

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة بلحاج بوشعيب – عين تموشنت
Université Belhadj Bouchaib –Ain Temouchent
Faculté des Sciences et de Technologie
Département de génie mécanique



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master
Domaine : Science et Technologie
Filière : Génie Mécanique
Spécialité :Energétique
Thème

***Effet des paramètres Géométriques sur les performances Thermiques
d'un Capteur solaire muni des ailettes longitudinales***

Présenté Par :

- 1) Mr. SAADALLAH Larbi
- 2) Mr. HAKIMI Bilel

Devant le jury composé de :

Pr.BENSAAD BourassiaPROF UAT.B.B (Ain Temouchent)Président
Dr.DORBANE AbdelhakimM C BUAT.B.B (Ain Temouchent) Examineur
Dr.BENZENINE HamidouM C A UAT.B.B (Ain Temouchent) Encadrant

Année Universitaire 2022/2023

Remerciement

Nous adressons nos plus sincères sentiments de reconnaissance et de remerciement envers le bon DIEU, le clément et le miséricordieux, lequel nous a accordé la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements :

- ❖ A Dr. BENZENINE Hamidou ; notre encadreur, pour son soutien et son enthousiasme tout au long de ce projet de fin d'étude et pour son assistance qui a permis que cette aventure stimulante se concrétise.*
- ❖ Aux membres de jury Pr.BENSAAD Bourassia et Dr DORBANE Abdelhakim pour avoir accepté de juger notre travail.*
- ❖ A les enseignants du département de génie mécanique et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

Dédicace

C'est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail en guise de

Respect et de reconnaissances à :

- *Mes très chers parents, en témoignage et en gratitude de leur soutien*

Permanant durant toutes mes années d'études leurs sacrifices illimités, leur Réconfort moral et tous les efforts qu'ils ont consentis pour mon instruction et Pour me voir réussir un jour.

.....que DIEU me les garde.....

- *A mes chers frères et ma sœurs, en reconnaissances de leurs amour, encouragements, que dieu me les garde.*
- *A ma famille et mes meilleures amies, Qu'elles m'ont encouragé et supporté tous au long de mon parcours, et m'ont soutenu de loin ou de près.*

Larbi

Dédicace

Je dédie ce travail

A ma chère mère qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études.

Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A ma sœur, mes proches, Ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A tous mes amis et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A tous ceux que j'aime.

Bilel

Résumé

Vu le rôle important que joue le capteur solaire dans la conversion de l'énergie solaire en énergie thermique, la recherche d'innovations dans sa conception pour améliorer ses performances afin d'introduire la technologie de l'énergie solaire thermique est indispensable.

Dans le cadre de notre travail, nous avons présenté une étude numérique d'un capteur solaire muni des ailettes longitudinales avec le but d'améliorer son rendement thermique, qui représente la performance la plus caractéristique, Six modèles de capteurs différents ont été pris, trois d'entre eux sont de nombre d'ailettes différentes (3, 5, 9), et les trois autres sont de surfaces d'ailettes différentes (8, 24.5 et 40.5 cm²), La résolution numérique du modèle a été effectuée, en régime laminaire, à l'aide d'un code de calcul ANSYS FLUENT pour solutionner les équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement ainsi que la conservation de l'énergie par la méthode des volumes finis.

Le profil de température pour différentes vitesses d'entrée et d'intensité solaire ont été analysé afin de caractériser le comportement, thermique et hydrodynamique, de l'écoulement ainsi que et le rendement thermique du capteur solaire.

Mots clés : capteur solaire, énergie solaire, énergie thermique, ailettes longitudinales, rendement thermique, régime laminaire,

Abstract

Given the important role played by the solar collector in converting solar energy into thermal energy, the search for innovations in its design to enhance its performance and introduce solar thermal energy technology is essential.

As part of our work, we conducted a numerical study on a solar collector equipped with longitudinal fins with the aim of improving its thermal efficiency, which represents the most characteristic performance. Six different models of collectors were considered, three of which had different numbers of fins (3, 5, 9), and the other three had different fin areas (8, 24.5, and 40.5 cm²). The numerical solution of the model was carried out in a laminar regime using the ANSYS FLUENT computational code to solve the conservation equations for mass, momentum, and energy using the finite volume method.

The temperature profile for different inlet speeds and solar intensity were analyzed in order to characterize the behavior, thermal and hydrodynamic, of the flow as well as the thermal efficiency of the solar collector.

Keywords : solar captor, solar energy, thermal energy, longitudinal fins, thermal efficiency, laminar regime.

ملخص

نظرًا للدور الهام الذي يلعبه المجمع الشمسي في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية، فإن البحث عن الابتكارات في تصميمه لتحسين أدائه وإدخال تكنولوجيا الطاقة الحرارية الشمسية ضروري..

في إطار عملنا، أجرينا دراسة عددية لمجمع شمسي مزود بزعانف طولية بهدف تحسين كفاءته الحرارية، التي تمثل الأداء الأكثر تميزًا. تم اعتبار ستة نماذج مختلفة من المجمعات، ثلاثة منها كانت تحتوي على أعداد مختلفة من الزعانف (3، 5، 9)، وثلاثة أخرى كانت تحتوي على مساحات زعانف مختلفة (8، 24.5، و 40.5 سم مربع). تم إجراء الحل العددي للنموذج في نظام تدفق سلس باستخدام برنامج انسيسلحل معادلات الحفظ للكتلة والكمية والطاقة باستخدام طريقة الحجم المحدودة.

تم تحليل ملف درجة الحرارة لسرعات الدخول المختلفة وكثافة الشمس من أجل توصيف السلوك، الحراري والهيدروديناميكي، للتدفق وكذلك الكفاءة الحرارية للمجمع الشمسي.

كلمات مفتاحية: جامع الطاقة الشمسية- طاقة شمسية- طاقة حرارية- زعانف طولية - الكفاءة الحرارية- نظام

رقائقي

Sommaire

Sommaire

Remerciement	I
Dédicace	II
Résumé	III
Sommaire	IV
Liste des figures	V
Liste des tableaux	VI
Nomenclature	VII
Introduction générale	01
 Chapitre I : Généralité sur l'énergie solaire et les capteurs solaires	
Introduction	04
I.1 Le soleil	05
I.1.2 Origine	05
I.1.3 L'énergie solaire thermique	05
I.1.4 L'énergie solaire thermodynamique	05
I.1.5 L'énergie solaire photovoltaïque	06
I.2. Le gisement solaire en Algérie :	06
I.3. Les capteurs solaires thermiques	07
I.3.1 Définition	07
I.3.2 Les types d'un capteur solaire thermique	07
I.4. Les différents modes de transferts thermiques dans un capteur solaire	17
I.4.1 La conduction	18

Sommaire

I.4.2	La convection	18
I.4.3	Le rayonnement	18
	conclusion	19
Chapitre II : Recherche Bibliographique		
II.1	Introduction	04
II.2	Étude bibliographique	21
Chapitre III : Résolution Numérique		
III.1	Introduction	33
III.2	Géométrie du domaine d'étude	33
III.3	Hypothèses	36
III.4	Rendement du capteur plan	36
III.5	Equations générales du problème	37
III.5.1	La conservation de la masse	37
III.5.2	La conservation de la quantité de mouvement	37
III.5.3	La conservation de l'énergie	38
III.6	Présentation du logiciel ANSYS workbench	38
III.7	Principes des codes CFD	39
III.7.1	Partie de géométrie	40
III.7.2	Partie maillage	41
III.7.3	ANSYS FLUENT	42

Sommaire

CONCLUSION	47
CHAPITRE IV : Résultats et Discussions	
Introduction	49
IV.1. Etude d'un capteur avec cas simple (capteur sans ailette)	51
IV.2 Etude d'un capteur avec ailettes	51
IV.2.1 Contour de température	51
IV.2.2 Contours des vitesses	53
IV.2.3 Contour de pression	55
IV.2.4 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de la vitesse d'entrée	55
IV.2.5 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de l'intensité solaire	56
IV.3 Influence de nombre d'ailettes	58
IV.3.1 Evolution de température moyenne à la sortie en fonction de la vitesse d'entrée	58
IV.3.2 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de l'intensité solaire	58
IV.4 Influence de la surface d'ailettes	61
IV.4.1 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de la vitesse d'entrée	61
IV.4.2 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de l'intensité solaire	62
Conclusion	62
Conclusion générale	63
Références bibliographiques	65

Liste des figures

Figure I.1	schéma de la structure du soleil	05
Figure I.2	Filière de conversion de l'énergie solaire	06
Figure I.3	Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan Incliné à la latitude du lieu	06
Figure I.7	Capteur thermique plan vitré	08
Figure I.8	Capteur solaire plan à eau	09
Figure I.9	Capteur solaire plan à air.	09
Figure I.10	Capteur solaire sans vitrage	10
Figure I.11	Composants d'un capteur solaire plan	11
Figure I.12	Principe de Fonctionnement d'un capteur thermique plan	13
Figure I.13	Schéma du capteur solaire sous vide	14
Figure I.14	Schéma de principe d'un concentrateur cylindro-parabolique.	15
Figure I.15	Principe de fonctionnement des miroirs de Fresnel	15
Figure I.16	Schéma de principe d'un concentrateur parabolique	16
Figure I.17	Schéma de principe d'une centrale à tour	17
Figure I.18	Les différents échanges thermiques dans un capteur	17
Figure II.1	Structure des capteurs solaires plats	22
Figure II.2	Modèles d'aérothermes solaires	23
Figure II.3	Principes de fonctionnement du système de chauffe-eau solaire à thermosiphon	23
Figure II.4	composition d'un capteur solaire à air	23
Figure II.5	montage expérimental	24
Figure II.6	Profil aérodynamique dans les micro-éléments des tubes SAFM.	25
Figure II.7	Toutes les parties du système de chauffe-eau solaire fournies avec l'unité de commande électronique	25
Figure II.8	Le module du prototype du capteur solaire plat en polymère	26
Figure II.9	Photo d'alambic solaire testé	27
Figure II.10	Caractéristiques géométriques d'un échangeur	27
Figure II.11	un capteur d'air solaire à plaques plates et à ailettes	28
Figure II.12	Principe de fonctionnement du système expérimentale (Schéma)	29
Figure II.13	Vue de dessus du plateau absorbant	29

Liste des figures

Figure II.14	Schéma de principe d'un aérotherme solaire à plaques à ailettes	30
Figure II.15	Schema de UTSW (unglazed transpired solar wall)	31
Figure III.1	Schéma domaine physique	33
Figure III.2	l'interface de logiciel ANSYS Workbench.	40
Figure III.3	l'interface du logiciel ANSYS Design Modeler.	40
Figure III.4	Le maillage généré final de domaine étudié	42
Figure III.5	Fenêtre de démarrage de fluent	44
Figure III.6	La convergence des résidus.	46
Figure III.7	Approximation des gradients sur les faces de cellules et l'évitement de solutions oscillatoires	55
Figure IV.1	Evolution de la température moyenne à la sortie du capteur en fonction des vitesses d'entrée	50
Figure IV. 2	Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction de l'intensité solaire	51
Figure IV.3	Contour de temperature pour un capteur solaire au niveau du murde capteur pour une intensité solaire de 600 w/m2.	51
Figure IV.4	Contour de la température pour un capteur solaire au niveau d'entré et du sortie de capteur pour une intensité solaire de 600 w/m2.	52
Figure IV.5	Contour de vitesses pour une intensité solaire de 600 w/m2 : plan YZ	53
Figure IV.6	Contour de vitesses pour un capteur solaire au niveau d'entré-vitre-mur de capteur pour une intensité solaire de 600 w/m2	53
Figure IV.7	Contour de vitesses pour un capteur solaire au niveau de sortie du capteur pour une intensité solaire de 600 w/m2	54
Figure IV.8	Contour de la pression le long de capteur solaire pour une intensité solaire de 600 w/m2.	55
Figure IV.9	Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction de l'intensité solaire	57
Figure IV.10	Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction des vitesses d'entrée pour les différents cas étudiés	59
Figure IV.11	Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction de l'intensité solaire pour les 3 cas	60
Figure IV.12	Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction des vitesses d'entré pour les 3 surfaces	61
Figure IV.13	Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction de l'intensité solaire pour les 3 surfaces	63

Liste des tableaux

Tableau I.1	Caractéristiques principales du soleil	04
Tableau I.2	Ensoleillement reçu en Algérie par régions climatiques	07
Tableau III.1	Différents modèles physique étudiés selon le nombre d'ailette	34
Tableau III.2	Différents modèles physique étudiés selon la surface d'ailette	34
Tableau III.3	Les caractéristiques géométriques de différent capteur solaire étudié.	35
Tableau III.4	Propriétés thermo-physiques de matériaux utilisés	35
Tableau III.5	Les détails du maillage généré	42
Tableau III.6	Type des conditions aux limites programmés dans Fluent	45
Tableau IV. 1	Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de la vitesse d'entrée	49

Nomenclature

Symboles	Désignations	Unités
A	Largeur de capteur	M
C_p	Capacité thermique spécifique	<i>j/kg. k</i>
D_h	Diamètre hydraulique	m
e	L'âme d'air	m
e_A	Epaisseur de l'absorbeur	m
e_i	Epaisseur de l'isolant	m
e_v	Epaisseur de vitrage	M
h	Hauteur d'ailette	M
L	Longueur de capteur	M
∅	Flux de chaleur	<i>w/m²</i>
P_{moillé}	Périmètre mouillé	m
Q_v	Débit volumique	<i>m³ /2</i>
R_s	Nombre de Reynolds	-
S	Section	<i>m²</i>
T	Température	K
μ	Viscosité dynamique	<i>Kg/m. s</i>
V	Vitesse	<i>m/s</i>
φ	Masse volumique	<i>kg/m³</i>
λ	Conductivité thermique	<i>w/m. k</i>

Introduction générale



Introduction générale

De nos jours, l'énergie est indispensable, quelle que soit sa forme. Après la découverte du charbon, du pétrole et même de l'uranium, ces ressources ont connu une expansion considérable. Cependant, les êtres humains ont toujours exploité ces ressources naturelles comme si elles étaient inépuisables. Malheureusement, ce n'est pas le cas et aujourd'hui, nous cherchons à remplacer ces ressources dont nous avons tellement l'habitude de nous servir. Cette mission est extrêmement difficile, où les intérêts économiques, écologiques et les limitations technologiques jouent un rôle primordial. Les sources d'énergie renouvelables sont censées remplacer les sources actuelles.

Parmi les énergies renouvelables, l'énergie solaire est la plus dominante et la plus facilement exploitable. En raison de sa diversité d'utilisation et de l'intérêt qu'elle suscite à travers le monde, cette forme d'énergie a connu une grande expansion ces dernières années. Cependant, le coût élevé de cette énergie par rapport aux énergies non renouvelables représente un obstacle à son utilisation généralisée. L'optimisation des dispositifs solaires est l'une des solutions recommandées pour inverser cette tendance et favoriser une plus grande utilisation de l'énergie solaire dans le monde.

Au cours des trois dernières décennies, les travaux de recherche se sont concentrés sur l'amélioration des systèmes de chauffage solaire à faible et moyen rendement, utilisés pour des applications domestiques et industrielles telles que le chauffage de l'eau et des locaux. Ces systèmes utilisent généralement des capteurs solaires plans. Ce composant principal est un échangeur de chaleur qui absorbe le rayonnement solaire incident, le convertit en chaleur, puis transfère la chaleur à un fluide (généralement de l'eau ou de l'air) qui le traverse. Bien que ces systèmes produisent des températures relativement basses, ils présentent l'avantage d'être les plus simples dans leur conception et d'avoir des coûts de maintenance inférieurs, ce qui en fait le choix le plus courant pour les systèmes de chauffage solaire dans les secteurs résidentiel et industriel.

Le travail qu'on présente est une étude sur les performances d'un capteur solaire plan muni des ailettes longitudinales triangulaires dont le but essentiel de connaître tous les paramètres géométriques influe sur le rendement de capteur.

Dans ce mémoire, pour déterminer ce qui précède, nous avons utilisé une simulation numérique utilisant code de calcul en mécanique des fluides, ANSYS FLUENT Workbench version 19.R3.

Le présent travail se compose de trois chapitres :

Introduction générale

- ♣ Le premier chapitre donne un aperçu de l'énergie solaire thermique, en fournissant des informations générales sur les capteurs solaires, leurs composants, les différents types de capteurs et les domaines d'application de cette technologie.
- ♣ Le deuxième chapitre est une étude bibliographique sur les capteurs solaires.
- ♣ Le troisième chapitre présente les modèles physiques étudiés, les équations générales qui les régissent et la manière dont ces équations sont résolues à l'aide du logiciel ANSYS FLUENT Workbench.
- ♣ Le dernier chapitre aborde les interprétations et les résultats de la simulation numérique de l'écoulement d'air dans la configuration étudiée. Il met en évidence les phénomènes observés, les mécanismes influents et les conclusions tirées de ces résultats.

Une conclusion générale se rapportant à ce travail, complète le mémoire.

Chapitre I

Généralité sur l'énergie solaire et les capteurs solaires.



Introduction

Aujourd'hui nous avons besoin de beaucoup d'énergie pour satisfaire notre mode de vie, pour cela il faut profiter des énergies renouvelables, parmi les énergies renouvelable les plus importante on trouve l'énergie solaire. Mais la majorité des énergies utilisées actuellement sont des énergies fossiles, leur quantité est limitée et leur combustion augmente.

L'utilisation des sources d'énergie solaire permet de réduire la pression sur les ressources naturelles (charbon, pétrole) et de limiter les rejets polluants dans l'atmosphère. Différentes méthodes d'utilisation d'énergies solaire existent à l'heure actuelle. Elles permettent la production d'énergie électrique et de l'énergie thermique et pour la produire on a besoin des capteurs pour capter l'énergie des rayons de soleil.

L'énergie solaire est la plus dominante de toutes les énergies renouvelables, elle est à l'origine de la quasi-totalité des sources d'énergies utilisées par l'homme. [1], [2]

1.1. Le soleil

L'énergie solaire transmise par le rayonnement solaire rend possible la vie sur Terre par apport d'énergie lumineuse (lumière) et d'énergie thermique (chaleur).

Le rayonnement solaire est aussi responsable des climats et de la plupart des phénomènes météorologiques observés sur la Terre. En effet, le bilan radiatif global de la Terre est tel que l'énergie thermique à la surface de la Terre est en moyenne à 99,97 ou 99,98 % d'origine solaire. Comme pour tous les autres corps, ces flux thermiques sont continuellement émis dans l'espace, sous forme de rayonnement thermique infrarouge ; la Terre reste ainsi en équilibre dynamique.[3]

Les caractéristiques principales du soleil sont regroupées dans le tableau I.1 :

Diamètre (km)	1392000
Masse (kg)	$1,989\ 1 \times 10^{30}$
Surface (km ²)	$6.09. 10^{12}$
Volume (km ³)	$1.41. 10^{18}$
Masse volumique moyenne (kg/m ³)	1408
Vitesse (km/s)	217
Distance du centre de la voie lactée (km)	$2.5. 10^{17}$

Tableau.I.1. Caractéristiques principales du soleil. [4]

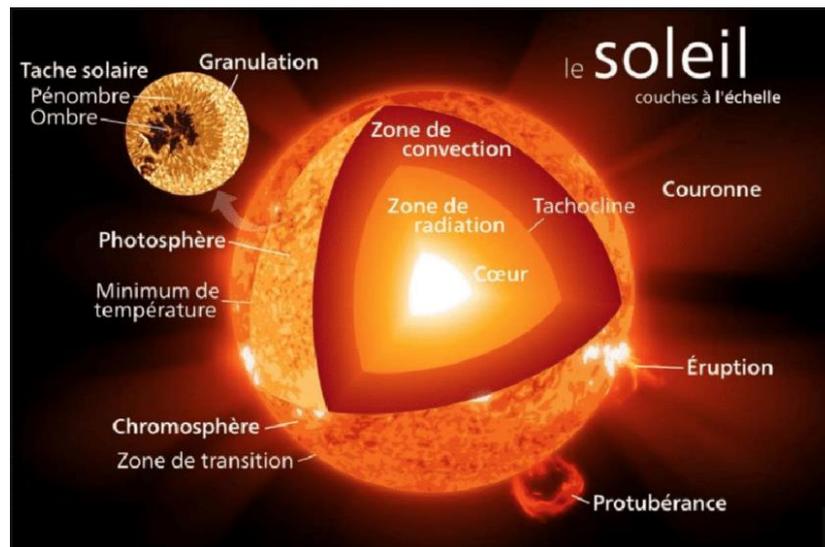


Figure I.1 : schéma de la structure du soleil [3]

1.1.2. Origine

L'énergie solaire est l'énergie électromagnétique liée au rayonnement émis par le soleil (150 millions de kilomètres environ, parcourus en quelques 8 minutes par la lumière).

La puissance rayonnée par les réactions thermonucléaires au sein du soleil se traduit, sur notre planète, par un apport énergétique important qui peut atteindre 1.000 W/ m^2 au niveau du sol, sous forme de lumière visible et de proche infrarouge. [5].

1.1.3. L'énergie solaire thermique

Le solaire thermique est un procédé de transformation de l'énergie solaire en une forme thermique, qu'on peut utiliser :

- En usage direct de la chaleur : chauffe-eau solaire, chauffage solaire, cuisinière et séchoir solaire.
- En usage indirect où la chaleur sert pour un autre usage : centrales solaires thermodynamiques, froid solaire. [6]

Chapitre I : Généralité sur l'énergie solaire et les capteurs solaire

1.1.4. L'énergie solaire thermodynamique

L'énergie solaire thermodynamique utilise le solaire thermique pour produire de l'électricité selon le même principe qu'une centrale électrique classique mais en utilisant des centrales hélios thermoélectriques. [7]

1.1.5. L'énergie solaire photovoltaïque

Elle est issue de l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque. [6]

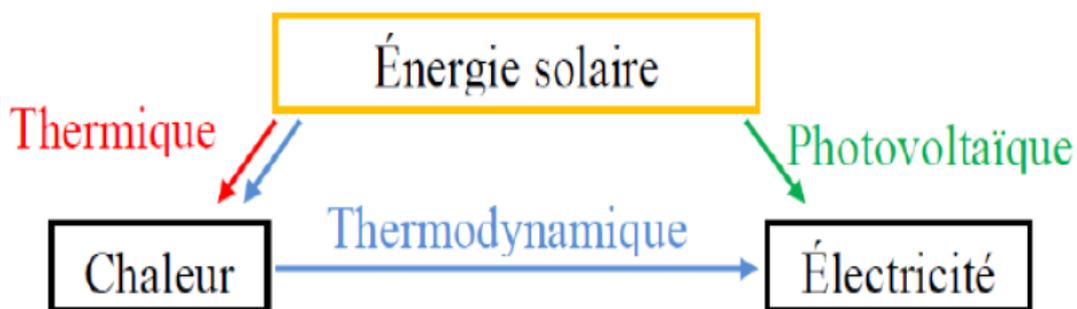


Figure I.2 : Filière de conversion de l'énergie solaire. [6]

1.2. Le gisement solaire en Algérie

Le gisement solaire c'est des données qui décrivent l'évolution des radiations solaires disponibles pendant une durée donnée.

L'Algérie dispose d'un gisement solaire de par sa situation géographique, énorme comme le montre la figure I.3

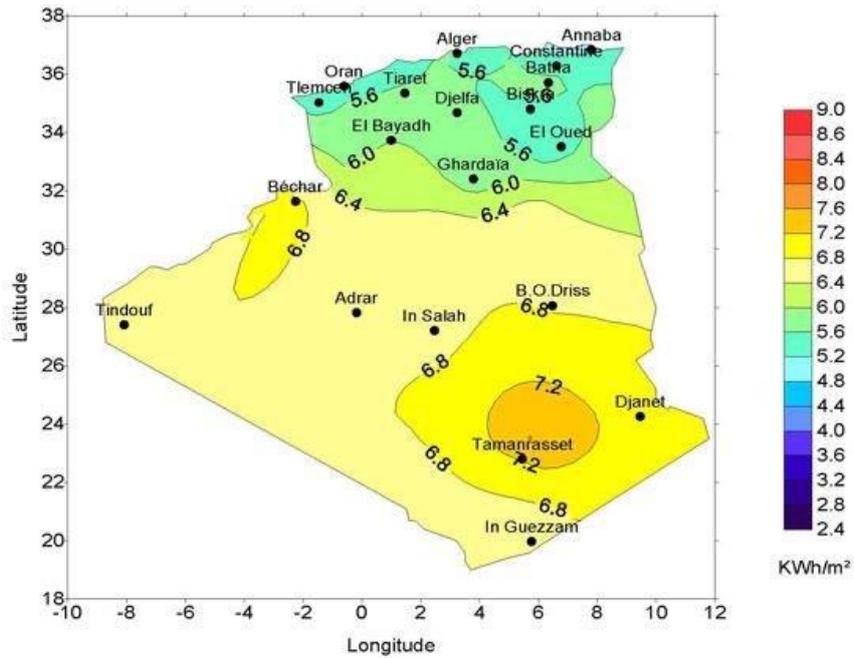


Figure I.3 : Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan Incliné à la latitude du lieu [8]

L'Agence spatiale allemande (ASA) a fait des calculs, et elle a conclu que l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen. Le tableau I.1 suivant représente la répartition du potentiel solaire par région climatique au niveau du territoire algérien selon l'ensoleillement reçu annuellement [9].

Régions	Régions côtières	Haute plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m ² /an)	1700	1900	2650

Tableau .I.2. Ensoleillement reçu en Algérie par régions climatiques [9].

I.3. Les capteurs solaires thermique

I.3.1 Définition

Un capteur solaire thermique est un dispositif conçu pour recueillir l'énergie solaire transmise par rayonnement et la transférer à un fluide caloporteur (gaz ou liquide) sous forme de chaleur. Cette énergie

Chapitre 1 : Généralité sur l'énergie solaire et les capteurs solaire

thermique peut ensuite être utilisée pour le chauffage de bâtiments, pour la production d'eau chaude sanitaire ou encore dans divers procédés industriels.

Cette technologie est différente de celle des panneaux photovoltaïques, qui transforment la lumière (les photons) en électricité. Les deux peuvent toutefois être combinées dans des panneaux photovoltaïques et thermiques. [10]

1.3.2. Les types d'un capteur solaire thermique

Il existe différents types de capteurs solaires thermiques. On peut les distinguer en fonction de leur type d'utilisation, de la nature de l'élément caloporteur utilisé et de la température atteinte.

- Ces capteurs peuvent être utilisés afin de répondre aux besoins d'une piscine (donc un capteur léger) jusqu'à répondre à ceux d'une centrale solaire.
- Le fluide caloporteur qu'ils utilisent peut être à l'état gazeux ou l'état liquide.

Aux quatre coins du monde, la plus part de ces capteurs sont utilisés afin de produire de l'eau chaude sanitaire (eau réchauffée utilisée à des fins domestiques) dans les maisons individuelles. Ces capteurs sont aussi utilisés dans le but de chauffer des bâtiments, des piscines ou afin de faire fonctionner des centrales de chauffage solaire.

1.3.2.1. Capteurs solaires plan (non concentration)

Les capteurs a surfaces reçoit directement le rayonnement solaire à partir du soleil, Sans accent, et est efficace même quand le blocage de la lumière directe du soleil. [11]Le capteur plan est composé d'un absorbeur noir derrière un vitrage ou l'eau qui y circule récupéré la chaleur captée du soleil.

1.3.2.1.1. Les capteurs plans vitrés

C'est les capteurs munis d'une couverture transparente, ils sont les plus utilisés. [12] Ils sont constitués d'une plaque en métal noir absorbant le rayonnement solaire mise en contact avec les tubes contenant le fluide caloporteur. A l'intérieur est placé l'absorbeur, un serpentin contenant le fluide à réchauffer. Pour que le serpentin absorbe mieux la chaleur, il est bordé par des ailettes noires, la couleur noire transformant mieux la chaleur absorbée. Un isolant résistant aux fortes températures est place sous le tout pour garder la chaleur dans les tubes. Un vitrage recouvre les tubes pour les protéger et crée un effet de serre pour chauffer encore plus le fluide caloporteur. (Fig.I.7). Les températures souhaitées se situent entre 30°C et 70°C. Dans ce genre de modèle, l'absorbeur est protégé contre les déperditions thermiques par un matériau isolant (la plupart du temps, de la laine de roche).

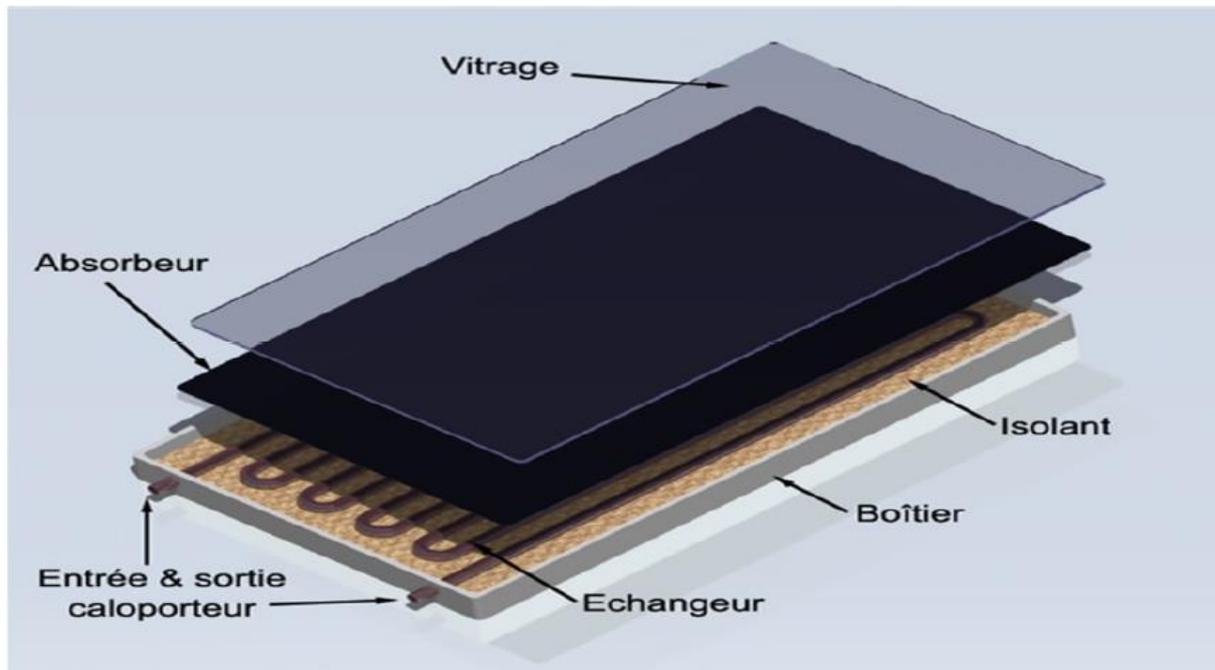


Figure I.7: Capteur thermique plan vitré [13]

Il existe deux types de capteur solaire plan vitré :

- Capteur solaire plan à eau :

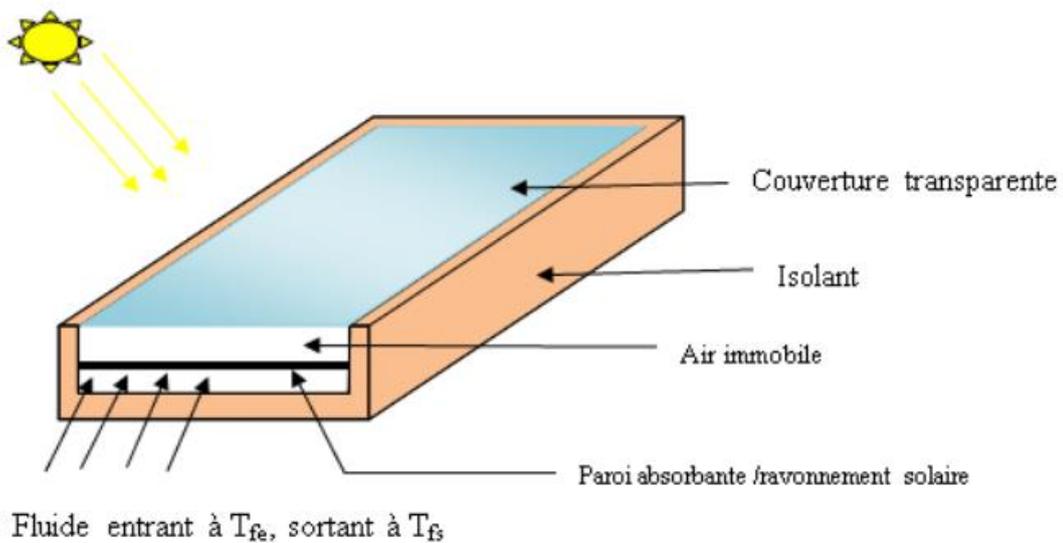


Figure .I.8: Capteur solaire plan à eau [14]

- Capteur solaire plan à eau :

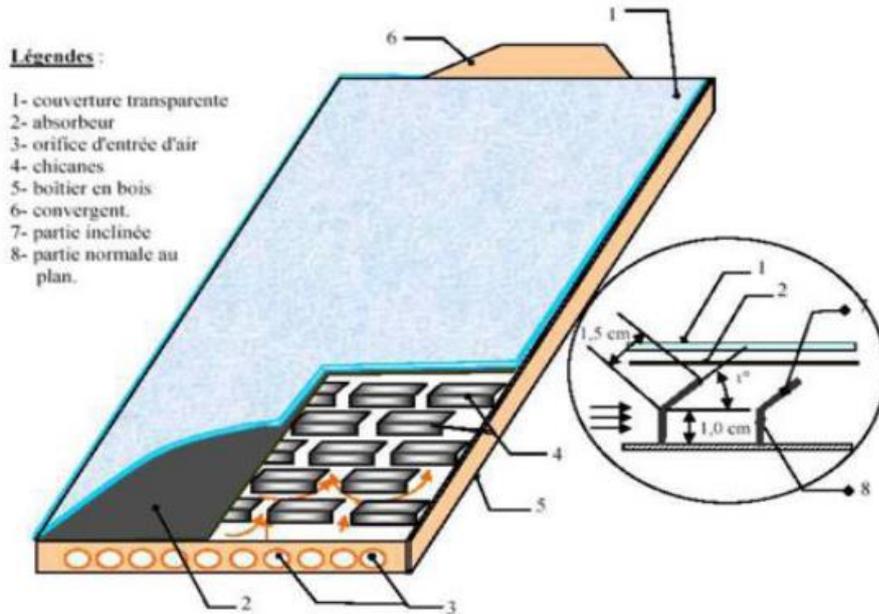


Figure .I.9: Capteur solaire plan à air. [15]

1.3.2.1.2. Les capteurs thermique plan non vitrés

Egalement appelé « capteur moquette », il est constitué de réseau de tubes noirs, généralement en matière plastique souple, ce type de capteur est facile à intégrer, on peut le posé sur le sol ou sur la toiture. Le rendement du capteur moquette est très bon pour produire des températures proches de la température de l'air ambiant. [12] généralement utiliser pour le chauffage des piscines, moins coûteux, ils sont également moins performants et plus sujets à des dégradations puisqu'ils ne sont pas protégés par une vitre. La température de fonctionnement est généralement inférieure à 30°C. C'est le modèle le plus simple, le plus économique mais le moins performant. Il est généralement constitué d'une simple plaque de métal ou de matière plastique (absorbeur) sur laquelle sont collés plusieurs tubes porteurs de fluide caloporteur.



Figure .I.10 : Capteur solaire sans vitrage [13]

1.3.2.1.3. Les composants d'un capteur solaire thermique plan

Un capteur plan est constitué essentiellement d'une couverture transparente, d'un absorbeur, d'un fluide caloporteur, d'une isolation thermique et d'un coffre (fig. I.11).

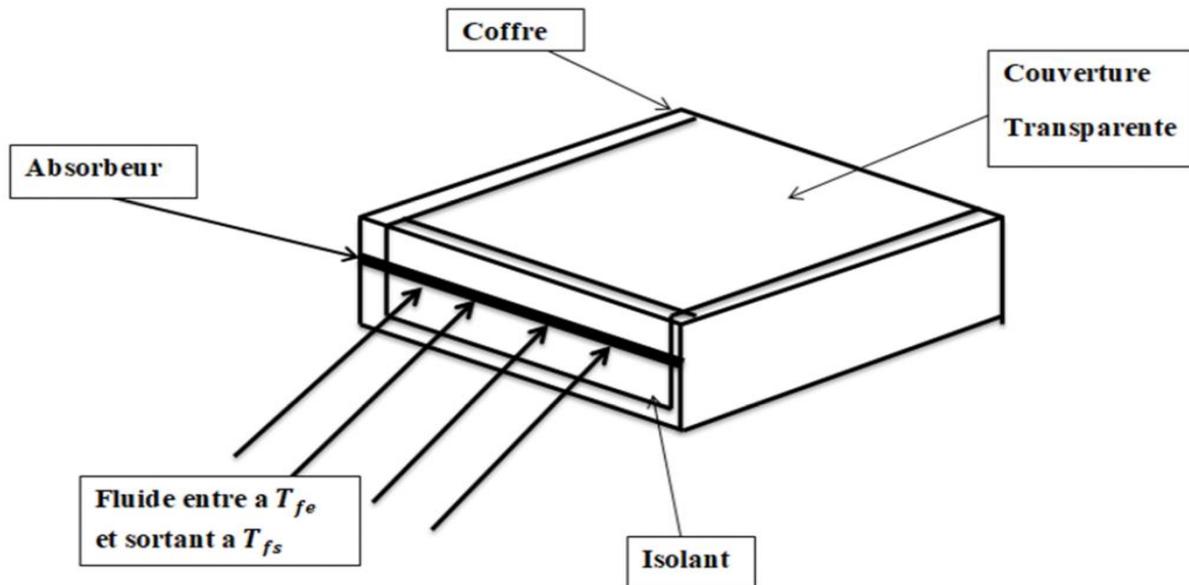


Figure .I.11 : Composants d'un capteur solaire plan [16]

a) Le coffre ou boîtier

Il assure la protection à l'arrière du capteur et participe à sa rigidité. Les matériaux les plus utilisés, pour constituer le fond du coffre, sont le métal (tôle d'acier pré laquée ou aluminium) et les matériaux plastiques, Ils doivent présenter les caractéristiques suivantes : bonne tenue à la corrosion, faible prix de revient, transformation facile. [12]

b) L'absorbeur

C'est le composant qui permet de transformer le rayonnement solaire en chaleur et de transférer l'énergie thermique ainsi produite à un fluide caloporteur , Le matériau le plus utilisé est le cuivre, car il possède une bonne tenue à la corrosion et sa conductivité thermique est élevée. L'absorbeur peut être considéré comme une juxtaposition d'ailettes. [12]

c) Le fluide caloporteur

Pour évacuer la chaleur stockée par la plaque absorbante on utilise généralement comme fluide caloporteur soit de l'air, soit de l'eau.

Par rapport à l'eau, l'air présente les avantages suivants :

Chapitre I : Généralité sur l'énergie solaire et les capteurs solaire

- L'air sec ne présente pas de problèmes de corrosion,
- Une fuite d'air est sans conséquence,
- Il n'est pas nécessaire d'utiliser un échangeur de chaleur dans le cas du chauffage de locaux,
- Le système à mettre en place est plus simple et plus fiable.

L'utilisation de l'air par rapport à l'eau entraîne les inconvénients suivants :

- L'air ne peut servir qu'au chauffage de locaux,
- Les conduites doivent avoir une grande section pour laisser passer un débit suffisant,
- Les transferts thermiques sont moins bons qu'avec l'eau.

Dans le cas de tuyauteries soudées sur la face arrière de la plaque absorbante, il faut prendre soin aux soudures afin de réduire le plus possible la résistance thermique de contact. [17]

d) L'isolation thermique

Permet d'éviter les déperditions par conduction (à l'arrière et sur les parties latérales de l'enveloppe du capteur). La mousse de polyuréthane est fréquemment utilisée, combinée parfois avec une couche de laine minérale en contact avec l'absorbeur. Pour des températures élevées on utilise que les mousses phénoliques, peu courantes et chères, et les laines minérales (laine de verre et surtout laine de roche qui présente l'avantage de ne pas absorber l'humidité). [12]

e) La couverture transparente (généralement vitrage)

Elle a la double fonction de passer le maximum de rayonnement solaire et d'éviter le refroidissement de l'absorbeur, en réduisant les phénomènes de convection de l'air et en bloquant le rayonnement infrarouge (effet de serre).

Les matériaux les plus utilisés sont le verre trempé (pour réduire les risques d'accident en cas de bris). On notera également l'utilisation de vitrage à basse teneur en oxyde de fer, ces vitrages présentent des caractéristiques optiques légèrement supérieures aux vitrages standards.

L'espace entre la couverture transparente et l'absorbeur se situe dans une fourchette de 25 à 40 mm. Un espace plus important favoriserait les pertes thermiques par effet de convection. [12]

1.3.2.1.4. Le fonctionnement d'un capteur thermique plan

Le principe de fonctionnement d'un capteur solaire plan est [18] :

Le rayonnement solaire traverse la vitre et arrive sur l'absorbeur muni d'une surface sélective ou il est converti en chaleur à sa surface. Le fluide caloporteur muni qui circule dans l'absorbeur conduit la chaleur, à partir duquel elle est transmise au consommateur.

Le vitrage est transparent pour le rayonnement visible et le proche IR mais opaque pour le rayonnement IR lointain émis par l'absorbeur, ainsi, la couverture transparente crée un effet de serre.

L'isolation thermique en dessous et autour du capteur diminue les déperditions thermique et augmente ainsi son rendement.

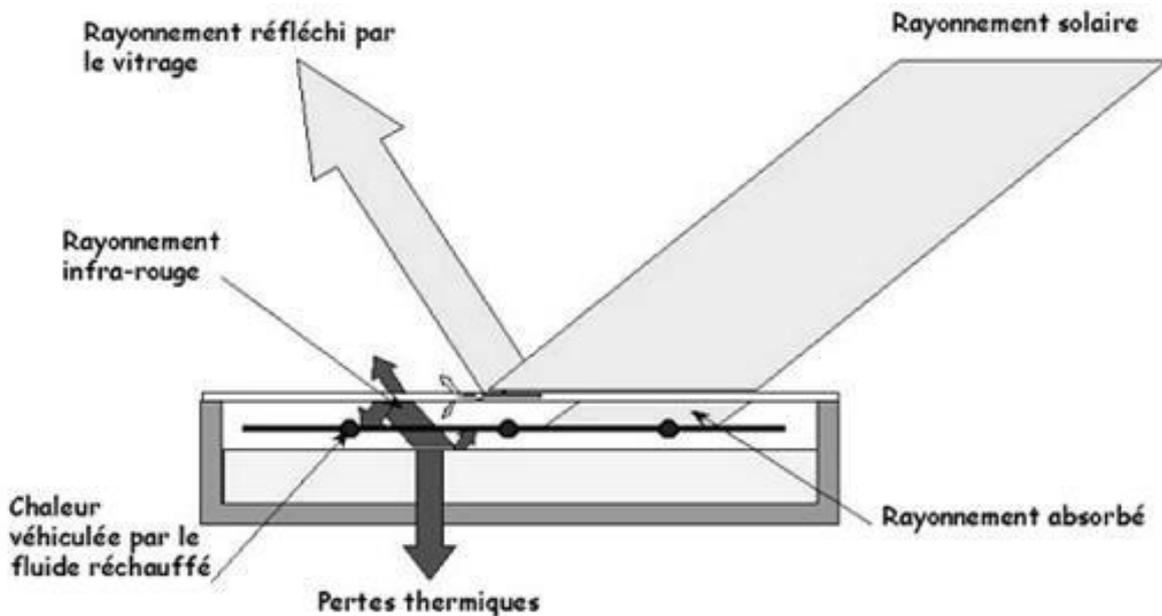


Fig. I.12 : Principe de Fonctionnement d'un capteur thermique plan [16]

1.3.2.2. Les capteurs à tubes sous vide

Un tube sous vide est un type de tube utilisé dans les capteurs solaires thermiques.

Souvent présentée comme avant-gardiste, cette technologie, développée initialement par l'université de Sydney en Australie à partir de 1975, fût industrialisée initialement au Japon puis son développement s'en trouva fortement amplifié par une externalisation de la production vers la Chine.

Chapitre I : Généralité sur l'énergie solaire et les capteurs solaire

Un capteur solaire "sous vide" est composé d'une série de tubes transparents en verre de 5 à 15 cm de diamètre. Dans chaque tube, il y a un absorbeur pour capter le rayonnement solaire et un échangeur pour permettre le transfert de l'énergie thermique. Les tubes sont mis sous vide pour éviter les déperditions thermiques convectives de l'absorbeur et l'absorbeur reçoit un traitement sélectif pour piéger le rayonnement. [19](Figure I.13).

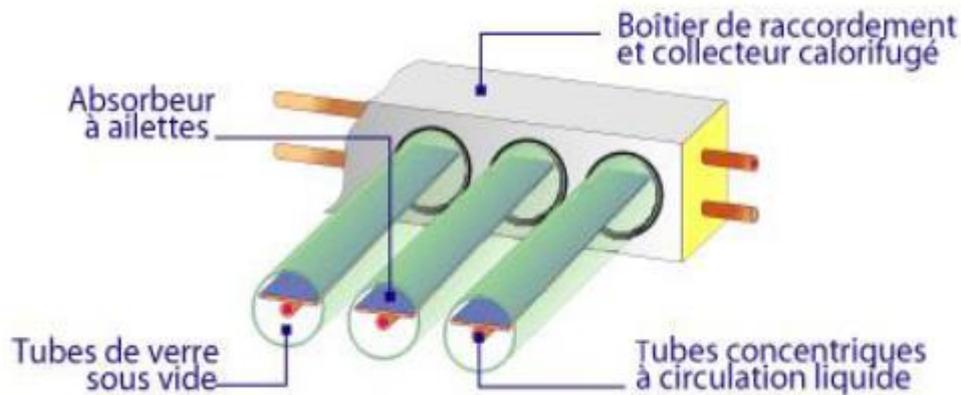


Figure I.13 : Schéma du capteur solaire sous vide [19]

1.3.2.3. Capteurs à concentration

Ces capteurs utilisent des surfaces réfléchissantes (miroir) parabolique ou cylindro-parabolique pour concentrer les rayons solaires respectivement dans le foyer ponctuel ou dans le foyer linéaire de ces surfaces. Dans le foyer ponctuel ou le long foyer linéaire se trouvent les récepteurs (absorbeurs) qui captent la chaleur solaire concentré ; cette concentration entraîne une augmentation de l'intensité, et les températures obtenues sur le récepteur peuvent atteindre plusieurs centaines voire même plusieurs milliers de degrés Celsius. [20]

a) Capteur cylindro-parabolique

Le capteur cylindro-parabolique s'oriente vers le soleil grâce à un dispositif de vérin électrique automatique et concentre le rayonnement solaire au niveau de l'absorbeur. Le fluide caloporteur circule dans le circuit de chauffage et conduit la chaleur vers la cuve de stockage à l'aide d'une pompe à faible débit. L'eau, étant chauffée, produit de la vapeur qui entraînera une turbine actionnant une génératrice qui a son tour produit de l'électricité [20]. La vapeur va ensuite être condensée afin de retourner à la cuve et refaire le cycle d'utilisation (Figure I.14).

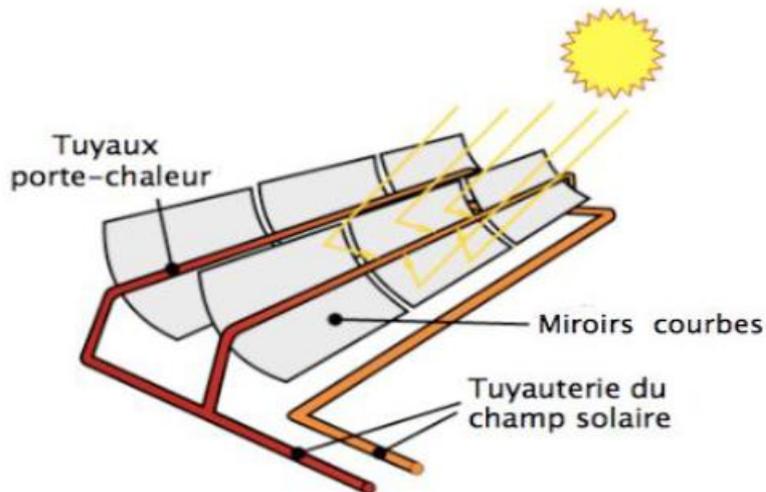


Figure I.14 : Schéma de principe d'un concentrateur cylindro-parabolique [20]

b) Miroirs de Fresnel

Un facteur de cout important dans la technologie des collecteurs cylindro-parabolique et la mise à forme du verre pour la forme parabolique requise.

Afin de diminuer le cout ; plusieurs groupes de recherche travaillent sur les prototypes de collecteurs de Fresnel a focalisation linéaire. L'idée est d'approximer la forme parabolique du collecteur par une succession de miroirs plans [20] , comme indiqué sur la (Figure I.15).

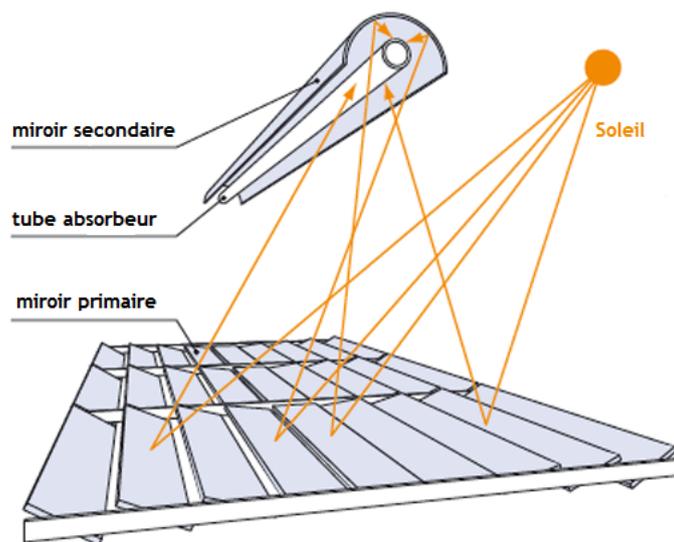


Figure I.15 : Principe de fonctionnement des miroirs de Fresnel [20]

Chapitre I : Généralité sur l'énergie solaire et les capteurs solaire

c) Miroirs paraboliques

Le principe de fonctionnement de ce type de capteur est représenté sur la Figure I.16. Le miroir parabolique réfléchit les rayons du soleil vers un point de convergence, le rayonnement solaire est alors concentré sur le récepteur qui monte en température.

Le récepteur en question est un moteur Stirling qui fonctionne grâce à la montée en température et en pression d'un gaz contenu dans une enceinte fermée. Ce moteur convertit l'énergie solaire thermique en énergie mécanique et ensuite en électricité. Tout au long de la journée, le socle de la parabole s'oriente automatiquement face au soleil pour suivre sa course et ainsi profiter d'un ensoleillement maximum. [20]

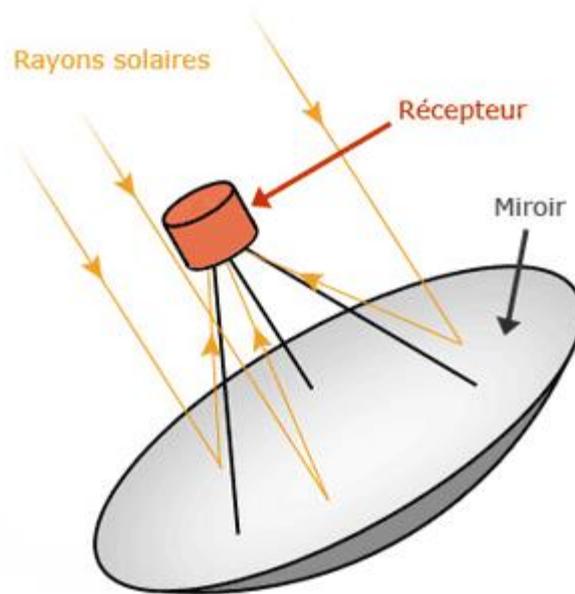


Figure I.16 : Schéma de principe d'un concentrateur parabolique [20]

d) Héliostats

Un héliostat est un dispositif permettant de suivre la course du Soleil, généralement pour orienter toute la journée les rayons solaires vers un point ou une petite surface fixe, à l'aide de miroirs.

L'héliostat est également utilisé dans les centrales solaires où un champ d'héliostats est utilisé pour faire converger les rayons lumineux vers un même point qui est l'absorbeur situé au sommet d'une tour. Ainsi le rayonnement solaire est directement concentré sur l'absorbeur qui transforme le rayonnement en chaleur à haute température et qui peut atteindre 1000°C [20]

(Figure I.17).

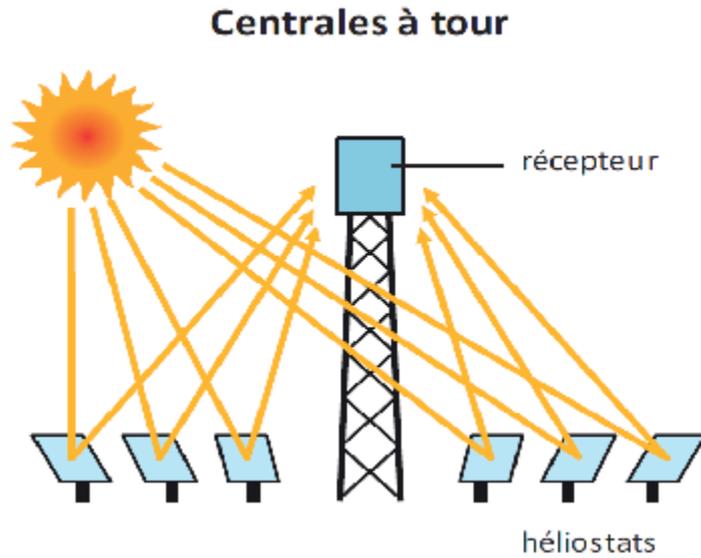


Figure I.17 : Schéma de principe d'une centrale à tour [20]

Généralement, un fluide caloporteur (des sels fondus) circule au sommet de la tour. Chauffé par les rayons, celui-ci transfère son énergie à un circuit d'eau. La vapeur alors produite actionne une turbine qui produit de l'électricité.

I.4. Les différents modes de transferts thermiques dans un capteur solaire

Un capteur solaire met en jeu simultanément les trois modes de transfert thermique, conduction, convection et rayonnement (Figure I.18).

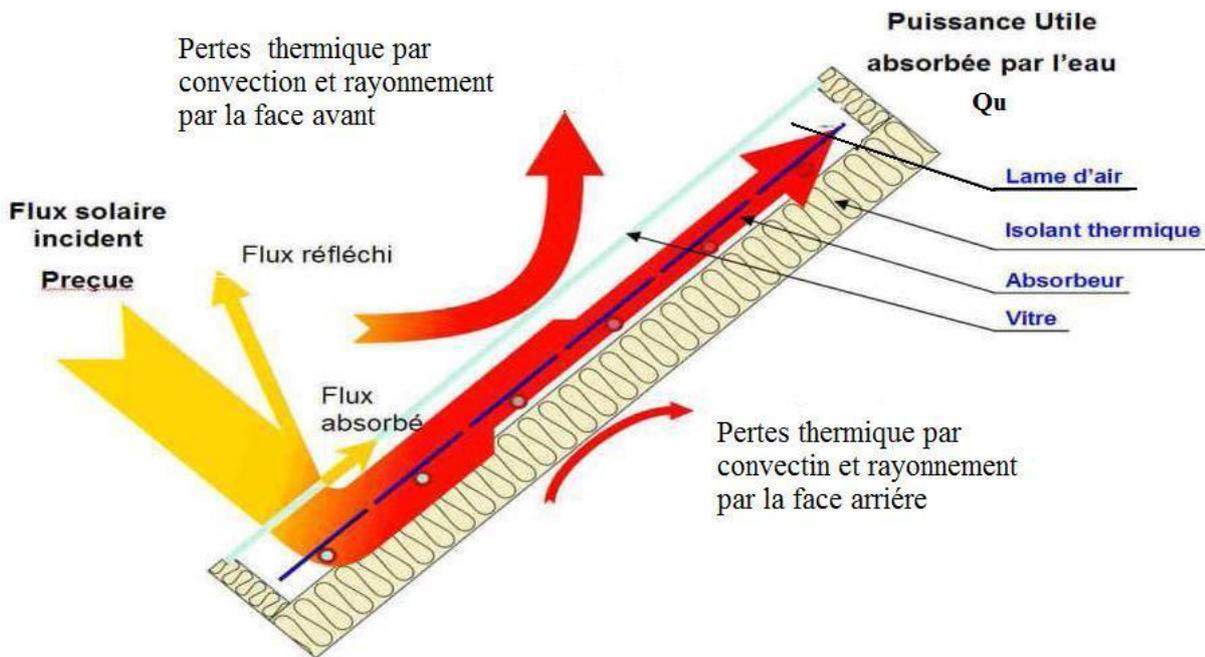


Figure I.13 : Les différents échanges thermiques dans un capteur [20]

Chapitre 1 : Généralité sur l'énergie solaire et les capteurs solaire

1.4.1. La conduction

La conduction est le mode de transfert de chaleur caractérisé par la propagation de l'énergie thermique dans un milieu matériel sans déplacement de la matière.

La loi correspondant à ce processus de diffusion thermique est la loi de Fourier donnée par la relation :

$$q = -k \times A \times \text{grad}T$$

q : flux de chaleur.

k : coefficient de conductivité thermique.

A : surface d'échange.

1.4.2. La convection

La convection est un transport d'énergie dû à des mouvements macroscopiques.

On distingue deux types de convection :

a. La convection forcée :

Le mouvement du milieu est engendré par un dispositif externe (le vent, une pompe, un ventilateur...etc.).

b. La convection naturelle :

Le mouvement du fluide est engendré par les variations de densité causées par des variations de température au sein du fluide, tel est le cas de la thermo circulation.

Le transfert thermique convectif est régi par la loi de Newton :

$$q = h \times S \times (T_p - T_f)$$

q: le flux échangé par convection.

h: coefficient de convection.

S : surface de la paroi solide en contact avec le fluide.

Tp: température de la paroi solide.

Tf : température du fluide.

1.4.3. Le rayonnement

Le transfert de chaleur par rayonnement à lieu lorsque de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques est émise par une surface et absorbée par une autre. Cet échange peut avoir lieu lorsque les corps sont séparés par le vide ou par n'importe quel milieu intermédiairesuffisamment transparent pour les ondes électromagnétiques [21].

Chapitre I : Généralité sur l'énergie solaire et les capteurs solaire

La loi fondamentale du rayonnement est celle de Stefan-Boltzmann :

$$q = \varepsilon \times \sigma \times T^4 \text{ (I.11)}$$

q : densité de flux de chaleur émis par le corps.

ε : Émissivité thermique du matériau.

σ : Constante de Stefan-Boltzmann évaluée à $5,6.10^8 \text{ W/m}^2.\text{K}^4$.

T : température absolue du corps.

Conclusion

L'étude théorique ci-dessus résume les points clés d'une étude théorique sur l'énergie solaire. Il mentionne que l'étude donne une idée générale sur les gisements solaires, les différents types de capteurs solaires, leurs composants et leurs applications. En outre, il souligne que l'énergie solaire gagne en importance chaque jour dans le monde en raison de ses nombreux avantages par rapport aux énergies fossiles.

Chapitre II

Recherche Bibliographique



Chapitre II : Recherche Bibliographique

II.1.Introduction

L'énergie solaire peut être utilisée dans les systèmes de chauffage solaire de l'eau, les chauffe-piscines et autres systèmes de chauffage. Le principal composant de tout système solaire est le capteur solaire. Le capteur solaire à plaques planes typique se compose d'une boîte métallique isolée avec un couvercle en verre ou en plastique et une plaque absorbante de couleur foncée.

L'énergie thermique du soleil est absorbée par la plaque absorbante et est conduite vers le fluide de travail circulant à travers les tubes ayant un contact avec la surface de l'absorbeur. Ce rayonnement solaire capté a un impact sur l'efficacité du capteur solaire, mais l'augmentation de la surface de contact de l'absorbeur, le débit massique et le matériau absorbant ont aussi une influence sur ses performances puisqu'ils sont directement proportionnels aux taux de rayonnement solaire reçu par ce dernier. Il faut cependant veiller à diminuer les pertes thermiques entre la couverture et l'environnement extérieur du capteur. Ainsi l'étude des capteurs solaires devra couvrir l'analyse des différents paramètres dynamiques et thermiques pouvant influencer ses performances.

II.2. Étude bibliographique

Selon Ahmed et al [22] , L'utilisation de nano fluides (NF) comme un fluide solaire innovant peut augmenter les performances des capteurs solaires à plaques planes (FPSC), ces derniers sont largement utilisés dans les applications domestiques à faible et moyenne différence thermique. Cependant, ils ont une efficacité limitée en raison du transfert de chaleur inefficace dans les fluides solaires sur les tubes de collecteur. Dans leur article ils ont analysés expérimentalement et théoriquement les paramètres qui influent sur l'efficacité thermique des capteurs solaires à plaques planes notamment le type, la taille et la concentration des nanoparticules, le débit massique et la radiation solaire.

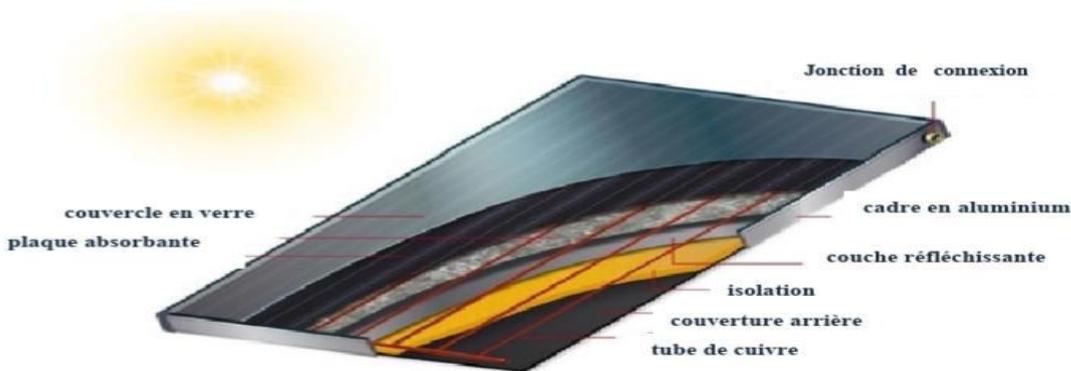


Figure II.1 : Structure des capteurs solaires plats [22]

Chapitre II : Recherche Bibliographique

Wisam et al [23] ont mené une étude expérimentale sur l'effet de l'utilisation de matériaux poreux (mousse métallique) sur les performances des capteurs solaires d'air. Les expériences ont été menées dans des conditions climatiques spécifiques à Al Ramadi en Irak. Les résultats ont montré que l'utilisation de la mousse métallique augmente la surface d'absorption, ce qui améliore la transmission de la chaleur par rapport à une plaque plate sans mousse.



FigureII.2 : Modèles d'aérothermes solaires [23]

Kalkidan et al [24] ont fait une tentative pour analyser expérimentalement et numériquement un capteur solaire à plaque ondulée nouvellement conçu caractérisé par sa surface d'absorption ondulée en chevron (profilée sinusoïdalement) et ainsi améliorer le contact thermique. La simulation numérique du collecteur a été réalisée au moyen de la méthode des volumes finis (FVM) en utilisant le logiciel ANSYS Fluent 18.1. Les résultats numériques et expérimentaux ont révélé que l'ondulation sinusoïdale fournit une conductance de liaison accrue conduisant à une température de sortie accrue et à une différence de température plaque-fluide réduite et ainsi à une efficacité accrue du collecteur. Les confrontations des résultats expérimentaux et numériques de la température de sortie du collecteur et de l'efficacité du collecteur a avéré être en bon accord.

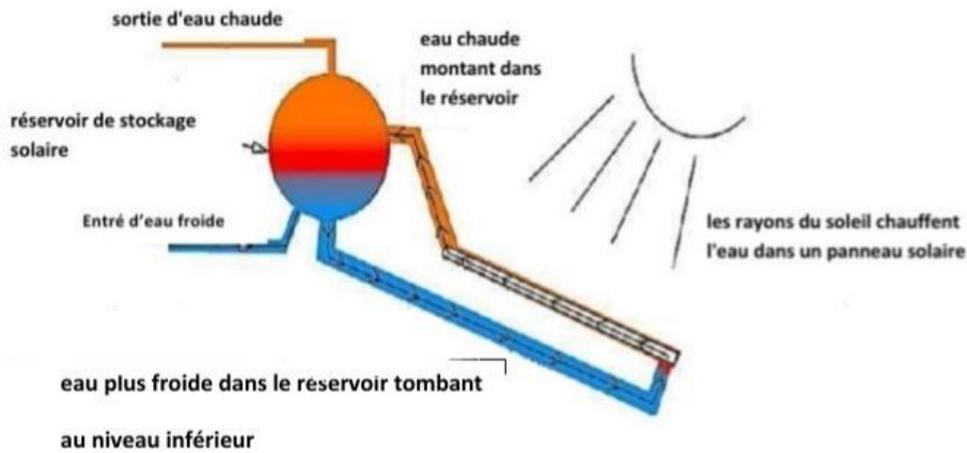


Figure II.3 : Principes de fonctionnement du système de chauffe-eau solaire à thermosiphon [24]

Ben slama et al [25] ont réalisé des études à l'Université de Valenciennes–France, au sein de laboratoire d'Aérodynamique, Energétique et Environnement (appellation actuelle) sur les capteurs solaires à air dans le but d'augmenter le coefficient de transfert thermique entre le fluide caloporteur (air) et l'absorbeur avec une création de turbulences dans les voies aériennes par l'utilisation d'obstacles ou de chicanes. Les mesures ont montré que le rendement atteignait 80% pour le meilleur type de chicanes, pour un débit d'air de $50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$, et une augmentation de température de 60 C. Ainsi, les capteurs solaires à air peuvent devenir aussi efficaces que les capteurs solaires à eau et auront la même efficacité.

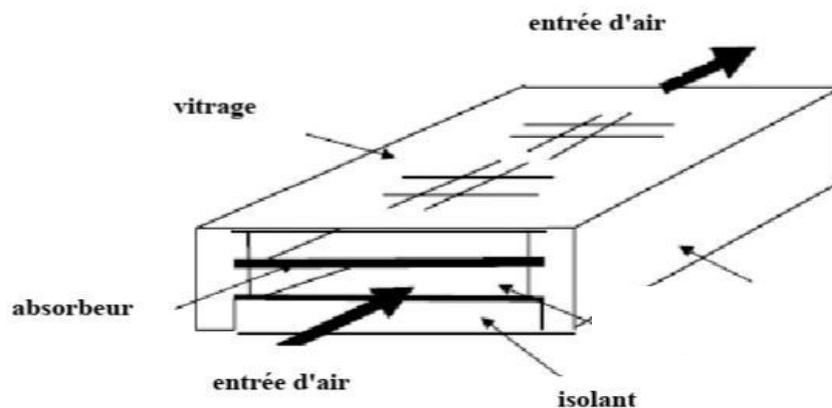


Figure II.4 : Composition d'un capteur solaire à air [25]

Chapitre II : Recherche Bibliographique

Youcef et al. [26] ont mené une étude expérimentale pour optimiser les performances du capteur solaire en utilisant des ailettes rectangulaires décalées placées dans le canal d'écoulement d'air et cela pour augmenter le transfert de chaleur entre la plaque absorbante et le fluide passant. Les résultats expérimentaux ont été comparés en utilisant deux types de couvertures transparentes (double et triple). Les expériences ont montré que l'utilisation de couvertures transparentes triples réduit les pertes de chaleur vers l'avant plus que l'utilisation de couvertures transparentes doubles, et que les ailettes rectangulaires augmentent le transfert de chaleur dans les deux cas et ils ont montré d'excellentes performances thermiques.

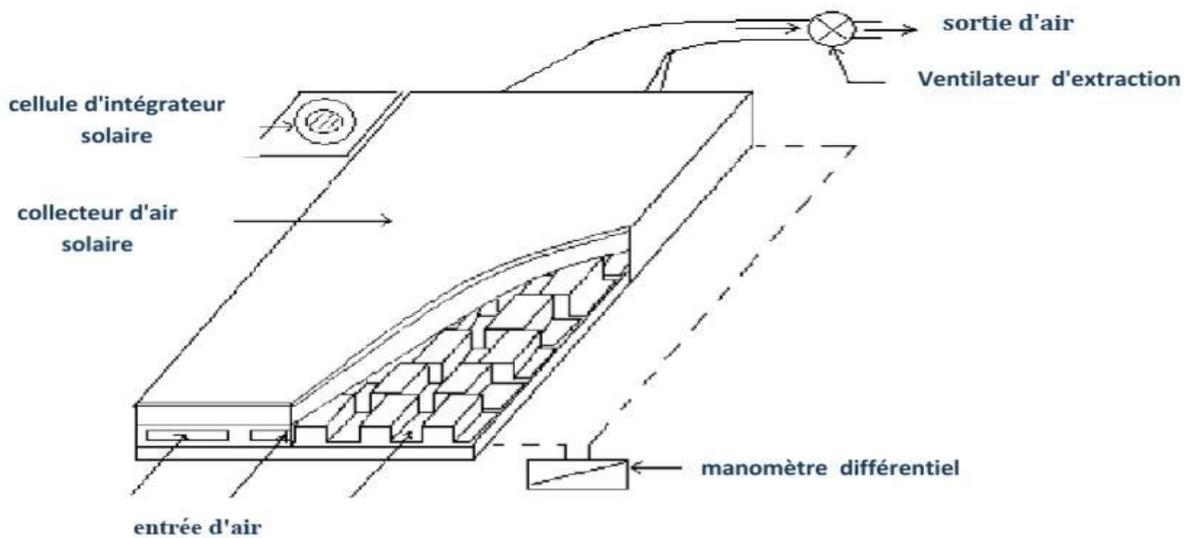


Figure II.5 : montage expérimental [26]

How peng et al [27], ont analysé l'effet d'une nouvelle structure hybride en mousse métallique semi-annulaire et en forme d'ailette (SAFM) sur les performances thermo hydrauliques et thermodynamiques des tubes absorbeurs dans les collecteurs à concentration de type parabole. L'étude montre l'impact des différentes formes d'ailettes SAFM (rectangle, triangle et trapèze) sur le transfert de chaleur en convection forcée turbulente et l'écoulement sous flux de chaleur non uniforme. Les résultats montrent que l'insertion de SAFM améliore considérablement les performances des tubes absorbeurs, et que SAFM avec des ailettes triangulaires fonctionnent mieux que celles avec des ailettes rectangulaires ou trapézoïdales.



(a) ailette rectangulaire (b) ailette triangulaire (c) ailette trapézoïdal

Figure II.6 : Profil aérodynamique dans les micro-éléments des tubes SAFM. [27]

Ekram et al [28], ont présenté la conception et le développement d'un chauffe-eau solaire économique avec une bonne efficacité thermique, alimenté uniquement par le soleil avec des échangeurs de chaleur avec des tubes en cuivre et des ailettes en aluminium peintes avec une peinture noire foncée. Le système de contrôle électronique connecté à la ligne d'eau froide régule le débit d'eau dans les tuyaux de l'échangeur de chaleur qui atteint 0,5 L par minute. Après des tests effectués les jours les plus froids de l'année en Irak, l'eau du chauffe-eau solaire peut atteindre une température maximale de 64 °C. Ce chauffe-eau solaire s'est avéré être un moyen fiable de générer de l'eau chaude avec de bonnes performances sans utiliser d'électricité, de pétrole ou de gaz et sans polluer l'environnement avec des gaz nocifs.



1- Réservoir d'eau froide 2- Réservoir d'eau chaude 3- Mesure de pression 4- Conduite d'eau froide 5- Régulateur de température intelligent 6- Capteur de température 7- Capteur de débit à sortie analogique 8- Système d'unité de contrôle électronique 9- Débitmètre de vitesse 10- Débitmètre massique 11- Échangeur de chaleur 12- Conduite d'eau chaude 13- Boîtier de commande.

Figure II.7 : Toutes les parties du système de chauffe-eau solaire fournies avec l'unité de commande électronique [28]

Chapitre II : Recherche Bibliographique

A.C Minsta et al [29], ont réalisé des simulations numériques pour optimiser la conception de capteurs solaires plats en polymère. L'étude évalue l'impact des paramètres de conception (épaisseur de lame d'air, longueur du capteur) et des conditions de fonctionnement (débit massique, rayonnement solaire incident, température d'entrée) sur l'efficacité. Les résultats indiquent que l'augmentation de la longueur du FPSC n'a pas d'effet sur les performances, contrairement à l'épaisseur de l'entrefer, qui atteint une performance optimale d'environ 10 mm. L'augmentation du débit massique améliore l'efficacité du FPSC, mais diminue la température de sortie. La température du liquide de refroidissement à l'entrée a une grande influence sur les performances du collecteur polymère.

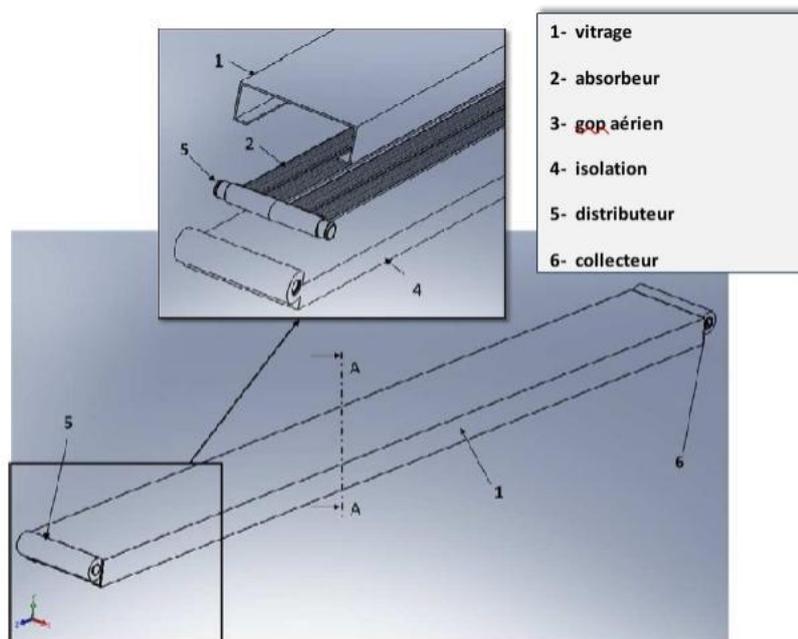


Figure II.8 : Le module du prototype du capteur solaire plat en polymère.[29]

A.S. Abdullah et al [30] ont effectué une étude expérimentale pour améliorer les performances du distillateur solaire à plateaux (TSS). Ils ont étudié l'influence de l'installation de miroirs réfléchissants sur les faces internes des TSS ainsi, des matériaux à changement de phase mélangés à des nanoparticules d'oxyde de cuivre ont été utilisés pour tester les performances du FTSS (TSS à ailettes). Les résultats ont indiqué que la productivité du FTSS était améliorée de 166 et 136 % lors de l'utilisation des éléments chauffants et des matériaux à changement de phase avec des nanoparticules par rapport à celle du CSS (distillateurs solaires conventionnels). Ils ont conclu que la productivité quotidienne pour le FTSS est supérieure à celle de TSS et CSS.



Figure II.9: Photo d'alambic solaire testé [30]

Meriem et al [31] ont mené étude comparative entre différentes configurations optimisées d'échangeurs de chaleur à tubes à ailettes utilisés pour transférer l'énergie thermique d'un collecteur solaire parabolique vers un sécheur de paillese.). Cette analyse a été effectuée entre différentes géométries d'échangeurs de chaleur et des configurations optimales ont été déterminées pour quatre géométries. Sur la base de la simulation, le HTF (un fluide caloporteur) et les alliages d'acier inoxydable et d'aluminium pour les tubes et les ailettes ont été sélectionnés comme les meilleures options avec le coût le plus bas. Les résultats ont montré que ce modèle permet de choisir une conception appropriée parmi la géométrie standard disponible en fonction des conditions de fonctionnement spécifiées.

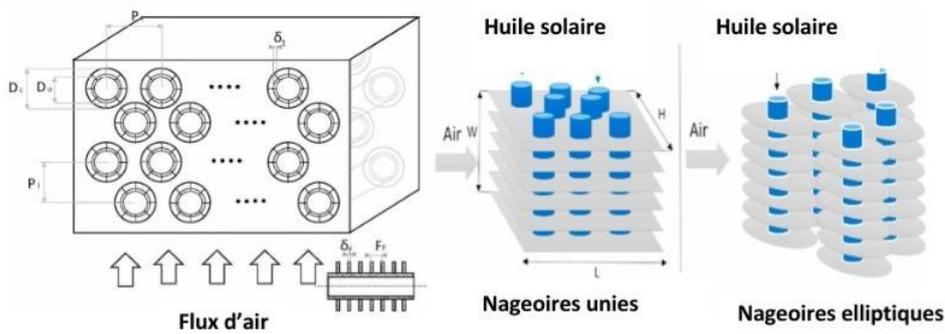


Figure II.10 : Caractéristiques géométriques d'un échangeur [31].

Chapitre II : Recherche Bibliographique

Wei Chang et al [32] ont étudié expérimentalement et analytiquement les performances thermiques d'un capteur solaire à air avec un absorbeur à ailettes pour déterminer l'effet de divers facteurs tels que l'angle de réglage, le débit moyen et la position de l'entrée d'air sur l'efficacité du capteur solaire à air. Les résultats montrent que l'efficacité de l'air de la plaque à ailettes du collecteur varie considérablement avec les variations des débits massiques d'air, en particulier lorsque le débit massique du fluide de travail est faible et augmente lentement.

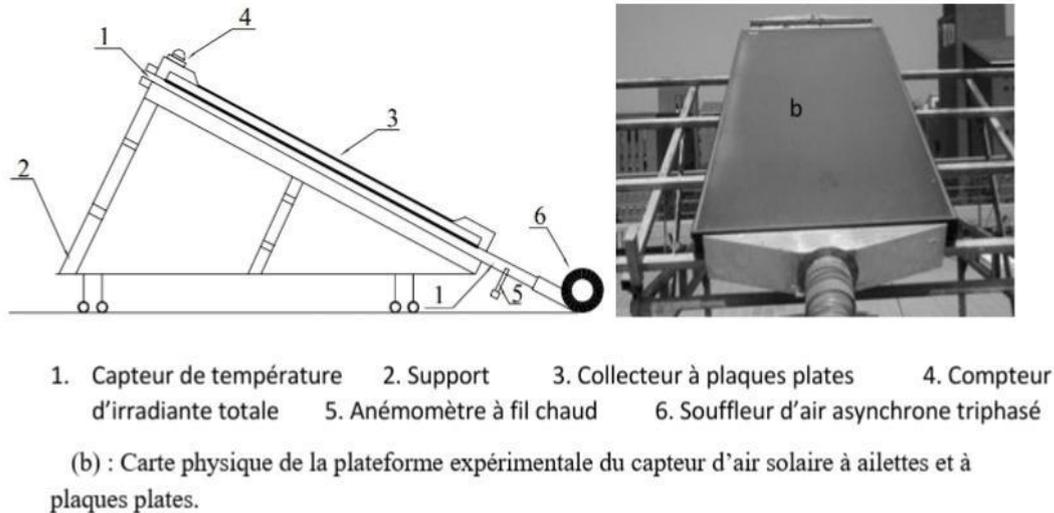


Figure II.11: un capteur d'air solaire à plaques plates et à ailettes [32].

Zepang et al [33] ont présenté une étude expérimentale d'une série de lits de tubes à vide améliorés par ailettes, les caractéristiques du système ont été analysées lorsque le nombre d'ailettes a changé entre zéro et huit dans le lit. Les résultats expérimentaux nous ont indiqué que le COP du système atteignait l'optimum car le nombre d'ailettes était égal à quatre. Un lit de tubes trop amélioré a entraîné une détérioration des performances du système de refroidissement par adsorption. L'effet de la structure à ailettes a montré à la fois l'aspect négatif et l'aspect positif. Cette étude a également montré qu'il existe une limite du nombre d'ailettes, au-delà de laquelle les performances du système auront tendance à se détériorer progressivement.

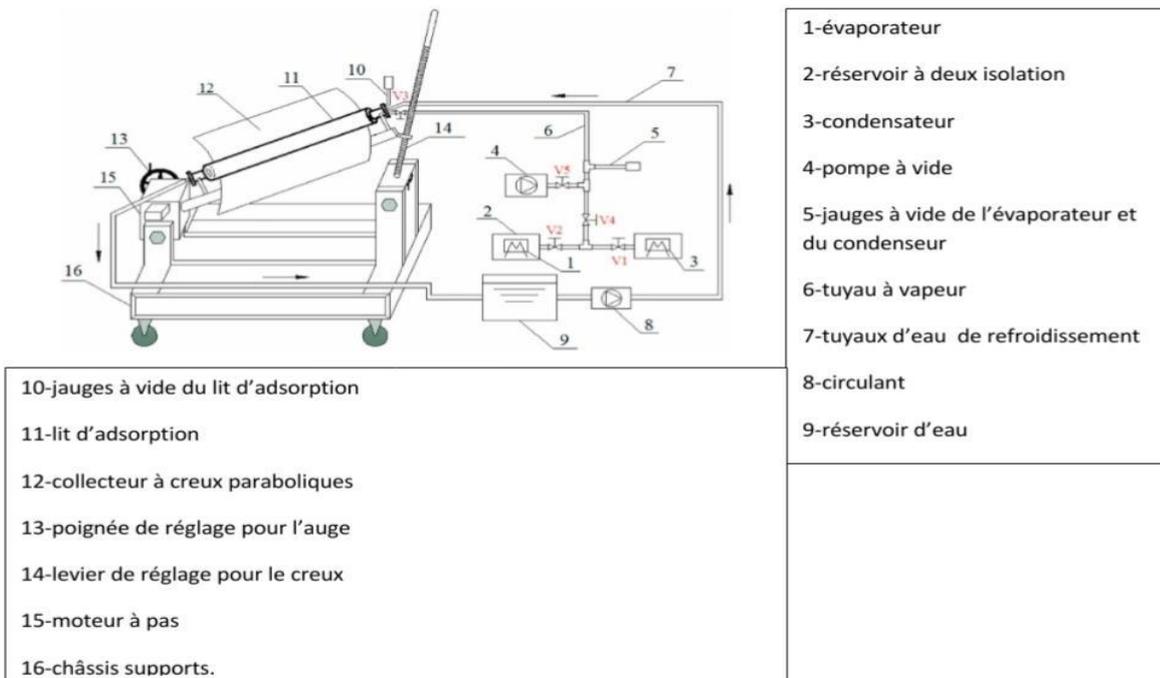


Figure II.12 : Principe de fonctionnement du système expérimental (Schéma) [33].

Hassanain et al [34] ont effectué une étude expérimentale sur les performances d'un panneau solaire à pente unique avec une ailette creuse à section carrée (SSSS) fixée à une plaque d'absorption. Cette méthode évapore l'eau salée et condense la vapeur sous forme d'eau douce en utilisant la distillation solaire. Les résultats ont montré qu'il y'a une amélioration de 40% de la productivité qui a été obtenue après intégration du SSSS aux ailettes. Ils ont conclu que l'utilisation d'une plaque absorbante carrée creuse en fer galvanisé améliore la productivité quotidienne cumulée jusqu'à 40 %.ainsi que l'amélioration induite par le système de pulvérisation d'eau.



a) Plaque absorbante conventionnelle



b) Plaque absorbante à ailettes de section in fins

Figure II.13: Vue de dessus du plateau absorbant [34].

Chapitre II : Recherche Bibliographique

T Bhattacharyya et al [35] ont présenté une étude numérique sur les performances d'un capteur solaire de chauffage à air extrudé à ailettes. La température de l'air de sortie et la chute de pression sont des paramètres de contrôle pour trouver le nombre optimal d'ailettes, la hauteur et l'épaisseur des ailettes. L'analyse confirme que le capteur de chauffage solaire à air avec 80 ailettes, un rapport de 0,6 hauteur (H) à la longueur du canal (D) et une épaisseur de 2 mm donne les meilleurs résultats pour les applications de séchage du riz dans les conditions climatiques, ainsi que la chute de pression augmente également avec le nombre d'ailettes et la hauteur des ailettes.

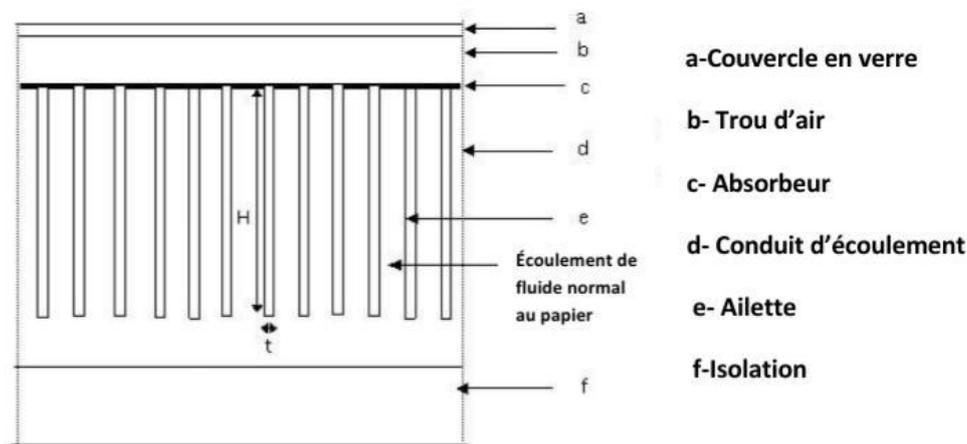
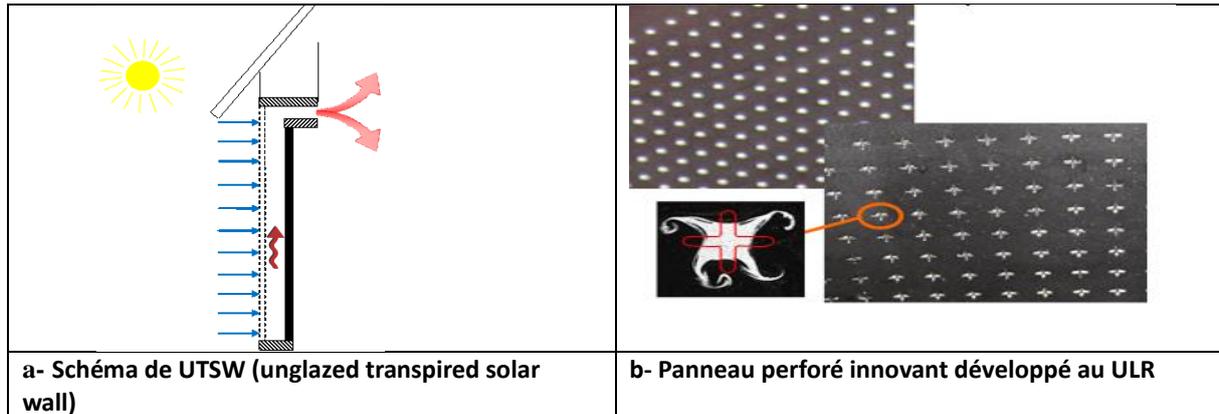


Figure : Schéma de principe d'un aérotherme solaire à plaques à ailettes [10]

Figure II.14 : Schéma de principe d'un aérotherme solaire à plaques à ailettes [35].

Cristiana et al [36] ont mené une étude expérimentale traitant l'importance de la forme du trou de la plaque perforée dans le transfert de chaleur dans les systèmes d'énergie solaire passifs. Un mur solaire non vitré (UTSW) est utilisé comme capteur solaire, installé à quelques centimètres du mur du bâtiment pour créer une cavité. Les résultats expérimentaux ont montré l'évaluation de l'efficacité de différents designs de perforations sur un capteur solaire non vitré, ainsi que d'autres facteurs peuvent également affecter le rendement de la puissance, tels que l'intensité et la durée de l'exposition au soleil, la qualité des matériaux utilisés.

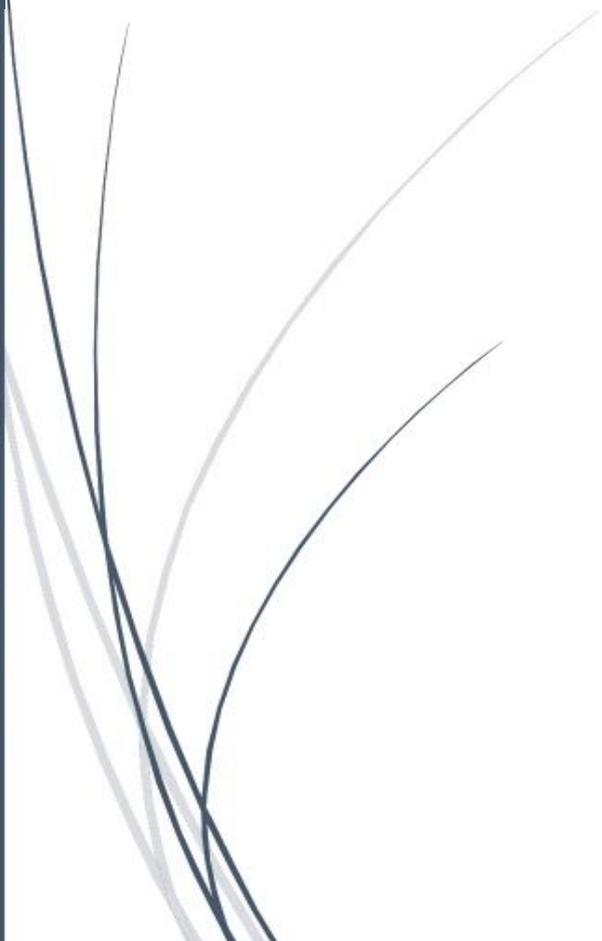


II.3. Conclusion

Ce chapitre présente les résultats de recherches et d'expériences menées par différents chercheurs dans le but d'améliorer les performances thermiques et dynamiques des capteurs solaires à air. Les travaux discutés comprennent des modifications de conception, l'utilisation de matériaux performants, l'optimisation des flux d'air et l'amélioration de l'efficacité du transfert de chaleur. Les résultats obtenus ont montré des gains significatifs en termes d'efficacité énergétique, de rendement global et de récupération de chaleur.

Chapitre III

Résolution Numérique



III.1 Introduction

Dans ce chapitre, on présente le modèle numérique décrivant le système de capteur solaire plat en tenant en compte des propriétés transitoires de ses différentes zones.

En se basant sur les équations établies, un programme à l'aide d'un logiciel de simulation ANSYS FLUENT est déposé pour simuler le comportement du capteur plan et prévoir ses performances thermiques.

III. 2. Géométrie du domaine d'étude

La configuration géométrique du problème étudié est schématisée sur la figure III.1. Les dimensions du capteur solaire à convection forcée qui a été fabriqué et installé au laboratoire de mécanique à l'université d'Ain Temouchent (Algérie). Ce capteur solaire d'air se compose d'une boîte rectangulaire en bois de 2m de longueur ,1m de largeur et 0.15 m de profondeur. Les dimensions de la veine d'air dynamique du capteur est comme suit : 1.97m de longueur, 0.98m de largeur et 0.1 m d'épaisseur. Un isolant qui se compose de quatre couches mesure 0.05m de profondeur.

Cette configuration géométrique a été utilisée pour la simulation par le code de calcul ANSYS FLUENT.

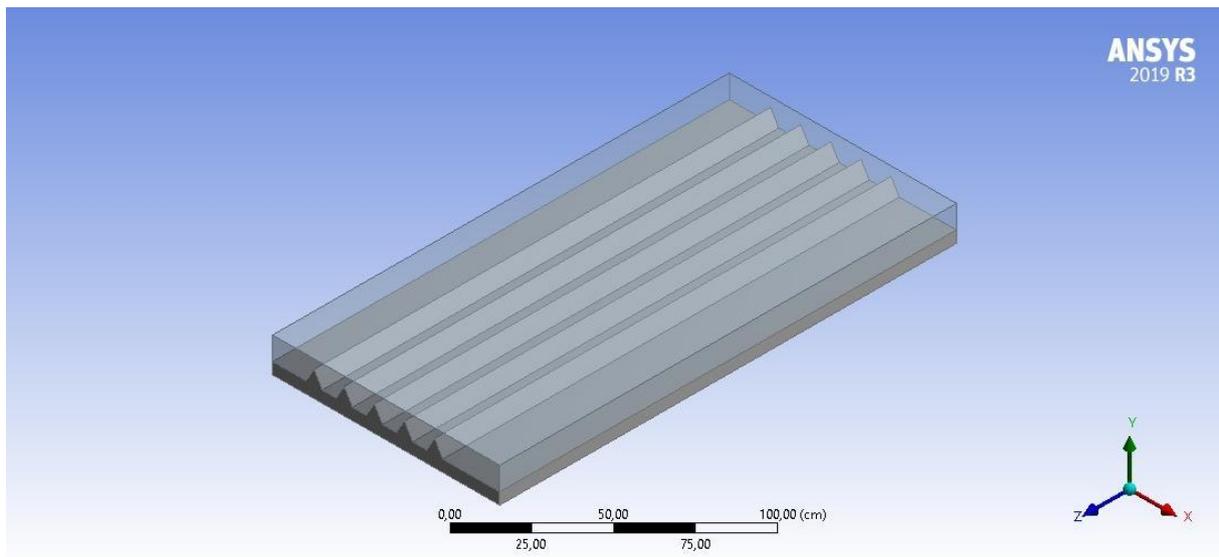


Figure III. 1: Schéma général du domaine physique

Chapitre III : Résolution Numérique

Durant cette étude, un intérêt est porté à l'étude de l'effet de dimension du système sur le comportement dynamique et thermique du fluide, pour cela, trois surfaces et trois nombres des ailettes différentes mentionnés sur le tableau III.1 et tableau III.2 ont été examinés et comparés en détail. Les dimensions et les détails qui accompagnent chaque modèle sont également présentés sur le tableau III.3.

➤ **Influence de nombre des ailettes :**

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
Nombre d'ailette	3	5	9

Tableau III. 1: Différents modèles physique étudiés selon le nombre d'ailette

➤ **Influence de la surface d'ailettes :**

	Modèle 4	Modèle 5	Modèle 6
Surface d'ailettes (cm²)	8	24.5	40.5

Tableau III. 2: Différents modèles physique étudiés selon la surface d'ailette

		Les différents modèles étudiés					
Valeur (m)	Dimensions	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3	Modèle 4	Modèle 5	Modèle 6
	Longueur de capteur (L)	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
	Largeur de capteur (A)	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
	surface d'ailette (cm ²)	24.5	24.5	24.5	8	24.5	40.5
	Epaisseur de vitrage (e _v)	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	Epaisseur de l'absorbeur (e _A)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	Epaisseur de l'isolant (e _i)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	L'âme d'air (e)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	Nombre d'ailette	3	5	9	5	5	5

Tableau III. 3: Les caractéristiques géométriques de différent capteur solaire étudié.

Chapitre III : Résolution Numérique

Le tableau III.4 donne les propriétés thermo-physiques des matériaux utilisés.

Matériels	Densité (Kg/m ³)	Chaleur spécifique (J/Kg.k)	Conductivité thermique (W/m.k)	Viscosité (Kg/m.s)
Air	1.225	1006.43	0,0242	1,789.10 ⁻⁵
Aluminium	2719	871	202,4	
Verre	2530	7205	0,93	
cuivre	8900	398	400	

Tableau III. 4 : Propriétés thermo-physiques de matériaux utilisés.

III. 3. Hypothèses

La simplification des équations différentielles représentant le phénomène étudié nécessite l'adoption de quelques hypothèses simplificatrices qui décrivent la physique du problème. Ces hypothèses sont les suivantes :

- Débit massique uniforme dans la veine d'air de collecteur.
- L'écoulement de fluide dans le collecteur est considéré en régime permanent.
- La construction est de type feuille et ailettes parallèles.
- Un flux uniforme est appliqué sur l'absorbeur.
- Le transfert de chaleur par rayonnement depuis les bords du capteur est négligeable.
- Les propriétés du verre et de l'isolation sont indépendantes de la température.
- Toutes les propriétés thermo-physiques du fluide et de l'air sont indépendantes de la température.
- Les pertes supérieures et inférieures se font vers la même température ambiante

III. 4. Rendement du capteur plan

Le rendement thermique d'un capteur exprime sa capacité à convertir l'énergie solaire en chaleur, et à la transférer au fluide caloporteur avec un minimum de pertes. Cette performance est définie comme le rapport entre l'énergie thermique utile Q_u et l'énergie solaire incidente reçue par l'absorbeur. Ainsi l'efficacité thermique instantanée du capteur est :

$$\eta = \frac{q_{mf}(c_{pfs}T_{fs} - c_{pfe}T_{fe})}{AI} = F_R \left[\eta_0 - \frac{U_P(T_{fe} - T_a)}{I} \right]$$

Où η_0 représente le rendement optique du capteur.

III.5 Equations générales du problème

Dans le cas laminaire, les problèmes de transfert de chaleur et d'écoulements de fluide peuvent être traités par la résolution de l'équation de continuité, de l'équation de Navier Stokes et l'équation d'énergie.

Les équations décrivant le phénomène d'écoulement et le transfert de chaleur à l'intérieur de capteur solaire sont les suivantes :

III.5.1 La conservation de la masse

L'équation de la conservation de la masse est la suivante :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{d(\rho u)}{dx} + \frac{d(\rho v)}{dy} + \frac{d(\rho w)}{dz} = 0$$

Puisque l'écoulement est permanent $\Rightarrow \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$

Donc l'équation devient :

$$\frac{d(\rho u)}{dx} + \frac{d(\rho v)}{dy} + \frac{d(\rho w)}{dz} = 0$$

III.5.2 La conservation de la quantité de mouvement

L'équation de la conservation du mouvement à travers le volume de contrôle est montrée comme suit :

➤ **Suivant la direction (x) :**

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

➤ **Suivant la direction (y) :**

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 v}{\partial^2 y} + \frac{\partial^2 v}{\partial^2 z} \right)$$

➤ **Suivant la direction (z) :**

$$u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 w}{\partial^2 y} + \frac{\partial^2 w}{\partial^2 z} \right) - \rho g$$

III.5.3 La conservation de l'énergie

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{1}{\rho C_p} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 T}{\partial^2 y} + \frac{\partial^2 T}{\partial^2 z} \right)$$

III.6 Présentation du logiciel ANSYS *Workbench*

Le Workbench permet de gérer les fichiers et le lancement des différents logiciels à partir d'une fenêtre unique. C'est à partir de la fenêtre principale du *Workbench* que vont être créés les fichiers, lancés les logiciels et gérés les interactions entre les différents logiciels utilisés pour la géométrie, le maillage, la simulation proprement dite et le post-traitement.

Pour réaliser notre simulation numérique par ANSYS FLUENT, On a suivi les étapes suivantes :

- Création de la géométrie sous le logiciel Design Modeler.
- Création du maillage avec le logiciel ANSYS Meshing.
- Définition du problème sous le logiciel ANSYS FLUENT.
- Calcul avec ANSYS FLUENT pour les différents cas retenus.
- Analyse des résultats obtenus.

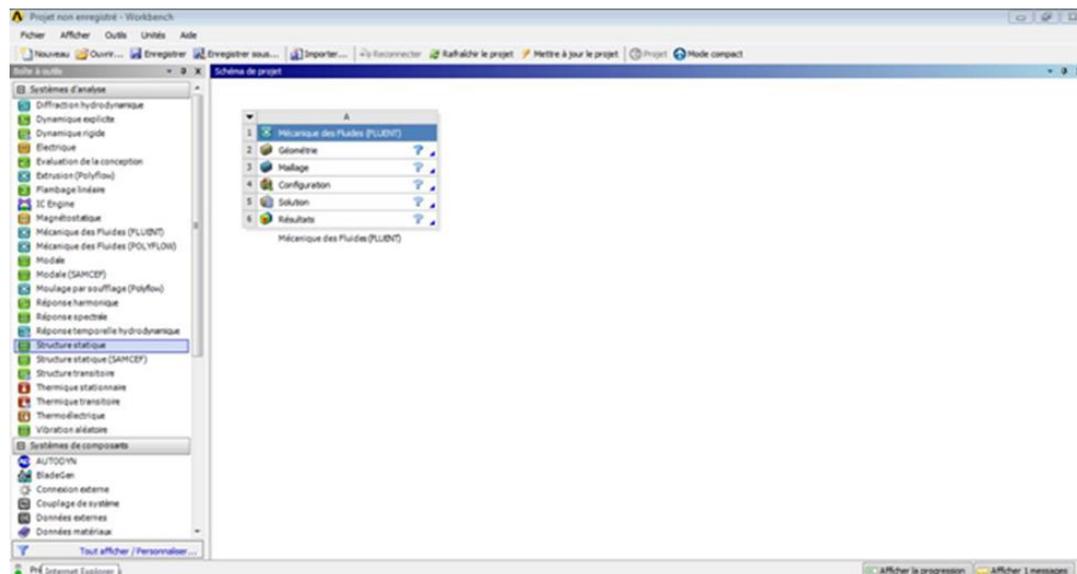


Figure III.2 l'interface de logiciel ANSYS Workbench.

III. 7 Principes des codes CFD

Les codes CFD (Computational Fluid Dynamics) permettent de résoudre de manière numérique les équations régissant les mouvements d'un fluide, telles que les équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement (équations de Navier-Stokes) et de l'enthalpie. Il existe de nombreux codes CFD disponibles, et pour notre étude, nous avons choisi d'utiliser le code CFD Fluent (Workbench version 19.R3) car il répond précisément à nos besoins de calcul.

Voici une approche générale sur les étapes pour construire un modèle CFD :

- **Acquisition ou création de la géométrie** : Il est nécessaire d'acquérir ou de créer la représentation géométrique du système étudié. Cela peut être réalisé à l'aide de logiciels de modélisation 3D.
- **Création d'un maillage approprié** : Une fois la géométrie définie, il faut la subdiviser en un maillage constitué de petits éléments (cellules ou éléments finis). Ce maillage doit être adapté à la géométrie et à la résolution souhaitée. Un maillage fin permet une meilleure résolution, mais requiert également plus de ressources de calcul.

Chapitre III : Résolution Numérique

- **Définition des conditions aux limites** : Les conditions aux limites décrivent le comportement du fluide à l'interface entre le domaine de calcul et son environnement. Elles peuvent comprendre des conditions de vitesse, de pression, de température, etc.
- **Choix du modèle de turbulence** : Selon la nature de l'écoulement, il est nécessaire de sélectionner un modèle de turbulence approprié pour représenter les effets turbulents. Parmi les modèles couramment utilisés, on retrouve le modèle k-epsilon, le modèle k-omega, le modèle RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes), etc.
- **Paramètres et exécution de la simulation** : Avant de lancer la simulation, il est nécessaire de définir les paramètres de simulation tels que la discrétisation temporelle, les critères d'arrêt, etc. Une fois les paramètres définis, la simulation peut être exécutée.
- **Analyse des résultats** : Une fois la simulation terminée, il convient d'analyser les résultats afin d'obtenir des informations sur le comportement du fluide. Cela peut inclure la visualisation des champs de vitesse, de pression, de température, etc., ainsi que le calcul de grandeurs physiques telles que les forces, les coefficients de traînée, etc.

Il est important de noter que cette approche générale peut varier en fonction du logiciel CFD utilisé et des spécificités de chaque étude. Dans notre cas, le code CFD Fluent (Workbench version 19.R3 et 21) a été choisi pour répondre spécifiquement à nos besoins de calcul.

III.7.1 Partie de géométrie

On a créé la géométrie avec le logiciel ANSYS Design Modeler, qui permet de réaliser des tracés 2D (Sketch), de créer à partir des sketches des objets 3D (par extrusion etc...) et de manipuler les objets 3D. Dans notre cas, on a travaillé en 3D dans le plan XYZ pour créer la géométrie du problème.

Tout d'abord, le logiciel demande de choisir l'unité caractéristique du système, dans ce cas il s'agit du centimètre.

Ensuite, les étapes suivantes ont été appliquées :

- Tracer l'esquisse 1 en 2D pour la création de premier Corp.
- Ajouter le deuxième Corp. (Corp. bloqué) par extrusion.
- Tracer l'esquisse 2 pour la création d'une ailette triangulaire

Chapitre III : Résolution Numérique

- Cliquez sur répétition pour 5 ailettes.
- Combiner les ailettes et le premier Corp. par [booléenne].
- Mettre les deux corps et les ailettes sous forme d'une seule pièce par [booléenne] pour aller à la partie maillage.

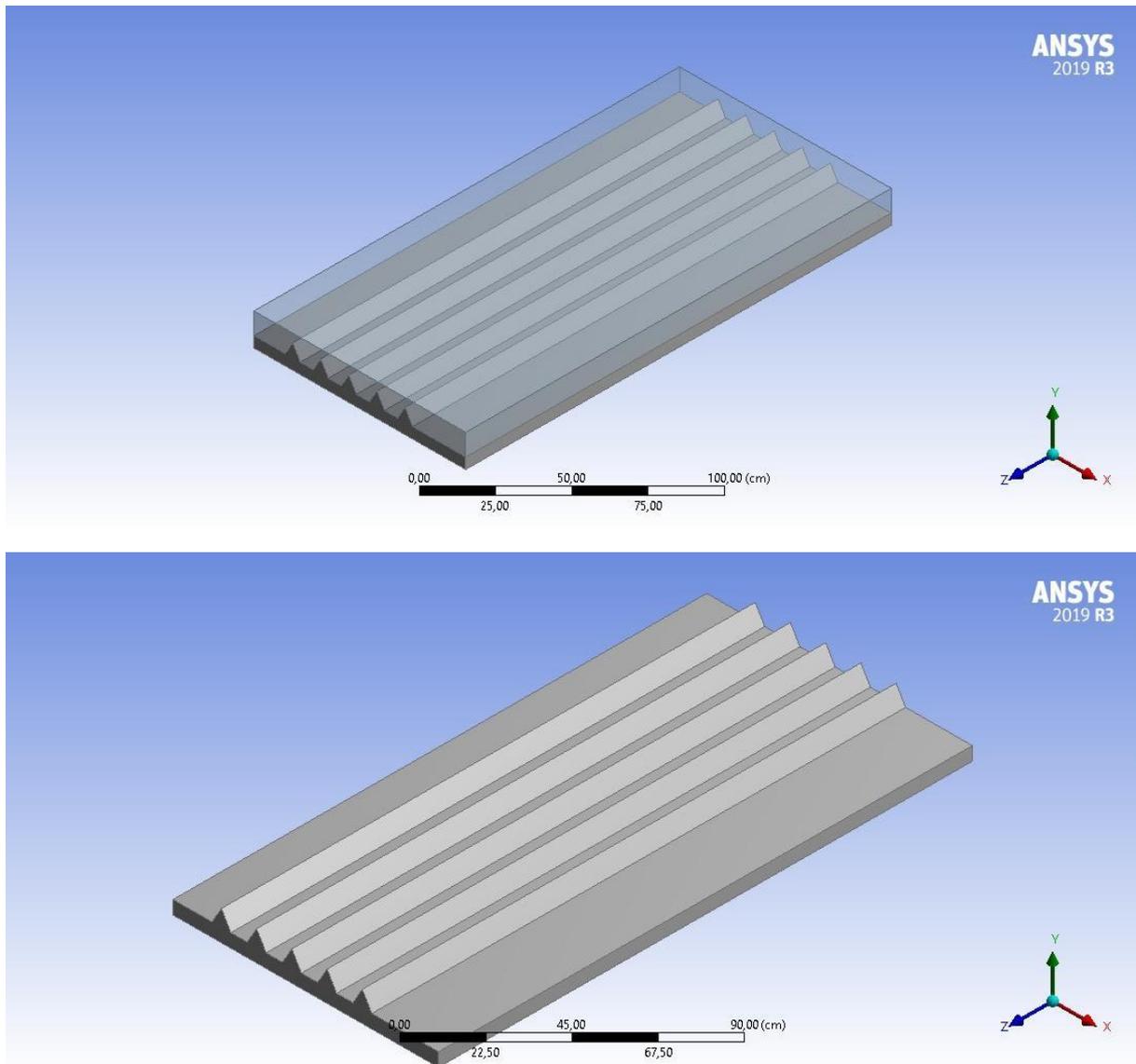


Figure III. 3: l'interface du logiciel ANSYS Design Modeler.

III.7.2 Partie maillage

Pour effectuer le maillage, nous avons lancé ANSYS Meshing en double-cliquant sur "Maillage" dans la boîte de travail Workbench. Le choix du maillage est une étape cruciale de la simulation numérique, car il est essentiel de sélectionner un maillage qui convient le mieux aux problèmes étudiés.

Chapitre III : Résolution Numérique

Dans notre étude, nous avons opté pour un maillage basé sur les dimensions de l'arête pour les deux partitions. Les résultats du maillage généré sont présentés dans le tableau III.5 :

Partitions	Nœuds	Éléments	Taux de croissance
2	738780	690248	1,2

Tableau III. 5: Les détails du maillage généré

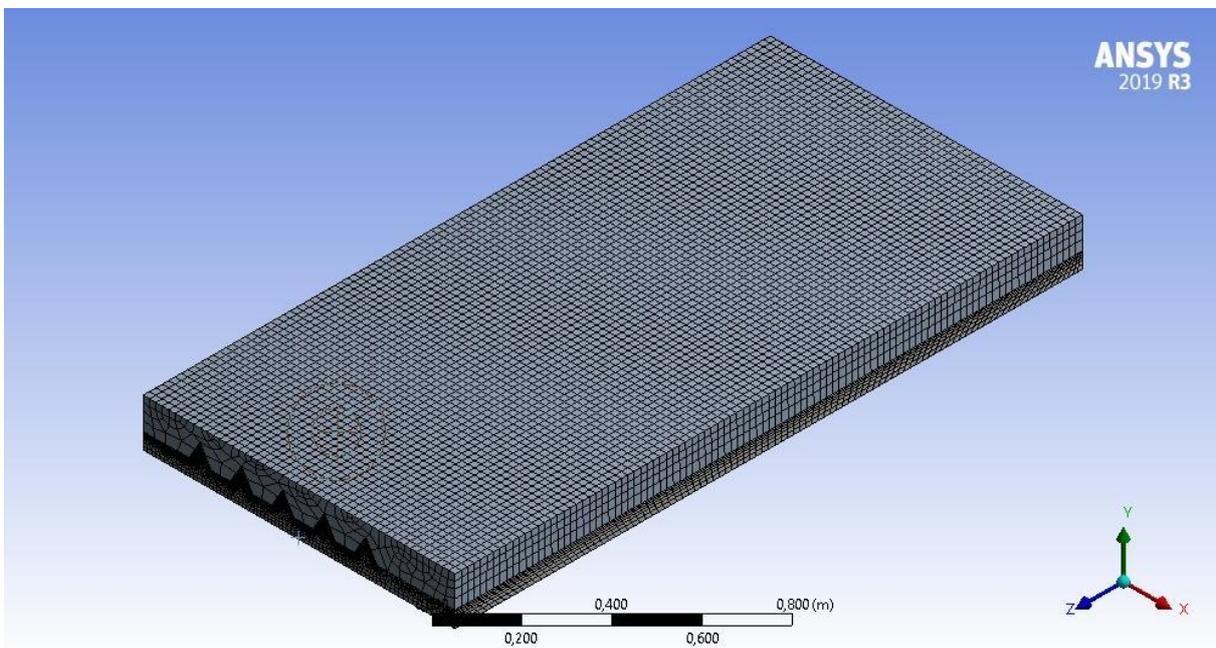


Figure III. 4: Le maillage généré final de domaine étudié

III.7.3 ANSYS FLUENT

FLUENT est un logiciel de calcul utilisé pour modéliser les écoulements de fluides et les transferts thermiques à l'intérieur ou autour de géométries complexes. Ce logiciel est largement utilisé dans divers secteurs industriels tels que l'aérospatiale, l'automobile, le nucléaire, la chimie, la biomédecine, l'environnement, la météorologie, etc. Il permet de résoudre des problèmes d'écoulement en utilisant des maillages non structurés, ce qui facilite la modélisation de géométries complexes.

Chapitre III : Résolution Numérique

FLUENT prend en charge différents types de maillages, notamment :

- Maillages en 2D, triangulaires ou quadrilatéraux.
- Maillages en 3D, tétraédriques, hexaédriques ou pyramidales.
- Maillages hybrides combinant différents types de maillages.

Ce logiciel repose sur **la méthode des volumes finis**, une méthode de modélisation numérique connue pour sa puissance de calcul et sa facilité de mise en œuvre. Cette méthode se base sur une technique de discrétisation qui convertit les équations aux dérivées partielles en équations algébriques, qui sont ensuite résolues numériquement. La technique des volumes de contrôle consiste à intégrer les équations aux dérivées partielles sur chaque volume de contrôle afin d'obtenir des équations discrétisées qui conservent toutes les grandeurs physiques sur un volume de contrôle donné.

III.7.3.1 Choix des deux modes de calcul

Fluent offre deux modes de calcul:

Le mode double précision : Dans le mode double précision, les nombres à virgule flottante sont représentés en utilisant 64 bits.

Le mode simple précision : le mode simple précision utilise une représentation à 32 bits.

Dans notre cas (32 bits), donc on va utiliser le mode simple précision.

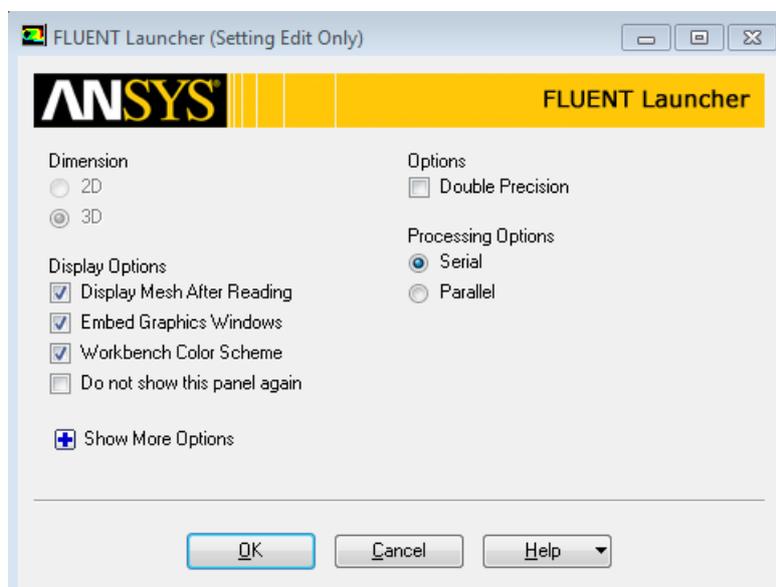


Figure III. 5: Fenêtre de démarrage de fluent.

III.7.3.2 Choix de régime

Le régime de l'écoulement a été déterminé en se basant sur la formule du nombre de Reynolds suivantes :

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_h}{\mu}$$

$$D_h = \frac{4 \times S}{P_{moullés}} = \frac{4(1.97 \times 0.98)}{(1.97 + 0.98) \times 2} = 0.03862 \text{ m}$$

$$Re = \frac{1.225 \times 0.059346 \times 0.03862}{1.7894 \times 10^{-5}} \Rightarrow Re = 528.775 < 2100$$

Donc le régime d'écoulement est **laminaire**.

III.7.3.3 Conditions aux limites

Les conditions aux limites jouent un rôle crucial dans la résolution des problèmes physiques et ont un impact direct sur la convergence et la fidélité des résultats des simulations numériques. Différents types de conditions aux limites sont disponibles en CFD (Computational Fluid Dynamics).

Dans notre cas, pour résoudre le système d'équations obtenu, nous devons spécifier les conditions aux limites suivantes :

- **Condition d'entrée** : Une vitesse et une température uniformes de l'air sont imposées à l'entrée du domaine de calcul.
- **Condition au niveau de l'absorbeur et du vitrage** : Un flux radiatif de différentes intensités solaires est appliqué, en tenant compte des propriétés optiques de ces éléments.
- **Condition de sortie** : À la sortie du domaine de calcul, une pression atmosphérique est appliquée en tant que condition aux limites pour représenter l'écoulement de l'air à l'extérieur du système.

Il est important de choisir les conditions aux limites appropriées en fonction du problème physique étudié afin d'obtenir des résultats réalistes et précis lors de la simulation numérique.

Zone	Type
Absorbeur	Wall
Isolant	Wall
Vitrage	Wall
Entrée	Velocity-inlet
Domaine fluide	Interior
Domaine solide	Interior
Sortie	Pressure-outlet
Murs	Wall
Ailettes	Wall

Tableau III. 6: Type des conditions aux limites programmés dans Fluent.

III.7.3.4 La convergence

Une solution numérique est pris convergée lorsque les résidus pour les grandeurs physiques de l'énergie et de la continuité deviennent inférieurs à 10^{-4} alors que pour les composantes de l'écoulement dépassent les 10^{-6} (Figure III.11).

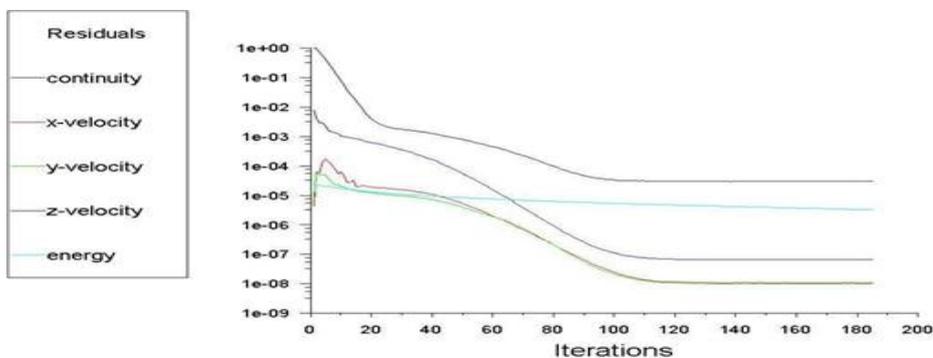


Figure III. 6: La convergence des résidus.

III.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les concepts nécessaires pour la modélisation thermique et hydrodynamique du capteur à travers une description des étapes essentielles de l'analyse énergétique de ses différentes parties. Le modèle mathématique développé pour la simulation des performances du capteur solaire plan, en régime permanent, a été résumé sous forme d'organigramme.

Ainsi Les différentes étapes effectuées pour mener la simulation numérique, tels que la création de la géométrie utilisant ANSYS Design Modeler, la génération de maillage utilisant ANSYS Meshing, ainsi que la mise en place de la physique et de la solution sur le code de calcul Fluent, ont été montrées et expliquées en détail .

Chapitre IV

Résultats et Discussions



Chapitre IV: Résultats et discussions

Introduction

Ce chapitre présente une étude numérique complète d'un écoulement laminaire incompressible à travers un capteur solaire sous la résolution d'un code de calcul Fluent.

Différentes configurations de capteurs solaires sont étudiées, en modifiant le nombre et la surface d'ailettes. Les résultats obtenus pour ces différentes configurations, montrant la variation de la vitesse moyenne et la température moyenne pour chaque cas et de différente intensité solaire et différents valeur de vitesse d'entrée.

IV.1. Etude d'un capteur avec cas simple (capteur sans ailette)

IV.1.1 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de la vitesse d'entrée

Vitesse (m/s)	0.1	0.2	0.3	0.4
Températures(k)	345	342	340	337

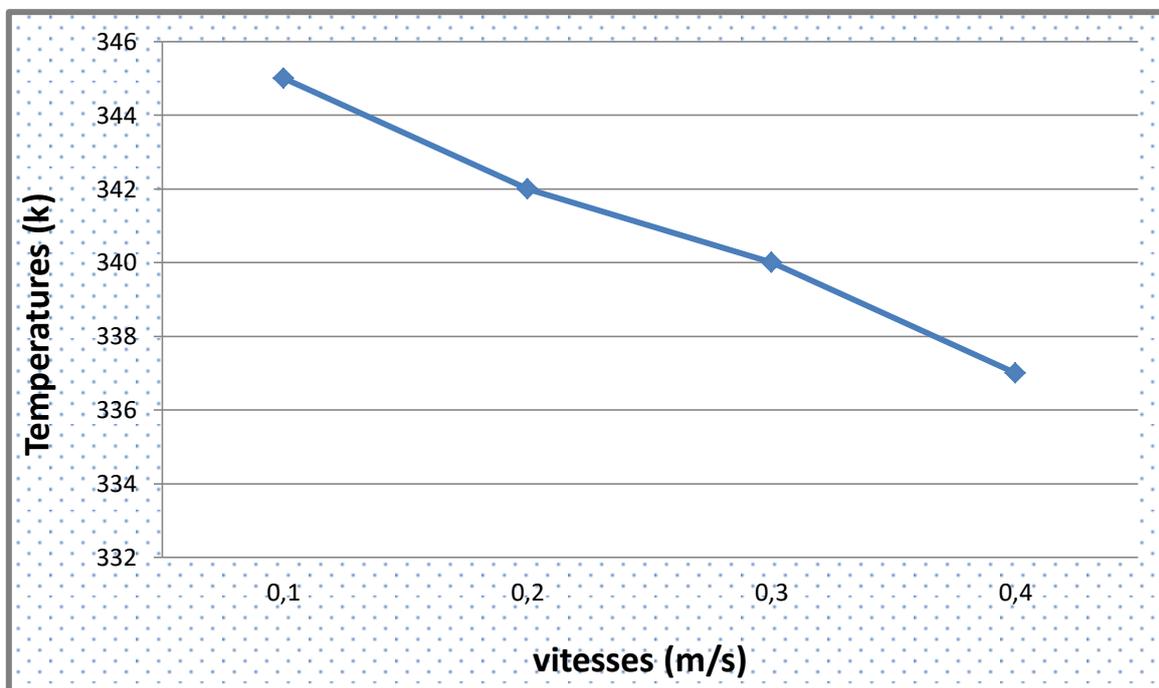


Figure IV. 1: Evolution de la température moyenne à la sortie du capteur en fonction de la vitesses d'entrée

La figure IV.1 montre la variation de la température moyenne à la sortie de capteur simple (sans ailettes) en fonction des vitesses d'entré d'air. On enregistre une diminution linéaire des températures.

Chapitre IV: Résultats et discussions

IV.1.2 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de l'intensité solaire :

Les résultats ont été pris pour les paramètres d'entrée suivants :

- Une vitesse d'entrée de 0,1 m/s.
- Une température ambiante de 300 K.

Flux (w/m^2)	100	300	600	900
Températures (k)	308	339	351	369.5

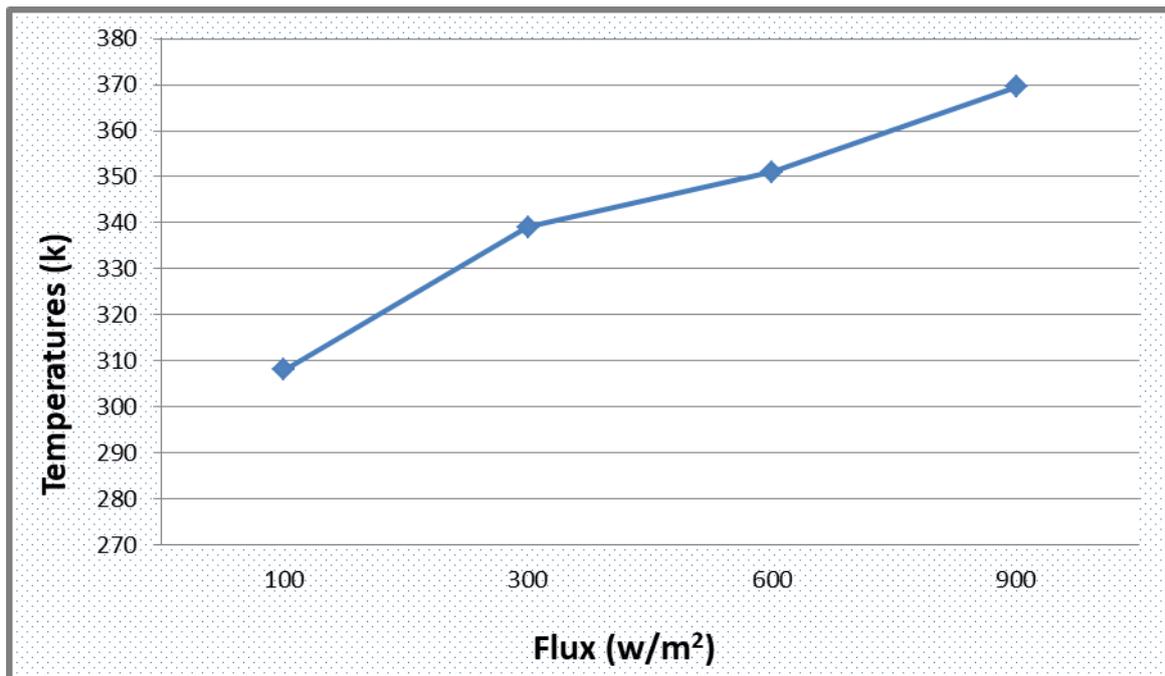


Figure IV. 2: Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction de l'intensité solaire

La figure IV.2 montre la variation de la température moyenne à la sortie de capteur simple (sans ailettes) en fonction de l'intensité du rayonnement solaire. On enregistre une augmentation linéaire des températures.

IV.2 Etude d'un capteur avec ailettes

IV.2.1 Contour de température

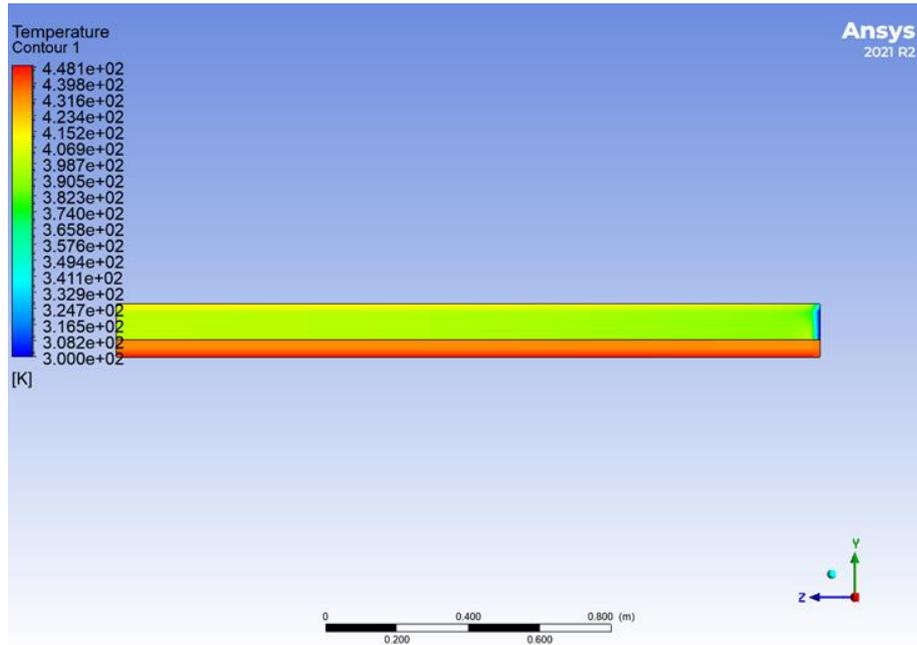


Figure IV. 3 :Contour de température pour un capteur solaire au niveau du murde capteur pour une intensité solaire de 600 w/m2.

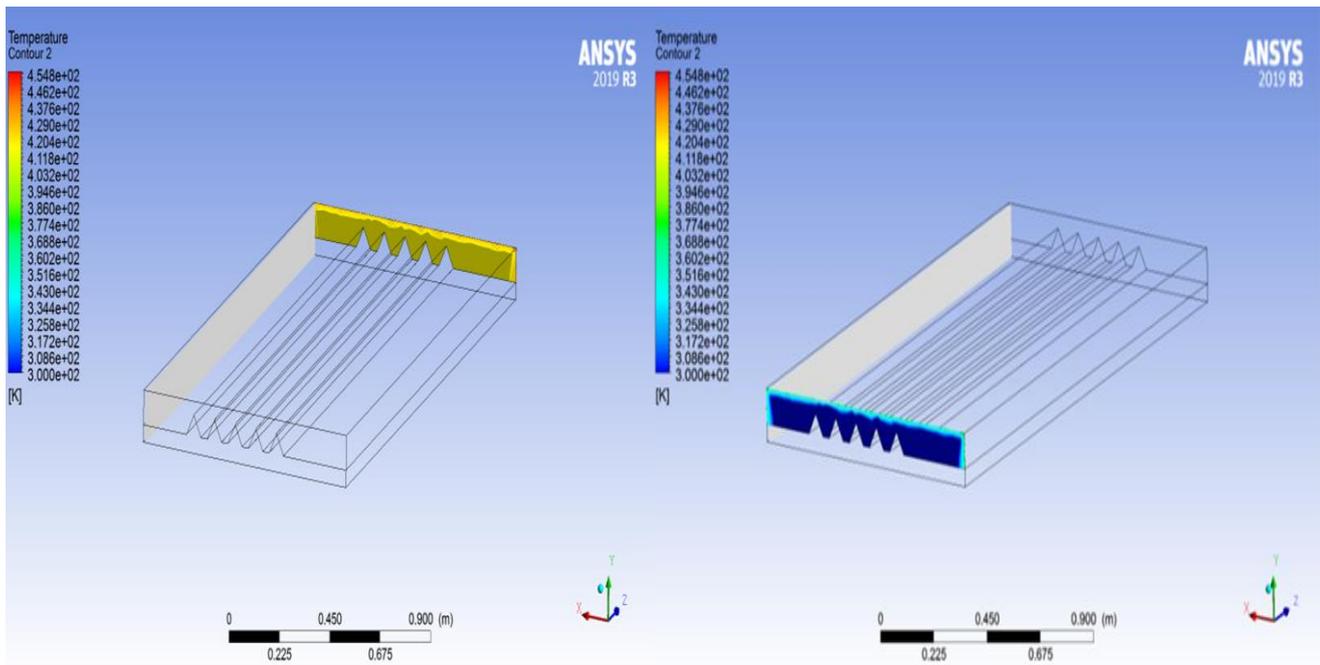


Figure IV. 4: Contour de la température pour un capteur solaire au niveau d'entrée et du sortie de capteur pour une intensité solaire de 600 w/m2.

Chapitre IV: Résultats et discussions

Les figures précédentes présentent les contours de températures pour un capteur solaire muni de cinq nombre d'ailettes.

L'analyse des résultats obtenus a permis d'associer élévations de température par l'effet des ailettes à la sortie du capteur. Le gradient de température diminue en raison de l'augmentation des flux d'air frais, ce qui entraîne une plus faible variation de la température entre le mur et le fluide la température augmente des que le fluide se trouve de nouveau en contact avec les ailettes et ceci se répète d'une manière analogue, donc l'air circule dans le capteur, il absorbe de chaleur de l'absorbeur, ce qui entraîne une augmentation de sa température.

IV.2.2. Contours des vitesses

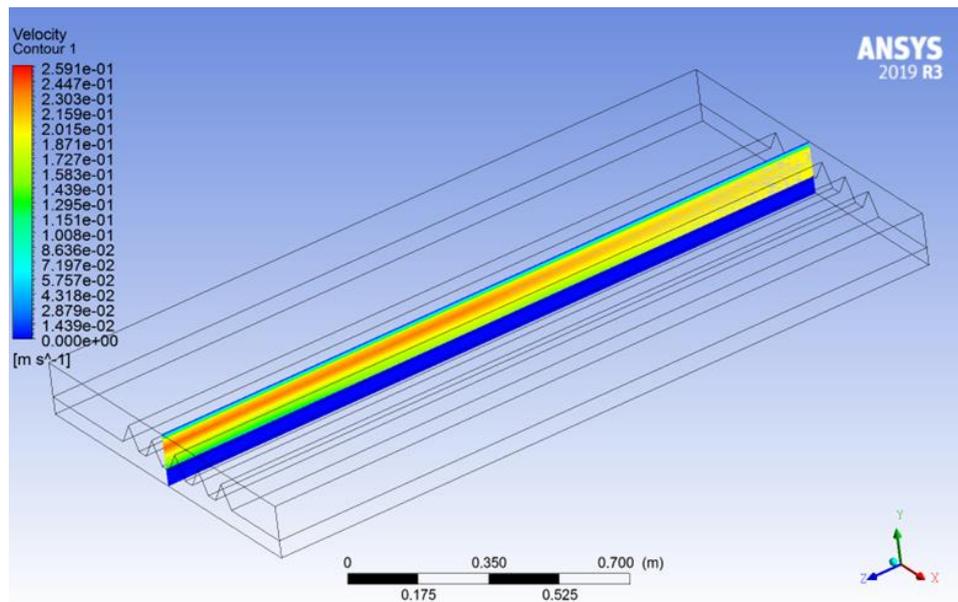


Figure IV. 5: Contour de vitesses pour une intensité solaire de $600\ w/m^2$: plan YZ

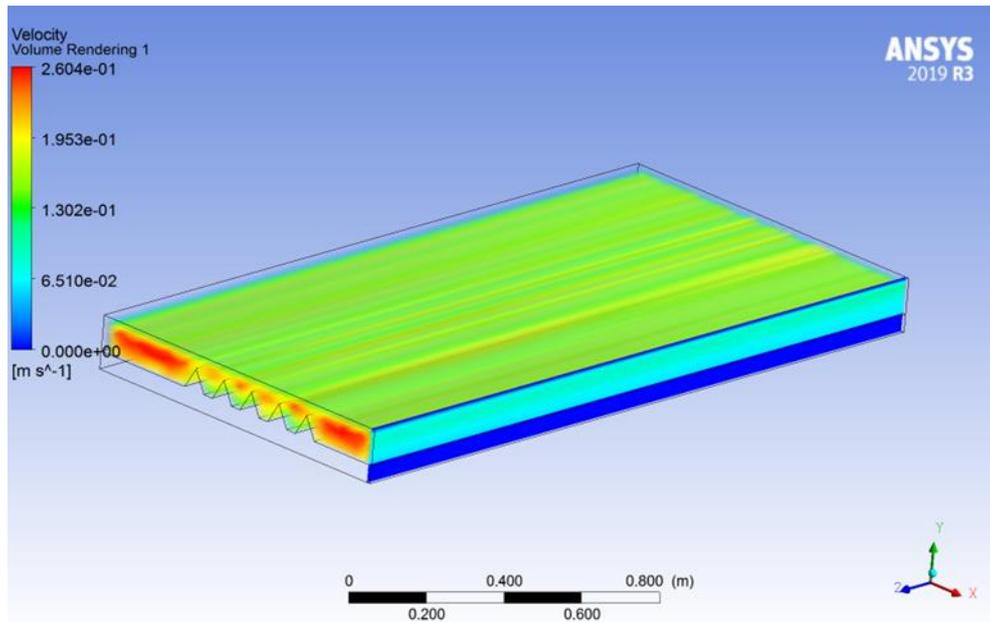


Figure IV. 6: Contour de vitesses pour un capteur solaire au niveau d'entré-vitre-mur de capteur pour une intensité solaire de 600 w/m²

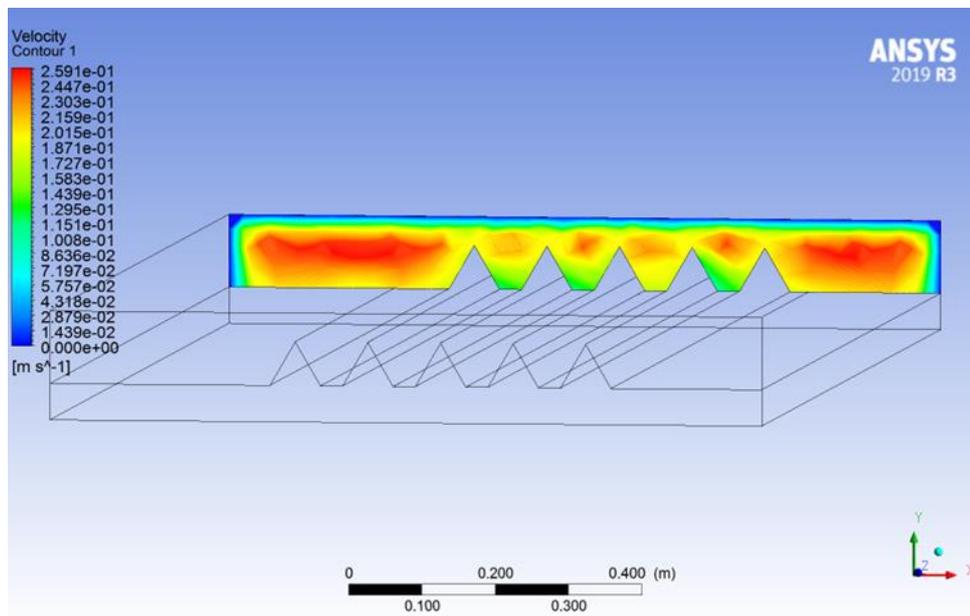


Figure IV. 7: Contour de vitesses pour un capteur solaire au niveau de sortie du capteur pour une intensité solaire de 600 w/m²

Les figures ci-dessus représentent les contours de vitesse pour un capteur solaire muni de cinq ailettes. D'après ces figures, on constate que les faibles vitesses au voisinage de l'angle de contact entre l'absorbeur et les ailettes est également cohérente avec le phénomène de frottement. Cet angle de contact peut créer des turbulences ou des zones de stagnation dans le flux du fluide, ce qui entraîne une diminution de la vitesse à cet endroit. Lorsque le fluide circule à travers le canal du capteur solaire, il

Chapitre IV: Résultats et discussions

entre en contact avec les parois du capteur et les ailettes. Ces surfaces créent une friction entre le fluide et les parois, ce qui génère une résistance au mouvement et entraîne un phénomène de freinage.

IV.2.3. Contour de pression

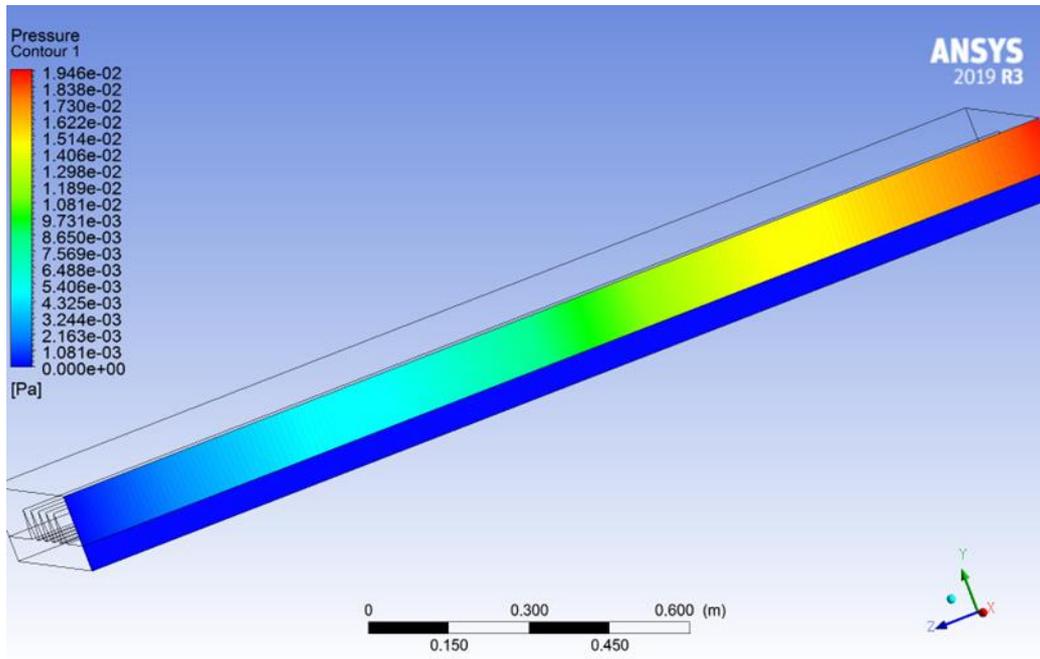


Figure IV. 8: contour de la pression le long de capteur solaire pour une intensité solaire de 600 w/m2.

À partir de contour de pression présenté dans la Figure (IV. 8) pour un capteur solaire de cinq ailettes on observe que la distribution de pression augmente progressivement de l'entrée jusqu'à la sortie lorsque l'intensité solaire est absorbée par le capteur, elle est convertie en chaleur. Cette chaleur est transférée au fluide caloporteur qui circule à l'intérieur du capteur,. À mesure que la température du fluide augmente, sa pression a tendance à augmenter, et cela est indiqué par cette figure.

IV.2.4 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de la vitesse d'entrée

Vitesse (m/s)	0.1	0.2	0.3	0.4
Températures (k)	353.5	349.8	347	342

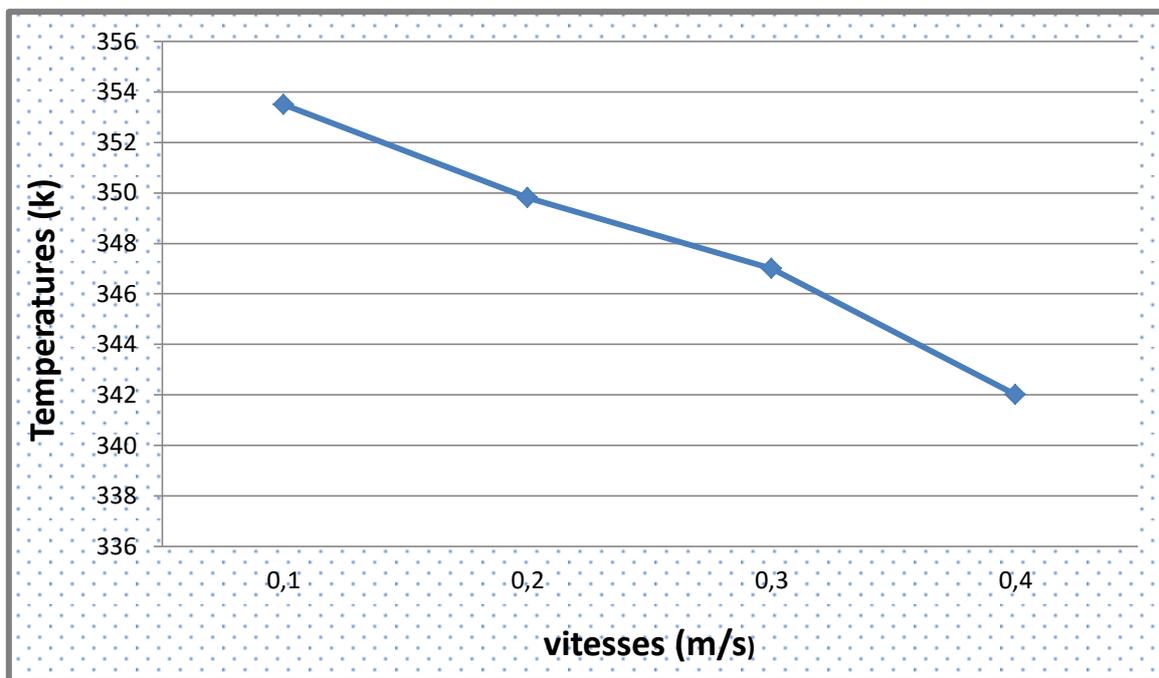


Figure IV. 9: Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction de la vitesse d'entrée

La figure IV.9 montre la variation de la température moyenne à la sortie d'un capteur avec ailettes en fonction des vitesses d'entrée d'air. On enregistre une diminution linéaire des températures

IV.2.5 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de l'intensité solaire

Les résultats ont été pris pour les paramètres d'entrée suivants :

- Une vitesse d'entrée de 0,1 m/s.
- Une température ambiante de 300 K.

Flux (w/m^2)	100	300	600	900
Températures (k)	307	323.5	355	377.5

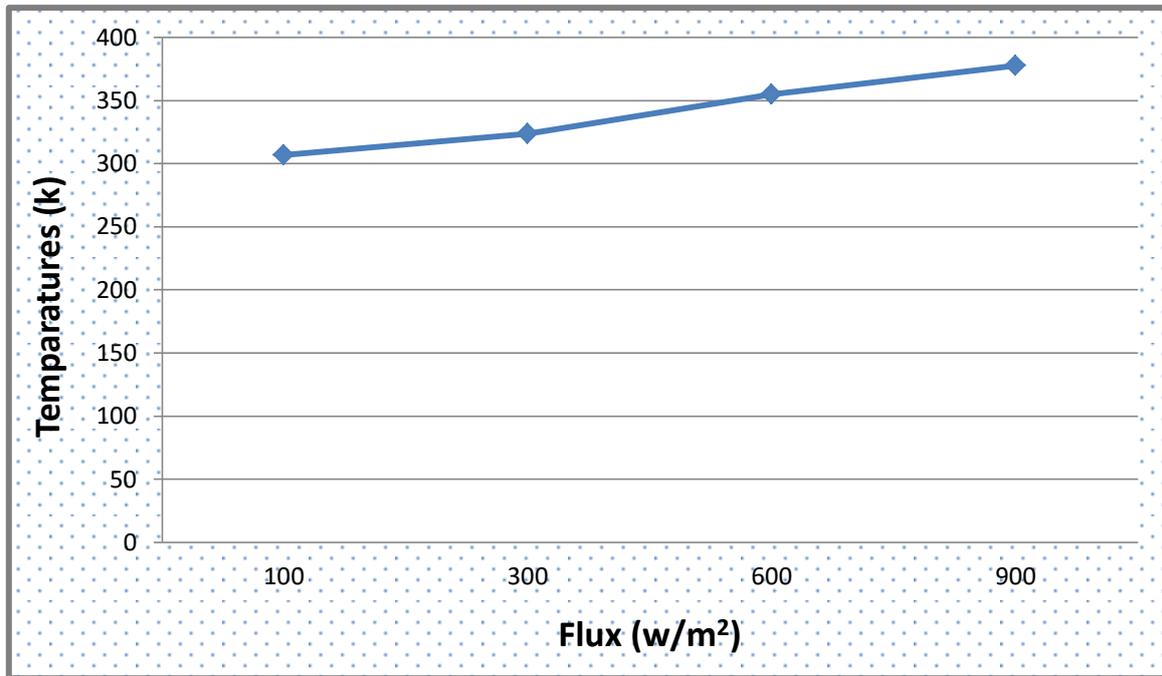


Figure IV. 10: Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction de l'intensité solaire

La figure IV.10 montre la variation de la température moyenne à la sortie d'un capteur avec ailettes en fonction de l'intensité du rayonnement solaire. On enregistre une augmentation linéaire des températures.

- D'après l'analyse des figures IV.1 et IV.9 on remarque que la température commence à diminuer jusqu'à 337 et 342 respectivement dans le cas simple et avec ailettes. L'air passe plus rapidement entre les ailettes. Cela peut entraîner une diminution de la température moyenne à la sortie du capteur. Le temps de contact entre l'air et la plaque absorbante diminue, réduisant ainsi l'efficacité du transfert de chaleur. Donc l'ajout d'ailettes dans le capteur solaire donne des résultats satisfaisants par rapport au cas simple (sans ailettes).
- Concernant la variation de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction de l'intensité du rayonnement solaire pour un cas simple (sans ailettes) et l'autre avec ailettes (les figures IV.2 et IV.10), les températures à la sortie de capteur avec ailettes sont élevées par rapport au cas de capteur sans ailettes. Cela s'explique par la proportionnalité entre la température à la sortie du capteur et sa surface d'échange.

Les valeurs de températures et le flux sont augmentés progressivement jusqu'à ce qu'ils arrivent à une valeur maximale à midi, puis ils diminuent plus tard à la fin de la journée. Il est à noter que les valeurs maximales de la température moyenne à la sortie de capteur simple et avec ailettes (cas de 5 ailettes) atteignent 369.5 et 377.5

Chapitre IV: Résultats et discussions

Ces résultats suggèrent que les capteurs solaires avec ailettes étudiés ont une efficacité élevée par rapport au cas simple pendant les heures d'ensoleillement maximal.

IV.3 Influence de nombre d'ailettes

IV.3.1 Evolution de température moyenne à la sortie en fonction de la vitesse d'entrée

Les résultats ont été pris pour les paramètres d'entrés suivants pour chaque modèle :

- Une intensité solaire de 600 W/m^2 .
- Une température ambiante de 300 K .

- Cas de 3 ailettes :

Vitesse (m/s)	0.1	0.2	0.3	0.4
Températures (k)	351	333.4	327.17	315

- Cas de 5 ailettes :

Vitesse (m/s)	0.1	0.2	0.3	0.4
Températures (k)	353.5	349.8	347	342

- Cas de 9 ailettes :

Vitesse (m/s)	0.1	0.2	0.3	0.4
Températures (k)	444	410	385	357

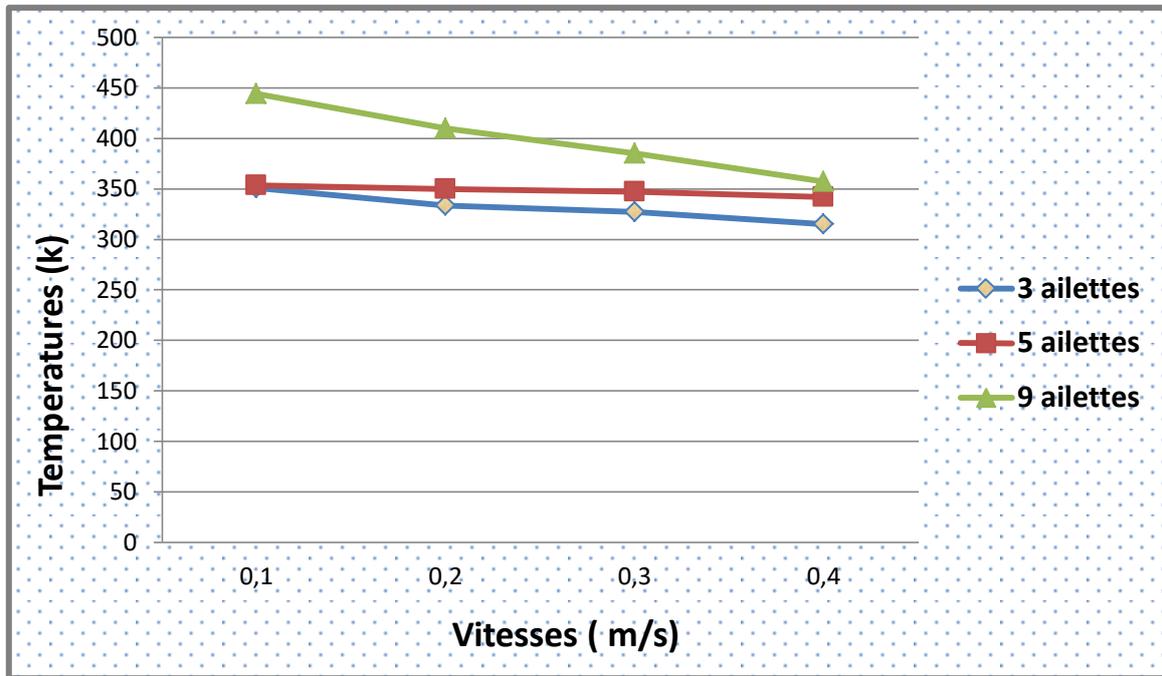


Figure IV. 11: Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction des vitesses d'entrée pour les différents cas étudiés

La Figure IV.11 illustre l'évolution de la température moyenne à la sortie pour différentes vitesses à l'entrée dans les trois modèles étudiés.

Comme la montre la figure ci-dessus, on observe une relation inverse entre la vitesse et la température. En d'autres termes, plus la vitesse de l'air entrant dans le capteur augmente, plus la température moyenne à la sortie du capteur diminue.

IV.3 .2 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de l'intensité solaire

Les résultats ont été pris pour les paramètres d'entrée suivants pour chaque modèle :

- Une vitesse d'entrée de 0.1m/s.
 - Une température ambiante de 300 K.
- Cas de 3 ailettes :

Flux (w/m ²)	100	300	600	900
Températures (k)	301	318	349	402

Chapitre IV: Résultats et discussions

- Cas de 5 ailettes :

Flux (w/m^2)	100	300	600	900
Températures (k)	304	332	356	411

- Cas de 9 ailettes :

Flux (w/m^2)	100	300	600	900
Températures (k)	303.5	342.5	364	415

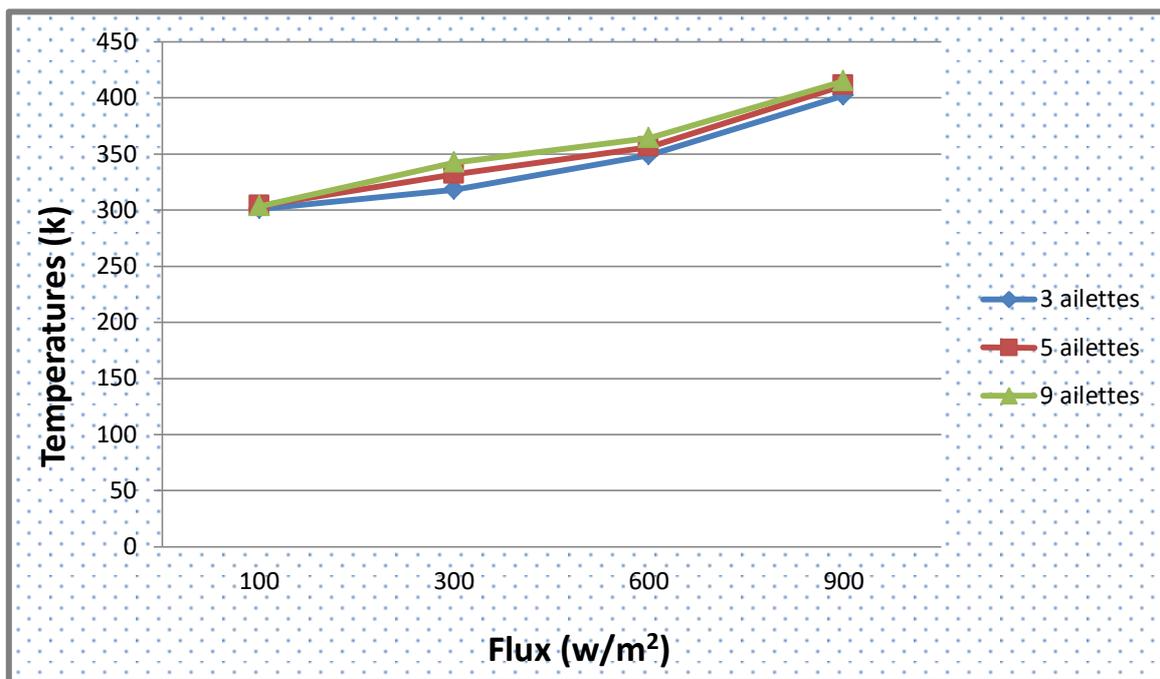


Figure IV. 12: Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction de l'intensité solaire pour les 3 cas

Le graphique IV.12 montre la variation de la température moyenne à la sortie du capteur en fonction de l'intensité du rayonnement solaire pour les trois modèles étudiés. On observe une augmentation linéaire de toutes les températures.

Selon le graphique IV.12, les températures à la sortie du capteur pour le modèle à 9 ailettes sont plus élevées par rapport aux autres modèles. Ainsi, le graphique confirme la proportionnalité entre la température à la sortie du capteur et sa surface d'échange.

Les valeurs de température et de flux augmentent progressivement jusqu'à atteindre une valeur maximale à midi, puis elles diminuent par la suite en fin de journée. Il est important de noter que la valeur

Chapitre IV: Résultats et discussions

maximale de la température moyenne à la sortie du capteur atteint 415 K pour le cas du modèle à 9 ailettes.

IV.4 Influence de la surface d'ailettes

IV.4.1 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de la vitesse d'entrée

Les résultats ont été pris pour les paramètres d'entrés suivants pour chaque modèle :

- Une intensité solaire de 600 W/m^2 .
- Une température ambiante de 300 K.
- Surface = 8 cm^2 :

Vitesse (m/s)	0.1	0.2	0.3	0.4
Températures (k)	350	340	336.2	331.4

- Surface = 24.5 cm^2 :

Vitesse (m/s)	0.1	0.2	0.3	0.4
Températures (k)	353.5	349.8	347	342

- Surface = 40.5 cm^2 :

Vitesse (m/s)	0.1	0.2	0.3	0.4
Températures (k)	368	352	349	344

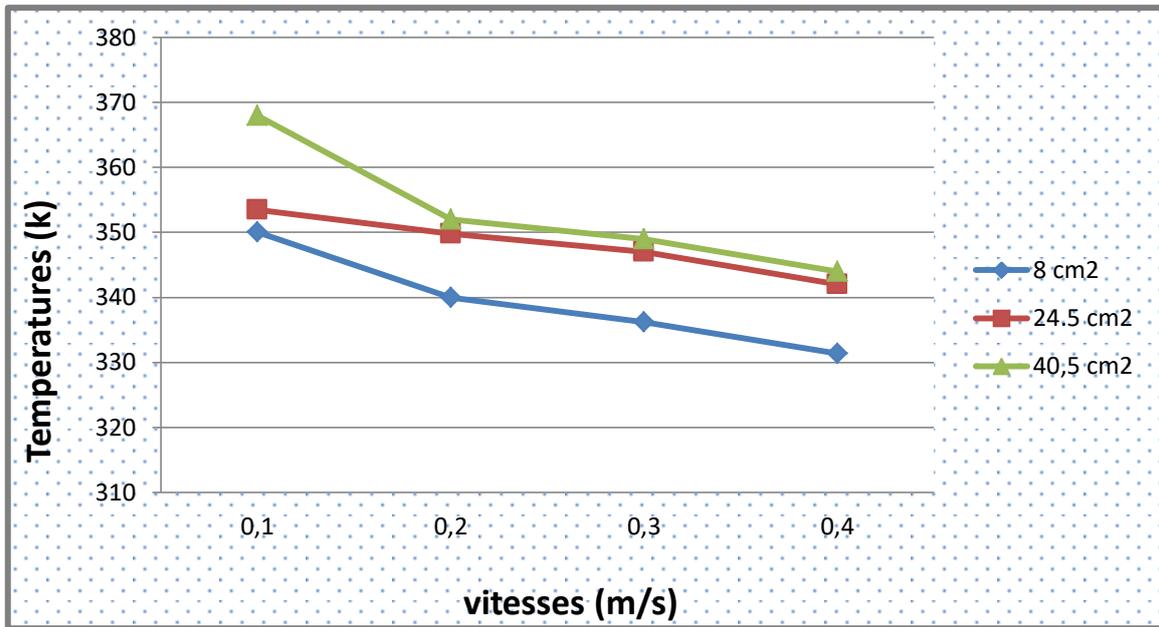


Figure IV. 13: Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction des vitesses d'entrée pour les 3 surfaces

La figure IV.13 montre l'évolution de la température moyenne à la sortie pour différentes vitesses à l'entrée pour les trois surfaces d'ailettes étudiées.

La figure ci-dessus montre qu'il existe un rapport inverse entre la vitesse et la température, où à chaque fois la vitesse d'air entrant au capteur augmente, plus la température moyenne à la sortie de capteur ce diminue.

IV.4.2 Evolution de la température moyenne à la sortie en fonction de l'intensité solaire

Les résultats ont été pris pour les paramètres d'entrée suivant chaque modèle :

- Une vitesse d'entrée de 0.1m/s.
- Une température ambiante de 300 K.
- Surface = 8cm² :

Flux (w/m²)	100	300	600	900
Températures (k)	302	320	345	372

- Surface = 24.5 cm² :

Flux (w/m²)	100	300	600	900
Températures (k)	305	325	350	377

- Surface = 40.5 cm² :

Flux (w/m²)	100	300	600	900
Températures (k)	307	336	359	384

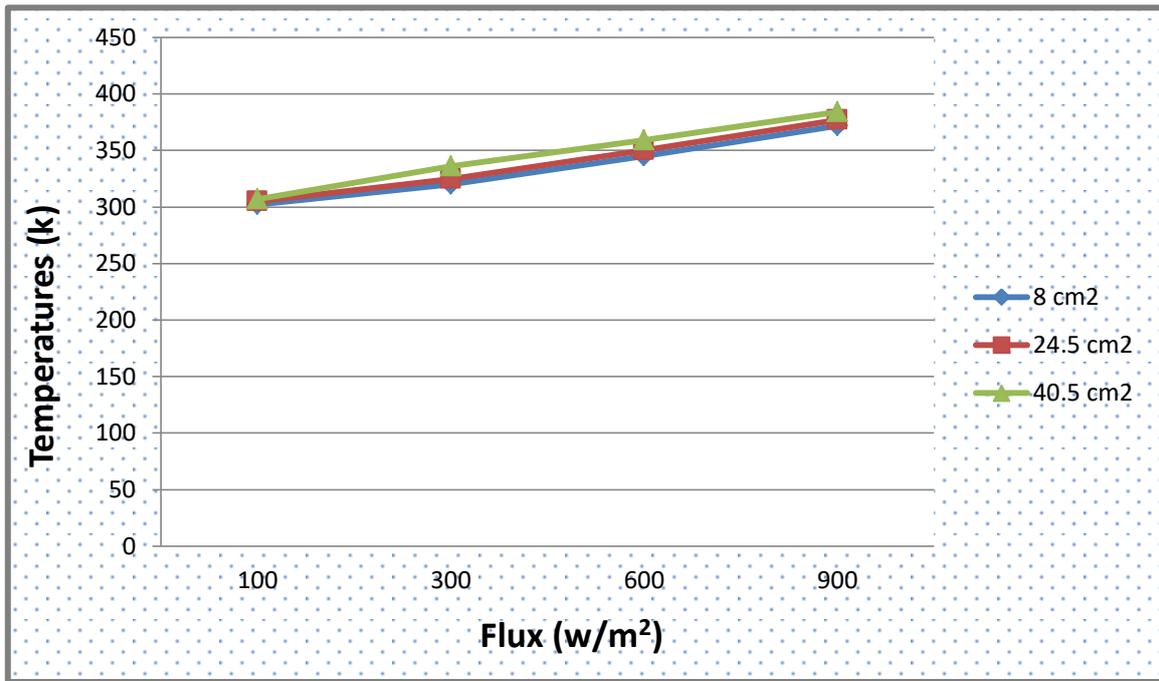


Figure IV. 14: Evolution de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction de l'intensité solaire pour les 3 surfaces

La figure IV.14 montre la variation de la température moyenne à la sortie de capteur en fonction de l'intensité du rayonnement solaire pour les trois surfaces d'aillettes étudiées. On enregistre une augmentation linéaire de l'ensemble des températures.

D'après la figure IV.14, les températures à la sortie de capteur de 40.5 cm² de surface d'aillettes sont élevées par rapport aux autres surfaces, donc, les figures ci-dessus confirment la proportionnalité entre la température à la sortie du capteur et sa surface d'échange.

Comme prévu, les valeurs de températures et le flux sont augmentés progressivement jusqu'à ce qu'ils arrivent à une valeur maximale à midi, puis ils diminuent plus tard à la fin de la journée. Il est à noter que la valeur maximale de la température moyenne à la sortie de capteur atteint 384k pour la plus grande surfaces 40.5 cm².

Conclusion

Le but de cette recherche est d'étudier et d'analyser l'influence de quelques paramètres géométriques sur les performances d'un capteur solaire à air muni des ailettes longitudinales. Pour ce faire, on a étudié le fonctionnement des capteurs solaires pour différents cas où nous avons fait un calcul numérique pour obtenir les variations de la température moyenne à la sortie du capteur en fonction de l'intensité solaire et en fonction de la vitesse d'entrée.

Les résultats obtenus nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

Chapitre IV:Résultats et discussions

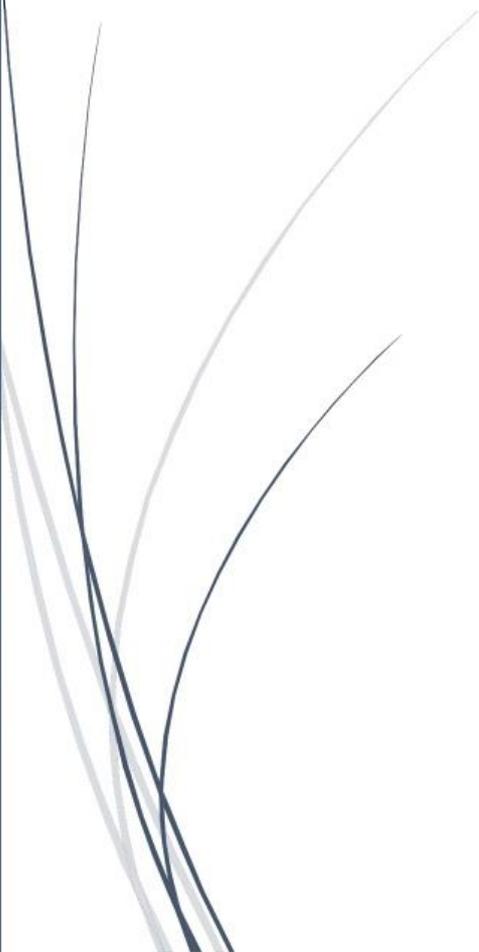
Pour avoir un bon rendement il faut :

➤ augmenter l'intensité solaire car cela favorise l'amélioration de la température moyenne à la sortie du capteur.

➤ Aussi L'augmentation de la vitesse d'entrée diminue la température moyenne.



Conclusion générale



Conclusion générale

Dans ce mémoire nous avons étudié l'effet des paramètres géométrique d'un capteur solaire muni des ailettes longitudinales, puis nous avons procédé à une analyse thermique et dynamique approfondie de l'air dans ce capteur.

Les divers phénomènes qui influencent cet écoulement ont été réalisés par le code Ansys Fluent, ainsi que l'interprétation et la visualisation de ces phénomènes.

Notre modèle numérique en le comparant avec des résultats expérimentaux, et un accord satisfaisant a été obtenu entre les deux, renforçant ainsi la crédibilité de nos résultats.

Pour notre étude nous avons examiné trois configurations différentes pour le nombre d'ailettes et trois différentes surfaces d'ailettes. Les flux de chaleur convectifs et les caractéristiques de l'écoulement dans les différents modèles de capteurs solaires, la vitesse d'air à l'entrée du capteur ainsi que la radiation solaire ont été examinés, analysés et interprétés pour affiner notre compréhension du fonctionnement des capteurs solaires.

Les résultats numériques obtenus dans cette étude ont révélé que la température de l'air à travers le capteur diminue à mesure que la vitesse de l'air à l'entrée de la cheminée augmente. Puis une corrélation positive entre l'intensité solaire et la température moyenne à la sortie du capteur. Plus précisément, lorsque l'intensité solaire augmente, la température moyenne à la sortie du capteur a tendance à augmenter également.

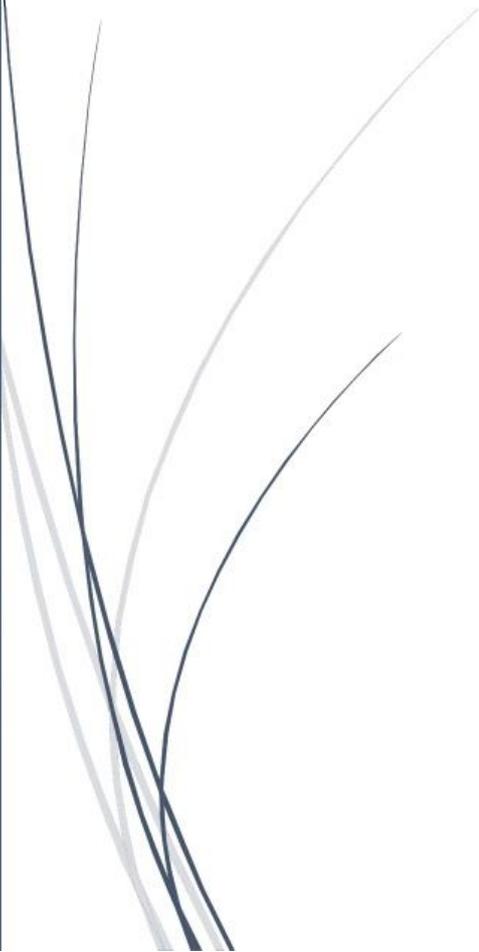
L'importance de prendre en compte le nombre d'ailettes dans la conception des capteurs solaires afin d'optimiser leur performance thermique et d'assurer une meilleure efficacité de conversion de l'énergie solaire en énergie thermique.

La surface d'ailette liée par l'augmentation de la température à la sortie d'un capteur solaire, En augmentant la surface d'ailette , on permet ainsi une plus grande absorption de l'énergie solaire, ce qui élève la température de l'air ou du fluide circulant à travers le capteur Afin d'optimiser son efficacité et d'atteindre des températures de sortie désirées.

Ces résultats fournissent des informations précieuses pour la conception et l'optimisation des capteurs solaires afin d'obtenir des performances optimales dans des applications solaires thermiques. Un grand nombre d'ailettes augmente la surface de transfert thermique et permet une meilleure convection de chaleur, tandis qu'une grande surface d'ailettes offre une plus grande zone d'exposition au rayonnement solaire.



Références Bibliographiques



Références bibliographiques

- [1] J. Bernard. Energie solaire calculs et optimisation, Ellipse Edition Marketing. (2004) www.google.com
- [2] C, Vauge. Introduction générale sur les différentes énergies renouvelables, Techniques de l'ingénieur, B263. (1982).
- [3] https://fr.wikipedia.org/wiki/Soleil#Voir_aussi
- [4] Saadi S., Effect des paramètres opérationnels sur les performances d'un capteur solaire plan, Mémoire de Magister en physique, UMC, 2010.
- [5] Ch. P. De Brichambaut, Ch. Vauge. Le gisement solaire évaluation de la ressource énergétique. Edit Technique et Documentation, Paris (1981).
- [6] Prasad, B.N., et Saini, J.S.(1988). Effect of artificial roughness on heat transfer and friction factor in a solar air heater. *Solar Energy*, 41(6), 555–560.
- [7] P. R. Jean Bonal, Écrin, Energies alternatives, Omniscience, 2007.
- [8] A. Mefti and H. Mimouni, Evaluation du potentiel énergétique solaire, *Bulletin des énergies renouvelables*, vol. 2, pp. 2002.
- [9] Bouzaffa M., Les capteurs solaires plans, mémoire de magister, option énergétique, université de Ouargla, 2012
- [10] https://fr.wikipedia.org/wiki/capteur_solaire_thermique
- [11] S, A, Hakem; N, Kasbadji-Merzouk; M, Merzouk. Performances journalières d'un chauffe- eau solaire, *Revue des Energies Renouvelables*, p 153-162. (2008).
- [12] BENBOUZA Chaouki. «Production et performance des capteurs hybrides (PV/T) à eau Intégrés dans le bâtiment -cas de l'Algérie- », Magistère En Génie Climatique, Option : thermique du bâtiment et réfrigération, l'Université de Constantine, (2014).
- [13] <https://www.google.com/search>
- [14] C. A. Roulet. Energétique du bâtiment I, Interactions entre le climat et le bâtiment. Edité par Presses Polytechniques Romandes (1987).
- [15] A .Moumi (2007-2008) Elément de cours de 1ère année Magister de Mécanique Energétique, Université de Biskra, Algérie
- [16] BELOUI Sarah , Etude des performances d'un capteur solaire thermique plan, mémoire de magister, option énergétique, Université Abderrahmane Mira , Bejaia ,2020.
- [17] Aghilas BRAHIML« Etude de performances d'un capteur solaire plan a eau», mémoire fin d'étude dirigé par l'Université de Lorraine (France), page 206, (2016).
- [18] J, A, Duffie;W, A, Beckman.Solarengine of thermal processus, John Wiley and Sons. (1980).

Références bibliographiques

- [19] F.A. Peuser, K.H. Remmers, M.schanauss, installations solaires thermiques conception et mise en oeuvre, 2005.
- [20] IDIR Abdallah et KERKOUR Ismail , Etude des performances d'un capteur solaire thermique plan, mémoire de magister, option énergétique, Université Abderrahmane Mira , Bejaia ,2020.
- [21] Degionanni, A., Techniques de l'ingénieur, conduction, BE8200. (1981).
- [22] Ahmed M. Ajeena, Piroska Víg, Istvan Farkas, « Une analyse complète des nanofluides et de leur application pratique applications des capteurs solaires plans : Fondamentaux, propriétés thermophysiques, stabilité et difficultés », Energy Reports 8- 4461–4490, (2022)
- [23] Wisam Mohammed Mutar, Yaser Alaiwi, « Étude expérimentale des performances thermiques d'un capteur solaire à passage unique à l'aide de mousses métalliques à haute porosité », (5 March 2023)
- [24] Kalkidan Nigussie Yehualashet, O. Fatoba , Salamlak Mulu Asfaw, « Etude expérimentale et analyse numérique des performances thermiques de capteur solaire à plaque ondulée », Materials Today: Proceedings 62 2849–2856, (2022)
- [25] Ben Slama Romdhane, « Les capteurs solaires à air : Etude comparative, introduction des baffles favoriser le transfert de chaleur », , Solar Energy 81 -139–149, Tunisia 2007.
- [26] S. Youcef-Ali, « Etude et optimisation de la thermique performance de l'ailette à plaque rectangulaire déportée plaques absorbantes, avec plusieurs vitrages », Laboratoire de Mécanique et d'Energétique, Renewable Energy 30 271–280, (2005)
- [27] Hao Peng , Meilin Li , Fenfen Hu , Shiyu Feng, « Analyse des performances du tube absorbeur dans un bac parabolique solaire collecteur inséré avec une mousse métallique semi-annulaire et en forme d'ailette structure hybride », , Case Studies in Thermal Engineering 26 101112, (2022)
- [28] Ekram Hadi Al-Askaree , Nizar F.O. Al-Muhsen, « Enquête expérimentale sur les performances thermiques d'un chauffe-eau solaire équipé d'un échangeur de chaleur à noyau à ailettes serpentines », Cleaner Engineering and Technology 12 100593, (2023)
- [29] A.C. Mintsa Do Ango, M. Medale, C. Abid, « Optimisation de la conception d'un capteur solaire plan en polymère », Solar Energy 87 64–75, (2013)
- [30] A.S. Abdullah,, Z.M. Omara, Fadl A. Essa , Umar F. Alqsair a Mutabe Aljaghtham , Ibrahim B. Mansir , S. Shanmugan d , Wissam H. Alawee, « Améliorer les performances des alambics solaires des plateaux à l'aide de mèches absorbeur à ailettes, PCM nano-amélioré », Alexandria Engineering Journal 61, 12417–12430, (2022)
- [31] Meriem Chaanaoui , Khadija Ettahi , Souad Abderafi , Sébastien Vaudreuil b ,Tijani Bounahmidi , « Analyse comparative entre les configurations optimales des ailettes échangeur de chaleur à tubes : Application pour le séchage solaire », Case Studies in Thermal Engineering 22 100750, (2022)

Références bibliographiques

- [32] Wei Chang, Yunfeng Wang , Ming Li, Xi Luo , Yongbao Ruan , Yongrui Hong Shaobo Zhanga, « Les recherches théoriques et expérimentales sur les performances thermiques de capteur solaire à air avec absorbeur à ailettes », Energy Procedia 70 13 – 22 (2005)
- [33] Zepeng Wang , Zhongxian Yuan, Chunxu Du , Yimo Liu , Jie Wang, « Performance du système de refroidissement par adsorption solaire avec lit de tube à vide à ailettes », Case Studies in Thermal Engineering 34 -102063 , (2022)
- [34] Hassanain Ghani Hameed, « Évaluation expérimentalement les performances du solaire à pente unique toujours avec couvercle en verre refroidissement et ailettes creuses à section carrée », Case Studies in Thermal Engineering 40 – 102547 (2022)
- [35] T Bhattacharyyaa , R Anandalakshmb , K. Srinivasanc, « Analyse du transfert de chaleur sur le chauffage solaire à air à plaques à ailettes Collecteur pour son application dans le séchage du paddy », Energy Procedia 109 -353 – 360 (2017)
- [36] Cristiana Croitoru , Amina Meslem , Ramy Atta, « Etude thermique d'un capteur solaire innovant à circulation d'air », Revista Romana de Inginerie Civila, Volumul Numarul (2010)