

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



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Énergies renouvelables

Thème

**ETUDE D'UN SYSTEME DE REGULATION DE
TEMPERATURE DANS UN CONCENTRATEUR SOLAIRE .**

Devant le jury composé de :Présenté par :

Aoun Yacine

Président

- Berra Abdelbaki

Laouini abdeljalil

Examineur

- Fethiza Ali Abderrahim

Zine Ali

Encadreur

- Zengui Mosbah

2018-2019

Nomenclature

Paramètre	Nom	Unité
S	Durée d'insolation mesurée	Heures
S_0	Durée maximale d'insolation	Heures
σ	Fraction d'insolation	-
h	Constante de Planck	-
k	Constante de Boltzmann	-
c	Célérité de la lumière	-
T	Température en Kelvin	[K]
F	distance focale	[m]
Ψ	angle d'ouverture de la parabole	[°]
D	Diamètre d'ouverture de la parabole	[m]
h	Hauteur angulaire du soleil	[°]
A	Latitude	[°]
A_0	Surface d'ouverture	[m ²]
a	Azimut	[°]
Π	constante d'Archimède	-
Z	Altitude	Km

Liste des figures

Figure II-1 La structure du soleil [10].....	12
Figure I-1 Schématisation des mouvements de la Terre autour du Soleil [14].....	15
Figure I-2 Mouvement apparent du Soleil observé d'un point de latitude L [15]	16
Figure I-3 Repérage de la position du Soleil. [14].....	17
Figure II-2 Irradiation directe journalière en Algérie (Juillet). [15]	21
Figure III-1: Irradiation solaire moyenne[5].....	21
Figure III-2 : Principales technologies de concentration solaire[5].....	22
Figure III-3. Les centrales à capteur cylindro-parabolique [6]	23
Figure III-4 Centrale à tour [6].....	24
Figure III-5 Les centrales à capteurs paraboliques[6].....	25
Figure III-6 système parabole-moteur Stirling [6].....	26
Figure IV-1 Le cadre de fixation.....	35
Figure IV-2 Les pignons	36
Figure IV-3 les plaques opposées.....	37
Figure IV-4 les tiges filetées	38
Figure IV-5 le moteur électrique.....	39
Figure IV-6 la batterie	39
Figure IV-7 les roulements.....	40
Figure IV-8 Le support.....	41
Figure IV-9 la plaque en fer récepteur	42
Figure IV-10 Installation finale du système.....	43
Figure IV-11 le Multimètre	43
Figure IV-12 le thermocouple.....	44
Figure IV-13 La concentrateur parabolique utilisé	45

Figure IV-14 Le système est installé sur le concentrateur parabolique	46
Figure IV-15 la variation de la température en fonction du temps (26/05/2019 pour $T=90^{\circ}\text{C}$)	47
Figure IV-16 la variation de la température en fonction du temps (26/05/2019 pour $T=130^{\circ}\text{C}$)	47
Figure IV-17 la variation de la température en fonction du temps (09/06/2019 pour une ouverture 1cm^2)	49
Figure IV-18 la variation de la température en fonction du temps (09/06/2019 pour une ouverture 4cm^2)	49
Figure IV-19 la variation de la température en fonction du temps (09/06/2019 pour une ouverture 16cm^2)	50
Figure IV-20 la variation de la température en fonction du temps (09/06/2019 pour une ouverture 36cm^2)	50
Figure IV-21 la variation de la température en fonction du temps (10/06/2019 pour une ouverture 1cm^2)	51
Figure IV-22 la variation de la température en fonction du temps (10/06/2019 pour une ouverture 4cm^2)	52
Figure IV-23 la variation de la température en fonction du temps (10/06/2019 pour une ouverture 16cm^2)	52
Figure IV-24 la variation de la température en fonction du temps (10/06/2019 pour une ouverture 36cm^2)	53

Liste des tableaux

Tableau II-2 ensoleillement du territoire algérien [15]	20
---	----

Table des matières

Remerciements	ix
Dédicaces	ix
Nomenclature	ix
Liste des figures.....	ix
Liste des tableaux	ix
Introduction générale :	5
I. Généralité sur l'énergie solaire.....	11
I.1. Introduction :	11
I.2. Le soleil :	11
I.3. Constante Solaire :	13
I.4. Durée et taux d'ensoleillement :	13
I.4.1. Durée d'ensoleillement :	13
I.4.2. Taux d'ensoleillement :	14
I.5. Rayonnement solaire :	14
I.5.1. Aspects géométriques :	14
I.5.2. Mouvements de la Terre :	15
I.5.3. Mouvement apparent du Soleil :	15
I.5.4. Longitude (L) :	16
I.5.5. Latitude (l) :	16
I.6. Heures et temps :	18
I.6.1. Durée du jour :	18
I.6.2. Relation entre temps légal et temps solaire :	18
I.7. L'énergie solaire :	18

I.8. Applications thermiques de l'énergie solaire :	18
1.8.1. Chauffage des piscines :	19
1.8.2. L'eau chaude solaire :	19
1.8.3. La cuisinière solaire :	19
1.8.4. La distillation solaire :	19
1.8.5. Les fours solaires :	20
I.9. Potentiel solaire d'Algérie :	20
II. Les concentrateurs solaire :	20
II.1. Introduction :	20
II.2. Aperçu de la technologie :	20
II.3. Technologies solaire à concentration :	22
II.3.1. Les centrales à capteur cylindro-parabolique :	22
II.3.2. Centrale à tour :	23
II.3.3. Les centrales à capteurs paraboliques :	24
Figure III-5 Les centrales à capteurs paraboliques[6]	25
II.4. Quelques exemples d'applications des concentrateurs paraboliques :	25
II.4.1. Le système parabole-moteur Stirling :	25
II.4.2. La Thermoélectricité solaire :	26
II.4.3. Détoxification solaire :	26
II.5. Conclusion :	27
III. Partie expérimentale et résultats :	34
III.1. Introduction :	34

III.2. Description et réalisation du système de régulation de la température d'un concentrateur solaire parabolique :	34
III.3. Les composants de système :	34
III.3.1. Le cadre de fixation :	34
III.3.2. Les pignons :	35
III.3.3. Les plaques opposées :	36
III.3.4. Les tiges filetées :	38
III.3.5. Le moteur électrique :	38
III.3.6. La batterie :	39
III.3.7. Les roulements :	40
III.3.8. Le support :	41
III.3.9. La plaque en fer récepteur :	41
III.4. Mode d'installation :	42
III.5. Les instruments de mesure :	43
III.5.1. Le Multimètre :	43
III.5.2. Le thermocouple :	44
III.6. Le concentrateur solaire utilisé :	44
III.7. Procédures d'essai :	45
III.8. L'expérimentation de système de régulation :	46
Conclusion générale :	54
Référence	55
Le résumé	57

Le résumé

Il est clair que les concentrateurs solaires permettent l'utilisation de l'énergie solaire dans de multiples applications, et cela va permettre de réduire les coûts de l'utilisation d'énergie. et tant que la degré de la température dans le point focal d'un concentrateur solaire peut atteindre à 600°, tandis que nous besoin des degrés inférieures, un système de régulation de température est nécessaire de placer, ce système mobile peut contrôler les quantités des rayons solaires pénétrés au point focal, donc la possibilité de contrôler la degré de température selon le besoin, alors notre étude est consacrée de réaliser un système de régulation de température et le soumettre à quelques tests et expériences .

Les mots clés : le rayonnement solaire - le concentrateur solaire parabolique – énergie propre - point focal – système de régulation.

The abstract

It is clear that solar concentrators allow the use of solar energy in multiple applications, and this will reduce the cost of energy use. and as long as the temperature in the focal point of a solar concentrator can reach 600 °, while we need lower degrees, a temperature control system is necessary to place, this mobile system can control the quantities of solar rays penetrated at the focal point, so the ability to control the degree of temperature as needed, so our study is dedicated to realize a temperature control system and submit it to some tests and experiments.

Key words: solar radiation - parabolic solar concentrator - clean energy - focal point - regulation system.

المخلص

من الواضح أن المجمعات الشمسية تسمح باستخدام الطاقة الشمسية في تطبيقات متعددة، وهذا من شأنه التقليل من تكلفة استخدام الطاقة، وطالما أن درجة الحرارة في النقطة المحورية لمركز المجمع الشمسي يمكن أن تصل إلى 600 °، بينما نحتاج إلى درجات منخفضة، يصبح من الضروري وضع نظام للتحكم في درجة الحرارة، يمكن لهذا النظام المتحرك التحكم في كمية الأشعة الشمسية في النقطة المحورية، وبالتالي القدرة على التحكم في درجة الحرارة حسب الحاجة، لذلك تركز دراستنا لتحقيق وإنجاز نظام التحكم في درجة الحرارة وإخضاعه إلى بعض الاختبارات والتجارب.

الكلمات المفتاحية : الإشعاع الشمسي - المجمع الشمسي المكافئ - الطاقة النظيفة - النقطة المحورية - نظام التعديل والتحكم.

Introduction générale :

Les énergies renouvelables sont pour toujours un grand enjeu pour beaucoup de pays du monde (énergies propres et amies de l'environnement) y compris l'Algérie ,pays digne d'être parmi les pionniers dans le domaine des énergies renouvelables s'il arrive à bien exploiter sa bonne situation géographique .

Parmi ces énergies, on peut citer l'énergie solaire utilisée pour la production de l'électricité par le biais des plaques photovoltaïques et pour le chauffage de l'eau et de l'air.

Il est important de dire qu'on peut disposer de plusieurs types de concentrateurs solaires dont "les concentrateurs paraboliques" qui caractérisent par le haut degré de température très peut atteindre ou dépasser les 600°C au niveau du point focal , chose qui peut empêcher de produire une quantité inférieure (200°C par exemple).

Parmi les études qui ont traité le sujet des concentrateurs solaires, on peut citer :

Alain FERRIERE et Gilles FLAMANT :Captation, transformation et conversion de l'énergie solaire par les technologies à concentration [1], H. DERBAL, M. BELHAMEL et A. BENZAOUI : Conversion Solaire Thermique à Concentration les Concentrateurs Solaires Cylindro-Paraboliques.[2] Jean-Louis BOUVIER, Ghislain MICHAUX, Patrick SALAGNAC : Étude expérimentale d'un concentrateur solaire parabolique à génération directe de vapeur alimentant une centrale de micro-cogénération[3], Toufik ARRIF : Étude numérique d'un récepteur solaire pour des systèmes avec effet de concentration[4],Safa SKOURI :Contribution à l'Étude des Concentrateurs Solaires[5] .

Pour résoudre ce problème, nous avons essayé de réaliser un système thermique qui peut réguler la température selon le besoin.

Dans notre mémoire, nous allons essayer de concrétiser ce système, de citer ses différents composants , de montrer la façon de son maniement et de son expérimentation afin de savoir :

-son taux d'efficacité

-sa capacité de diminuer le degré de température au niveau du point focal.

Pour cela, nous avons suivi le plan ci-dessous :

- Chapitre I : Notions Fondamentales sur le Rayonnement Solaire,

Dans ce chapitre nous avons parlé en général sur le rayonnement solaire, dans lequel nous avons expliqué les aspects géométriques du rayonnement solaire et le mouvement de la terre en clarifiant exactement la différence entre longitude et latitude.

- Chapitre II : Généralité sur l'énergie solaire,

Ou nous avons donné la définition de l'énergie et le rayonnement solaire en présentant quelques exemples sur l'application thermique de l'énergie solaire, et en rappelant de le potentiel solaire de l'Algérie

- Chapitre III : Les concentrateurs solaire

Dans cette partie nous avons basé sur la technologie solaire à concentration sans oublier de citer les différents types de concentrateurs solaires et leurs applications, en fin nous donné les modélisations thermiques d'un concentrateur solaire.

- Chapitre IV : partie expérimentale et résultats.

Dans cette partie nous avons réalisé une expérience sur terrain illustrée à une fabrication d'un système de régulation de température fixé dans un concentrateur solaire parabolique et le soumettre à quelques tests, en concluant les résultats obtenus, et en donnant les interprétations nécessaires.

I. Généralité sur l'énergie solaire

I.1. Introduction :

L'énergie solaire, qui se caractérise par une absence de pollution, par sa disponibilité fait l'objet d'un grand intérêt ces dernières années. En effet, les systèmes d'exploitation qui utilisent cette forme d'énergie demandent une légère maintenance et présentent une bonne fiabilité de fonctionnement, une autonomie de plus en plus accrue, une résistance extrême aux conditions naturelles (température, humidité, vent, corrosion, etc.), et donc une grande longévité.

Il apparaît dès lors que l'énergie solaire peut apporter de réelles solutions aux divers problèmes qui se posent actuellement concernant les changements climatiques, les crises énergétiques,....

L'énergie solaire est utilisée de manières différentes, soit dans les systèmes photovoltaïques pour la production d'électricité ou soit dans les systèmes thermiques (chauffe-eau solaires) pour la production d'eau chaude, domaine où elle connaît un développement considérable particulièrement dans le secteur de l'habitat.[1]

I.2. Le soleil :

Le soleil est une sphère avec une matière extrêmement chaude et gazeuse avec un diamètre de 1,39. 10⁹m et est à distance moyenne de 1,49. 10¹¹m de la terre. Comme vu de la terre, le soleil tourne autour de son axe une fois toutes les quatre semaines, cependant il ne tourne pas comme un corps solide; une rotation est faite en 27 jours à l'équateur et en 30 aux régions polaires. Le soleil est considéré comme un corps noir avec une température effective de 5777K. La température des régions intérieures centrales est de l'ordre de 8.10⁶ à 40.10⁶ K et la densité est estimée à 100 fois celle de l'eau. Le soleil est en effet, un réacteur de fusion continu avec ses constituants sous forme gazeuse retenue par des forces gravitationnelles, plusieurs réactions de fusion sont déclenchées pour intensifier l'énergie rayonnée par le soleil. Le processus le plus important est la transformation de l'hydrogène en hélium par une réaction thermonucléaire. Cependant, comme la masse du noyau de l'hélium est moins lourde que celle de quatre protons d'hydrogène, la masse perdue dans la réaction thermonucléaire est convertie en énergie.

L'énergie produite à l'intérieur de la sphère solaire à une température de l'ordre de plusieurs millions de degrés est transférée à la surface extérieure puis transférée par rayonnement dans l'espace. Les processus radiatif et convectif sont le résultat des états successifs d'émission, d'absorption et de radiation; la gamme de spectre de rayonnement dans le noyau du soleil est comprise entre la longueur d'onde des rayons X et celle des rayons gamma, avec une longueur d'onde de radiation qui augmente suivant la diminution de la température à de grandes distances.

Dans la structure schématique du soleil illustré dans la figure I.1, il est estimé que 90% de l'énergie est générée dans la région du disque solaire située entre 0 et $0,23R$, où R le rayon du soleil, qui représente 40% de la masse du soleil. A distance de $0,7R$ du centre, la température diminue d'environ 130 000 K et la densité de 70 kg/m^3 ; Là, le processus convectif du soleil devient important et la zone comprise entre $0,7$ et $1,0R$ est appelée : zone convective. Dans cette zone, la température diminue d'environ 5000 K et la densité d'environ 10^{-5} kg/m^3 .

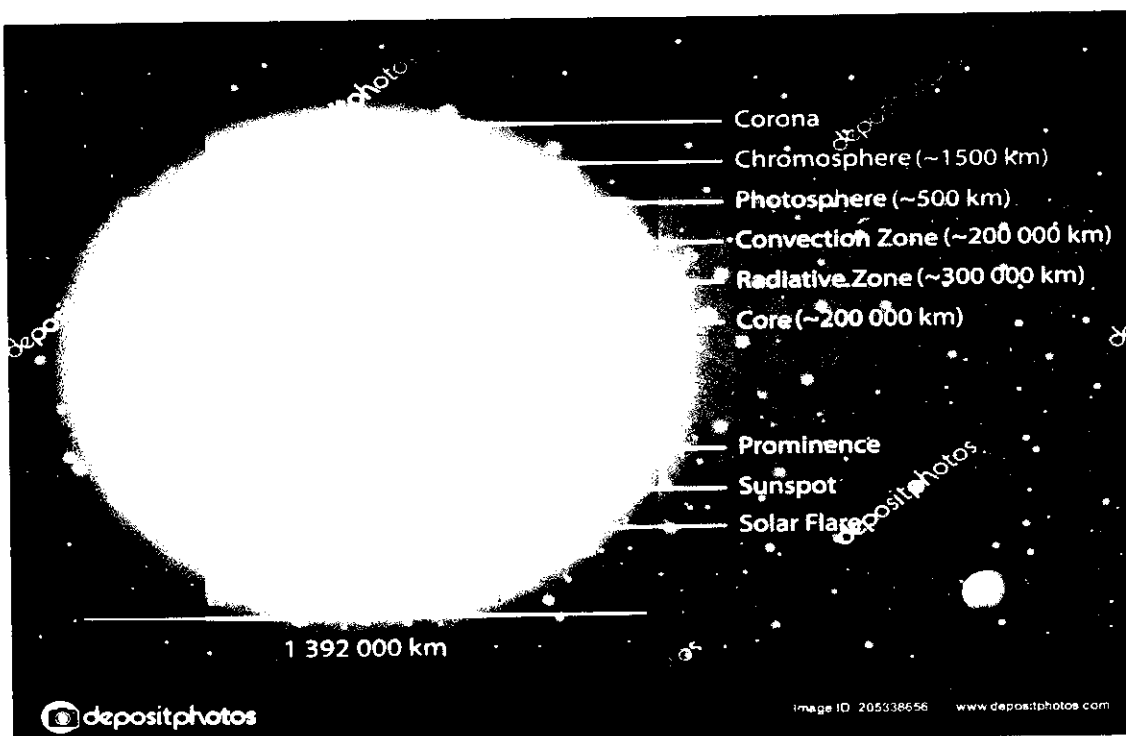


Figure I-1 La structure du soleil [10]

La surface apparente du soleil est constituée de granules (cellules convectives irrégulières), avec des dimensions de l'ordre de 1000 à 3000 km et leur durée de vie est estimée à quelques minutes. Les autres formes à la surface du soleil sont de petites aires opaques qui s'appellent pores.

A des dimensions équivalentes à celles des cellules convectives, il existe d'autres aires opaques avec des dimensions variables qui s'appellent taches solaires. La couche extérieure de la zone convective s'appelle photosphère, sa densité est très faible (environ 10^{-4} celle de l'air au niveau de la mer). Cette couche est composée de gaz à forte ionisation qui peut absorber et émettre des radiations de spectre continue. La photosphère est la source de la plupart des radiations solaires.

Il est généralement admis que le rayonnement solaire est produit par un phénomène thermonucléaire contrôlé de transformation de l'hydrogène en hélium (de hélios = soleil) : les noyaux des atomes de deutérium et de tritium (isotopes de l'hydrogène) fusionnent en libérant de l'énergie. La réaction est schématiquement la suivante : Deutérium + Tritium = Hélium + Neutron + 17,6 MeV.[2]

I.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 anomalie de l'orbite terrestre qui est d'environ 1,7%. La constante solaire est une valeur moyenne du flux solaire reçu à la limite récepteur de l'atmosphère terrestre, sa valeur est estimée à 1367 W/m.[2]

I.4. Durée et taux d'ensoleillement :

I.4.1. Durée d'ensoleillement :

Selon les conditions atmosphériques, le ciel peut être plus ou moins couvert de nuages au cours d'une journée. Ceux-ci occultent le Soleil, totalement ou partiellement, empêchant ainsi le rayonnement d'atteindre directement le sol. On dit que la nébulosité est plus ou moins importante selon qu'il y a beaucoup ou peu de nuages. On appelle durée effective

d'enseillement ou insolation (SS) le temps pendant lequel, au cours d'une journée, le rayonnement solaire direct a atteint le sol du lieu considéré. On appelle rayonnement direct le rayonnement qui atteint la surface terrestre sans avoir subi de déviation depuis son émission par le Soleil.

1.4.2. Taux d'enseillement :

Par ciel clair sans nuages, le sol reçoit le rayonnement solaire direct pendant toute la durée du jour, ou plus précisément pendant la durée maximale d'enseillement SS_0 . On appelle taux d'enseillement ou taux d'insolation le rapport entre la durée effective et la durée maximale d'enseillement.

$$\sigma = \frac{SS}{SS_0} \quad (3)$$

La durée maximale d'enseillement (SS_0) pour un site dégagé peut être prise égale à la durée du jour calculée par la formule (1.2). La durée maximale d'enseillement (SS_0) pour un site dégagé peut être prise égale à la durée du jour calculée par la formule (2).

1.5. Rayonnement solaire :

Le soleil est une sphère gazeuse composée presque totalement d'hydrogène. Son diamètre est de 1 391 000 km (100 fois celui de la Terre), sa masse est de l'ordre de 2.1027Tonnes. Toute l'énergie du Soleil provient de réactions thermo-nucléaires qui s'y produisent. Elles transforment à chaque seconde 5,64.108 Tonnes d'hydrogène en 5,60.108 Tonnes d'Hélium. La Terre étant à une distance de 1,50.108 Km du Soleil. La valeur du flux de rayonnement solaire (I) reçu par une surface perpendiculaire aux rayons solaires placée à la limite supérieure de l'atmosphère terrestre (soit à environ 80 km d'altitude) varie au cours de l'année avec la distance Terre/Soleil. [17]

1.5.1. Aspects géométriques :

Nous allons nous intéresser ici aux aspects géométriques du rayonnement solaire intercepté par la Terre dans le but ultérieur de calculer le flux reçu par un plan incliné placé à la surface de la Terre et orienté dans une direction fixée. La connaissance de ce flux est la base du dimensionnement de tout système solaire.

1.5.2. Mouvements de la Terre :

La trajectoire de la Terre autour du Soleil est une ellipse dont le Soleil est l'un des foyers. Le plan de cette ellipse est appelé l'écliptique. L'excentricité de cette ellipse est faible ce qui fait que la distance Terre/Soleil ne varie que de $\pm 1,7\%$ par rapport à la distance moyenne qui est de $1,49.10^8$ Km. La Terre tourne également sur elle-même autour d'un axe appelé l'axe des pôles. Le plan perpendiculaire à l'axe des pôles et passant par le centre de la Terre est appelé l'équateur. L'axe des pôles n'est pas perpendiculaire à l'écliptique : l'équateur et l'écliptique font entre eux un angle appelé inclinaison et qui vaut $23^{\circ}27'$. Les mouvements de la Terre autour de son axe et autour du Soleil sont schématisés sur la (figure I.1). [14]

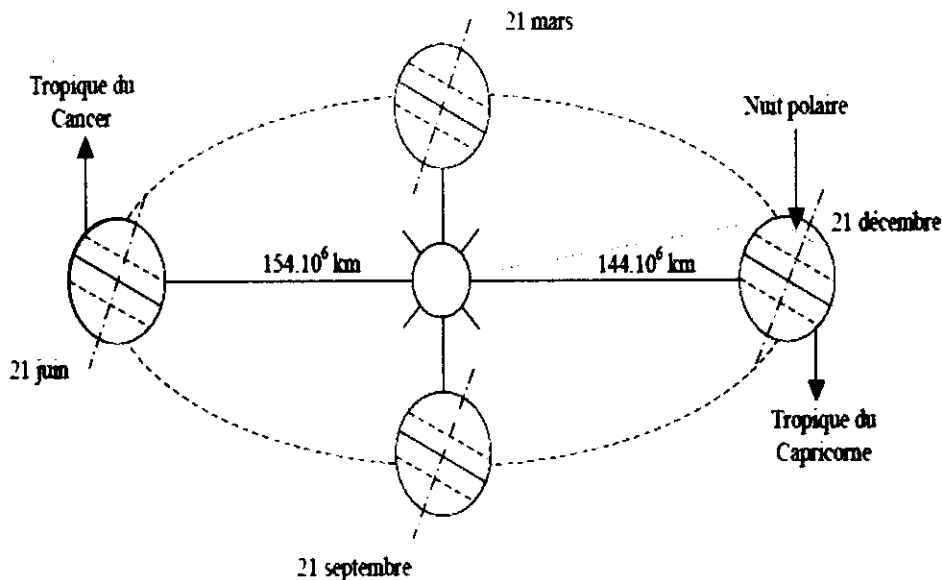


Figure I-2 Schématisation des mouvements de la Terre autour du Soleil [14]

1.5.3. Mouvement apparent du Soleil :

Le mouvement apparent du Soleil vu par un observateur fixe en un point de latitude L au nord de l'équateur est représenté sur la figure (I.2) Un point à la surface de la terre est localisé par deux coordonnées angulaires : la latitude l et la longitude L .

I.5.4. Longitude (L) :

C'est la mesure de l'angle entre le méridien du lieu et le méridien origine des longitudes (Greenwich en Angleterre). Les régions qui sont situées à l'Est sont comptées avec le signe +. Le grand arc de cercle qui joint le pôle Nord, Greenwich et le pôle Sud s'appelle méridien origine. Il y a 23 méridiens séparés de 15° donnant naissance aux 24 fuseaux horaires.

I.5.5. Latitude (l) :

La latitude l permet de localiser la distance angulaire d'un point arbitraire par rapport à l'équateur. Elle change de 0° à l'équateur à 90° au pôle Nord. [18] La durée du jour est de 12h aux équinoxes, elle est inférieure à 12h entre le 21 septembre et le 21 mars, supérieure à 12h entre le 21 mars et le 21 septembre.[15]

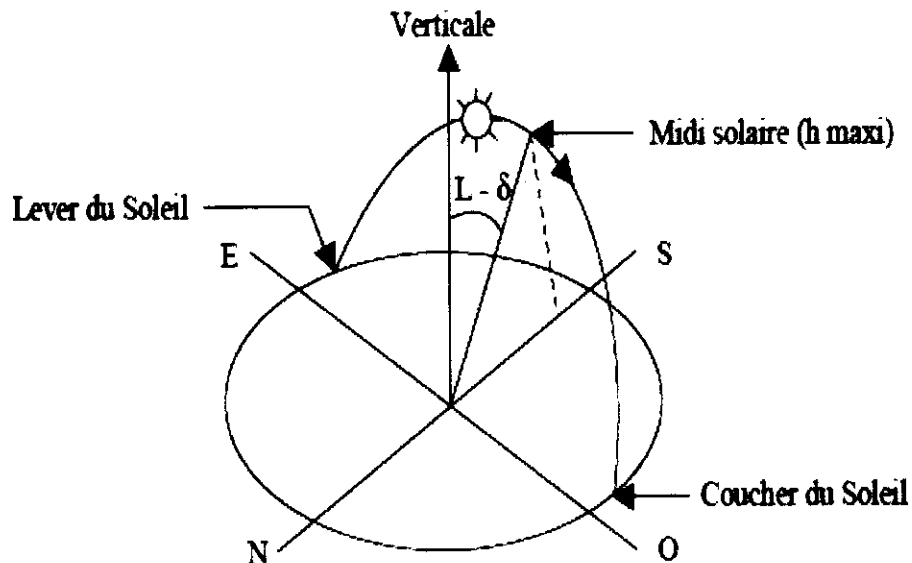


Figure I-3 Mouvement apparent du Soleil observé d'un point de latitude L [15]

Le repérage du Soleil s'effectue par l'intermédiaire de deux angles :

- L'azimut γ : c'est l'angle que fait la direction de la projection du Soleil sur le plan horizontal avec la direction Sud, cet angle étant orienté positivement vers l'Ouest.
- La hauteur h du Soleil : c'est l'angle que fait la direction du Soleil avec sa projection sur un plan horizontal. [14]

Ces deux angles sont représentés sur la figure I.3

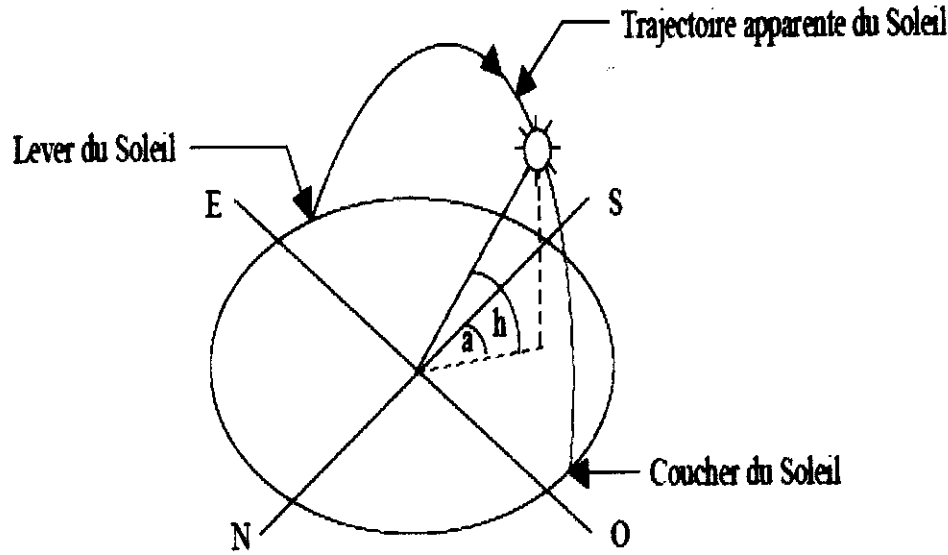


Figure I-4 Repérage de la position du Soleil. [14]

Ces deux angles sont fonction de :

- La latitude L du lieu
- La date N (numéro du jour de l'année)
- L'heure solaire TS dans la journée.

La latitude L et la date N servent à déterminer la trajectoire du Soleil dans le ciel et l'heure TS donne sa position instantanée sur cette trajectoire. On définit le jour comme le temps mis par la Terre pour effectuer un tour sur elle-même. Un jour a été divisé en 24h et on a défini l'heure solaire TS en fixant $TS = 12h$ lorsque la hauteur du Soleil est maximale (le Soleil est à son « zénith »).

1.6. Heures et temps :

1.6.1. Durée du jour :

Le module ω_s de l'angle horaire au lever du Soleil s'obtient en écrivant $\sin(h) = 0$ dans la formule (1), ce qui conduit à :

$$\cos(\omega_s) = -\tan(L) \tan(\delta) \quad (1)$$

L'heure solaire au lever du Soleil a donc pour valeur :

L'angle horaire ω_s au coucher du soleil est l'opposé de l'angle horaire à son lever. [16]

1.6.2. Relation entre temps légal et temps solaire :

Les relations se rapportant au mouvement du Soleil utilisent le temps solaire TS qui diffère généralement du temps légal TL (heure des montres) du lieu considéré. Cette différence est liée à :

- La différence (fixée par chaque pays) entre l'heure légale TL et l'heure civile TCF du fuseau horaire dans lequel il se trouve [17] :

$$C = TL - TCF \quad (2)$$

1.7. L'énergie solaire :

L'énergie solaire est l'énergie que dégage le soleil sous forme de rayonnement, direct ou diffus. Sur terre l'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau et du vent, le règne végétal dont dépend le règne animal, l'utilise également en la transformant en énergie chimique par la photosynthèse. Grâce aux diverses exécutions, elle peut être transformée en une autre forme d'énergie utile pour l'activité humaine, notamment en chaleur, en électricité ou en biomasse. Par extension, l'expression « énergie solaire » est souvent employée pour désigner l'électricité ou l'énergie thermique obtenue à partir du rayonnement solaire.

1.8. Applications thermiques de l'énergie solaire :

Bien que l'exploitation de l'énergie solaire s'intensifie depuis quelques années et que les technologies évoluent sans cesse, les principes et les phénomènes mis en cause sont très bien connus et font aujourd'hui l'objet de large consensus. Le rayonnement solaire a été le sujet de

nombreuses études, recherches et discussions, on peut trouver des applications à basse température (chauffage de l'eau, climatisation des habitations, dessalement de l'eau, réfrigération solaire etc.) et des applications à température relativement plus élevée (cuisiniers et fours solaires) nécessitant par conséquent une concentration du rayonnement. Sans être exhaustif on peut citer [3] :

1.8.1. Chauffage des piscines :

C'est l'application la plus simple de l'énergie solaire thermique active. Dans ces systèmes, la piscine elle-même forme le système de stockage. Le plus souvent l'eau de la piscine circule directement dans les collecteurs, qui parfois sont des collecteurs nus. [4]

1.8.2. L' eau chaude solaire :

La production d'eau chaude sanitaire est actuellement l'application la plus répandue de l'énergie solaire thermique. L'installation classique comprend essentiellement un groupe de capteurs plans, une capacité de stockage et généralement un dispositif de régulation et une source d'appoint. La température de l'eau chaude sanitaire est en effet relativement réduite et les capteurs solaires plans conviennent bien à ce type de production d'eau chaude. [3]

1.8.3. La cuisinière solaire :

Le principe de la cuisinière solaire requiert une certaine concentration du rayonnement solaire puisqu'il est nécessaire d'atteindre des températures comprises entre 100 et 300°C. Des réflecteurs paraboliques constitués de plaques d'aluminium peuvent être utilisés, les aliments sont placés au foyer. Le critère qui doit guider la mise au point de tels dispositifs, est bien sûr la recherche de cuisinières susceptibles d'être construites sur place, dans les pays pauvres et ensoleillés avec des matériaux à moindre coût. [4]

1.8.4. La distillation solaire :

Le principe en est très simple. De l'eau saumâtre recouvre une surface de couleur sombre. Le rayonnement solaire chauffe cette eau qui s'évapore et vient se condenser sur une couverture transparente plus froide, en général une vitre. Le condensat glisse le long de la vitre inclinée puis est recueillie dans un réservoir en partie basse [3]

1.8.5. Les fours solaires :

Dans les fours solaires on réalise une concentration importante du rayonnement, généralement obtenue au moyen de miroirs paraboliques, qui exigent une construction particulièrement soignée .

La température au foyer peut atteindre 3500 °C. Elle permet le traitement thermique de matières ultra-réfractaires, la fabrication de céramiques ultra-résistante à la chaleur, la fabrication de verres spéciaux, etc. C'est une technologie très coûteuse, réservée à des emplois spécifiques. Leur avantage réside dans l'obtention de produits de qualité nettement supérieur à celle obtenue au four électrique. [3]

1.9. Potentiel solaire d'Algérie :

Par sa position privilégiée, l'Algérie dispose d'un grand solaire du bassin méditerranéen. La durée moyenne d'ensoleillement du territoire algérien dépasse les 2000 heures annuelles, pour atteindre près de 3500 heures d'ensoleillement dans le désert le total d'énergie reçue est estimé à 169 400 TWh/an, soit 5000 fois la consommation d'électricité annuelle du pays.[5]

Tableau I-1 ensoleillement du territoire algérien [15]

Zones géographiques	Région côtière	Hauts plateaux	Sahara
Durée moyenne d'ensoleillement (heures/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m ² /an)	1700	1900	2650

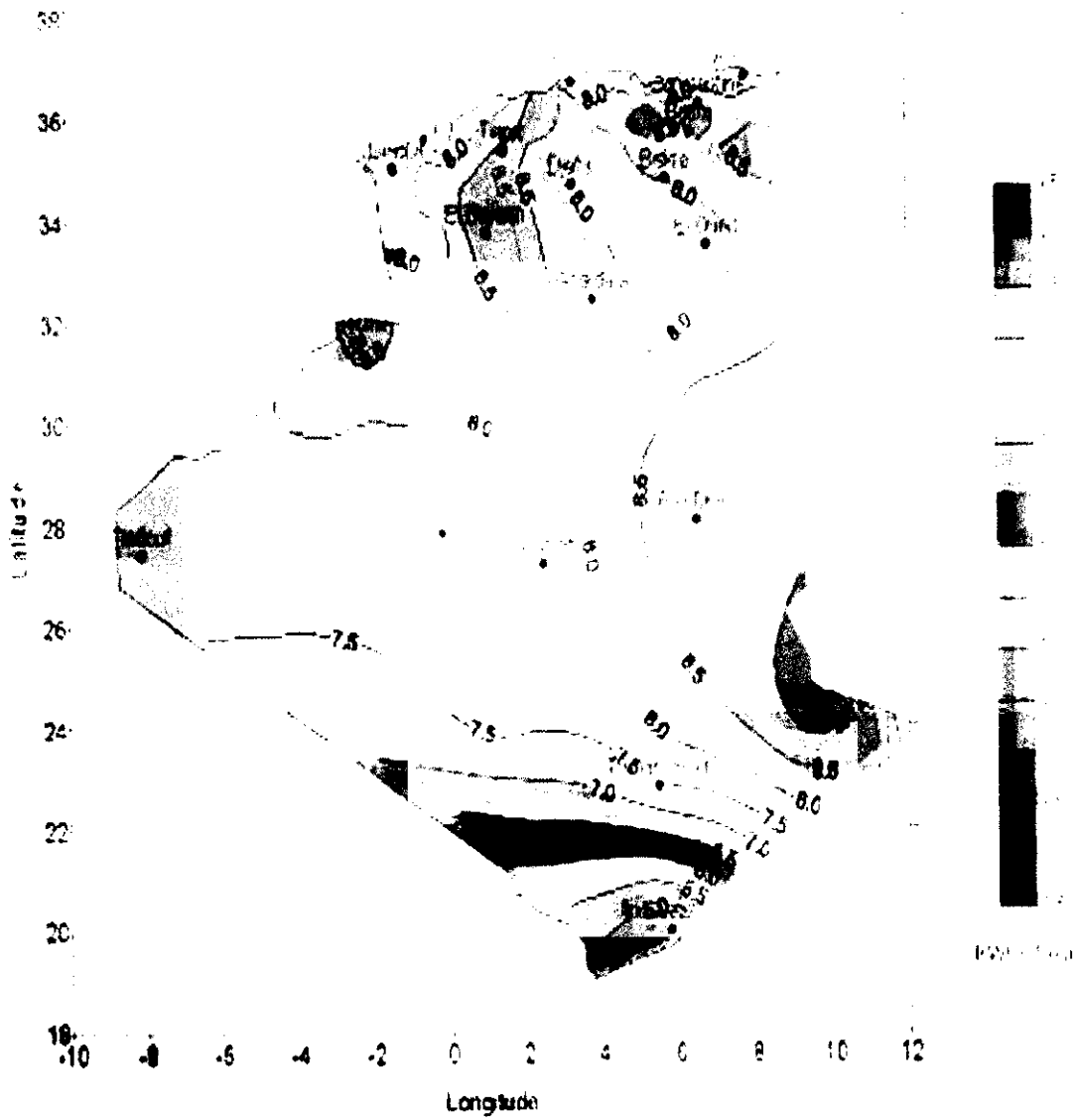


Figure I-5 Irradiation directe journalière en Algérie (Juillet). [15]

II. LES ENERGIES RENOUVELABLES

II.1. Introduction :

L'augmentation brutale du prix du pétrole survenu en 1973 a conduit une première fois l'homme à s'intéresser à des sources d'énergie renouvelables au premier rang desquelles l'énergie solaire. Les principales caractéristiques de l'énergie solaire ayant suscité l'intérêt qu'on lui a porté à l'époque étaient sa gratuité (nous y reviendrons), sa disponibilité sur une grande partie du globe terrestre et l'absence de risque d'épuisement connu par les sources d'énergie fossile.

Aussi le monde connaît depuis plus d'un siècle un important développement économique. Le développement industriel, l'augmentation du parc automobile et la multiplication des équipements domestiques ont provoqué une croissance importante de la demande énergétique.

Comme alternative à ces préoccupations, le développement et l'implémentation des énergies renouvelables est incontournable. Des ressources énergétiques illimitées et abondamment disponibles existent et doivent être exploitées. Certaines, comme l'énergie éolienne ou hydraulique connaissent déjà un développement technique et commercial important et sont économiquement compétitives.[5]

II.2. Aperçu de la technologie :

Les centrales solaires sont une technologie relativement récente, possédant un important potentiel de développement. Elles offrent une opportunité aux pays ensoleillés comparable à celle des fermes éoliennes pour les pays côtiers. Les endroits les plus prometteurs pour l'implantation de ces technologies sont ceux du sud-ouest des États Unis, l'Amérique du Sud, une grande partie de l'Afrique, les pays méditerranéens et du Moyen Orient, les plaines désertiques d'Inde et du Pakistan, la Chine, l'Australie, etc.

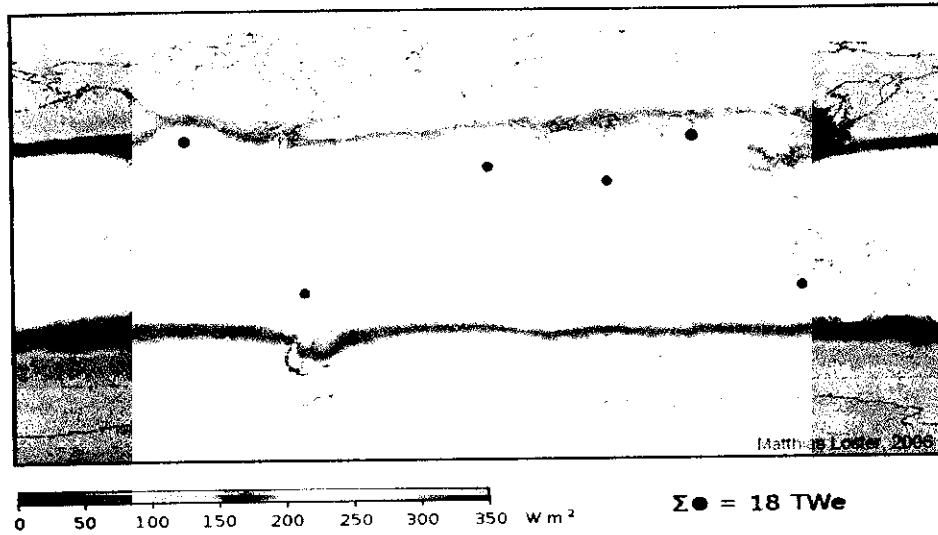


Figure II-1: Irradiation solaire moyenne[5]

Dans beaucoup de régions du monde, un kilomètre carré de terrain suffirait à générer jusqu'à 120 KWh d'électricité par an, grâce à la technologie des centrales solaire. Cette énergie est équivalente à

La production annuelle d'une centrale classique de 50 MW. La production d'électricité à partir du rayonnement solaire est un processus direct. L'énergie solaire étant peu dense, il est nécessaire de la concentrer pour obtenir des températures exploitables pour la production d'électricité.

Le rayonnement est concentré en un point ou en une ligne, où l'énergie thermique est transmise au fluide caloporteur. L'intensité de la concentration est définie par le facteur de concentration.

Plus celui-ci est élevé, plus la température atteinte sera importante. La figure 2 montre les 4 principaux systèmes de concentration. Les systèmes à concentration en ligne on généralement un facteur de concentration inférieur à ceux des concentrateurs ponctuels. [6]

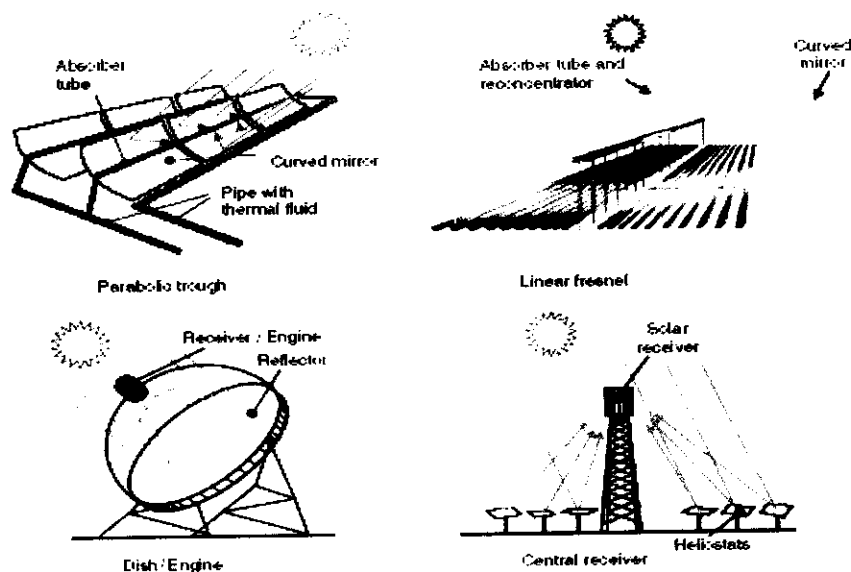


Figure II-2 : Principales technologies de concentration solaire[5]

II.3. Technologies solaire à concentration :

Il existe un large éventail de technologies de concentration, notamment les centrales à capteur cylindro-parabolique, à capteur parabolique, à miroir de Fresnel et à tour. Chacune de ces technologies de concentration est capable de générer des températures élevées mais elles diffèrent dans la façon dont elles suivent le soleil et concentrent la lumière.

II.3.1. Les centrales à capteur cylindro-parabolique :

Un capteur cylindro-parabolique est un capteur à concentration à foyer linéaire utilisant un réflecteur cylindrique de section parabolique. Le récepteur est un tube positionné juste au-dessus du milieu du miroir parabolique et rempli d'un fluide caloporteur. Le réflecteur suit le soleil pendant la journée le long d'un axe unique. Un fluide actif (par ex., du sel fondu) est chauffé à 150–350 °C au cours de son écoulement à travers le récepteur puis utilisé comme source de chaleur pour un système de conversion d'énergie.

Une centrale électro-solaire à capteurs cylindro-parabolique se compose de trois éléments principaux : le champ de capteurs solaire, le système de transfert de la chaleur et le système de génération électrique. L'énergie thermique reçue au collecteur est absorbée par un tuyau métallique à l'intérieur d'un tube en verre sous vide. Le fluide qui circule à l'intérieur du tuyau, est chauffé à une température de l'ordre de 420°C. Ce fluide est ensuite transporté à travers des échangeurs conventionnels afin de produire de la vapeur surchauffée qui fait

fonctionner une turbine/générateur électrique. La puissance électrique de ce type de centrale solaire est comprise entre 30 et 300 MW.

Les systèmes cylindro-paraboliques constituent la technologie de l'énergie solaire concentrée (ESC) la plus développée. Nous pouvons citer quelques centrales représentatives de cette technologie: Les centrales (Solar Energy Generating Systems) (SEGS) en Californie, (Solar One d'Acciona) près de Boulder City en Nevada et la centrale (Plataforma Solar) d'Almería de SSPSDCS en Espagne. Le Tableau 1.1 donne les centrales en activité.

Le concentrateur cylindro-parabolique est utilisé pour diverses applications comme la production de la vapeur et le dessalement d'eau.

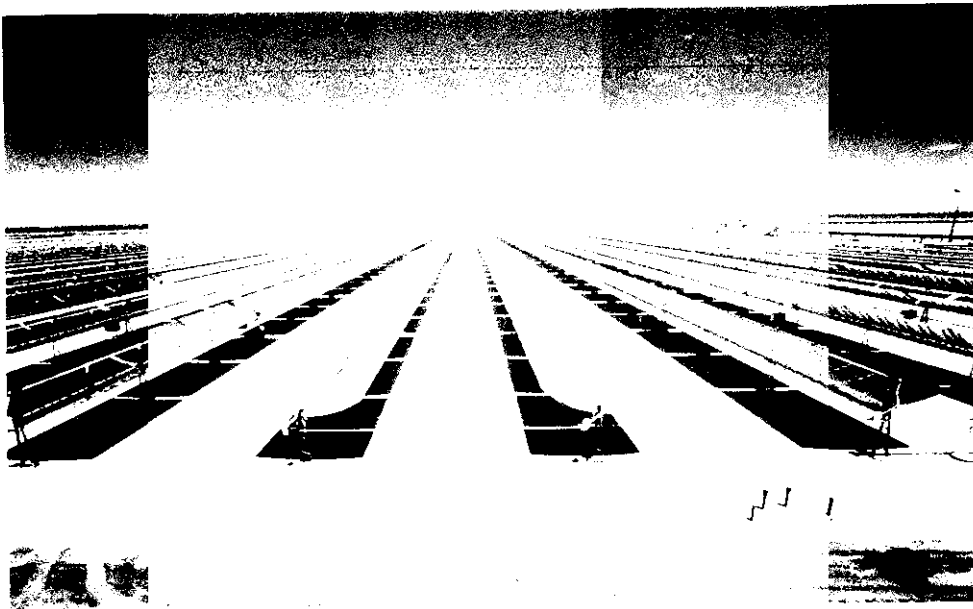


Figure II-3. Les centrales à capteur cylindro-parabolique [6]

II.3.2. Centrale à tour :

Les centrales solaires à tour sont constituées d'un champ de miroirs uniformément répartis (héliostats) concentrant les rayons solaires vers une chaudière située au sommet d'une tour. Chaque héliostat est positionnable et suit la trajectoire du soleil et le réfléchit vers le receveur placé au sommet de la tour solaire. Le facteur de concentration de cette technologie peut dépasser 1000, ce qui permet d'atteindre des températures importantes (varient entre 600 °C à 1000 °C). L'énergie concentrée au niveau du receveur est ensuite transférée à la fluide thermodynamique ou utilisée pour chauffer un fluide caloporteur intermédiaire. Ce fluide

caloporteur est ensuite envoyé dans une chaudière pour produire de la vapeur pour actionner des turbines. Ces derniers entraînent des alternateurs produisant de l'électricité.

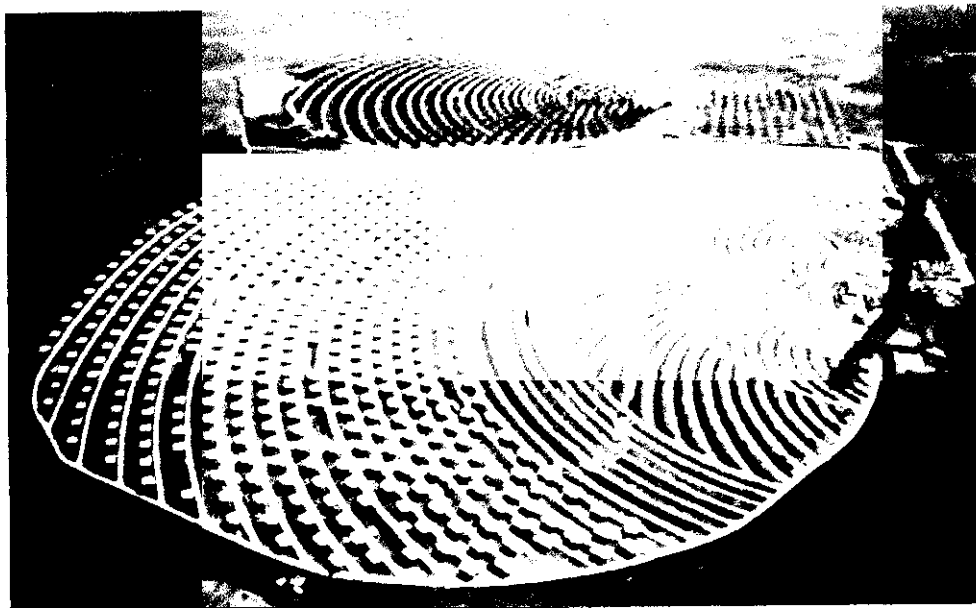


Figure II-4 Centrale à tour [6]

II.3.3. Les centrales à capteurs paraboliques :

Le composant principal de ces centrales est le champ des capteurs (capteurs paraboliques qui ont la même forme que les paraboles de réception satellite (voir section 10)). Les systèmes à capteurs paraboliques offrent le meilleur rendement de transformation d'énergie solaire en électricité de toutes les technologies d'ESC. Leur nature modulaire permet de les installer dans des endroits isolés, non raccordés au réseau électrique. Pour ce type de système, le stockage n'est pas possible.[7]

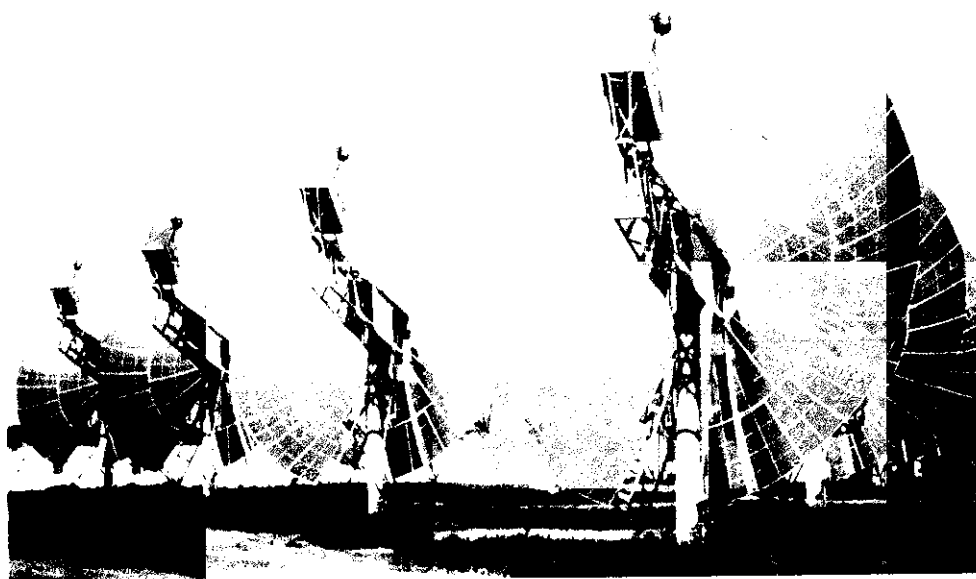


Figure II-5 Les centrales à capteurs paraboliques[6]

II.4. Quelques exemples d'applications des concentrateurs paraboliques :

Le solaire à concentration trouve plusieurs applications intéressantes parmi lesquelles nous pouvons citer les cuisinières solaires, la production d'électricité, la production d'hydrogène, etc.

II.4.1. Le système parabole-moteur Stirling :

Le système parabole-moteur Stirling est destiné à l'électrification décentralisée car son puissance varie de quelques centaines de Watts à quelques dizaines de kW. Il comprend un concentrateur parabolique équipé d'un suiveur solaire, un récepteur solaire (source chaude du cycle), le moteur Stirling et une génératrice de courant alternatif. Le rayonnement solaire concentré chauffe le gaz de travail (hydrogène, 650 °C) dans le récepteur placé au fond de la cavité. La régulation thermique du récepteur est assurée par la pression d'hydrogène qui dépend de l'énergie solaire collecté. La source froide du cycle Stirling est un refroidisseur à eau. L'eau est fournie par un circuit qui refroidit également le corps du moteur ainsi que l'entrée de la cavité. La puissance thermique évacuée est rejetée dans l'atmosphère à travers un

radiateur convecteur. Le cycle Stirling produit la puissance mécanique et entraîne la génératrice électrique.[7]



Figure II-6 système parabole-moteur Stirling [6]

II.4.2. La Thermoélectricité solaire :

L'effet thermoélectrique est un phénomène physique caractéristique de certains matériaux contribuant à la conversion de l'énergie. Un matériau thermoélectrique permet de transformer directement de la chaleur en électricité ou de déplacer des calories par l'application d'un courant électrique. [7]

II.4.3. Détoxification solaire :

Le processus de détoxification solaire utilise le rayonnement solaire en tant que principale source d'énergie nécessaire pour provoquer les réactions qui détruisent les molécules de contaminants présents dans l'air ou dans l'eau.

Lors du processus de détoxification de l'eau, les réactions ayant lieu sont de type photochimique, c'est-à-dire une utilisation des rayons ultraviolets du spectre solaire, ou de type thermique, c'est-à-dire une utilisation des températures élevées produites par les capteurs solaires à concentration.[7]

II.5. Conclusion :

Nous concluons qu'il existe de difficultés au niveaux de la régulation du degré du température au niveaux de concentrateur a haut température .

III. Partie expérimentale et résultats :

III.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous avons essayé de réaliser un système de régulation de température pour résoudre le problème d'augmentation du degré de température au niveau du point focale de concentrateur solaire parabolique.

III.2. Description et réalisation du système de régulation de la température d'un concentrateur solaire parabolique :

Dans cette partie on va identifier tous les composants de ce système en clarifiant le rôle de chaque composant.

L'objectif principal de ce système est de tenter de contrôler le degré de température dans le point focal d'un concentrateur solaire, qui semble très haut aux cas normales ; pour cela on a essayé de réduire le degré de la température en briguant de contrôler les faisceaux de lumière réfléchis par le concentrateur solaire.

III.3. Les composants de système :

III.3.1. Le cadre de fixation :

C'est un cadre fabriqué en fer, son rôle est de prendre et protéger les composants intérieurs de système.



Figure 11 : Les roues de fixation

III.1.2 Les pignons

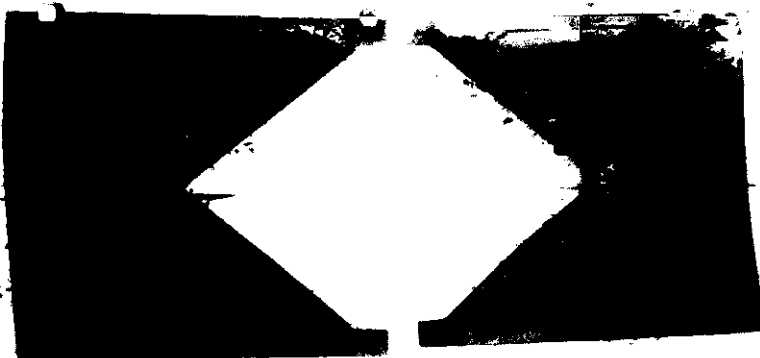
Un pignon est une pièce mécanique servant aux différentes utilisations : En mécanique générale, il désigne un disque d'axe crénelé, d'un rayon comportant des dents généralement à sa périphérie. On retrouve le pignon dans de grandes solutions de transmission mécanique : le engrenage et les transmissions à chaîne. Les deux pignons dans notre système ont été placés à côté de la plaque opposée de diamètre de 5 cm et de 25 dents, leurs rôles consistent à l'éloignement et de rapprochement des deux plaques afin de rétrécir le trou qui permet de diminuer le faisceau de rayons solaires réfléchis par le concentrateur solaire.



Figure III-2 Les pignons

III.3.3. Les plaques opposées :

sont deux plaques en fer opposées se chevauchent horizontalement formant un trou au milieu prend la forme d'un losange, et leurs rôles principal est de couper et réduire le faisceau de lumière assemblées au point focal.



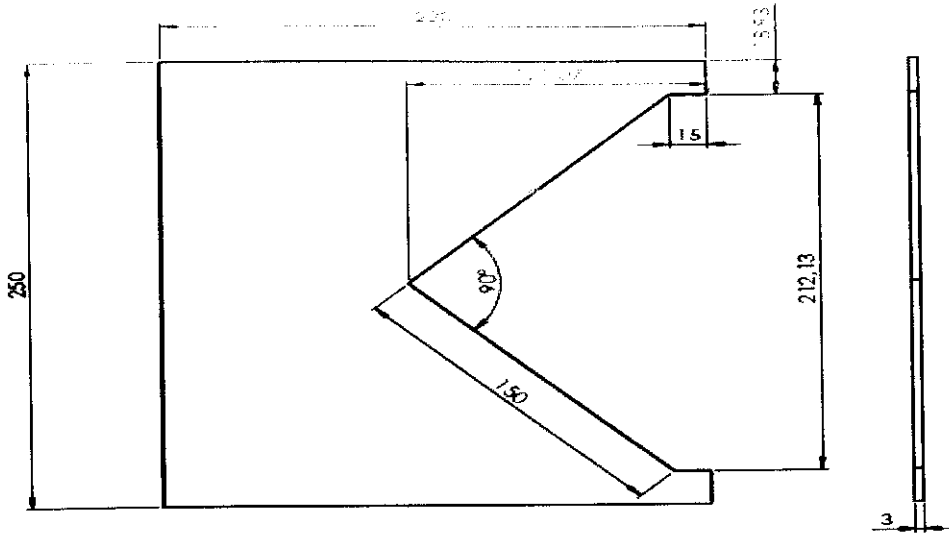


Figure III-3 les plaques opposées

III.3.4. Les tiges filetées :

Une tige filetée est en mécanique le composant mâle d'un système vis/écrou destiné à l'assemblage de pièces ou à la transformation de mouvement, les deux tiges filetées utilisées dans ce système sont utilisées pour transmettre le mouvement au niveau des deux plaques.

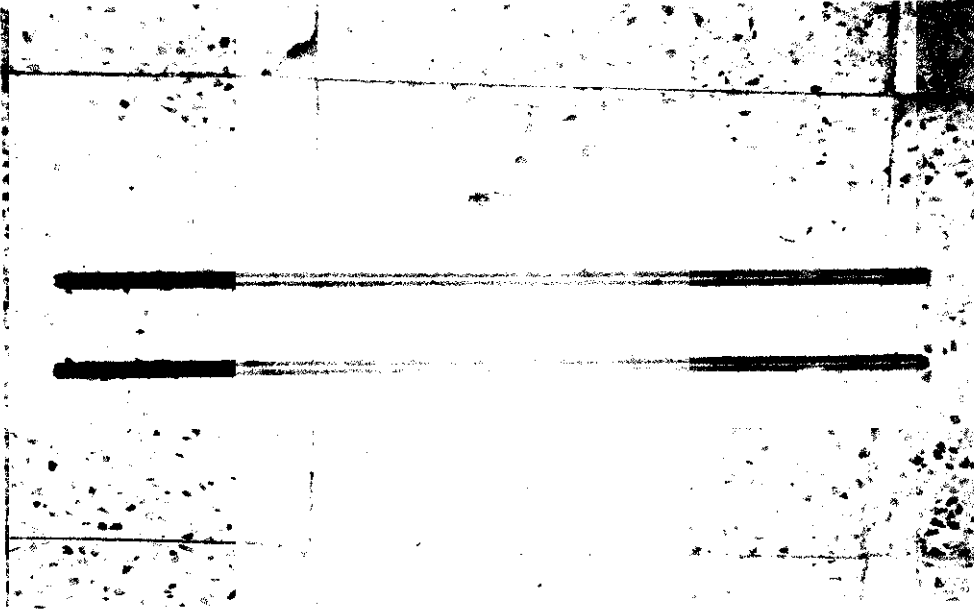


Figure III-4 les tiges filetées

III.3.5. Le moteur électrique :

Le moteur électrique est constitué de deux pièces principales : le rotor et le stator. Le rotor, conducteur électrique souvent en cuivre, est entouré par le stator, pièce fixe composée d'aimants qui génèrent un champ magnétique. On utilise le moteur électrique dans le système pour transmettre le mouvement au niveau des deux plaques opposées (rapprochement, éloignement)

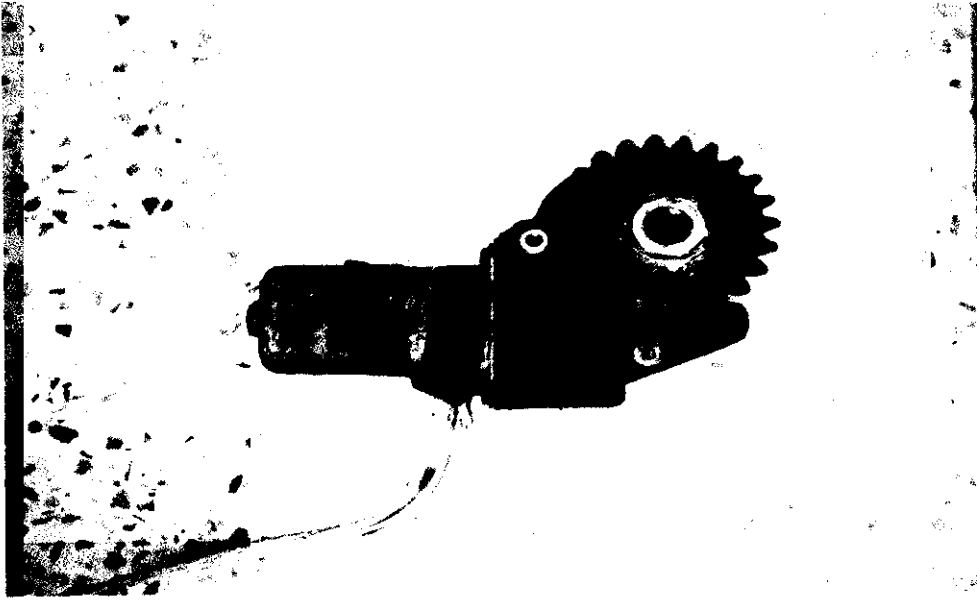


Figure III-5 le moteur électrique

III.3.6. La batterie :

Une batterie automobile, est un accumulateur électrique permettant de fournir de l'énergie électrique à un véhicule automobile, la batterie ce que nous avons utilisé est de 12 V, son utilisation est pour faire fonctionner le moteur électrique

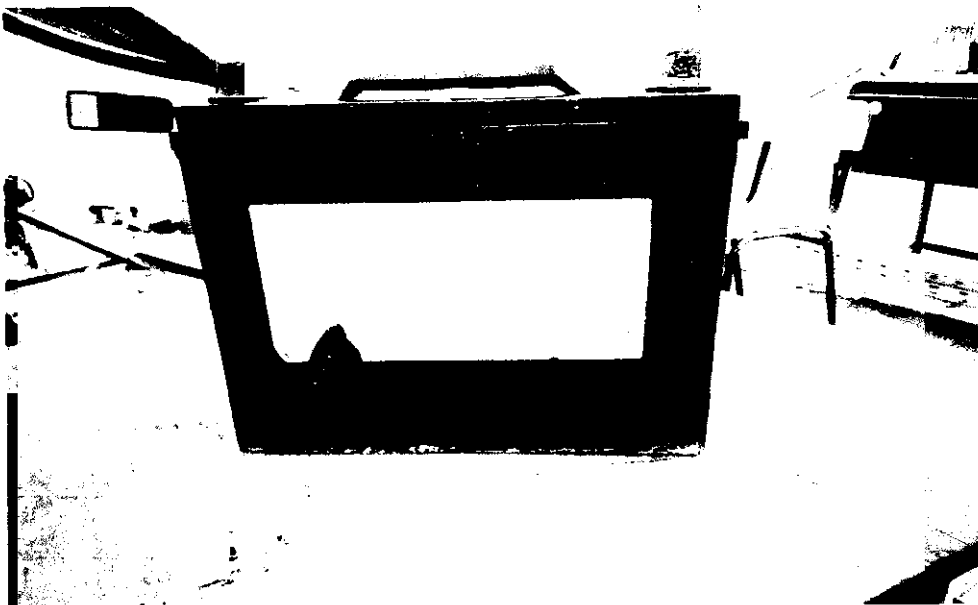


Figure III-6 la batterie

III.3.7. Les roulements :

En construction mécanique, le roulement mécanique est un composant mécanique utilisé pour le guidage en rotation ou en translation. Les quatre roulements utilisés ont été placés dans les tiges filetées de référence 6201rz, leur rôle dans le système est de tourner les tiges filetées.

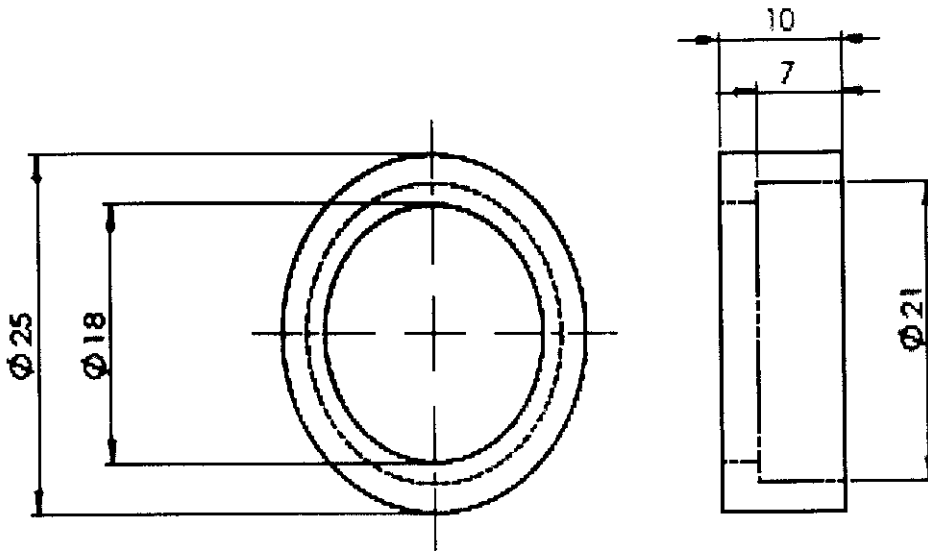


Figure III-7 les roulements

III.3.8. Le support :

Afin de fixer le système de régulation de température dans le concentrateur solaire parabolique, nous avons utilisé trois tiges en fer, comme montré dans la figure suivante :

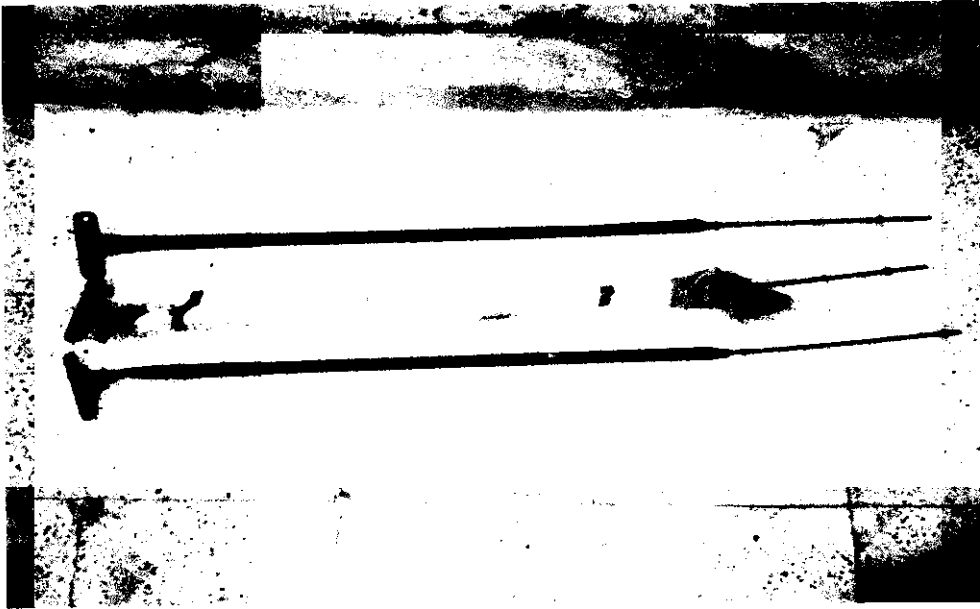


Figure III-8 Le support

III.3.9. La plaque en fer récepteur :

Cette plaque est fixée juste en plus haute des deux plaques opposées, son rôle est d'opposer le faisceau des rayons.

Au niveau de cette plaque on peut mesurer les différents degrés de la température à l'aide d'unthermocouple.

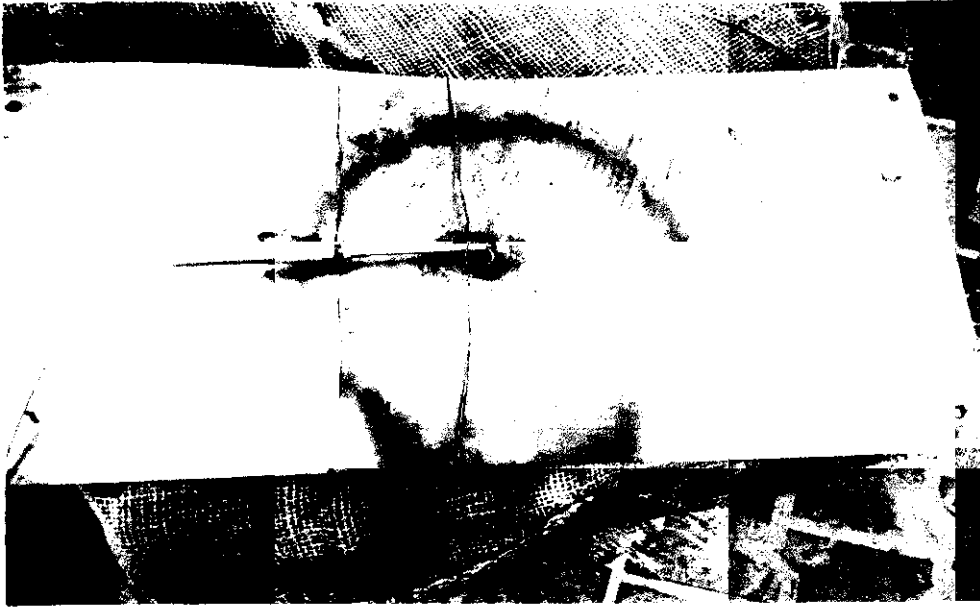


Figure III-9 la plaque en fer récepteur

III.4. Mode d'installation :

Pour monter notre système de régulation nous avons suivi les étapes suivantes :

- Tout d'abord nous avons préparé tous les composants principaux de système comme : les pignons, les plaques en fer, les roulementsetc
- Ensuite nous avons placé un rectangle de fer que nous l'avons équipé avec quatre pignons et deux plaques en fer se chevauchent horizontalement liées par deux tiges filetées et quatre roulements aux fins de ces tiges.
- En plus nous avons fixé un moteur électrique et l'attaché avec une roue dentée qui s'appelle le pignon pour faire tourner les tiges filetées.
- En outre nous avons placé une plaque en fer juste en haute des deux plaques opposées, et cette plaque est sert à opposer le faisceau de rayons réfléchis par le concentrateur solaire qui permet en fin de mesurer les différents degrésde température à l'aide d'un thermocouple.
- En fin nous avons installé notre système dans un concentrateur solaire parabolique par trois tiges en fer.

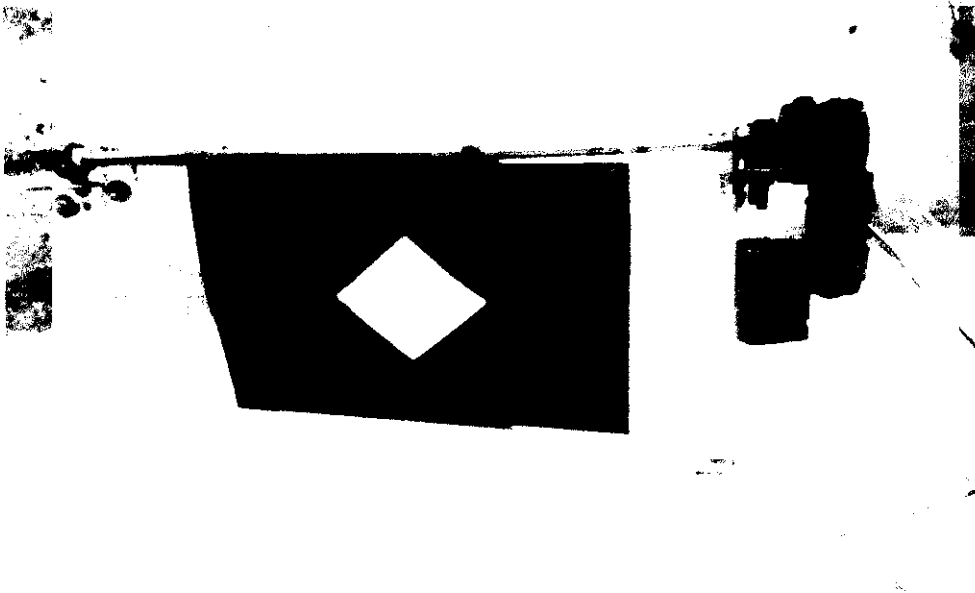


Figure III-10 Installation finale du système

III.5. Les instruments de mesure :

Pour mesurer les différents degrés de la température dans le point focal nous avons utilisé les instruments suivants :

III.5.1. Le Multimètre :

On utilise le Multimètre pour mesurer les degrés de température au niveau de la plaque récepteur.

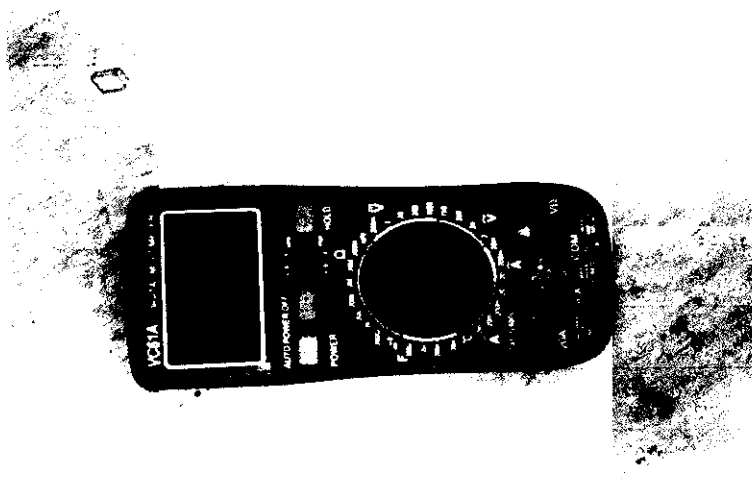


Figure III-11 le Multimètre

III.5.2. Le thermocouple :

Un thermocouple est un capteur servant à mesurer la température. Il se compose de deux métaux de natures différentes reliés à une extrémité. Quand la jonction des métaux est chauffée ou réfrigérée, une tension variable est produite, qui peut être ensuite transcrite en température. Nous avons fixé le thermocouple dans la plaque en fer récepteur qui oppose le faisceau de rayons réfléchis.



Figure III-12 le thermocouple

III.6. Le concentrateur solaire utilisé :

un concentrateur solaire est un système de concentration de l'énergie solaire utilisé pour convertir énergie solaire en énergie thermique, notre expérimentation a été appliquée sur un concentrateur solaire parabolique placé dans l'Université D'El-oued .



Figure III-13 La concentrateur parabolique utilisé

III.7. Procédures d'essai :

Mise en place un système de régulation de la température :

Le système de régulation de la température est fixé dans le point focal d'un concentrateur solaire parabolique par trois tiges de fer monté comme des pieds

Le thermocouple est fixé dans la plaque de fer récepteur qui sert à mesurer les différentes degrés de température ; en poursuivant les rayonnements solaires à partir de la mobilisation du concentrateur solaire à l'aide d'un rotor.

Une batterie de 12 V est nécessaire à utiliser pour produire le courant qui permet à mobiliser les deux plaques opposées qui se chevauchent horizontalement formant un losange au centre ; et selon le volume de ce losange (le trou ou se passent le faisceau de rayons solaires) le degré de la température augmente ou diminue

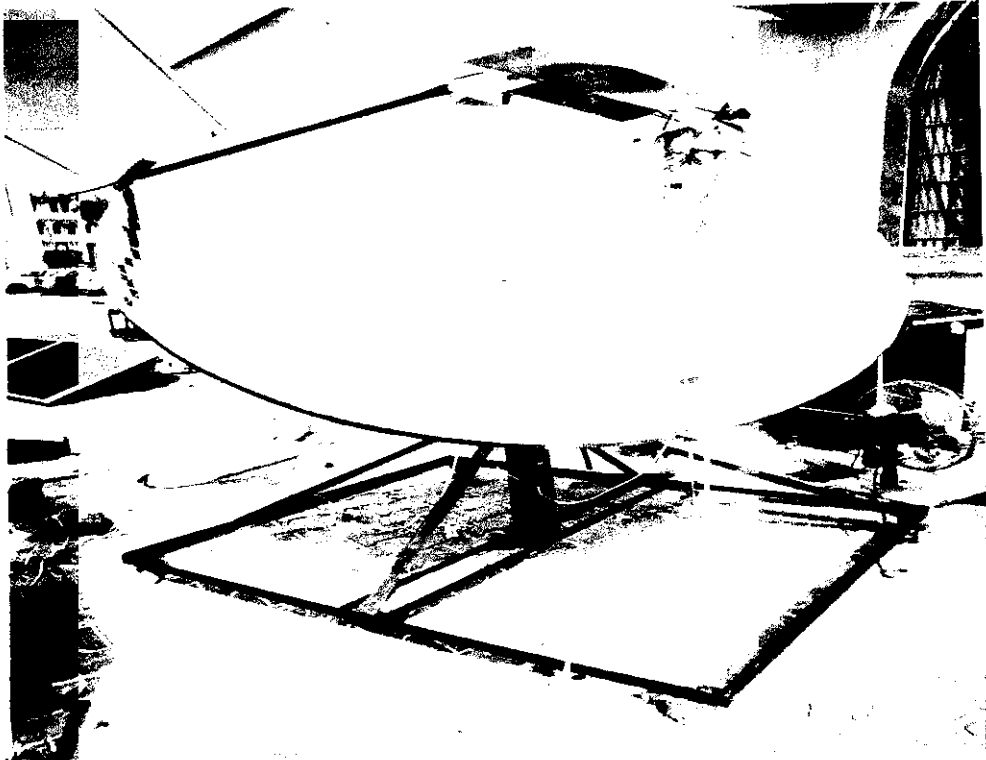


Figure III-14 Le système est installé sur la concentrateur parabolique

III.8. L'expérimentation de système de régulation :

Afin de tester l'efficacité du système de régulation de température nous avons appliqué deux types d'expériences selon les étapes suivantes :

Expérience 01 :

À cette expérience nous essayons de choisir un certain degré de température à partir de l'ouverture et la fermeture de les deux plaques opposées manuellement.

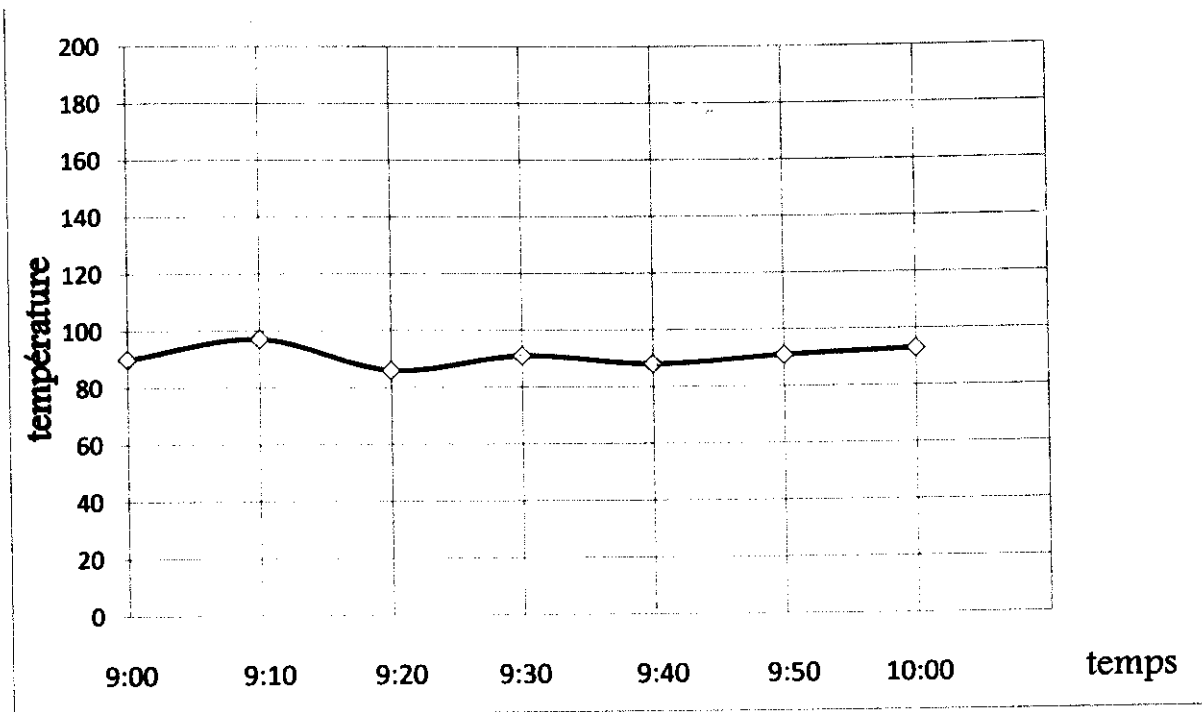


Figure III-15 la variation de la température en fonction du temps (26/05/2019 pour $T=90C^{\circ}$)

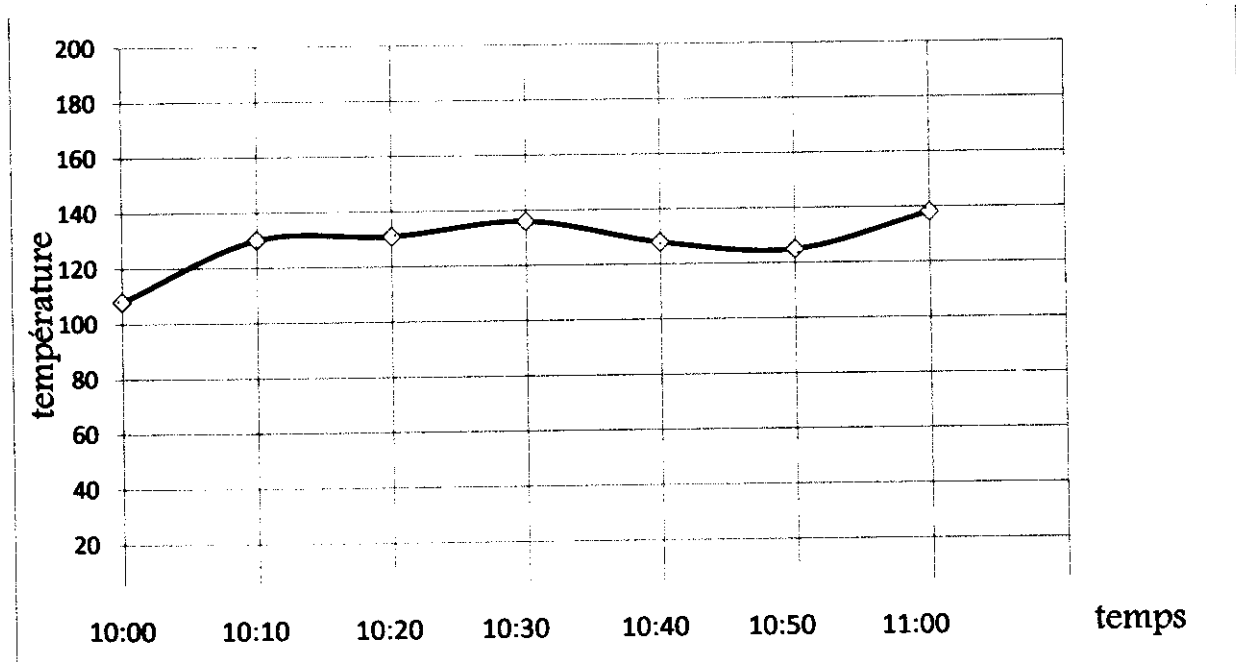


Figure III-16 la variation de la température en fonction du temps (26/05/2019 pour $T=130 C^{\circ}$)

Au premier courbe (fig. IV 15) nous désirions d'obtenir le degré 90° , à partir de l'ouverture et la fermeture des deux plaques opposées manuellement jusqu'à le dépassement de 90° , et on ferme immédiatement les deux plaques opposées, et au contraire on les ouvre si le degré de température diminue sous 90° . En fin nous avons réussi de l'obtenir quand il n'y a pas de vent, parce que ce dernier cause la perturbation de température.

La même chose pour le deuxième courbe (fig. IV 16) nous réussissions à fixer le degré 130° , sans oublier de dire qu'il était un peu difficile parce qu'il implique une surveillance continuée par l'opérateur, sauf si c'était opéré automatiquement.

Expérience 02 :

Dans cette expérience, on s'appuie sur le placement de deux plaques opposées mobiles ce qui permet de fixer le faisceau lumineux réfléchi sur la plaque récepteur. Et pour le passage de faisceau lumineux, nous avons choisi les différentes surfaces suivantes ($1\text{cm}^2, 4\text{cm}^2, 16\text{cm}^2, 36\text{cm}^2$)

On 09/06/2019 :

Les résultats obtenus sont représentés par les courbes IV 17, IV 18, IV 19, IV 20 et étaient comme suivant : ($1\text{cm}^2, 4\text{cm}^2, 16\text{cm}^2, 36\text{cm}^2$).

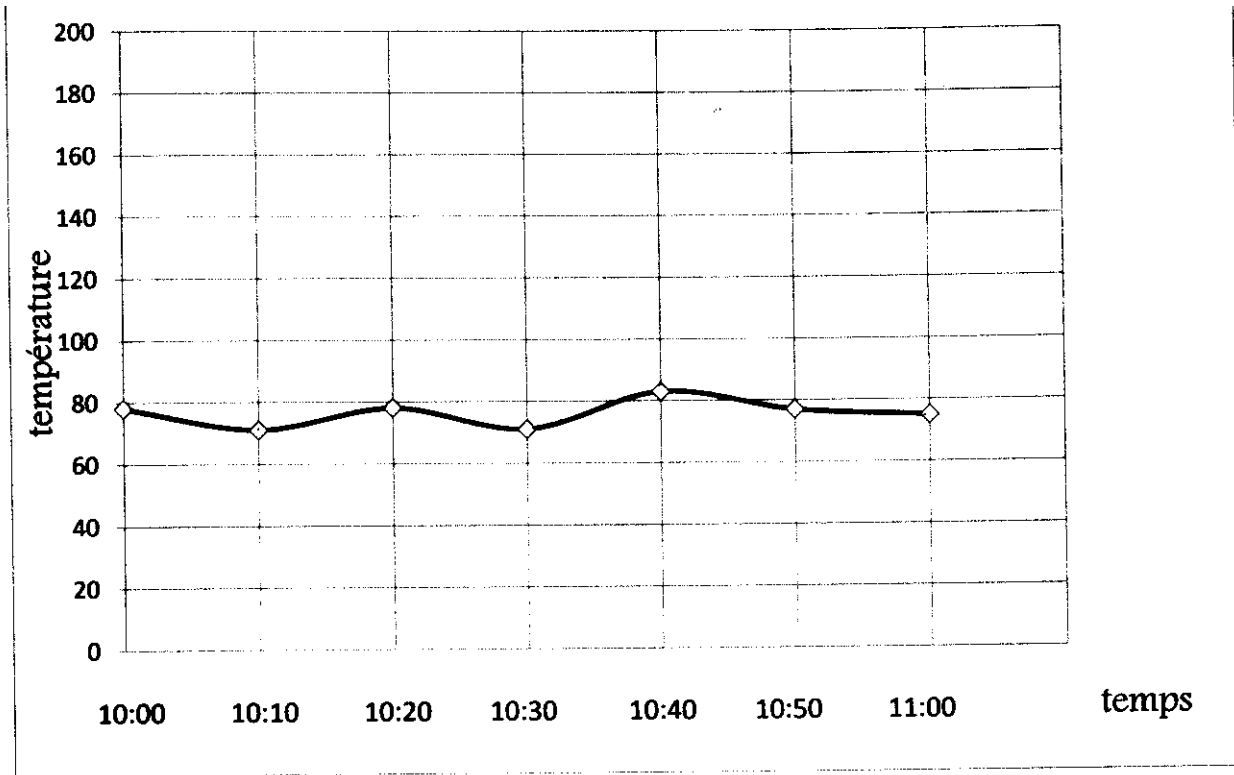


Figure III-17 la variation de la température en fonction du temps (09/06/2019 pour une ouverture 1cm^2)

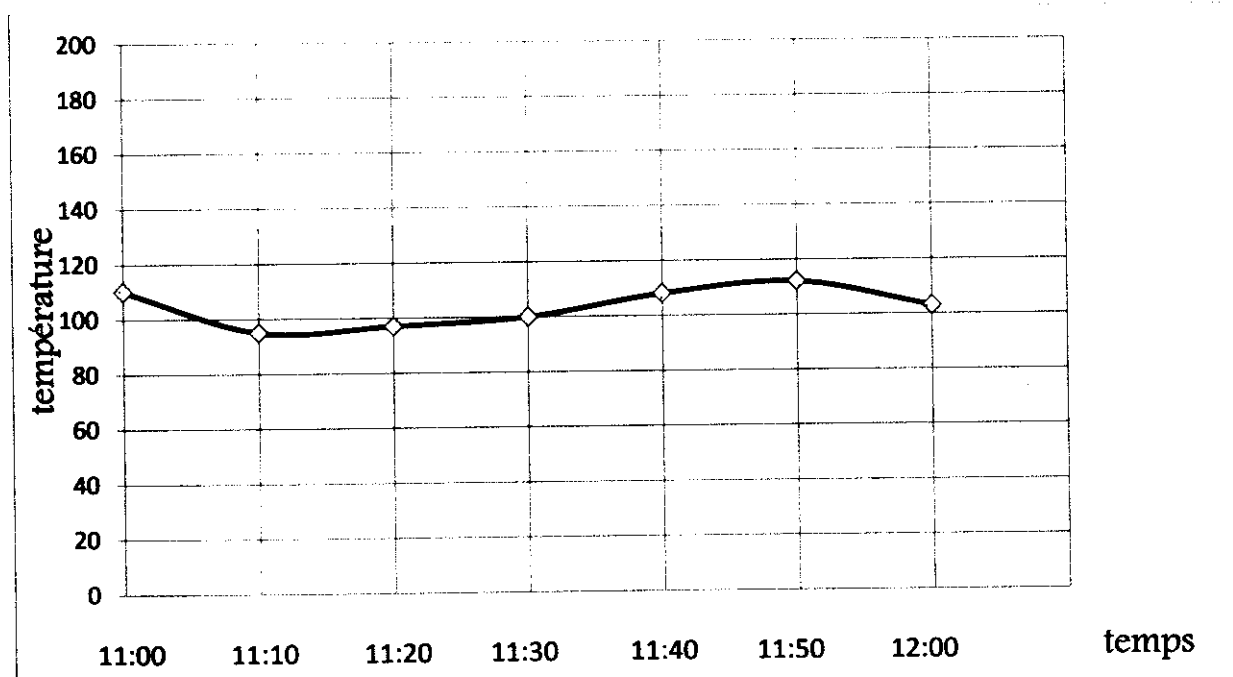


Figure III-18 la variation de la température en fonction du temps (09/06/2019 pour une ouverture 4cm^2)

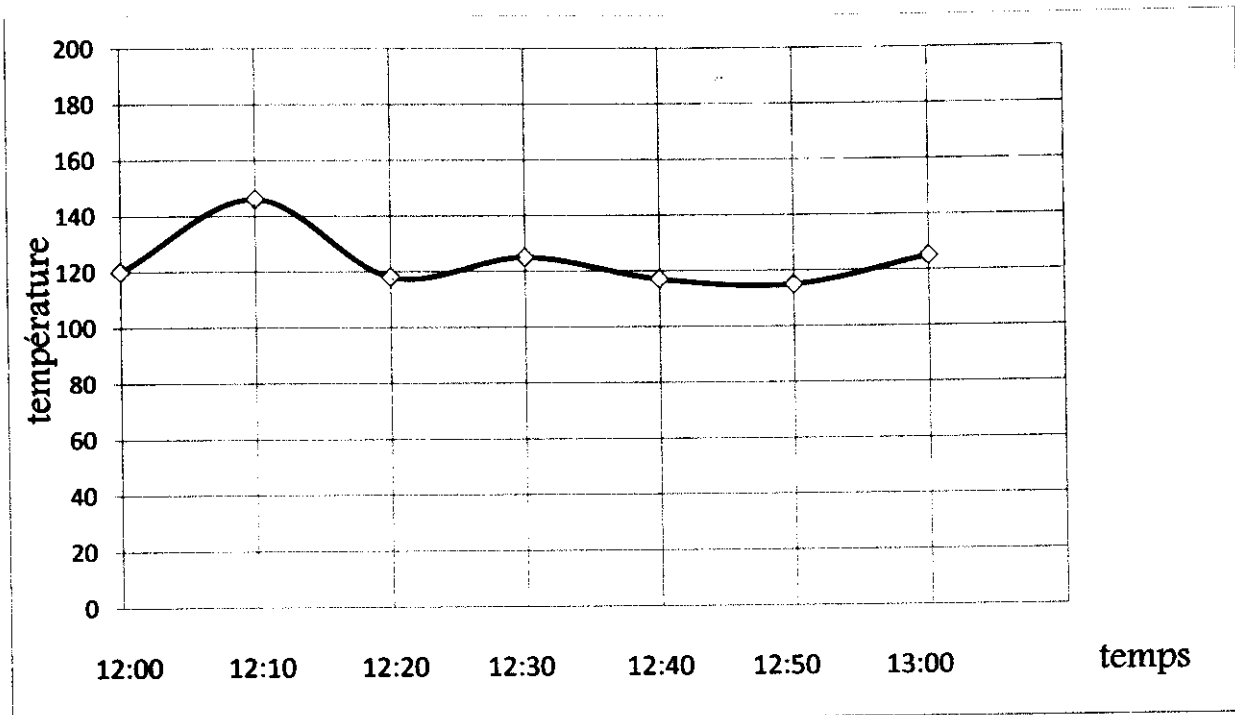


Figure III-19 la variation de la température en fonction du temps (09/06/2019 pour une ouverture 16cm²)

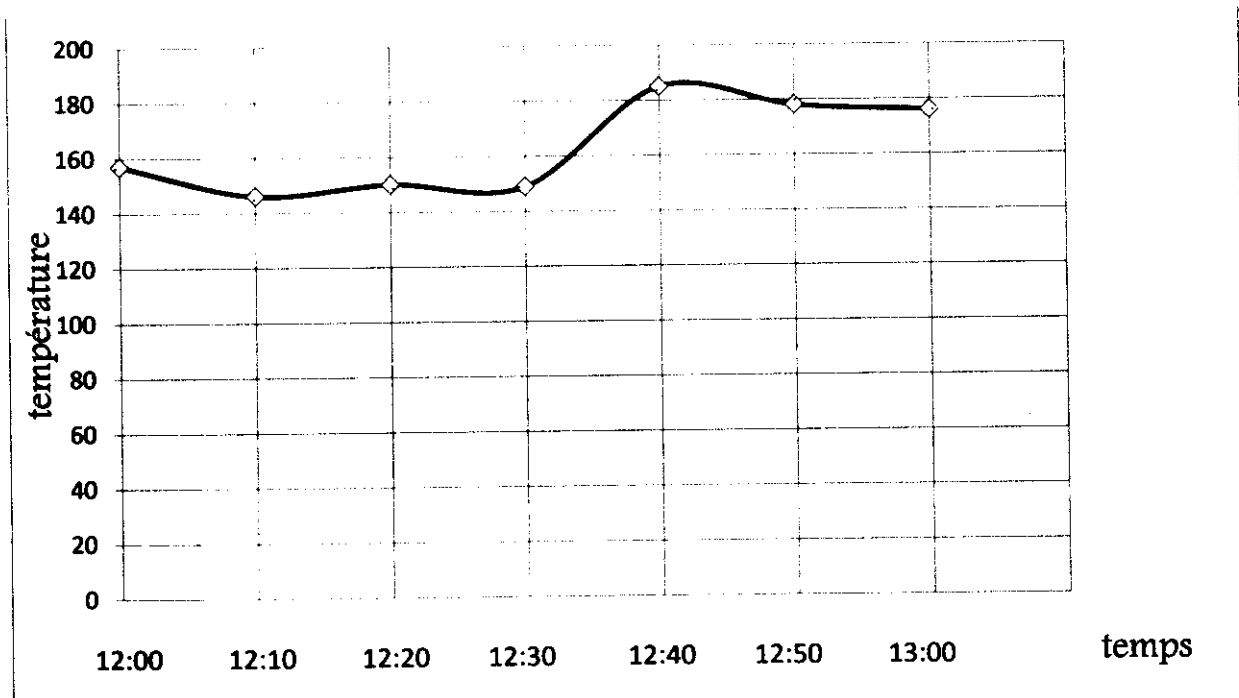


Figure III-20 la variation de la température en fonction du temps (09/06/2019 pour une ouverture 36cm²)

Les résultats obtenus sont représentés par les courbes IV 21, IV 22, IV 23, IV 24 et étaient comme suit :

- Pour la surface 1cm^2 nous pouvions obtenir un degré de température se varie entre 70C° et 80C°
- Pour la surface 4cm^2 nous pouvions obtenir un degré de température se varie entre 100C° et 110C°
- Pour la surface 16cm^2 nous pouvions obtenir un degré de température se varie entre 120C° et 130C°
- Pour la surface 36cm^2 nous pouvions obtenir un degré de température atteint à 180C°

Le test a été réalisé le 09/05/2019, dans un jour bien ensoleillé avec un mouvement instable du vent à quatre repasses d'une durée de 60 minute pour chaque surface avec une prise de mesure tous les 10 minute.

On 10/06/2019 :

Les résultats obtenus sont représentés par les courbes IV 21, IV 22, IV 23, IV 24 et étaient comme suit : ($1\text{cm}^2, 4\text{cm}^2, 16\text{m}^2, 36\text{m}^2$).

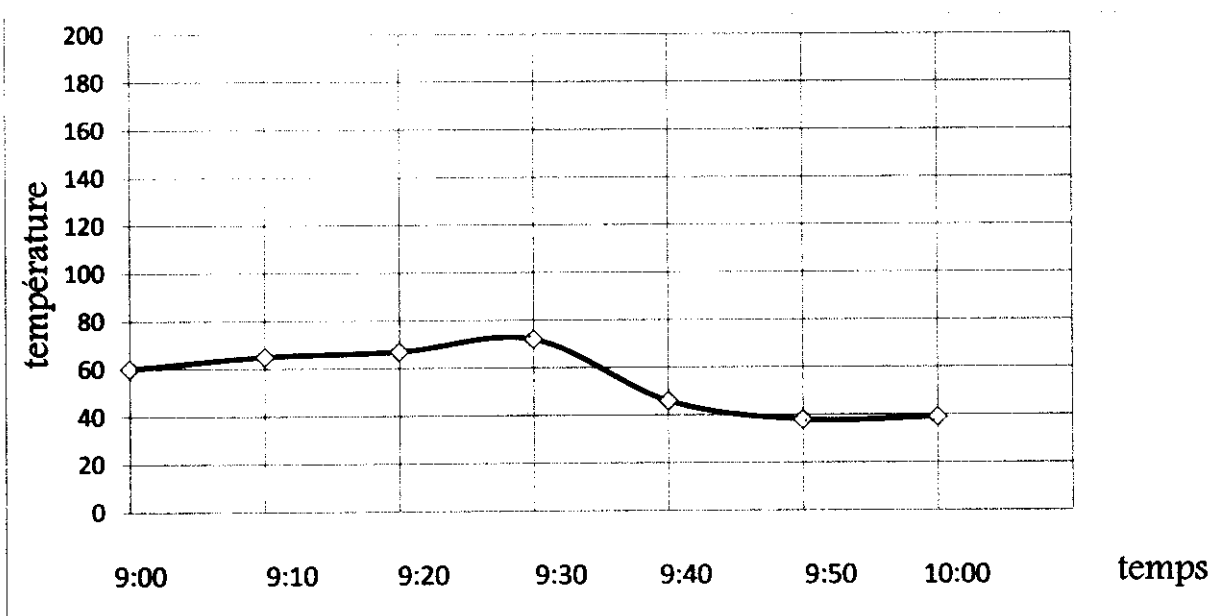


Figure III-21 la variation de la température en fonction du temps (10/06/2019 pour une ouverture 1cm^2)

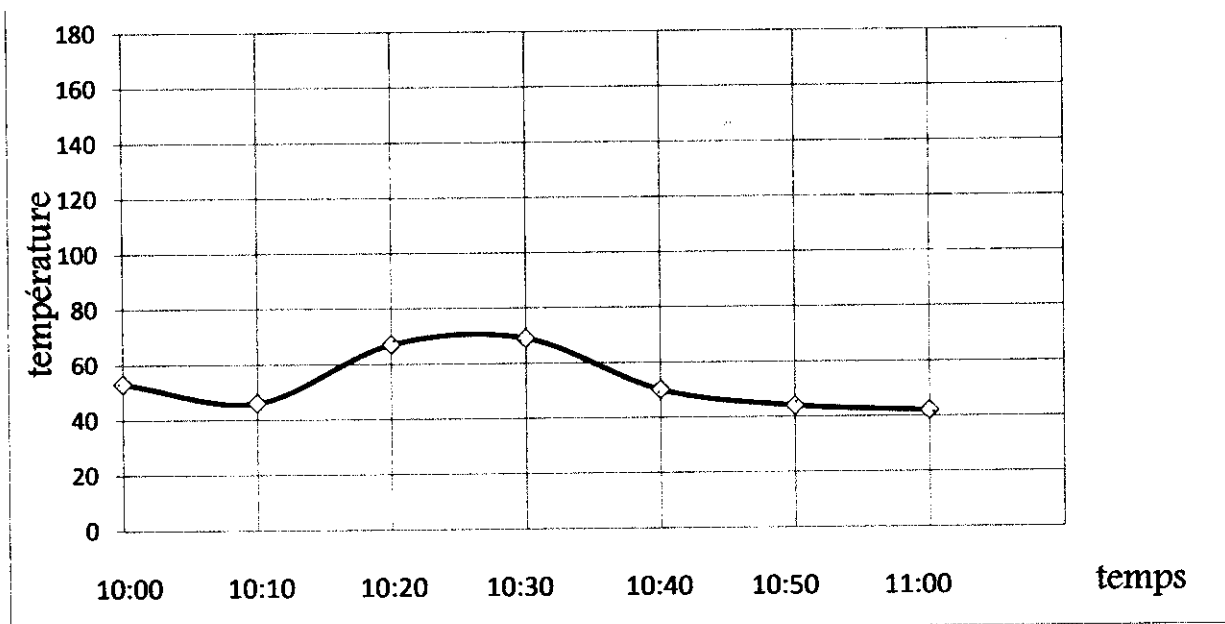


Figure III-22 la variation de la température en fonction du temps (10/06/2019 pour une ouverture 4cm^2)

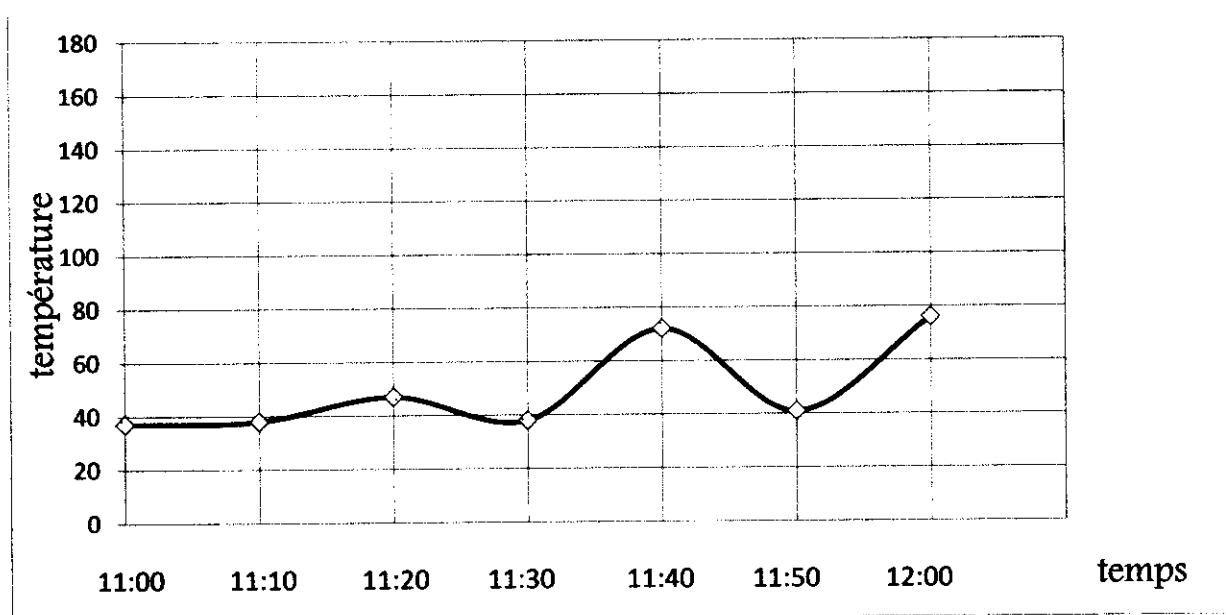


Figure III-23 la variation de la température en fonction du temps (10/06/2019 pour une ouverture 16cm^2)

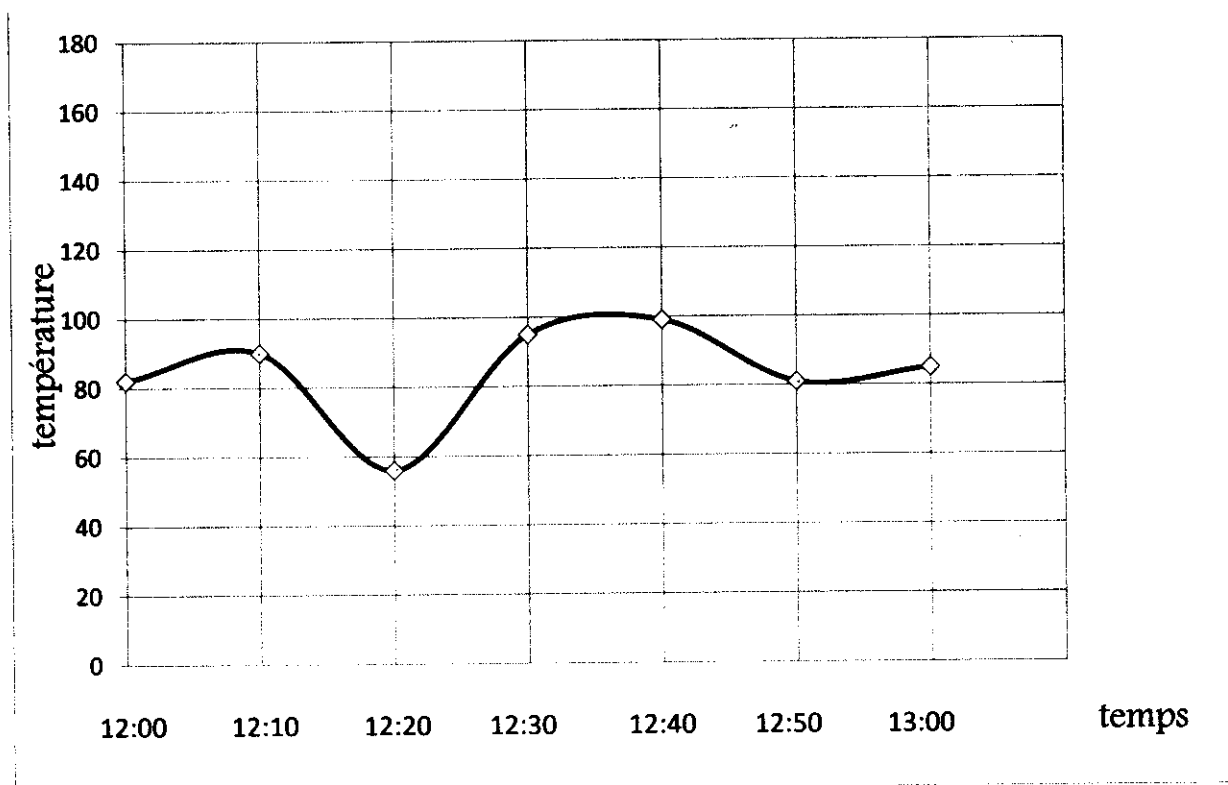


Figure III-24 la variation de la température en fonction du temps (10/06/2019 pour une ouverture 36 cm²)

Concernant les courbes IV 21,IV 22,IV 23,IV 24 les mesures ont été pris le 10 / 05 / 2019 dans un jour nuageux, alors que le rayonnement solaire était faible , par conséquent les résultats de mesure sont venus comme suivant :

- Pour la surface 1 cm² nous pouvions obtenir un degré de température 40C°
- Pour la surface 4 cm² nous pouvions obtenir un degré de température 45C°
- Pour la surface 16 cm² nous pouvions obtenir un degré de température 45C°
- Pour la surface 36 cm² nous pouvions obtenir un degré de température se varie entre 80C° et 85C°

D'après les résultats obtenus, on peut dire que notre système de régulation de température était efficace dans certaine mesure, tant qu'on peut contrôler les degrés de température à la réduction et à l'augmentation, à condition que la plaque en fer récepteur ne soit jamais exposée au vent.

Conclusion générale

Cette étude expérimentale est basée sur la réalisation d'un système de régulation de température et le fixer dans un concentrateur solaire parabolique, afin de contrôler et réduire le degré de température au niveau du point focal à travers le contrôle des rayons solaires réfléchis par le concentrateur solaire et soumettre ce système à deux types d'expérience :

Le premier : - choisir un certain degré de température désiré, et l'opération du système via l'expansion ou le rétrécissement de la surface du passage du faisceau lumineux.

Ce test, dans ce cas montre que le système peut être inefficace dans certaine mesure, surtout quand le système fonctionne sans arrêt ce qui provoque le dommage du moteur.

Le deuxième : - choisir la surface du passage du faisceau lumineux et mesurer les degrés de température obtenues dans le point focal, alors que le test montre que :

- Quand nous choisissons la surface du passage 1 cm^2 le degré de température obtenue deviendra entre 70 C° et 80 C°
- Quand nous choisissons la surface du passage 4 cm^2 le degré de température obtenue deviendra entre 100 C° et 110 C°
- Quand nous choisissons la surface du passage 16 cm^2 le degré de température obtenue deviendra entre 120 C° et 130 C°
- Quand nous choisissons la surface du passage 36 cm^2 le degré de température obtenue deviendra 180 C° approximativement .

Ces résultats sont liés à la nature de la saison, et au le rayonnement solaire tant que nous ne pouvons pas tester ce système pendant une autre saison que le printemps.

Parmi les désavantages de ce système est quand la plaque récepteur est exposée à l'air, une perturbation de température est survenue à cause de le mouvement du vent qui peut influencer négativement.

En fin nous suggérons de protéger la plaque récepteur dans un four pour éviter les vents et les courants d'air, et de mesurer le degré de température à l'intérieur de ce four, nous croyons aussi que nous pouvons améliorer la performance de ce système à partir le rendre fonctionner automatiquement au lieu d'être manuellement, et ça sera possible de devenir un titre d'un mémoire lancée prochaine.

Référence

- [1] Bessemoulin, P. and J.J.L.m. Olivieri, *Le rayonnement solaire et sa composante ultraviolette*. 2000.
- [2]. Yettou, F., et al., *Etude comparative de deux modèles de calcul du rayonnement solaire par ciel clair en Algérie*. 2009.
- [3]. Bouguetaia, N., *Contribution à l'Etude et a la Simulation d'un Concentrateur Cylindro-Parabolique*. 2013.
- [4]. Rachidiou, L., A. Hamroun, and Y. Mebarki, «*Etude et réalisation d'un concentrateur parabolique avec une poursuite automatique*, Université de bejaia, 2017
- [5]. Abbaz, D., *Optimisation des paramètres de fonctionnement d'un plancher solaire direct (PSD)*. 2013.
- [6]. Chaker, A.J.R.d.E.R.I., *Promesses et perspectives du photothermique*. 2003.
- [7]. Dalila, A.J.M.d.M., Université ELHADJ LAKHDAR, BATNA, *Optimisation Du Rendement D'un Capteur Solaire Par Minimisation Des Pertes Convectives* '. 2009.
- [8]. KADDOUR, A., *Modelisation et simulation d'un concentrateur parabolique solaire a moteur Stirling en vue d'un rendement optimal*. 2013.
- [9]. Sylvain, Q.J.F.d.s.a., Université deLiège, *Les centrales solaires a concentration*. 2007.
- [10]. JEMNI, M.A., *Contribution à l'Étude des Concentrateurs Solaires*, Université de Monastir,2016
- [11] Stine, W.B. and M. Geyer, *Power from the Sun.: Power from the sun. net*, 2001
- [12] Dye, D. and B. Wood. *Non-Imaging Devices for Uniform Irradiance on Planar Surfaces of Parabolic Concentrators*. in *PROCEEDINGS OF THE SOLAR CONFERENCE.. AMERICAN SOLAR ENERGY SOCIETY; AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS*, 2003
- [13] Kayouche, M., *système de poursuite du soleil bilan énergétique et optimisation de réglage.*, Thèse de Magister. Université de Constantine,1996
- [14] <http://www.tecsol.fr> .25 07;2019
- [15] Ricaud, A., *Gisement solaire et transferts énergétiques Energies Renouvelables* , Université de CERGY-PONTOISE, 2011.
- [16] http://www.systemes-solaires.com/s_accueil.asp : Site de la revue « Systèmes solaires » spécialisée dans le domaine des énergies renouvelables.
- [17] <http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/servlet/com.jsbsoft.jtf.core.SG> : un ensemble de ressources pédagogiques sur l'énergie solaire et ses applications dont un programme de calcul de l'ensoleillement solaire

- [18] Yettou, F., et al., *Etude comparative de deux modèles de calcul du rayonnement solaire par ciel clair en Algérie*. 2009.
- [19] Bouguetaia, N., *Contribution à l'Etude et a la Simulation d'un Concentrateur Cylindro-Parabolique*. 2013.
- [20] Abbaz, D., *Optimisation des paramètres de fonctionnement d'un plancher solaire direct (PSD)*. 2013.
- [21] Chaker, A.J.R.d.E.R.I., *Promesses et perspectives du photothermique*. 2003.
- [22] KADDOUR, A., *Modelisation et simulation d'un concentrateur parabolique solaire a moteur Stirling en vue d'un rendement optimal*. 2013.
- [23] Sylvain, Q.J.F.d.s.a., Université de Liège, *Les centrales solaires a concentration*. 2007.
- [24] JEMNI, M.A., *Contribution à l'Étude des Concentrateurs Solaires*. Université de Monastir, 2016.