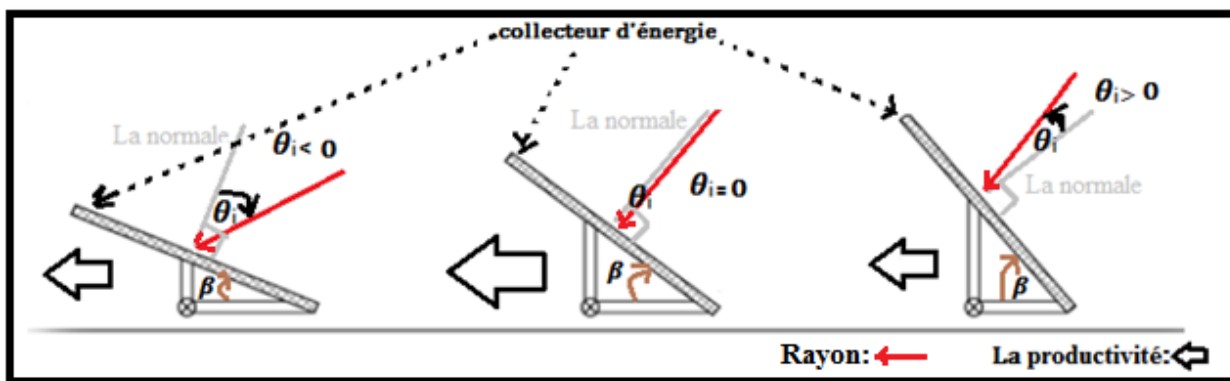


Figure.II.6. Dépendance des performances d'un collecteur d'énergie dès l'angles θ_i et β [9]

Où en même temps le rayon solaire qui représente l'angle incident θ_i avec la normale est identique à celui-ci et l'angle entre eux est nul $\theta_i = 0$,sachant que la normale est perpendiculaire au collecteur d'énergie

Chaque fois que cet angle θ_i diminue ou augmente, la surface (m²) du CE exposée aux rayons diminue et donc en partant de la puissance produite, le rendement diminue aussi, d'où l'importance de l'orientation le CE par rapport à la position du Soleil [14].

Le rendement en productivité solaire exploitée peut être calculé à l'aide de l'équation suivante:

$$RN_{PS} = \cos (\theta_i) \times 100 \tag{II.1}$$

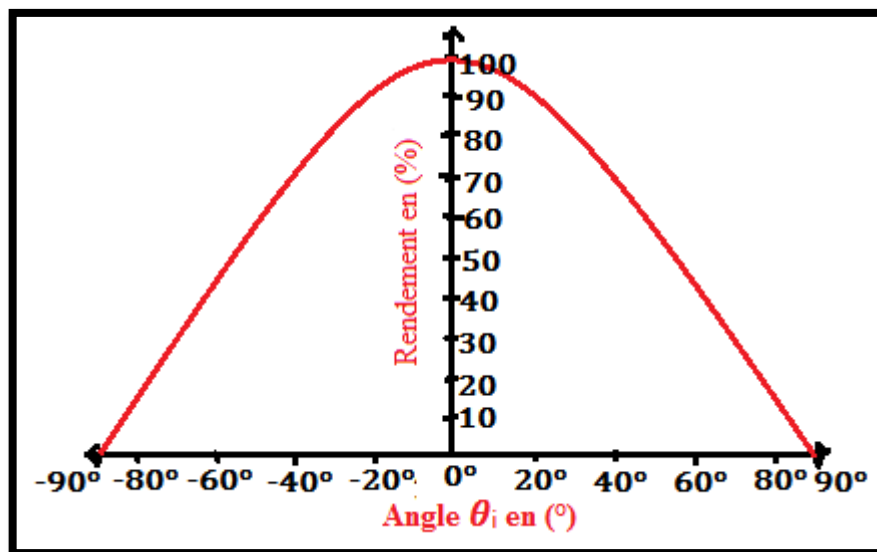


Figure.II.7. Rendement en productivité solaire exploitée en fonction de l'angle θ_i des rayons solaires [14].

Un autre facteur qui influence sur les performances du le collecteur d'énergie est l'angle d'inclinaison β illustré en (Figure .II.6) , qui correspond à l'angle formé par le plan le collecteur d'énergie par rapport à l'horizontale (le plan du sol).

En effet, l'évolution de la trajectoire du soleil varie selon les saisons (l'inclinaison de la terre varie), l'angle d'inclinaison β est plus réduit en été et plus important en hiver.

II.5.Tracker solaire:

II.5.1.Définition:

Un Tracker solaire , est un dispositif permettant de suivre le soleil selon le principe de l'héliostat. Cette structure portante motorisée oriente les panneaux solaires pour en augmenter la productivité.[15]

II.5.2.Historique:

Les premières applications des Trackers solaires remontent vers les années 1750 où le principe repose sur l'utilisation de l'héliostat (Figure.II.8.). La rotation du miroir de l'héliostat est assurée par un mécanisme d'horlogerie dont la plus ancienne mention du système se trouve dans des publications datant de 1742 du physicien néerlandais Willem Jacob Gravesande [16].

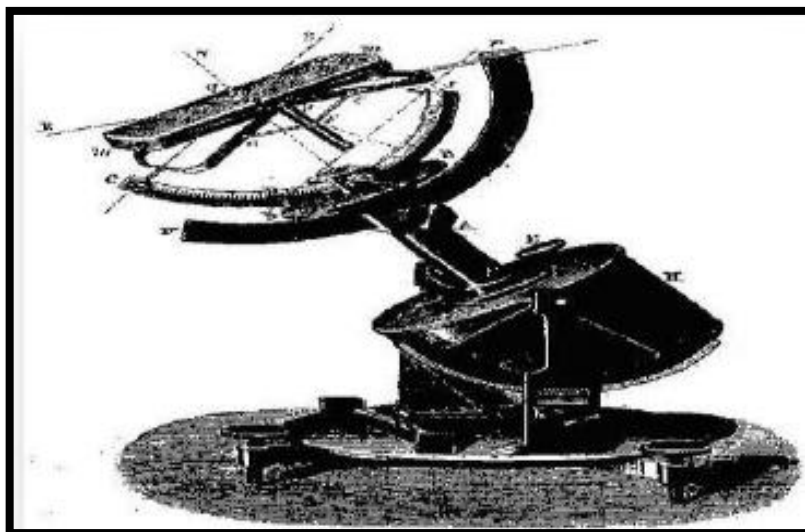


Fig.II.8. Modèle d'un héliostat dans ses premières applications.[16]

II.6.Types de Tracker solaire:

Les Trackers solaires sont divisés en deux types en fonction de la stratégie de commande et du degré de liberté du Tracker: la stratégie de commande est divisée en deux fonctions de base passif et active si cette dernière (active) est divisée en deux parties commande en boucle ouverte et commande en boucle fermée, en ce qui concerne le degré de liberté dont ils sont de deux types, un axe et deux axes, comme la figure suivante explique ces types des Trackers

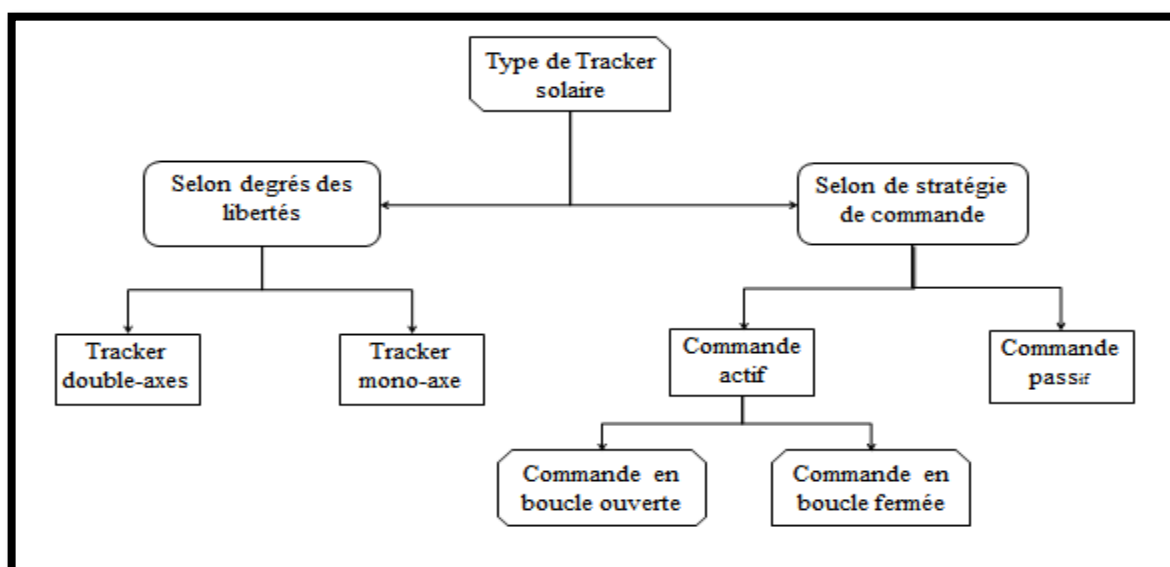


Figure.II.9.Types de Tracker solaire

II.6.1.Type de Trackers solaires selon de stratégie de commande:

II.6.1.1.Les Trackers solaires avec commande passif :

Utilisent le rayonnement des soleils pour chauffer le gaz qui déplace le Tracker à travers le ciel, où est constitué dans son architecture de deux tubes en cuivre montés sur les côtés Est et Ouest du collecteur solaire. Le tube de matière cuivre est rempli de fluides chimiques capable de se vaporiser à basse température. En effet, lorsque l'exposition au rayonnement solaire augmente la température d'un côté du panneau, le composé dans le tube en cuivre se vaporise. [2]

La partie gazeuse du composé occupe un plus grand volume interne, et sa partie liquide est décalée vers le côté ombragé. Cette opération de transfert de masse ajuste l'équilibre du collecteur solaire en le faisant tourner vers la source des rayons solaires, comme le montre la figure ci-dessous.

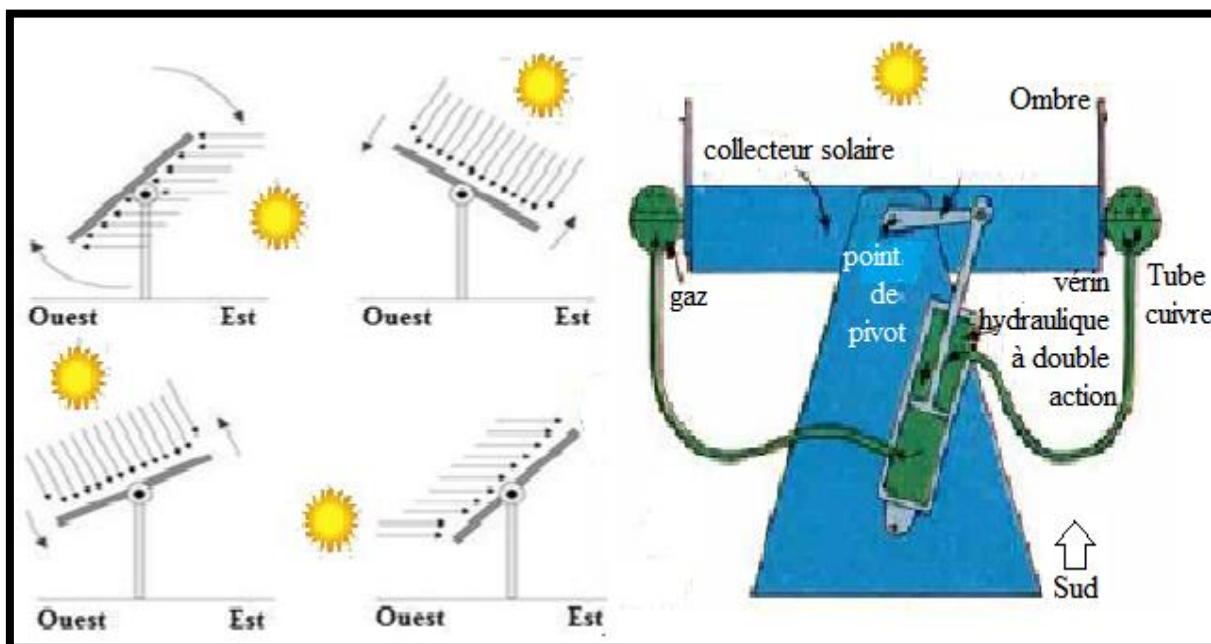


Figure.II.10. Exemple et fonctionnement du Tracker solaires avec commande passif.

II.6.1.2. Les Tracker solaires avec commande actif :

Utilisent les commandes électriques ou hydrauliques pour déplacer le Tracker.

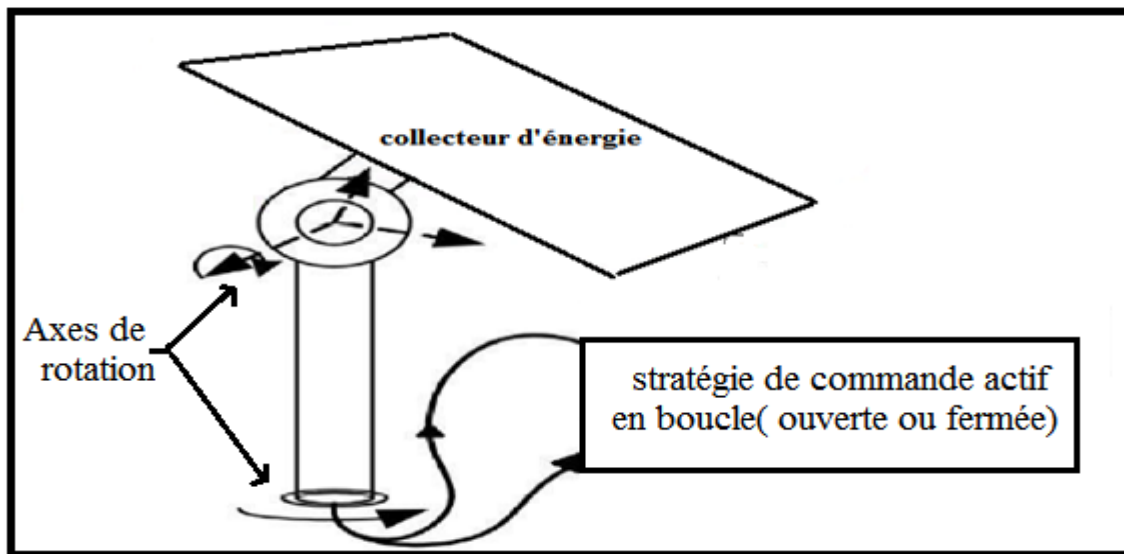


Figure.II.11. Exemple et fonctionnement du Tracker solaires avec commande actif.

1. Tracker en boucle ouverte:

Les Trackers en boucle ouverte déterminent la position du soleil en utilisant des algorithmes commandés par ordinateur ou des systèmes de synchronisation. Elles n'emploient aucune sensibilisation mais déterminent à la place la position du soleil par des données pré enregistrées pour un emplacement particulier. [17]

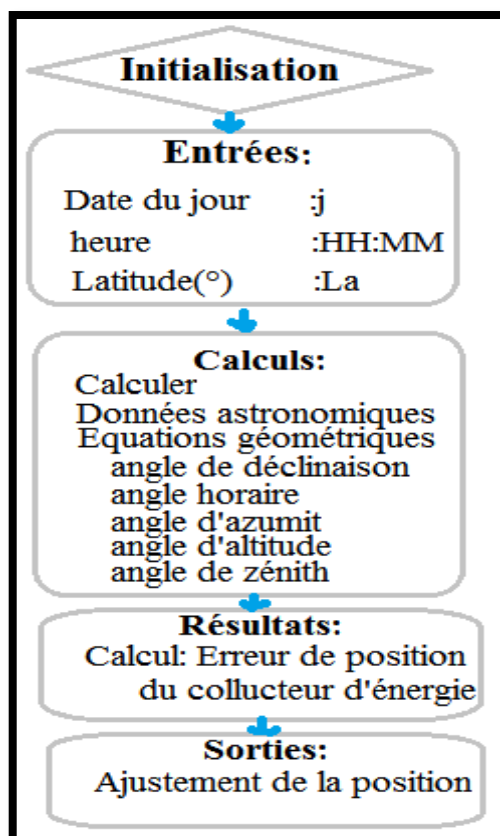


Figure.II.12. Stratégie de commande en boucle ouverte

2. Tracker en boucle fermée:

Sont ceux qui utilisent des capteurs de lumière, les photocellules pour déterminer la partie plus lumineuse dans le ciel leur principe de fonctionnement est basé sur la différence de potentiel reçue de chacune. Quand la différence n'est pas nulle, alors le panneau n'est pas aligné correctement et une différence de potentiel est générée pour commander le moteur vers la position dont la différence soit nulle. Quand la différence est nulle alors aucun courant ne circule dans le moteur et le panneau devra être arrêté.[17]

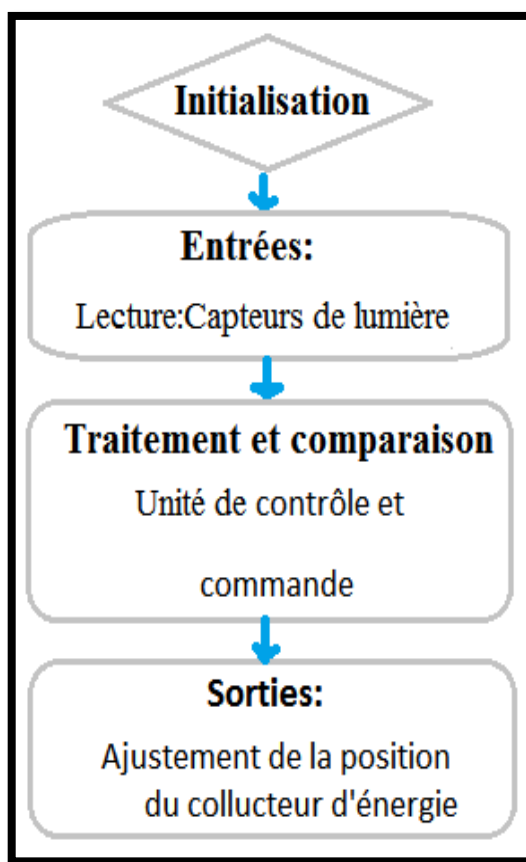


Figure.II.13. Stratégie de commande en boucle fermée

II.6.2.Types de Trackers solaires selon degrés des libertés:

Il existe plusieurs types de Trackers solaires en fonction de la mécanique cinétique ou ce que l'on appelle les angles de mouvement du Tracker.

Nous les avons divisés en deux types selon les axes de rotation, y compris les suivants:

1.Trackers solaires a mono-axe de rotation:

*L 'angle (Azumit):

Ce type de suivi a un angle d'inclinaison β fixe, est orienté vers tout direction et l'angle de suivi est égal à l'angle azumit γ .

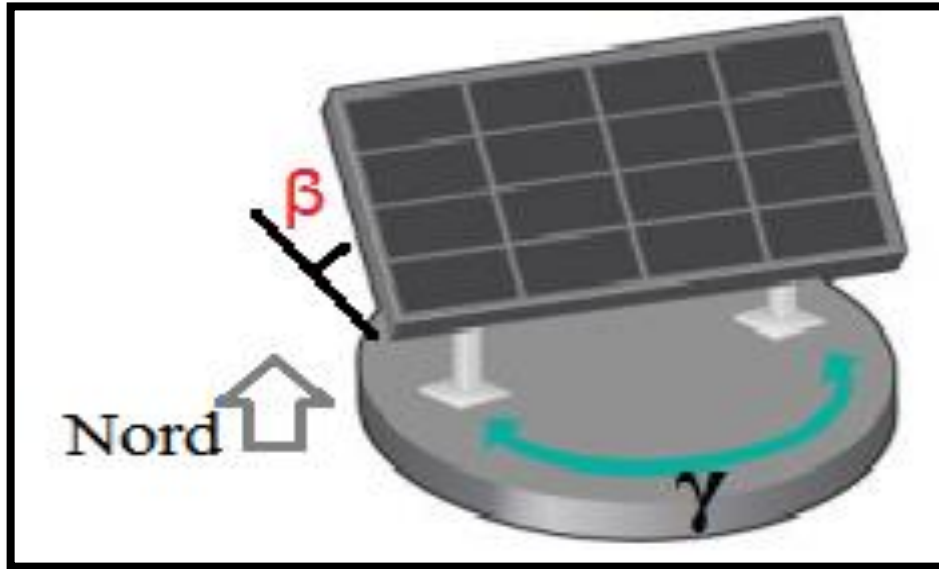


Figure.II.14. Tracker solaire a mono-axe de rotation (l'angle d'azumit)

***L 'angle (Horaire):**

Le plan de ce type de tracker est incline à un angle de l'inclinaison β est un fixe de lieu dirige en plein sud et l'angle de suivi égal à l'angle horaire ω .

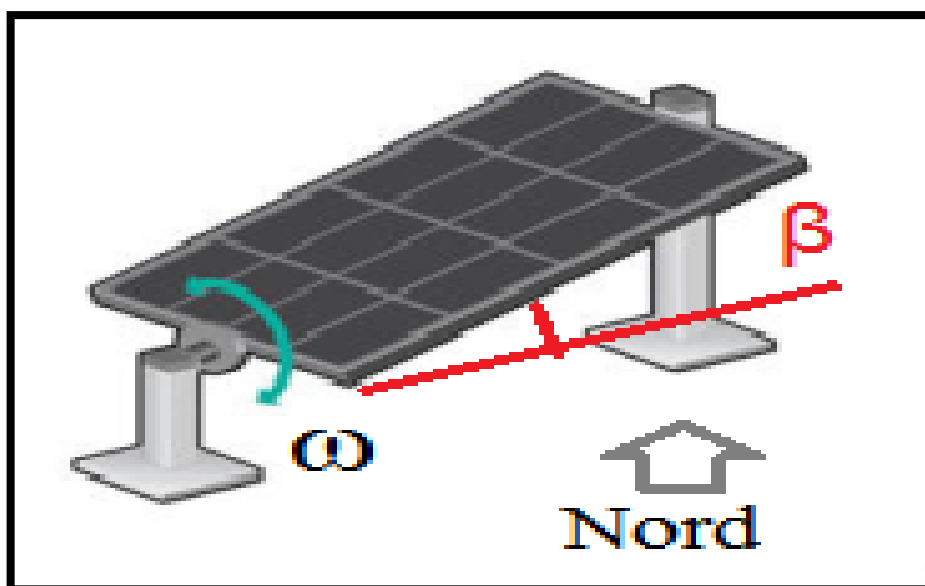


Figure.II.15. Tracker solaire a mono-axe de rotation (l'angle d'horaire).

2. Trackers solaires a double-axes de rotation:

*Les 'angles (Horaire /Altitude):

Dans ce type de Tracker le panneau est, et l'angle de suivi de cet axe tourne avec un angle égal à l'angle horaire ω .

L'angle de suivi du deuxième axe tourne avec un angle égal à l'angle l'altitude α .

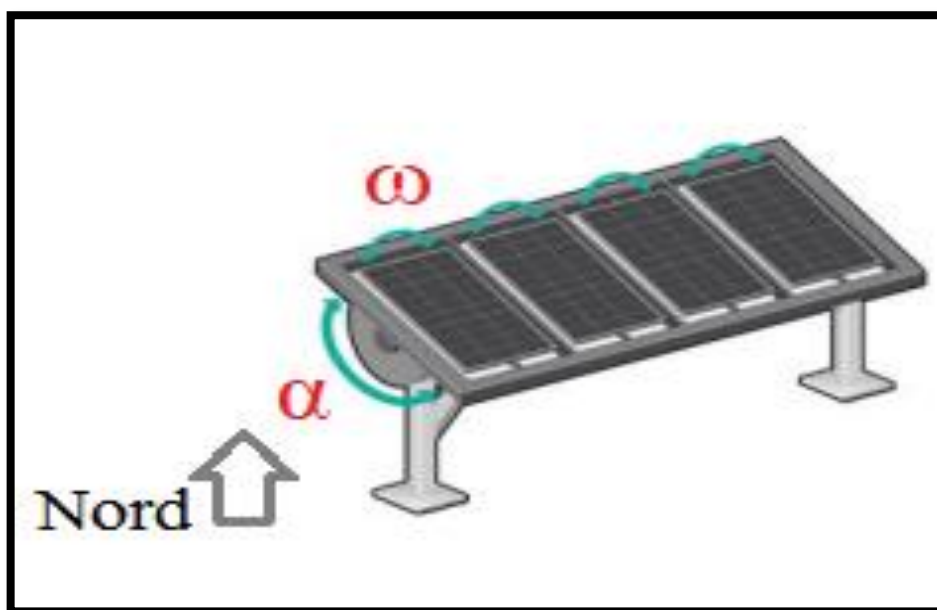


Figure.II.16. Tracker solaire a double-axe de rotation (les' angle d'horaire/ altitude).

*Les 'angles (Azumit /Altitude):

L'idée consiste à rotation l'axe autour de zénith avec un angle de rotation à l'angle d'azimut γ .

Tandis que l'autre axe est parallèle à la surface de la terre et tourne avec un angle de rotation égale à l'angle d'altitude α .

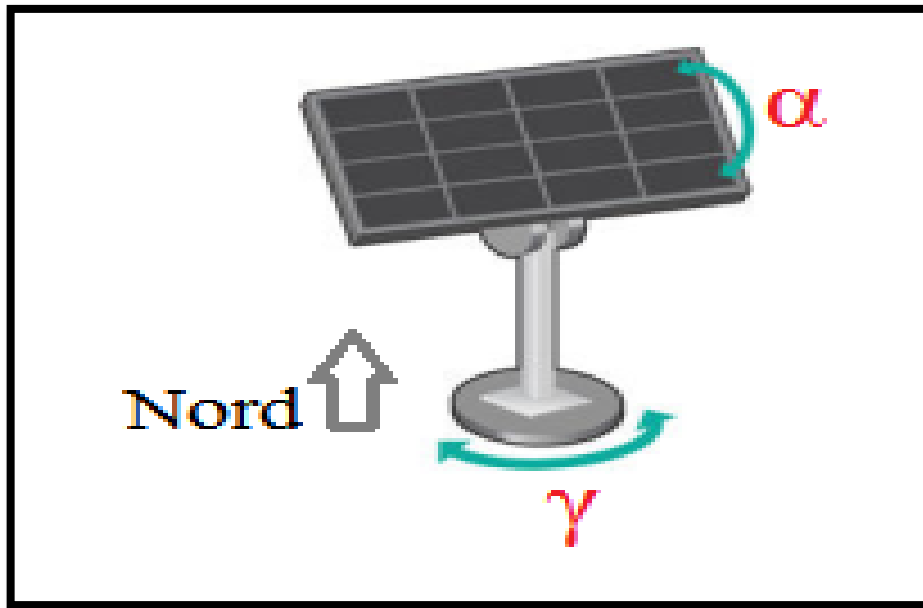


Figure.II.17. Tracker solaire a double-axe de rotation (les 'angle d'azumit / altitude).

II.7.Conclusion:

Après une étude générale de l'énergie solaire et de ses types ainsi que le rôle de l'inclinaison ou plutôt du suivi de la productivité, nous n'avons pu étudier le Tracker solaire que pour obtenir la productivité la plus élevée du collecteur d'énergie.

Dans le prochain chapitre, nous allons le dédier à la conception et à la réalisation du Tracker solaire afin d'atteindre le meilleur angle incident θ_i et d'atteindre la meilleure productivité.

Chapitre III :

Conception et réalisation de système poursuite

III.1.Introduction:

Après l'étude et la connaissance du mouvement du soleil pendant la journée, où ce mouvement nous cause des problèmes en termes de capture optimale du soleil, dans ce chapitre nous réaliserons notre projet et suivrons le soleil tout au long de la journée.

Au début, nous avons étudié les composants du système de suivi par rapport à la partie électrique et mécanique, puis nous avons conçu la partie électrique à travers du logiciel de simulation **PROTEUS_ISIS** et la partie mécanique via du logiciel de simulation **SolidWorks**, puis nous avons réalisé le projet.

Enfin, nous avons essayé de prouver l'efficacité du projet.

III.2.Partie d'étude et conception:

L'étude et conception de la partie électrique est l'une des étapes les plus importantes dans le processus et d'autopilotage, car cette partie est l'outil capturé (Photorésistance LDR) et l'outil de commande (ARDUINO UNO R3) et l'outil qui effectue (Moteur DC) pour ce processus.

Où nous allons étudier cette partie de l'électricité et tout son contenu et ensuite nous allons le concevoir à travers deux étapes de programmation (ARDUINO IDE), puis la simulation (Proteus ISIS).

III.2.1.Etude électrique:

Schéma électrique total:

La figure (.III.1.) présente schéma électrique total de notre conception . Le système Tracker du soleil que nous proposons pour améliorer l'angle incident θ_i du panneau CE est illustré par un schéma électrique total.

Ce système est basé sur la comparaison des tensions délivrer par des capteurs photovoltaïque et envoyer ces tension ver la carte microcontrôleur « ARDUINO ». Elles vont être converti dans cette dernière en valeur numérique puis on fait la comparaison et gère la commande des deux moteurs à fin de rétablir la position d'équilibre entre les capteurs pour avoir un grand la meilleure rendement productivité.

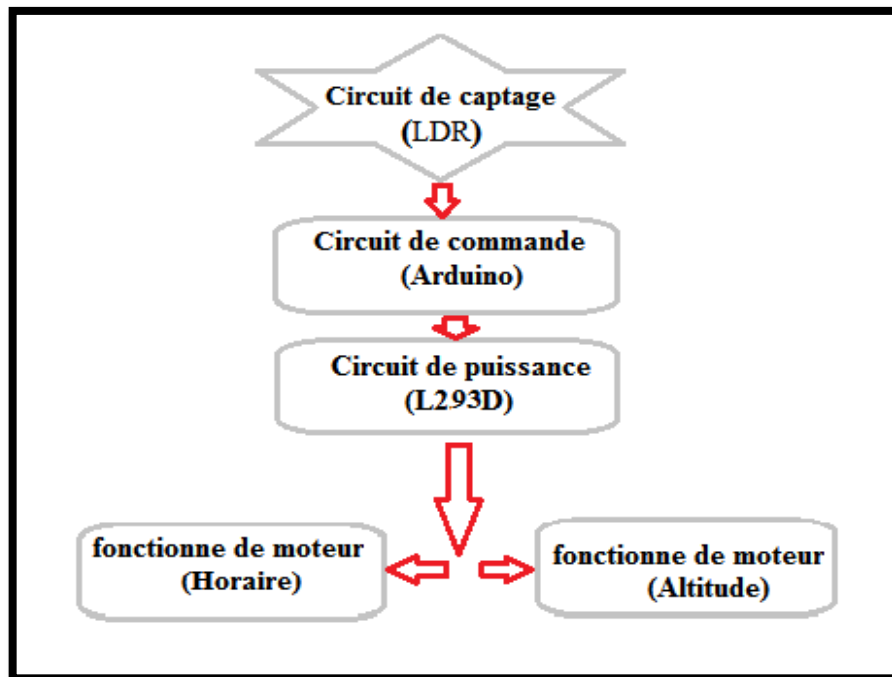


Figure.III.1. schéma électrique total.

Etude les blocks de partie électrique:

- Circuit de captage:

Cette le capteur qu'on a utilisé est la photorésistance ou LDR. C'est un composant dont la valeur en Ohms dépend de la lumière à laquelle elle est exposée [6]. En effet, sa résistance varie en fonction du flux lumineux incident, elle est inversement proportionnelle à la lumière reçue.

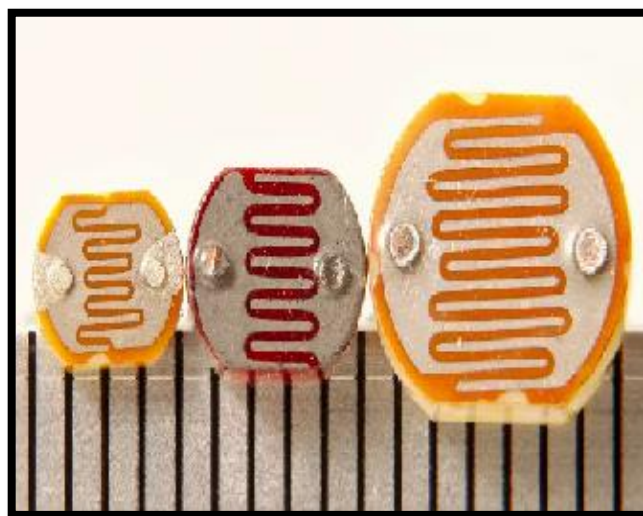


Figure.III.2. Image photorésistance (LDR) de différentes tailles.

Lorsque la conception finale du capteur de lumière est quatre la photorésistance (LDR) à être placés isolés entre eux, comme indiqué dans la figure ci-dessous

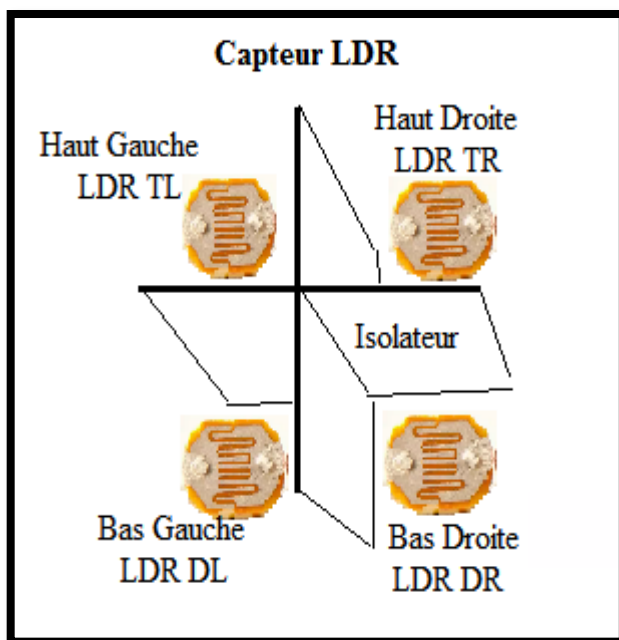


Figure.III.3.Schéma du prototype des quatre capteurs LDR.

Quant à la connexion du circuit captage, elle dépend de la façon dont fonctionne la photorésistance (LDR) (ANNEXE:1).

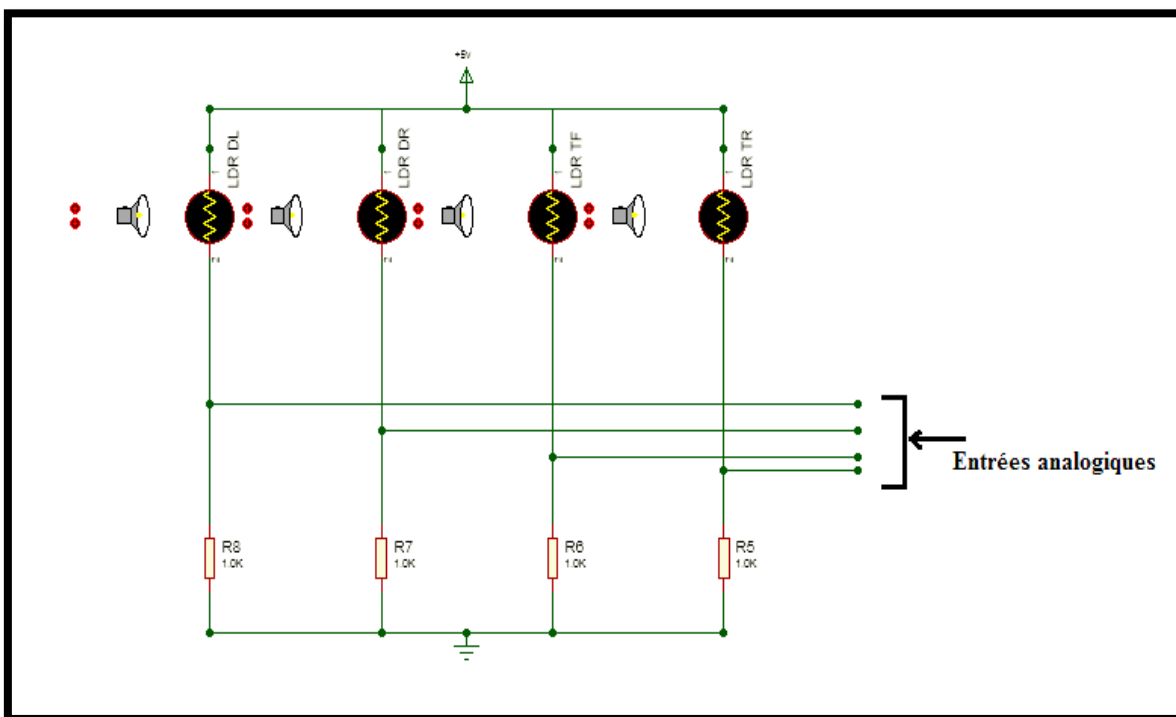


Figure.III.4.Circuit de captage en système.

- Circuit de commande:

Le circuit de commande de notre système est basé complètement sur un circuit programmable dit « ARDUINO », l'avantage de ce dernier est de minimiser la surface des cartes électriques donc on minimise l'utilisation des quantités des composants électroniques.

* Définition de la carte ARDUINO

Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation.

* ARDUINO UNO R3

Comme indiqué dans la figure ci-dessous , l'Arduino uno R3 est une carte microcontrôleur basée sur le ATmega328. Elle est dotée de 14 broches Entrées/Sorties numériques dont 6 en PWM et 6 configurables en entrées analogiques, d'un oscillateur à quartz 16 MHz, d'une connexion USB, d'un jack d'alimentation, d'un support ICSP et d'un bouton reset. La carte ARDUINO UNO est livrée prête à fonctionner, il suffit de la connecter à un ordinateur par le câble USB et de l'alimenter à l'aide d'un adaptateur USB ou de piles [18].

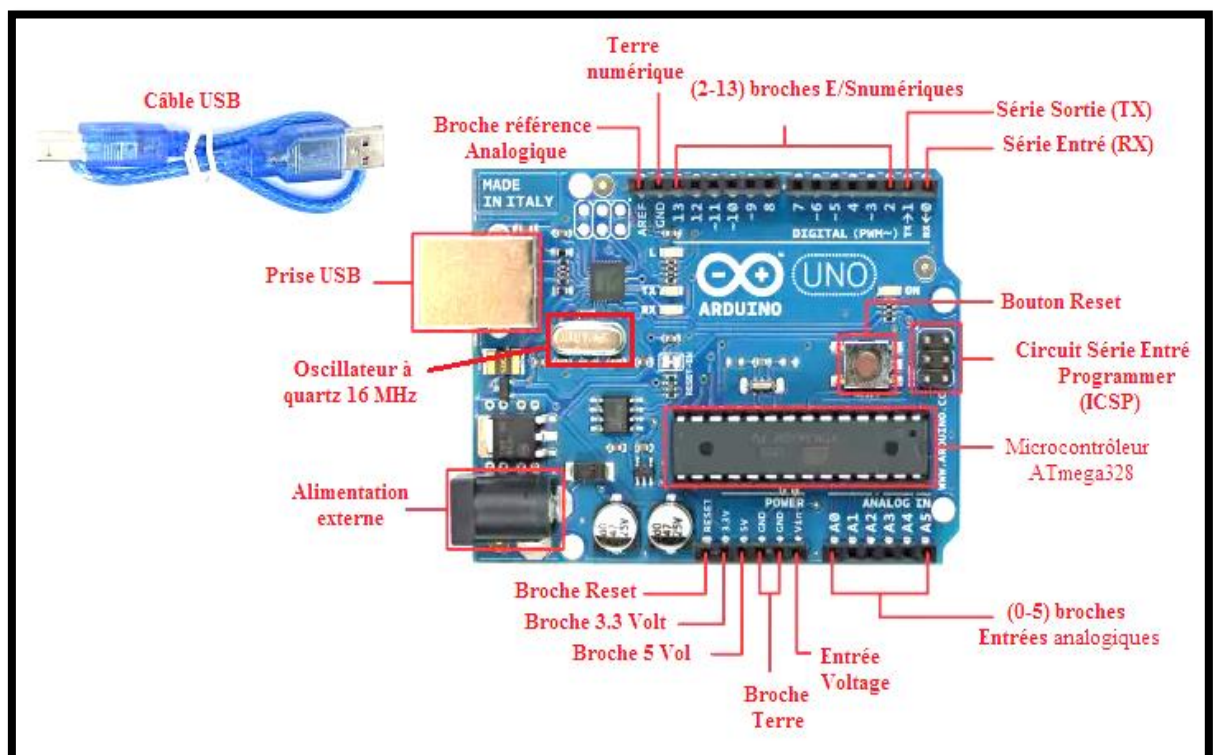


Figure.III.5.La carte ARDUINO UNO R3.

- **Circuit de puissance:**

Le circuit de puissance est la partie intermédiaire qui relie le moteur et le microcontrôleur (ANNEXE :1). La carte ARDUINO génère en sortie 4 signaux. Pour piloter les deux moteurs à courant continu du Tracker solaire dans les deux sens, nous avons eu recours à un circuit de puissance L239D comme représenté sur la figure (.III.6.).

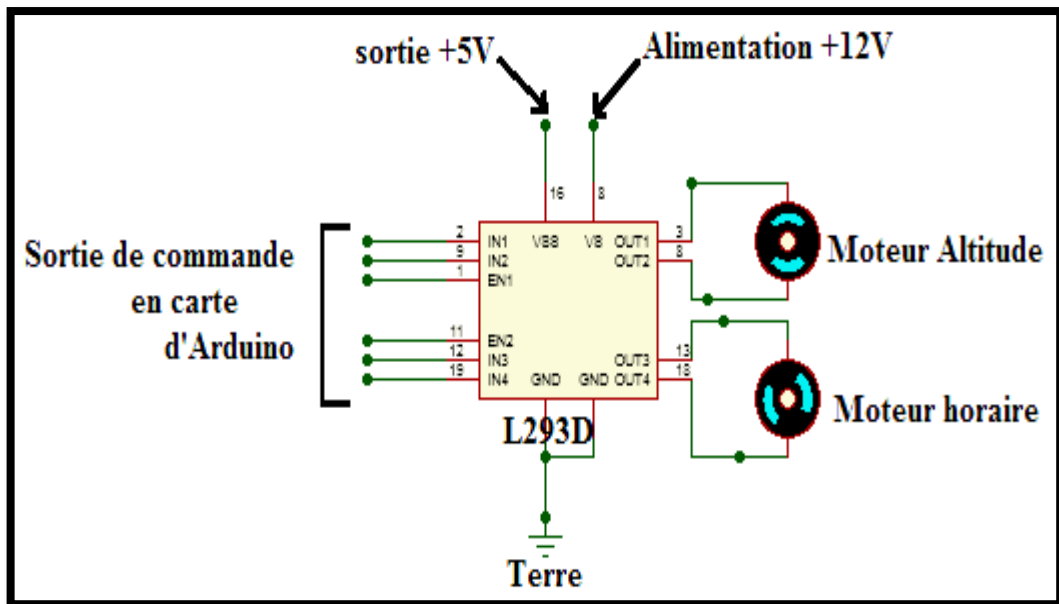


Figure.III.6.shémas circuit de puissance pour simulation de système.

Il s'agit en fait d'un double pont en H à transistors bipolaires (ANNEXE :1) pour charges inductives, comme le sont les moteurs DC.

- **Les moteurs DC:**

Un moteur à courant continu est une machine électrique. Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle de puissance entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique ; selon la source de puissance.

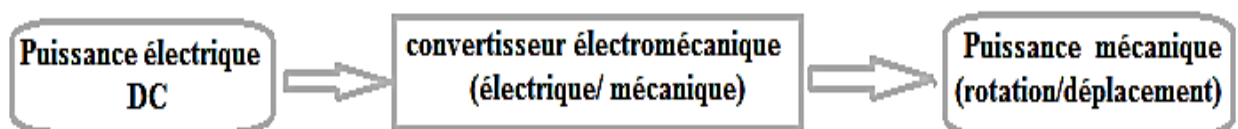


Figure.III.7.Principe de fonctionnement du moteur à courant continu

III.2.2. Conception électrique :

III.2.2.1. Etape de programmation :

Avant de passer à la programmation, nous devons réaliser un organigramme qui explique le déroulement des différentes séquences, tant intérieures qu'extérieures (Figure.III.8.), il comportera plusieurs boucles dont la fin d'exécution succède toujours à son commencement.

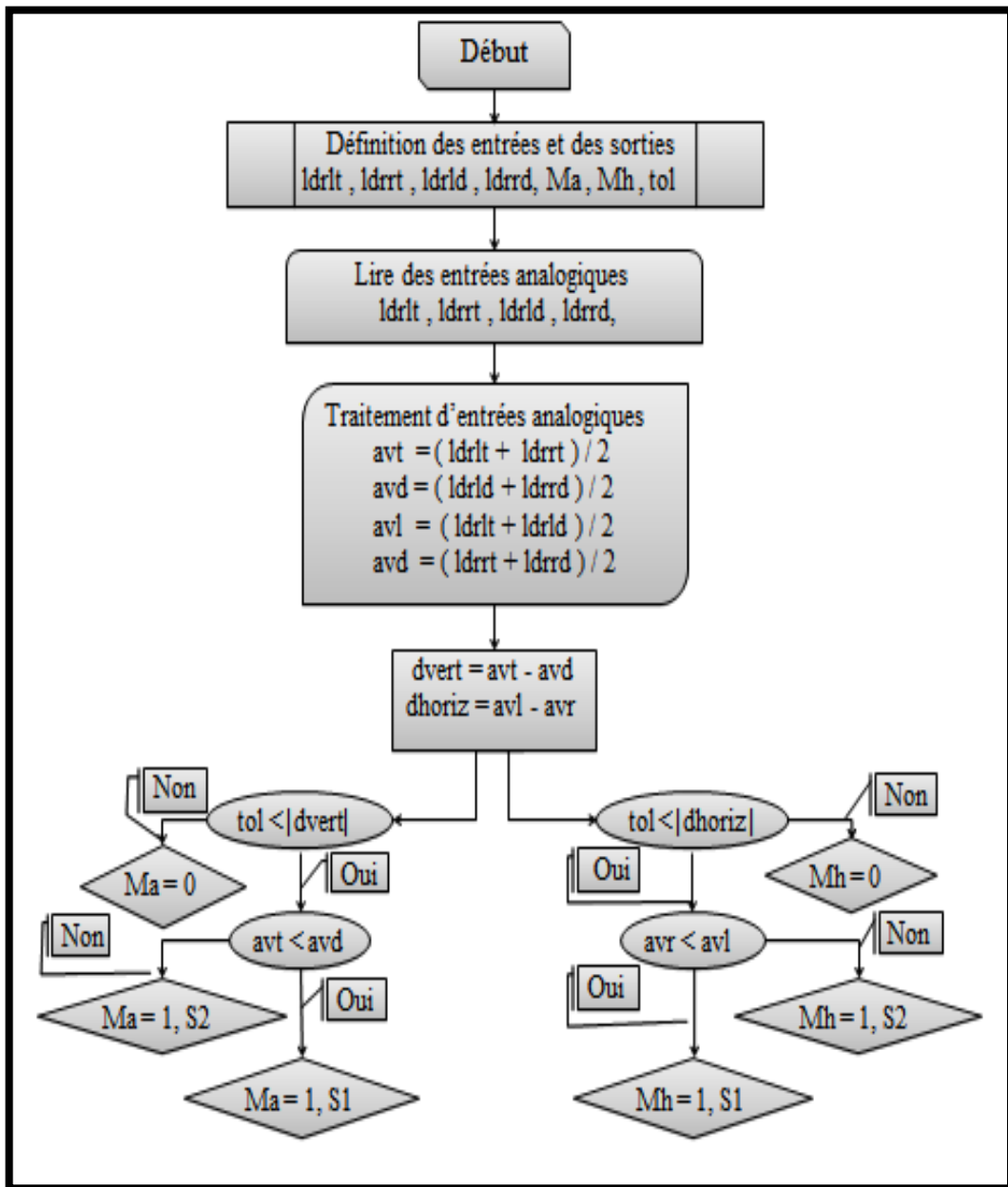


Figure.III.8. Organigramme de programme proposé.

La carte ARDUINO UNO R3 est une carte programmable, elle peut être programmée avec le logiciel **ARDUINO IDE** représenté dans l'annexe:2.

III.2.2.2.Etape de simulation:

La simulation de notre montage globale a été fait à l'aide du logiciel **PROTEUS ISIS** (Annexe:3) qui permet de tester et récupérer en temps réel les résultats de la simulation.

La figure (.III.9.) montre notre circuit électrique de système simulé.

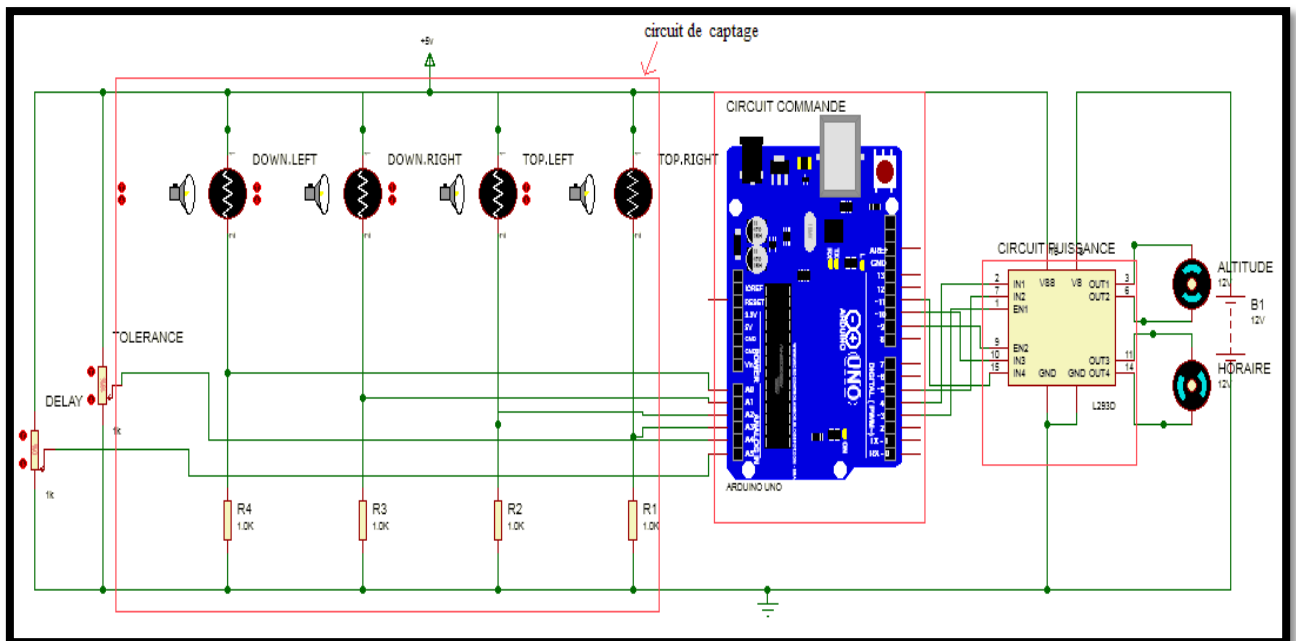


Figure.III.9. Circuit électrique de système simulé.

III.2.3.Conception mécanique:

Nous allons programmer, dessin sur logiciel **SolidWorks** (Annexe:5) afin de faire la conception du Tracker solaire, ce qui nous permettra de l'appliquer sur le terrain.

Où le processus de conception passera par deux étapes:

Etape 1 :Conception des pièces

Dans cette partie de la phase de conception mécanique, nous allons concevoir les principales parties du système qui sont en trois parties, lorsque la figure.III.10.montrent ces pièces et la base sur laquelle le système sera basé, comme nous le voyons se compose d'une base mobile pour faciliter le transfert du système de suivi ainsi que coller au porteur de la colonne de support et dans la tête de la colonne est l'installation de la partie mobile.

En ce qui concerne la partie mobile et comme nous remarquons la figure.III.10. ci-dessous est une structure rectangulaire dont la fonction est la hauteur du système qui est connecté à la base.

La troisième partie est la partie sur laquelle est basé le CE, qui est le mouvement de l'angle horaire.

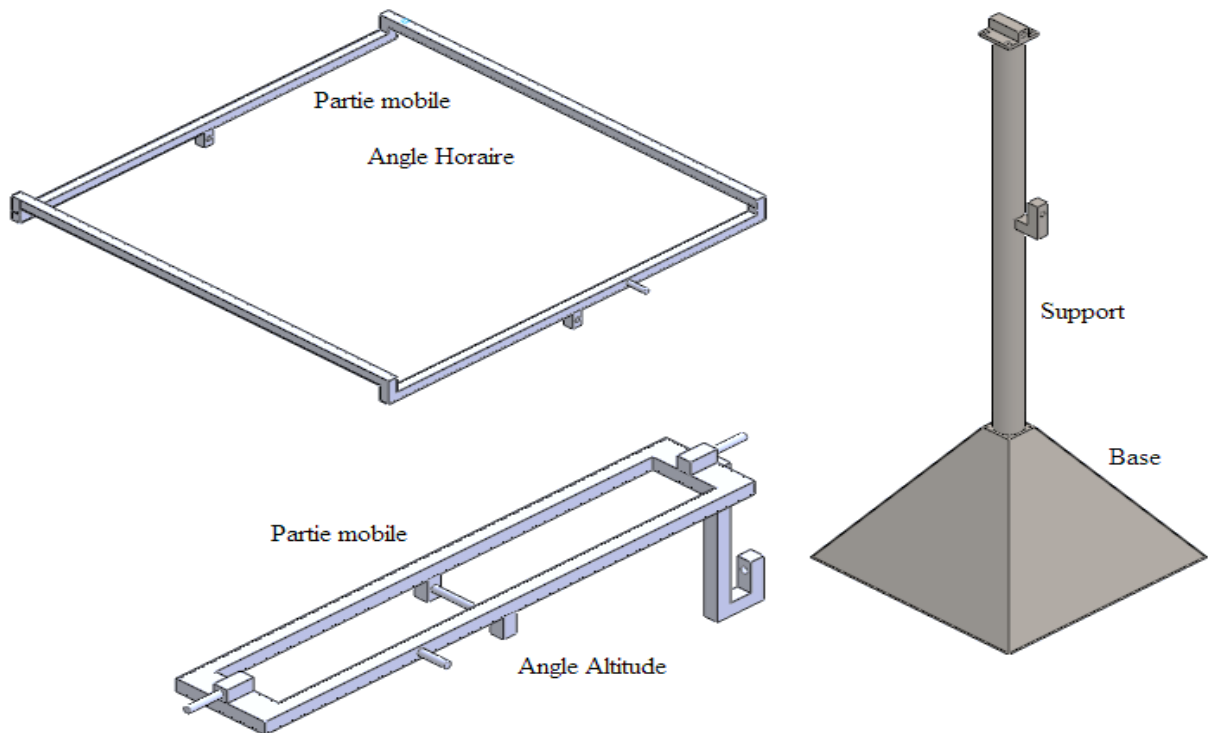


Figure.III.10.conception les parties principales de système poursuite

Etape 2: L'assemblage des pièces

Dans ces étapes, nous avons assemblé les parties mécaniques d'un système pour finalement obtenir cette structure, qui aurait la capacité d'être facilement positionnée pour suivre le mouvement du soleil.

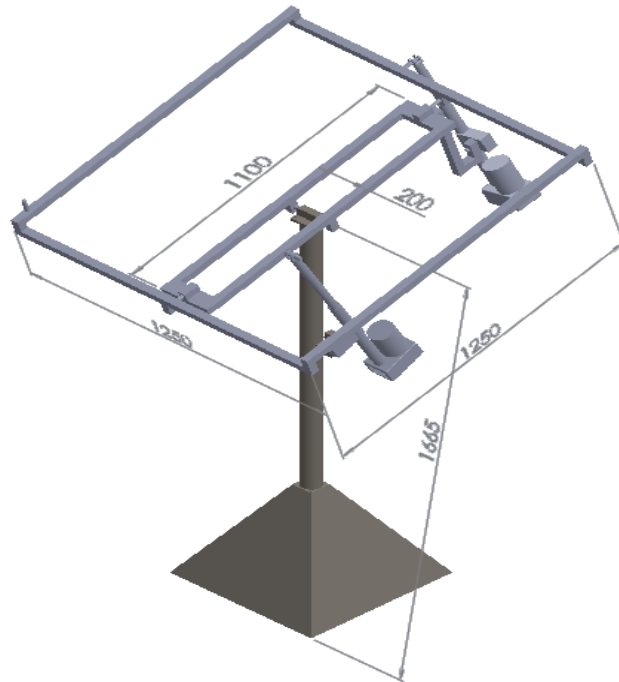


Figure.III.11. La structure mécanique totale du Tracker solaire.

III.3.Partie de réalisation:

III.3.1.Réalisation électrique:

Dans cette partie, nous allons d'abord réalisation le circuit électrique du capteur solaire ainsi que le circuit électrique du commande , puit le circuit de puissance et enfin relier tous ces circuits entre eux.



Figure.III.12. Photo de Réalisation du circuit électrique du système poursuite en à vide.

III.3.1.1. Le circuit électrique du capteur solaire:

Comme le montre la figure ci-dessous dans notre réalisation du circuit électrique du capteur solaire, nous avons adopté une résistance électrique unique et deux types de résistance constante et de photorésistance, le processus de liaison est le même que la connexion que nous avons faite dans notre conception de circuit électrique dans le logiciel de simulation **PROTEUS_ISIS**.



Figure.III.13. Photo de Réalisation du circuit électrique du capteur solaire.

III.3.1.2. Le circuit électrique du commande:

Comme le montre la figure ci-dessous, nous nous sommes appuyés sur notre réalisation sur une carte électronique prête à l'emploi connue sous le nom **ARDUINO UNO R3**, que nous avons expliqué au stade de la conception.

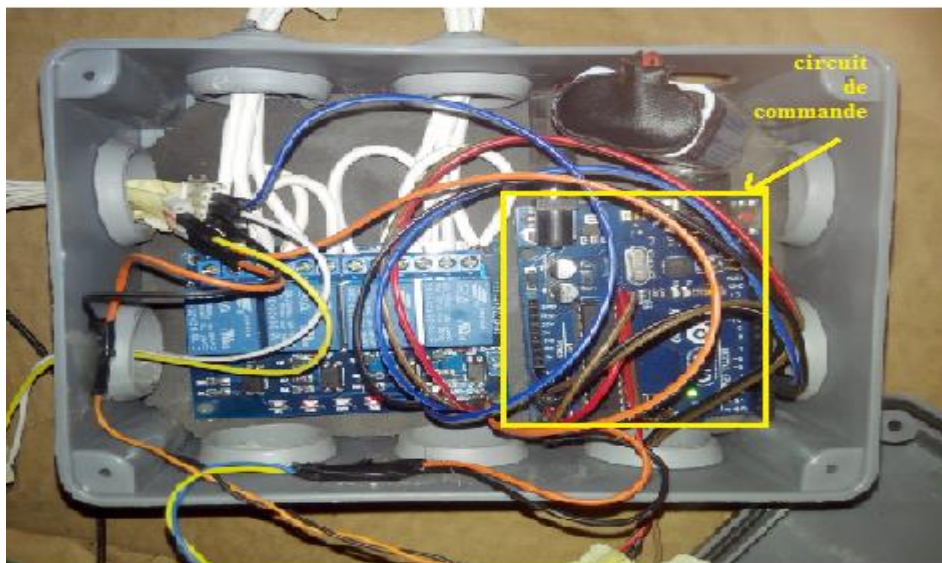


Figure.III.14. Photo de Réalisation du circuit électrique du commande.

III.3.1.3. Le circuit électrique du puissance:

Comme le montre la figure ci-dessous, nous nous sommes appuyés sur notre réalisation sur une carte électronique prête à l'emploi appelée **4 RELAY MODULE**, qui contrôlera le moteur grâce à l'ordre donné par la carte **ARDUINO**, car les moteurs doivent fonctionner à une puissance telle que le driver **L293D** ne puisse pas fonctionner. ANNEXE:6

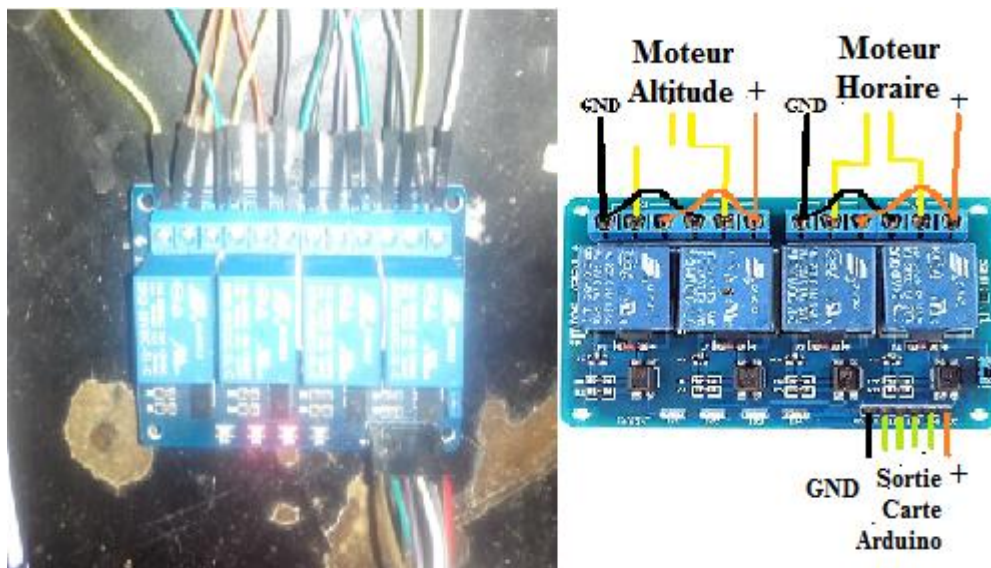


Figure.III.15.Photo de Réalisation du circuit électrique du puissance.

En ce qui concerne le mouvement du Tracker solaire comme montré dans la figure ci-dessous, nous avons adopté dans notre réalisation sur deux moteurs linéaires car ces moteurs sont caractérisés par une fort couple et sont assez précis. (Annexe:7)



Figure.III.16.Photo de Réalisation du moteur linéaire électrique.

III.3.2.Réalisation mécanique:

La réalisation de la partie mécanique du Tracker solaire est un condensé de la conception que nous avons précédemment réalisée dans le logiciel de simulation **SolidWorks**.

Lorsque, comme indiqué dans la figure sous les trois parties principales de la colonne de support, qui positionnement le Tracker Solaire dans son ensemble et la partie vient vers le haut ou en bas (Angle d'altitude) du Tracker Solaire dans son ensemble, ainsi qu'une partie de la rotation du Tracker Solaire du matin au soir (Angle horaire), et connecter ces trois parties principales ensemble ainsi que certaines sous-sections telles que la base mobile ainsi que la boîte de protection et l'emplacement de l'installation de moteurs linéaires.

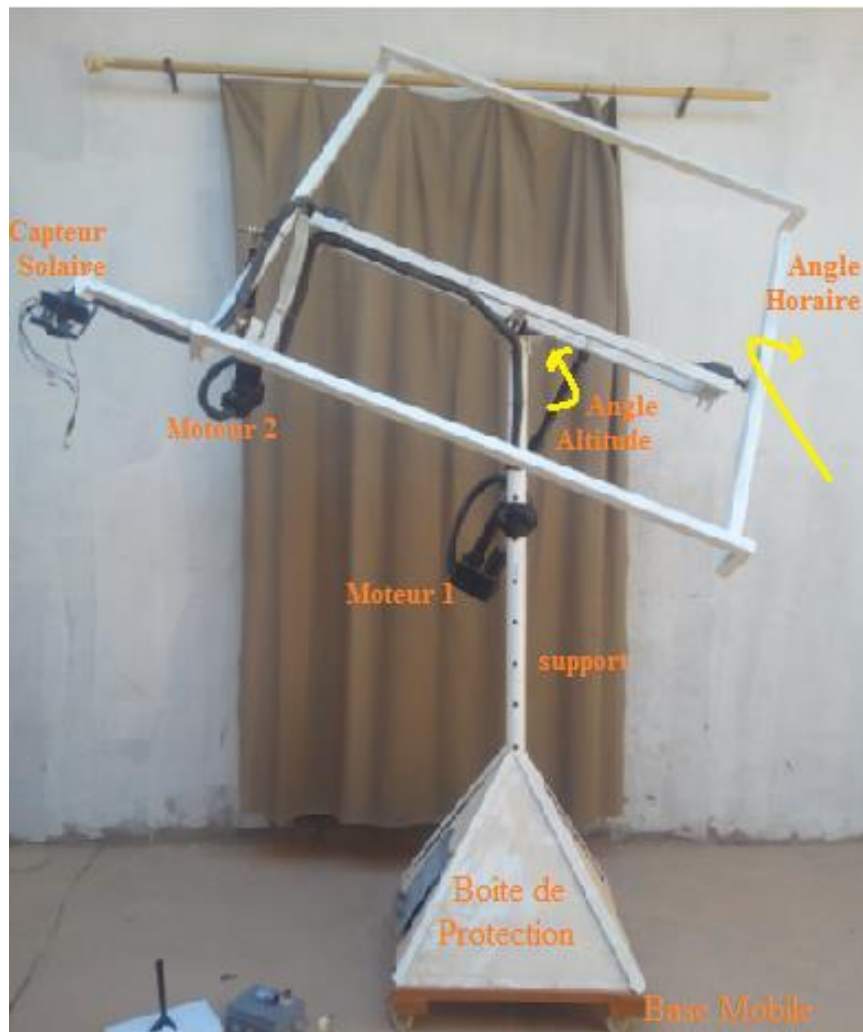


Figure.III.17.Photo de Réalisation du Structure mécanique de Tracker Solaire.

Chapitre III :

Résultats et discussion

III.4.Expérimenter et dériver des résultats:

Après avoir construit le Tracker solaire, nous le testerons pour s'assurer qu'il est efficace en comparant la sortie d'un panneau solaire statique avec un certain angle et un autre panneau solaire installé sur le Tracker solaire, les deux panneaux solaires ont les mêmes spécifications (Annexe:10), en même temps que nous mesurerons la production des panneaux solaires, nous vérifierons la chute perpendiculaire du soleil à travers le capteur d'angle existant ainsi que la mesure de les ' angles à chaque point de temps estimé à une heure du lever au coucher du soleil.

Cette photo nous montre les conditions météorologiques au cours de notre expérience.

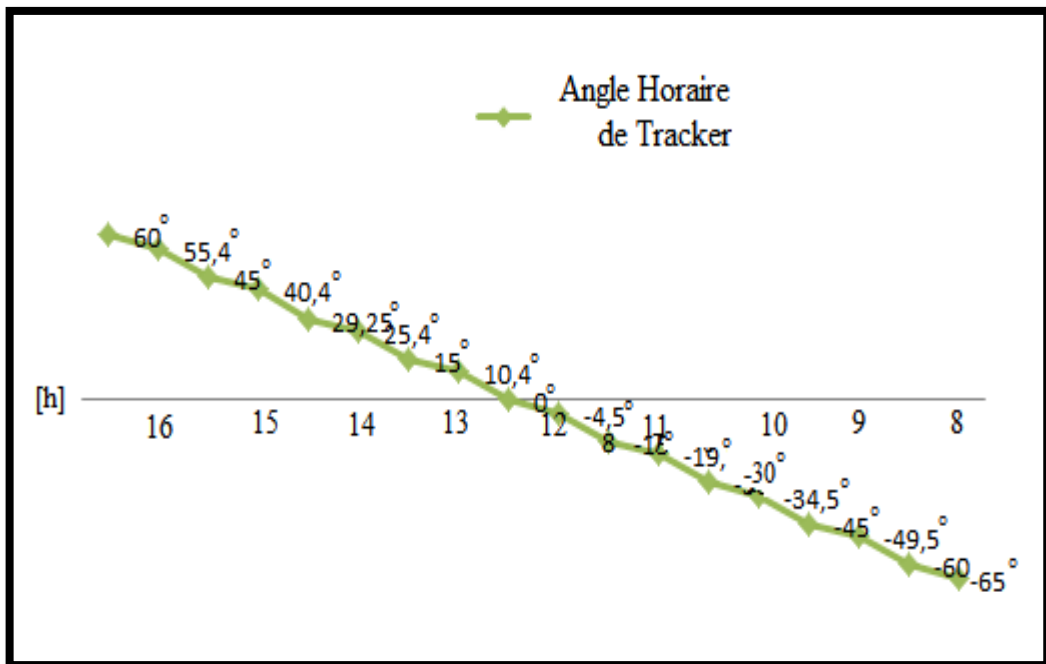


Figure.III.18.Photo des conditions météorologiques pendant l'expérience.

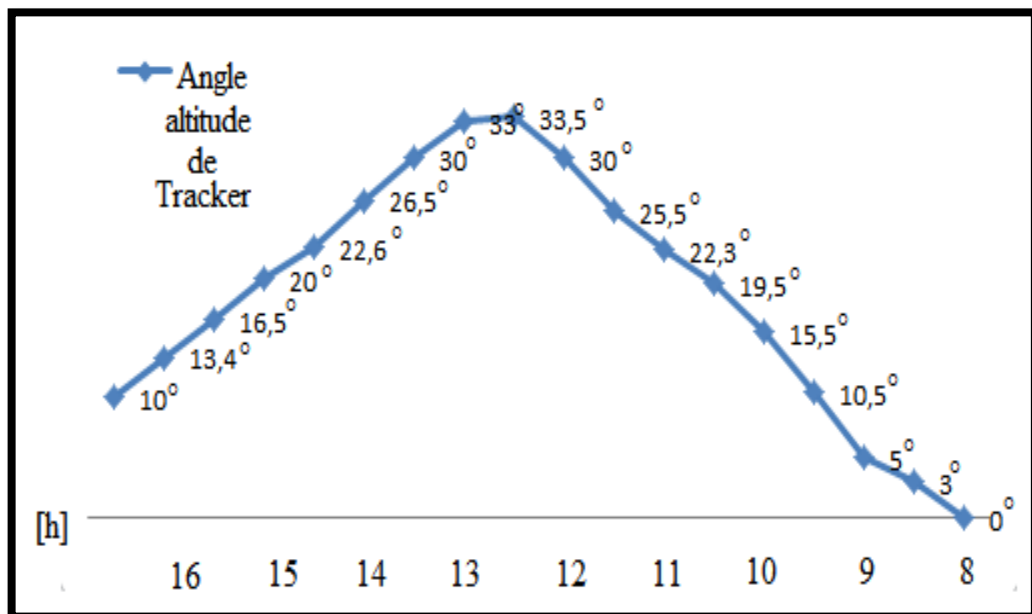
III.4.1.Résultats de l'expérience:

Dans les courbes ci-dessous, nous pouvons voir les résultats de la comparaison, où nous voyons ce qui est produit (Puissance électrique "Watt") par le panneau solaire fixe à un angle optimale de 33° (Angle d'inclinaison β) et vers le sud, ainsi que le panneau solaire avec le Tracker solaire ainsi que les valeurs les deux angles de positionnement du Tracker solaire(Angle Altitude α) et (Angle Horaire ω), où pour une journée de mesure (le 18/05/2018).

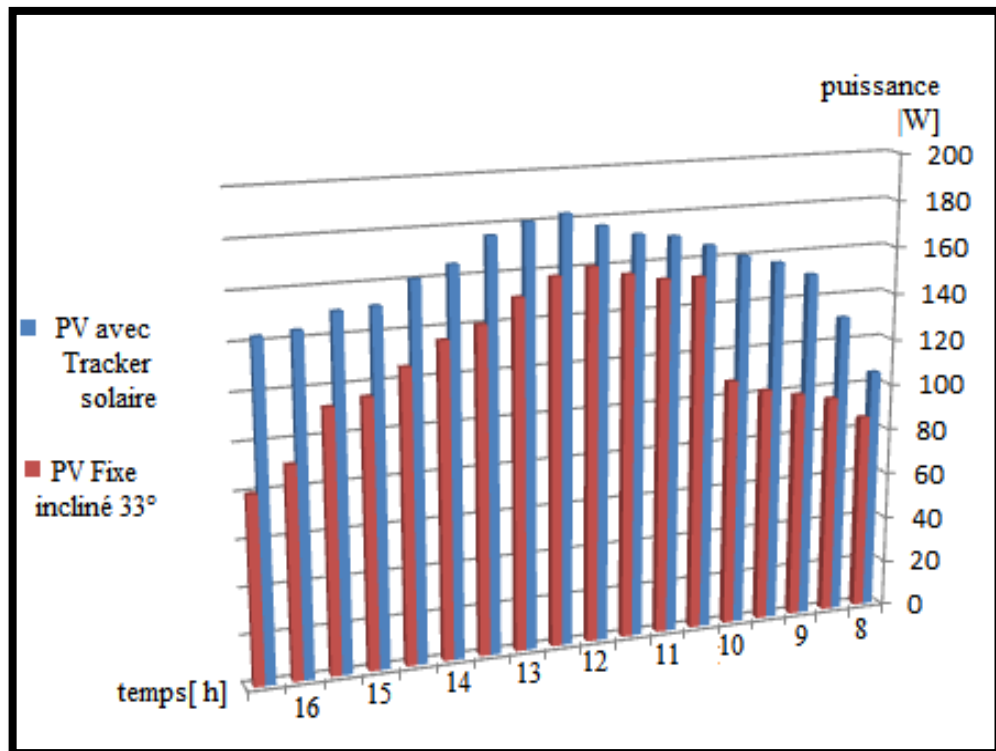
Les valeurs du puissance électrique résultantes dans la courbe sont uniquement les valeurs du panneau solaire.



Courbe.III.1. Curve du trajectoire d'angle horaire du système poursuite.



Courbe.III.2. Curve du trajectoire d'angle d' altitude du Tracker solaire



Courbe.III.3. Comparaison de la puissance électrique.

Sachant que l'énergie électrique consommée par le Tracker solaire au cours de la journée est estimée à **650 Joule** sans charge, et **2851 Joule** avec une charge maximale.

III.4.2. Analyser les résultats de l'expérience:

Après avoir terminé l'expérience qui a duré environ neuf heures et les conditions météorologiques volatiles entre nuages et soleil et le vent.

Où nous observons à travers les résultats qui ont été extraits de l'expérience et qui se sont développées sous la forme de trois courbes

Dans la première courbe qui représente l'angle horaire Pour déplacer le système poursuite, où nous observons à travers les résultats de la courbe l'angle horaire change de manière homogène avec le temps ,où nous observons les angles négatif avant midi et positif après-midi .

Dans la deuxième courbe qui représente l'angle d'altitude Pour déplacer le système, où nous observons à travers les résultats de la courbe l'angle d'altitude change en tant que curve.

Où ça commence avec zéro et se termine avec zéro, il a une grande valeur atteindre à midi.

Dans la courbe des colonnes ce qui représente les résultats de puissance électrique entre un PV fixe et incliné 33° et un autre avec système de suivi, où les résultats nous montrent la différence entre les deux PV , où nous notons La supériorité du PV avec le système poursuite par rapport à PV fixe et incliné 33°, ainsi à midi les deux systèmes ont de grandes valeurs.

Aussi bien, assurer la précision du système à travers le capteur de rayonnement solaire pédiculaire .(Annexe:9)

III.4.3.Conclusion de l'expérience:

Les résultats de l'expérience ont prouvé l'efficacité du système et comment faire face au mouvement du soleil pendant la durée de l'expérience, quant à la précision du système

Cela a été mesuré à travers le capteur de rayonnement solaire pédiculaire , il a montré des résultats impressionnants .

III.5. Conclusion:

La réalisation du Tracker solaire nécessite un bon choix du composants électronique utilise pour ne pas compliqué le principe de commande et pour réduire la consommation de l'énergie consommé par le Tracker.

Dans le même chapitre, nous avons expérimenté avec notre Tracker en comparant un PV statique avec autre PV connecté pour Tracker, les résultats ont été très impressionnants.

Introduction générale

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce rapport porte sur « Etude d'un Tracker solaire autopiloté Commande via une carte Arduino » à l'aide des composants électroniques programmable gérés par un microcontrôleur ATmega328 (Arduino Uno R3).

L'objectif principale de ce travail est de maximiser le gain énergétique en augmentant le rayonnement solaire incident et en réduisant au minimum la consommation d'énergie pour le cheminement. Cette stratégie est possible en développant un prototype du système de poursuite solaire.

Pour cet objectif, nous avons réalisé un système de suivi actif capable de suivre le rayonnement solaire qui a nous donné des résultats impressionnants obtenus par le système, ce résultat est la preuve que le taux de succès du Tracker solaire estimé est excellent.

Malgré le succès du projet, nous avons rencontré quelques obstacles :

- Manque d'éléments électroniques.
- Peu d'expérience dans les travaux de soudure.
- Contraintes de temps pour l'enquête de projet.

Ce projet de fin d'études a été pour nous l'occasions précieuse de faire un travail multidisciplinaire, associant l'instrumentation, l'électronique, l'automatique, la mécanique, la programmation et les énergies renouvelables.

En perspective, nous souhaitons améliorer nos outils en ajoutant des systèmes pour aider à protéger contre le changement climatique soudain dans le système de suivi.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] http://astropassion-jc.pagesperso-orange.fr/coordonees_celestes.html
- [2] Sahra Mouhamed et Djediai Lazhari Mémoire de fin d'étude « Optimisation d'un Systeme poursuit solaire appliquée au champ photovoltaïque» Université de Ouargla, 2011
- [3] M. Capderou, « Atlas solaire de l'Algérie », Office des publications universitaire Tome 1' Tome 2, Algeria 1986.
- [4] Claude Delorme, « Gisement solaire » G.D.T.A (1987), texte imprimé à partir du site : <http://catalogue-bibliothèque.upmc.fr> (Sorbonne Université).
- [5] ZEGHIB ILHEM « Etude et Réalisation d'un Concentrateur Solaire » parabolique par UNIVERSITE MENTOURI – CONSTANTINE (2005)
- [6] <https://www.energieplus.lesite.be/index.php>
- [7] A. Labouret, M. Viloz « Energie Solaire Photovoltaïque ». 2eme édition, Dunod, Paris 2003/2005.
- [8] Soteris Kalogirou « Solar Energy », (p49-p63) TJ810.K258 2009. British Library Cataloguing-in-Publication Data Web site: www.elsevierdirect.com
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy, 18.11.2010
- [10] Aain Bilbao Learreta 'Réalisation de commandes MPPT Numériques ' /Septembre 2006.
- [11] <http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells/>, 19.11.2010
- [12] D. Guerraiche, 'Simulation et Prédiction de la Radiation Solaire Directe Absorbée par un Champ de Capteurs Cylindro-Paraboliques', Mémoire de Magister, Batna, Algérie, 2002.
- [13] Meloudi Laila, Mémoire de magister, «Etude et Simulation de la poursuite de la trajectoire du soleil par un panneau solaire» Université de boumerdas2012.
- [14] Mlle BENMOHAMMADI Zahra Mémoire de fin d'étude « master » « Etude, conception et réalisation d'une commande d'un tracker solaire (suiveur solaire) ».

Université Sidi Mohammed Ben Abdellah 2013/214

- [15] Khalfallaoui, S. (2009). *Comportement dynamique et automatisation d'un système solaire thermique muni d'un traqueur solaire* (Doctoral dissertation, Rouen)
- [16] True Thomas B. Greenslade, Jr., « Heliostats », Jules-Célestin Jamin — « Cours de physique de l'École polytechnique. Tome 3 - Fasc. 2 » Gauthier-Villars et fils (Paris) - 1885-1906
- [17] Mohanad Alata , M.A. Al-Nimr, Yousef Qaroush '*Developing a multipurpose sun tracking system using fuzzy control*'/ juin 2004.
- [18] Mohanad Alata , M.A. Al-Nimr, Yousef Qaroush '*Developing a multipurpose sun tracking system using fuzzy control*'/ juin 2004.

Annexes

Annexe:1

Le principe de fonctionnement de capteur LDR:

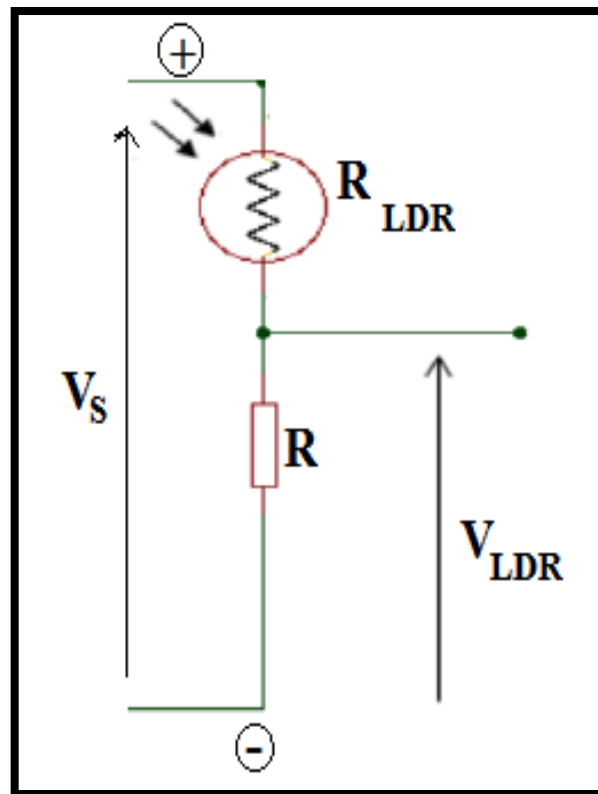


Figure.A1.1.Circuit de capteur LDR

La tension délivrée par le capteur est donnée par la relation:

$$V_{LDR} = \frac{V_s \times R}{R_{LDR} + R}$$

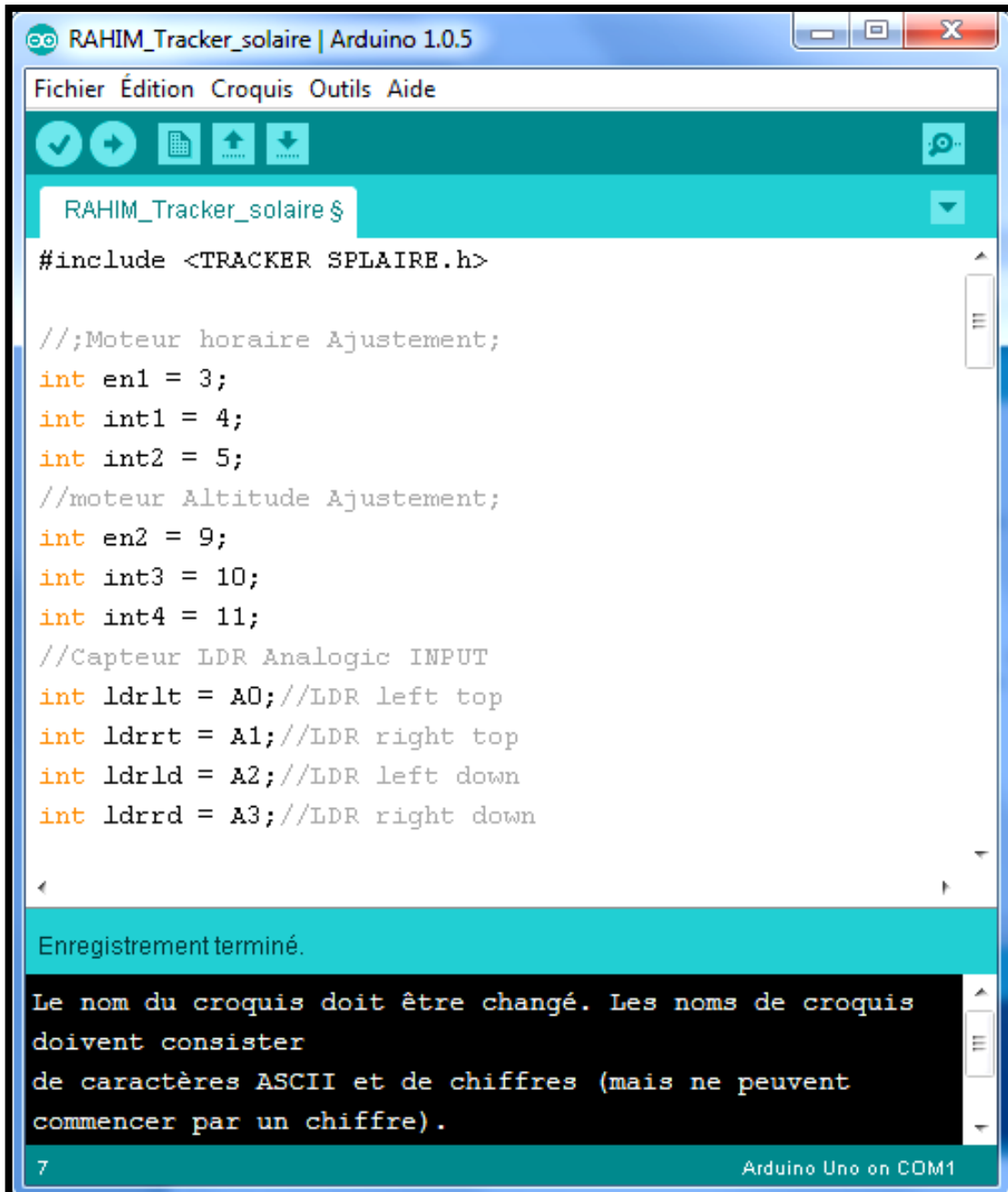
où :

V_s : tension source (V)

R_{LDR} : résistance de la LDR (Ω)

Annexe:2

Interface du logiciel ARDUINO :



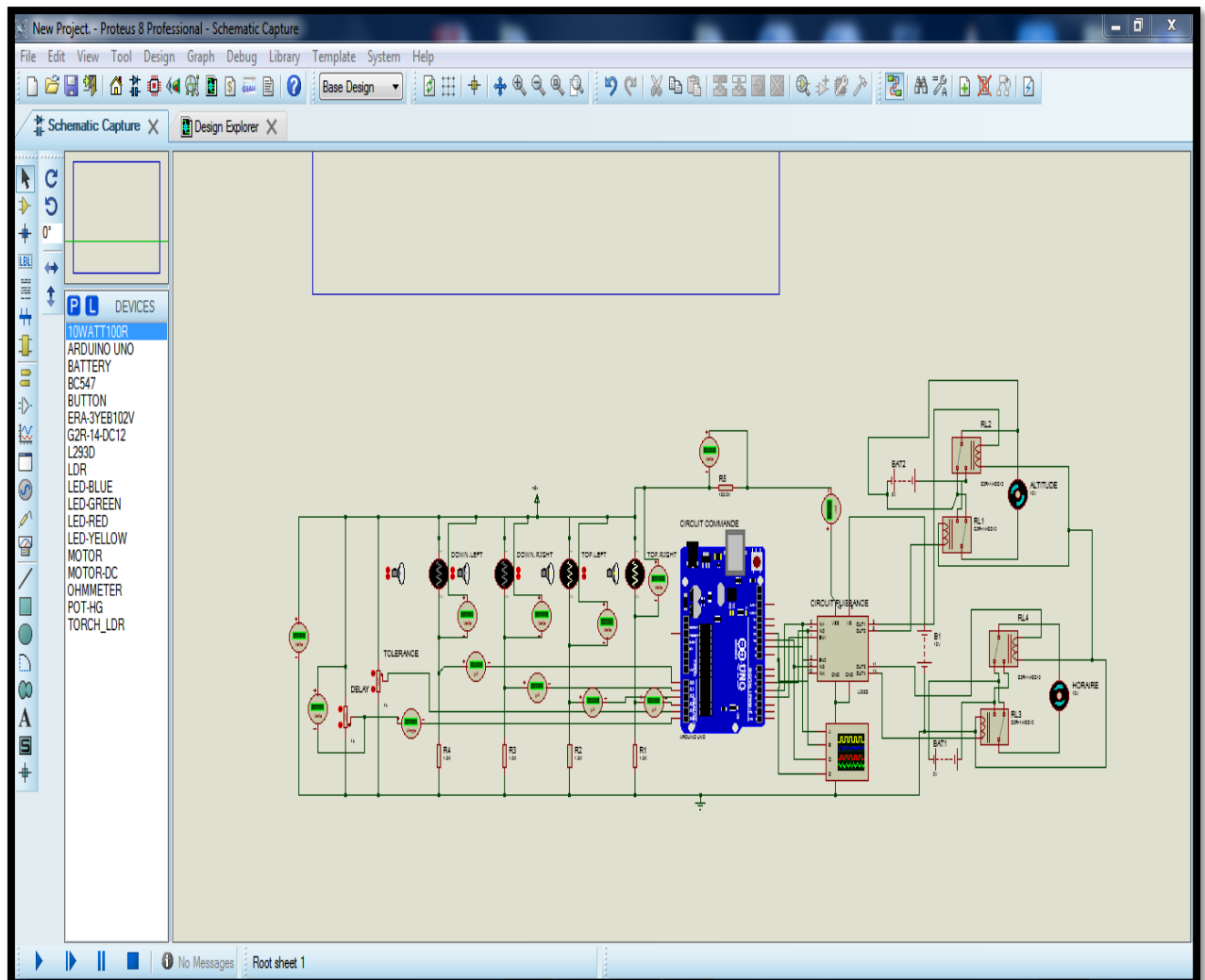
```
RAHIM_Tracker_solaire | Arduino 1.0.5
Fichier Édition Croquis Outils Aide
RAHIM_Tracker_solaire $
#include <TRACKER SPLAIRE.h>

//;Moteur horaire Ajustement;
int en1 = 3;
int int1 = 4;
int int2 = 5;
//moteur Altitude Ajustement;
int en2 = 9;
int int3 = 10;
int int4 = 11;
//Capteur LDR Analogic INPUT
int ldrlt = A0;//LDR left top
int ldr rt = A1;//LDR right top
int ldrl d = A2;//LDR left down
int ldrr d = A3;//LDR right down

Enregistrement terminé.
Le nom du croquis doit être changé. Les noms de croquis
doivent consister
de caractères ASCII et de chiffres (mais ne peuvent
commencer par un chiffre).
7 Arduino Uno on COM1
```

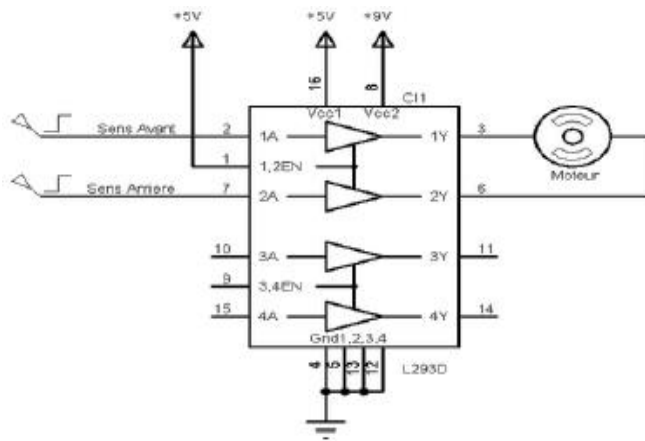
Annexe:3

Interface du logiciel PROTEUS_ISIS :



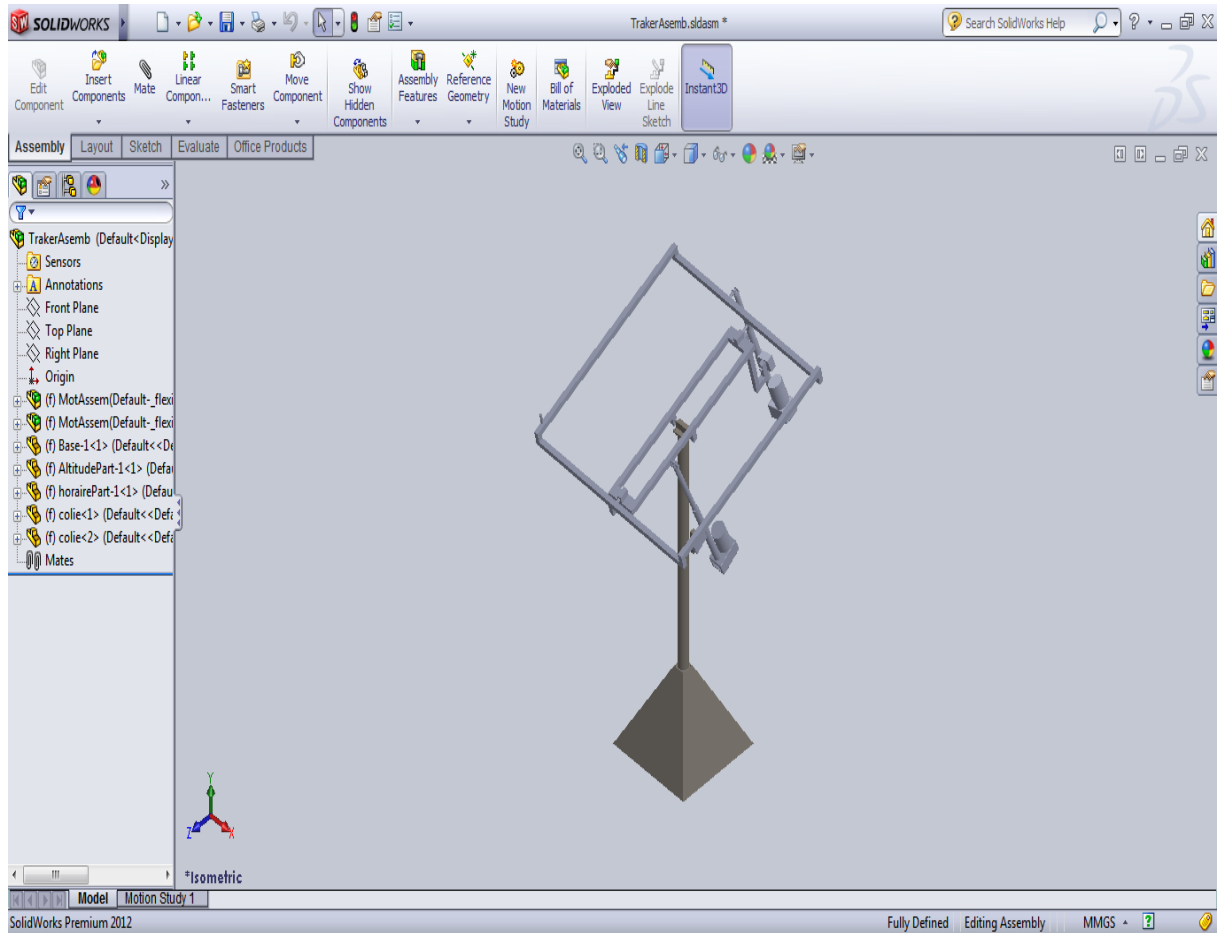
Annexe:4

Circuit intégré pour le circuit de puissance L293D :



Annexe:5

Interface du logiciel SolidWorks :



Annexe:7

















Fiche Technique Sur Moteur Linéaire électrique :



- Poids:3.5kg
- Longueur Max:80 cm
- Longueur Min:50 cm
- course:30 cm
- minimum vitesse: 0.15 m/min
- maximum vitesse: 0.6 m/min
- Minimum tension: 12V
- Maximum tension:36V
- Nominale courant: 0.4 A
- Maximum courant: 2.2 A

Annexe:8

Tous les outils utilisés dans l'expérience avec coût:

Quantité	Dispositifs d'expérience	Image de dispositif	Coût de dispositif
1	Carte d'Arduino UNO R3		2500DA
1	Driver L293D		500DA
1	4 Relay Module		1200DA
4	Résistance 1KOhm		4DA
4	Photo-résistance (LDR)		400DA
2	Résistance variable (VDR) 10KOhm		20DA
1	Batterie 12 V		2500DA
1	Transformateur 5V		100DA
8m	Tube carré 3cm (fer)		2000DA
1,60m	Tube rond (fer)		300DA
3	Roulement bicyclette		700DA
18	Boulon et écrou 13 mm et 24 mm		400DA
0,7m/2,20m	Planche de fer 1mm		250DA
16m	Fil électrique		250DA
2 m	Bar fer 12mm		200DA
10	Fixation simple Pour tube rond		100DA

Annexe:9

Capteur de rayonnement solaire perpendiculaire.



Annexe:10

Plaque signalisé de panneau photovoltaïque d'expérience .

 AQUA-TEC AQUATEC BIOTECHNOLOGIE Biotechnologie 	
PV Module Electricity Performance Parameter	
Model:	SY-S135W
Cell type:	High quality efficiency monocrystalline cell
Glass type:	Tempered Glass
Maximum Power(Pmax)	135W
Voltage at Pmax (Vmp)	18.3V
Current at Pmax (Imp)	7.38A
Open-circuit voltage (Voc)	22.5V
Short circuit current (Isc)	7.89A
Max System Voltage	600V
Tolerance	5%
NOTE: POWER MEASURED UNDER STANDARD TEST CONDITIONS: 1000W/M ² AM 1.5 GLOBAL, 25 °C CELL TEMPERATURE	
WARRANTY 5 Years Manufacturers life guarantee 10 Years output power no less 90% ; 20 Years output power no less 80%	
WARNING! This solar module produces electricity when exposed to light. Cover all modules in the PV array with opaque material before making any wiring connections or opening the terminal box.	
    ISO 9001:2008 Quality Management system 	

Résumé

Résumé

La collecte énergétique du rayonnement solaire par des systèmes photovoltaïques peut s'effectuer de plusieurs manières : selon une orientation horizontale fixe, sur un plan incliné à la latitude du lieu, sur un plan optimal ou selon une orientation normale. Le but de notre travail est une conception et réalisation d'un système suiveur du soleil à deux axes (Altitude et Horaire) afin d'optimiser et augmenter la quantité de la puissance produite par les systèmes photovoltaïques. Une modélisation 3D réalisée à l'aide de logiciel SolidWorks, et nous utilisons le microcontrôleur (ARDUINO UNO R3) pour commander notre système afin d'assurer une orientation normale du soleil sur le panneau à l'aide quatre capteurs photorésistances (LDR). Finalement, une comparaison été fait par rapport un panneau solaire fixe aux mêmes caractéristiques, avec une appréciation de rendement de Tracker solaire.

Mots clés : Tracker solaire, Photovoltaïques, Energie solaire, Arduino.

Abstract

Energy collection of solar radiation by photovoltaic systems can be effected in several ways: in a fixed horizontal orientation, on a plane inclined to the latitude of the place, on an optimal plane or in a normal orientation. The goal of our work is a design and implementation of a two-axis sun tracking system (Altitude and Hourly) to optimize and increase the amount of power produced by photovoltaic systems. A 3D modeling using SolidWorks software, and we use the microcontroller (ARDUINO UNO R3) to control our system to ensure a normal orientation of the sun on the panel using four Light Dependent resistor sensors (LDR). Finally, a comparison was made against a fixed solar panel with the same characteristics, with a solar Tracker performance rating.

Keywords: Solar Tracker, Photovoltaics, Solar Energy, Arduino.

ملخص

يمكن تنفيذ مجموعة الطاقة الشمسية للإشعاع الشمسي بواسطة أنظمة ضوئية بطرق عديدة: في اتجاه أفقي ثابت ، على مستوى مائل إلى خط العرض للمكان ، على مستوى أمثل أو في اتجاه طبيعي. والهدف من عملنا هو تصميم وتنفيذ نظام تتبع الشمس في محورين (الارتفاع والوقت) من أجل تحسين وزيادة كمية الطاقة التي تنتجها النظم الكهربائية الضوئية. النمذجة ثلاثية الأبعاد ذلك باستخدام سولييدوروكس البرمجيات، ونحن نستخدم متحكم (اردينو) للتحكم في النظام لدينا لضمان التوجه الطبيعي للشمس على الألواح باستخدام أربعة أجهزة استشعار للمقاومة الضوئية المتغيرة . وفي الاخير ، تم إجراء مقارنة ضد لوحة شمسية ثابتة بنفس الخصائص ، مع تقييم أداء جهاز تتبع الطاقة الشمسية.

الكلمات المفتاحية: المتعقب الشمسي, الألواح الشمسية, الطاقة الشمسية, أردوينو.