REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N° Série : ……2018/2019

Université Kasdi Merbbeh Ouargla

Faculté des hydrocarbures énergies renouvelables et science de la terre et de l'univers

Département des énergies renouvelables

MEMOIRE

Pour obtenir le Diplôme de licence professionnel

Filière : science technique

Spécialité : énergies renouvelables appliquées

Présenté Par :

Khadir Abdelghafour

Lebouabi mammar salah

THEME

Etude des performances énergétiques d'un concentrateur cylindro-parabolique

Soutenu le : 22/06/2019

Devant la commission d'examen

Jury:

Mr. BOUCHEKIMA B	**President**	**UKM Ouargla**
Mr. BERREBEUH	**Examination**	**UKM Ouargla**
Mr. BENMNINE DJAMEL	**Encadreur**	**UKM Ouargla**

Année universitaire : 2018/ 2019

Dédicace

A mes très chers parents

A ma mère qui a été la lumière de ma vie,

Amon père qui mon épaulé durant toutes mes amés estudiantins

A mes frères et à mes sueurs,

A tous nos professeurs.

A tous mes amis.

Khadir Abdelghafour

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ma très chère Mère et mon très cher père a ceux, qui m'ont toujours encouragé pour que je réussisse dans mes études.

À ceux qu'ont veillé pour mon bien être.

À ceux que m'ont soutenu dans les moments les plus difficiles de ma vie

À ceux que j'aime et je respecte infiniment.

Le jour est venu pour leur dire merci…

A tous mes camarades de l'ENERGIE RENOUVELABLE spécialement « Ali, Abdelghafour, et Thamar »

Lebouabi Mammar Salah

Remerciement

En préambule à ce mémoire je remercie ALLAH
Qui m'a aidé et m'a donnée la patience et le courage durant
Ces langues années d'étude.

En second lieu, Nous tenons à remercier notre encadreur
Mr : (**BENMENIN DJAMEL**) pour sa patience et ses orientations.
Et aussi à Mr :(**ZERROUATI ALI**) pour les précieux conseils
Et l'aide durant toute la période du travail.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury
Pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en
Acceptant d'examiner ce travail. Et de l'enrichir par
Leurs propositions.
Mes remerciements s'étendent également à tous mes
Enseignants de
Kasdi Merbbeh-Ouargla durant les années des études.
Et tout ce qui est cher du moi de près ou de loin et qui m'aide
À réaliser ce travail et me donne la volonté et l'envie de faire
le possible pour réussir.
Merci à tous et à tout.

Sommaire

Dédicace

Remerciements

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Nomenclature

Introduction générale

Chapitre I : Étude du gisement solaire

I.1. Introduction……..……..**2**

I.2. Le rayonnement solaire……..…**2**

I.2.1. Mouvements du soleil ……**3**

I.2.2. La position du soleil ……...……**4**

I.2.2.1. Les coordonnées géographique……..…….……**4,5**

I.2.2.2. L'équation du temps ET ……..……**5,6**

I.2.2.3. La déclinaison solaire (δ) ……..……**6**

I.2.2.4. L'angle horaire ω……..…….……**7**

I.2.2.5. L'azimut a ……..……..……**7**

I.2.2.6. La hauteur h ……..……**7,8**

I.2.3. Constante Solaire……...……**8,9**

I.3. Les temps solaires……**...9**

I.3.1. Le temps solaire vrai (T.S.V) …….…..**9**

I.3.2. Le temps solaire moyen (T.S.M)…….……**9**

I.3.3. Le temps universel (TU)…….……**9**

I.3.4. Le temps légal (TL)……..…**9,10**

I.4. Eclairement d'un récepteur plan…….…**10,11**
I.4.1 Rayonnement diffus……..……..**11**
I.4.2 Eclairement Global…….……**11**
I.5. Les facteurs des pertes……**11**
I.5.1. Le facteur d'ombre…….…..**11**
I.5.2. Le facteur des pertes par les extrémités…….……**11,12,13**

Chapitre II : Etude descriptive du Concentrateur Cylindro-Parabolique

II.1. Introduction ……**15**
II.2. Description de la concentration …… **15**
II.2.1. Concentrateur solaire ……**15,16**
II.2.2. Le plan focal……**16**
II.3. Les Caractéristiques d'un concentrateur cylindro-parabolique (CCP……..**16,17**
II.4. Description et principe de fonctionnement du concentrateur……...……**17**
II.4.1. Le collecteur……..……**18**
II.4.2. La couverture transparente (le verre)……..**18**
II.4.3. Le fluide caloporteur……**18**
II.4.4. Le réflecteur……**18,19**
II.4.5. Le récepteur (absorbeur)……**19,20**
II.5. Le système de poursuite…….……**20**
II.5.1. Mécanisme de poursuite……..….**20,21,22**
II.5.2. Choix de l'orientation……**23**
II.5.3. Effet de l'inclinaison d'une surface sur l'énergie incidente……**23**

Chapitre III : Etude énergétique et performances du Concentrateur Cylindro-Parabolique

III.1. Introduction……...……**25**
III.2. Montage…….……**25,26**
III.3. Performances d'un Concentrateur Cylindro-parabolique……..**26**

III.3.1. Le rendement thermique……..….**26**
III.3.2. Le rendement optique……..…..**26,27**
III.3.3. Puissance absorbée par la vitre……..…….**27**
III.3.4. Puissance absorbée par le récepteur……**27**
III.3.5. Puissance reçue à l'ouverture du collecteur ……..…**27,28**
III.3.6. La puissance utile……**28**
III.4. L'énergie absorbée……..……**28**
III.5. Bilan Thermique…….……**28**
III.5.1. Bilan énergétique pour le fluide……..…….**28,29,30**
III.5.2. Bilan énergétique pour l'absorbeur……..……..**30**
III.5.3. Bilan énergétique de la vitre…….**30,31**
III.6. Différents types d'échanges thermiques……...…….**31**
III.6.1. Echanges thermiques entre l'absorbeur et le fluide…….….**31,32**
III.6.2. Echanges thermiques entre l'absorbeur et la vitre……..…….**32,33,34**
III.6.3. Echanges thermiques entre la vitre et le milieu ambiant……..……**34,35**

Conclusion générale……**37**
Annexes……..……**39,40,41,42,43,44**
Références bibliographiques…….....**46,47**
Résumé……..……..**48,49**

Liste des figures

Figure.I.1 : mouvement apparent du soleil ……..**3**

Figure. I.2 : Définition des coordonnées terrestres d'un lieu donné ……**5**

Figure. I.3 : Variations annuelles de l'équation du temps ……...……**6**

Figure. I.4 : Variation annuelle de la déclinaison Solaire ……...……**6**

Figure. I.5 : Coordonnées horaires ……..……..... **7**

Figure. I.6 : Coordonnées horizontales ……...**8**

Figure. I.7 : Mesure de la constante solaire [image de Wikipédia]…….…**9**

Figure .I.8 : Inclinaison et orientation d'une surface réceptrice ……..…**10**

Figure .I.9 : Composition du Rayonnement Solaire……..…...**11**

Figure .I.10 : Effet des extrémités du tube absorbeur……...**12**

Figure .I.11 : Effet des extrémités du collecteur……...**12**

Figure.I.12 : Effet des extrémités du collecteur……**13**

Figure .II.1 : Schéma d'un concentrateur solaire…… ;;;….**15**

Figure.II.2 : schéma d'un plan focal dans un concentrateur cylindrique…… …**16**

Figure.II.3: Principe de captation du rayonnement du cylindre-parabolique ……..**17**

Figure.II.4: Composants d'un concentrateur cylindro-parabolique……..**17**

Figure.II.5: Dimensions du réflecteur……..….**18**

Figure.II.6: Dimensions du réflecteur Structure de l'absorbeur……..……..**20**

Figure.II.7: Les modes de poursuite solaire d'un CCP…….……**22**

Figure III.1 : Montage d'un capteur cylindre- parabolique (a) Suivant l'axe du Monde. (b) Suivant la direction Est-Ouest…….……..…….……**26**

Figure III.2 : Schéma du transfert thermique entre les différentes parties Du collecteur cylindre-parabolique……..…**31**

Liste des tableaux

Chapitre II : Etude descriptive du Concentrateur Cylindro-Parabolique

Tableau II.1. Comparaison de l'énergie absorbée pour différents modes de poursuite(Hassi Ramel)……**21**

Nomenclature

Symbole	Désignation	Unité
a	Azimut du soleil	[degré]
A_a	Surface de l'absorbeur	[m^2]
A_c	Surface d'ouverture du concentrateur	[m^2]
C	Facteur de concentration	[-]
Cp	Capacité calorifique	[J/kg.K]
D_c	Rayonnement diffus sur un plan incliné	[W/m^2]
D_h	Rayonnement diffus sur un plan horizontal	[W/m^2]
dj	Durée du jour	[heure]
$D_{a,e}$	Diamètre extérieur de l'absorbeur	[m]
$D_{a,i}$	Diamètre interne de l'absorbeur	[m]
$D_{v,e}$	Diamètre externe pour la vitre	[m]
$D_{v,i}$	Diamètre interne pour la vitre	[m]
F	Distance focale	[m]
EF	Facteur des pertes	[-]
h	Hauteur du soleil	[degré]
h_h	Coefficient d'échange par convection du fluide caloporteur	[$W/m^2.K$]
h_v	Coefficient d'échange par convection à l'extérieure	[$W/m^2.K$]
I	Rayonnement direct	[W/m^2]
I_h	Rayonnement direct sur un plan horizontal	[W/m^2]
G	Rayonnement global sur un plan horizontal	[W/m^2]
G_i	Rayonnement global sur un plan incliné	[W/m^2]
W	Ouverture du concentrateur	[m]
r	Rayon de la parabole	[m]
R	Rayon d'ouverture	[m]
ϕ_r	Angle d'ouverture	[degré]
ϕ	Angle de parabole	[degré]

k_{air}	Conductivité thermique de l'air	[W/m.K]
$k_{eff,air}$	Conductivité thermique équivalente de l'air	[W/m.K]
l	Longitude du lieu	[degré]
L	Longueur de l'absorbeur	[m]
Z	Altitude	[m]
$\dot{m}_f$	Débit massique	[kg/s]
$q_{absorbé}$	Quantité de chaleur absorbée au niveau de l'absorbeur	[W/m]
$q_{entré}$	Quantité de chaleur à l'entrée d'un élément de l'absorbeur	[W/m]
$q_{entré}$	Quantité de chaleur externe	[W/m]
$q_{interne}$	Quantité de chaleur interne	[W/m]
q_{sortie}	Quantité de chaleur à la sortie d'un élément de l'absorbeur	[W/m]
q_{utile}	Quantité de chaleur échangée par convection	[W/m]
R_d	Rayonnement direct sur un plan incliné	[W/m^2]
Rb	Facteur d'inclinaison	[-]
P_u	Puissance utile	[W]
p_{ab}	Puissance solaire absorbée par l'absorbeur	[W]
P_p	Puissance correspondant aux pertes thermiques	[W]
p_c	Puissance reçue à l'ouverture de parabole	[W/m^2]
S	Section	[m2]
t	Temps	[s]
T	Température	[K]
V_{vent}	Vitesse du vent	[m/s]
$T_{moy,\ annulaire}$	Température moyenne de la lame d'air dans l'espace annulaire	[K]
TSV	Temps solaire vrai	[heure]

Lettres grecques

ρ_s	Albédo du sol	[-]
ω	Angle horaire	[degré]
θ	Angle incidence	[degré]
i	Angle d'inclinaison	[degré]
σ	Constante de Stefan-Boltzmann : $\sigma = 5{,}67\times10^{-8}$	[W/m2.K^4]
δ	Déclinaison solaire	[degré]
α	Diffusivité thermique	[m2/s]
ε	Emissivité	[-]

τ	Transmitivité de l'enveloppe du verre	[-]
ΔQ	Energie	[J]
ρ_m	Facteur de réflectance du miroir	[-]
σ	Fraction d'insolation	[-]
φ	Latitude du lieu	[degré]
ρ	Masse volumique	[kg/m^3]
υ	Viscosité cinématique	[m^2/s]
μ	Viscosité dynamique	[kg/s.m]

Nombres adimensionnels

Nu	Nombre de Nusselt	[-]
Pr	Nombre de Prandtl	[-]
Ra	Nombre de Rayleigh	[-]
Re	Nombre de Reynolds	[-]

Indices

a	Absorbeur
f	Fluide
v	Vitre
amb	Ambiante
air	Air
ciel	Ciel
eff	Effective
max	Maximum.
Min	Minimum.
U	Utile.
j	Espace
k	Temps

Introduction générale

Introduction générale

Le soleil, l'eau, le vent, le bois et les autres produits végétaux sont autant de ressources naturelles capables de générer de l'énergie grâce aux technologies développées par les hommes. Leur relatif faible impact sur l'environnement en fait des énergies d'avenir face au problème de la gestion des déchets du nucléaire et aux émissions de gaz à effet de serre. Les énergies renouvelables représentent par ailleurs une chance pour plus de 2 milliards de personnes isolées d'accéder enfin à l'électricité. Ces atouts, alliés à des technologies de plus en plus performantes, favorisent le développement des énergies renouvelables mais de manière encore très inégale selon le type de ressources considérées. La consommation d'énergie ne cessant d'augmenter, il semble néanmoins peu probable que les énergies renouvelables remplacent les autres ressources énergétiques dans un avenir proche. Aussi est-il important que chacun de nous surveille au plus près sa propre consommation d'énergie.

L'énergie solaire thermique est la transformation du rayonnement solaire en énergie thermique. Cette transformation peut être soit utilisée directement (pour chauffer un bâtiment par exemple) ou indirectement (comme la production de vapeur d'eau pour entraîner des alternateurs et ainsi obtenir une énergie électrique). En utilisant la chaleur transmise par rayonnement plutôt que le rayonnement lui-même, ces modes de transformation d'énergie se distinguent des autres formes d'énergie solaire comme les cellules photovoltaïques.

Deux principes fondamentaux sont appliqués et éventuellement parfois combinés :

• capter l'énergie des rayons solaires grâce à un corps noir;

• concentrer le rayonnement solaire en un point (four solaire).

* Notre étude est consacrée à la concentration solaire et plus précisément le concentrateur **cylindro-parabolique** et qui comporte les chapitres suivants :

- Le premier chapitre est consacré à l'étude gisement solaire.

- Le deuxième chapitre porte une étude descriptive du Concentrateur Cylindro-Parabolique.
- Le troisième chapitre porte sur une étude sur le concentrateur cylindro-parabolique ; Etude énergétique et performances.
- Le quatrième chapitre exploitation et interprétation des résultats. On finira notre étude par une conclusion générale.
- La partie annexes comprend notamment les propriétés thermo physiques de l'air, et les appareils de mesures du rayonnement solaire.

Chapitre I

Étude du gisement solaire

I.1. Introduction :

L'énergie solaire est l'énergie qui provient du rayonnement solaire, directement à travers l'atmosphère.

L'Homme utilise l'énergie solaire pour la transformer en d'autres formes d'énergie : énergie Alimentaire, énergie cinétique, énergie thermique, énergie électrique ou énergie de la Biomasse. Par extension, l'expression « énergie solaire » est souvent employée pour désigner l'énergie électrique et l'énergie thermique obtenue à partir de cette dernière.

L'utilisation d'un modèle de l'atmosphère basé essentiellement sur la connaissance du trouble atmosphérique pour la détermination des différentes composantes du rayonnement solaire d'un site qui donne l'éclairement solaire direct est très indispensable dans la concentration solaire.

I.2. Le rayonnement solaire :

L'énergie émise par le soleil voyage jusqu'à la terre sous forme de rayonnement électromagnétique. La quantité d'énergie disponible au cours du trajet entre le soleil et l'atmosphère extérieur de la terre est égale à environ 1367 W/m^2 (constante solaire). Il en résulte qu'au cours d'une journée ensoleillée, la quantité d'énergie solaire disponible à la surface de la terre dans la direction du soleil est généralement plus ou moins de 1000 W/m^2. Quel que soit le moment, l'énergie solaire disponible est principalement fonction de la position du soleil dans le ciel et de la nébulosité. Sur une base mensuelle ou annuelle, la quantité d'énergie solaire disponible dépend également de l'emplacement géographique. De plus, l'énergie solaire utilisable dépend de l'énergie solaire disponible.

Ce rayonnement peut être distingué sous forme de **3 flux** : **global**, **direct**, **diffus**

Le rayonnement solaire global : est le rayonnement émis par le soleil incident sur une surface donnée.

Le rayonnement direct : est le rayonnement solaire incident sur un plan donné, et provenant d'un petit angle solide centré sur le disque solaire.

Le rayonnement diffus est le rayonnement solaire global à l'exception du rayonnement direct.

Il comprend la plus grande partie du rayonnement diffusé par l'atmosphère ainsi qu'une partie du rayonnement réfléchi par le sol, suivant l'inclinaison de la surface réceptrice

I.2.1. Mouvements du soleil :

La **figure I.1** représente le mouvement annuel de la terre autour du soleil dans un plan appelé plan écliptique. Le nom d'écliptique provient du fait que la lune doit être dans ce plan pour qu'une éclipse se produise **[2,3].**

Ce mouvement annuel de la terre donne l'impression que le soleil se déplace, au cours de l'année, sur un grand cercle de la sphère céleste appelé cercle écliptique : le cercle écliptique coupe le cercle équatorial en deux points γ et γ'; le point γ, appelé point vernal, indique la direction dans laquelle un observateur terrestre verra le soleil le jour de l'équinoxe de printemps. L'axe des pôles terrestres P et P' fait avec l'axe des pôles Q et Q' de l'écliptique un angle ε dont la valeur est égale à 23°27'.

Cette révolution fait varier les durées relatives du jour et de la nuit au rythme des saisons limitées par les deux équinoxes et les deux solstices **(voire figure I.1)**

- Equinoxe de printemps correspond au 21 Mars
- Equinoxe d'automne correspond au 23 Septembre
- Solstice d'été correspond au 22 Juin
- Solstice d'hiver correspond au 22 Décembre.

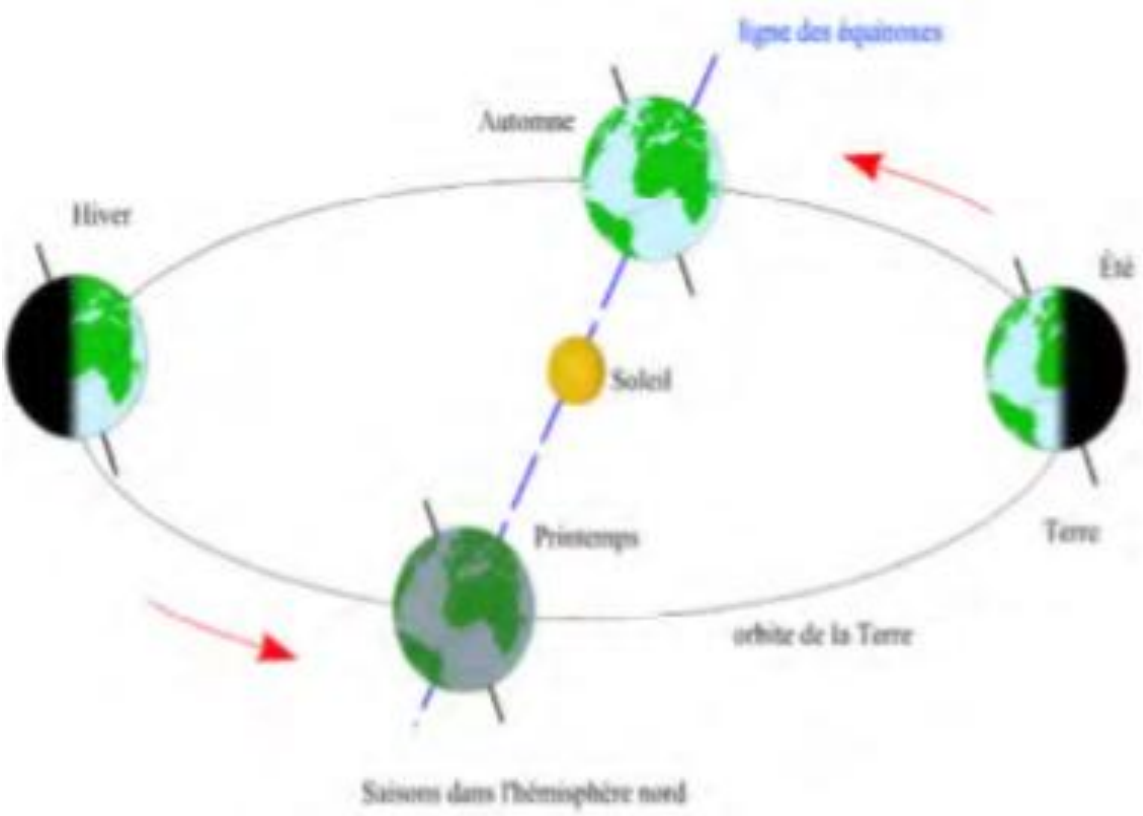


Figure : I.1 mouvement apparent du soleil

I.2.2. La position du soleil :

En effet, la position du soleil varie constamment, à la fois pendant la journée, mais aussi pendant les différentes périodes de l'année. Les ondes électromagnétiques provenant du soleil portent l'énergie, la projection de cette énergie est liée à l'orientation de la surface réceptrice. Pour récupérer le maximum d'énergie en provenance du soleil, il est nécessaire d'orienter au mieux le récepteur par rapport aux rayons lumineux. La connaissance de la position du soleil en fonction du temps est fondamentale.

I.2.2.1. Les coordonnées géographiques terrestres :

Lieu, on entend la latitude, la longitude et le niveau de la mer. Pour se repérer à la surface de la planète, on peut utiliser un autre système appelé « repères cartographiques ».

Pour se localiser sur la terre, il est nécessaire d'utiliser un système géodésique du quel découlent les coordonnées géographiques **[4]**

• **Latitude Ø :**

La latitude est une valeur angulaire, expression du positionnement nord –sud d'un point sur terre.

• La latitude est une mesure angulaire s'étendant de 0° à l'équateur à 90° aux pôles.

• Ce plan coupe la surface terrestre suivant un cercle approximatif (les irrégularités du cercle sont liées aux variations d'altitude), sauf aux pôles où ce cercle se réduit à un point.

• Plus la latitude s'écarte de 0°, plus on s'éloigne du plan de l'équateur, cependant la latitude n'est pas une mesure proportionnelle à la distance entre les deux plans, mais proportionnelle à la distance la plus courte pour rejoindre l'équateur en parcourant la surface terrestre soit vers le nord géographique soit vers le sud géographique. En effet, la distance au plan de l'équateur ne varie pratiquement pas près des pôles même si la latitude varie beaucoup, au contraire des plans de latitude près de l'équateur où la variation de la distance inter-plan est maximale**. [4]** •

Longitude λ :

La longitude est une valeur angulaire, expression du positionnement est-ouest d'un point sur Terre.

• Tous les lieux situés à la même longitude forment un demi-plan limité par l'axe des pôles géographiques, coupant la surface de la terre sur un demi-cercle approximatif dont le centre est le centre de la Terre, l'arc allant d'un pôle à l'autre. Un tel demi-cercle est appelé méridien**.[4]**

• À la différence de la latitude (position nord-sud) qui bénéficie de l'équateur et des pôles comme références, aucune référence naturelle n'existe pour la longitude.

• La longitude est donc une mesure angulaire sur 360° par rapport à un méridien de référence, avec une étendue de -180° à +180°, ou respectivement de 180° ouest à 180° est.

• Le méridien de référence est le méridien de Greenwich (qui sert aussi de référence pour les fuseaux horaires).

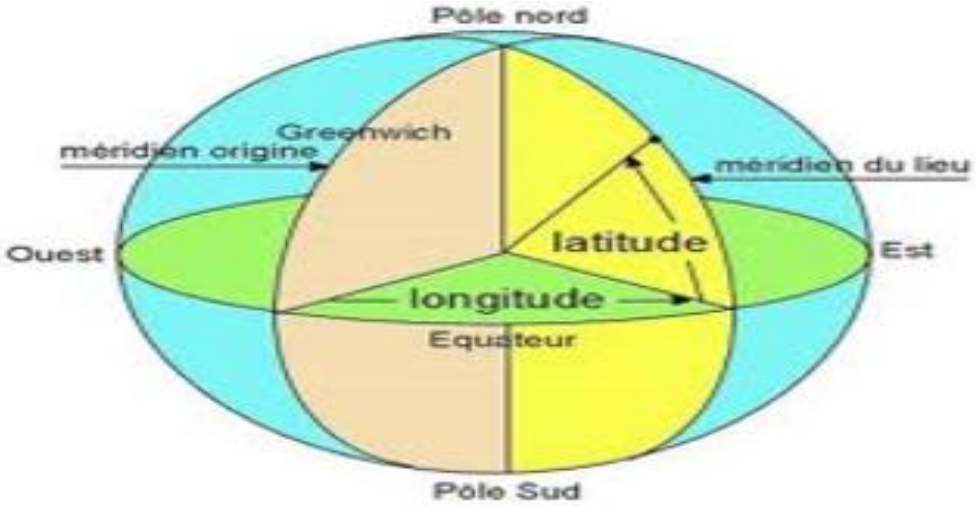


Figure. I.2 Définition des coordonnées terrestres d'un lieu donné

• Méridien :

Est un demi grand cercle imaginaire tracé sur le globe terrestre reliant les pôles géographiques. Tous les points de la Terre situés sur un même méridien ont la même longitude. On parle également d'arc de méridien entre deux latitudes.

I.2.2.2. L'équation du temps ET :

C'est l'écart entre le temps solaire moyen TSM et le temps solaire vrai TSV selon le jour de l'année considéré **[5]**

$$ET = TSV - TSM \qquad \textbf{(I –1)}$$

La **figure I.9** montre la variation de ET durant l'année donnée par la formule suivante

$$ET = 0.258\cos x - 7.416\sin x - 3.648\cos 2x - 9.228\sin 2x \qquad \textbf{(I –2)}$$

Avec : $x=360(N-1)/365.25$

Où l'angle x est défini en fonction du numéro du jour n. Le décompte commence à partir du 1er janvier où n=l.

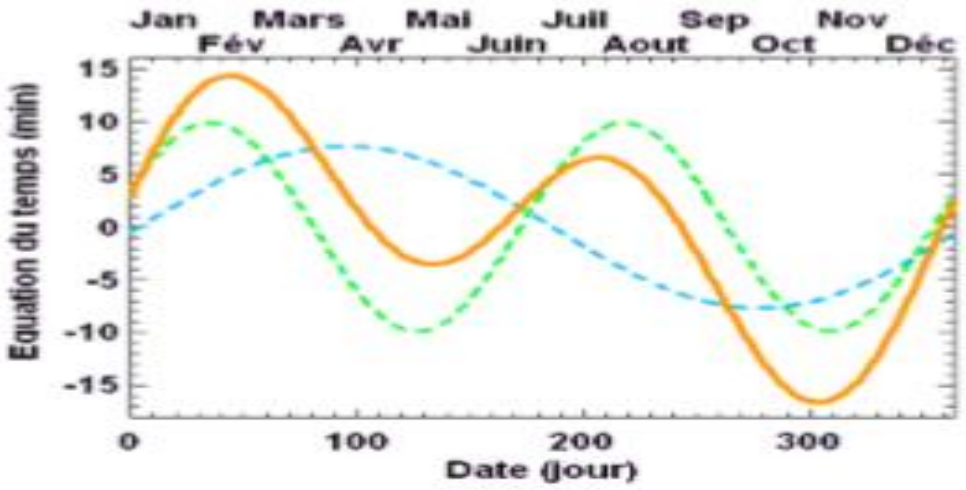


Figure. I.3 Variations annuelles de l'équation du temps

I.2.2.3. La déclinaison solaire (δ) : est l'angle formé par la direction du soleil et le plan Equatorial terrestre**, (figure I.4).** Elle varie tout au long de l'année, entre deux valeurs extrêmes, ($-23{,}45° \leq \delta \leq 23{,}45°$), s'annule aux équinoxes de printemps et d'automne, et prend les valeurs extrêmes aux solstices d'été et d'hiver.

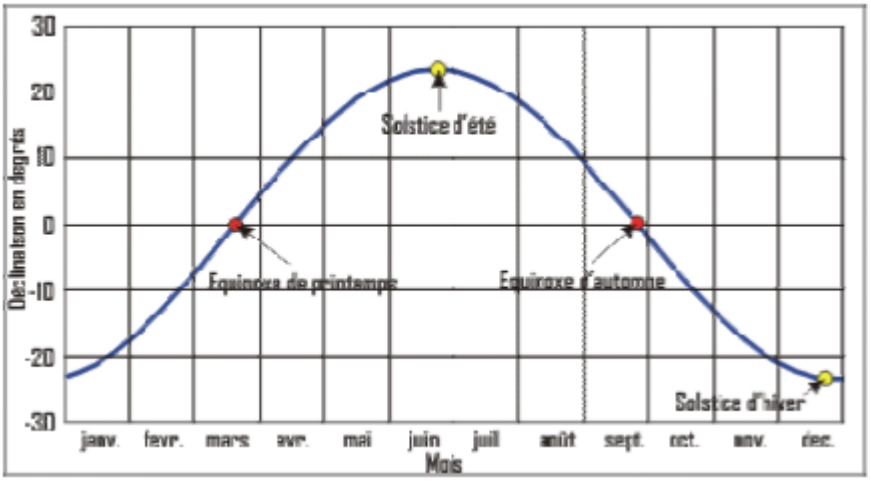


Figure. I.4 Variation annuelle de la déclinaison Solaire [10]

I.2.2.4. L'angle horaire ω : il est déterminé par la rotation régulière de la terre autour de son axe. Il est compté positivement dans le sens rétrograde de 0° à 360°.

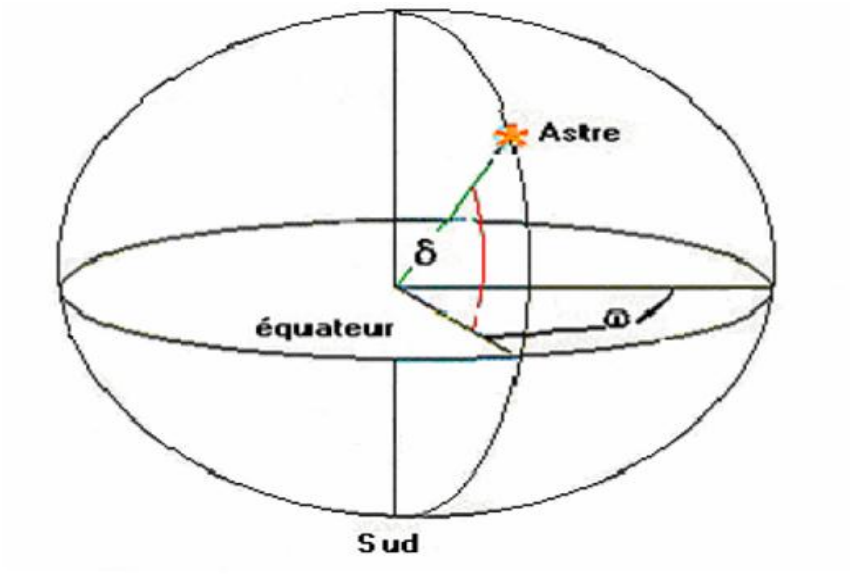


Figure. I.5 : Coordonnées horaires

I.2.2.5. L'azimut a : ou l'angle que fait la projection de la direction du soleil sur le plan horizontal avec la direction sud. Il est compté de 0° à 360° d'ouest en est, ou de 0° à 180° à partir du sud vers l'ouest.

I.2.2.6. La hauteur h : ou l'angle que fait la direction du soleil avec sa projection. Il est compté de 0° à 90° vers le zénith et de 0° à –90° vers le nadir.

On appelle quelquefois distance zénithale le complément de l'angle h : z + h = 90°

L'équation de passage des coordonnées horizontales en coordonnées horaires est la suivante :

$$\sin(a)\cos(h)=\cos(\delta)\sin(\omega) \qquad \textbf{I.3}$$

$$\cos(a)\cos(h)=\cos(\delta)\cos(\omega)\sin(\Phi)-\cos(\Phi)\sin(\delta) \qquad \textbf{I.4}$$

$$\sin(h)=\cos(\Phi)\cos(\delta)\cos(\omega)+\sin(\Phi)\sin(\delta) \qquad \textbf{I.5}$$

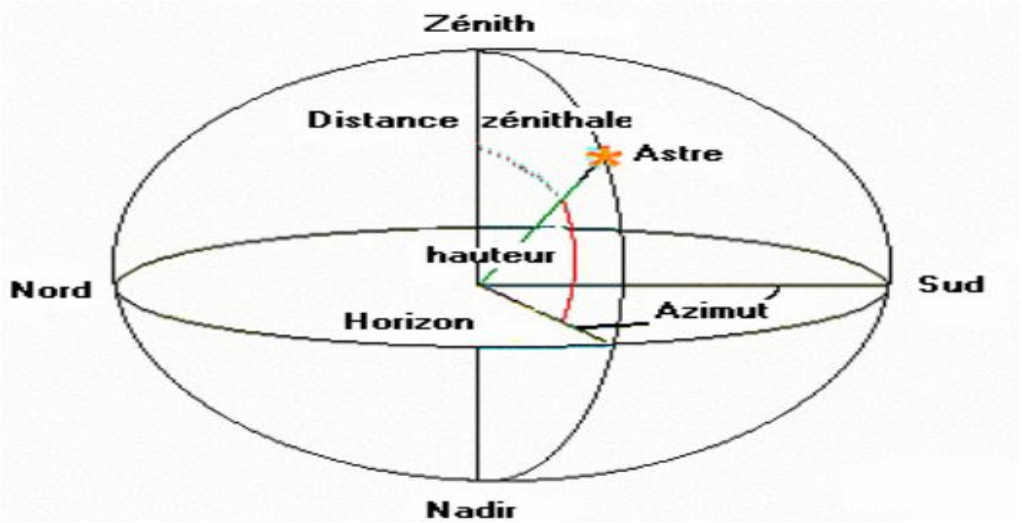


Figure I.6 : Coordonnées horizontales

I.2.3. Constante Solaire :

La constante solaire exprime la quantité d'énergie solaire que recevrait une surface de 1 m2 située à une distance de 1 ua (distance moyenne Terre-Soleil), exposée perpendiculairement aux rayons du Soleil, en l'absence d'atmosphère. Pour la Terre, c'est donc la densité de flux énergétique au sommet de l'atmosphère.

Sur Terre : Cette distance a une faible variation au cours de l'année, compte tenu de la légère anormalité de l'orbite terrestre qui est d'environ 1,7%. La constante solaire est une valeur moyenne du flux solaire reçu à la limite supérieure de l'atmosphère terrestre, sa valeur est estimée à 1367 W/m2. **[5]**

Objectif :

• Dans un premier temps, on cherche à déterminer la quantité d'énergie reçue au sol chaque seconde par unité de surface de la planète Terre.

• Ensuite, on détermine la constante solaire en corrigeant la mesure précédente.

• On rappelle que la constante solaire (pour la Terre) est la puissance rayonnée reçue hors atmosphère par un disque de 1m2 placé perpendiculairement au rayonnement solaire à une distance de 1 u.a. du Soleil. Elle s'exprime en W.m-2. **[6]** **Fig. I.5**

Définition des coordonnées terrestres d'un lieu donné

On utilise une propriété du rayonnement solaire : son aptitude à chauffer un corps. On base donc le dispositif expérimental sur une méthode calorimétrique permettant de déterminer l'énergie reçue par un cylindre de laiton pour en déduire la puissance

rayonnée reçue au sol par m2comme le défini la **figure I.7**

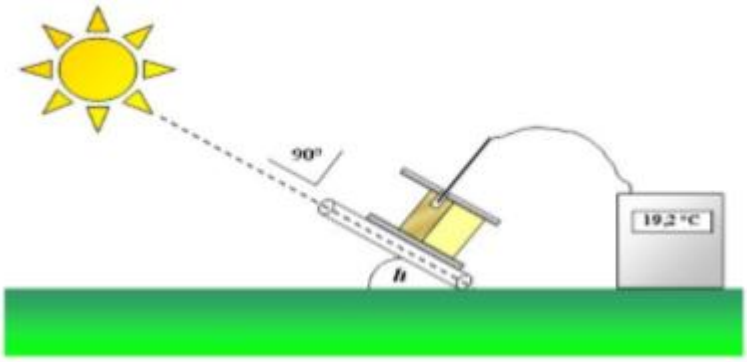


Figure. I.7 : Mesure de la constante solaire [image de Wikipédia]

I.3.Les temps solaires :

I.3.1. Le temps solaire vrai (T.S.V)

Le temps solaire vrai, en un instant et un lieu donné, est l'angle horaire du soleil ω. Il est donné sous la forme suivante :

$TSV = 12 + \omega/15$ **I-6**

ω en degré.

Si $\omega = 0$, TSV=12h.00

Si $\omega < 0$, la matinée

. Si $\omega > 0$, l'après-midi.

I.3.2. Le temps solaire moyen (T.S.M) :

Il est donné par la relation :

$ET = TSV - TSM$ **I.7**

ET, l'équation du temps, qui corrige le TSV par rapport au TSM

$Et = 9.87 \sin(2N') - 7.53 \cos(N') - 1.5 \sin(N')$ [min] **I.8**

$N' = (N - 81) \times 360/365$ **I.9**

Où : **N** est le numéro du jour dans l'année.

I.3.3. Le temps universel (TU) : C'est le temps moyen du méridien de Greenwich (méridien origine)

$TU = TSM - L/15$ **I.10**

Où : L : est la longitude. $L > 0$, pour les villes situées à l'Est de Greenwich $L < 0$, pour les villes situées à l'Ouest de Greenwich TU = TSM, pour le méridien de Greenwich

I.3.4. Le temps légal (TL) : C'est le temps officiel d'un état, il est donné par :

TL=TU+ΔH **I.11**

ΔH: le décalage horaire entre le méridien de Greenwich et l'état considéré ΔH = 1 heure pour l'Algérie

I.4 Eclairement d'un récepteur plan

Le coefficient d'incidence est l'angle formé par le rayonnement solaire incident avec la perpendiculaire issue de la surface considérée. Ce coefficient est défini d'une part par la hauteur du soleil et son azimut et d'autre part par l'orientation (points cardinaux) et l'inclinaison ; du plan récepteur. Ainsi, chaque plan récepteur peut être défini par un couple de valeurs, soit (O, i). L'orientation est négative vers l'Est et est positive vers l'Ouest, Quant à l'inclinaison, elle est égale à 0° pour un plan horizontal et 90° pour un plan vertical. Si le coefficient d'incidence est négatif, la surface du plan considéré ne reçoit pas de rayon solaire direct.

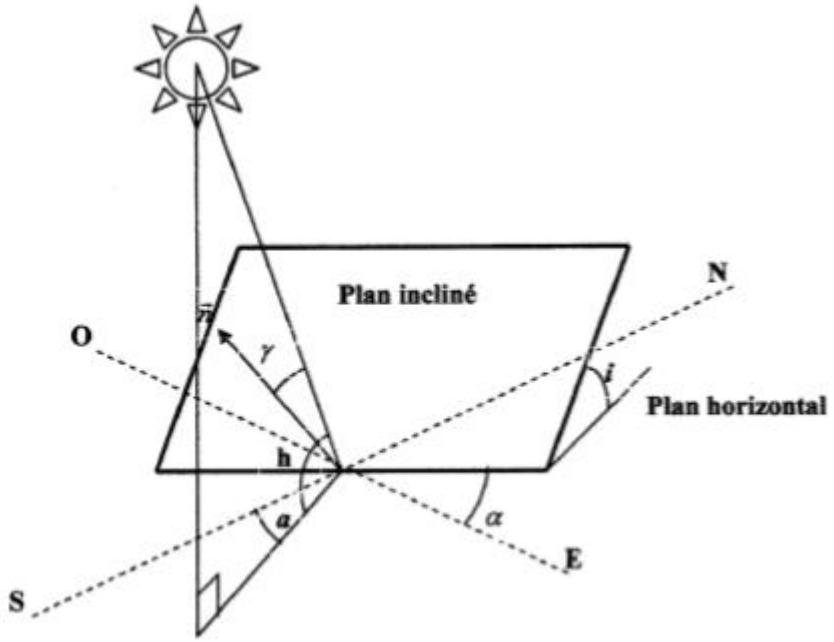


Figure.I.8 Inclinaison et orientation d'une surface réceptrice [4]

L'inclinaison sur l'horizontale est désignée par l'angle i compris entre 0° et 90° et par le plan azimutal a compris entre -180° et 0° vers l'Est et entre 0° et 180° vers l'Ouest. L'éclairement lumineux (W/m2) est maximal lorsque le rayonnement est perpendiculaire au plan (γ = 0). L'angle d'incidence augmente jusqu'à être le rayonnement à incidence rasante (γ =90).

L'éclairement perpendiculaire à un plan, peut être calculé par la formule :

I = I cosy

L'angle d'incidence y est défini par les variables a, h, α et i et peut être calculé par :

$$\cos\gamma = \cos h \sin i \cos(a-\alpha) + \sin h \cos i \qquad \textbf{I-12}$$

I.4.1 Rayonnement diffus Eclairement énergétique solaire dirigé vers le sol reçu par une surface horizontale, provenant de tout l'hémisphère partir de l'angle solide limité au disque solaire. Symbol : D.

I.4.2 Eclairement Global Eclairement énergétique solaire reçu par une surface horizontale à partir d'un angle solide. **[7]**

G=I+D

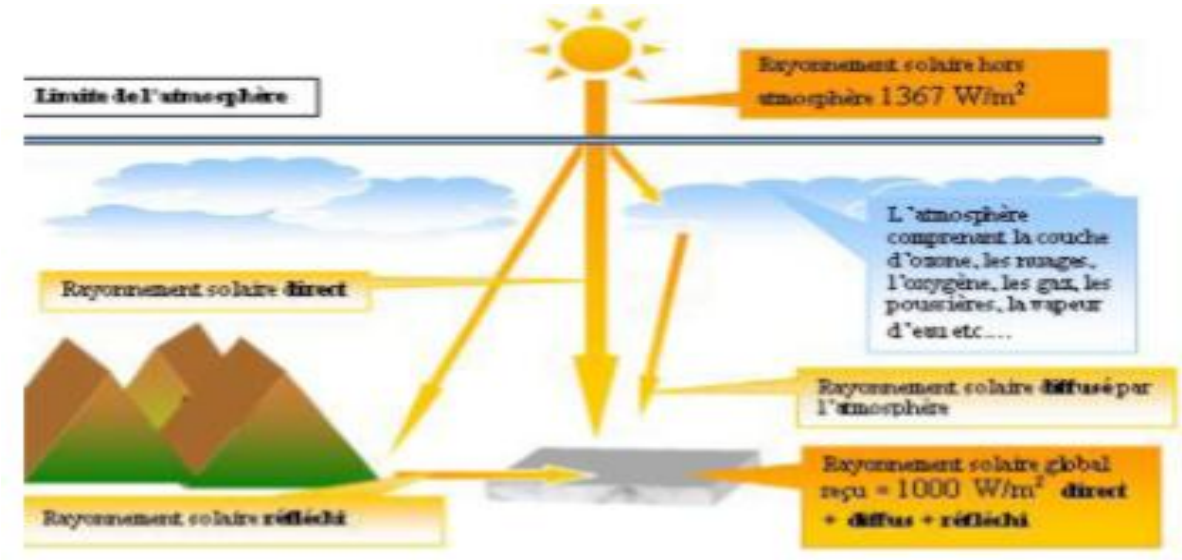


Figure .I.9 : Composition du Rayonnement Solaire

$$G = I \cos\gamma + D_{ciel} + D_{sol} \qquad \textbf{I-13}$$

II.5. Les facteurs des pertes

II.5.1. Le facteur d'ombre

Il représente le rapport entre la surface du collecteur qui est mise à l'ombre et la surface

Totale du collecteur.

II.5.2. Le facteur des pertes par les extrémités

- Effets d'extrémités du tube absorbeur

Avec la variation de l'angle d'incidence, une fraction de l'aire du collecteur Réfléchit les rayons en dehors du tube absorbeur **[8]** , **(figure I.10).**

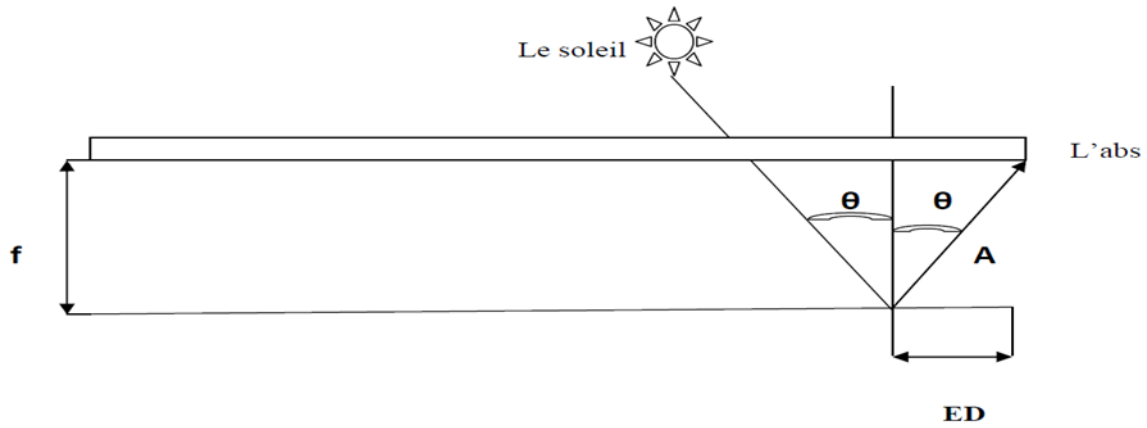


Figure .I.10 : Effet des extrémités du tube absorbeur

ED : longueur non efficace

ED =A × Sin θ

A= f / Cos θ

θ : angle d' incidence

f : distance focal

$$ED = f \times tg\,\theta \qquad \textbf{(I.14)}$$

- **Effets d'extrémités du collecteur**

Elles sont dues aux extrémités du collecteur qui renvoient le rayonnement vers le récepteur dans la matinée. Comme le montre **les figure I.11** , ces pertes se produiront dans le sens opposé de l'absorbeur, **[8].**

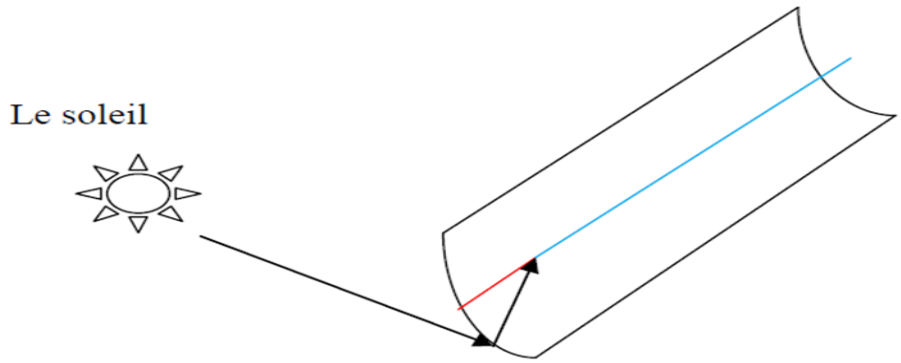


Figure .I.11 : Effet des extrémités du collecteur

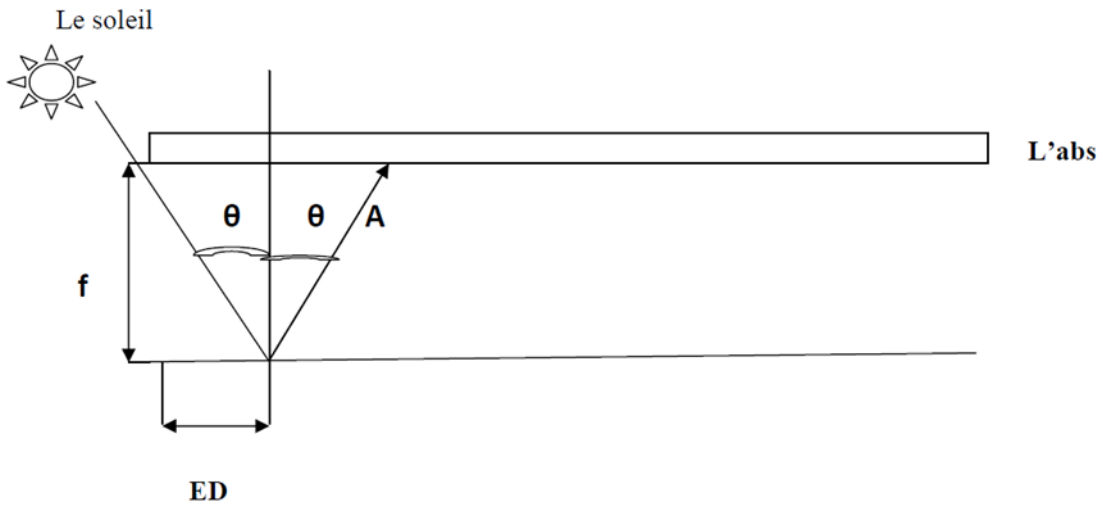


Figure I.12 : Effet des extrémités du collecteur

Les pertes totales [08] sont :

$$TEL = 2 \times W \times f \times tg\ \theta \qquad \textbf{(I.15)}$$

W : hauteur totale du collecteur

Le facteur de pertes est donné par [29]:

$$EF = (L \times W - TEL)/(L \times W) = (L \times W - 2 \times W \times f \times tg\ \theta) / (L \times W)$$

$$EF = 1 - (2 \times f/L) \times tg\ \theta \qquad \textbf{(I.6)}$$

Chapitre II

Etude descriptive du Concentrateur Cylindro-Parabolique

II.1. Introduction

La parabole se trouve dans des nombreuses situations dans le monde physique. En trois dimensions, une parabole trace sur une forme connue un paraboloïde, lorsqu'il se déplace le long de l'axe perpendiculaire à son plan. Les capteurs solaires dont les surfaces réfléchissantes suivant ces géométries sont appelées concentrateurs paraboliques et cylindro-paraboliques, respectivement. Si un récepteur est monté au foyer d'un réflecteur parabolique, la lumière réfléchie est absorbée et convertie en une forme d'énergie utile. La réflexion à un point ou une absorption ultérieure par un récepteur constituent les fonctions de base d'un collecteur de concentration parabolique **[9, 10,11].**

Le CSP est généralement dote d'une poursuite solaire pour adapter l'inclinaison du concentrateur de manière à ce que la radiation solaire incidente soit toujours perpendiculaire au plan d'ouverture du concentrateur **[12].**

II.2. Description de la concentration :

II.2.1 . Concentrateur solaire : On détermine les différentes dimensions géométriques que l'on peut trouver dans la représentation des capteurs à concentration. **[13]**

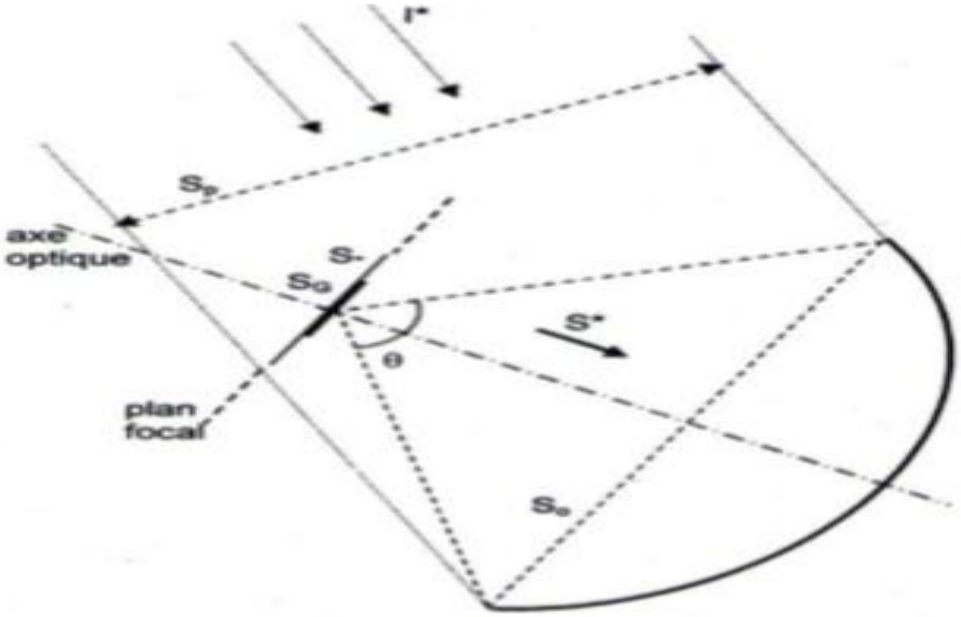


Figure . II.1 : Schéma d'un concentrateur solaire

- θ angle d'ouverture du concentrateur .

I* éclairement solaire

• S* éclairement direct dans la section d'ouverture du concentrateur, • S0 section d'ouverture du concentrateur caractérisée par l'angle θ, Sp section de passage du rayonnement solaire entrant dans le concentrateur. Sp se confond avec S0 quand l'axe optique du concentrateur est dirigé vers le soleil, SG surface de l'image de Gauss du soleil; c'est l'image nette du soleil dans le plan focal donnée par des rayons paraxiaux, c'est-à-dire des rayons proches de l'axe optique. • S* surface de l'image réelle du soleil dans le plan focal.

II.2.2. le plan focal : On détermine un réflecteur à 2 dimensions c'est un cylindre, de longueur infinie.

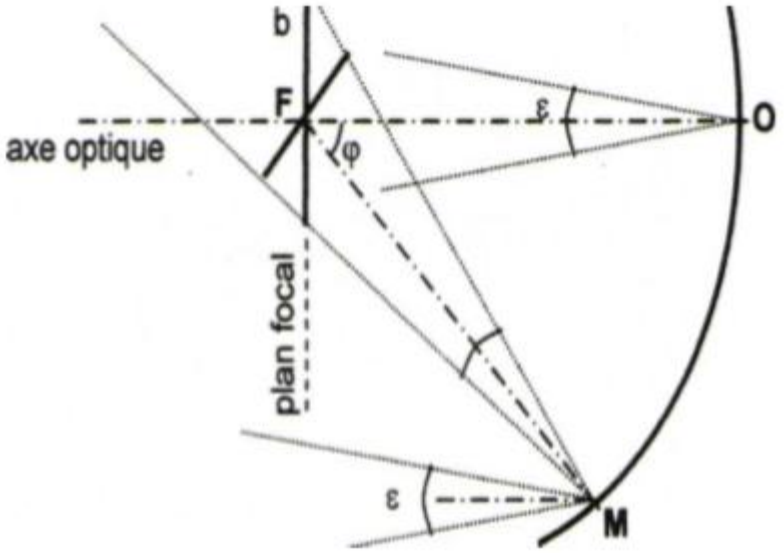


Figure. II .2 : schéma d'un plan focal dans un concentrateur cylindrique.

II.3. Les Caractéristiques d'un concentrateur cylindro-parabolique (CCP)

Le concentrateur à surface cylindre-parabolique (CCP) se distingue par sa simplicité et représente un investissement relativement réduit, ainsi que ses performances dans la production de hautes températures, surtout dans le domaine de la production de la vapeur et la production de l'eau chaude. Le collecteur cylindre-parabolique est le plus préféré des capteurs pour la production de la vapeur d'eau à hautes températures qui peut être obtenue sans altération du rendement. Il se présente comme un module ayant un réflecteur (miroir ou matériau réfléchissant) de forme cylindre-parabolique.

Cette géométrie permet de focaliser l'énergie solaire incidente selon une génératrice linéaire où est placé un tube absorbeur dans lequel circule un fluide caloporteur. Pour augmenter le principe de captation ainsi que le processus du transfert de chaleur, on a généralement recours à des surfaces sélectives. Une enveloppe transparente souvent en verre recouvre le tube absorbeur

afin de réduire les pertes thermiques par rayonnement par conduction et par convection vers l'extérieur.

Le concentrateur CCP est généralement doté d'une poursuite solaire à un seul axe et peut être orienté Est-Ouest soit plein sud à l'altitude du lieu. La **(Figure.II.3)** montre le principe de captation d'un concentrateur CCP.

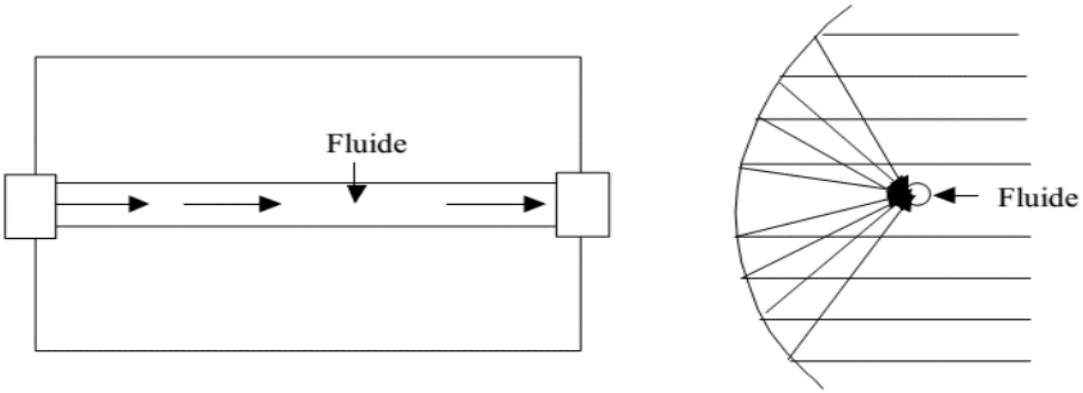


Figure . II .3: Principe de captation du rayonnement du cylindre-parabolique

II.4. Description et principe de fonctionnement du concentrateur

Le concentrateur étudié, **(Figure.II.4),** est un long miroir en aluminium incurvé focalisant l'énergie solaire sur un absorbeur en cuivre, qui se trouve le long de la ligne focale, au dessus duquel est placée une couverture transparente.

L'énergie solaire réfléchie par les miroirs traverse la couverture transparente et se concentre sur le tube absorbeur. L'énergie absorbée n'est pas intégralement transmise au fluide caloporteur, puisqu'une partie est cédée par rayonnement et par convection par l'absorbeur à l'enveloppe en verre, qui à son tour échange de la chaleur par convection avec l'environnement et par rayonnement vers le ciel.

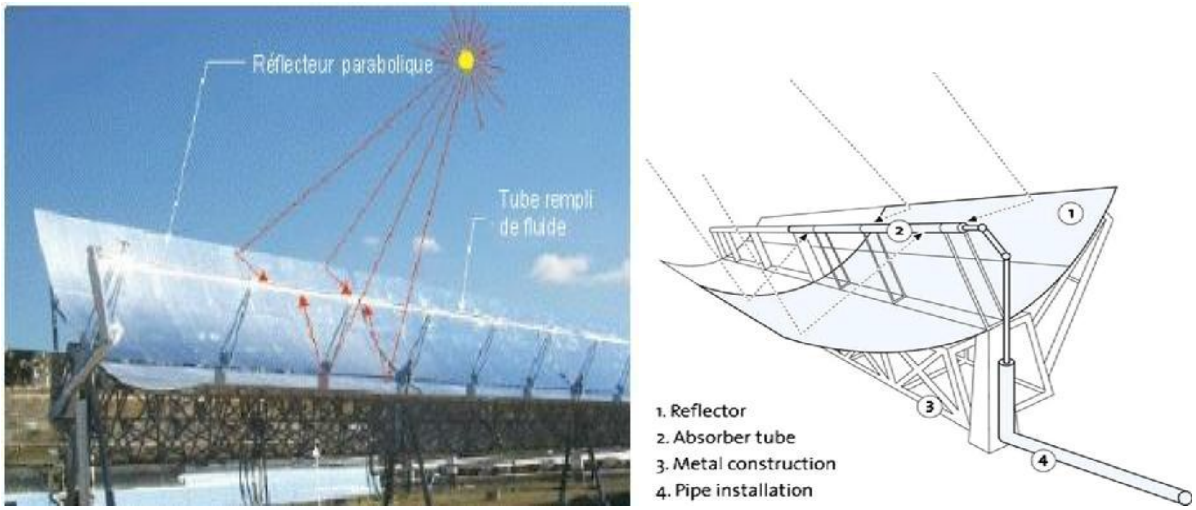


Figure. II .4: Composants d'un concentrateur cylindro-parabolique

II.4.1. Le collecteur :

Le collecteur est la composante de base du champ solaire. Il est constitué d'un réflecteur cylindro-parabolique (**miroir**), d'une structure métallique (en **acier**), d'un tube récepteur et d'un système de poursuite solaire. La structure métallique doit être suffisamment solide afin de résister aux importantes contraintes mécaniques liées au vent.

II.4.2. La couverture transparente (le verre) :

Une couverture transparente est utilisée dans ce type de collecteurs solaire, du fait de sa transparence au rayonnement solaire visible et afin de réaliser le phénomène de l'effet de serre. Le type de verre utilisé est à faible teneur en oxyde de fer.

II.4.3. Le fluide caloporteur :

Un fluide caloporteur est chargé de transporter la chaleur entre deux ou plusieurs sources de température. Il accumule l'énergie captée au niveau du tube.

Une variété d'huile est généralement utilisée et permet d'atteindre une température de L'ordre de 400 °C.

II.4.4. Le réflecteur :

Les réflecteurs d'un CSP étaient généralement en miroir ou autre métal réfléchissant. Les miroirs sont composés de verre pauvre en fer, ce verre est recouvert d'une pellicule d'argent en sa partie inférieure et d'un enduit spécial de protection. Le matériau réfléchissant le mieux indiqué est l'aluminium pur, l'acier inoxydable a été expérimenté mais il n'est pas conseillé parce que son pouvoir de réflexion est insuffisant.

Pour pouvoir choisir un réflecteur cylindre-parabolique. On aura toujours intérêt à adopter la géométrie idéale pour obtenir une bonne concentration géométrique **(Figure.II.5).** Un réflecteur de bonne qualité peut réfléchir 97% du rayonnement incident. L'équation générale du réflecteur en coordonnées cartésiennes et polaires respectivement **[14],** s'écrit :

$$Y = \frac{X^2}{4F} \qquad \textbf{(II.1)}$$

$$r = \frac{F}{\cos^2\frac{\emptyset}{2}} \quad \textbf{(II.2)}$$

avec

$$\emptyset = \tan^{-1}\left[\frac{8\frac{F}{W}}{16\left(\frac{F}{W}\right)^2}\right] \quad \textbf{(II.3)}$$

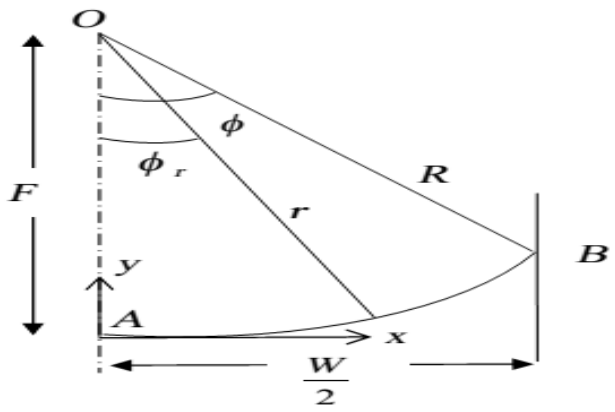


Figure. II.5: Dimensions du réflecteur

r : Rayon de la parabole

F: Distance focale

R: Rayon d'ouverture

W:Ouverture du concentrateur

ϕ_r : Angle d'ouverture

ϕ : Angle de parabole

La structure métallique du réflecteur doit être suffisamment solide pour résister aux importantes contraintes mécaniques liées au vent. Elle doit de plus être munie d'extrémités assurant la compatibilité entre les dilatations thermiques inégales de l'acier.

II.4.5.Le récepteur (absorbeur) :

Le récepteur doit absorber autant de flux solaire concentré que possible, et le convertir en énergie thermique, cette chaleur est transférée à un fluide (généralement de l'huile). Il est important que le récepteur soit métallique, car seuls les métaux ont de bons coefficients de conduction (cuivre : 389W/m. K, aluminium : 200 W/m.K, acier : 60 W/m.K).

La surface du récepteur doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Une bonne conductivité et diffusion thermique.
- Un facteur d'absorption aussi voisin que possible de l'unité.
- Une bonne résistance chimique vis à vis du fluide utilisé.

Plus le coefficient de conduction est faible et plus l'absorbeur doit être épais, ce qui augmente l'inertie de l'absorbeur et le prix.

Le récepteur (absorbeur) :

Le récepteur doit absorber autant de flux solaire concentré que possible, et le convertir en énergie thermique, cette chaleur est transférée à un fluide (généralement de l'huile). Il est important que le récepteur soit métallique, car seuls les métaux ont de bons coefficients de conduction (cuivre : 389W/m. K, aluminium : 200 W/m.K, acier : 60 W/m.K).

La surface du récepteur doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Une bonne conductivité et diffusion thermique.
- Un facteur d'absorption aussi voisin que possible de l'unité.
- Une bonne résistance chimique vis à vis du fluide utilisé.

Plus le coefficient de conduction est faible et plus l'absorbeur doit être épais, ce qui augmente l'inertie de l'absorbeur et le prix.

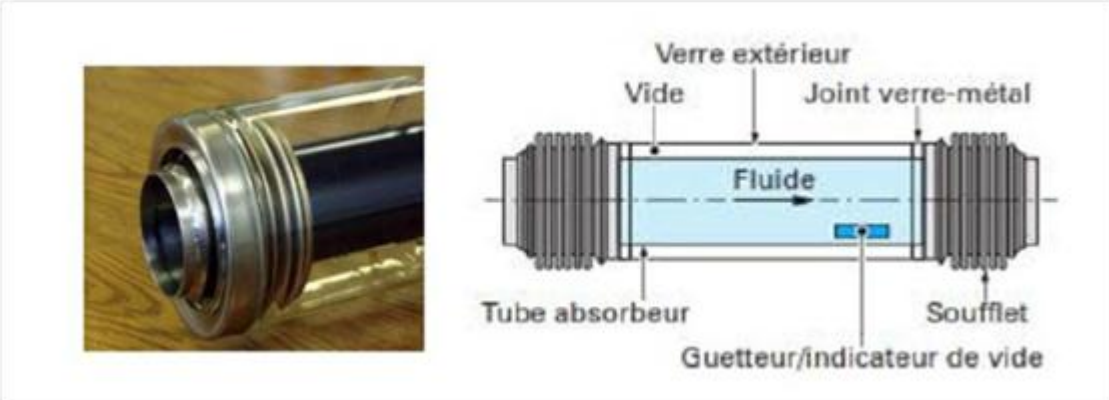


Figure. II.6: Dimensions du réflecteur Structure de l'absorbeur

II.5. Le système de poursuite :

L'installation de ces concentrateurs ne se fera pas d'une façon aléatoire. Pour mieux exploiter le rayonnement solaire, le choix de l'orientation, l'inclinaison et l'équipement du système d'un mécanisme de poursuite demeure nécessaire.

II.5.1. Mécanisme de poursuite :

La nécessité de la poursuite solaire s'avère utile, car très peu de collecteurs pendant la Journée gardent leur surface face au soleil. L'utilité du système de poursuite est de maintenir l'ouverture du collecteur pointé dans la direction optimale pour minimiser l'angle d'incidence.

D'après le **(tableau II.1)**, qui désigne le mode de poursuite de chaque collecteur, le système de poursuite qui convient au concentrateur cylindre-parabolique est la poursuite suivant un seul axe **[14]** :

- Nord-sud horizontal.
- Est-ouest horizontal.
- Parallèle à l'axe du monde (taux de rotation est de 15°/h).

Avec un ratio de concentration entre 15 et 45, et une température entre 60°C et 300°C.

Tableau II.1. Comparaison de l'énergie absorbée pour différents modes de poursuite. (pour la zone de Hassi Ramel)

Mode de poursuite	**Energie solaire (KWh/m2)**			**la poursuite total (%)**		
	E	**SS**	**WS**	**E**	**SS**	**WS**
Poursuite totale	8.43	10.60	5.70	100.0	100.0	100.0
E-W polaire	8.43	9.73	5.23	100.0	91.7	91.7
N-S horizontal	6.22	6.22	4.91	73.8	74.0	86.2
E-W horizontal	7.51	10.36	4.47	89.1	97.7	60.9

E : équinoxes **SS** : solstice d'été **WS** : solstice d'hiver

D'après la quantité d'énergie absorbée et les pourcentages, on peut choisir les deux cas suivants :

- E-W polaire
- E-W horizontal

Un mécanisme de suivi doit être fiable, capable de suivre le soleil avec un certain degré de précision, et rendre le collecteur à sa position initiale en fin de journée ou pendant la nuit.

Divers mécanismes de suivi, des complexes aux très simples, ont été proposées. Ils peuvent être divisés en deux grandes catégories, mécaniques et électriques/électroniques **[14].**

Les derniers présentent en général une meilleure fiabilité et précision de suivi. Ils peuvent être subdivisés en :

Mécanismes moteurs utilisant un contrôle électronique grâce à des capteurs qui Détectent l'ampleur de l'énergie solaire.

Mécanismes utilisant des moteurs commandés par ordinateur avec asservissement fourni par des capteurs mesurant le flux solaire sur le récepteur.

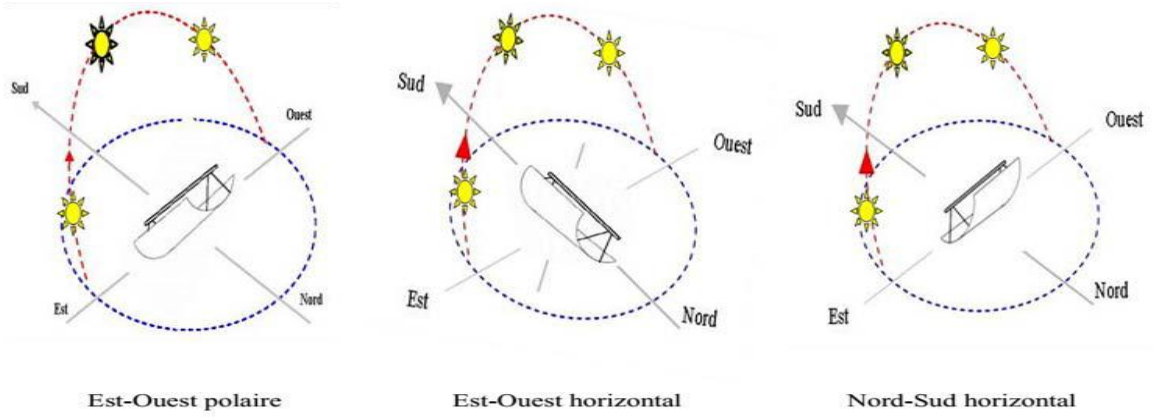


Figure. II.7: Les modes de poursuite solaire d'un CCP

Pour un (CCP) l'équation générale, en coordonnées cartésiennes, s'écrit :

$$X^2 = 4.F.\tan\left(\frac{\emptyset}{2}\right) \qquad \textbf{(II.4)}$$

Voir la (figure III.5) est donnée par l'équation :

$$w = 2r.\sin(\emptyset) = 4.\tan\left(\frac{\emptyset}{2}\right) \qquad \textbf{(II.5)}$$

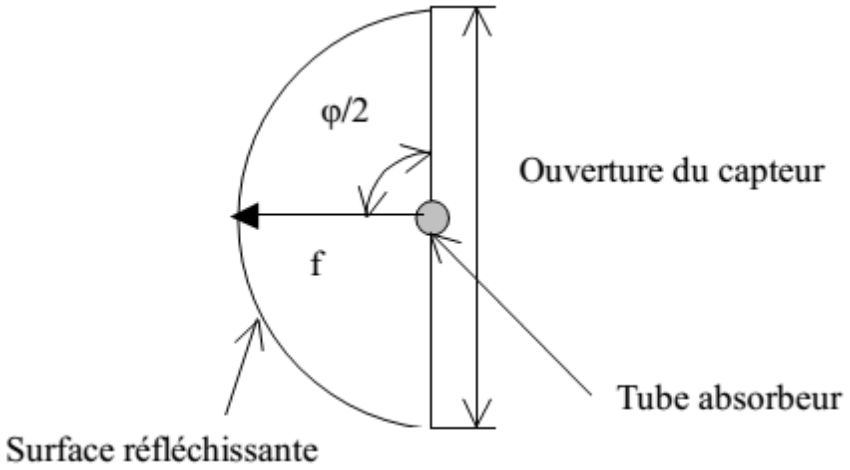


Figure. II.8: Dimensions relatives à un concentrateur cylindre-parabolique

II.5.2. Choix de l'orientation :

Le champ nord-sud collecte beaucoup plus d'énergie en été qu'en hiver, à l'opposé de l'orientation est-ouest qui collecte plus d'énergie en hiver que le nord-sud et moins en été

L'orientation nord-sud horizontale collecte, légèrement plus d'énergie que l'orientation est-ouest horizontale. Aussi le choix de l'orientation dépendra de l'application et des besoins selon la période **[14].**

II.5.3. Effet de l'inclinaison d'une surface sur l'énergie incidente :

Selon la méthode de calcul de Liu [**15],** on remarque que l'énergie incidente est favorable pour tous les mois de l'année lorsque l'inclinaison égale la latitude du lieu, **[15],** mais son exploitation sera meilleure avec un système de poursuite solaire.

Chapitre III

Etude énergétique et performances du Concentrateur Cylindro-Parabolique

III.1. Introduction :

- L'énergie solaire reflétée par le concentrateur est tombée sur l'absorbeur. La chaleur est récupérée grâce au fluide caloporteur, celui-là s'échauffe en circulant dans un absorbeur placé sous un vitrage qui laisse le rayonnement pénétrer et minimise les pertes par le rayonnement infrarouge en utilisant l'effet de serre. Ce vitrage permet aussi de limiter les échanges de chaleur avec l'environnement.

Le but de cette étude est la détermination des températures des composants du collecteur, en particulier la température de sortie du fluide caloporteur. Et ensuite les performances à savoir la puissance utile récupérée par le fluide et l'efficacité ou le rendement instantané du système. Et de déterminer ensuite l'effet des paramètres (matériau de l'absorbeur, les saisons, le débit fluide, etc..) sur les performances du système.

L'absorbeur est le principal composant dans le capteur cylindre-parabolique qui a pour fonction d'absorber le rayonnement solaire incident, de le convertir en chaleur et de transmettre celle-ci à un fluide caloporteur.

Les applications de mise en forme et l'amélioration des qualités de ce composant, nécessitent la prédiction des pertes thermiques au sein des composants du système, et la détermination des pertes nécessite à son tour une analyse des bilans thermiques de ces composants. Ces bilans tiennent compte les différents échanges thermiques existants.

III.2. Montage :

Il existe deux types de montage d'un capteur cylindro-parabolique :

1. Le montage suivant l'axe du monde : le tube récepteur est parallèle à l'axe de rotation de la Terre. Le suivi du Soleil nécessite un simple asservissement en rotation autour de cet axe.

2. le montage est-ouest : le tube récepteur est orienté est-ouest. Il faut orienter le capteur vers le soleil deux ou trois fois par jour pour optimiser la réception du rayonnement. Le rendement de captation est moins bon qu'avec le montage est-ouest asservi en rotation. **[16]**

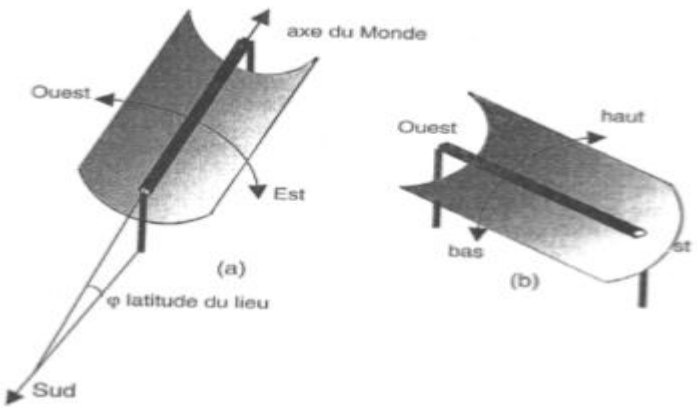


Figure III.1 – Montage d'un capteur cylindro- parabolique (a) Suivant l'axe du Monde. (b) Suivant la direction Est-Ouest [1]

III.3. Performances d'un Concentrateur Cylindro-parabolique :

La performance du capteur solaire (CSP) dépend de différends facteurs (l'intensité du flux solaire, le matériau de l'absorbeur, les paramètres de position, ….), l'irradiation solaire constitue le facteur le plus important. L'irradiation solaire est étroitement liée à de nombreux paramètres, dont l'heure, la saison, l'altitude, l'orientation, l'état du ciel, etc.

III.3.1. Le rendement thermique :

C'est le rapport entre l'énergie thermique gagnée par le fluide caloporteur et l'énergie solaire reçue par le capteur.

Le rendement varie en fonction de la température de fonctionnement, il diminue au fur et à mesure que cette température augmente. Les pertes thermiques sont d'autant plus importantes que la température est élevée **[17].**

Le rendement thermique est donnée par la relation :

$$\eta = pu /(S^* \times A\ c)$$

III.3.2. Le rendement optique :

Le rendement optique est défini comme le ratio de l'énergie absorbée par le récepteur à l'énergie incidente sur la surface d'ouverture du collecteur.

Il dépend des propriétés optiques des matériaux, de la géométrie du collecteur, et peut s'écrire **[18]** :

$$\eta 0 = \alpha\ ab \times \rho\ c \times \tau\ v \times \gamma \times [(1 - A\ f \times tg\ (\theta)) \times Cos(\theta)] \qquad \textbf{(III.1)}$$

Où :

Af : coefficient géométrique.

$$Af = (2/3) \times w \times\ hp + f \times D \times [1 + w2/(48 \times f\ 2)] \qquad \textbf{(III.2)}$$

Ce terme est en fonction des propriétés optiques des composants du système.

En général le rendement optique prend la forme suivante **[19]** :

$$\eta 0 = \alpha ab \times \rho c \times \tau v$$

III.3.3. Puissance absorbée par la vitre :

La puissance reçue au niveau de l'ouverture du collecteur est exprimée par **[20]** :

$$P\,v = \alpha v \times \rho c \times pc \qquad \textbf{(III.3)}$$

Où :

αv : coefficient d'absorption de la vitre.

ρc : coefficient de réflexion du collecteur.

III.3.4. Puissance absorbée par le récepteur :

La puissance reçue à l'ouverture du récepteur est réduite par les pertes thermiques. La puissance totale nette absorbée est donnée par **[21]** :

$$Pab = \alpha ab \times \rho c \times \tau v \times Pc \times Aa \qquad \textbf{(III.04)}$$

Où :

αab : coefficient d'absorption du récepteur.

τv : coefficient de transmission de la vitre.

ρc : réflectivité du miroir.

Pc : Puissance reçue à l'ouverture du collecteur

Aa : l'aire du récepteur.

III.3.5. Puissance reçue à l'ouverture du collecteur :

Les rayons incidents sur l'ouverture sont réaffectés vers le foyer. En réalité une partie du collecteur reste inactive résultant des effets d'extrémités et/ou du fait de l'ombre **[20].**

La puissance reçue à l'ouverture du collecteur est donnée par :

$$Pc = S^* \times A\,e$$

Ae : étant la surface active donnée par [26] :

$$Ae = Ac - (Ai + Ab) \qquad \textbf{(III.5)}$$

Où :

$$Ac = w \times L$$

Ai : surface inactive des extrémités du collecteur.

$$Ai = 4 \times f \times w \times tg(\theta/3) \qquad \textbf{(III.6)}$$

Ab : surface soumise à l'ombre.

$$Ab = 2 \times f \times w \times tg(\theta/3) \qquad \textbf{(III.7)}$$

w : l'ouverture du collecteur

f : Distance focale

S* : composante normale directe du rayonnement solaire.

$$S^* = S \times \cos(\theta)$$

III.3.6. La puissance utile :

C'est la quantité de chaleur gagnée par le fluide caloporteur. En général elle est exprimée par la formule suivante **[20]** :

$$pu = \dot{m}f \times Cpf \times (T\,f\,s - T\,f\,e) \qquad \textbf{(III.8)}$$

Où :

ṁf : débit du fluide caloporteur.

Cpf : chaleur spécifique du fluide caloporteur.

Tfs : température de sortie du fluide caloporteur.

Tfe : température d'entrée du fluide caloporteur.

III.4. L'énergie absorbée :

La quantité d'énergie reçue par unité de longueur de l'absorbeur est donnée par la relation suivante **[22]:**

$$q_absorbé\ (t) = R_d\ (i).Ac.\tau v.\alpha_ab.\rho_m.k \qquad \textbf{(III.9)}$$

Avec :

R_d (i): Rayonnement direct.

A_c: La surface totale du capteur.

τv : coefficient de transmission de la vitre

□ab□: Coefficient de l'absorption du tube de l'absorbeur.

ρ_m: Facteur de réflexion du miroir

K : Angle incidence modifié donné par la formule suivante **[18]** :

$$k = \cos\square(\theta) + 0{,}00084(\theta) - 0{,}00005369(\ 〖\theta)〗\ ^\wedge 2 \qquad \textbf{(III.10)}$$

III.5.Bilan Thermique :

III.5.1.Bilan énergétique pour le fluide :

Le bilan énergétique pour le fluide qui circule dans le tube absorbeur est donné par L'équation suivante **[23]:**

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\Delta Q_f(x,t)\right) = q_{entré}(x,t) - q_{sortie}(x+\Delta x,t) + q_{utile}(x,t).\Delta x \qquad \textbf{(III.11)}$$

La quantité de chaleur récupérée par le fluide ΔQ_f dans l'intervalle Δx est donnée par :

$$\Delta Q_f(x,t) = \rho_f . c_{p_f} . S_{a,i} \Delta x . T_f(x,t) \quad \textbf{(III.12)}$$

Où :

ρ_f : La masse volumique du fluide.

c_{pf} : La capacité calorifique du fluide.

$S_{ab,i}$: La section interne de l'absorbeur, qui est donnée par l'équation suivante :

$$S_{ab,i} = \pi . \frac{(D_{ab,i})^2}{4}$$

On note que toutes les caractéristiques thermo-physiques du fluide sont en fonction de la température T_f .

Les quantités de chaleur à l'entrée et à la sortie dans l'élément de longueur Δx sont données par les relations suivantes :

$$q_{entré}(x,t) = \dot{m}_f . c_{p_f} . T_f(\Delta x,t) \quad \textbf{(III.13)}$$

$$q_{sortie}(x+\Delta x,t) = \dot{m}_f . cp_f . T_f(x+\Delta x,t) \quad \textbf{(III.14)}$$

$\dot{m}_f$: Le débit massique du fluide dans le tube absorbeur.

q_{utile} : La quantité d'énergie gagnée par le fluide caloporteur et qui indique le transfert de chaleur entre le fluide caloporteur et le tube absorbeur.

L'insertion de l'équation **(III.11)**, **(III.12)** et **(III.13)** dans l'équation **(III.14)** donne :

$$\rho_f . cp_f . S_{ab,i} . \Delta x . \frac{\partial T_f(x,t)}{\partial t} = \dot{m}_f . cp_f . T_f(x,t) - \dot{m}_f . cp_f . T_f(x+\Delta x,t) + q_{utile}(x,t)\Delta x \quad \textbf{(III.15)}$$

La dérivée partielle de T_f par rapport à l'abscisse x est :

$$\frac{\partial T_f(x,t)}{\partial x} = \frac{T_f(x+\Delta x,t) - T_f(x,t)}{\Delta x} \quad \textbf{(III.16)}$$

La simplification de l'équation (IV.5) donne :

$$\rho_f . cp_f . S_{ab,i} . \frac{\partial T_f(x,t)}{\partial t} = -\dot{m}_f . cp_f . \frac{\partial T_f(x,t)}{\partial x} + q_{utile}(x,t) \quad (\boldsymbol{III}.\mathbf{17})$$

La résolution de cette équation représente la variation de la température du fluide.

La condition à la limite de l'équation **(III .17)** est :

$T_f(0,t) = T_e$

Où T_e est la température d'entrée du fluide caloporteur, dans ce modèle on considère que :

T_e = 566 K (la température est imposée).

La condition initiale est :

T_f (x,0) = T_{amb} (0)

T_{amb} : La température ambiante.

III.5.2. Bilan énergétique pour l'absorbeur :

Le bilan énergétique pour l'absorbeur est exprimé par l'équation suivante **[23]** :

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\Delta Q_{ab}(x,t)\right) = \left(q_{absorbé}(t) - q_{interne}(x,t) - q_{utile}(x,t)\right)\Delta x \qquad (\mathbf{III.18})$$

Avec :

$q_{interne}$, la quantité d'énergie qui indique le transfert thermique entre le tube absorbeur et l'enveloppe du verre, $q_{absorbé}$ est la quantité d'énergie solaire absorbée.

ΔQa : La quantité de chaleur dans l'absorbeur est donnée par la relation suivante :

$$\Delta Q_a(x,t) = \rho_{ab}.cp_{ab}.S_{ab,e}.\Delta x.T_{ab}(x,t) \qquad (\mathbf{III.19})$$

Où :

ρ_{ab} : La masse volumique de l'absorbeur.

cp_{ab} : La capacité calorifique de l'absorbeur.

$S_{ab,e}$: La section de l'absorbeur.

Par substitution de l'équation **(III.19)** dans l'équation **(III.18),** on trouve :

$$\rho_{ab}.cp_{ab}.S_{ab,e}\frac{\partial T_a(x,t)}{\partial t} = q_{absorbé}(t) - q_{interne}(x,t) - q_{utile}(x,t) \qquad (\mathbf{III.20})$$

La condition initiale de l'équation **(III.20)** est :

T_{ab} (x,0) =T_{amb} (0)

III.5.3.Bilan énergétique de la vitre :

De la même façon le bilan énergétique pour la vitre est donné par **[23]:**

$$\rho_v.cp_v.S_v.\frac{\partial T_v(x,t)}{\partial t} = q_{interne}(x,t) - q_{externe}(x,t) \qquad (\mathbf{III.21})$$

Avec :

ρ_v : La masse volumique du vitrage.

Cp_v : La capacité calorifique du vitrage.

S_v : La section du vitrage.

Avec $q_{externe}$, la quantité d'énergie qui indique le transfert thermique entre l'enveloppe du verre et l'environnement.

La condition initiale de l'équation **(III.21)** est :

Tv (x,0) =Tamb(0)

III.6. Différents types d'échanges thermiques

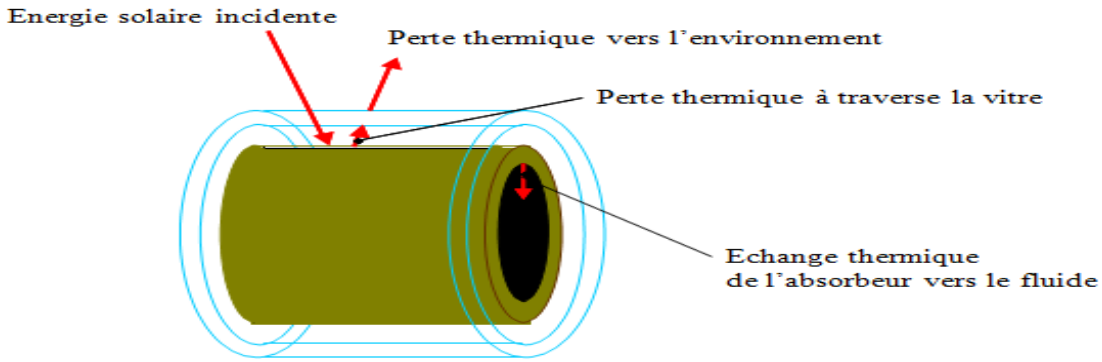


Figure III.2 : Schéma du transfert thermique entre les différentes parties Du collecteur cylindre-parabolique [24].

III.6.1.Echanges thermiques entre l'absorbeur et le fluide

Considérant la convection pour l'écoulement interne dans le tube absorbeur, q_{utile} est calculée par l'équation de Dittus-Boelter pour l'écoulement turbulent dans l'absorbeur, par conséquent le nombre de Nusselt local est donné par **[25]:**

$$Nu_f = 0.023.Re_f^{4/5}.Pr_f^n \qquad (III.22)$$

Où :

n = 0,4 pour le chauffage ($T_{ab} > T_f$).

n = 0,3 pour le refroidissement ($T_{ab} < T_f$).

Le nombre de Reynolds Re_f pour un flux dans un tube circulaire est donné par la relation suivante **[23]:**

$$Re_f = \frac{\rho_f D_{ab,i}}{\mu_f} V_f \quad ; \quad V_f = \frac{4\dot{m}_f}{\rho_f \pi (D_{ab,i})^2}$$

Donc :

$$Re_f = \frac{4.\dot{m}_f}{\pi.D_{ab,i}.\mu_f} \qquad (III.23)$$

Avec :

μ_f : La viscosité dynamique du fluide.

Le nombre de Prandtl Pr_f est donné par l'expression suivante :

$$Pr_f = \frac{\mu_f . cp_f}{k_f} \qquad (\mathbf{III.24})$$

k_f : La conductivité thermique du fluide.

Une autre formule détermine le nombre de Nusselt local par corrélation de Gnielinsky **[26] :**

$$Nu_f = \frac{(F/8).(Re_f - 1000).Pr_f}{1 + 12{,}7.(F/8)^{1/2}.\left(Pr_f^{2/3} - 1\right)} \qquad (\mathbf{III.25})$$

Où :

F : Le coefficient de frottement est calculé à partir de la relation de Petukhov **[26] :**

$$F = (0{,}790.\ln(Re_f) - 1{,}64)^{-2} \qquad \textbf{(III.26)}$$

Le coefficient d'échange convectif entre le fluide caloporteur et l'absorbeur h_f , est donné par l'équation suivante :

$$h_f = \frac{Nu_f . k_f}{D_{ab,i}} \qquad (\mathbf{III.27})$$

Donc : q_{utile} est donnée par l'équation suivante :

$$Q_{utile}(x,t) = h_f . \pi . D_{ab,i}(T_{ab} - T_f) \qquad \textbf{(III.28)}$$

Les propriétés du fluide cp_f , k_f , μ_f et ρ_f sont fonction de la température T_f .

- Pour l'écoulement laminaire ($Re_f < 2300$), le nombre du Nusselt est exprimé par la valeur suivante **[27]:** $Nu_f = 4{,}36$.

III.6.2.Echanges thermiques entre l'absorbeur et la vitre

L'échange thermique entre l'absorbeur et la vitre, $q_{interne}$ est calculée à partir des échanges par convection et par rayonnement qui ont lieu dans l'espace annulaire :

$$Q_{interne} = q_{interne,convection} + q_{interne,rayonnement} \qquad \textbf{(III.29)}$$

Le transfert thermique par rayonnement $q_{interne,rayonnement}$ entre deux cylindres concentriques et horizontaux entre le tube absorbeur et l'enveloppe du verre peut être exprimé par la relation suivante **[28]:**

$$q_{interne,rayonnement} = \frac{\sigma.\pi.D_{ab,e}.(T_{ab}^4 - T_v^4)}{\frac{1}{\varepsilon_{ba}} + \frac{1-\varepsilon_v}{\varepsilon_v}\left(\frac{D_{ab,e}}{D_{v,i}}\right)} \quad (III.30)$$

Où :

σ : La constante de Stefan Boltzmann ($\sigma = 5,67.10^{-8}$ W/m^2.K^4).

ε_{ab} : L'émissivité de l'absorbeur.

ε_v : L'émissivité du vitrage.

L'échange thermique interne par convection $q_{interne,convection}$ dans la lame d'air considérée mobile comprise entre l'absorbeur et le vitrage, est donné par l'auteur **[18] :**

$$q_{interne,convection} = \frac{2\pi.k_{eff,air}.(T_{ab} - T_v)}{\ln\left(\frac{D_{v,i}}{D_{ab,e}}\right)} \quad (III.31)$$

$K_{eff,air}$: La conductivité thermique équivalente de l'air donnée par la relation suivante **[18] :**

$$\frac{k_{eff}}{k_{air}} = 0,386.\left(\frac{Pr_{air}}{0,861 + Pr_{air}}\right)^{1/4} (R_{ac})^{1/4} \quad (III.32)$$

Où :

$$Ra_c = \frac{\left[\ln\left(\frac{D_{v,i}}{D_{ab,i}}\right)\right]^4}{L^3.\left(D_{ab,e}^{-3/5} + D_{v,i}^{-3/5}\right)^5} Ra_L \quad (III.33)$$

L : L'épaisseur moyenne de la couche annulaire située entre l'absorbeur et la vitre égale à :

$$L = 0,5.(D_{v,i} - D_{a,e}) \quad \textbf{(III.34)}$$

Ra_L : Le nombre Rayleigh pour l'air est donné par l'expression suivante **[18]:**

$$Ra_L = \frac{g.\beta_{air}.L^3(T_{ab} - T_v)}{\alpha_{air}.\upsilon_{air}} \quad (III.35)$$

Avec :

g : La gravité (g = 9,81 m.s^{-2}).

β_{air} : Le coefficient de dilatation thermique volumétrique de l'air.

α_{air} : La diffusivité thermique de l'air calculé par :

$$\alpha_{air} = \frac{K_{air}}{\rho_{air}.cp_{air}} \quad (III.36)$$

ρ_{air} , cp_{air} , k_{air} sont respectivement la masse volumique, La capacité calorifique et la conductivité thermique de l'air.

υ_{air} : La viscosité cinématique de l'air exprimée par la relation suivante :

$$\upsilon_{air} = \frac{\mu_{air}}{\rho_{air}} \qquad (\mathbf{III.37})$$

Avec :

μ_{air} : La viscosité dynamique de l'air.

Toutes les propriétés thermodynamiques de l'air dans l'espace annulaire ; α_{air} , β_{air} , cp_{air}, K_{air} , μ_{air} , υ_{air} , Pr_{air} et ρ_{air} dépendent de la température moyenne dans l'espace annulaire.

La température moyenne dans l'espace annulaire peut être exprimé par :

$$T_{moy\ annulaire} = 0{,}5(T_{ab} + T_v) \qquad \mathbf{(III.38)}$$

III.6.3.Echanges thermiques entre la vitre et le milieu ambiant

On suppose que le transfert thermique entre l'enveloppe du verre et l'environnement est dû à la convection et au rayonnement :

$$Q_{externe} = q_{externe,\ convection} + q_{externe,\ rayonnement} \qquad \mathbf{(III.39)}$$

Le nombre de Nusselt dû à la convection est donné par la formule suivante **[23] :**

$$Nu_{Dve} = 0{,}3 + \frac{0{,}62.\,Re_{Dve}^{1/2}.\,Pr_{air,amb}^{1/3}}{\left[1 + \left(0{,}4/Pr_{air,amb}\right)^{2/3}\right]^{1/4}}\left[1 + \left(\frac{Re_{Dve}}{282}\right)^{5/8}\right]^{4/5} \qquad (\mathbf{III.40})$$

Pour l'enveloppe de verre, le nombre de Reynolds Re_{Dve} est défini par :

$$Re_{Dve} = \frac{\rho_{air,amb}\,.\,V_{vent}.\,D_{v,e}}{\mu_{air,amb}} \qquad (\mathbf{III.41})$$

Avec :

V_{vent} : La vitesse du vent.

Le nombre de Prandtl de l'air ambiant, $P_{rair,\ amb}$, est donné par :

$$Pr_{air,amb} = \frac{\mu_{air,amb}\,.\,cp_{air,amb}}{k_{air,amb}} \qquad (\mathbf{III.42})$$

Le nombre de Prandtl, $Pr_{air\ amb}$ et toutes les propriétés de l'air dans ce cas sont fonction de la température moyenne de l'air.

La température moyenne de l'air, on suppose qu'elle est exprimée par :

$$T_{moy\ ambiant} = 0{,}5\ (T_v + T_{amb}) \qquad \textbf{(III.43)}$$

Le transfert thermique à l'environnement dû à la convection est :

$$q_{externe\,convection} = h_v.\ \pi.\ D_{v,e}\ (T_v - T_{amb}) \qquad \textbf{(III.44)}$$

Le coefficient d'échange thermique par convection h_v est donné par la relation suivante :

$$h_v = \frac{Nu_{Dve}.\,k_{air,amb}}{D_{v,e}} \qquad (\mathbf{III.45})$$

La formule générale de la température ambiante T_{amb} est donnée par [24]:

$$T_{amb}(t) = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2}\right) + \left(\frac{T_{max} - T_{min}}{2}\right)\cos\left(\frac{2\pi.t}{dj}\right) \qquad (\mathbf{III.46})$$

T_{max} , T_{min} sont les températures ambiantes maximale et minimale au cours de la journée.

t : Temps solaire vrai (t =0 à midi solaire).

La quantité de chaleur par rayonnement du vitrage vers l'environnement, peut être exprimée par la relation:

$$q_{externe,rayonnement} = \varepsilon_v.\,\sigma.\,\pi.\,D_{v,e}(T_v^4 - T_{amb}^4) \qquad (\mathbf{III.47})$$

Souvent on supposé que la température du ciel est égale à la température ambiante par conséquent ($T_{ciel} = T_{amb}$).

Conclusion générale

Conclusion générale

L’étude du rayonnement solaire s’avère nécessaire pour le choix du meilleur site en vue d'une installation d'un système de concentration solaire. Le rayonnement reçu par un concentrateur solaire dépend également du niveau d’ensoleillement du site considéré et de son orientation par rapport au soleil.

L'utilisation efficace de l'énergie solaire nécessite une connaissance précise de l'énergie solaire, quantité d'énergie disponible à un endroit donné pendant une certaine période. Des données sont nécessaires sur les différents éléments de rayonnement solaire et leurs variations spatiales et temporelles.

Différentes applications de l'énergie solaire exigent des mesures et des données des différents éléments du rayonnement solaire. Les éléments suivants du rayonnement solaire sont les plus couramment utilisés dans les applications de l'énergie solaire. Nous notons la moyenne mensuelle du rayonnement global journalier et sa variation tout au long de l'année. La moyenne mensuelle du rayonnement diffus et sa variation quotidienne tout au long de l'année. La moyenne mensuelle du rayonnement direct quotidien et ses variations tout au long de l'année. L’humidité, la température ambiante.

Parmi les technologies de concentration solaire, nous nous focalisons sur la technologie la plus dominante : -le cylindro-parabolique

Notre étude est basée sur le cylindro-parabolique, qui apparait plus innovante à les autres apparait.

Dans ce rapport nous donnons une présentation bien détaillée sur les performances des composantes de notre système étudié (concentrateur le cylindro-parabolique), le principe de fonctionnement et on a terminée par une étude des performances énergétiques.

Annexes

Annexe (A)

A. Appareils et Méthodes de Mesure du Rayonnement Solaire :

Les mesures du rayonnement solaire sont en général du domaine de la météorologie nationale de chaque pays ou des instituts météorologiques universitaires. Mais la technique de l'énergie solaire a besoin de ces mesures. Pour déterminer la capacité et le rendement d'un capteur solaire, il faut mesurer l'intensité du rayonnement solaire incident. Pour cela, on utilise des appareils de mesure que l'Organisation Mondiale de la Météorologie a classifiés et que les services de la météorologie de chaque pays étalonnent régulièrement.

A.1. L'Héliographe : Mesure de la Durée de l'Ensoleillement Cet appareil est conçu pour mesurer la durée de l'ensoleillement. L'irradiation directe à laquelle l'héliographe est sensible est caractérisée par l'observation de l'ombre au niveau du sol. L'instrument standard se met en fonction lorsque l'irradiation solaire dépasse une limite d'éclairement de 200W/m² soit à peu près le cinquième du maximum. Un des héliographes les plus utilisés est celui de Camphell-Stokes : il se compose d'une sphère en verre de 10cm de diamètre permettant de concentrer les rayons solaires sur une bande de carton bleu-foncé où le rayonnement laisse une trace de brûlure. (Figure)

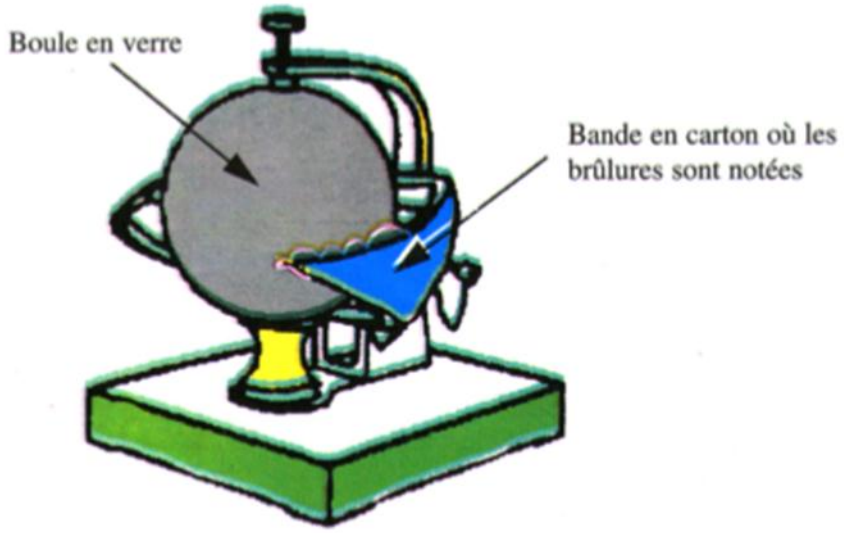


Figure : croquis d'un héliographe d'après Campbell-stokes

A.2. Le Pyranomètre : Mesure de l'irradiation globale G [W/m²] Cet instrument enregistre toute l'énergie solaire qu'il reçoit aussi bien par rayonnement direct que par rayonnement diffus. En principe, l'appareil repose sur un support horizontal ans le but de pouvoir mesurer le rayonnement incident sur une surface également horizontale. L'angle du champs de vision est alors 180°. Le spectre de longueur d'onde mesuré par un pyranomètre s'étend entre 0.2 et 3.0µm (de la lumière visible à la limite de l'infrarouge). L'appareil le plus couramment utilisé est le pyranomètre d'Eppley. Sa surface de réception comprend deux anneaux concentriques en argent. L'anneau intérieur est recouvert d'une couche noire, l'anneau extérieur est blanc. La différence de température ΔT entre les anneaux est mesurée par des thermocouples qui sont en contact thermique avec les surfaces inférieures des anneaux, mais qui sont électriquement isolés. Le tout est scellé à l'intérieur d'un hémisphère en verre. Le temps de réponse est d'environ 30 secondes. (Figure)

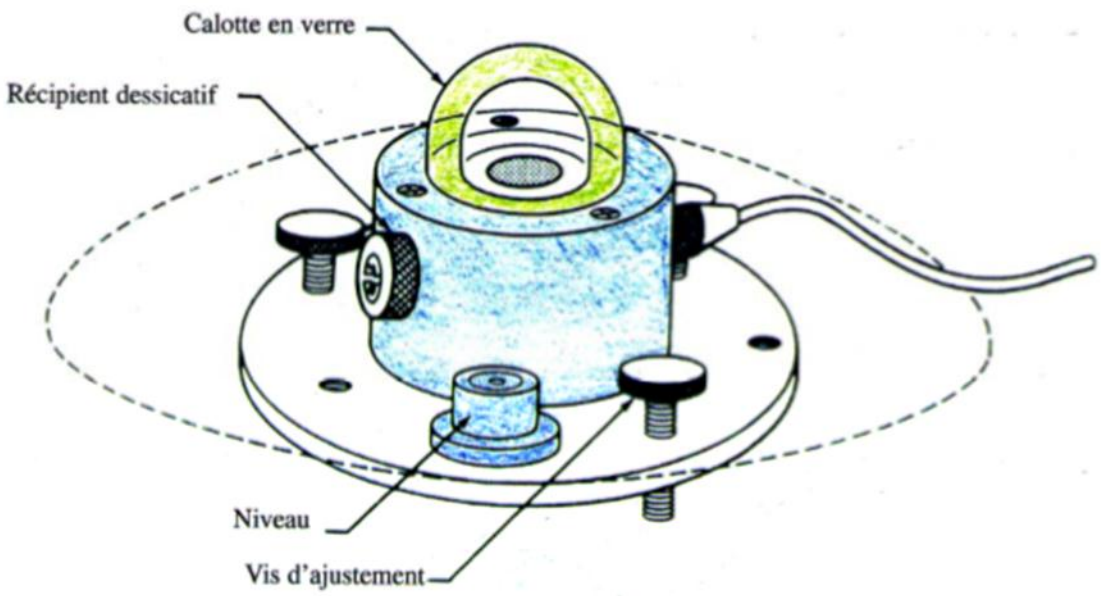


Figure : Croquis d'un pyranomètre

Entre la température due à la lumière solaire absorbée et celle de l'environnement, il y a une différence de température ΔT qui est proportionnelle à l'énergie absorbée.

A.3. Le Pyrhéliomètre : Mesure de l'Irradiation Solaire Directe

C'est un instrument pour mesurer l'irradiation directe. Cet appareil est doté, par rapport au rayonnement solaire, d'une surface normale de réception et d'un angle du champs de vision réduit (<12°).

$I = S / \cos\theta = S / \sin H$

Angle du champs de vision : réduit <12°

Bande : onde courte

Etendue : 0.2 – 3.0µm

L'énergie arrive au pyrhéliomètre par un tube venant d'un disque solaire et d'un anneau concentrique. La version la plus utilisée est le pyrhéliomètre à disque d'argent, qui comprend, comme son nom l'indique, un disque d'argent noirci, placé à la face inférieure d'un tube, avec un diaphragme limitant l'angle d'ouverture. La température est mesurée à intervalles régulier (Figure)

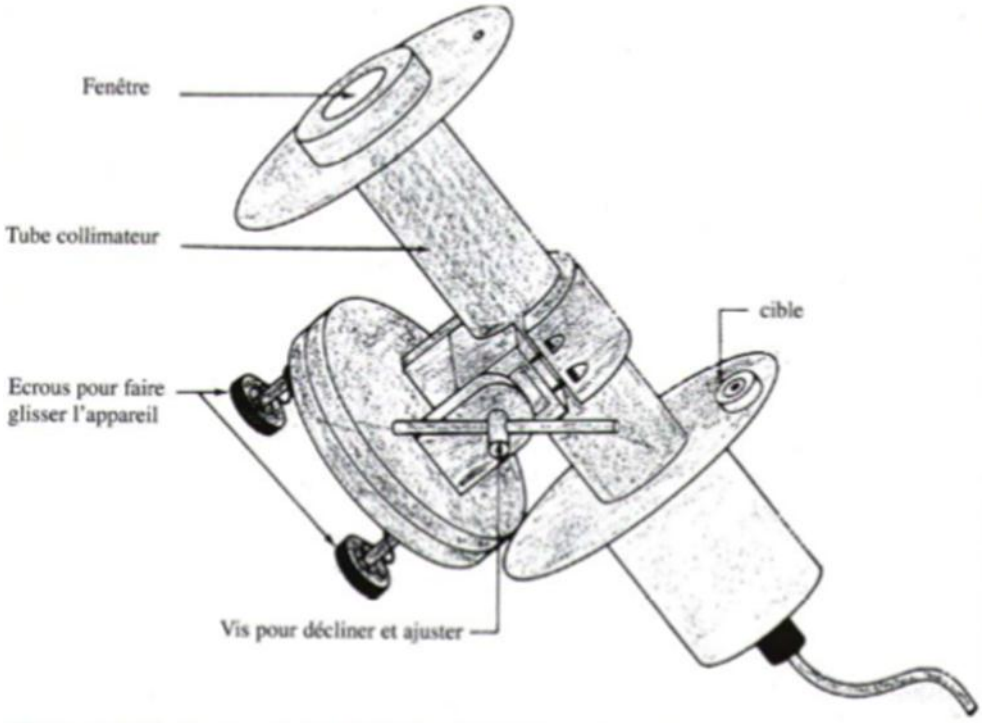
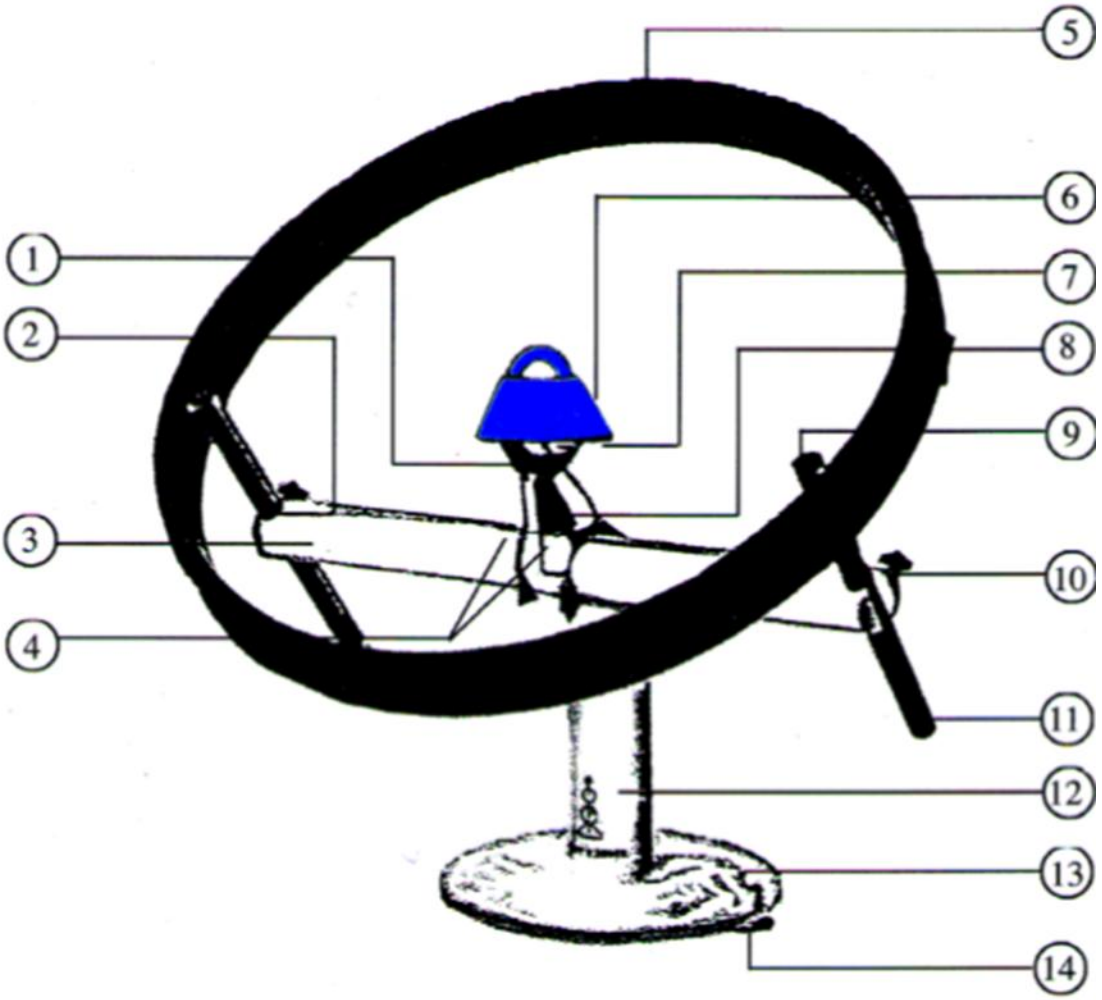


Figure : Croquis d'un Pyrhéliomètre

A.4. Pyranomètre Spécial pour Mesurer l'Irradiation Diffuse :

Le rayonnement diffus est mesuré par un pyranomètre équipé d'un écran servant à occulter le rayonnement direct. La figure 50 représente le croquis d'un tel dispositif.



(1) Boîtier
(2) échelle en mm
(3) poutrelle transversale
(4) boulon de sécurité
(5) anneau servant d'ombrage
(6) pyranomètre
(7) balance de nivellement
(8) porte-pyranomètre
(9) cheville
(10) vis de fixation
(11) levier de réglage
(12) support
(13) pied
(14) vis de nivellement

Figure : Croquis d'un Pyranomètre Spécial pour Mesurer l'Irradiation Diffuse

Annexe (B)

Toutes les propriétés thermo-physiques qui sont utilises dans l'analyse thermique du concentrateur cylindro-parabolique sont en fonction de la température moyenne du fluide caloporteur, Tf pour le Therminol VP-1 et T moy,annulaire avec , T moy annulaire 0,5.(Tab ;Tab), (les
températures sont en Kelvin) **[24].**

B.1. Propriétés thermo physique de l'air

La densité

T moy,annulaire < 500

$$\rho_{air} = 8{,}55135 - 0{,}07367 \times T_{moy,annulair} + 2{,}8952 \times 10^{-4} \times T^2_{moy,annulair} - 5{,}28275 \times 10^{-7} \times T^3_{moy,annulair} + 3{,}62497 \times 10^{-10} \times T^4_{moy,annulair}$$

T moy,annulaire >500

$$\rho_{air} = 7{,}50785 - 0{,}05612 \times T_{moy,annulair} + 1{,}96255 \times 10^{-4} \times T^2_{moy,annulair} - 3{,}46183 \times 10^{-7} \times T^3_{moy,annulair} + 2.97588 \times 10^{-10} \times T^4_{moy,annulair} - 9{,}89255 \times 10^{-14} \times T^5_{moy,annulair}$$

La chaleur spécifique

$$cp_{air} = 1075{,}07062 - 0{,}55477 \times T_{moy,annulair} + 0{,}001335 \times T^2_{moy,annulair} - 9{,}589955 \times 10^{-7} \times T^3_{moy,annulair} + 2.30819 \times 10^{-10} \times T^4_{moy,annulair}$$

La viscosité dynamique

$$\mu_{air} = 1{,}2885 \times 10^{-6} - 6{,}60387 \times 10^{-8} \times T_{moy,annulair} - 3{,}31371 \times 10^{-11} \times T^2_{moy,annulair} + 9{,}17685 \times 10^{-15} \times T^3_{moy,annulair}$$

La viscosité cinématique

$$\alpha_{air} = -2{,}83529 \times 10^{-6} + 3{,}01256 \times 10^{-8} \times T_{moy,annulair} + 1{,}12534 \times 10^{-10} \times T^{2}_{moy,annulair} + 9{,}17685 \times 10^{-15} \times T^{3}_{moy,annulair}$$

La conductivité thermique

$$k_{air} = -0{,}00226 + 1{,}2417 \times 10^{-4} \times T_{moy,annulair} - 1{,}2332 \times 10^{-7} \times T^{2}_{moy,annulair} + 9{,}9309 \times 10^{-11} \times T^{3}_{moy,annulair} - 3{,}01751 \times 10^{-14} \times T^{4}_{moy,annulair}$$

Références bibliographiques

Références bibliographiques

[1] C. voyant, prédiction de séries temporelles de rayonnement solaire global et de production d'énergie photovoltaïque à partir de réseaux de neurones artificiels, thèse doctorat, université de Corse-Pascal Paoli, France, (2011).

[2] F.A. peuser, K.H.remmers, M.schanauss, installations solaires thermiques conception et mise en œuvre, (2005).

[3] J. bernard, énergie solaire calculs et optimisation, nouvelle édition, (2011).

[4] J.E. Braun et JC. Mitchell, solar geometry for fixed and tracking surface, edition: solar energy laboratory, 1983

[5] Y. Jannot, cours de transfert thermique, thermique solaire, édition : Mac Graw Hill, octobre 2003

[6] Ahmed Khedim, l'énergie solaire et utilisation sous sa forme thermique et photovoltaïque, éditions : centre de publication universitaire ,2003

[7] J .Bernard, énergie solaire calculs et optimisations, édition : ellipses, 2004

[8] S, C, Mullick ; S, K, Nanda. An improved technique for computing the heat loss factor of a tubular absorber, Solar Energy. Vol.30, N° 1, pp 390- 444. (1989).

[9] Arirabl, active solar collectors and their applications, New York Oxford university press, (1985).

[10] Z. jagoo, tracking solar concentrators a mow budget solution,(2013).

[11] F.muhammad-sukki, R. ramirez-iniguez, S.G. mc meekin, B.G. stewart & B. clive, solar concentrator, international journal of applied Sciences (IJAS).

[12] Marif.Y, Benmoussa. H, Bouguettaia. H, Bechki. D, Belhadj. M. M, Boughali. S, 2010. Concentrateur cylindro-parabolique et ses applications dans le sud algérien.

[13] J .Bernard, énergie solaire calculs et optimisations, édition : ellipses, 2004

[14]. S, A, Kalogirou. Solar thermal collectors and applications, Progress in Energy and Combustion Science N° 30 , pp. 231-295 , (2004).

[15] Z, Haddad. Etude du couplage d'un distillateur solaire avec un capteur plan, thèse de magistère, Université de Constantine. (2006).

[16] N.ESKIN, transient performance analysis of cylindrical parabolic concentrating collectors and comparision with expérimental résults ,thése,1999

[17] L, Lacas. Le guide des énergies douces. le soleil, la maison solaire, le vent, la biomasse, la géothermie, l'énergie hydraulique, Dargaud Editeur. (1980).

[18]. S, A, Kalogirou. Solar thermal collectors and applications, Progress in Energy and

Combustion Science N° 30 , pp. 231-295 , (2004).

[19] J, Bernard. Energie solaire, calculs et optimisation. Ellipse Edition Marketing. Paris. (2004).

[20] S, M, Jeter ; D, I, Jarrar and S, A, Moustafa. Geometrical effects on the performance of trough collectors. Solar Energy. vol 30 N° 2.pp.109-113.(1983).

[21] I, Zeghib. Etude et réalisation d'un concentrateur solaire parabolique, thèse de magistère, Université de Constantine. (2005).

[22] Bonnet, M. Alphilippe, P. Stouffs. Conversion thermodynamique de l'énergie solaire dans des installations de faible ou de moyenne puissance : Réflexion sur choix du meilleur degré de concentration. Rev. Energ.Ren : 11ème Journées internationales de thermique. p.73-80 (2003).

[23] Stuetzele, T.A Automatic Control of the 30 MWe SEGS VI Parabolic Trough Plant. Thesis of Master of Science (2002).

[24] Hamani, N. Modélisation du flux solaire incident et de la température de sortie dans un capteur solaire à eau avec effet de concentration du rayonnement solaire incident. Thèse de magister. Université de Biskra(2005).

[25] Eskin, N. Transient Performance Analysis of Cylindrical Parabolic Concentrating Collectors and Comparison with Experimental Results. Energy Conversion and Management vol 40:175 – 191 (1999).

[26] Lienhard IV, J.H., J.H. Lienhard V. A HEAT TRANFER TEXTBOOK third Edition (2003).

[27] Ammari, H.D., Y.L. Nimir (2003) Experimental and theoretical of performance of a tar water heater. Energy Conversion and Management vol 44:3037-3055 (2003) .

[28] Incropera, F.P., D.P. Witt Fundamentals of Heat and Mass Transfer. John Wiley & Sons. Inc. New York (1996).

[29] F, Kreith ; J, F, Kreider. Principales of solar engineering, Mc Graw-Hill Book Compagny, New York. (1978).

Résumé

ملخص

قمنا في هذا الانجاز المتواضع بدراسة توضيحية نظرية حول المركز الشمسي المكافئ ذو الحوض الاسطواني، حيث تطرقنا فيه لمعرفة الاشعاع الشمسي وماهيته ومكوناته والعوامل المؤثرة في شدته وتعرفنا كذلك على أهم العلاقات الرياضية الهامة في حساب شدة الإشعاع الشمسي، بالإضافة إلى دراسة وصفية حول المركز الشمسي المكافئ ذو الحوض الاسطواني أبرزنا فيها مكوناته وخصائصه البنيوية، كما قمنا أيضا بدراسته من جهة الكفاءة الطاقية، وتطرقنا كذلك إلى أهم العلاقات الطاقوية الخاصة بالجهاز.

استخلصنا من خلال ما قمنا به في بحثنا أن هذا الجهاز صالح للاستخدام في أغلب المناطق بالجزائر لمردوده العالي الذي يتناسب مع إحداثياتنا الجغرافية.

الكلمات المفتاحية : مكثف شمسي حوض اسطواني، درجة حرارة السوائل، الإشعاع الشمسي.

Résumé

Dans cette modeste réalisation, nous avons brièvement illustré Le concentrateur cylindre-parabolique (CCP), où nous avons étudié le rayonnement solaire, de sa nature, de ses composants et des facteurs influant sur son intensité, ainsi que des relations mathématiques les plus importantes pour le calcul de l'intensité du rayonnement solaire , une étude descriptive sur le concentrateur cylindre-parabolique (CCP) a été présentée , nous avons mis en évidence ses composants et ses caractéristiques énergétique, ainsi ces efficacités énergétiques, ainsi que les principales relations énergétiques de l'appareil.

Nos recherches nous ont permis de conclure que ce dispositif convient à une utilisation dans la plupart des régions de l'Algérie en raison de ses rendements élevés qui conviennent à notre situation géographique.

Mots clés: Capteur Cylindro-Parabolique, Température de fluide, Rayonnement Solaire.

Abstract

In this modest realization, we briefly illustrated the cylindro-parabolic concentrator, where we discussed solar radiation, its nature, its components and the factors influencing its intensity, as well as the most important mathematical relationships for the calculation. the intensity of solar radiation, In addition to a descriptive study on the cylindro-parabolic concentrator, we have highlighted its components and structural features, as well as the views of energy efficiency, as well as the main energy relationships of the device.

Our research has led us to conclude that this device is suitable for use in most parts of Algeria because of its high yields that suit our geographical location

Mots clés: Capteur Cylindro-Parabolique, Température de fluide, Rayonnement Solaire