

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur 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 : Energétique

Thème

**Etude expérimentale des paramètres thermo-hydrauliques influant le fonctionnement
d'un capteur plan à air muni des chicanes.**

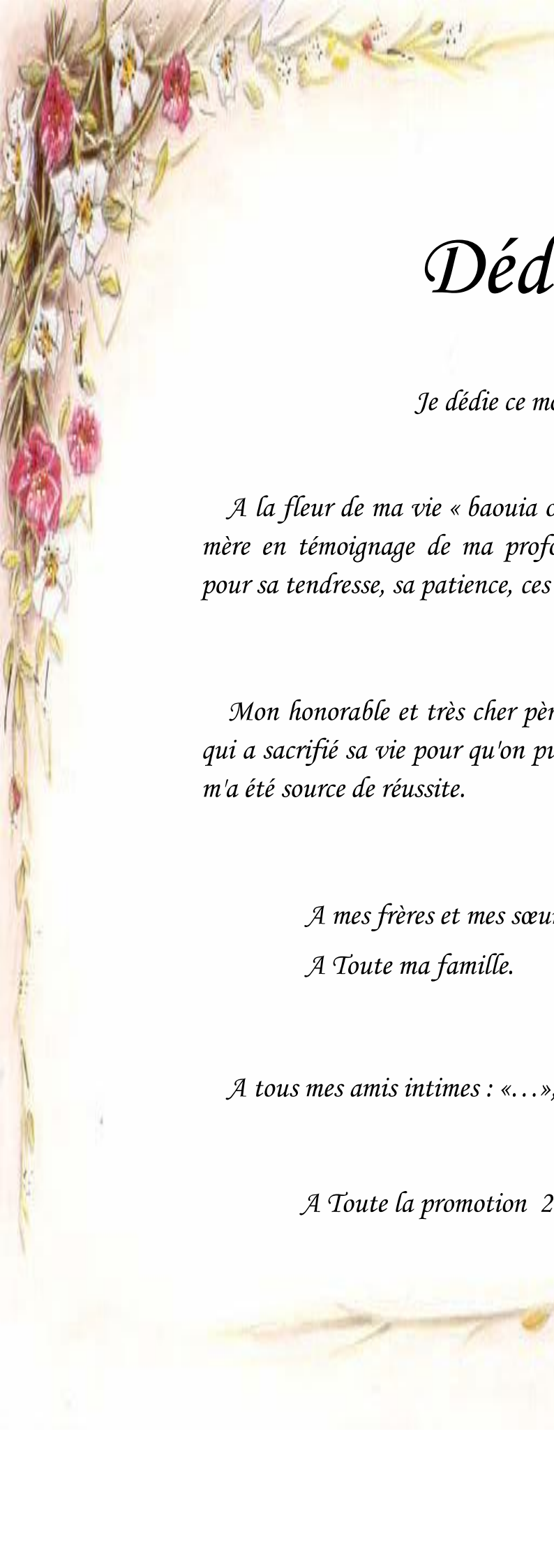
Devant le jury composé de :

Présenté par :

Mme. Berkane Houda Président
Dr. Rekbi Med Fares Examineur
Dr. Boukhari Ali Encadreur

- Dridi Issam
- Halis Nacer eddine

2017-2018



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A la fleur de ma vie « baouia orida/aiouadj fouzia » ma très chère mère en témoignage de ma profonde et ma grande reconnaissance pour sa tendresse, sa patience, ces sacrifices tout au long de ma vie.

Mon honorable et très cher père « dridi mebarek /baouia kquider » qui a sacrifié sa vie pour qu'on puisse se retrouver à ce niveau et qui m'a été source de réussite.

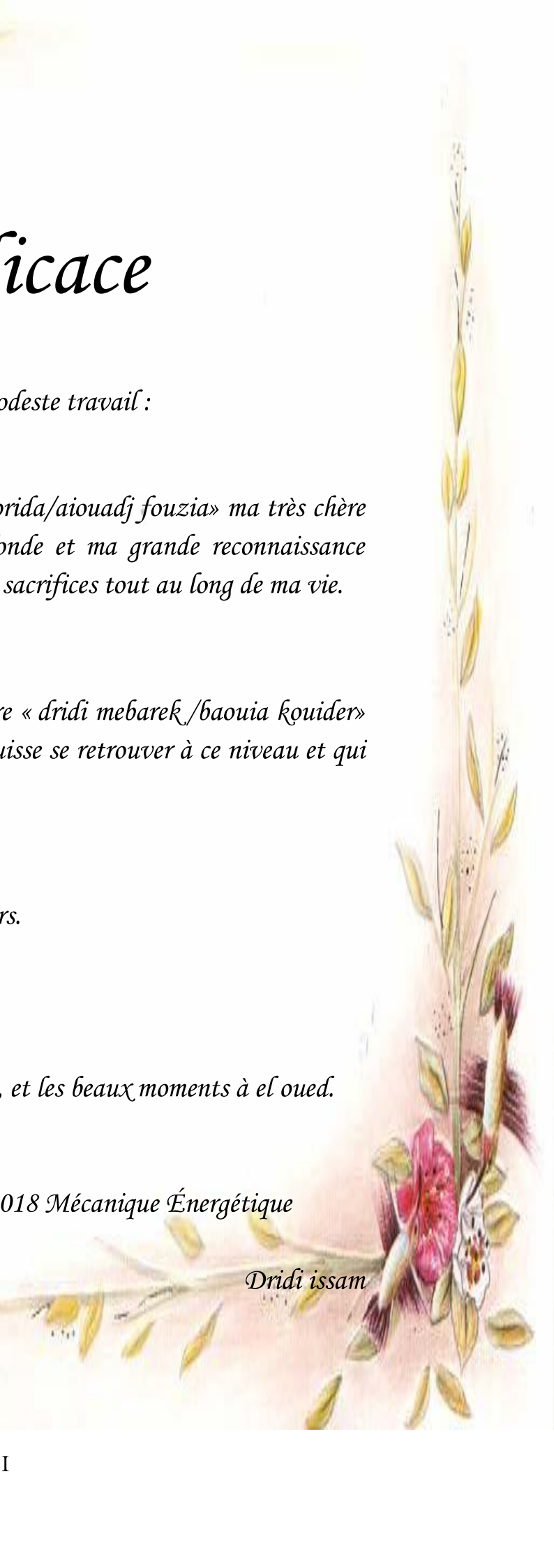
A mes frères et mes sœurs.

A Toute ma famille.

A tous mes amis intimes : «...», et les beaux moments à el oued.

A Toute la promotion 2018 Mécanique Énergétique

Dridi issam





Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A la fleur de ma vie « Wafia » ma très chère mère en témoignage de ma profonde et ma grande reconnaissance pour sa tendresse, sa patience, ces sacrifices tout au long de ma vie.

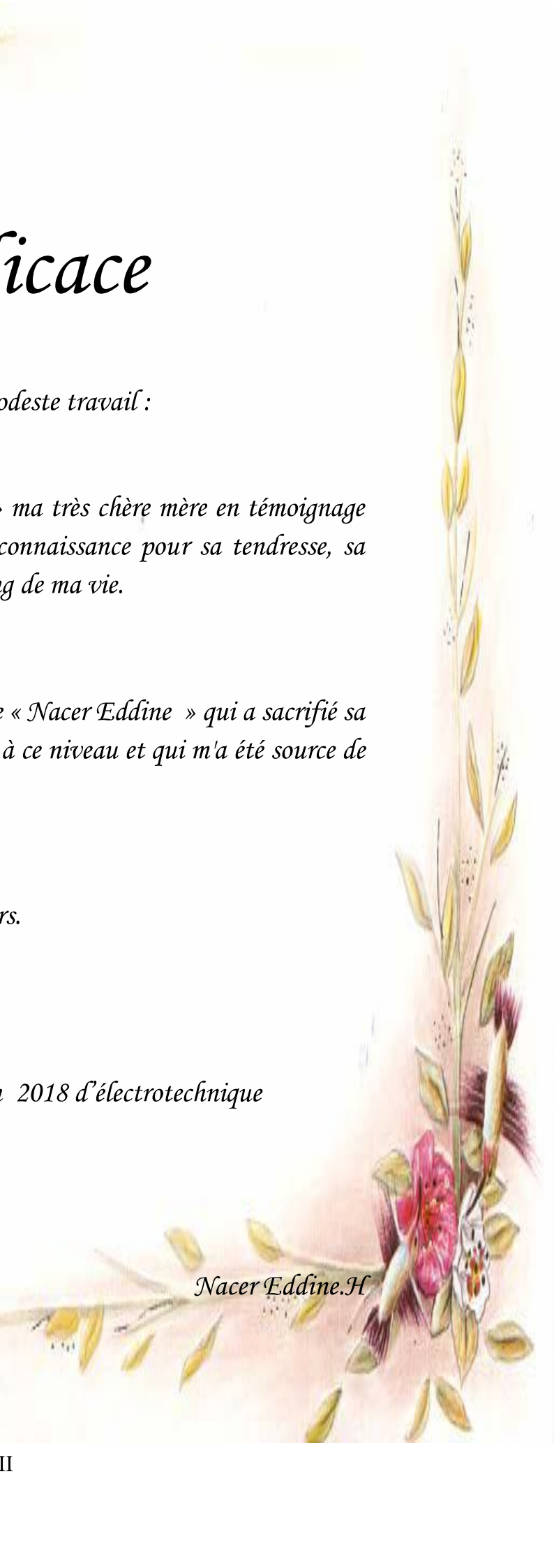
Mon honorable et très cher père « Nacer Eddine » qui a sacrifié sa vie pour qu'on puisse se retrouver à ce niveau et qui m'a été source de réussite.

A mes frères et mes sœurs.

A Toute ma famille.

A Toute la promotion 2018 d'électrotechnique

Nacer Eddine.H





Remerciements

Mon remerciement s'adresse en premier lieu à Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donné durant toutes ces longues années.

Ainsi, je tiens également à exprimer mon vif remerciement à mon encadreur Dr. Boukhari Ali qui m'a apportée une aide précieuse. Je lui exprime mon gratitude pour sa grande disponibilité ainsi que pour sa compréhension et ces encouragements.

Je remercie aussi tous les enseignants qui ont contribué à ma formation et à tous les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail. KAROUA HOUSSEYN/BOUZEGAG ADNANE/ et les responsable de centre de recherche à ADRAR,

En fin, je tiens à exprimer tout ma reconnaissance et ma gratitude à toutes les personnes qui m'ont aidé et encouragé dans les moments pénibles et qui m'ont donné la force et la volonté de continuer et de réaliser ce modeste travail.

Issam.D

Nacer Eddine . H



Nomenclature

Symbole	Désignation	Unité
T_A	Température ambiante	$^{\circ}\text{C}$
φ_{sa}	Flux solaire absorbé	w/m^2
q_{cf}	Débit calorifique du fluide caloporteur	j/gk
h_p	Coefficient global de pertes	$\text{W.m}^{-2}.\text{C}^{-1}$
T_{pm}	La température moyenne	$^{\circ}\text{C}$
T_a	Température de l'air extérieur	$^{\circ}\text{C}$
T_{pm}	Température moyenne de la paroi absorbante	$^{\circ}\text{C}$
h_p	Coefficient global de pertes du capteur	$\text{w/m}^2\text{k}$
T_{fs}	Température du fluide	$^{\circ}\text{C}$
φ_u	Le flux utile	w/m^2
τ_{cs}	Coefficient de transmission	$\text{w/m}^2\text{k}$
α_{ps}	Coefficient d'absorption de la paroi absorbante par rapport au rayonnement solaire	$\text{w/m}^2\text{k}$
$G_{i,\gamma}$	Eclairement (densité de flux) solaire incident sur le capteur	W.m^{-2}
φ_{st}	Flux solaire absorbé par la surface exposée	w
Φ_{sa}	La puissance absorbée par le capteur	w
T	Température moyenne du capteur Temps	$^{\circ}\text{C}$
M_f	Masse en fluide du capteur	kg
φ_{st}	Flux stocké dans le capteur	w
φ_u	Flux utile transmis au fluide caloporteur	w
φ_p	Flux perdu par la paroi absorbante	w
φ_{sa}	Flux solaire absorbé	w
L	larguer de l'absorbeur	m
b_{ch}	longueur d'une chicane	m

a_{ch}	hauteur d'une chicane rugosité absolue	m
q_{cf}	Débit calorifique du fluide caloporteur	m
N_{ch}	Nombre de chicanes sur une rangée	N_i
E	épaisseur du conduit utile	m
T_A	Température ambiante	C°
V_v	Vitesse du vent	m/s
E	énergie	j
W	Puissance	w
D	diamètre	km
η_i	Le rendement interne	%
η_g	Le rendement global	%
η_o	Le rendement optique	%
ξ	Le coefficient de transfert par rayonnement	w/m²k
h	Le coefficient de transfert par convection	w/m²k
ϕ	Le coefficient de transfert par conduction	w/m²k
E_0	la constante solaire	W.m²
t	temps	s
p	pression	Pa
ρ	Masse volumique	Kg/m³
μ	Viscosité dynamique	Kg/m.s

Liste des figures

Chapitre.I

Figure I.1 Le schéma de principe d'un capteur solaire plan	3
Figure I.2 Coupes d'un capteur solaire plan.....	4
Figure I.3 Coefficient d'émission des surfaces absorbantes utilisées.....	5
Figure I.4 Les types génériques principaux d'écoulements.....	8
Figure I.5 Capteurs à absorbeur perméable	8
Figure I.6 Différents type d'absorbeur	9
Figure I.7 Chauffages et climatisation des habitations.....	12
Figure I.8 Séchage solaire.....	13

Chapitre.II

Figure II.1 Maillage de rugosités artificielles dans un capteur plan à air	23
Figure II.2 Schéma d'une section transversale occupée par une rangée de chicane.....	23

Chapitre.III

Figure III.1 Manomètre.....	27
Figure III.2 Composants de pyromètre	28
Figure III.3 Anémomètre	28
Figure III.4 Thermocouple.....	29
Figure III.5 FLUKE Hydra SERIES II.....	31

Chapitre.IV

Figure IV.1 La température ambiante, le rayonnement solaire du capteur sous vitre.....	32
Figure IV.2 Températures mesurées pour différentes positions des thermocouples sur l'absorbeur.....	33
Figure IV.3 Différentes températures mesurées dans le collecteur solaire.....	34
Figure IV.4 Températures mesurées à l'intérieur et l'extérieur du capteur sans vitre.....	35
Figure IV.5 La température ambiante, le rayonnement solaire du capteur avec vitre.....	36

Figure IV.6 Températures mesurées à l'intérieur et l'extérieur du capteur avec vitre.....	37
Figure IV.7 Dépendance de la température ambiante, le rayonnement solaire à la vitesse mesurée au sein du capteur avec vitre.....	38
Figure IV. 8 Températures mesurées à l'intérieur et l'extérieur du capteur avec vitre a vitesse constant.	39
Figure IV. 9 Températures mesurées pour différentes positions des thermocouples sur l'absorbeur avec vitrages.	40

Sommaire

Nomenclature.....	IV
Liste de figures.....	VI
Introduction.....	1

Chapitre I Généralités sur les collecteurs solaires et revue bibliographique

I.1.Aperçu sur la ressource de l'énergie solaire.....	2
I.1.1 Généralités sur le soleil.....	2
I.2 Description des capteurs solaires plans à air.....	2
I.2.1 Principe.....	2
I.2.2 Caractéristiques techniques des différents composants.....	3
I.3 Différents types des capteurs solaires plans à air.....	7
I.4 Les différents paramètres influant sur le rendement du capteur solaire plan.....	9
I.4.1 Les paramètres externes.....	9
I.4.2 Les paramètres internes.....	9
I.5 Classification des capteurs.....	10
I.5.1 Le fluide de travail utilise.....	10
I.5.2 L'orientation des capteurs.....	11
I.5.3 Les types des composants.....	11
I.6 Applications des capteurs solaires plans à air.....	12
I.7 Etat de l'art.....	14

Chapitre II Analyse théorique et modélisation

II.1 méthode de plan d'expérience.....	18
II.1.1 Définition.....	18
II.1.2 Terminologie.....	18
II.1.3 Principe.....	19
II.1.4 Avantage.....	19
II.2 Equation simplifiée du fonctionnement.....	19
II.2.1 Les pertes thermiques.....	19

II.2.2 Rendement du capteur.....	20
II.3 L'équation thermique du capteur solaire plan.....	21
II.3.1.Calcul du coefficient d'échange thermique.....	21
II.4 Calcul du coefficient global de perte thermique.....	23

Chapitre III Matériels et méthodes expérimentales

III.1 Description du protocole expérimental.....	26
III.2 Description des appareils de mesure.....	26
III.2.1 Manomètre différentiel.....	26
III.2.2 Pyranomètre électronique.....	27
III.2.3 Anémomètre.....	27
III.2.4 Thermocouples.....	28
III.2.5 FLUKE Hydra SERIES II.....	29

Chapitre IV Résultats expérimentaux, discussion et commentaires

Partie IV.1: Etude du capteur solaire sans vitre.....	31
Partie IV.2: Etude du capteur solaire avec simple vitrage, muni des chicanes.....	35
Conclusion.....	41
Bibliographie	

Introduction

Introduction

Une grande partie de l'énergie consommée dans le monde provient des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon, ...etc.) dont l'utilisation massive peut conduire à l'épuisement de ces réserves et menace réellement l'environnement. Cette menace c'est manifesté principalement à travers la pollution et le réchauffement global de la terre par effet de serre.

Ce qui nécessitait une recherche urgente sur les sources d'énergie renouvelables. Parmi les nombreuses solutions de rechange, le photovoltaïque et l'énergie éolienne ont été considérés comme prometteuses pour répondre à la demande croissante pour l'énergie. Les sources d'énergie éoliennes et photovoltaïques sont inépuisables, les processus de conversion sont sans pollution, et leur disponibilité est gratuite. Pour les systèmes à distance tels que les relais de télécommunication en plein désert, les Stations terrestres de satellites, ou aux sites isolés qui sont loin d'un système d'énergie conventionnelle, le capteur solaires plan à air ont été considérés comme des sources alternatives attrayantes et privilégiées, à condition d'accepter leurs fluctuations naturelles et parfois aléatoires.

Le capteur solaires plan à air complètement indépendant des autres sources d'énergie qui fournit à l'utilisateur d'énergie sans connexion au réseau électrique, Ils sont généralement utilisés pour chauffages et climatisation des habitations et le séchage des récoltes et idéale dans le cas du thé, du café, des fruits, des fèves, les capteurs solaire indépendants sont installés comme la source d'énergie électrique la plus économique.

Ce travail s'intéresse à l'étude du capteur thermique solaire plan à air.

Une étude comparative entre un modèle des capteurs solaires sans vitre, et un modèle avec vitre.

L'étude théorique du capteur solaire plan, ses différents composants, ses classifications, son fonctionnement et les différents échanges thermiques mis en jeu au sein du capteur feront l'objet du premier chapitre.

Dans le deuxième chapitre, nous présenterons une méthode d'expérience, les différentes équations gouvernant le fonctionnement du système en régimes permanent.

Certains dispositifs sont décrits et définis par quelles variables sont mesurées, tels que la température extérieure et le rayonnement solaire, feront l'objet du troisième chapitre.

Les principaux résultats obtenus et leurs interprétations font l'objet du quatrième chapitre.

**Chapitre I : *Généralités sur
les collecteurs solaires et revue
bibliographique***

I.1 Aperçu sur la ressource de l'énergie 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 2.10^{27} tonnes.

Toute l'énergie du Soleil provient de réactions thermonucléaires qui s'y produisent. Elles transforment à chaque seconde 564.106 tonnes d'hydrogène en 560.106 tonnes d'Hélium, la différence de 4 millions de tonnes est dissipée sous forme d'énergie $E = mc^2$ ce qui représente une énergie totale de 36.1022 kW. La Terre étant à une distance de 150.106 km du Soleil, elle reçoit une énergie de 1,8.1017W [1].

I.1.1 Généralités sur le soleil

Présentation

Le Soleil a une forme sphérique qui est constitué d'hydrogène (71%), d'hélium (27%), et d'autres éléments, plus lourds (2%). Au centre du Soleil, la température atteint environ 16 millions de degrés Celsius, en surface la température du soleil est d'environ 5900 K [2].

Carte d'identité du soleil [3]

L'étude astrophysique du soleil conduit aux valeurs suivantes

- Masse : 2.10^3 kg, soit 333432 fois celle de la terre.
- Rayon : 7.10^8 m, soit 109 fois celui de la terre.
- Densité du soleil: 1400 kg/m³.
- Age de soleil: 4,7. 109 années.
- Puissance rayonnée par le soleil : 4.1023kw.
- Distance moyenne (d) à la terre : 149,6. 109 m, il faut de plus de 8mn pour que la lumière solaire nous parvienne

I.2 Description des capteurs solaires plans à air

I.2.1 Principe

L'énergie émise par le soleil voyage jusqu'à la terre sous forme de rayonnement électromagnétique. L'énergie peut être récupérée par des capteurs solaires thermiques ou photovoltaïques Le flux solaire peut être directement converti en chaleur par l'intermédiaire de capteurs solaires thermiques.

Le rôle d'un capteur solaire thermique est de transformer le rayonnement solaire qu'il reçoit en énergie calorifique utilisable, le plus souvent par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur (eau, air,...).

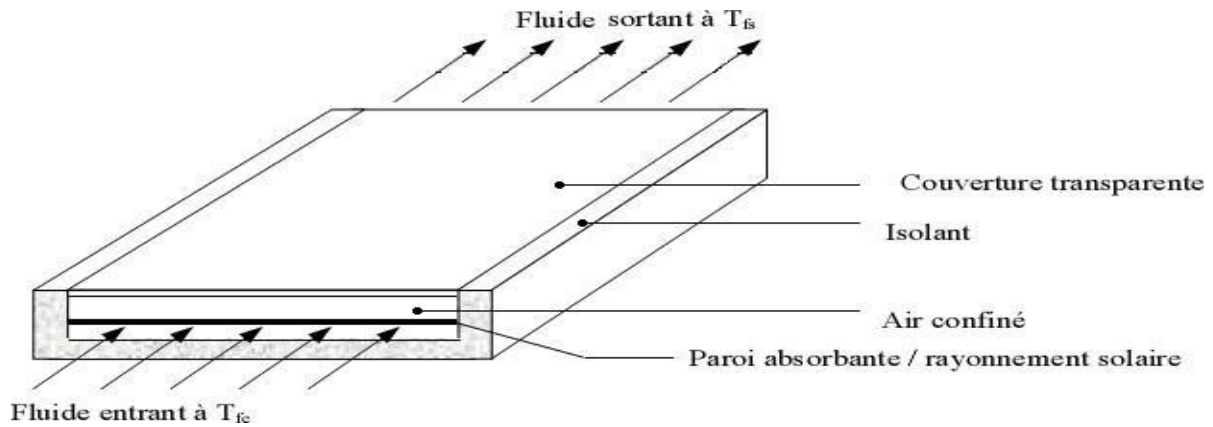


Figure I.1 : Le schéma de principe d'un capteur solaire plan [4].

La paroi absorbante s'échauffe sous l'effet de l'absorption du rayonnement solaire incident. Le fluide qui circule sous cette paroi récupère par convection une partie de cette énergie absorbée et subit une élévation de température $T_{fs} - T_{fe}$ à la traversée du capteur

Les capteurs solaires plans, sont conçus pour la conversion de l'énergie solaire par voie thermodynamique ou bien la conversion thermique de l'énergie solaire, reposent sur la technologie la plus simple. Ils sont constitués d'une surface réceptrice noire qui absorbe le rayonnement solaire incident visible de la bande spectrale ($0,3 < \lambda < 3\mu\text{m}$), du rayonnement direct et diffus. Au-dessus de l'absorbeur se trouve un système de couverture à simple ou à double vitrage, limite les pertes thermiques convectives avec l'air ambiant, ainsi que les pertes radiatives grâce à la propriété du verre pratiquement opaque dans le domaine de l'infrarouge [5]

Une isolation sur la face arrière du capteur limite également les pertes thermiques par conduction et par convection.

À partir de ce dispositif de base, on trouve un grand nombre de système plus ou moins performant liés à la qualité de l'absorbeur. Dans le cas d'un capteur plan, le meilleur absorbeur n'est pas un corps noir, mais plutôt une surface sélective fortement absorbante dans le visible et faiblement émissive dans l'infrarouge.

I.2.2 Caractéristiques techniques des différents composants

Un capteur solaire plan est en fonctionnement lorsque le rayonnement solaire passe à travers un couvercle transparent et tombe sur la surface de l'absorbeur noirci de capacité d'absorption élevée, une grande partie de cette énergie est absorbée par la plaque, puis transférée dans le canal d'écoulement au fluide qui l'emporte pour le stockage ou l'utilisation. Le dessous de la plaque de l'absorbeur et les côtés du boîtier sont bien isolés pour réduire les pertes.

La couverture transparente est utilisée pour réduire les pertes par convection de la plaque absorbante à travers le dispositif de retenue de la couche d'air stagnant entre la plaque de l'absorbeur et le verre. Elle réduit également, les pertes par rayonnement. En effet, le verre est transparent au rayonnement d'ondes courtes reçu par le soleil, mais presque opaque à la longueur d'onde de rayonnement thermique émis par la plaque absorbante (effet de serre).

Les capteurs solaires plans sont généralement fixés en permanence et ne nécessitent pas la poursuite du soleil. Les capteurs solaires doivent être orientés directement vers l'équateur, vers le sud dans l'hémisphère nord. L'angle d'inclinaison optimale du collecteur est égal à la latitude de l'endroit avec des variations d'angle de plus ou moins 10 à 15° en fonction de l'application

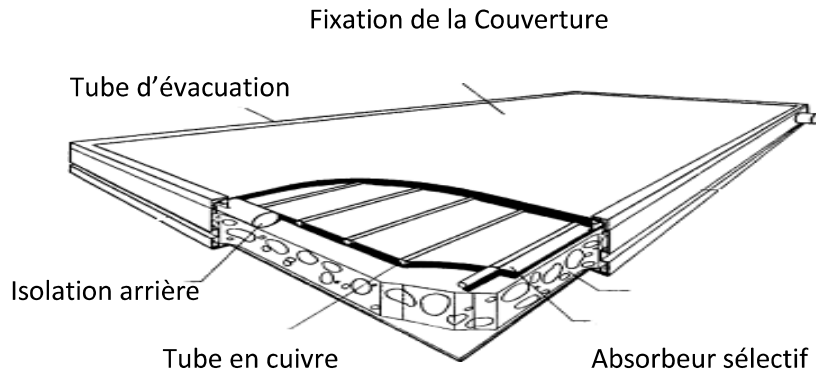


Figure I.2 : coupes d'un capteur solaire plan [6]

L'absorbeur [7]

Deux fonctions incombent à l'absorbeur :

1. absorber la plus grande partie du rayonnement solaire possible
2. transmettre la chaleur produite vers le fluide caloporteur avec un minimum de pertes.

L'absorbeur en général est disposé de 25 mm à 30 mm d'isolant

La plaque du capteur absorbe autant de l'irradiation que possible à travers le vitrage, tout en perdant peu de chaleur vers le haut et par l'arrière du capteur vers l'atmosphère. La chaleur absorbée est transférée au fluide caloporteur. La qualité d'absorption du rayonnement solaire à ondes courtes dépend de la nature et de la couleur du revêtement et l'angle d'incidence de l'absorbeur. Habituellement de couleur noire, les revêtements de couleur toutefois différentes ont été proposées dans les références [8-9] principalement pour des raisons esthétiques.

Sa fabrication doit lui conférer

- Un facteur d'absorption solaire aussi voisin que possible de l'unité
- Un coefficient d'émission d'ondes thermiques de grande amplitude ($\lambda > 3 \text{ m}$) faible.

- Une bonne conductivité thermique.
- Une bonne résistance chimique et anticorrosive.

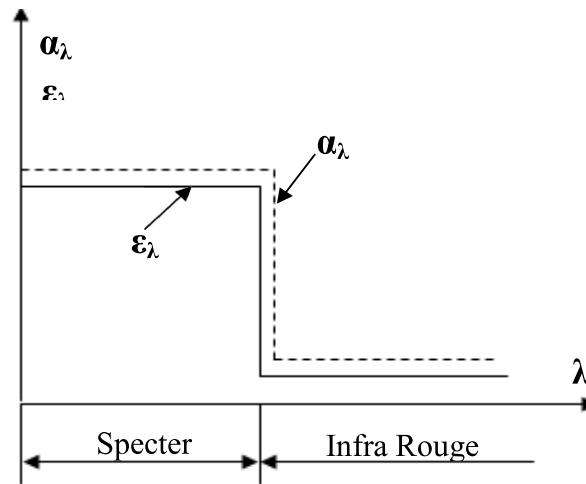


Figure I.3 : Coefficient d'émission des surfaces absorbantes utilisées [10]

Le rôle de l'absorbeur est de capter au maximum le rayonnement et d'en réémettre le moins possible. Ces types de surfaces absorbant au maximum et réémettant au minimum ont été nommées surfaces « sélectives ».

La couverture transparente

La couverture a une fonction de protection de l'absorbeur, mais elle joue aussi un rôle important dans le bilan thermique en réduisant les pertes de chaleur. Habituellement, on utilisera le verre comme couverture transparente [11].

Le verre est transparent aux rayonnements solaires mais opaque au rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde émis par l'absorbeur (effet de serre). En général, elles sont en verre de faible teneur d'oxyde de fer, parfois en plastique, mais celui-ci vieillit mal sous l'action des ultraviolets. D'habitude, on ne dépasse pas deux vitrages car au-delà le gain obtenu sur les pertes thermiques est compensé par les pertes de réflexion et réfraction.

Les couvertures ont une épaisseur de 4 mm environ et sont situées à 25 à 40 mm de l'absorbeur et munies de joints d'étanchéité au niveau du boîtier [8]

La propriété physique intéressante du verre est qu'il permet de laisser passer le rayonnement solaire et d'arrêter le rayonnement infrarouge d'un émetteur tel que celui de l'absorbeur. La chaleur est donc bloquée entre l'absorbeur et la couverture.

L'isolant

Il est monté directement sur le fond et les parois du bâti. Il doit être opaque au rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde émis par l'absorbeur.

Les qualités essentielles d'un bon isolant sont:

- ✓ Une faible conductivité thermique
- ✓ Une faible densité
- ✓ Une chaleur massique basse
- ✓ Une bonne résistance dans toute la plage de températures auxquelles il peut être soumis.

On utilise deux catégories d'isolants :

- ✓ Isolants minéraux (exemple : laine de verre, laine de roche...)
- ✓ Isolants végétaux ou plastiques (exemple : bois, liège)

Les isolants généralement utilisés sont la laine de verre et les mousses polyuréthanes. Leur épaisseur varie de 4 à 8 cm.

Le fluide caloporteur

Le fluide caloporteur a pour rôle de véhiculer l'énergie convertie sous forme de chaleur au moyen de l'absorbeur pour l'utilisation ou le stockage. Le fluide caloporteur doit satisfaire aux conditions suivantes.

- ✓ Faible viscosité et bas point de coulée.
- ✓ Haut point d'ébullition et bas point de congélation.
- ✓ Coefficient de transfert thermique élevé.
- ✓ Grande capacité calorifique et toxicité faible.
- ✓ Stabilité physique et chimique dans les conditions d'emploi et de stockage.
- ✓ Les géothermies (liquides organiques à base de phényles hydrogénés Ou d'hydrocarbures linéaires).

Il est évident qu'un même type de fluide ne peut être le meilleur au regard de toutes ces propriétés. Le choix doit être fait en fonction des conditions particulières à chaque installation. En règle générale la température d'utilisation impose le choix du fluide.

Les fluides caloporteurs les plus utilisés sont

✓ L'air

✓ L'eau

L'air comme agent de transport de calories à un grand avantage par son abondance et sa gratuité, est par l'absence des problèmes de gel et de corrosion ce qui donne au capteur une grande durée de vie moins de travaux d'entretien.

L'eau Un excellent fluide caloporteur pour sa chaleur massique mais le risque de gel

Le boîtier ou le coffre

Il permet l'assemblage des différents éléments du capteur. il doit assurer une protection efficace contre les agents atmosphériques. Pendant les nuits d'hiver et le risque d'ébullition en cas haute température pose des problèmes.

1.3 Différents types des capteurs solaires plans à air [12]

Les types de capteurs solaires sont très divers même si leur composition reste approximativement le même.

On distingue trois grandes catégories de capteurs plans à air :

- capteurs à absorbeur plan.
- capteurs à absorbeur perméable.
- capteurs à absorbeur à géométrie variable.

Capteurs à absorbeur plan:

L'absorbeur est une plaque en tôle plane, leur variété réside dans le nombre des veines d'écoulement d'air. On distingue quatre types des capteurs selon leurs modes d'écoulement :

- Type 1 avec écoulement d'air au-dessus de l'absorbeur.
- Type 2 avec écoulement en dessous l'absorbeur.
- Type 3 avec l'écoulement des deux côtés de l'absorbeur de même sens.
- Type 4 avec l'écoulement des deux côtés de l'absorbeur au sens contraire.

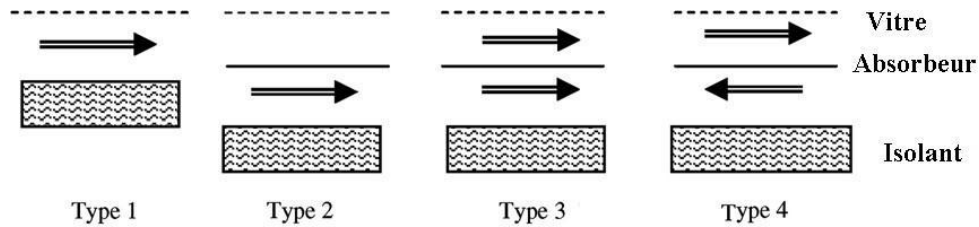


Figure I.4 : Les types génériques principaux d'écoulements [13]

Capteurs à absorbeur perméable :

L'amélioration du rapport surface d'échange sur projection de la surface d'absorbeur consiste à utiliser un absorbeur poreux.

On peut utiliser à cet effet du tissu noir, de la fibre de verre noircie, des écrans rainurés et étirés, de la laine d'acier ou des assemblages de lamelles.

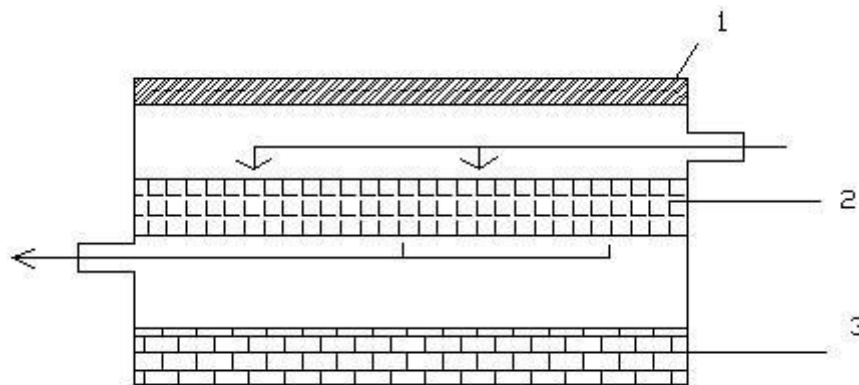


Figure I.5 : Capteurs à absorbeur perméable [14]

1-vitre.

2-absorbeur poreux.

3-isolant.

Capteurs à absorbeur à géométrie variable :

Si l'on veut utiliser le vitrage comme une garde pour réduire les pertes de chaleur il faut que le transfert de chaleur ait lieu entre le dos de l'absorbeur et l'air. L'absorbeur constitue alors la paroi frontale du canal d'air et le revêtement intérieur de l'isolation constitue le fond du canal. On peut augmenter la surface d'échange de chaleur soit en donnant un pouvoir émissif élevé au dos de l'absorbeur et à la face interne de l'isolation, soit en donnant à l'absorbeur une surface striée ou rainurée.

Les formes les plus utilisées sont les suivants :

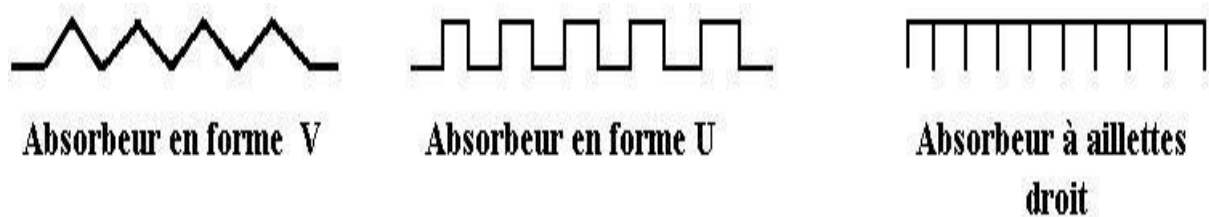


Figure I.6 : différents type d'absorbeur [15]

I.4 Les différents paramètres influant sur le rendement du capteur solaire plan :

Le rendement d'un capteur solaire plan est influencé par différents paramètres [16], [17], [18], [19].

On distingue:

I.4.1 Les paramètres externes

- Les paramètres d'ensoleillement
- Eclairement énergétique dû au rayonnement global.
- Position du soleil et durée d'insolation.
- L'heure de la journée et la saison.
- La position géographique du considéré
- Température ambiante
- Vitesse du vent.

I.4.2 Les paramètres internes

1-Les paramètres de position

- Orientation, inclinaison et emplacement du capteur.
- Capteur fixe ou suiveur

2-Les paramètres construction

Parmi lesquels nous citons :

- L'absorbeur
- Les propriétés thermo-physiques et optiques.
- Dimensions des tubes, de la plaque absorbante et espacement entre les tubes.
- Introduction des rugosités artificielles et de la surface sélective.
- Epaisseur de la lame d'air entre l'absorbeur et la vitre.

- Géométrie des canaux (carrée, rectangulaire, hexagonale, circulaire).
- Configuration du réseau de circulation du fluide caloporteur.
- Température de l'absorbeur.
- La différence de température entre l'absorbeur et l'air ambiant.
- La surface sélective.

I.5 Classification des capteurs

On peut classer les capteurs selon [20] :

I.5.1 Le fluide de travail utilise

On peut trouver:

Des captures solaires à air :

Ce type de capteurs s'adapte aux appareils de chauffage à air pour le séchage des produits agro-alimentaires, et le chauffage des locaux.

Des captures solaires à eau :

Ils s'adaptent aux appareils de chauffage à liquide, y compris ceux dont le liquide entre en ébullition pendant le chauffage (la production de l'eau chaude sanitaire).

Les capteurs à eau peuvent être classés en capteurs à :

Faible pression de circulation, tel est le cas du chauffage des piscines.

Haute pression de circulation où le circuit d'eau est généralement constitué de tubes de cuivre et de plaques métalliques qui augmentent la surface d'absorption.

L'eau et l'air sont les principaux fluides de travail utilisés pour les capteurs solaires plans, mais il en existe d'autres, tels que les hydrocarbures qui sont utilisés pour la réfrigération et la génération d'électricité.

I.5.2 L'orientation des capteurs [20]

Les capteurs solaires peuvent être :

Des captures fixes :

Ces capteurs ne bougent pas dans la journée, ce qui est le cas des chauffe-eaux solaires domestiques, et présentent les propriétés suivantes:

La simplicité et la fiabilité.

Un faible entretien.

Ils peuvent faire partie intégrante d'une construction (toit ou mur).

L'angle d'incidence du rayonnement solaire sur l'absorbeur n'est pas très longtemps chaque jour à son maximum d'efficacité.

Des captures à poursuite :

Le capteur solaire peut être muni d'un dispositif de guidage automatique dans la direction de provenance du flux lumineux, ce qui va améliorer le rendement du capteur.

I.5.3 Les types des composants

Les composants des collecteurs diffèrent d'un capteur à un autre, on peut classer les capteurs suivant:

➤ Les couvertures

Elle peut exister ou pas, on peut alors trouver

Les capteurs solaires plans non vitrés

Ils sont constitués d'un réseau de tubes peints en noir en plastique résistant aux rayons U.V, sans couverture transparente. Ils sont essentiellement utilisés pour le chauffage de l'eau des piscines extérieures en été et assurent des températures relativement basses de l'ordre de 30 à 35°C.

Les captures Solaires plans vitres

Le vitres crée un effet de serre qui permet d'atteindre des températures de 70°C à 90°C et augmente ainsi le rendement. Le capteur solaire peut avoir une ou plusieurs couvertures transparentes.

L'absorbeur

L'absorbeur peut être classé suivant sa forme. On trouve :

Les capteurs plans.

Les capteurs à cavités.

I.6 Applications des capteurs solaires plans à air

Chauffages et climatisation des habitations :

Le principe est présenté sur la Figure(I.7) consiste à chauffer le fluide dans le capteur solaire, l'air est véhiculé par ventilateur vers des points d'utilisations.

- 1- Capteur solaire plan à air
- 2- Filtre
- 3- Ventilateur
- 4- Entrées d'air
- 5- Sorties d'air

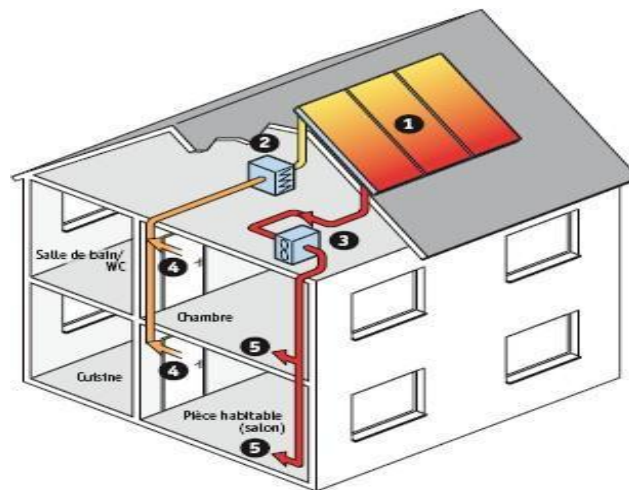


Figure I.7 : Chauffage et climatisation des habitations [21]

Le système de capteur solaire à air s'intègre dans l'habitat de façon modulaire et complète les systèmes de chauffage existants. Il permet de réaliser des économies substantielles d'énergie et d'améliorer le bilan thermique des bâtiments sur la période hivernale et en mi-saison en apportant une source complémentaire de chauffage. Une régulation fait circuler l'air des locaux à travers le panneau dès que la température interne du panneau permet d'obtenir un gain significatif.

Le séchage:

Utilisation des capteurs solaire à air pour le séchage des récoltes est idéale dans le cas du thé, du café, des fruits, des fèves, du riz, des épices, du caoutchouc, du cacao et du bois.

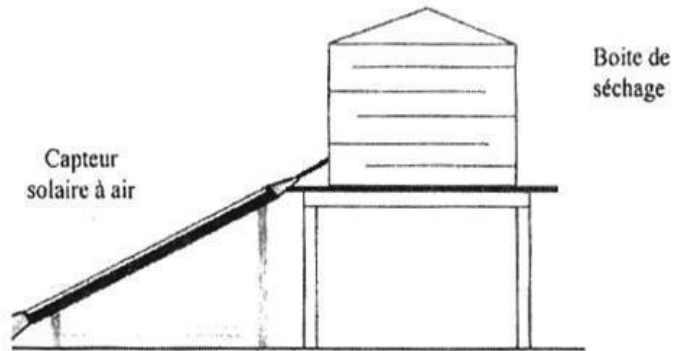


Figure I.8 : séchoir solair[22]

I.2 Etat de l'art

Zaid [23] Dans le collecteur de panneaux solaires dans l'air, en réponse à l'interaction humaine entre le fluide et l'absorption, l'utilisateur est obligé d'améliorer son amélioration. Ce faible échange thermique ne permet pas à ces systèmes d'avoir les meilleures performances ou la meilleure efficacité dans le domaine de la chaleur électronique.

Notre étude nous a permis de montrer que l'utilisation d'obstructions dans le courant d'air du collecteur est un moyen économique d'adapter l'échangeur d'air aux besoins des utilisateurs. A partir des résultats obtenus pour les types de complexes solaires examinés, nous concluons que l'introduction d'obstacles dans les canaux d'air est un facteur très important pour améliorer la performance du complexe.

Contrairement à d'autres sources d'énergie, l'énergie solaire permet la construction de systèmes indépendants. Cette énergie possède un mode de conversion thermique qui nécessite une technique simple adaptée à l'emplacement et à la zone définis pour de nombreuses applications. Tous ces systèmes sont basés sur la plaque de collecteur d'air solaire collecteur. Les améliorations de performance de ces complexes comprennent, pour la première fois, tout le gaspillage thermique entre l'absorption et l'environnement grâce à la sélection judicieuse de leurs composants, ce qui nécessite une connaissance de la fabrication de la technologie et de la science des matériaux

Yang [24] Les calculs numériques dans le domaine indiquent que les modèles de flux autour des foyers solides et poreux de l'espèce sont très différents en raison des différents phénomènes de transport et contribuent de manière significative à la distribution des distributions locales de transfert de chaleur. Pour le canal ba-e solide, le canal ba-bous poreux présente un facteur de frottement plus faible en raison d'un blocage du canal inférieur. En ce qui concerne le transfert de chaleur, les parois solides et poreuses du type poreux favorisent le transfert de chaleur pour le canal mou. Il montre également qu'à haute altitude, le niveau de transfert de chaleur augmente sensiblement pour la porosité, ce qui ne fait que dépendre du nombre de Reynolds. Comme prévu, le rapport entre le nombre d'augmentations d'axe et la hausse de l'élévation électronique du FFL est dû en moyenne à l'accélération du débit du fluide.

Afin de transporter le gaz de turbine et le transfert de chaleur dans un canal rectangulaire. L'ensemble de transfert de chaleur est fourni ici en termes de type d'acier fendu et de type poreux. Le rapport de Nusselt du milieu moyen est arrangé étonnamment sur la paroi supérieure et inférieure du canal plein à celui de la douceur du canal. Les résultats sont présentés pour $n = Nu$, où Nu est la distance moyenne entre Nusselt et s ($H = H \ 1 \ 1: 0$) et les différentes valeurs du nombre Reynolds du canal lisse, et 4 nombre de Reynolds ($1 \ 10 \ 6 \ Re6 \ 5$ Cela peut être vu comme le pourcentage de blocage augmente, ect 10), Ba FFL e Altitudes.

Jedsadaratanacha [25] Le flux volatil turbulent a été d'une grande importance au cours des dernières décennies en raison des applications industrielles telles que les turbines à gaz, la chaleur circulante, la combustion cyclonique et les échangeurs de chaleur. Dans les échangeurs de chaleur tubulaires, le flux de Foucault est généré par des bobines de fil. Et à cet effet, les barrières d'angle étaient fréquemment placées sur les parois des canaux supérieur et inférieur dans un ordre linéaire pour générer une paire de courant d'écoulement des écoulements en spirale rotatifs. L'effet de différents rapports de tonalité ($PR = P / H$) avec un effet monoclonal de 0,2% a été examiné sur le transfert de chaleur et la perte de pression dans le canal. L'écoulement du canal convexe a montré un écoulement périodique complètement développé à environ $x / D7$. Le calcul a révélé qu'une paire de courants de Foucault créés par les barrières existe et entraîne les flux de collision / fixation sur le côté et les parois supérieure et inférieure entraînant une augmentation significative du taux de transfert de chaleur sur le canal de test. Le déclin des relations publiques a conduit à une augmentation du facteur de friction seulement. Les résultats ont montré que le facteur d'amélioration de performance thermique optimal d'environ 3,78 était trouvé dans $PR = 2,5$.

Il y a des flux de vortex anti-spin longitudinaux résultant de la barrière diagonale et aident à augmenter le taux de transfert de chaleur de manière significative dans le canal. L'ordre d'amélioration du transfert de température est d'environ 1 à 9,2 fois le canal lisse de $BR = 0,2$ mélangé avec la valeur $PR = 0,5-2,5$. Cependant, un transfert de chaleur accru est associé à une perte de pression surdimensionnée allant de 1 à 21,5 fois sur le canal mou. Le coefficient thermique de la barrière a été trouvé avec $PR = 2,5$ pour être plus élevé à 3,78 et $PR = 1,5$ légèrement inférieur. Le plus bas coefficient de réchauffement thermique de $PR = 0.5$ est vu.

Tamna[26] L'article présente une étude sur l'augmentation du transfert de chaleur dans le canal du réchauffeur d'air solaire, qui est couvert par plusieurs générateurs multiples V-ba (BVG). Pendant l'essai à l'air, il a été passé à travers le canal d'essai sous la chaleur d'une paroi uniforme de la plaque d'absorption. Les caractéristiques de transfert de chaleur et de convection des nombres de Reynolds sont basées sur le diamètre du canal hydraulique de 4000 à 21000. V-ba est appliqué à un relatif ϵ (en termes de blocage, $BR = b / H = 0,25$) et angle d'attaque 45° . En ce qui concerne la direction du maître de la Floride ah.

L'utilisation de BVG dans le canal est de générer plusieurs tourbillons longitudinaux à travers le canal d'essai pour augmenter l'intensité de la perturbation et un mélange plus fort du noyau et de la paroi près du mur. Dans la variance de trois parties du préfixe des rapports de hauteur de canal ($PR = P / H = 0,5$ et 1 et 2) sur le transfert de chaleur et la perte de pression dans Nusselt et le facteur de frottement (ou perte d'énergie pour pousser l'air dans le canal).

BVG, un seul BVG (ou BVG simple) et des BVP chevauchants chevauchants sur des parois opposées sont également testés. Le résultat expérimental révèle que le plus petit PR fournit le plus haut degré de transfert de chaleur et de facteur de friction pour toutes les BVG. La perte de chaleur et de frottement de la BVG simple et unique, cependant, la seule BVG avec $PR = 0,5$ donne la performance thermique la plus élevée. Lumière sur le mécanisme de transfert de chaleur, il est également une œuvre numérique pour étudier les caractéristiques de transfert de chaleur et de la friction dans le canal lié à 45° BvgS et par rapport aux propriétés, les résultats numériques sont en bon accord avec les données expérimentales. 2014 Elsevier Ltd.

Tous droits réservés Vortex / vortex est ow est l'une des techniques négatives de la plaque et refroidir les aubes de la turbine et refroidir la paroi extérieure de la chambre de combustion. Force de rotation sélective du mouvement. Le processus d'augmentation du transfert de chaleur et du mode vortex a été développé dans de nombreuses techniques thermiques pour améliorer les applications de transport telles que les aubes de turbine à gaz, les performances thermiques des échangeurs de chaleur avec chambres à impulsions, échangeurs de chaleur et réchauffeurs d'air.

Karoua[27] Dans cette étude théorique et expérimentale, nous étudions la performance thermique et le transfert de la chaleur lors de l'écoulement du flux d'air dans un canal rectangulaire utile, dont la zone d'échange est munie d'une rugosité artificielle tordue. Le canal d'écoulement utile est situé dans la zone focale d'un collecteur solaire avec l'effet d'un concentrateur solaire réfléchissant de Fresnel linéaire.

Une étude théorique et expérimentale est en cours pour mettre en évidence l'effet des paramètres géométriques et des propriétés thermo physiques des matériaux constitutifs sur les performances du dispositif thermique de conversion de l'énergie solaire. Le but de ce travail est de mettre en évidence la performance du complexe solaire de la famille des convertisseurs thermiques solaires, une technologie moderne qui a été rapidement développée par des chercheurs du monde entier.

Dans un premier temps, une partie de la littérature est réservée au travail investi sujets scientifiques influents, qui sont mentionnés dans la littérature relative aux technologies existantes dans le domaine du fonctionnement solaire sans et avec la concentration et l'application de l'échelle industrielle dans les domaines de recherche récente.

Dans ce travail on s'intéresse à l'étude des paramètres de performances thermique et au transfert de chaleur lors de l'écoulement d'un débit d'air dans un conduit utile rectangulaire, dont la surface d'échange mise en jeu est munie de rugosités artificielles tordues. Le conduit d'écoulement est situé dans la zone focale d'un capteur solaire avec effet de concentration de type Fresnel, constitué d'un jeu de miroirs ardents parfaitement réfléchissants.

Chapitre II: *Analyse théorique et modélisation*

II.1 Méthode de plan d'expérience

II.1.1 Définition

Le plan d'expérience est une technique qui permet de quantifier les effets de divers facteurs sur un répons dans des domaines expérimentaux bien déterminés dans le but de les optimisés (Fadil et al (2015).

L'élaboration d'un plan d'expérience commence par l'extraction d'un nombre suffisant de combinaisons à partir du domaine d'étude, pour estimer avec une incertitude à la fois minimale mais aussi homogène, les coefficients du modèle polynomiale en respectant les contraintes qui peuvent être liées à l'étude quel soit technique ou bien économique (Rabier, 2007). [28]

II.1.2 Terminologie

La réponse: Une réponse consiste à une quantification des performances du système étudié (Benoits et al1994). [29]

Les facteurs : les paramètres que l'on fait varier au cours des essais et sensés influencer sur la variation de la réponse (les variables que l'on désire étudier) (Goupy, 2006). [30]

Domaine d'un facteur : Un facteur varie généralement entre deux bornes à savoir : la borne inférieure et la borne supérieur. dans les plans d'expériences, un facteur varie entre le niveau bas (borne inférieure notée le plus souvent par -1) et le niveau haut (borne supérieure notée le plus souvent par +1), L'ensemble des valeurs que peut prendre le facteur entre le niveau bas et le niveau haut, est appelé domaine d'un facteur ou bien domaine de variation (Annexe B) (Goupy, 2006). Domaine d'étude: Un seul facteur est représenté par un axe orienté, et s'il y a deux facteurs, le second est représenté, lui aussi, par un axe gradué et orienté. Ce dernier est disposé orthogonalement au premier, la réunion des domaines de variations de chaque facteur définit le domaine d'étude (Annexe B) (Goupy, 2006). [30]

Interaction : L'effet pour lequel l'influence apparente d'un facteur sur une variable de réponse dépend d'un ou de plusieurs facteurs. L'interaction indique une incohérence de l'effet principal d'un facteur sur la réponse selon le niveau d'un autre facteur (Karam2004). Matrice d'expérience : Une matrice d'expérience (Annexe B) définit les essais à réaliser. Le terme essai est l'équivalent de point d expérience lorsque l'on emploie la représentation en tableau des plans d'expérience. Plusieurs autres appellations existent pour désigner un essai: traitement, combinaison, expérience...etc (Goupy, 1999). [30]

II.1.3 Principe

La technique des plans d'expériences consiste à faire varier simultanément les niveaux de un ou plusieurs facteurs (qui sont les variables, discrètes ou continues) à chaque essai. Ceci va permettre de diminuer fortement le nombre d'expériences à réaliser tout en augmentant le nombre de facteurs étudiés, en détectant les interactions entre les facteurs et les optimaux par rapport à une réponse, c'est-à-dire une grandeur utilisée comme critère et en permettant de modéliser facilement les résultats. Le point délicat dans l'utilisation des plans d'expériences sera donc de minimiser le plus possible le nombre d'expériences à mener sans sacrifier la précision des résultats. Il existe actuellement un nombre important de plans différents. Chacun, par ses propriétés, permet de résoudre certains problèmes particuliers. Nous pouvons ce pendant diviser les plans d'expériences en deux grandes catégories: les plans pour étudier (estimer et comparer) les effets des paramètres, les plans pour régler les paramètres afin d'atteindre un optimum. [31]

II.1.4 avantage

Des plans d'expériences les principaux avantages de cette méthode sont : diminution du nombre d'essais modélisation des réponses étudiées possibilité d'étudier un grand nombre de facteurs une précision optimum des résultats détection des interactions entre facteurs la méthode des plans d'expériences permet une interprétation rapide et sans équivoque en fournissant un modèle expérimental précis du système étudié. [32]

II.2 Equation simplifiée du fonctionnement

La puissance thermique disponible utile à l'échauffement du fluide caloporteur est équivalente à la puissance incidente du rayonnement diminuée des pertes :

$$Q_u = Q_a + Q_p \quad (\text{II.1})$$

II.2.1 Les pertes thermiques

Les pertes peuvent être décomposées en deux catégories :

Les pertes optiques Q_{po} qui sont dues à la réflexion et la réémission du rayonnement incident

Les pertes thermiques Q_{pt} qui sont des pertes par convection, conduction et rayonnement

L'avant

Ces pertes interviennent sur le flux du rayonnement incident avant sa conversion dans l'absorbeur α . Elles dépendent essentiellement de la transmission τ des parois protectrices, et de l'absorption de l'absorbeur. Ces deux paramètres sont liés par la relation:

$$B = \alpha \times \tau \quad (\text{II.2})$$

Où, B représente le rendement optique du capteur qui peut être exprimé comme suit

$$B = \frac{Q_a}{I_G} \quad (\text{II.3})$$

I_G : représente le rayonnement solaire incident (exprimé en W/m^2).

Le coefficient B présente une caractéristique principale du capteur. En effet si $B < 1$ le capteur solaire est considéré bon pour lequel les pertes optiques sont faibles.

La quantité Q_a représente l'énergie effectivement absorbée par l'absorbeur est s'écrit :

$$Q_a = (B \cdot I_G)$$

L'arrière

Ces pertes peuvent être divisées en deux parties selon qu'elles soient produites au niveau de la face avant du capteur solaire Q_{av} ou au niveau de ces faces arrière et latérales Q_{ar}

$$Q_{av} \times Q_{ar} = Q_{pt} \quad (II.4)$$

Etant donné la complexité des différentes formes d'équations qui traduisent ces pertes (convection, conduction ou rayonnement), toutes ces quantités sont exprimées par une seule équation.

Connaissant la température moyenne de l'absorbeur T_{abs} , on peut en première approximation écrire:

$$Q_{av} + Q_{ar} = U_L(T_{abs} - T_a) \quad (II.5)$$

II.2.2 Rendement du capteur

Les performances des capteurs solaires se traduisent par le rendement instantané. Ce rendement se définit comme étant le rapport de l'énergie thermique recueillie par le fluide caloporteur par unité de surface à l'énergie thermique globale reçue du soleil.

Rendements d'un capteur solaire :

Les rendements d'un capteur sont définis par rapport au flux solaire incident de la manière suivante :

- **Le rendement global :**

$$\eta = \frac{\phi_u}{(G_{i,\gamma} \times S)} \quad (II.6)$$

- **Le rendement interne :**

$$\eta_i = \frac{\phi_u}{\phi_{sa}} \quad (II.7)$$

- **Le rendement optique :**

$$\eta_0 = \frac{\phi_{sa}}{(G_{i,\gamma} \times S)} \quad (II.8)$$

On définit également des rendements moyens sur une période donnée (jour, mois, année). Pour ce faire, on intègre la relation du bilan sur la période choisie :

$$Q_{sa} = Q_u + Q_p \quad (II.9)$$

II.3 L'équation thermique du capteur solaire plan

II.3.1 Calcul du coefficient d'échange thermique

En plus des hypothèses générales mentionnées pour la modélisation des capteurs utilisant la méthode globale, on impose les hypothèses particulières suivantes:

La conduction thermique dans le sens de l'écoulement est négligeable,

Le vent extérieur est supposé de direction toujours parallèle aux faces de l'absorbeur,

Les gradients transversaux de température dans l'absorbeur sont négligés (la conductivité thermique de l'absorbeur est supposée très grande). Afin de déterminer les coefficients d'échange thermique h , nous avons utilisé les relations suivantes, selon qu'il s'agit d'un transfert par conduction, rayonnement ou convection.

Transfert conductif

Le coefficient de transfert par conduction à travers le côté arrière en bois de l'absorbeur donné par [33] :

$$\frac{\lambda_{\text{bois}}}{e_{\text{bois}}} \quad (\text{II.10})$$

Où : λ_{bois} et e_{bois} sont respectivement la conductivité thermique et l'épaisseur du bois.

Transfert radiatif

On considère un transfert radiatif entre deux plaques parallèles de températures T_1 et T_2 (exprimées en Kelvin). On applique la relation exprimée par

$$h_r = \frac{(T_u - T_p)(T_u^2 + T_p^2)}{\frac{1}{\varepsilon_u} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{pmat}}} - 1} \quad (\text{II.11})$$

Transfert convectif

On distingue deux types d'échanges convectifs : Ceux dus au vent Ceux intervenant dans l'absorbeur

a- Transfert convectif dû au vent :

Le coefficient de transfert par convection dû au vent est décrit par la relation de Hottel et Woertz suivante [33]:

$$h_w = 5,67 + 3,86V_v \quad (\text{II.12})$$

Où : V_V est la vitesse du vent en (m/s).

Transferts convectifs dans le capteur:

Dans la veine d'air mobile En ce qui concerne la convection forcée, et dans le cas des conduits rectangulaires, l'échange entre l'absorbeur et le fluide caloporteur est caractérisé par un coefficient d'échange convectif donné par :

$$h_{(p+ch)} - f = \frac{Nu \lambda_f}{D_h} \quad (II.13)$$

Pour les capteurs munis d'ailettes $h_{(p+ch)} - f$ est généralement primé par un coefficient d'échange moyen [34].

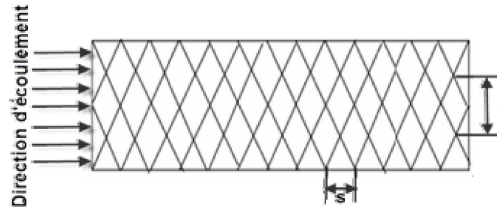


Figure II.1 : Maillage de rugosités artificielles dans un capteur plan à air [35]

La vitesse débitante de l'air dans le conduit mobile v_f , dépend des paramètres géométriques de la veine d'air utile et de la forme des ailettes figure (2), elle s'exprime par

$$V_f = \frac{\dot{m}}{\rho_f A_f} \quad (II.14)$$

La section de passage offerte devant le passage de l'air A_f dans la veine d'air mobile est calculée d'après le schéma descriptif suivant :

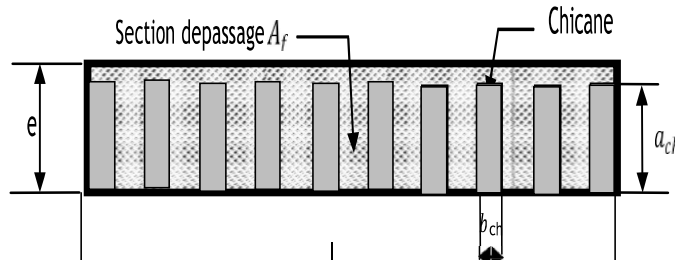


Figure II.2 : Schéma d'une section transversale occupée par une rangée de chicanes [26]

Où

e : épaisseur du conduit utile [m].

n_{ch} : Nombre de chicanes sur une rangée.

a_{ch} : Hauteur d'une chicane rugosité absolue [m].

b_{ch} : Longueur d'une chicane [m].

l : largeur de l'absorbeur [m]

L'aire de la section de passage du fluide qui correspond à une rangée de chicanes occupant toute la largeur du conduit utile, est estimée conformément au schéma de figures (II.1 -II.2) :

$$A_f = l \times e - n_{ch} a_{ch} b_{ch} \quad (II.15)$$

Le périmètre mouillé en contact avec le fluide serait :

$$P_m = 2 (l + e + n_{ch} a_{ch}) \quad (II.16)$$

Par conséquent le diamètre hydraulique équivalent DH serait :

$$D_h = \frac{4 A_f}{P_m} = \frac{2 (l \times e - n_{ch} a_{ch} b_{ch})}{(l + e + n_{ch} a_{ch})} \quad (II.17)$$

II.4 Calcul du coefficient global de perte thermique

II.4.1 Le bilan thermique de la paroi absorbante s'écrit [36]

$$\varphi_{sa} = \varphi_p + \varphi_u + \varphi_{st} \quad (W) \quad (II.18)$$

Où : φ_{sa} : Flux solaire absorbé

φ_p : Flux perdu par la paroi absorbante

φ_u : Flux utile transmis au fluide caloporteur

φ_{st} : Flux stocké dans le capteur

Donc : Flux stocké dans le capteur qui s'écrit φ_{st}

$$\varphi_{st} = M_f c_f \frac{\partial T}{\partial t} \quad (W) \quad (II.19)$$

Où :

M_f : Masse en fluide du capteur

T : Température moyenne du capteur

Φ_{sa} : La puissance absorbée par le capteur s'écrit :

$$\Phi_{sa} = \tau_{cs} \alpha_{ps} G_{i,\gamma} S \quad (II.20)$$

Où :

ϕ_{st} : Flux solaire absorbé par la surface exposée (W).

$G_{i,\gamma}$: Eclairement (densité de flux) solaire incident sur le capteur $W.m^{-2}$.

α_{ps} : Coefficient d'absorption de la paroi absorbante par rapport au rayonnement solaire.

τ_{cs} : Coefficient de transmission de la couverture transparente par rapport au rayonnement solaire
S Surface de la paroi absorbante.

ϕ_u : le flux utile

Dans le cas où le fluide caloporteur ne subit pas de changement d'état :

$$\phi_u = q_{cf}(T_{fs} - T_{fe}) \quad (II.21)$$

Où : q_{cf} débit calorifique du fluide caloporteur ($W. ^\circ C^{-1}$) = débit massique x capacités calorifique.

T_{fs} : Température du fluide caloporteur à l'entrée de l'absorbeur.

T_{fe} : Température du fluide caloporteur à la sortie de l'absorbeur.

ϕ_p : Les déperditions thermiques du capteur sont mises sous la forme :

$$\phi_p = h_p T_{pm} - T(T_{pm} - T_a) s \quad (II.22)$$

Où:

h_p : Coefficient global de pertes du capteur.

T_{pm} : Température moyenne de la paroi absorbante.

T_a : Température de l'air extérieur.

Dans le cas d'un capteur plan :

T_{pm} : La température moyenne T_{pm} : peut en première approximation être calculée par :

$$T_{pm} = (3T_{fs} + T_{fe})/4 + \Delta T \quad (II.23)$$

Pour tenir compte de la non-linéarité de l'évolution de la température du fluide dans le capteur et de l'écart de température ΔT existant entre le fluide et la paroi absorbante.

Vitesse = **cte avec vitrage**

Tableau I.1: la vitesse à capteur solaire avec simple vitrage, muni des chicanes

La variation	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Température entrée	22.02	23.13	26.13	29.71	31.94	34.00	35.51	37.23	37.23	38.40	39.15	39.25	38.87
Température sortie	27.15	28.27	31.44	35.53	38.78	41.14	43.04	44.52	45.54	45.77	45.30	44.32	42.79
Température ambiant	26.22	29.25	42.09	58.24	69.53	77.31	82.56	84.18	81.67	76.38	66.59	54.35	44.65
Rayonnement solaire	20.86	168.74	453.28	700.87	908.26	976.52	982.32	995.2	775.9	573.5	304.8	289.3	102.9

Vitesse = **variable sans vitre**

Tableau I.2: la vitesse à capteur solaire sans vitre

La variation	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Température entrée	27.22	27.81	31.28	31.00	41.76	44.27	45.87	47.24	47.56	47.31	46.48	45.08	44.87
Température sortie	20.22	24.22	34.51	48.51	59.09	66.06	70.75	70.91	68.85	65.69	57.49	50.11	41.32
Température absorbeur	21.04	21.41	24.52	29.97	34.39	36.67	38.86	39.93	40.72	40.68	41.28	40.29	39.22
Température ambiant	12.09	22.87	32.24	46.90	59.38	67.53	73.49	71.66	71.01	68.32	57.56	51.37	41.02
Rayonnement solaire	20.68	168.4	453.2	700.8	908.2	956.3	987.2	795.6	573.6	304.7	91.63	88.98	72.38

Chapitre III: *Matériels et méthodes expérimentales*

III.1 Description du protocole expérimental

Préambule

Ce travail a été réalisé au Département de Thermique et Thermo-formatique du Centre de Recherche Scientifique pour les Energies Renouvelables au centre du Désert Adrar.

Pendant cette période, on devait être la récompense du complexe solaire de Fresnel, un outil utile pour la forme rectangle qui comprend l'absorbance avec plusieurs rangées de rugosité pour entraver le mouvement de l'air à l'intérieur pour profiter de cette étape.

III.2 Description des appareils de mesure

III.2.1 **Manomètre démentiel (*KimoCp 300*)** : Mesure de la chute de pression occasionnée par les chicanes dans le conduit rectangulaire absorbeur, (0 à 100 Pa). [37]



Figure III.1 : Manomètre

Principe de fonctionnement

Dans les stations de gonflage, on trouve généralement des manomètres hydrostatiques. La pression de l'air dans le pneu comprime un ressort de façon plus ou moins importante.

Les manomètres à colonne de liquide se rangent également dans cette catégorie. Un tube en U est à moitié rempli d'un liquide. L'une de ses extrémités est raccordée à la pression de référence, la pression atmosphérique ou le vide, et l'autre, à la pression à mesurer [38].

$$\text{La formule : } P = P_0 + \rho \times g \times h \quad (\text{III.1})$$

III.2.2 Pyranomètre électronique (Kipp/Zonen type CM 11)

Un instrument pour mesurer l'irradiante solaire (directe et diffuse) qui atteint la surface terrestre. Avec cet instrument, il est possible de mesurer non seulement le rayonnement global (voir le guide CIMO n ° 8 de l'OMM 7e éd.), mais aussi le rayonnement solaire réfléchi (albédo mètre) et le rayonnement diffus au moyen d'une bande d'occultation. Le pyranomètre mesure des valeurs de rayonnement dans la gamme de longueurs d'onde de 300 à 3000 nm, avec une visibilité de 2π stéradians. L'élément utilisé pour la mesure est une thermopile dont la surface extérieure a été assombrie par une peinture noire mate afin de porter le pouvoir réfléchissant à moins de 2% ($\rho < 0,02$) dans la gamme spectrale du capteur. [38]

Principe de fonctionnement

Si vous envisagez d'utiliser des pyranomètres dans votre application de mesure, il existe de nombreuses choses que vous devriez connaître. L'obtention de ces informations vous aidera à sélectionner le type de pyranomètre le plus adapté aux données dont vous avez besoin pour votre application. [38]

Dessin d'un pyranomètre, indiquant les parties essentielles : (1) câble, (2) vis de pince pour l'écran solaire (3) et (5) dômes en verre, (4) surface du détecteur noir, (6) écran solaire, (7) indicateur d'humidité, (8) déshydratant (9) vis de nivelage, (10) niveau à bulle, (11) connecteur.

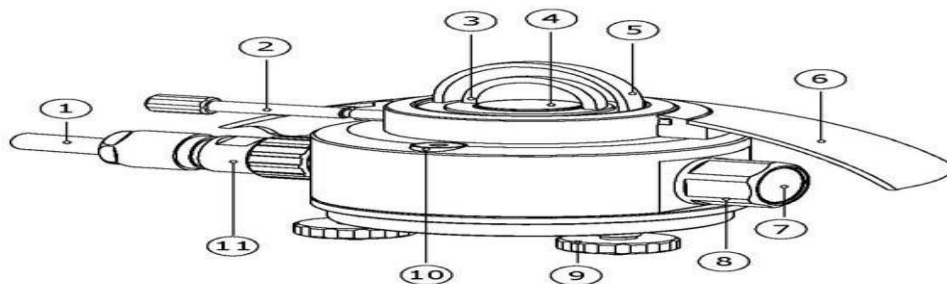


Figure III.2 : Composants de pyranomètre[38]

III.2.3 Anémomètre urer.ms

Mesure de la vitesse et du débit d'air soufflé par un ventilateur muni d' multi-variateur de vitesse (0 à 40 m/s). [38]

Principe de fonctionnement

Le principe est similaire à l'anémomètre à hélices où ces dernières sont remplacées par des pales. la différence essentielle entre ces deux types est que le moulinet est un capteur planaire (il mesure la composante du vecteur vent sur un plan perpendiculaire à son axe de rotation) alors que l'hélice est un capteur cartésien mesurant la projection du vecteur vent sur son axe de rotation. [39].

Types d'anémomètre [37]

- Ceux qui mesurent la vitesse
- Anémomètre à coupelles.
- Anémomètre à hélice.
- Anémomètre à fil chaud.
- Anémomètre à ultrason.
- ceux qui mesurent la pression du vent
- Anémomètre à plaque.
- Anémomètre à tube.

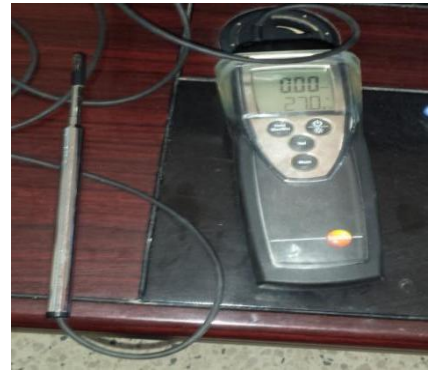


Figure III.3 : Anémomètre

II.2.4 Thermocouples

Un dispositif de mesure de température dans lequel une paire de fils de métaux dissemblables (tels que le cuivre et le fer) sont joints et les extrémités libres des fils sont connectées à un instrument (tel qu'un voltmètre) qui mesure la différence de potentiel créée au niveau de la jonction des deux métaux. [39]

Principe de fonctionnement thermocouples

Dans un circuit fermé constitué de deux conducteurs de nature différente, il circule un courant lorsqu'on maintient entre les deux jonctions une différence de température. Ce phénomène, lié à l'effet Peltier (Inverse de l'effet Seebeck i), est utilisé pour la réalisation de sondes thermométriques très précises. La force électromotrice qui apparaît dans le circuit dépend de la nature des deux conducteurs et des températures des deux jonctions: celles-ci sont appelées respectivement soudure chaude et soudure froide. Une des jonctions est en général maintenue à une température de référence (par exemple 0 °C), l'autre servant de capteur. [39]

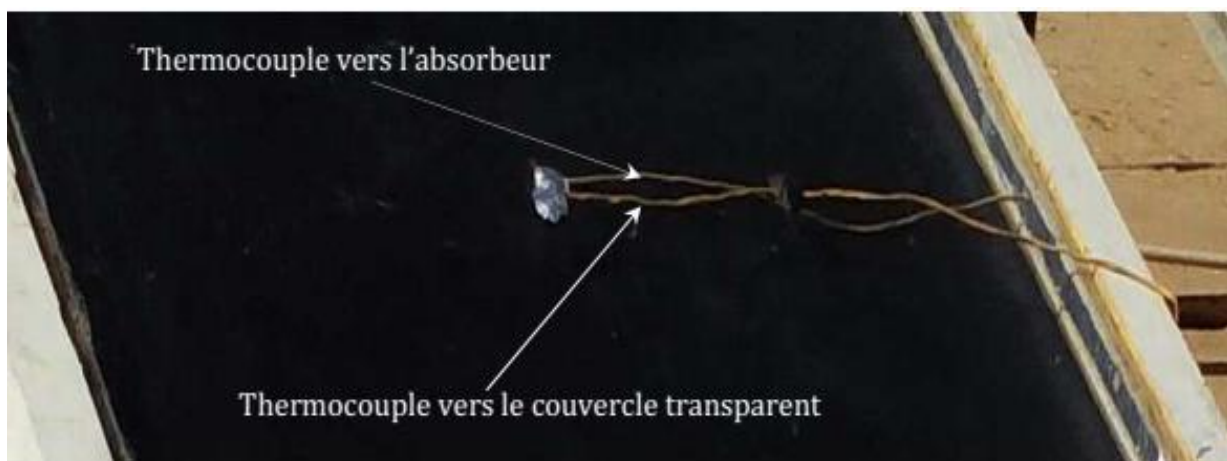


Figure III.4 : Thermocouple

Différents types de thermocouples[39]

- Type J
Composition : Fer / Constantan (alliage nickel+cuivre) Fonctionne bien dans le vide et dans une plage de température de 0 à 750°C.
- Type K
Composition : Chromel (alliage nickel + chrome) / Alumel (alliage nickel + aluminium (5%) + silicium) Il permet une mesure dans une gamme de température large : -200 °C à 1250°C.
- Type T
Composition : Cuivre / Constantan (alliage cuivre + nickel) Ce thermocouple est particulièrement adapté pour une utilisation à basse température (-200 à 350°C) comme pour des applications cryogéniques.

II.2.5 FLUKE Hydra SERIES II [40]

Le seau de données Fluke 2635A Hydra Séries II est un instrument d'enregistrement de données à 21 canaux qui mesure et enregistre les paramètres électriques et physiques suivants:

Les mesures de température se font via des thermocouples ou des détecteurs de résistance-température (RTD).d'autres paramètres peuvent être mesurés avec un transducteur approprié, tel que la pression d'air / le vide (à l'aide d'un module transducteur Fluke PV350) ou le courant continu (à l'aide d'une résistance shunt Fluke 2600A-101).

Lorsque l'instrument balaye les canaux configurés pour la mesure, les lectures peuvent être affichées, imprimées et enregistrées. Pratiquement toute entrée analogique peut être appliquée sans conditionnement de signal externe.

Les entrées pour les canaux 1 à 20 sont via un module d'entrée universel, qui se branche à l'arrière de l'unité pour une capacité de connexion / déconnexion rapide.

Les mesures du canal 0 se font via les prises d'entrée du panneau avant en utilisant les cordons de test (fournis).

Caractéristiques [40]

Balayage des chaînes Peut être un balayage continu, un balayage à intervalle de temps, des balayages simples ou déclenchés (interne ou externe).la surveillance des canaux peut être utilisée pendant la numérisation.

Surveillance des canaux Effectuez des mesures sur un seul canal et affichez ces mesures sur l'écran.

Carte mémoire Stocker les données de mesure et les données de configuration de la configuration du compteur sur une mémoire vive amovible non volatile carte.

Affichage multifonction l'affichage principal montre les lectures de mesure, également utilisé lors de la définition des paramètres numériques.

Affichage secondaire utilisé pour les entrées numériques, la sélection et l'affichage du numéro de canal, l'état informations et invites de l'opérateur.

Affichage de l'annonceur utilisé pour afficher les unités de mesure, les paramètres de révision des alarmes, l'état à distance, et des informations de configuration.

- Fonctionnement du panneau avant presque toutes les opérations peuvent être facilement contrôlées avec les touches du panneau avant.
- Fonction d'entrée de mesure et plage Les entrées Volts cc (VDC), volts ca (VAC), fréquence (HZ) et résistance (Ω) peuvent être spécifiées dans une plage de mesure fixe. Autoranging, qui permet aux instruments d'utiliser la mesure gamme offrant la résolution optimale, peut également être sélectionné.



Figure III.5: FLUKE Hydra SERIES II

Chapitre IV : *Résultats*
expérimentaux, discussion et
commentaires

Partie IV.1: Etude du capteur solaire sans vitre

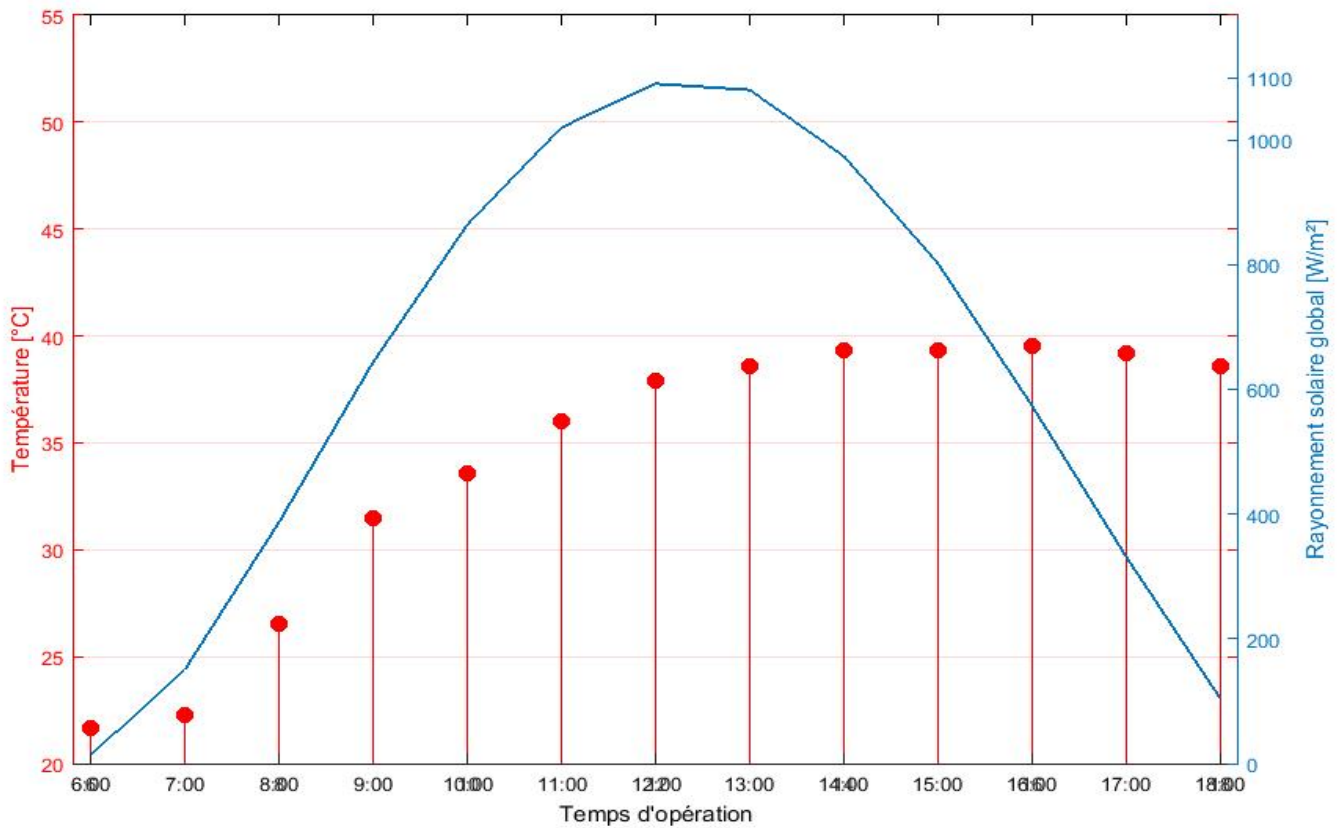


Figure IV.1: La température ambiante et le rayonnement solaire du capteur sans vitre le jour du 10/03/2018 à Adrar.

Les courbes de la figure IV.1 représentent les températures ambiantes et le rayonnement solaire du capteur sans vitre enregistrés le 10/03/2018 sur le site de la wilaya d'Adrar en Algérie. Ce jour, on peut constater clairement que la température ambiante a une certaine dépendance avec le rayonnement solaire, puisque à partir de 6 :00 du matin la température augmente en même temps que le rayonnement solaire jusqu'à l'après midi où elle rencontre sa valeur maximale ainsi que le rayonnement solaire. Mais dans la période d'après midi le rayonnement solaire baisse considérablement par rapport à la température ambiante et finira par de faibles valeurs ne dépassant pas une centaine de Watts par mètre carré exactement 110 W/m² à 18 :00.

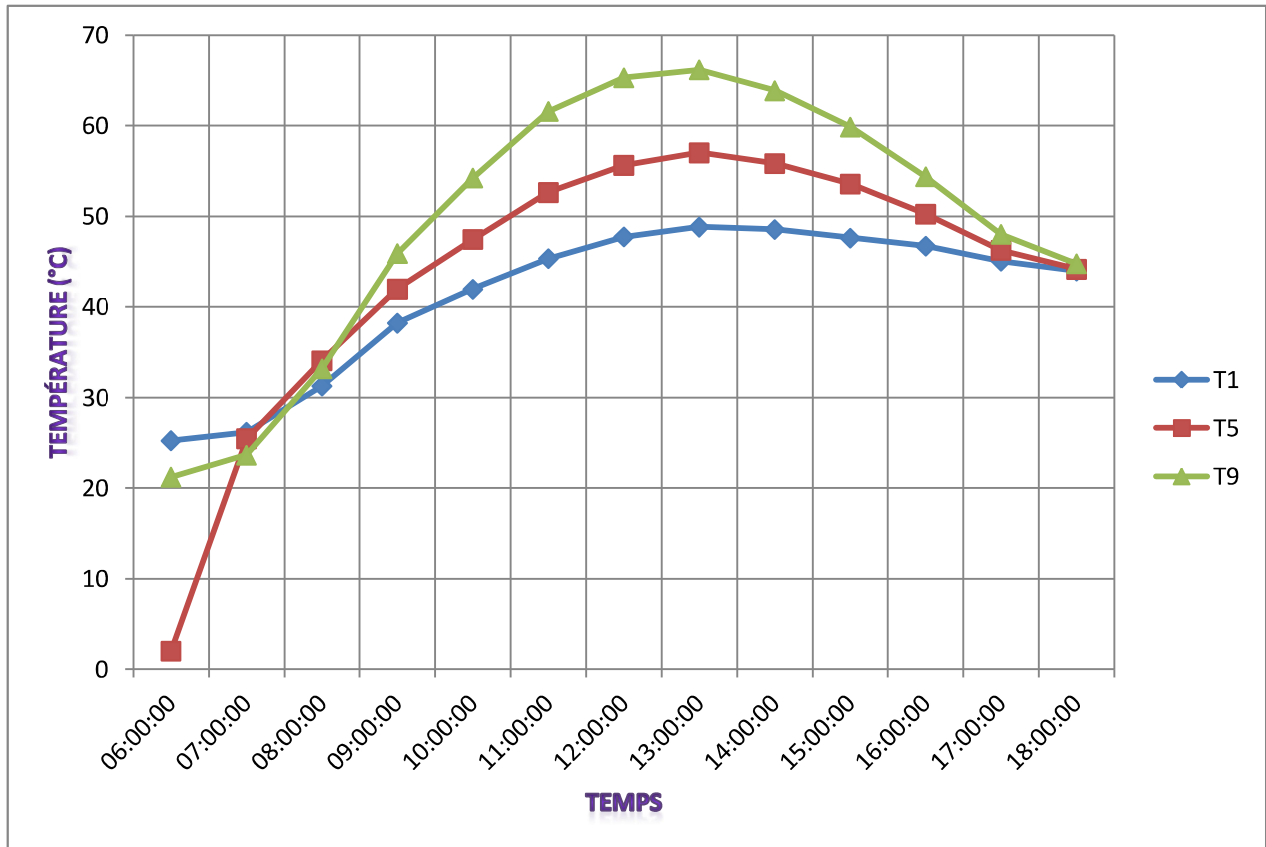


Figure IV.2: Températures mesurées pour différentes positions des thermocouples sur l'absorbeur.

La figure IV.2 montre les différentes températures mesurées par les thermocouples positionnés sur des points sélectionnés de l'absorbeur constituant le capteur plan à air sans vitre en, ces valeurs sont représentées fonction de temps du même jour dont on effectue l'expérience ; à savoir le 10/03/2018, .Après avoir placé les thermocouples dans différentes zones de l'absorbeur, et au début du jour on remarque que la température d'entrée à l'absorbeur est proche de la température ambiante (puisque l'air entrant) par rapport à celles mesurées aux autres zones du capteur plus ou moins avancées le long du parcours global du courant d'air, ce qui est tout à fait logique puisque l'air entre à partir de cette région contenant le thermocouple T1 et en continuant son parcours, il prélève une quantité de chaleur par convection lors de son contact avec l'absorbeur, par conséquent cela peut donner une interprétation du fait que les courbes de T5 et T9 avaient des valeurs supérieures respectivement à celle de T1 notamment dans la période au alentours du midi, ce qui conduit à la conclusion que notre capteur étudié absorbe de grandes quantités de chaleur surtout au midi.

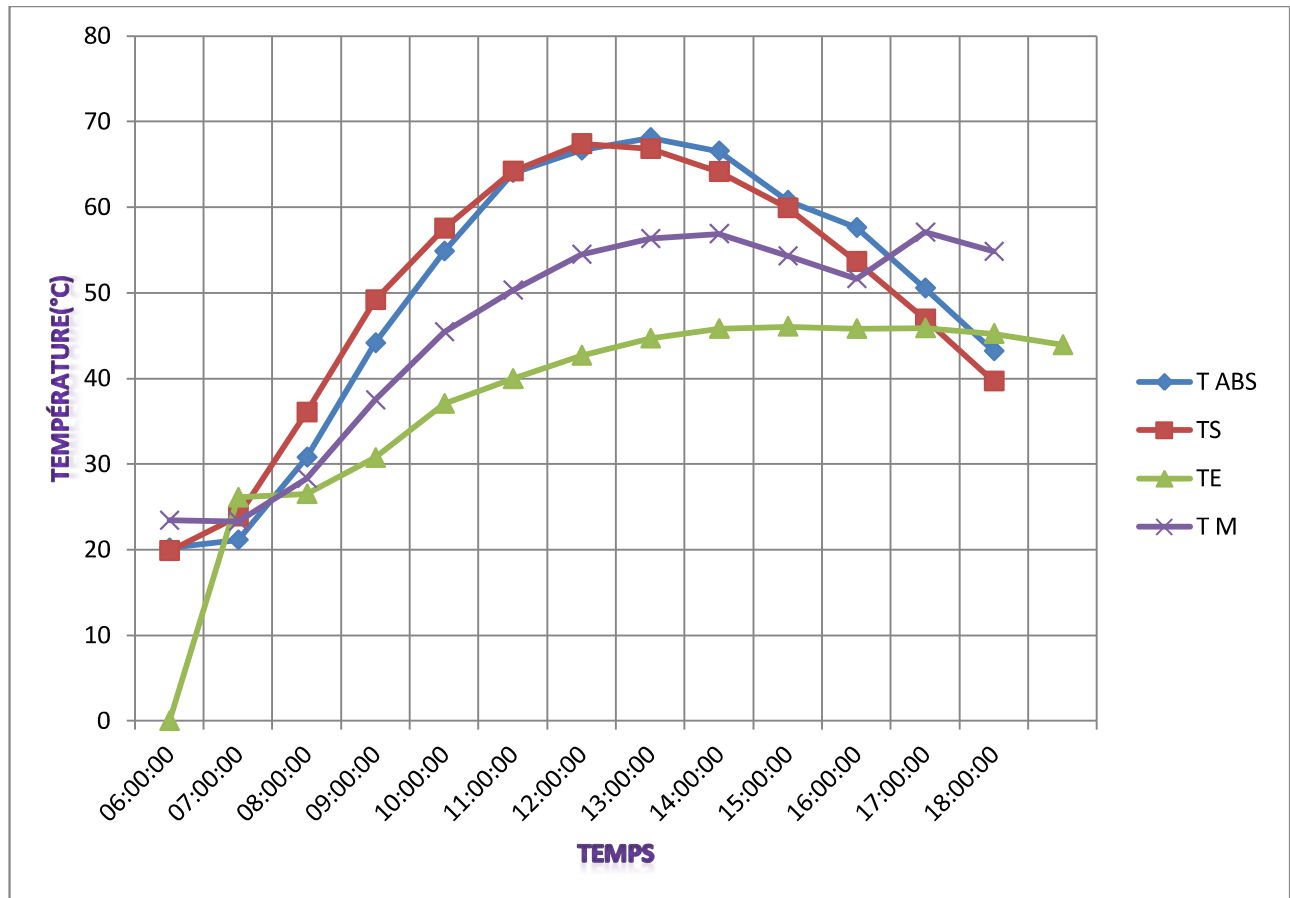


Figure IV.3: Différentes températures mesurées dans le collecteur solaire.

On peut constater sur les courbes de la figure IV.3 que les différentes températures mesurées dans le collecteur solaire sans vitre le 10/03/2018 à Adrar, augmentent simultanément jusqu'aux valeurs maximales à midi correspondant aux valeurs maximales du rayonnement solaire de ce jour. La température de sortie et celle de l'absorbeur à 6:30 prennent la valeur 21°C, puis commencent une augmentation graduelle jusqu'à 13:00, puis elles diminuent aussi graduellement. Par contre la température d'entrée qui arrive à ses valeurs maximales l'après midi reste sans changement considérable (presque constante) jusqu'à 15:00 ayant la température de 47.5°C, ensuite elle diminue. Aussi on remarque une petite différence entre la température de l'absorbeur par rapport à la température de sortie d'après midi jusqu'à la fin de la journée. De ce fait, la valeur moyenne de la température calculée pour ce capteur est de 58°C qui est presque la température enregistrée par le thermocouple T5 de la Figure IV.2.

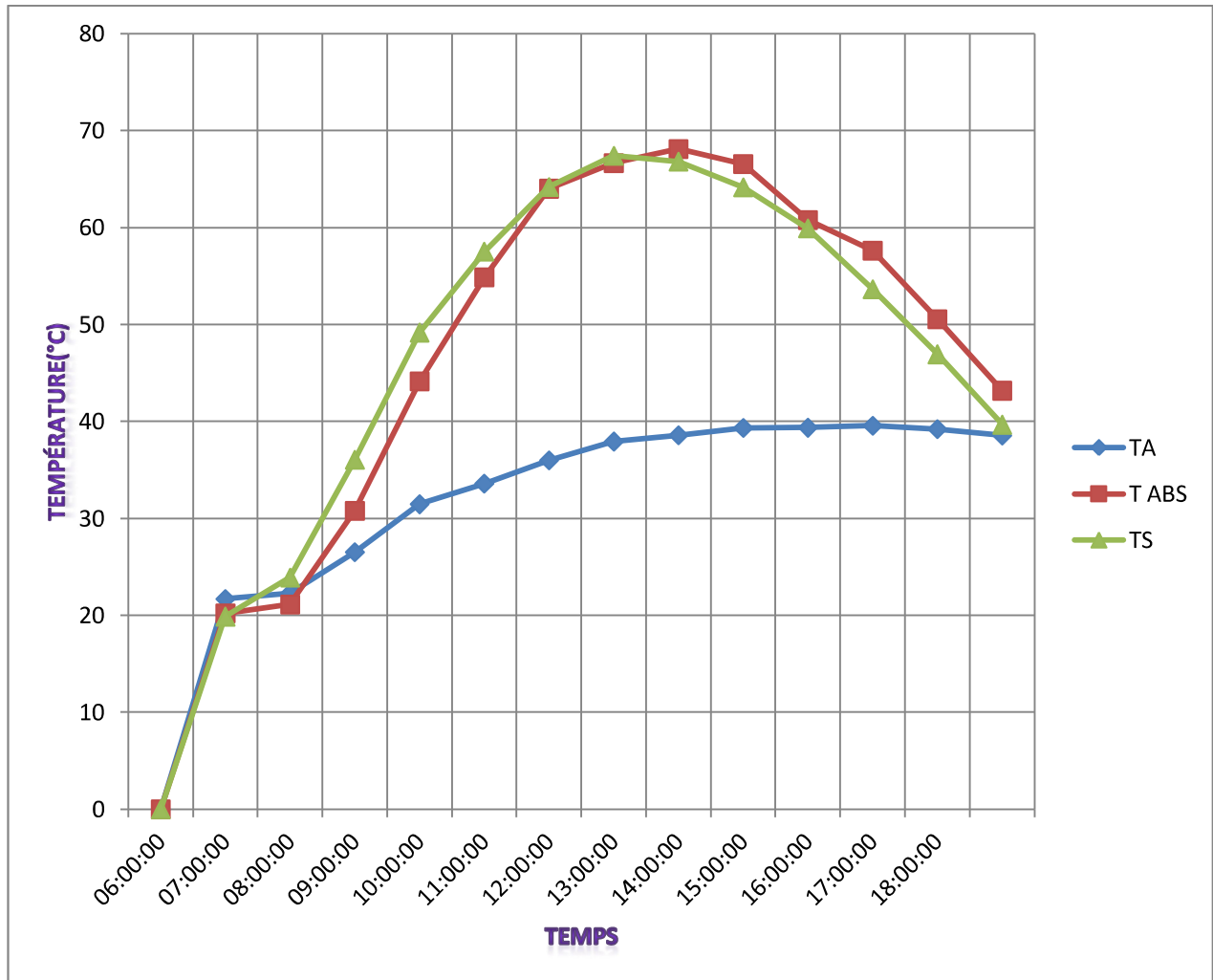


Figure IV.4: Températures mesurées à l'intérieur et à l'extérieur du capteur sans vitre.

Les valeurs des températures mesurées à l'intérieur et à l'extérieur du capteur sans vitre en fonction des heures du jour 10/03/2018 à Adrar sont présentées sur la figure IV.4. On observe de ces courbes que la température de sortie (d'air) du collecteur et la température l'absorbeur au matin (c.-à-d. à 8:30) prennent la valeur 21°C, et commencent leurs augmentations proportionnelles jusqu'à 14:00 qui correspond à la période de la plus grande pente dans la courbe du rayonnement solaire enregistré pour le même jour. La dépendance de ces températures au rayonnement solaire est claire suite à l'allure semblable de ces mesures.

Partie IV.2: Etude du capteur solaire avec simple vitrage, muni des chicanes

1- Effet de variation de vitesse :

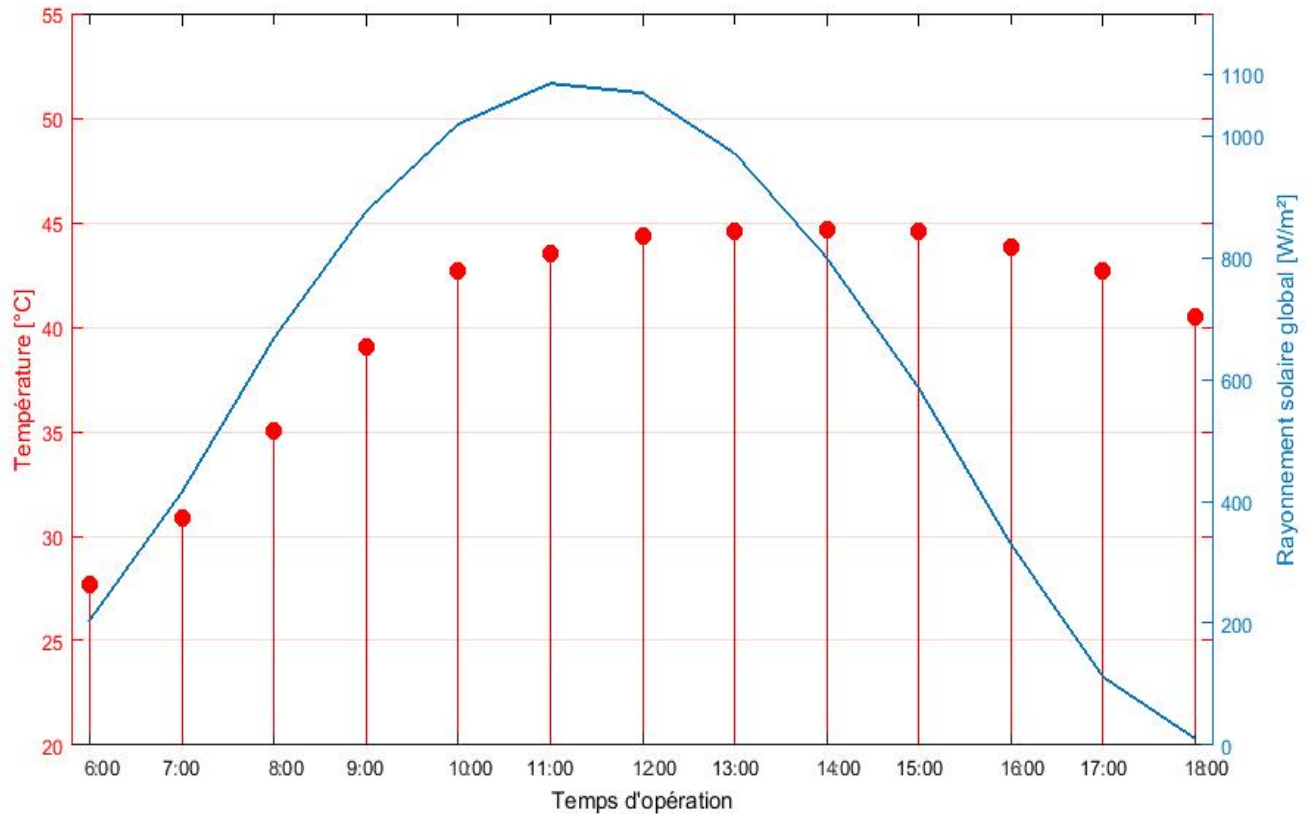


Figure IV.5: la température ambiante, le rayonnement solaire du capteur avec vitre.

Le deuxième jour de nos expériences à Adrar correspond au 11/03/2018, les courbes montrant les valeurs mesurées de la température ambiante et le rayonnement solaire du capteur avec vitre et muni des rugosités artificielles (dites des chicanes), en fonction des périodes du jour sont montrées sur la figure IV.5. De cette courbe on peut constater que dans la période du matin le rayonnement solaire est faible à partir du 6:00 à environ 9:00, mais est augmenté dans la période de 10:00 à 14:00 pour qu'il prenne la valeur maximale de 1090 W/m². En fin de la journée et après 14:00, le rayonnement solaire diminue. Alors, la température ambiante augmente et prend la valeur maximale de 45°C le rayonnement solaire du capteur avec vitre est augmenté aussi, par contre l'inverse n'est pas le cas.

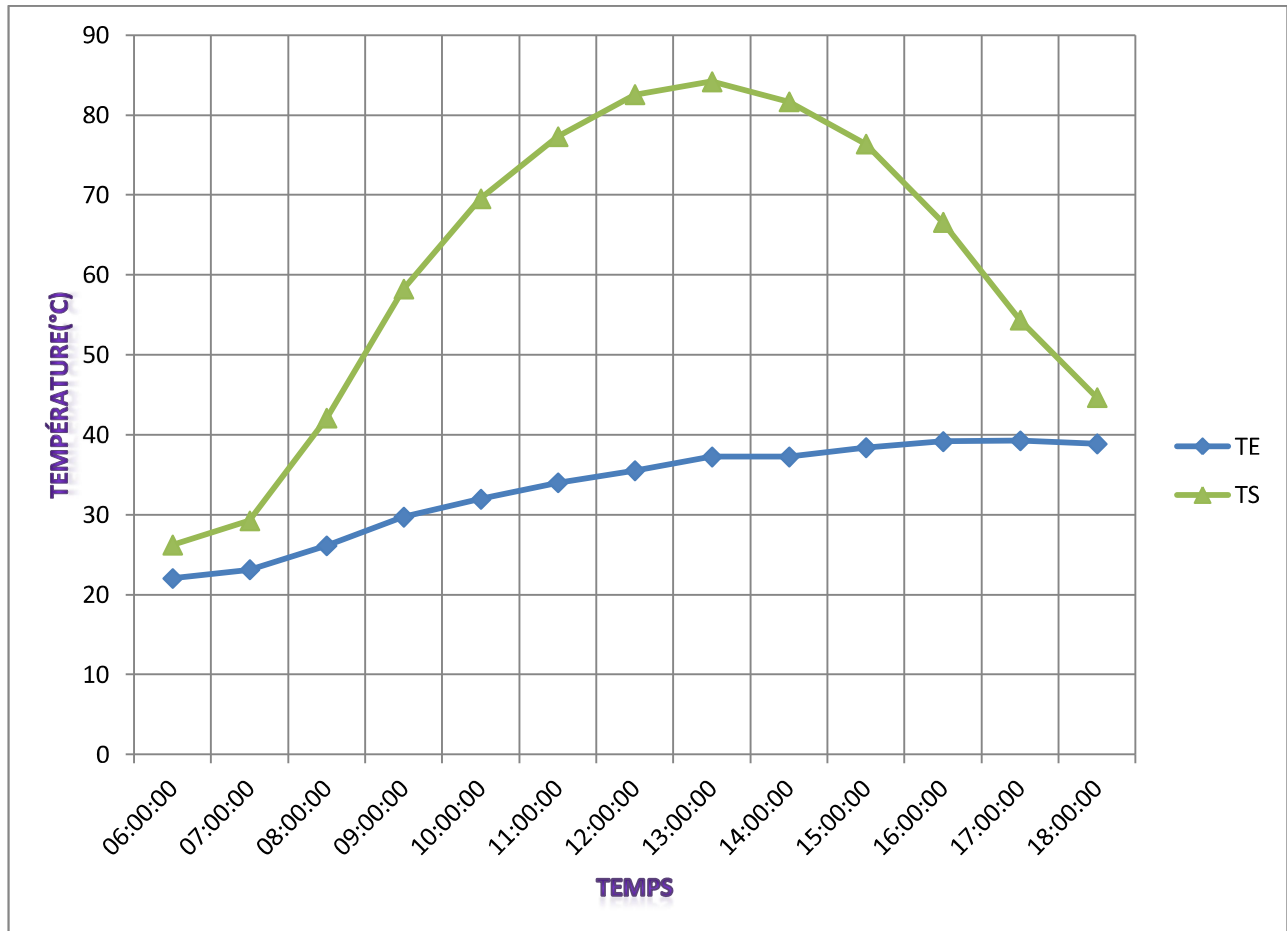


Figure IV.6: Températures mesurées à l'intérieur et l'extérieur du capteur avec vitre.

Du même, pour ce deuxième jour du 11/03/2018, les courbes des températures d'entrée et sortie du capteur avec vitre de la figure IV.6 indiquent que la température de sortie à 6:30 commence à partir de la valeur de 22°C, qui est celle de l'ambiance, puis augmente jusqu'à un maximum à 13:30 puis diminue, toutefois la température d'entrée présente un comportement différent en atteignant au maximum la valeur de 40°C à 15:00. Ainsi, on peut conclure que la température de sortie du capteur avec vitre ayant la valeur de 84°C, est clairement supérieure à celle de sortie de 67°C enregistrée pour le capteur plan à air sans vitre étudié dans la section précédente (Figure IV.4), en raison de la présence d'effet de serre qui cause le transfert de chaleur par convection entre le vitre et le milieu extérieur.

2- Effet de la constance de la vitesse

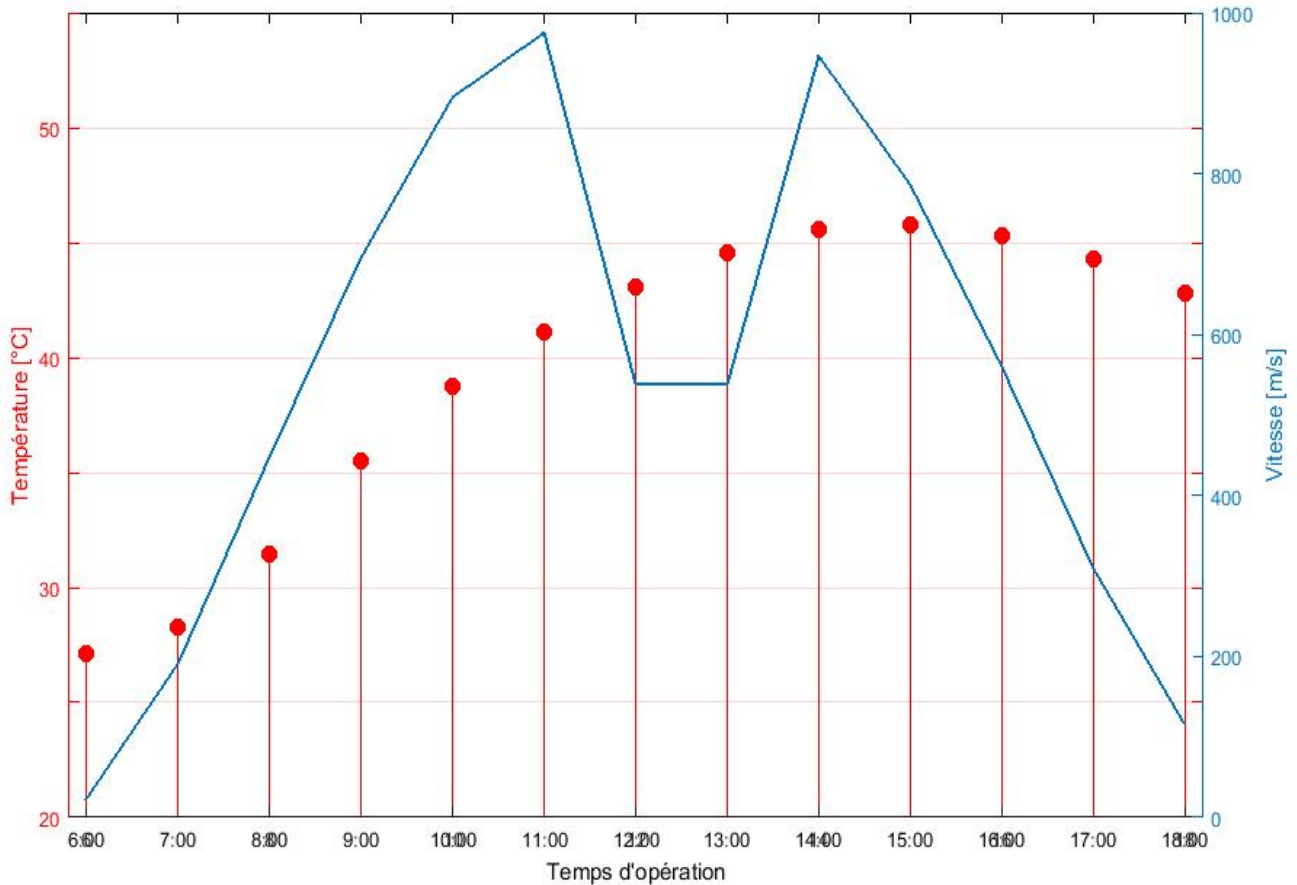
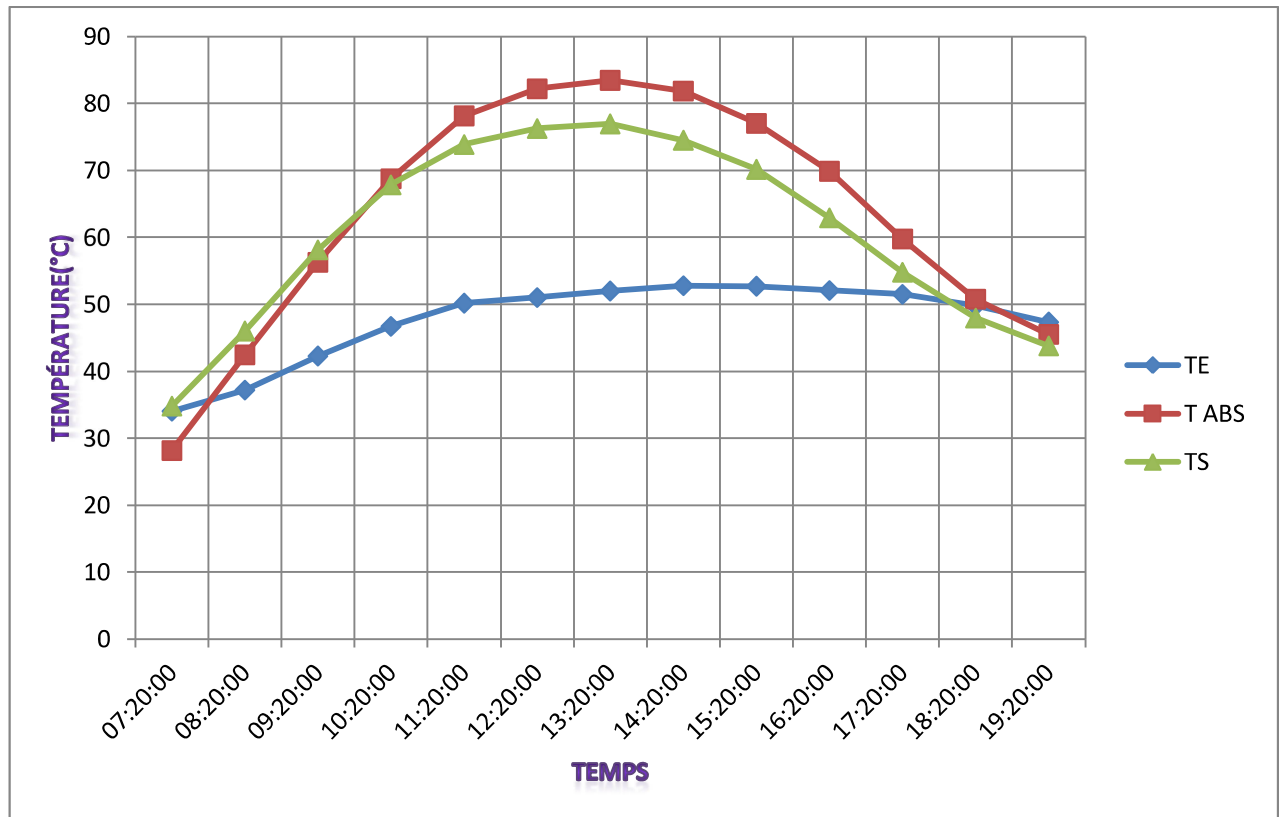


Figure IV.7: la vitesse mesurée, la température ambiante du capteur avec vitre

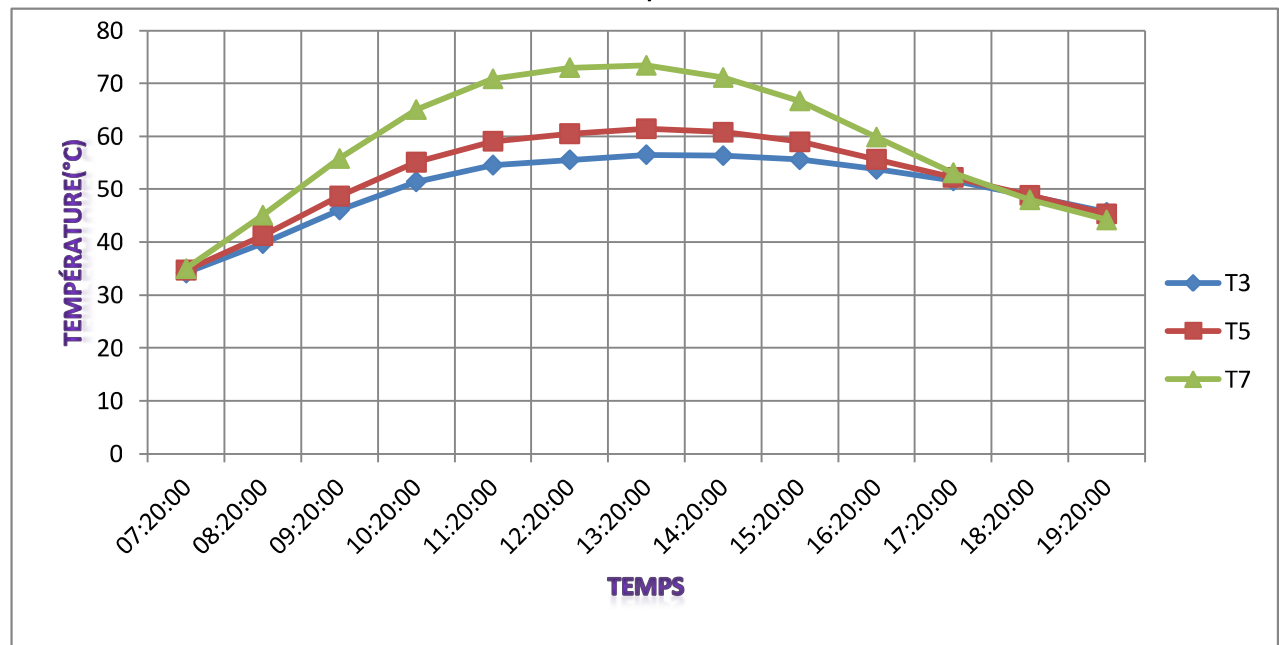
Cette courbe (de la figure IV.7) représente la température ambiante et la vitesse en millimètres par secondes enregistrées le 11/03/2018 à la région d'Adrar, mesurées au voisinage du capteur solaire plan à air, équipé de chicanes de forme rectangulaire imitant ainsi la rugosité artificielle.

On peut remarquer clairement que la vitesse d'entrée de l'air à 6:10 du matin est faible de l'ordre de 20 mm/s, puis commence à augmenter légèrement, et à 11:00 on avait une diminution représentée par la fluctuation de la vitesse pour la période entre 11:00 14:00, qui pourrait être interprété par d'éventuels défauts des appareils de mesure de la vitesse. Si la température ambiante augmente en prenant la valeur maximale de 46°C, la vitesse est diminuée à 180m/s. Donc, la vitesse

d'écoulement de l'air en échauffement par ce collecteur est d'allure presque semblable au rayonnement solaire de la figure IV pour le cas d'une vitesse d'air variable.



a)



B)

Figure IV.8: Températures mesurées ; a) à l'intérieur et l'extérieur du capteur avec vitre à vitesse constante, b) à différentes positions des thermocouples sur l'absorbeur avec vitrages.

Des courbes de la figure IV.8a et IV.8b, et pour la deuxième journée de prélèvement des mesures (le 11/03/2018), on peut constater clairement que les températures mesurées à l'intérieur du capteur avec vitre à vitesse constante et à son entrée et sortie sont d'allures similaires concédant l'exactitude des mesures prélevées le long de la journée considérée.

En outre et par comparaison aux courbes de la figure IV.4, on remarque que :

- La température de sortie et la température l'absorbeur à 7:00 prennent la valeur de 28°C , puis commence l'augmentation monotone jusqu'à 13:00 après midi.
- Les températures d'entrée à 15:00 après midi qui arrivent à environ 53°C , puis montre une légère diminution à la fin de la journée à 18:00.
- La températures de sortie du capteur avec vitre de 84°C est supérieure aux températures de sortie de 77°C sans vitre du fait qu'il n'y aient pas de déperditions de chaleur entre le milieu de l'absorbeur et le vitre vers le milieu extérieur.

En concluant que la présence de vitre est très importante pour augmenter la performance thermique d'un collecteur solaire à air.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail présente une contribution efficace pour l'amélioration des performances d'un capteur solaire plan à air.

Le travail présenté dans ce mémoire a concerné l'étude de la performance énergétique dans le capteur plan à air. Dans ce travail, nous avons mené une étude théorique et expérimentale de l'écoulement de température dans le capteur solaire.

L'amélioration des performances des capteurs solaires consistait à limiter les déperditions thermiques entre l'absorbeur et l'ambiance avec un choix judicieux des composants des capteurs. C'est dernièrement, l'optimisation des performances porte plus particulièrement sur la circulation du fluide caloporteur.

Dans ce travail, on essaye d'inspecter, analyser et valoriser (énergétiquement) les différents paramètres thermo-hydrauliques influant sur le fonctionnement d'un capteur solaire plan à air muni des rugosités artificielles, qui sont des chicane montées dans le sens de l'écoulement de l'air.

Dans la synthèse bibliographique, nous avons conclu que les performances thermo-hydrauliques du capteur avec vitre, il donne de bons résultats. Et contrairement au manque de vitre.

Références bibliographiques

- [1] H. Aras, O. Balli, A. Hepbasli, "Estimating the horizontal diffuse solar radiation over the Central Anatolia Region of Turkey", Tuaf, Eskisehir, Turkey (2006).
- [2] J.M.Chassériau, « Conversion thermique du rayonnement solaire », bordas Paris (1984).
- [3] J. Bernard, « Energie solaire calculs et optimisation », Ellipse Edition Marketing (2004).
- [4] Afedes, Momosol, memento d'héliotechnique, édition européennes thermique et industrie, paris (1979).
- [5] Ye-Di Liu, L.A. Diaz and N.V. Suryanarayana, 'Heat Transfer Enhancement in Air Heating Flat-Plate Solar Collectors', Transaction on the ASME, Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 106, pp. 385 – 363, (1984).
- [6] Kalogirou S. The potential of solar industrial process heat applications. Appl Energy;76:337–61(2003).
- [7] N. Moumami, S. Youcef-Ali, A. Moumami and J.Y. Desmons, 'Energy Analysis of a Solar Air Collector with Rows of Fins', Renewable Energy, Vol. 29, N°13, pp. 2053 -2064, (2004).
- [8] Youcef -Ali and J.Y. Desmons, 'Numerical and Experimental Study of a Solar Equipped with Offset Rectangular Plate Fin Absorber Plate', Renewable Energy, Vol. 31, N°13, pp. 2063 – 2075,(2006).
- [9] Bazdidi -Tehrani, F., and Naderi-Abadi, M., "Numerical Analysis of Laminar Heat Transfer in Entrance Region of a Horizontal Channel with Transverse fins", International Communications in Heat and Mass Transfer, Vol. 31, N°. 2, pp. 211-220.(2004).
- [10] Ouard S. Optimisation des formes et dispositions d'obstacles dans la veine d'air mobile des capteurs solaires à air à deux couches d'air en vue de la maximisation du couple rendement-élévation de température. Thèse de doctorat. Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis. France. (1989).
- [11] Yang, YT, Hwang CZ. "Calculation of turbulent flow and heat transfer in a porous-based channel", Int J. Heat Mass. Transfer; 46, pp. 771–80.(2003).
- [12] Hwang,R.R,Chow,Y.C.Peng,Y.F."Numerical study of turbulent flow over-tow dimensional surface-mounted ribs in a channel", International journal for Numerical Methods in Fluids. 37, pp. 767-785.(1999).
- [13] Yuan,Z.X.andTao,W.Q."Numerical prediction for laminar forced convection heat transfer in parallel-plate channels with stream wise- periodic rod disturbances", Int. J. Numerical Methods in Fluids, Vol. 28, pp. 1371-87.(1998).

-
- [14] Hwang,R.R,Chow,Y.C.Peng,Y.F. "Numerical study of turbulent flow over-two dimensional surface-mounted ribs in a channel", International journal for Numerical Methods in Fluids. 37, pp. 767-785. (1999).
 - [15] Yuan, Z.X. and Tao, W.Q. "Numerical prediction for laminar forced convection heat transfer in parallel-plate channels with stream wise-periodic rod disturbances", Int. J. Numerical Methods in Fluids, Vol. 28, pp. 1371-87.(1998).
 - [16] R,Bernard; G, menguy; M, Schwartz Le rayonnement solaire, conversion thermique et applications, Technique et Documentati on. (1979).
 - [17] D,K,Edwards Capteurs solaires, Edition SCM, paris. (1979).
 - [18] N,Bellel Etude des transferts thermiques le long d'un tube cylindrique appliquée à deux géométries ; thèse de doctorat, Université de Constantine. (2004).
 - [19] J,Desautel. Les capteurs héliothermiques, Edisud. (1979).
 - [20] S,Kalogirou.Solar energy engineering: processes and systems, Elsevier. (2009).
 - [21] Berner, C., Durst, F., McEligot, D.M., "Flow around baffles", Trans. ASME J. Heat Transfer 106, pp. 743–749.(1984).
 - [22] Berner, C., Durst, F., McEligot, D.M., "Streamwise-periodic flow around baffles", in: Proceedings of the 2nd International Conference on Applications of Laser Anemometry to Fluid Mechanics, Lisbon, Portugal (1984).
 - [23] Yue-Tzu.Yang"Calculation of turbulent flow and heat transfer in a porous-baffled" International Journal of Heat and Mass. Transfer .46pp 771-780.(2003).
 - [24] With ada Jedsadaratanacha,"Numerical study of laminar heat transfer in baffled square channel with various pitches." Energy procedia 9,pp 630-642,(2011).
 - [25] Sombat Tamna, "Heat transfer behaviors in a solar air heater channel with multiple V-baffle vortex generators."Solar Energy 110. pp720-735.(2004).
 - [26] Housseyn Karoua, "Etude des performances thermiques d'un capteur solaire avec effet de concentration de type Fresnel", Énergétiques,pp 1-76,(2011).
 - [27] Berner, C., Durst, F., McEligot, D.M.,"Flow around baffles", Trans. ASME J. Heat Transfer 106, pp. 743–749 (1984).
 - [28] Berner, C., Durst, F., McEligot, D.M., "Flow around baffles", Trans.ASME J.Heat Transfer 106, pp. 743–749 (1984).
 - [29] Rabier,F. Modélisation par la méthode des plans d'expériences du comportement dynamique d'un module IGBT utilisé en traction ferroviaire (2007).
 - [30] Benoist D.TourbierY,Germain Tourbier S .(1994). Plans d'expériences: construction et analyse. Edition: Technique & Documentation Lavoisier .paris 32 p.(1994).
 - [31] Goupy. J. Les Plans d'expériences Edition Revue MODULAD (2006).

-
- [32] Ayad Mohamed . barka Yassine - thème modélisation des béton ordinaire par des plan d' expérience – université aboubeker belkaid. Tlemcen- faculté de technologie département de génie civil.
- [33] Université des science et technologie de lile – docteur de l'université de lile spécialité : génie électrique – Frédéric grillon - N° d'ordre : 2166- Soutenue le 18 Décembre .
- [34] Duffe JA et Beckmann WA. Solar Engineering of Thermal Processes. 2nd ed. New York: Wiley Interscience - (1991).
- [35] Gupta M K et Kaushik S C. Performance evaluation of solar air heater having expanded metal mesh as artificial roughness on absorber plate. Energy, Volume 35, Issue 1, January , Pages 202-212 (2010)
- [36] site web :[disponibleà] www.slg.instruments.com Accès le : 21/02/2018
- [37] Karoua housseyn "Mémoire Etude des performances thermiques d'un capteur solaire avec effet de concentration de type Fresnel"(p 42), (2011)
- [38] site web :[disponibleà] <https://us.flukecal.com/literature/product-manuals/2635a-hydra-series-ii-data-bucket-users-manual> Accès le : 22/05/2018
- [39] Wikipedia site2 ; [disponible à] <https://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple> » Accès le : 21/02/2018
- [40] Wikipedia site1 ; [disponible à] <https://fr.wikipedia.org/wiki/An%C3%A9mom%C3%A8tre> Accès le : 21/02/2018.

Résumé

Ce travail porte sur l'étude d'un capteur solaire plan à air et Les principaux problèmes sont l'utilisation de l'énergie solaire est les faibles échanges thermiques réalisé avec l'air dans la veine dynamiques du capteur solaire. ce travail comporte deux parties (l'analyse théorique. et les mesures expérimentales) des différents phénomènes de transfert de chaleur intervenants dans le fonctionnement de ces systèmes.

Dans ce travail, nous ajoutons des obstacles à l'intérieur du capteur solaire pour permettant d'augmenter la surface d'échange et par voie de conséquence donner aux particules fluide une trajectoire très important pour capter le maximum d'énergie. Nous avons proposé deux formes capteur solaire plan à air avec vitre et capteur solaire plan à air sans vitre. réalisé au Unité centrale de recherche sur l'énergie renouvelable de Adrar. Ce dispositif a été testé dans les conditions environnementales du site. Nous présentons également une comparaison entre les résultats issus de l'analyse théorique, et les mesures expérimentales réalisées.

Les mots-clés : plan d'expérience, capteur à air, chicane, paramètres thermo-hydrauliques, turbulence.

Abstract

This work focuses on the study of a solar collector air plane and the main problems are the use of solar energy is the weak heat exchange achieved with the air in the dynamic vein of the solar collector. this work consists of two parts (theoretical analysis and experimental measurements) of the various heat transfer phenomena involved in the operation of these systems. In this work, we add obstacles inside the solar collector to increase the exchange surface and consequently give the fluid particles a very important trajectory to capture the maximum energy. we have proposed two forms solar collector air plane with window and solar collector air plane without glass.

Realized at the central research unit on renewable energy of adrar. This device has been tested under the environmental conditions of the site. We also present a comparison between the results obtained from the theoretical analysis, and the experimental measurements made.

The keywords: plan of experience, baffle-air, sensor, Thermo-hydraulic, parameter, turbulence

المخلص

يرتكز هذا العمل على دراسة جهاز استشعار هوائي شمسي ، ومن اهم المشاكل الرئيسية في استخدام الطاقة الشمسية هو انخفاض التبادل الحراري مع الهواء موجهها في الوريد للدينامية للاواقط الشمسية، هذا العمل له جزئين (التحليل النظري. والقياسات التجريبية) لطواهر نقل الحرارة المختلفة التي ينطوي عليها تشغيل هذه الأنظمة.

في هذا العمل ، نضيف عوائق و حواجز داخل المجمع الشمسي لزيادة سطح التبادل ومنح بالتالي مسار الجسيمات السوائل مهمة جدا لالتقاط الطاقة القصوى. لقد اقترحنا نموذجين للاقط الهوائي الشمسي . النموذج الاول وهو لاقط شمسي بدون زجاج والنموذج الثاني لاقط شمسي في وجود الزجاج.

كما قمنا بإجراء التجربة في مركز الابحاث للطاقة المتجددة وسط الصحراء بإدرار تحت الظروف البيئية للموقع. وكما نقدم مقارنة بين النتائج التي تم الحصول عليها من التحليل النظري ، والقياسات التجريبية التي أجريت.

الكلمات المفتاحية : تصميم تجريبي , لاقط شمسي , حاجز , خصائص الترمو حرارية , اضطراب.