

## **I.1 Introduction :**

L'énergie solaire est la fraction de l'énergie électromagnétique provenant du soleil et parvenant à la surface de la terre, après filtrage par l'atmosphère terrestre.

Le rayonnement solaire constitue la ressource énergétique la mieux partagée sur la terre et la plus abondante. Une partie de ce rayonnement peut être exploitée pour produire directement de la chaleur (solaire thermique) ou de l'électricité : c'est l'énergie solaire photovoltaïque.

L'énergie solaire est portée sur le rayonnement solaire, qui se compose de deux parties : rayonnement solaire extraterrestre, qui est au-dessus de l'atmosphère, et le rayonnement solaire global, au-dessous de l'atmosphère. Les composantes du rayonnement solaire mondial sont généralement mesurées par les pyromètres, solimètres, actinographe. [11]

Ces appareils de mesure sont généralement installés sur des sites sélectionnés dans des régions spécifiques.

En raison du coût élevé de ces dispositifs, il n'est pas possible de les installer sur de nombreux sites. Ces dispositifs de mesure présentent des tolérances et des carences de précision remarquables, et par conséquent des enregistrements erronés manquants peuvent se produire dans un ensemble de données mesurées. Ainsi, il est nécessaire de modéliser la source solaire en considérant l'astronomie solaire et principes géométriques. De plus, les valeurs mesurées du rayonnement solaire peuvent être utilisées pour développer des modèles de rayonnement solaire qui décrivent les relations mathématiques entre le rayonnement solaire et les variables météorologiques telles que la température ambiante, l'humidité et le rayon de soleil. Ces modèles peuvent ensuite être utilisés pour prédire rayonnement à des endroits où il n'y a pas d'appareil de mesure de l'énergie solaire installé. [2]

## **I.2 Modélisation de la position de soleil**

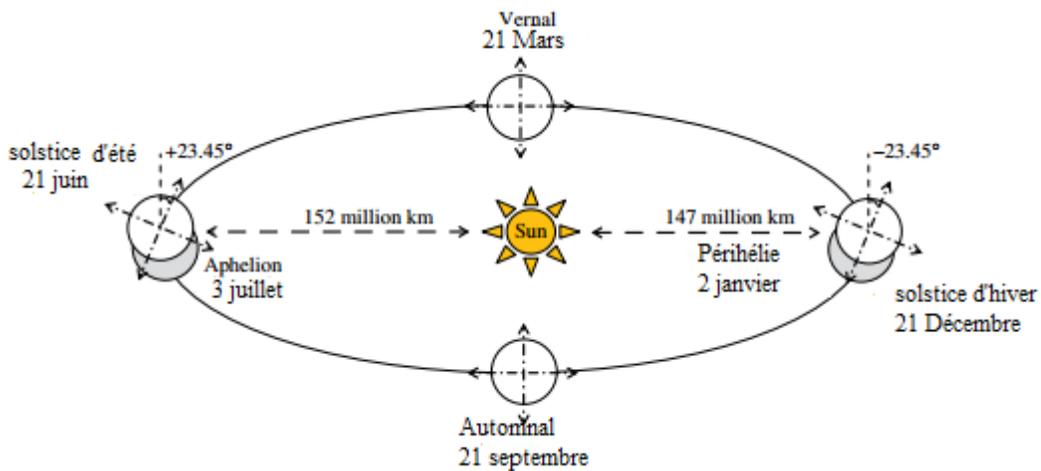
La terre tourne sur elle-même autour de l'axe des pôles d'Est en Ouest toutes les vingt-quatre heures. Rappelons que le plan équatorial est le plan diamétral (horizontal) perpendiculaire à l'axe des pôles. Les plans méridiens (verticaux) passent par l'axe des pôles, le méridien le plus important est le méridien de Greenwich.

Le temps solaire moyen du méridien de Greenwich. La figure 1.1 montre l'orbite de rotation de la terre autour du soleil. La longueur de chaque rotation la terre fait autour du soleil est d'environ 8766 h, ce qui correspond approximativement à 365.242 jours.

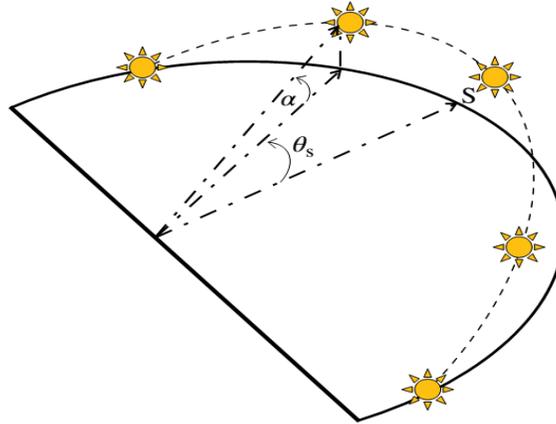
Le solstice d'hiver se produit le 21 décembre, où la terre est d'environ 147 millions Km du soleil. D'autre part, au solstice d'été, qui se produit le 21 juin, la terre est à environ 152 millions de km du soleil. Toutefois, pour fournir des points précis, la terre est la plus proche du soleil (147 millions de km) le 2 janvier, et ce point est appelé périhélie. Le point où la terre est la plus éloignée du soleil (152 millions de km) est appelé l'aphélie et se produit le 3 juillet. Pour un observateur debout à un point spécifique de la terre, la position du soleil peut être déterminée par deux angles principaux, à savoir l'angle d'altitude ( $\alpha$ ) et l'angle d'azimut ( $\theta_s$ ), comme il précise dans le figure 1.2., l'angle d'altitude est la hauteur angulaire du soleil dans le ciel mesuré à partir de l'horizontale. L'angle d'altitude peut être donné par :

$$\sin \alpha = \sin L \sin \delta \cos L \cos \delta \cos \omega \tag{1.1}$$

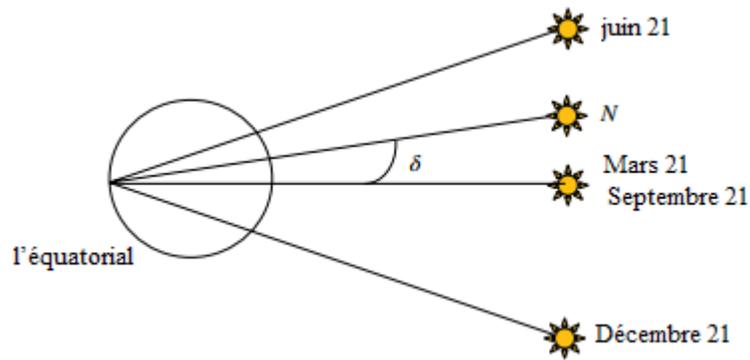
Où  $L$  est la latitude de l'emplacement,  $\delta$  est l'angle de déclinaison, et  $\omega$  est l'angle d'heure



**Figure1.1** Orbite de rotation de la terre autour du soleil.



**Figure 1.2** Les angles d'altitude et d'azimut du Soleil.



**Figure 1.3** Angle de déclinaison solaire.

L'angle de déclinaison est l'angle entre le vecteur terre-soleil et l'équatorial (voir figure 1.3) il est calculé comme suit (résultats en degré, arguments à des fonctions ergonomiques devraient être en rayonnement) :

$$\delta_s = 23.45^\circ \sin \frac{2\pi(N-81)}{365} \quad (1.2)$$

L'angle d'heure,  $\omega$ , est le déplacement angulaire du soleil depuis le point local, et il est donné par :

$$\omega = 15^\circ(AST - 12 h) \quad (1.3)$$

Où AST est apparente ou temps solaire vrai et est donné par le mouvement apparent quotidien du vrai ou observé soleil. AST est basé sur le jour solaire apparent, qui est l'intervalle entre deux retours successifs du soleil au méridien local temps solaire apparent est donné par :

$$AST = LMT + EoT \pm 4^\circ / (LMST - LOD) \quad (1.4)$$

Où LMT est le temps méridien local, LOD est la longitude, LSMT est le temps méridien standard local, et EoT est l'équation du temps.

Le LSMT est un méridien de référence utilisé pour un fuseau horaire particulier et est similaire au premier méridien, utilisé pour le temps moyen de Greenwich. LSMT est donné par :

$$LMST = 15^\circ G_{GMT} \quad (1.5)$$

L'EoT est la différence entre les temps solaires apparents et moyens, donné longitude au même instant réel de temps. EoT est donné par

$$Eot = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B \quad (1.6)$$

Où B calculé par :

$$B = \frac{2\pi}{365} (N - 81) \quad (1.7)$$

Où N est le nombre de jours défini comme le nombre de jours écoulés dans une année donnée en hausse à une date donnée (par exemple, le 2 février correspond à 33). D'autre part, l'angle d'azimut tel que représenté sur la figure 1.2 est une angle déplacement de la ligne de solaire référence par rapport à l'axe source. L'angle d'azimut peut être calculé par :

$$\sin \theta = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha} \quad (1.8)$$

### **L'algorithme de calcul des angles (Alpha, Thêta, $\delta_s$ )**

Pour calculer ces angles on a développé un programme qui constitué les principales composantes suivantes :

- Insérer les coordonnées géographiques (latitude et longitude, ville de Tiaret), le numéro du jour et le temps local.
- Calculer l'angle de déclinaison, l'équation du temps et le LMST.

- Calculer AST et l'angle d'heure.
- Calculer l'angle d'altitude. « Alpha »
- Calculer de l'angle d'azimut. « Thêta »

<b>D<sub>S</sub></b> (l'angle de déclinaison).	23.049
<b>EoT</b> (l'équation du temps).	-3.7106
<b>Lzt</b> (LMST).	15
<b>T<sub>S</sub></b> (l'angle d'heure).	694.4894
<b>Alpha</b> (l'angle d'altitude).	76.7942
<b>Thêta</b> (l'angle d'azimut).	-26.5783

**Tableau 1.1** Résultats de calculs.

De même façon, on a rédigé un autre programme pour calculer le profil d'angle d'altitude et azimut (toutes les 5 min) pour l'ensemble du jour solaire du 2ème de Juillet pour la ville de Tiaret. La journée solaire est définie comme la durée du lever au coucher du soleil. Ainsi, l'altitude et les angles d'azimut doivent être calculés pour chaque heure du lever au coucher du soleil. Les angles des heures de lever et de coucher du soleil peuvent être considérés comme égaux et calculés comme :

$$W_{SS,SR} = (-\tan L \tan \delta) \quad (1.9)$$

Dans l'intervalle, l'heure solaire de chaque angle d'heure peut être calculée en récrivant l'équations 1.3 comme suit :

$$\frac{W_{SS,SR}}{15^\circ} \pm 12 h = AST_{SR,SS} \quad (1.10)$$

Le signe de l'équation 1.10 doit être moins si nous voulons calculer le temps de lever du soleil, alors qu'il doit être plus si nous calculons le temps du coucher du soleil. À la suite de cela, certaines parties de la structure du programme peuvent être décrites comme suit :

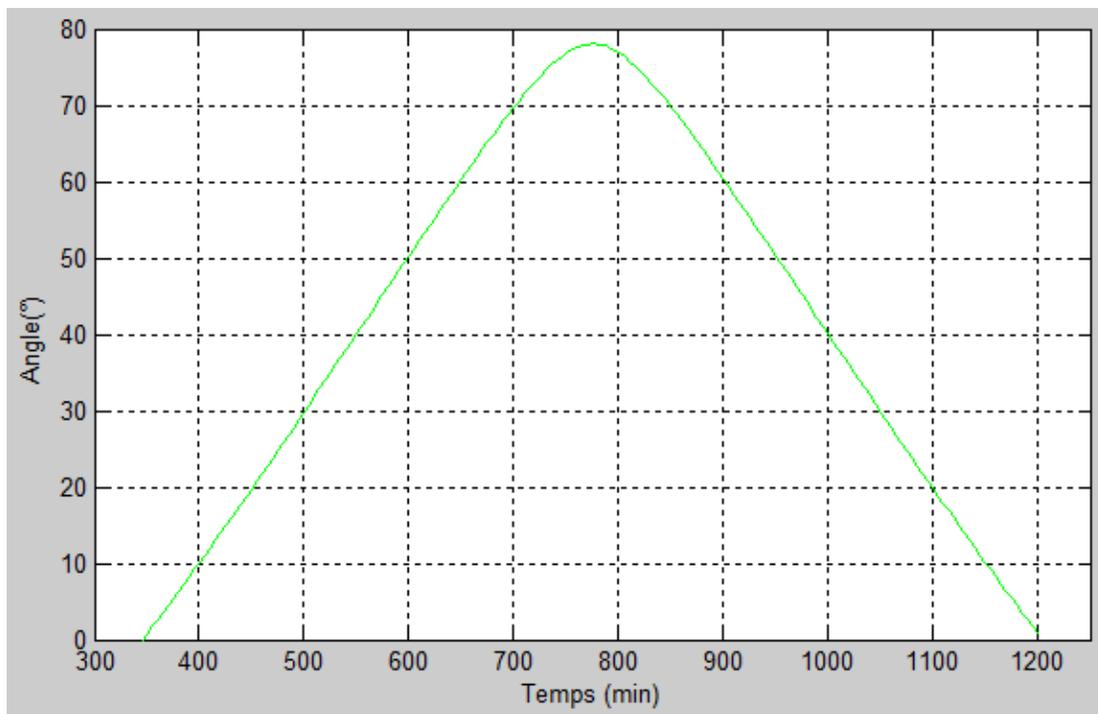
- Insérez les coordonnées de localisation (latitude et longitude) et le numéro de jour.
- Calculer l'angle de déclinaison.
- Calculer les angles de l'heure du lever et du coucher du soleil.

- Calculer AST du lever et du coucher du soleil.
- Calculer l'équation du temps et la LMST.
- Calculer les heures réelles de lever et de coucher du soleil.
- Définir une boucle à partir du lever du soleil et se terminer par le coucher du soleil avec une étape taille de 5 min.
- Calculer l'heure solaire et l'angle d'heure à chaque étape.
- Calculer l'angle d'altitude à chaque étape.
- Calculer l'angle d'azimut à chaque étape.
- Rangez les angles d'altitude et d'azimut calculés dans les tableaux.
- Tracer les résultats.

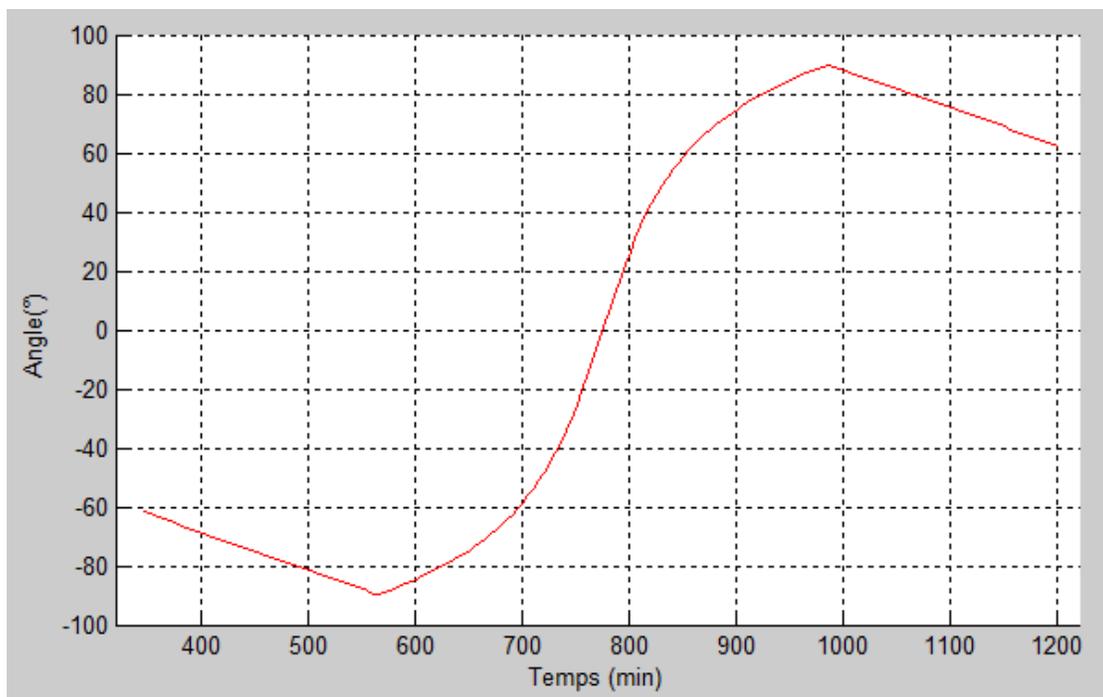
Et comme résultats pour la journée du 2 juillet on a :

<b>Ds</b>	23.0496°
<b>ASTsr</b>	290.5854
<b>ASTss</b>	1.1494e+003
<b>Ts</b>	1.1456e+003
<b>Tsr</b>	346.0960
<b>Tss</b>	1.2049e+003
<b>EoT</b>	-3.7106

**Tableau1.2** Résultats de calcul.



**Figure1.4** L'angle d'altitude pendant tout la journée



**Figure1.5** L'angle d'azimut pendant tout la journée

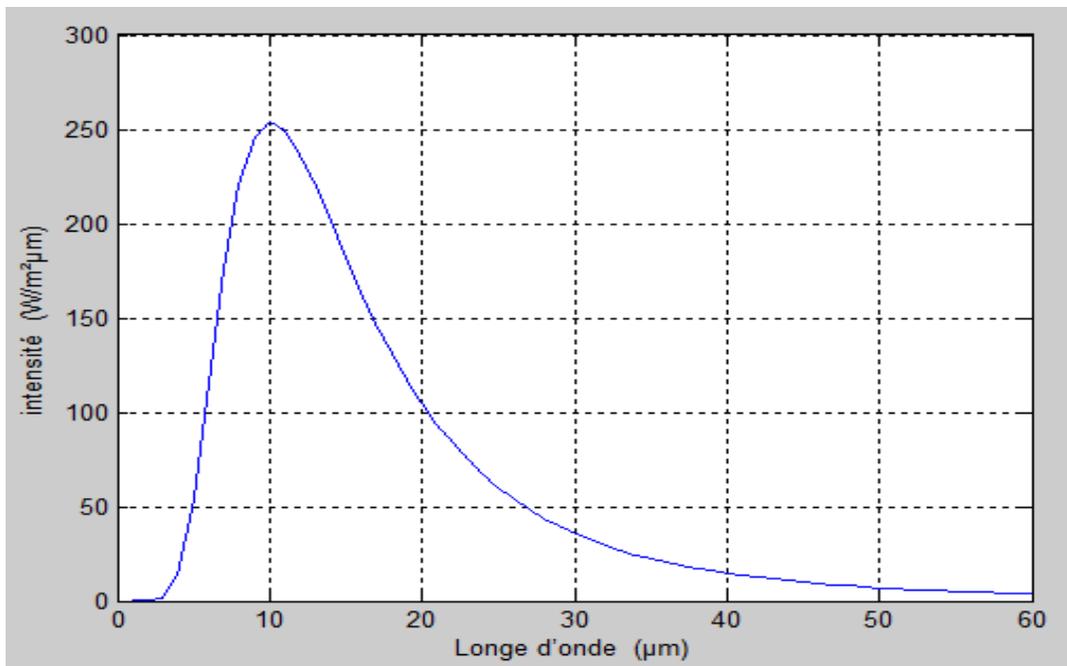
### I.3 Modélisation de rayonnement solaire extraterrestre

La première étape de la modélisation de la source solaire est d'estimer les rayonnements émis par le soleil. L'énergie rayonnante de tout objet émettant peut-être décrite comme une fonction de sa température. La pratique habituelle d'estimer l'énergie rayonnante par un objet est de comparez-le à un corps noir. Un corps noir est défini comme un émetteur et un absorbeur parfait. Un absorbeur parfait peut absorber toute l'énergie reçue, tandis qu'un l'émetteur parfait émet l'énergie plus que tout autre objet. La loi de Planck décrit le longueur d'onde émise par un corps noir à une température spécifique comme suit : [7]

$$E_{\lambda} = \frac{3.74 \cdot 10^8}{\lambda^5 \left[ \exp\left(\frac{14.400}{\lambda T}\right) - 1 \right]} \quad (1.11)$$

Où  $E_{\lambda}$  est l'émissivité totale par unité de surface du taux d'émission de corps noir ( $W/m^2 \mu m$ ),  $T$  est la température absolue du corps noir(K) et  $\lambda$  est la longueur d'onde ( $\mu m$ ).

Notre programme cette foi est permet de calculer le pouvoir émissif spectral d'un corps noir de 288K, pour des longueurs d'ondes dans la plage de (1-60)  $\mu m$ . Après cela calculer la puissance émettrice entre la longueur d'onde de 20 et 30  $\mu m$ .



**Figure 1.6** Puissance émettrice spectrale d'un corps noir de 288 K, pour les longueurs d'ondes dans la gamme de (1-60)  $\mu m$

Pour calculer le pouvoir émis entre la valeur de longueur d'onde de 20 et 30  $\mu\text{m}$ , la zone hachurée de la figure 1.5 peut être calculée comme suit : [1]

$$\sum_{\lambda=20}^{\lambda=30} E_{\lambda} = \sum_{\lambda=20}^{\lambda=30} \frac{3.74 \cdot 10^8}{\lambda^5 \left[ \exp \frac{14.400}{\lambda T} \right] - 1} \quad (1.12)$$

On estime que l'intérieur du soleil aura une température d'environ 15 millions Kelvin, alors que la température de la surface est beaucoup plus fraîche et plus grand environ 5778 K (5505 C°). Ainsi, le rayonnement qui est émis par la surface du soleil a une distribution spectrale correspondant à la prédiction par la loi de Planck pour une 5800 K corps noir. La surface totale sous la courbe du corps noir a été réduite à égale à (1307-1393)  $W/m^2$ , Qui est la quantité de rayonnement solaire juste en dehors de la terre atmosphère. Cette quantité de rayonnement est appelée constante solaire ( $G_o$ ), bien que ce ne soit pas exactement constant en raison de l'orbite elliptique de la terre, du diamètre de la terre et de l'évolution conditions de l'activité solaire. Une valeur recommandée de la constante solaire par beaucoup des chercheurs est  $1367W/m^2$ .

La valeur de rayonnement solaire hors de l'atmosphère varie à mesure que la Terre tourne autour du Soleil. Par conséquent, la distance entre le soleil et la terre doit être considérée dans la modélisation du rayonnement solaire extraterrestre. Ainsi, le rayonnement extraterrestre  $G_{ex}$  est donné par [1]

$$G_{ex} = G_o \left( \frac{R_{av}}{R} \right)^2 \quad (1.13)$$

Où  $R_{av}$  Est la distance moyenne entre le soleil et la terre et  $R$  la distance instantanée entre le soleil et la terre. La distance instantanée entre le soleil et la terre dépendent du jour de l'année ou du numéro de jour. En fait, il y a différentes approximations pour le facteur  $R_{av}/R$ .

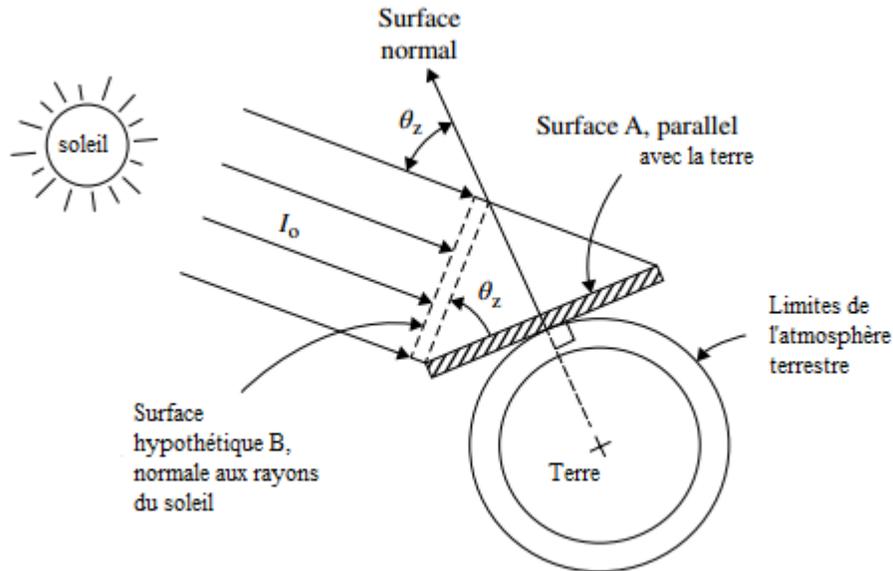
Dans la littérature. Un recommandé l'approximation peut être donnée par :

$$\left( \frac{R_{av}}{R} \right) = 1 + 0.0333 \cos \left( \frac{2\pi N}{365} \right) \quad (1.14)$$

En remplaçant l'équation 1.14 de l'équation 1.13, le rayonnement solaire extraterrestre d'unité de temps tombant à droite sur un mètre carré d'une surface peut être donnée par :

$$G_{ex} = G_o \left( 1 + 0.0333 \cos \left( \frac{2\pi N}{365} \right) \right) \quad (1.15)$$

Cependant, un concept pédagogique, et souvent utilisé dans les modèles de rayonnement solaire, est celui de l'irradiante solaire extraterrestre tombant sur une surface horizontale. Considérons une Surface plane juste à l'extérieur de l'atmosphère terrestre et parallèle à la surface de la Terre.



**Figure 1.7** Calcul du rayonnement solaire extraterrestre sur une surface horizontale.

Lorsque cette surface fait face au soleil (perpendiculaire à un rayon central), l'éclairement solaire tomber sur elle sera  $G_{ex}$ , Le rayonnement solaire maximum est possible à cette distance.

Si la surface n'est pas normale au soleil, le rayonnement solaire qui en découle sera réduit par le cosinus de l'angle entre la surface normale et un rayon central du soleil. Ce concept est décrit dans la figure 1.7

L'énergie qui tombe sur les deux surfaces est la même. Cependant, la superficie de la surface A est plus grande que sa projection, surface hypothétique B, rendant le taux d'énergie solaire par unité zone tombant sur la surface A moins que sur la surface B. [5]

Ainsi, le rayonnement solaire extraterrestre sur une surface horizontale située dans un emplacement spécifique  $G_{ex}$  .peut être calculé par :

$$G_{exH} = G_{ex} \cos \varphi \quad (1.16)$$

Où  $\varphi$  est l'angle de zénith solaire, qui est mesuré directement de la tête à la centre géométrique du disque du Soleil. La valeur angulaire du zénith solaire est égale la valeur d'altitude, et ainsi l'équation 1.16 peut être réécrite comme suit :

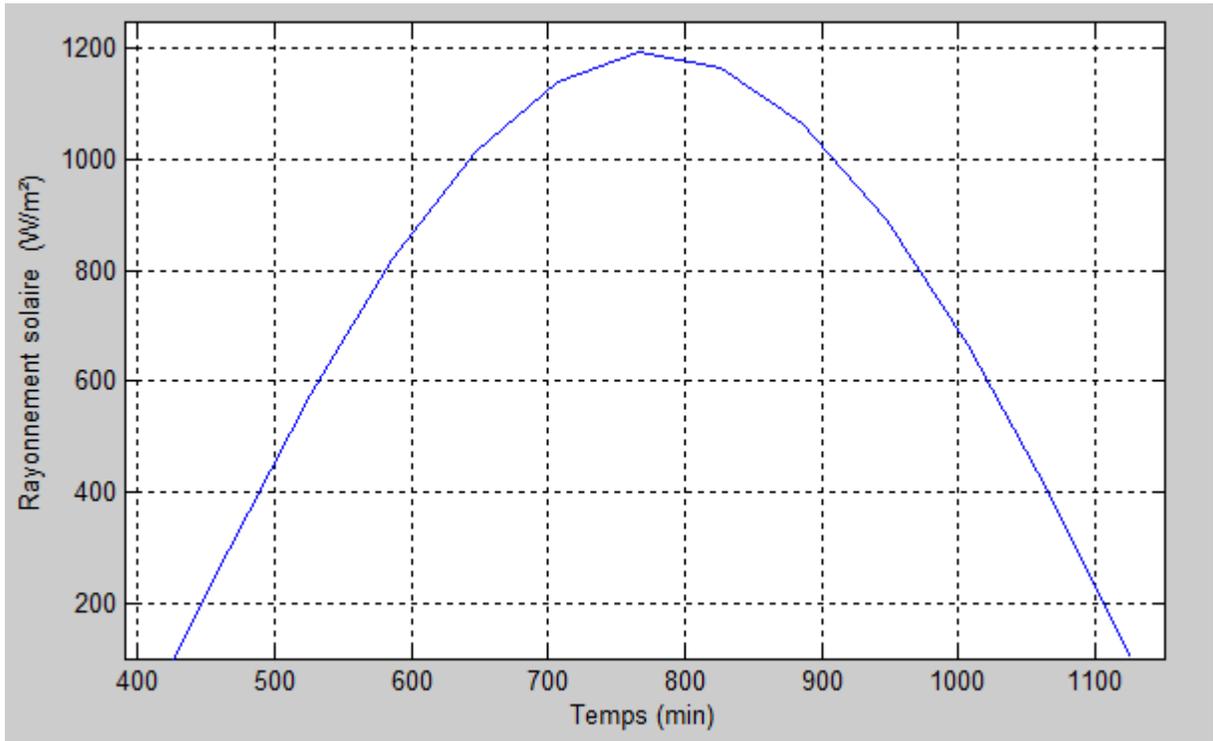
$$G_{exH} = G_o \left( 1 + 0.0333 \cos \left( \frac{2\pi N}{365} \right) \right) \sin L \sin \delta + \cos L \cos \delta \cos w \quad (1.17)$$

Enfin, l'énergie solaire totale extraterrestre ( $E_{ex}$ )( $Wh/m^2$ ) est calculé comme suit :

$$E_{ex} = \int_{T_{sr}}^{T_{ss}} G_{exH} dt \quad (1.18)$$

Pour prédit l'extraterrestre horaire profil de radiation solaire pour la ville de Tiaret, en Algérie, le 31 mars, on a modifié un programme qui exprimé ça.

Selon l'équation 1.17, les valeurs horaires de l'angle d'altitude de la sélection d'emplacement doit être calculé avant. Après cela, la valeur de l'heure de rayonnement solaire peut être générés, en utilisant l'équation 1.17.



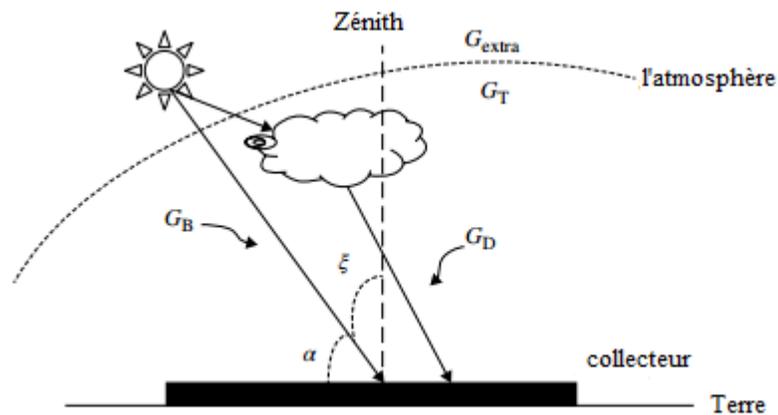
**Figure 1.8** Rayonnement solaire extraterrestre quotidien pour la ville de Tiaret.

### I.4 Modélisation de la radiation solaire globale sur une surface horizontale

Le rayonnement solaire mondial (rayonnement solaire terrestre) ( $G_T$ ) est le rayonnement solaire disponible au niveau de la mer sous l'atmosphère terrestre. Le rayonnement solaire global qui tombe une surface horizontale se compose de deux composantes, à savoir direct (faisceau) et diffuses radiation solaire. La figure 1.9 illustre la composante du rayonnement solaire sur une horizontale surface. Le rayonnement solaire direct ( $G_B$ ) Est le faisceau qui tombe directement du Soleil, tandis que le rayonnement solaire diffus ( $G_D$ ) Est le rayonnement qui est dispersé par des nuages et d'autres particules dans le ciel. [14]

Sur la base de ce que la ( $G_T$ ) peut être décrit comme :

$$G_T = G_B + G_D \quad (1.19)$$



**Figure1.9** Composants du rayonnement solaire global sur une surface horizontale.

Lorsque le faisceau de rayonnement solaire extraterrestre traverse l'atmosphère, de nombreux composants de ce faisceau sont absorbés, atténués et dispersés par les gaz du ciel ou des molécules d'air. Pour un jour clair du ciel, 70% du rayonnement solaire mondial est direct radiation solaire. L'atténuation de ce faisceau en raison de la poussière, de la pollution de l'air, de la vapeur d'eau, les nuages et la turbidité peuvent être modélisés relativement et facilement. Cependant, il existe beaucoup tente de modéliser cette atténuation en fonction du nombre de jour. Un de ceux-là est le modèle ASHRAE ou le modèle de ciel clair, comme on l'appelle parfois, pour ce modèle, le rayonnement solaire direct atteignant la surface de la terre  $G_{B,nom}$  Peut être exprimé comme : [1]

$$G_{B,nom} = A e^{\frac{-k}{\sin \alpha}} \quad (1.20)$$

Où  $A$  est un flux extraterrestre apparent et  $K$  est un facteur sans dimension appelé profondeur optique. Et les facteurs peuvent être exprimés comme des fonctions de jour comme suit :

$$A = 1160 + 75 \sin\left[\frac{360}{365}(N - 275)\right] \quad (1.21)$$

$$A = 0.174 + 0.035 \sin\left[\frac{360}{365}(N - 100)\right] \quad (1.22)$$

Maintenant, le rayonnement solaire direct est collecté par une surface horizontale  $G_B$  peut être exprimé par :

$$G_B = G_{B,norm} \sin \alpha \quad (1.23)$$

D'autre part, le calcul du rayonnement diffus tombe sur une horizontale le collecteur de surface est plus difficile par rapport au calcul de radiation solaire directe. Les rayonnements entrants peuvent être dispersés à partir des particules atmosphériques et la vapeur d'eau, et elle peut être réfléctée par les nuages. Certains rayonnements sont réfléchis par la surface revient dans le ciel et se répand de nouveau au sol. Le plus simple les modèles de rayonnement diffus supposent qu'il arrive à un site avec l'intensité égale de tous directions, c'est-à-dire que le ciel est considéré comme isotrope. Évidemment, sur brume ou jours couvert, le ciel est considérablement plus lumineux à proximité du soleil, et les mesures montrent également un phénomène similaire lors des jours clairs, mais ceux-ci les complications sont souvent ignorées. Après cela, le rayonnement solaire diffus peut être approché par :

$$G_D = 0.095 + 0.04 \sin\left[\frac{360}{365}(N - 100)\right]G_{B,norm} \quad (1.24)$$

Pour plus d'explication on a modifié un programme qui prédit l'énergie horaire globale et diffuse profil de rayonnement sur une surface horizontale pour la ville de Tiaret, le 2 mai du lever du soleil au coucher du soleil.

Le programme requis est divisé en deux parties : le calcul de l'angle d'altitude et ensuite le calcul du composant de rayonnement solaire. La première partie est illustrée dans les programmes précédents.

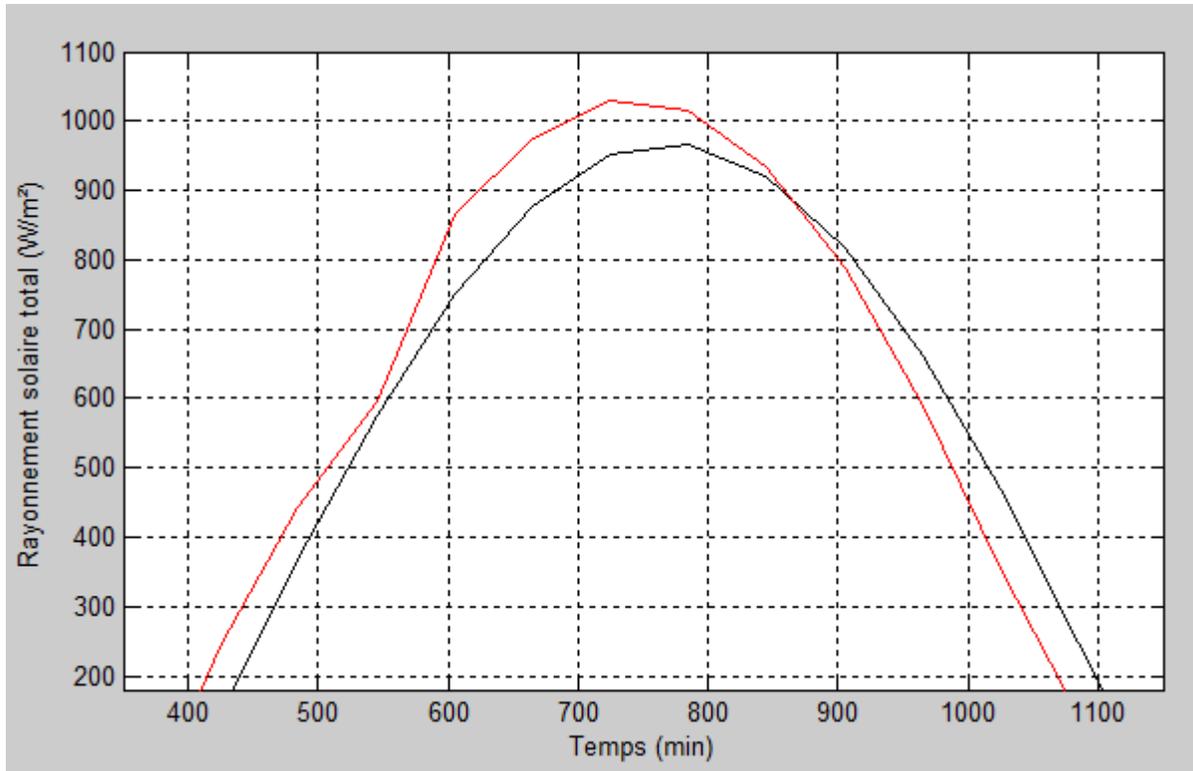


Figure 1.10 Rayonnement solaire global pour la ville de Tiaret.

### I.5 Modélisation de la radiation solaire globale sur une surface tilt

Dans le cas du collecteur incliné, les composants du rayonnement solaire global incident sur une surface inclinée est illustrée à la figure 1.11. En plus du direct ( $G_{B,\beta}$ ) Et diffusé ( $G_{D,\beta}$ ) Rayonnement solaire, un nouveau composant appelé rayonnement solaire réfléchi ( $G_R$ ) est ajouté pour former le rayonnement solaire global sur une surface inclinée. Ces composants peuvent être exprimés par :

$$G_{T,\beta} = G_{B,\beta} + G_{D,\beta} + G_R \quad (1.25)$$

L'équation 1.25 peut être réécrite en termes d'éléments d'énergie solaire sur une horizontale surface comme suit :

$$G_{T,\beta} = G_B R_B + G_D R_D + G_T \rho R_R \quad (1.26)$$

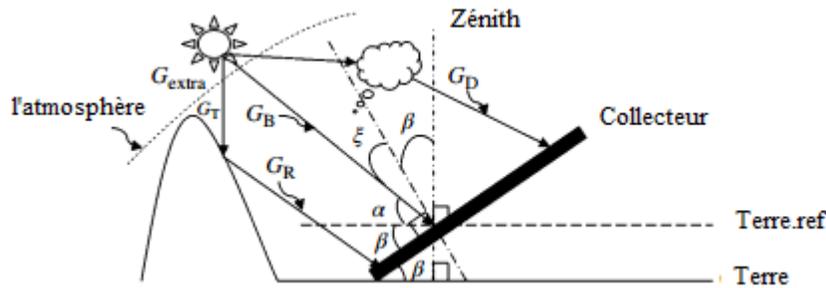
Où  $R_B$ ,  $R_D$ , et  $R_R$  Sont des coefficients et  $\rho$  Aledo sol.  $R_B$  Est le rapport entre l'énergie solaire globale sur une surface horizontale et l'énergie solaire mondiale sur une surface inclinée.

$R_D$  Est le rapport entre l'énergie solaire diffuse sur une surface horizontale et l'énergie solaire diffuse

Sur une surface inclinée, et  $R_R$  est le facteur de l'énergie solaire réfléchi sur une surface inclinée.

Pour l'équation 1.26, il est clair que la clé de la recherche de composants d'énergie solaire sur une surface inclinée est d'estimer les coefficients  $R_B$ ,  $R_D$  et  $R_R$  le plus souvent utilisé le modèle de calcul de  $R_B$  Est le modèle Liu et Jordan, qui définit  $R_B$  comme :

$$R_B = \frac{\cos(L-\beta) \cos \delta \sin \omega_{SS} + \omega_{SS} \sin(L-\beta) \sin \delta}{\cos L \cos \delta \sin \omega_{SS} + \omega_{SS} \sin L \sin \delta} \quad (1.27)$$



**Figure 1.11** Composant de rayonnement solaire sur une surface inclinée.

En ce qui concerne les surfaces dans l'hémisphère sud, la pente vers l'équateur, l'équation pour  $R_B$  est donné comme :

$$R_B = \frac{\cos(L+\beta) \cos \delta \sin \omega_{SS} + \omega_{SS} \sin(L+\beta) \sin \delta}{\cos L \cos \delta \sin \omega_{SS} + \omega_{SS} \sin L \sin \delta} \quad (1.28)$$

Dans l'intervalle, l'équation la plus recommandée pour  $R_R$  est donné par :

$$R_R = \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (1.29)$$

D'autre part, de nombreux modèles pour  $R_D$  ont été présentés qui peuvent être classés en modèles isotropes et anisotropes. Les modèles solaires isotropes sont basés sur l'hypothèse selon laquelle le rayonnement isotrope a la même intensité quelle que soit la direction de mesure, et un champ isotrope exerce la même action indépendamment de la façon dont la particule de test est orientée. Il rayonne uniformément dans toutes les directions à partir d'une source ponctuelle appelée parfois un radiateur isotrope. L'un des modèles solaires isotropes les plus utilisés est le modèle Liu et Jordan avec

$R_D$  . Étant formulé comme suit :

$$R_R = \frac{1+\cos\beta}{2} \quad (1.30)$$

$$R_D = \frac{1}{3[2+\cos\beta]} \quad (1.31)$$

$$R_R = \frac{3+\cos 2\beta}{4} \quad (1.32)$$

$$R_R = 1 - \frac{\beta}{180} \quad (1.33)$$

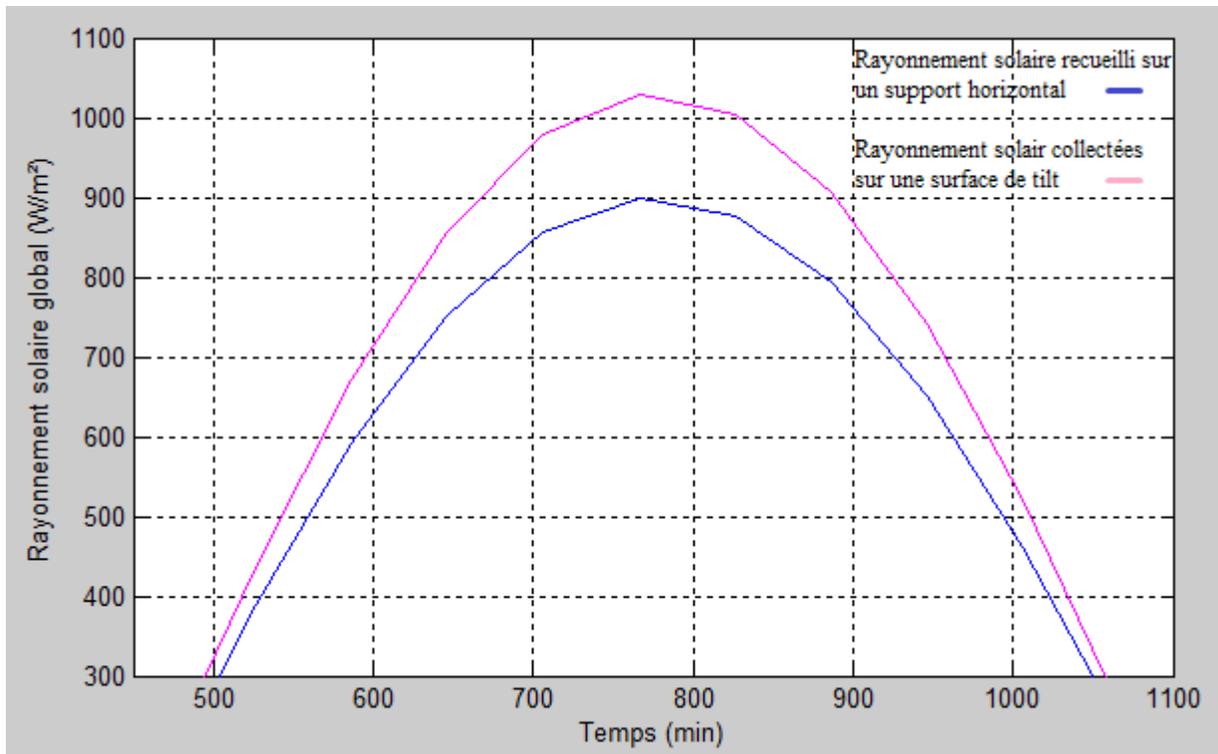
D'autre part, l'anisotropie est la propriété de dépendance directionnelle, par opposition à l'isotropie, ce qui implique des propriétés identiques dans toutes les directions. Ça peut être définie comme une différence, mesurée selon des axes différents, d'une matière propriété physique (absorbance, indice de réfraction, densité, etc.). Par conséquent, les modèles solaires anisotropes sont basés sur l'hypothèse selon laquelle le rayonnement anisotrope a une intensité différente en fonction de la direction de mesure, et elle rayonne sans uniforme dans toutes les directions. Quelques tasses anisotropes présentées pour sont le  $R_D$  suivant:

$$R_D = \frac{G_B}{G_T} R_D + (1 - \frac{G_B}{G_T}) (\frac{1+\cos\beta}{2}) \quad (1.34)$$

$$R_D = 0.51R_B + \frac{1+\cos TLT}{2} - \frac{1.74}{1.26\pi} [\sin\beta = (\beta \frac{\pi}{180}) \cos\beta - \pi \sin^2(\frac{\beta}{2})] \quad (1.35)$$

$$R_D = \frac{G_B}{G_T} R_B + (1 - \frac{G_B}{G_T}) (\frac{1+\cos\beta}{2}) (1 + \sqrt{\frac{G_B}{G_T}} \sin^3(\frac{\beta}{2})) \quad (1.36)$$

On a élaboré un programme qui prédit l'horaire global et rayonnement solaire diffusé sur une surface inclinée pour la ville de Tiaret, le 31 mars du lever du soleil au coucher du soleil. Supposons que l'angle d'inclinaison soit égal à la latitude angle.

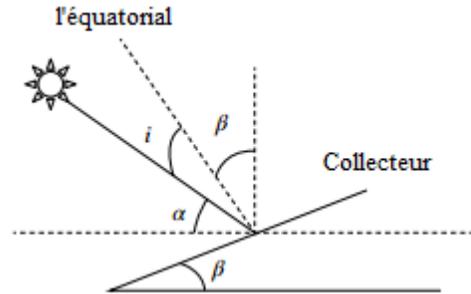


**Figure 1.12** Rayonnement solaire global sur les surfaces horizontales et inclinées pour la ville de Tiaret.

### I.6 La modélisation des suiveurs de soleil

Si un système pistes PV au soleil, c'est-à-dire se déplaçant ses panneaux pour les orienter vers le soleil, l'énergie rendement augmente. Les Jours avec irradiation élevée et une grande partie du rayonnement direct, des gains de rayonnement relativement élevée peuvent être obtenues par des mécanismes de suivi. En été, ces gains peuvent atteindre environ 50 % par temps clair et en hiver, 300 % par rapport aux systèmes avec un panneau PV horizontal statique.

La partie prépondérante de l'augmentation du rendement en raison de la poursuite peut être obtenue en été. Les gains sont généralement plus bas en hiver, où la proportion des jours brumeux est significativement plus élevée. En général, il y a deux types de dispositifs de repérage : Double et axe unique. Le système de double axe est plus performant que le seul axe. Car il peut se concentrer sur le point optimal. Cependant, le système à double axe est techniquement plus complexe que le système à axe unique. En Europe centrale, les systèmes utilisant l'axe double augmentent le rendement obtenu de 30 à 40% par rapport aux systèmes non suivi. Dans comparé, le système à un axe a un rendement d'environ 20% de plus que systèmes de non suivi comparables.



**Figure1.13**Angles géométriques de la projection du soleil

La figure1.13 montre le principe du suiveur de soleil à double axe. Le chemin perpendiculaire entre la projection du soleil et le collecteur s'appelle l'Équateur. L'angle entre le collecteur et la ligne de référence est appelé angle d'inclinaison ( $\beta$ ), et l'angle entre la projection du soleil et le collecteur est appelé angle d'altitude ( $\alpha$ ). L'angle d'incidence ( $i$ ) est l'angle entre la projection du soleil et l'Équateur.

Du point de vue de la terre, le soleil se déplace dans le ciel pendant la journée.

Dans le cas de capteurs solaires fixes, la projection de la surface de collecteur dans l'avion, qui est perpendiculaire à la direction du rayonnement, est donnée par la fonction cosinus de l'angle d'incidence. Plus l'angle d'incidence est élevé ( $i$ ), plus il y a puissance. [16]

Comme le montre la Figure 1.13 la puissance maximale peut être atteinte à un angle d'inclinaison, qui dépend sur un angle d'incidence zéro. Les relations entre les angles d'inclinaison, l'altitude et l'incidence sont données dans ce qui suit :

À l'heure du matin :

$$\beta + \alpha - i = 90 \quad (1.37)$$

Et à l'heure de midi :

$$\beta + \alpha + i = 90 \quad (1.38)$$

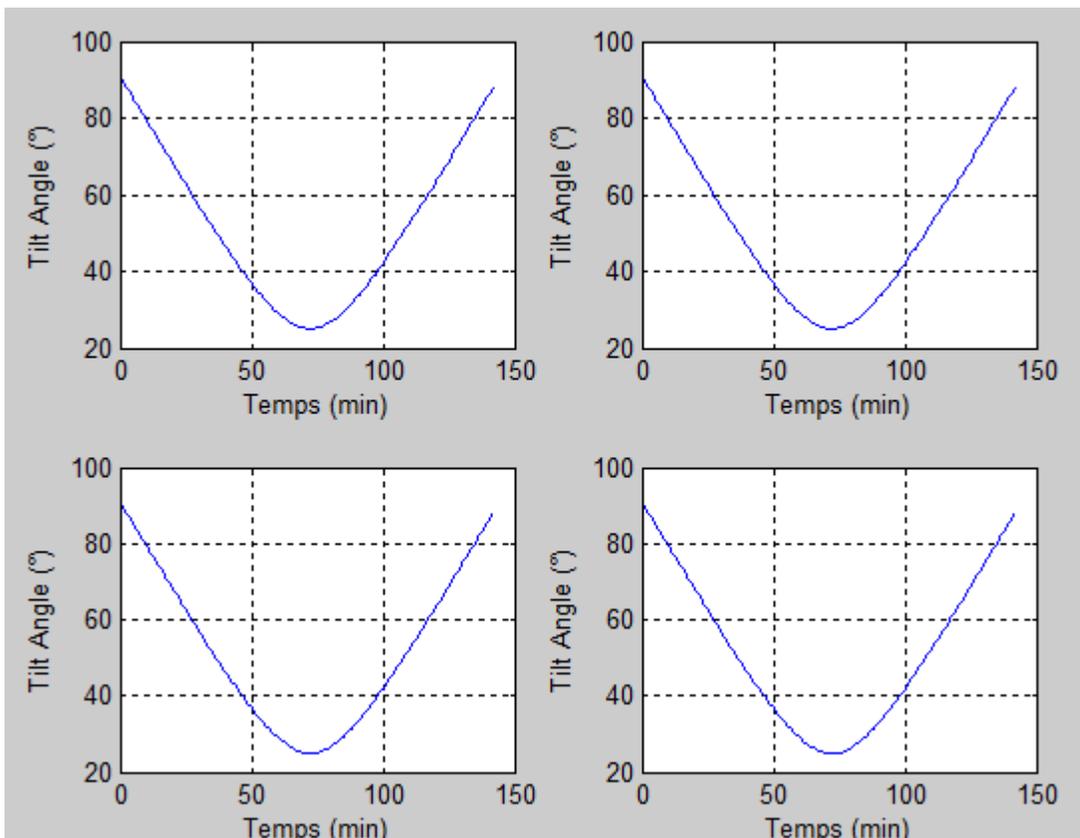
Pour atteindre le rayonnement maximal par le collecteur, l'angle d'incidence ( $i$ ) doit être égal à zéro, et donc l'angle d'inclinaison optimale peut être déterminée comme suit :

$$\beta = 90^\circ - \alpha \quad (1.39)$$

Un diagramme schématique du suiveur de soleil proposé est indiqué dans la Figure 1.14. Il se compose de deux parties : un moteur pas à pas, conduit par un microcontrôleur et un système d'engrenages afin de renforcer le couple du moteur pour conduire le collector.

Les technologies de moteur et le microcontrôleur de moteurs pas à pas peuvent être combinés pour former un contrôleur précis qui peut incliner les collecteurs solaires aussi près que possible de l'angle du soleil. [12]

Le dernier programme dans ce chapitre est représenté un modèle de suiveur de soleil seul axe qui suit le soleil tous les 5 min.



**Figure 1.14** Résultat optimale de l'angle tilt.

## I.7 Conclusion

Les notions de base du mouvement de la terre autour du soleil ainsi que les caractéristiques du rayonnement solaire et le spectre solaire ont été présentées dans ce chapitre.

Dans ce chapitre II, nous sélectionnons les équations théoriques qui nous permettent de réaliser l'algorithme de calcul de rayonnement global reçu sur un panneau photovoltaïque monocristallin et encore le repérage de la position du soleil s'effectuer par l'intermédiaire de trois angles l'azimut, la hauteur et l'inclinaison, pour des journées définies et des horaires précisés.

L'objectif du programme de calcul est d'orienter le panneau perpendiculairement aux rayons solaires et de suivre le mouvement tracé par le soleil du levé au couché dans le but d'obtenir un rendement maximal.