



Université Mohamed Khider de Biskra Faculté
Sciences et de la Technologie
Département de Génie Mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Réf. :

Présenté et soutenu par :

HANI Sif El-islam

Le : Juin 2021

Simulation numérique de l'écoulement à travers une cascade des chicane rectangulaires avec une partie supérieur inclinée

Jury :

Mr. LABED Adnane	Professeur	Université de Biskra	Président
Mr. CHOUCANE Nacer	M.C.A	Université de Biskra	Rapporteur
Mr. ZELOUF Miloud	M.A.A	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2020 - 2021

Dédicace

*Je tiens c'est avec grand plaisir que je dédie ce
modeste travail*

*A l'être le plus cher de ma vie ma mère qui
m'a soutenue par ses prières, son amour, sa tendresse
et qui est toujours présente, et continue de l'être pour
faire mon bonheur. Maman que j'adore*

*A celui qui m'a fait de moi un homme mon père, pour
ses sacrifices, ses conseils, qui m'a Encouragé à aller
de l'avant tout au long de mes études*

Ames chers frères et ma chère sœur

*Ames chers amis Mahmoud et Haythem grâce à
leurs aides j'ai terminé ce travail*

*A mes cher amis Haïdar.K, Amin et Ali pour leurs
soutenue pendant ses années d'études*

Sif El-islam

Remerciement

Tout d'abord je tiens à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour mener à terme ma et pourvoir réaliser ce travail de recherche.

*Mes remerciements s'adressent particulièrement au Docteur **Nacer Chouchane**, pour son encadrement, ses conseils et critiques constructives, ses corrections, sa gentillesse et ainsi pour le temps qu'il a consacré à la réalisation de ce travail.*

Je tiens à remercier les membres du jury pour leur présence, pour leur lecture attentive de ce mémoire, ainsi que pour les remarques qu'ils m'adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer mon travail.

J'adresse également des remerciements à tous les enseignants de la faculté du génie mécanique – université Mohamed Khaidar Biskra- en général.

De peur d'en avoir oublié, je souhaite remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de ce parcours universitaire.

Résumé :

Le but de notre travail est de réaliser une simulation entre une étude numérique et une étude empirique sur les propriétés thermiques et dynamiques de l'air circulant à travers un capteur solaire menu des chicanes de forme carrée avec une partie supérieur inclinée.

Où nous avons utilisé le programme numérique CFD Fluent avec la résolution numérique des équations de transport par la méthode des volumes finis et le modèle de turbulence d'écoulement k-Epsilon dans l'étude des écoulements d'air selon deux dimensions (2D), considérant que cet écoulement est permanent, sachant que dans l'étude expérimentale l'écoulement n'était pas permanent, ce qui est le but recherché A partir de l'étude, toute simulation entre deux systèmes d'écoulements différents et deux études numériques et expérimentales différentes.

Mots clés : capteur solaire, simulation, chicanes, écoulement, étude numérique, étude expérimentale, volume limité

ملخص:

إن الهدف من العمل الذي أنجزناه هو إجراء محاكاة بين الدراسة العددية والدراسة التجريبية على الخواص الحرارية والديناميكية للهواء المتدفق من خلال لاقط شمسي هوائي مجهز بحواجز على شكل مربع وذات جزء علوي مائل. حيث استعملنا البرنامج العددي CFD Fluent مع إجراء الإستبانة العددية لمعادلات النقل باستخدام طريقة الحجم المحدود ونموذج اضطراب التدفق k-Epsilon في دراسة تدفق الهواء وفق بعدين (2 D) مع إعتبار هذا التدفق دائم مع العلم أن في الدراسة التجريبية كان التدفق غير دائم وهو الهدف المنشود من الدراسة أي إجراء محاكاة بين نظامين مختلفين من التدفقات ودراستين مختلفتين عددية وتجريبية. **الكلمات المفتاحية:** لاقط، محاكاة، حواجز، تدفق، الدراسة العددية، الدراسة التجريبية، الحجم المحدود.

Abstract :

The aim of our work is to carry out a simulation between a numerical study and an empirical study on the thermal and dynamic properties of the air flowing through a solar collector menu of square baffles with an inclined upper part.

Where we have used the digital CFD Fluent program with the digital resolution of transport equations by the finite volume method and the k-Epsilon flow turbulence model in the study of air flows in two dimensions (2D), considering that this flow is permanent, knowing that in the experimental study the flow was not permanent, which is the desired goal From the study, any simulation between two different flow systems and two numerical studies and different experiments.

Keywords: solar collector, simulation, baffles, flow, numerical study, experimental study, limited volume

Sommaire

Dédicace..... I
Remerciement.....II
RésuméIII
Sommaire IV
Liste des figures.....VI
Liste des tableaux.....IX
Nomenclature.....XI
Introduction générale.....01

Chapitre I : l'état de l'Art

I.1Introduction03
I.2Travaux effectués pour l'amélioration des performances d'un capteur
solaire plan à air muni des chicane04
I.3Conclusion.....18

Chapitre II : Etude expérimentale

II.1Introduction19
II.2-Description du dispositif expérimental19
II.3 Représentations graphiques.....25
II.3.1Représentation graphique de l'évolution de la température de sortie
en fonction du temps.....25
II.4 Equations de base.....28
II.4.1Equation de continuité28
II.4.2Equation de quantité de mouvement28
II.4.3Equation de conservation d'énergie28
II.5. Conclusion29

Chapitre III: discussion et interprétation des résultats

III.1. Introduction	30
III.2. Définition du CFD.....	30
III.3. Présentation du logiciel de simulation « ANSYS Fluent».....	30
III.4. Menu principal du logiciel	31
III.5. Les différentes étapes	31
III.6. Cas bidimensionnel (2D).....	32
III.7. Hypothèses Simplificatrices Proposées	33
III.8. Les processus de la simulation	35
III.8.1. Création de la géométrie.....	35
III.8.2. Maillage.....	35
III.8.3 Qualité du maillage.....	35
III.8.4. Nomination des arêtes.....	37
III.8.5 Configuration.....	38
III.8.6. Condition aux limites.....	38
III.8.7 Initialisation et itérations.....	39
III.8.8 La Convergence.....	40
III.9. Champ de température	40
III.10. Les profils de température	45
III.11. Conclusion	52

LISTE DES FIGURES

Figurepage

CHAPITRE.I:

Figure(I.1): Différentes configurations des chicanes étudiées 6

Figure(I.2): Disposition en rangée et en quinconce des chicanes 6

Figure(I.3) : Schéma du dispositif expérimental 7

Figure(I.4): Schéma descriptif des chicanes 8

Figure(I.5) :(A) Obstacles alvéolés multiples en forme de V 10

(B) vue photographique de plusieurs obstacles alvéolés en forme de V [08] 10

Figure(I.6): Rugosité avec des nervures en forme de V à cavités multiples combinées à des nervures en quinconce 12

Figure(I.7): rugosité avec fils métalliques continus transversaux 13

Figure(I.8): Rugosité par combinaison entre fils métalliques transversaux et inclinés 14

Figure(I.9): Rugosité avec nervures en forme de L inversé 15

Figure(I.10): Rugosité avec fils métalliques en forme d'arc 16

Figure (I.11). Capteur plan à air muni de rugosités cylindriques 16

Figure (I.12). Les différents arrangements des chicanes cylindriques 17

Figure (I.13) : Schéma d'un capteur solaire avec chicane 17

Figure (I.14) Schéma du modèle expérimental 18

CHAPITRE.II:

Figure(II.1): capteur solaire plan à air exposé au soleil 19

Figure(II.2): Evolution de la température de sortie en fonction du temps
(Variable= $Pe-r$)..... 25

Figure(II.3): Evolution de la température de sortie en fonction du temps
(Variable =disposition des chicanes)..... 26

Figure(II.4): Evolution de la température de sortie en fonction du temps 27
(Variables= $Pe - ch$)

CHAPITRE.III:

Figure(III.1):La fenêtre principale du logiciel ANSYS Workbench.....	32
Figure(III.2). Schéma de la veine d'air dynamique en configuration 2D	31
Figure(III.3) : L'interface d'ANSYS Design Modeler et la géométrie	34
Figure(III.4): Spécification de la méthode de Maillage	36
Figure(III.5): Nomination des différentes parties.....	36
Figure (III.6): Activer l'équation énergétique	37
Figure (III.7) : Choix les Condition aux limites.....	37
Figure(III.8). Initialisation de calcul.....	38
Figure (III.9) : Présentation de l'évolution des résidus calcul (Convergence de la solution)..	39
Figure(III.10): La variation de température dans le capteur solaire à air. $\varepsilon = 17,5\text{mm}$; $Pe - r = 70\text{ mm}$; $\theta = 60^\circ$	40
Figure(III.11):La variation de température dans le capteur solaire à air. $\varepsilon = 17,5\text{mm}$; $Pe - r = 70\text{ mm}$; $\theta = 30^\circ$	41
Figure (III.12) : la variation de température dans le capteur solaire à air. $\varepsilon = 17,5\text{mm}$; $Pe - r = 50\text{ mm}$; $\theta = 30^\circ$	42
Figure III.13 : la variation de température dans le capteur solaire à air. $\varepsilon = 17,5\text{mm}$; $Pe - r = 100\text{ mm}$; $\theta = 30^\circ$	43
FigureIII.14 -profile de température $\varepsilon = 17,5\text{ mm}$; $Pe - r = (100\text{ mm} ; 70\text{mm} (\theta = 30^\circ ;$ $\theta = 60^\circ) ; 50\text{mm}; \theta = 30^\circ) V = 0.1\text{m/s}$	44
Figure(III.15)-profile de température $\varepsilon = 17,5\text{ mm}$; $Pe - r = 100\text{ mm} ; 70\text{mm} (\theta = 30^\circ ;$ $\theta = 60^\circ) 50 ; \theta = 30^\circ V = 0.5\text{m/s}$	45
Figure(III.16) -Profile de température $\varepsilon = 17,5\text{ mm}$; $Pe - r = 100\text{ mm} ; 70\text{mm} (\theta = 30^\circ ;$ $\theta = 60^\circ) ; 50); \theta = 30^\circ ; V = 1\text{m/s}$	46
Figure(III.17) -Profile de température $\varepsilon = 17,5\text{ mm} ; Pe - r = 50\text{ mm} ; \theta = 30^\circ$ $V = (0.1 ; 0.5 ; 01)\text{ m/s}$	47

Liste des figures

Figure(III.18) -Profile de température $\varepsilon = 17,5$ mm; $Pe - r = 100$ mm ; $\theta = 30^\circ$ V= (0.1 ; 0.5 ; 01) m/s	48
Figure(III.19) -Profile de température $\varepsilon = 17,5$ mm; $Pe - r = 70$ mm ; $\theta = 30^\circ$ V= (0.1 ; 0.5 ; 01) m/s	49
Figure(III.20) Profile de température $\varepsilon = 17,5$ mm; $Pe - r = 70$ mm ; $\theta = 60^\circ$ V= (0.1 ; 0.5 ; 01) m/s	50

Liste des tableaux

Tableaux	page
<u>Chapitre II :</u>	
Tableau(II.1): Caractéristiques géométriques des chicanes (1 ^{ère} période de prises de mesure).....	20
Tableau(II.1.A): Caractéristiques géométriques des chicanes	20
Tableau(II.2): Caractéristiques géométriques des chicanes (3 ^{ème} période de prises de mesure)	20
Tableau(II.3): Caractéristiques géométriques des chicanes (3 ^{ème} période de prises de mesure)	21
Tableau(II.4): Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par: Disposition: rangée $\varepsilon = 17,5$ mm ; $Lch = 100$ mm; $Pe - s = 125$ mm ; $Pe - r = 100$ mm ; $Pe - t = 117$ mm; $Pe - ch = 25$ mm ; $\theta = 30^\circ$	22
Tableau(II.5): Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par: Disposition: rangée $\varepsilon = 17,5$ mm ; $Lch = 100$ mm; $Pe - s = 125$ mm ; $Pe - r = 70$ mm ; $Pe - t = 117$ mm; $Pe - ch = 25$ mm ; $\theta = 30^\circ$	22
Tableau(II.6): Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par: Disposition: rangée $\varepsilon = 17,5$ mm ; $Lch = 100$ mm; $Pe - s = 125$ mm ; $Pe - r = 50$ mm ; $Pe - ch = 25$ mm ; $\theta = 30^\circ$	23
Tableau(II.7): Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par: Disposition: quinconce $\varepsilon = 17,5$ mm ; $Lch = 100$ mm; $Pe - s = 125$ mm ; $Pe - r = 100$ mm; $\theta = 30^\circ$	23
Tableau(II.8): Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par: Disposition: quinconce $\varepsilon = 17,5$ mm ; $Lch = 100$ mm; $Pe - s = 125$ mm ; $Pe - r = 70$ mm ; $Pe - ch = 25$ mm ; $\theta = 30^\circ$	24
Tableau(II.9): Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par: Disposition: rangée $\varepsilon = 17,5$ mm; $Lch = 100$ mm; $Pe - s = 125$ mm ; $Pe - r = 50$ mm ; $Pe - t = 117$ mm; $Pe - ch = 25$ mm ; $\theta = 30^\circ$	24

Chapitre III :

Tableau (III.1) : Les étapes de Modélisation et les sous-programmes.....33

Tableaux (III.2) : Différent géométrie réalisé.....34

Nomenclature

Nomenclature		
Symbole	Désignation	Unité
λ	conductivité thermique	(w/m.K)
Qu	puissance utile	(w)
\dot{m}	débit massique	(kg/s)
Cp	capacité calorifique	(j/kg.K)
$Tfs = Ts$	température du fluide à la sortie	(°c)
$Tfi = Te$	température du fluide à l'entrée	(°c)
η	rendement thermique	-----
$Ig = I$	rayonnement solaire global	(w/m ²)
$Ap = Ac$	surface utile du capteur solaire	(m ²)
p	pas entre nervures	(m)
$p/e = g/p$	pas de rugosité relative	-----
Dh	diamètre hydraulique	(m)
$e/D = \varepsilon/D$	hauteur relative de rugosité	-----
$f = \lambda$	coefficient de frottement	-----
$e = \varepsilon$	hauteur de la rugosité artificielle	(m)
e^+	rugosité du nombre de Reynolds	-----
$P = Per = Pe-r$	pas entre rangées des chicanes	(m)
W/H	facteur de forme du conduit du capteur	-----
W	largeur de la plaque absorbante	(m)
H	profondeur du collecteur	(m)
$\alpha/90$	angle relatif d'attaque	-----
$\alpha=A=\theta=\phi$	inclinaison des chicanes	degré
$Pe-s/Dh$	pas relatif entre sommets des chicanes	-----
$Pe-s.ch = Pe-s$	pas entre sommets des chicanes	(m)
$w=Lch$	longueur d'une chicane	(m)
W/w	étendue de rugosité relative	(m)

Nomenclature

r/e	taille relative des côtes d'une chicane en V	-----
L_v	longueur de la côte d'une chicane en V	(m)
n	nombre d'écart de chaque côté de la nervure	-----
W_c/W_d	largeur relative des chicanes en creux	-----
ed/dd	diamètre d'impression	-----
$Pe-ch$	pas entre chicanes	(m)
h_c	coefficient d'échange thermique par convection	(w/m ² k)
ρ	masse volumique de l'air	(kg/m ³)
μ	viscosité dynamique de l'air	(kg/ms)
l_c	largeur de l'absorbeur	(m)
L_c	longueur de l'absorbeur	(m)
ΔT	écart de température	(°c)
Re	nombre de <i>Reynolds</i>	-----
Nu	nombre de <i>Nusselt</i>	-----
t	temps de prélèvements de mesure	(heure)
$Q=Q_v$	débit volumique	(m ³ /s)
V_{ext}	vitesse extérieure de l'air	(m/s)

Introduction générale

Introduction générale

Le monde connaît depuis plus d'un siècle une importante croissance de la demande énergétique ou cette demande a été couverte par l'énergie fossile. Les capteurs solaires thermiques sont généralement considérés comme un moyen énergétiquement efficace pour récupérer l'énergie émise par le soleil. L'augmentation des prix et la pénurie de carburant conduisent à des études et des recherches profondes sur l'utilisation de l'énergie solaire comme source énergétique alternative. Les capteurs solaires jouent le rôle de convertisseur du rayonnement solaire en chaleur. Ils sont généralement constitués des vitres permettant de piéger les radiations infra-rouges afin d'augmenter la température et d'une plaque métallique peinte en noire appelée absorbeur. L'efficacité d'un capteur dépend de son aptitude à absorber un maximum de rayonnement solaire et de perdre moins de chaleur vers l'extérieur. Aussi il est nécessaire d'évaluer le coefficient de pertes de chaleur dans les capteurs plans.

Les capteurs solaires plans à air présentent de faibles performances thermiques comparativement aux capteurs à liquide. Cela est essentiellement dû aux faibles propriétés thermo-physiques de l'air. Pour accroître les performances de ces capteurs, différentes méthodes ont été étudiées par plusieurs chercheurs. L'une de ces méthodes préconise l'ajout d'obstacles ou d'ailettes de diverses formes dites 'chicanes' dans la veine d'écoulement de l'air.

La présente étude consiste en une étude expérimentale ainsi qu'une série de simulations numériques des processus du transfert de chaleur et de dynamique de fluide dans un conduit rectangulaire munis de chicane. Le comportement thermo-aéraulique de ce type d'écoulement destiné pour l'échauffement des locaux, pour le séchage ou le préchauffage au cours d'un processus industriel est considéré. Les évolutions du nombre de Nusselt en fonction des paramètres du fluide et des paramètres géométriques, de la distribution du nombre de Nusselt local, du facteur de frottement, du facteur de performance thermo- hydraulique , ainsi que les contours de pression, les profils de vitesse, seront examinés et analysés lors de l'écoulement de l'air au niveau du conduit rectangulaire rugueux.

Introduction générale

La présente de thèse de master est organisée en trois chapitres, structurés et présentés de la façon suivante :

- Le premier chapitre présente une revue approfondie de la littérature de différentes techniques et des mécanismes d'amélioration de transfert de chaleur pour les différents types des obstacles : Chicanes.
- Le deuxième chapitre traite les détails de la réalisation du dispositif expérimental, l'instrumentation de mesure, la procédure expérimentale, les observations et les calculs.
- Dans le troisième chapitre, la géométrie du problème, le modèle mathématique choisi, les équations gouvernantes ainsi que les conditions aux limites associées et la présentation des techniques spécifiques concernant l'application de la méthode des volumes finis, via le code commercial Fluent et la mise en œuvre de ce dernier pour la simulation numérique des phénomènes étudiés sont abordé.

On a aussi rassemblé dans ce chapitre les principaux résultats numériques de cette étude. Les commentaires, les interprétations et l'analyse des divers résultats sont présentés à partir de certaines quantifications des grandeurs physiques étudiées.

Ce travail se termine par une conclusion générale présentant la contribution de la thèse et résume les principaux résultats obtenus.

Chapitre I :

L'état de l'art

I.1. Introduction :

Dans ce chapitre on s'intéresse à l'utilisation de l'énergie solaire qui est un immense gisement d'énergie naturel et gratuit. Les applications de l'énergie solaires sont très diversifiées.

Quel que soit l'application, le principe de captation de l'énergie solaire est toujours utilisé.

Il y a deux grandes classes de capteurs solaires : les concentrateurs solaires sont surtout utilisés dans les applications à hautes températures : la production des vapeurs surchauffées des centrales électriques est un exemple. [01]

Par contre, les capteurs plans sont utilisés pour les applications à basses températures : le chauffage, la réfrigération et le séchage, etc.

Dans l'utilisation de l'énergie solaire, la faible densité de l'énergie et la fourniture instable de cette dernière est due aux variations des conditions atmosphériques.

La plus grande part de recherche est consacrée au développement du chauffe-eau solaire du point de vue rendement thermique en général, mais rares sont les études sur les capteurs solaires utilisant l'air comme fluide caloporteur, car ce dernier a un coefficient de transfert de chaleur par conduction-convection entre l'absorbeur et le fluide caloporteur beaucoup plus faible que celui de l'eau.

Le rendement d'un capteur solaire, conçu pour convertir l'énergie solaire en énergie thermique dépend de sa forme, de la technique choisie et de la façon dont on réduit les pertes de chaleur à la surface de celui-ci.

Il existe une gamme étendue de capteurs solaires à air avec différentes dispositions de l'absorbeur.

Généralement, on distingue trois grandes catégories de capteurs solaires plans à air:

- 1- Les capteurs à absorbeur perméable,
- 2- Les capteurs à absorbeur à géométrie variable
- 3- Les capteurs à absorbeur plan.

Pour notre étude, nous avons choisi un capteur solaire plan à air avec le passage d'air situé entre l'absorbeur et l'isolant.

Les capteurs solaires plans à air sont importants dans les applications nécessitant des températures basses et modérées, telles que le chauffage des locaux, et le séchage qui est une opération souvent nécessaire dans de nombreux processus (agro-alimentaires, matériaux de construction, bois...).

Il convient en effet de savoir que chaque mètre carré du sol de l'hexagone, qu'il fasse beau ou qu'il pleuve, reçoit par jour, en moyenne sur un an, entre 3 et 5 kWh. Tout le problème est de

piéger cette énergie solaire directe au lieu de la laisser se dissiper, et d'en piéger le maximum. C'est le rôle du capteur solaire, simple dans son principe, mais élaboré dans sa technique, et dont on peut améliorer substantiellement le rendement par l'adjonction d'une plaque d'aluminium et des rugosités artificielles dites "chicanes" dans la veines d'air mobile. [02]

Notre étude sera consacrée à la détermination des performances thermiques de l'isolateur plan à air qui sert à convertir l'énergie solaire rayonnante incidente en énergie thermique, cette énergie étant véhiculée par un fluide caloporteur (air) dans la veine d'air mobile muni d'une plaque d'aluminium placée sur l'isolant et des chicanes rectangulaires avec une partie inclinée, disposées en rangées ou en quinconces pour accentuer plus la turbulence entre l'air et la plaque chaude, dû essentiellement par formation des rétrécissements et des élargissement brusques qui se manifestent par la création des rouleaux tourbillonnaires à axes verticaux par rapport à l'écoulement de l'air, et à axes horizontaux obtenus particulièrement aux fortes incidences de la partie supérieure inclinée où il ne reste qu'un espace minimal entre l'arrête supérieure inclinée et l'absorbeur avec formation d'un élargissement brusque à l'aval de cette arrête. [03]

Les applications thermiques de l'énergie solaire, telles que le dessalement, le séchage des produits agro-alimentaires et le chauffage des habitations ou de l'eau sanitaire, exigent de la part des collecteurs des rendements élevés.

Cette performance peut être atteinte en optimisant d'une part, les coefficients de transfert convectifs entre la plaque absorbante et le fluide caloporteur et d'autre part, en réduisant les pertes thermiques à travers les différents composants du capteur solaire.[04],[05]

I.2. Travaux effectués pour l'amélioration des performances d'un capteur solaire plan à air muni des chicanes :

L'emplacement de ces rugosités artificielles, sous différentes formes et géométries sur la surface d'échange entre l'air et l'absorbeur a été recommandé par plusieurs chercheurs.

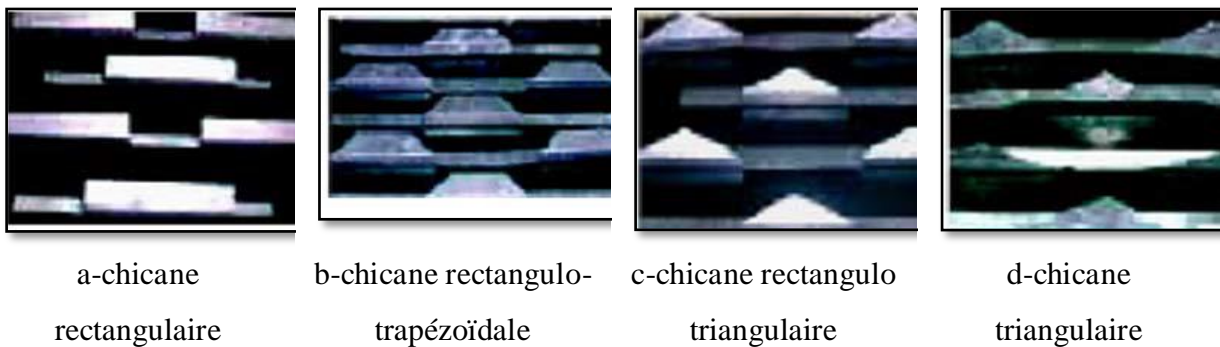
De nombreuses études ont été menées afin de valoriser l'effet des différentes géométries des rugosités artificielles sur le transfert thermique et le facteur de frottement dans la veine d'air mobile. Cela est essentiellement dû aux faibles propriétés thermo-physiques de l'air.

Pour accroître les performances de ces capteurs, différentes méthodes ont été étudiées par plusieurs chercheurs.

Nous citerons quelques travaux réalisés sur cette thématique de recherche.

N. Chouchane et al. (2009). En vue d'optimiser les échanges convectifs et les Performances thermiques des échangeurs de chaleur et des capteurs solaires à eau et à air, ils ont introduit

dans le conduit utile des ailettes de formes diverses dites chicanes. Cependant, leur présence induit une augmentation considérable des pertes de charge qui nécessite une puissance mécanique importante pour le pompage du fluide. Dans ce travail expérimental, ils se sont intéressés à quatre configurations de chicanes. Plusieurs rangées sont introduites à l'intérieur du canal rectangulaire. Les chicanes sont munies d'une partie supérieure inclinée, qui ont pour rôle, la création des écoulements désordonnés et à structure tourbillonnaire développée, à axe vertical et horizontal due aux rétrécissements et aux élargissements brusques, notamment en présence de la disposition en quinconce. [06]



Figure(I.1): Différentes configurations des chicanes étudiées [06]

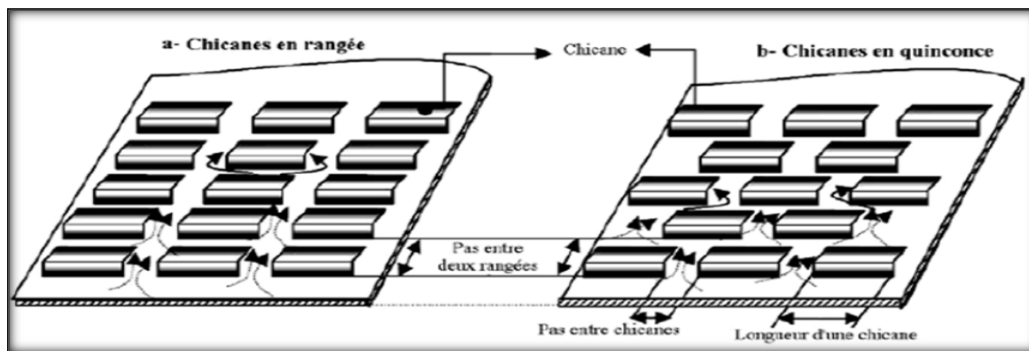
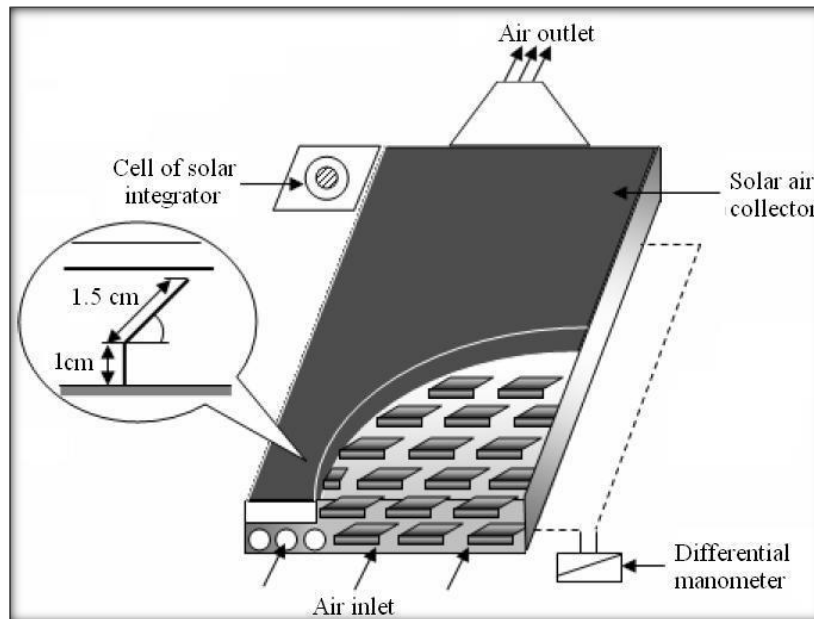


Figure (I.2): Disposition en rangée et en quinconce des chicanes [06]



Figure(I.3) : Schéma du dispositif expérimental [06]

✓ Cas de chicanes rectangulo-triangulaires disposées en rangées :

• régime turbulent :

$$\lambda = \text{Re}^{-1.2060} \left(\varepsilon / D_H \right)^{-0.0043} \left(P_{e-ch} / D_H \right)^{-7.1129} \left(P_{e-r} / D_H \right)^{-0.0949} \times \left(L_{CH} / D_H \right)^{-7.2345} \times \left(P_{e-s.ch} / D_H \right)^{12.3519}$$

• régime laminaire :

$$\lambda = \text{Re}^{-1.2060} \left(\varepsilon / D_H \right)^{0.7207} \left(P_{e-ch} / D_H \right)^{-6.7089} \left(P_{e-r} / D_H \right)^{-0.3418} \left(L_{CH} / D_H \right)^{-6.3749} * \left(P_{e-s.ch} / D_H \right)^{11.2249}$$

✓ Cas des chicanes rectangulo-triangulaire disposées en quinconce

• Régime turbulent :

$$\lambda = \text{Re}^{-1.1312} \left(\varepsilon / D_H \right)^{0.0244} \left(P_{e-ch} / D_H \right)^{-8.7666} \left(P_{e-r} / D_H \right)^{-0.0805} \times \left(L_{CH} / D_H \right)^{-8.81849} \times \left(P_{e-s.ch} / D_H \right)^{15.0836}$$

• Régime laminaire :

$$\lambda = \text{Re}^{-1.16915} \left(\varepsilon / D_H \right)^{0.6319} \left(P_{e-ch} / D_H \right)^{-9.6765} \left(P_{e-r} / D_H \right)^{-0.1881} \times \left(L_{CH} / D_H \right)^{-9.2643} \times \left(P_{e-s.ch} / D_H \right)^{16.4783}$$

Les résultats obtenus montrent que les pertes de charge enregistrées sont de plus en plus accentuées avec le nombre de rangées des chicanes, notamment pour les incidences de 60° et de 120° de la partie supérieure inclinée, lorsque le pas relatif entre les chicanes et les rangées

se trouve réduit, particulièrement, elles sont plus importantes en présence de la disposition en quiconque, que lorsque celles-ci sont alignées en rangées. [06]

K. Aoues et al. (2009) Le capteur solaire étudié est conçu et réalisé au laboratoire. Il s'agit d'un capteur plan à air à simple passe d'une surface de captation égale à $1,74 \text{ m}^2$, d'une longueur $L_c = 1.95 \text{ m}$ et d'une largeur $l_c = 0.89 \text{ m}$.

Nous résumons les principaux composants du capteur comme suit :

Une seule couverture transparente de verre d'épaisseur 5 mm.

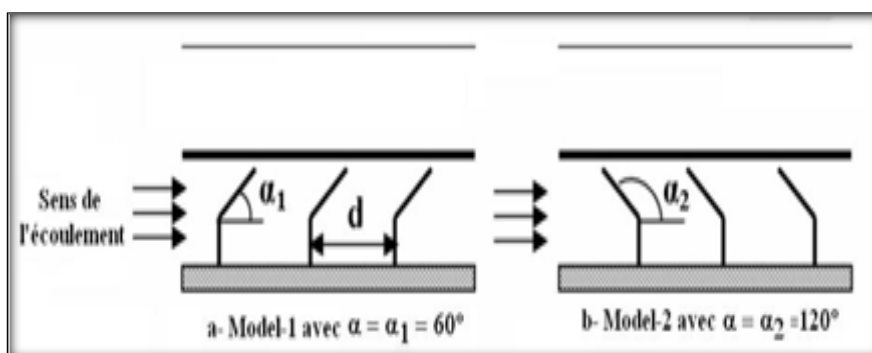
Une plaque absorbante mince en acier galvanisé peinte en noir mat avec une épaisseur de 0.4 mm.

La hauteur entre la couverture transparente et la plaque absorbante est égale à 25 mm.

La veine d'air dynamique d'une hauteur de 25 mm est comprise entre la plaque absorbante (corps noir) et une plaque inférieure en acier galvanisé placée sur l'isolant.

L'isolation arrière est assurée grâce à une feuille de polystyrène de 40 mm d'épaisseur et puis elle est assurée également par le boîtier en bois de 5 mm d'épaisseur.

En outre, la veine d'air dynamique est équipée de rangées d'obstacles métalliques minces soudées perpendiculairement à l'écoulement sur la plaque inférieure placée au-dessus de l'isolant (Fig. 4). Ces obstacles ont deux formes différentes (model-1 et model-2) où la différence entre les deux réside dans la partie inclinée d'angle α . Respectivement égale à 60° et 120° (Figure I.4).[07]



Figure(I.4) : Schéma descriptif des chicane [07]

Ainsi, ces obstacles ont été mis en place et espacés d'une distance (d) suivant deux configurations, A et B, respectivement à $d = 10$ et $d = 5 \text{ cm}$ (fig. 2). Les deux configurations, A et B, se différencient donc par le nombre de rangées (de chicane), respectivement égale à 152 et 256 chicane.

Les capteurs solaires fonctionnent dans les états équilibrés (régime thermique établi). Dans ces conditions, les performances d'un capteur solaire sont décrites par le bilan énergétique global suivant :

$$\varphi_{sa} = \varphi_u + \varphi_p + \varphi_{st}$$

En négligeant l'énergie thermique stockée dans les différents composants du capteur (inertie thermique), on obtient :

$$\varphi_{sa} = \varphi_u + \varphi_p$$

La quantité d'énergie utile à l'échauffement du fluide caloporteur extraite de la chaleur récupérée par un capteur solaire peut être exprimée par :

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{fs} - T_{fe})$$

Le rendement du capteur solaire, définie comme étant le rapport entre la quantité d'énergie utile récupérée et le rayonnement global incident, est donné par :

$$\eta = \frac{Q_u}{I_G \cdot S_{abs}}$$

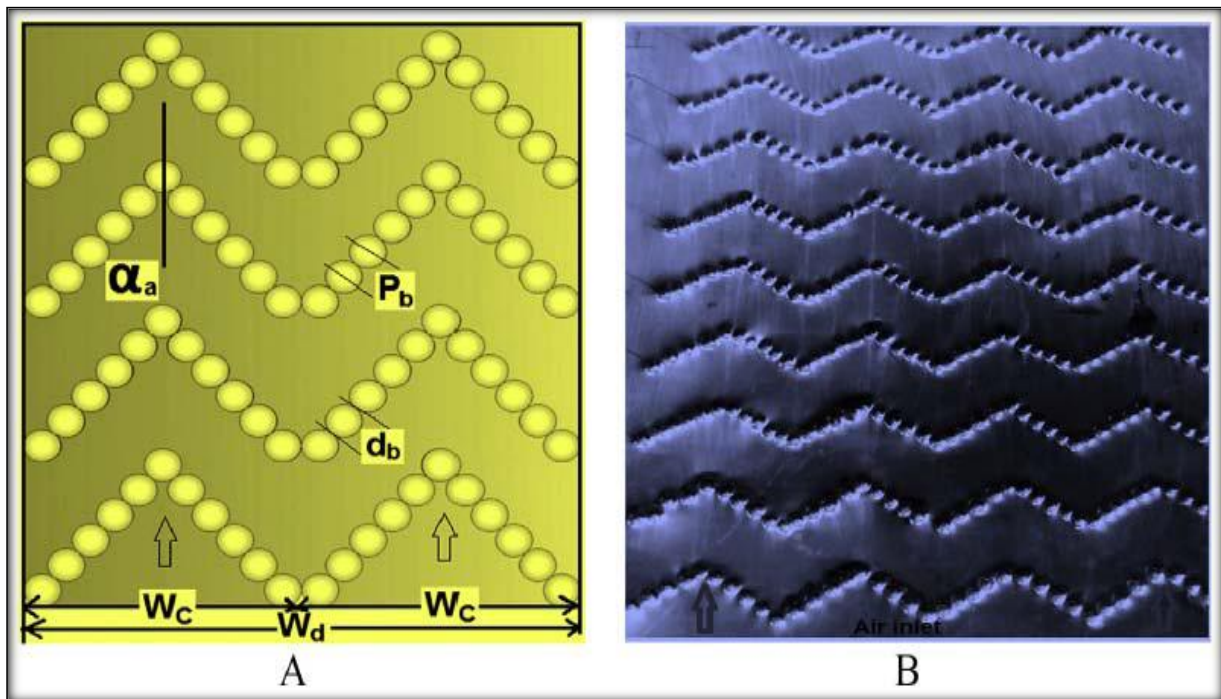
Kumar et al. (2017). Leur travail présente les résultats d'une étude expérimentale sur le nombre de *Nusselt* (Nu) et les coefficients de frottement (f) d'un passage d'air solaire avec de multiples obstacles alvéolés de type V. Ils ont réalisé une étude pour examiner les données thermiques et hydrauliques d'un passage d'air solaire avec de multiples obstacles alvéolés de type V sur la paroi chauffée. Le nombre de *Reynolds* (Re) basé sur le diamètre hydraulique du passage d'air solaire, la largeur relative des obstacles en creux (W_c/W_d), le rapport entre la profondeur en creux et le diamètre d'impression (e_d/D_d), le pas relatif entre alvéoles (P_b/e_d), la hauteur relative d'alvéoles (e_d/D_h) et l'angle d'attaque (α_a). [08]

$$\left\{ \begin{array}{l} Re = 5000 - 17000 \\ \frac{W_c}{W_d} = 1 - 6 \\ \frac{e_c}{d_d} = 0.5 - 2 \\ \frac{P_d}{d_d} = 8 - 11 \\ \frac{e_c}{D_H} = 0.037 \\ \alpha_a = 35^\circ - 75^\circ \end{array} \right.$$

Les corrélations de Nu et de f sont établies en termes de (Re_e) et des paramètres géométriques de multiples obstacles en forme de V avec passage alvéolaire de l'air solaire peuvent être utilisés pour prédire les valeurs de Nu et de f avec une précision considérablement meilleure.

$$Nu = 9.35 \times 10^{-14} \times Re^{1.0655} (W_c / W_d)^{2.9832} \exp(-0.91(\ln(W_c / W_d))^2) \times (P_d / e_d)^{2.99} \exp(\ln((P_d / e_d)^2)) (e_d / d_a)^{-0.248} \times \exp(\ln(e_d / d_a)^2) (\alpha_a / 55)^{-1.096} \times \exp(-2.563(\ln(\alpha_a / 55))^2)$$

$$f = 2.05 \times 10^{-5} \times Re^{-0.6307} (W_c / W_d)^{0.0853} \exp(0.0676(\ln(W_c / W_d))^2) \times (P_d / e_d)^{19.13} \exp(\ln((P_d / e_d)^2)) (e_d / d_a)^{-0.162} \times \exp(-0.341(\ln(e_d / d_a)^2)) (\alpha_a / 55)^{-0.2257} \times \exp(-2.303(\ln(\alpha_a / 55))^2)$$



Figure(I.5) :(A) Obstacles alvéolés multiples en forme de V

(B) vue photographique de plusieurs obstacles alvéolés en forme de V [08]

Les résultats expérimentaux ont montré que les données optimales des performances thermiques et hydrauliques sont obtenues à $W_c/W_d=5$, $e_d / d_d=1$, $P_b/e_d=9$, $e_d/D_h=0.037$ et $\alpha_a=55^\circ$. Leur étude montre également que les performances thermo-hydrauliques des structures en forme d'obstacles à motifs en forme de V multiple sont environ 7% plus élevées que celles des autres obstacles, qui déterminent le passage de l'air solaire. [08]

Deo et al. (2016), ont mené une étude expérimentale pour examiner les caractéristiques de transfert de chaleur, de frottement et thermo-hydrauliques d'un écoulement dans un conduit rectangulaire rendu rugueux artificiellement d'un côté avec des nervures en V à cavités multiples combinées à des nervures en quinconce. [09]

Les paramètres du système, du fonctionnement et de l'expérimentation considérés ont été: le rapport de forme du conduit rectangulaire de 12, le nombre de *Reynolds* basé sur le débit massique d'air à l'entrée du conduit, le pas relatif de rugosité(p/e), la hauteur relative de rugosité (e/D_h), l'angle d'attaque (α), la largeur relative de l'écart (g/e), le rapport longueur/largeur des côtes décalés (w/e), le pas relatif des côtes décalée (P/p), deux nombres d'écart (n) de chaque côté de la jambe en V.

$$p/e = 4 - 14$$

$$e_d/D_h = 0.026 - 0.057$$

$$\alpha = 40^\circ - 80^\circ$$

Nombre d'écarts de chaque côté de la nervure V, $n = 2$

$$g/e = 1$$

$$w/e = 4.5$$

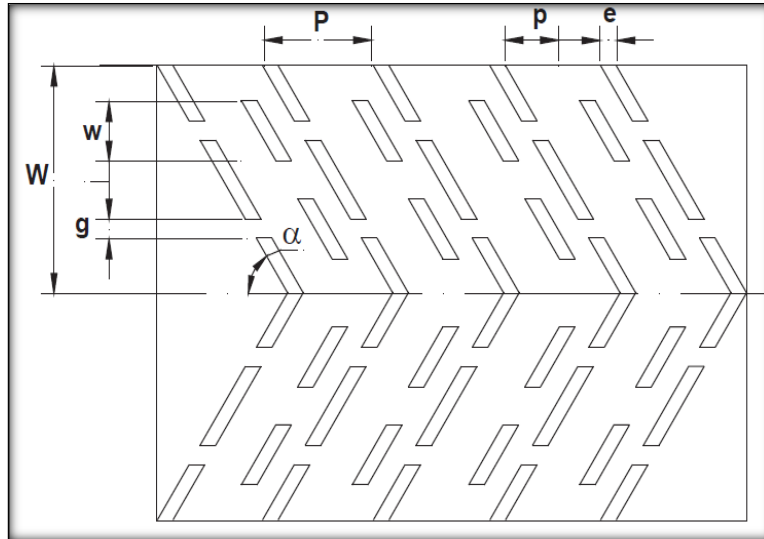
$$P/p = 0.65$$

$$R_e = 4000 - 12000$$

Sur la base des résultats expérimentaux des corrélations pour le nombre de *Nusselt* et pour le coefficient de frottement ont respectivement été développées:

$$Nu = 0.02253 \times Re^{0.98} (P/e)^{-0.06} (e/D_h)^{0.18} \times (\alpha/60)^{0.04}$$

$$f = 0.37156 \times Re^{-0.15} (P/e)^{0.21} (e/D_h)^{0.65} \times (\alpha/60)^{0.57}$$



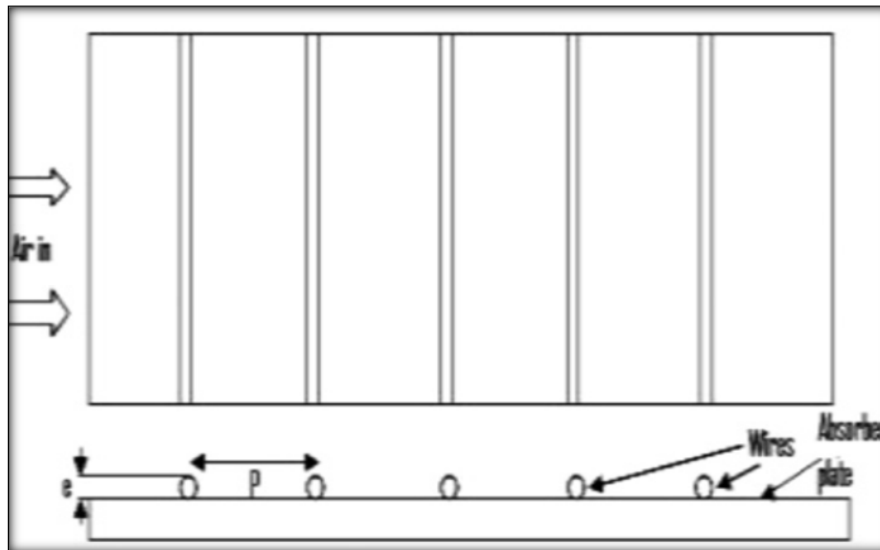
Figure(I.6): Rugosité avec des nervures en forme de V à cavités multiples combinées à des nervures en quinconce [09]

Les résultats montrent deux pics pour le nombre de *Nusselt* correspondant aux valeurs de (P/e) de 6 et de 12 et une diminution du nombre de *Nusselt* a été observée pour une augmentation de la valeur de (e/D_h) au-delà de 0.044. L'amélioration maximale obtenue en nombre de *Nusselt* et de paramètre de performance thermo hydraulique était de 3.34 et 2.45 fois, respectivement. [09]

Prasad et Saini (1988), ont tenté d'améliorer le coefficient de transfert de chaleur par convection entre la plaque absorbante et l'air dans un panneau solaire à plaque plane en dotant la plaque absorbante d'une rugosité artificielle. Ils ont réalisé une étude d'un flux complètement turbulent dans un conduit de panneau solaire à air avec des fils de métal saillants de petit diamètre sur la plaque absorbante. Ils ont développé, ainsi, des expressions. Pour prédire le nombre *Nusselt* et le coefficient de frottement. Ils ont comparé, en outre, les résultats de ces expressions aux résultats disponibles. Ils se sont avérés comparables avec un écart moyen de 6.3% pour le facteur de frottement et 10.7% pour le nombre de *Nusselt*. Enfin, ils ont également étudié l'effet de la hauteur et du pas des éléments de rugosité sur le taux de transfert de chaleur et le frottement pour une gamme de paramètre décrite comme suit:[10]

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Hauteur de rugosité relative } (e/D) \text{ de } 0.020 ; 0.027 \text{ à } 0.033 \\ \text{Re (nombre de Reynolds): } 5000 - 50000 \\ \text{Le coefficient de frottement et le nombre de } Nusselt \text{ sont exprimés par:} \\ f = \frac{2}{[0.95(\frac{P}{e})^{0.53} + 2.5 \ln(\frac{D}{2e}) - 3.75]} \text{ et } Nu = 0.014 \times P_r^{0.5} (f)^{0.5} Re \end{array} \right.$$

Une amélioration du nombre de *Nusselt* et du coefficient de frottement dans le conduit rendu rugueux est d'environ 2.38 ; 2.14 ; 2.01 et 4.25 ; 3.39 ; 2.93 fois par rapport à ceux du conduit lisse pour un pas de rugosité relatif de 10, 15 et 20 respectivement. [10]



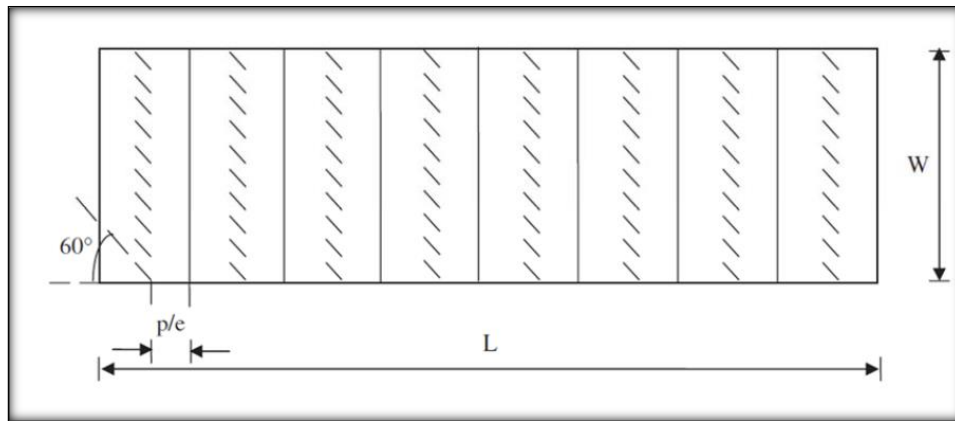
Figure(I.7): rugosité avec fils métalliques continus transversaux [10]

Varun et al.(2008), ont réalisé une expérience pour étudier les caractéristiques de transfert de chaleur et de frottement en utilisant une combinaison de nervures inclinées et transversales sur la plaque absorbante d'un capteur solaire à air. L'étude expérimentale a porté sur un nombre de Reynolds (*Re*) compris entre 2000 et 14000, un pas relatif de rugosité (*p/e*) de 3 à 8 et une hauteur relative de rugosité (*e/D*) de 0.030. La discussion de l'effet de ces paramètres sur le coefficient de transfert de chaleur et le coefficient de frottement a permis de conclure que les meilleures performances sont obtenues avec un pas de rugosité relative égal à 8. [11]

L'expression du coefficient de frottement et celle du nombre de *Nusselt* sont :

$$f = 1.0858 \times Re^{-0.3685}(p/e)^{0.0114}$$

$$Nu = 0.0006 \times Re^{1.213}(p/e)^{0.0114}$$



Figure(I.8) :Rugosité par combinaison entre fils métalliques transversaux et inclinés [11]

Gawande et al. (2016), ont mené une étude sur un capteur solaire qui utilise une rugosité artificielle sous la forme de nervures répétées sur la plaque absorbante pour améliorer le taux de transfert de chaleur. Le transfert de chaleur par convection forcée de l'air dans un capteur solaire avec des nervures inversées en forme de L a été effectué de manière expérimentale et numérique. [12]

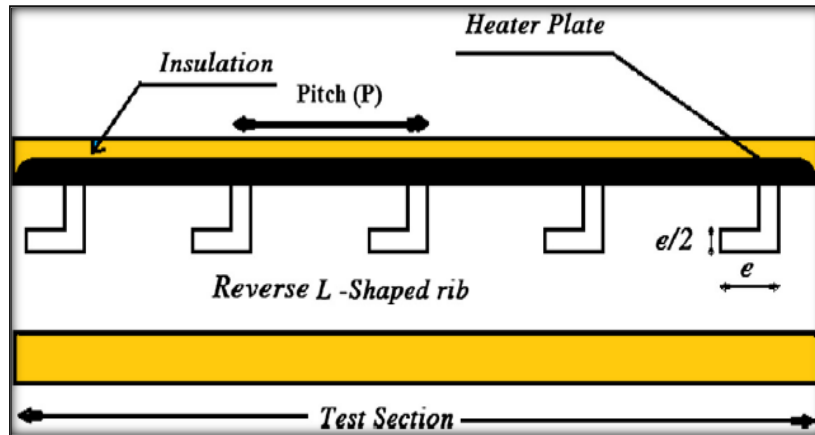
Les performances thermiques du capteur solaire à air sont étudiées avec des variables de conception tels que le pas relatif de rugosité (P/e), le nombre de Reynolds (Re), le flux de chaleur (1000 W/m^2) et la hauteur de rugosité relative (e/D). Une simulation CFD bidimensionnelle utilisant un code CFD, ANSYS FLUENT et le modèle de turbulence RNG $k-\epsilon$, permet de résoudre les termes de turbulence dans les équations de gouvernance.

$$\left\{ \begin{array}{l} e/D = 0.042 \\ p/e = 7.14 - 17,86 \\ Re = 3800 - 18000 \end{array} \right.$$

Des corrélations du nombre de *Nusselt* et du coefficient de frottement ont été développées en fonction des paramètres de rugosité et de débit.

$$Nu = 0.032 \times Re^{0.882} (p/e)^{0.3474} \exp(-0,1004 \ln(p/e)^2)$$

$$f = 0.2805 \times Re^{-0.2617} (p/e)^{0.0815} \exp(-0,0319 \ln(p/e)^2) \quad [7]$$



Figure(I.9) : Rugosité avec nervures en forme de L inversé [12]

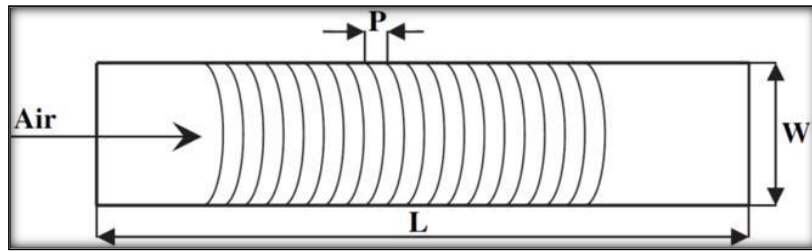
Cette étude a révélé que la présence d'une nervure en forme de L inversée présente un effet significatif sur les caractéristiques de transfert de chaleur et du coefficient de frottement, par optimale de l'élément de rugosité (nervure en forme de L inversée) pour le capteur solaire à air durci artificiellement. Il a été constaté que les résultats numériques concordaient bien avec les résultats expérimentaux pour la gamme de paramètres étudiés.

Saini SK et Saini RP(2008), ont étudié expérimentalement l'amélioration du coefficient de transfert de chaleur d'un capteur solaire ayant un conduit d'air doté d'une rugosité artificielle sous la forme de fils parallèles en forme d'arcs servant d'éléments de rugosité. L'effet des paramètres du système tels que la hauteur de rugosité relative (e/d) de 0.0213 à 0.0422; l'angle d'arc ($\alpha/90$) de 0.3333 à 0.6666; pas de rugosité relative (p/e) égal à 10 et le facteur de forme (W/H) de 12, sur le nombre de Nusselt (Nu) et le coefficient de frottement (f) a été étudié avec un nombre de Reynolds (Re) de 2000 à 17000. Une amélioration considérable du coefficient de transfert de chaleur a été obtenue avec un tel élément de rugosité. Le maximum de Nu obtenu a été de 3.80 fois celui du conduit lisse pour un angle d'attaque relatif ($\alpha/90$) de 0.333 et une hauteur de rugosité relative (e/D) de 0.0422. Cependant, l'augmentation du coefficient de frottement correspondant à ces paramètres n'a été que de 1.75 fois seulement. [13]

Pour cette configuration l'expression du coefficient de frottement et celle du nombre de Nusselt sont données respectivement par les corrélations suivantes :

$$Nu = 0.001047 \times Re^{1.3186} (e/d)^{0.3772} (\alpha/d)^{-0.1198}$$

$$f = 0.14408 \times Re^{-0.2617} (e/D)^{0.1765} (\alpha/90)^{-0.1185}$$



Figure(I.10) : Rugosité avec fils métalliques en forme d'arc [13]

K. Aoues et Al [14] ont mené un travail théorique en vue d'améliorer le coefficient de transfert convectif entre l'air et l'absorbeur, en plaçant des chicane cylindriques perpendiculairement à l'écoulement dans la veine d'air dynamique entre l'absorbeur et l'isolant (figure I.12).

Les auteurs ont étudié les trois cas suivants (figure I.13) :

- Le capteur plan à air dépourvu de chicanes.
- Le capteur plan à air muni de chicanes cylindriques arrangées en rangées alignées.
- Le capteur plan à air muni de chicanes cylindriques arrangées en quinconces.

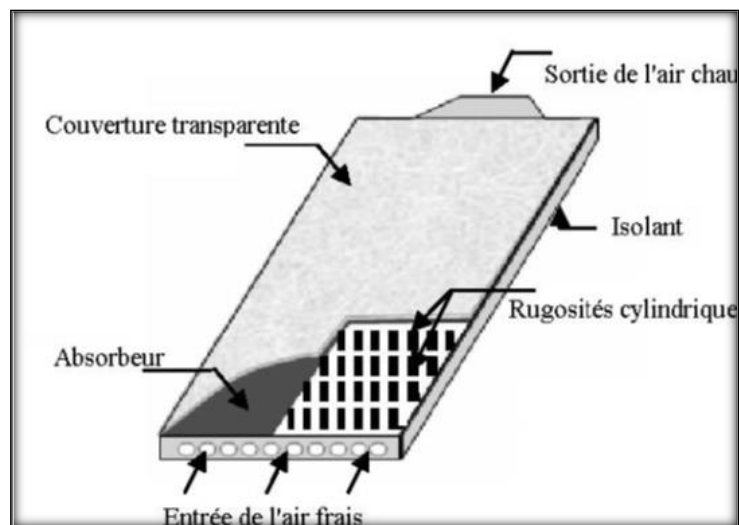


Figure (I.11). Capteur plan à air muni de rugosités cylindriques

Les auteurs ont trouvé que le meilleur rendement est obtenu avec des chicanes cylindriques arrangées en quinconce, et le plus bas pour le capteur lisse.

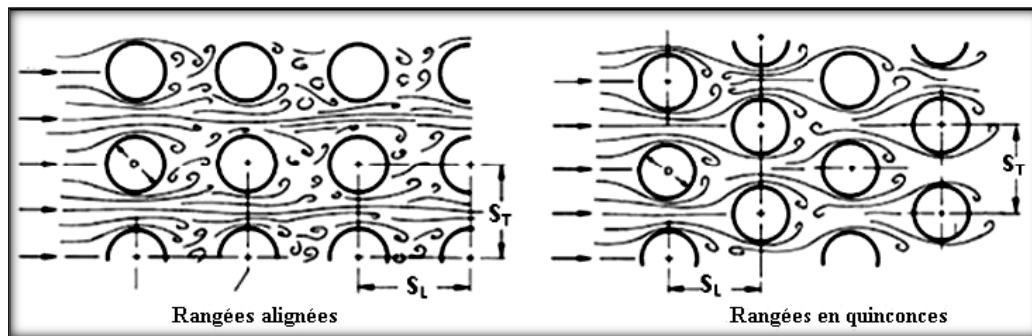


Figure (I.12). Les différents arrangements des chicanes cylindriques. [14]

Bahria et al [15] ont comparés deux capteurs similaires, l'un est simple et l'autre est muni de 8 rangées de chicanes, d'après les résultats, les auteurs ont remarqués que l'adjonction des chicanes a apporté une augmentation remarquable aux performances du capteur qui est d'environ 27 % vers midi et cela est dû à l'augmentation de la surface d'échange d'une part et de l'écoulement turbulent créé par ces obstacles.

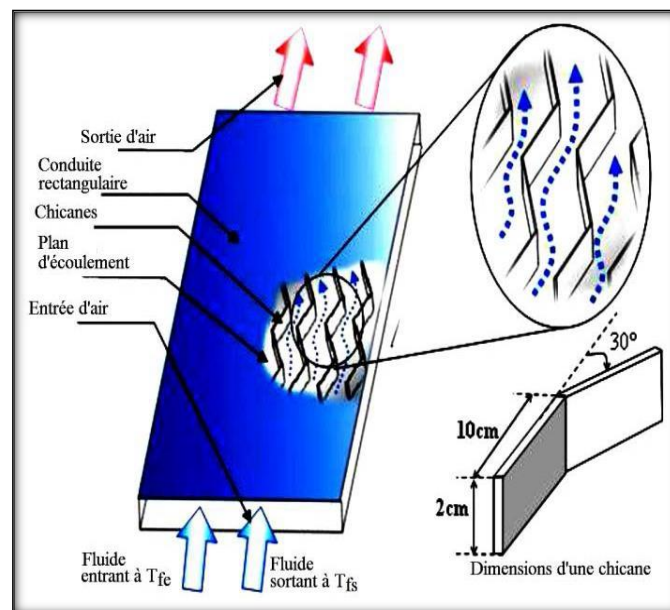


Figure (I.13): Schéma d'un capteur solaire avec chicane.[15]

A.Labed et al [16] ont mené des travaux expérimental et théorique afin d'améliorer les performances du capteur solaire plan à air en introduisant un nouveau modèle de rugosité artificielle.

Le système étudié est un capteur solaire plan à air à simple passe composé d'une seule vitre, d'une plaque absorbante en acier galvanisé peinte en noir mat, d'une plaque arrière en acier galvanisé placé sur l'isolant et d'une isolation arrière. Les rugosités artificielles sont de petits

canaux, dont la base est de forme trapézoïdale d'une hauteur de 25 mm, elles sont placées entre les deux plaques en acier galvanisé (Figure I.14).

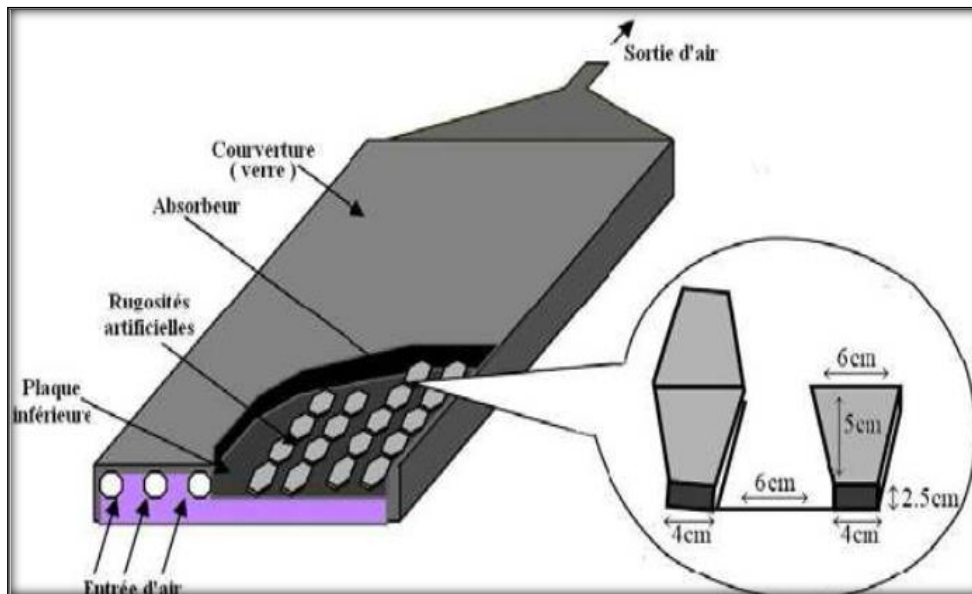


Figure (I.14). Schéma du modèle expérimental.[16]

Les auteurs ont conclu que les chicanes introduites dans la veine d'air utile agissent favorablement sur le transfert thermique, cependant elles engendrent des pertes comparativement à un canal lisse.

Les résultats théoriques sont validés par les résultats expérimentaux.

I.3.Conclusion :

L'insertion des chicanes qui ont pour but d'améliorer les performances thermiques des échangeurs de chaleur et des isolateurs solaires plan à eau et à air, est pénalisée par un accroissement des pertes de charge qui se répercute sur la puissance mécanique et électrique nécessaire pour assurer une alimentation continue du fluide caloporteur dans ces dispositifs.

Les résultats des recherches développées par les recherches ci-dessus montrent clairement que l'introduction de chicane artificielle dans les conduits utiles des capteurs solaires plans à air améliore énormément les performances thermiques et dynamiques de ceux-ci tout en jouant sur différentes configurations de chicanes, différents paramètres géométriques de rugosité et de fonctionnement ainsi que différentes données expérimentales.

Chapitre II :

L'étude expérimentale

II.1 Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'étude expérimentale où on décrit le dispositif expérimental et les différents instruments de mesure utilisés pour le prélèvement des températures d'entrée, des températures de sortie, des vitesses expérimentales de l'air ainsi que le rayonnement solaire qui a été réalisée par l'étudiant, Chetir Abd El-Rahman, étudiant en deuxième année Master génie mécanique Option énergétique, promo 2019.

II.2. Description du dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental avec lequel on a mené cette étude consiste à un capteur solaire plan à air à simple passe entre l'absorbeur et la plaque absorbante en acier galvanisé, réalisé au hall de technologie du département de génie mécanique de l'université Mohamed Khider – Biskra(2019). Ce capteur est composé d'un boîtier de forme rectangulaire en bois rouge ayant 1.5 m de longueur, 0.50 m de largeur et d'une hauteur de 0.025 m. Pour réduire les déperditions thermiques du côté arrière (vers le bas), on utilise deux plaques de polystyrène de 02 cm chacune. Cependant, la couverture transparente est en verre d'une épaisseur égale à 5mm.

Dans cette étude expérimentale on s'intéresse à la modélisation des températures du capteur solaire. A cet effet on introduit des obstacles très minces en aluminium (vue sa bonne conductivité thermique) assimilés à des rugosités artificielles dites chicanes dans la veine d'air utile.[17]



Figure(II.1) : capteur solaire plan à air exposé au soleil

On va choisir quelque tableau qui contient les caractéristiques géométriques des chicanes

1^{ère} période de prises de mesure (de 08H-30min à 10H-45min):

Configuration	Disposition	ε (mm)	L_{ch} (mm)	P_{e-s} (mm)	P_{e-r} (mm)	P_{e-ch} (mm)	θ (degré)
Rectangulo triangulaire	Rangée	17,5	100	125	100	25	30
		17,5	100	125	70	25	30
		17,5	100	125	50	25	30
	Quinconce	17,5	100	125	100	25	30
		17,5	100	125	70	25	30
		17,5	100	125	50	25	30

Tableau(II.1): Caractéristiques géométriques des chicanes

Configuration	Disposition	ε (mm)	L_{ch} (mm)	P_{e-s} (mm)	P_{e-r} (mm)	P_{e-ch} (mm)	θ (degré)
Rectanlo- réctangulaire	Rangée	17,5	100	125	100	25	150
		17,5	100	125	100	25	150
		17,5	100	125	70	25	150
		17,5	100	125	50	25	150
		17,5	100	125	50	25	150
		17,5	100	125	100	25	150
		17,5	100	125	70	25	150
		17,5	100	125	50	25	150

Tableau(II.1.A) : Caractéristiques géométriques des chicanes avec variation d'angle

2^{ème} période de prises de mesure (de 11H:15min à 13H-15min):

Configuration	Disposition	ε (mm)	L_{ch} (mm)	P_{e-s} (mm)	P_{e-r} (mm)	P_{e-ch} (mm)	θ (degré)
Rectangulo triangulaire	Rangée	29,99	50	141,66	100	91,66	60
		29,99	50	141,66	70	91,66	60
		29,99	50	141,66	50	91,66	60
		29,99	100	125	100	25	60
		29,99	100	125	70	25	60
		29,99	100	125	50	25	60
	Quinconce	17,5	100	125	70	25	60

Tableau(II.3): Caractéristiques géométriques des chicanes

3^{ème} période de prises de mesure (de 14H : 00min à 16H-15min) :

Configuration	Disposition	ε (mm)	L_{ch} (mm)	P_{e-s} (mm)	P_{e-r} (mm)	P_{e-ch} (mm)	θ (degré)
Rectangulo triangulaire	Quinconce	29,99	50	141,66	100	91,66	60
		29,99	50	141,66	70	91,66	60
		29,99	50	141,66	50	91,66	60
		29,99	100	125	100	25	60
		29,99	100	125	100	25	60
		29,99	100	125	70	25	60
		29,99	100	125	50	25	60
		17,5	100	125	70	25	60

Tableau(II.3.A): Caractéristiques géométriques des chicanes

Les expériences sont effectuées en plein air, à proximité du laboratoire des énergies renouvelables du département de génie électrotechnique. Pour le bon déroulement des manipulations, les relevés sont faites pendant des journées bien ensoleillées avec parfois des passages nuageux.

Pour suivre l'évolution des paramètres mesurables nécessaires pour notre étude expérimentales, tels que les températures de l'air à l'entrée, les températures de l'air à la sortie du capteur et le rayonnement solaire sur le plan capteur incliné ($i=34,8^\circ$). On dresse des tableaux de mesures, où les relevées sont effectuées chaque 15 min, depuis 08H30min à 16H15min.

t(h)	Te(°C)	Ts(°C)	ΔT (°C)	I(w/m ²)	η (%)
08:30	25,2	33,2	8	514	15,31393
08:45	25,9	34,2	8,3	558	24,39228
09:00	26,1	34,9	8,8	574	27,65489
09:15	26,4	35,4	9	601	29,46849
09:30	26,9	35,8	8,9	614	30,90107
09:45	27,2	36,2	9	650	31,78818
10:00	27,5	36,6	9,1	677	33,06378
10:15	27,8	37,1	9,3	722	33,7967
10:30	28,1	37,5	9,4	750	34,94009
10:45	28,5	37,9	9,4	785	35,34592

Tableau(II.4): Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par: Disposition: rangée $\varepsilon=17,5$ mm ; $L_{ch}=100$ mm;

$$P_{e-s}=125 \text{ mm} ; P_{e-r}=100 \text{ mm} ; P_{e-t}=117\text{mm}; P_{e-ch}=25 \text{ mm} ; \theta=30^\circ$$

t(h)	Te(°C)	Ts(°C)	ΔT (°C)	I(w/m ²)	η (%)
08:30	25,6	34,2	8,6	529	15,99567
08:45	26,3	35,3	9	554	26,64043
09:00	26,5	36	9,5	586	29,24336
09:15	26,8	36,4	9,6	609	31,02014
09:30	27,4	36,9	9,5	624	32,45569
09:45	27,7	37,4	9,7	654	34,05105
10:00	27,9	37,8	9,9	685	35,55039
10:15	28,3	38,4	10,1	724	36,60255
10:30	28,6	38,9	10,3	757	37,93139
10:45	28,8	39,4	10,6	786	39,80745

Tableau(II.5): Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par: Disposition: rangée $\varepsilon=17,5$ mm ; $L_{ch}=100$ mm;

$$P_{e-s}=125 \text{ mm} ; P_{e-r}=70 \text{ mm} ; P_{e-t}=117\text{mm}; P_{e-ch}=25 \text{ mm} ; \theta=30^\circ$$

t(h)	Te(°C)	Ts(°C)	ΔT (°C)	I(w/m ²)	η (%)
08:30	25,8	34,5	8,7	531	16,12072
08:45	26,5	35,7	9,2	541	27,88683
09:00	26,8	36,5	9,7	570	30,69715
09:15	27,2	37,1	9,9	592	32,90814
09:30	27,7	37,6	9,9	613	34,42917
09:45	27,9	38	10,1	646	35,8943
10:00	28,2	38,5	10,3	667	37,98492
10:15	28,5	39,1	10,6	721	38,57439
10:30	28,8	39,8	11	766	40,0333
10:45	29,1	40,4	11,3	803	41,53784

Tableau(II.6): Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par: Disposition: rangée $\varepsilon = 17,5$ mm ; $L_{ch} = 100$ mm;

$$P_{e-s} = 125 \text{ mm} ; P_{e-r} = 50 \text{ mm} ; P_{e-ch} = 25 \text{ mm} ; \theta = 30^\circ$$

t(h)	Te(°C)	Ts(°C)	ΔT (°C)	I(w/m ²)	η (%)
08:30	26,2	35,6	9,4	535	17,28757
08:45	27,2	37,3	10,1	552	30,00481
09:00	27,5	38,2	10,7	568	33,98104
09:15	27,9	38,8	10,9	589	36,41673
09:30	28,3	39,5	11,2	629	37,95939
09:45	28,7	40	11,3	647	40,09689
10:00	29,4	40,8	11,4	678	41,35947
10:15	29,7	41,3	11,6	692	43,98255
10:30	30	42	12	720	46,46289
10:45	30,2	42,7	12,5	750	49,196

Tableau(II.7) : Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par : Disposition : quinconce $\varepsilon = 17,5$ mm ; $L_{ch} = 100$

$$\text{mm} ; P_{e-s} = 125 \text{ mm} ; P_{e-r} = 100 \text{ mm} ; \theta = 30^\circ$$

t(h)	Te(°C)	Ts(°C)	ΔT (°C)	I(w/m ²)	η (%)
08:30	26,3	36	9,7	525	18,17909
08:45	28	38,7	10,7	549	31,96097
09:00	28,3	39,8	11,5	562	36,91159
09:15	28,6	40,5	11,9	591	39,62317
09:30	29,2	41,2	12	618	41,39469
09:45	29,4	41,8	12,4	646	44,06824
10:00	29,7	42,5	12,8	678	46,4387
10:15	30	43	13	708	48,17687
10:30	30,3	43,6	13,3	733	50,58306
10:45	30,6	44,1	13,5	764	52,15806

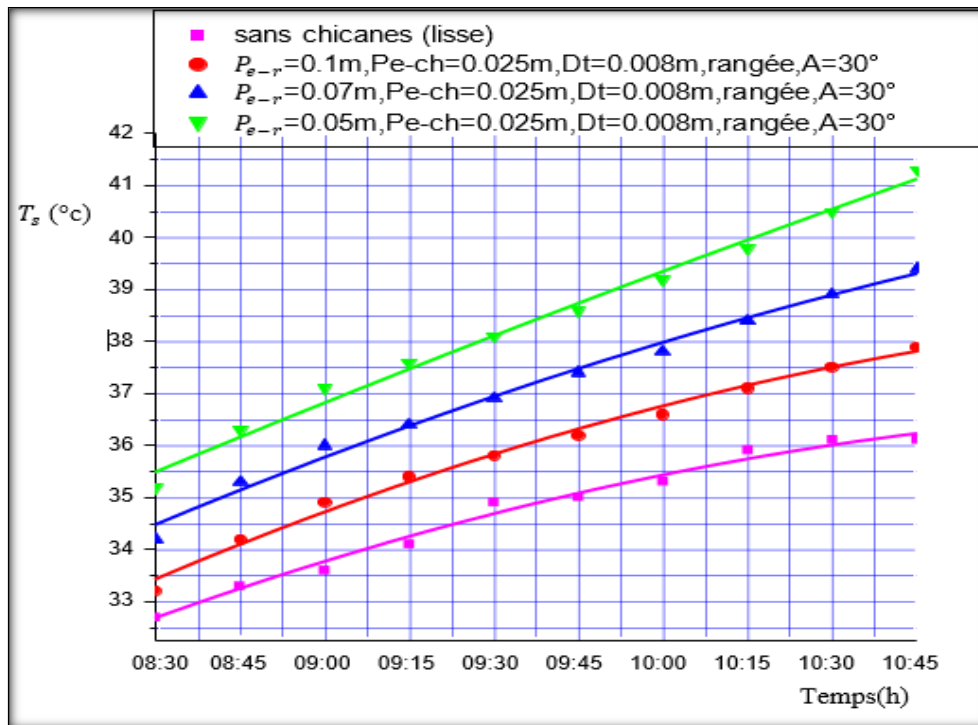
Tableau(II.8): Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par: Disposition: quinconce $\varepsilon=17,5$ mm ; $L_{ch}=100$ mm; $P_{e-s}=125$ mm ; $P_{e-r}=70$ mm ; $P_{e-ch}=25$ mm ; $\theta=30^\circ$

t(h)	Te(°C)	Ts(°C)	ΔT (°C)	I(w/m ²)	η (%)
08:30	26,2	35,2	9	535	16,55193
08:45	26,8	36,3	9,5	553	28,17131
09:00	27,1	37,1	10	566	31,8702
09:15	27,6	37,6	10	587	33,52368
09:30	28	38,1	10,1	603	35,70721
09:45	28,2	38,6	10,4	636	37,5416
10:00	28,5	39,2	10,7	660	39,87858
10:15	28,8	39,8	11	700	41,23093
10:30	29,1	40,5	11,4	756	42,03785
10:45	29,4	41,3	11,9	793	44,29501

Tableau(II.9): Evolution de la température de sortie et du rendement thermique en fonction du débit volumique définie par: Disposition: rangée $\varepsilon=17,5$ mm; $L_{ch}=100$ mm; $P_{e-s}=125$ mm ; $P_{e-r}=50$ mm ; $P_{e-t}=117$ mm; $P_{e-ch}=25$ mm ; $\theta=30^\circ$

II.3 Représentations graphiques :

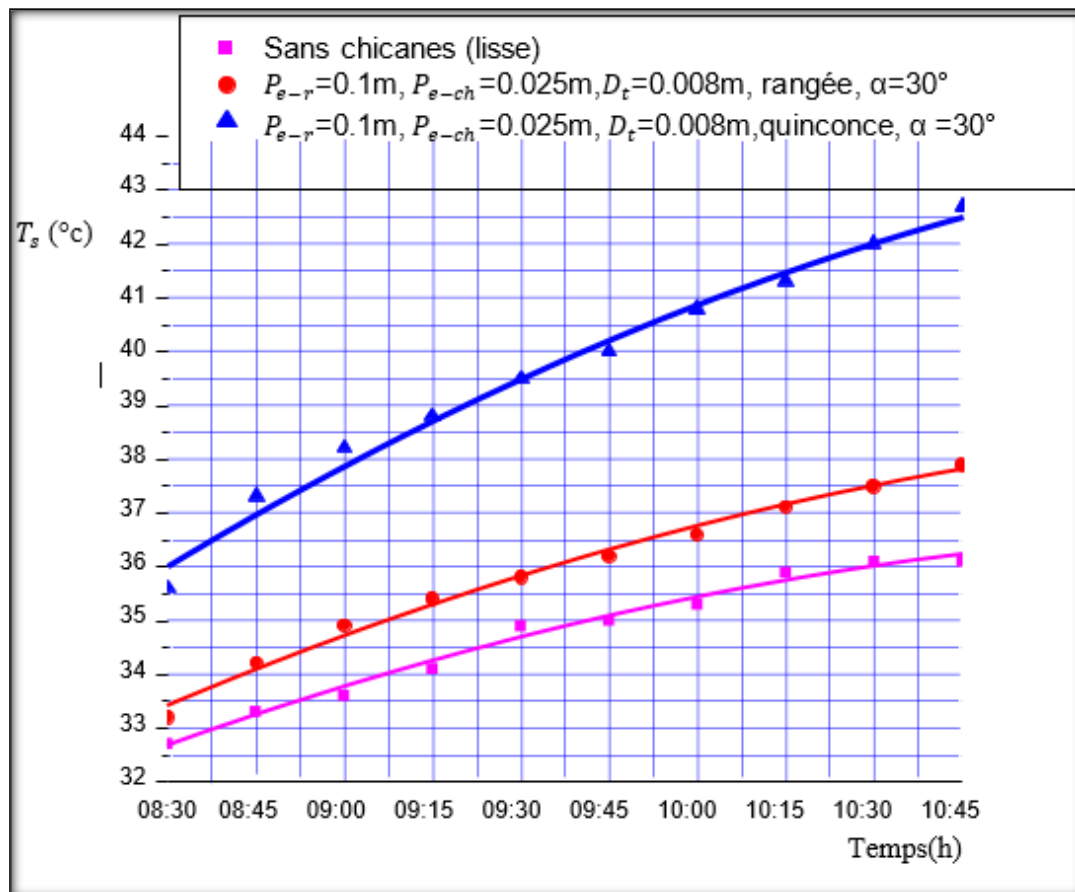
II.3.1 Représentation graphique de l'évolution de la température de sortie en fonction du temps :



Figure(II.2): Evolution de la température de sortie en fonction du temps

(Variable= P_{e-r})

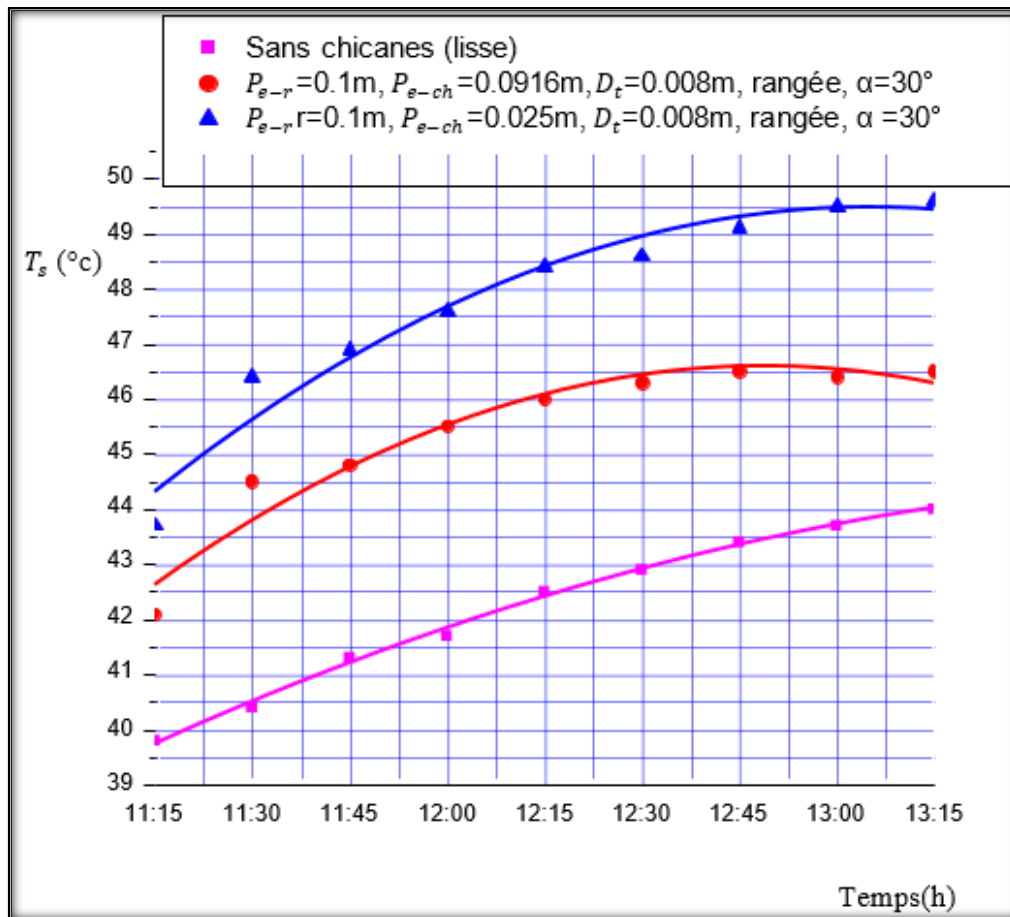
D'après les représentations graphiques ci-dessus, on constate que, la température de sortie (T_s) du panneau solaire plan à air muni de chicanes augmente en fonction de Variable P_{e-r} , tout cela en comparaison avec un panneau solaire plan à air lisse (sans chicanes).



Figure(II.3): Evolution de la température de sortie en fonction du temps

(Variable =disposition des chicanes)

D'après les représentations graphiques ci-dessus, on constate que, la température de sortie (T_s) du panneau solaire plan à air muni de chicanes augmente en fonction de disposition des chicanes, tout cela en comparaison avec un panneau solaire plan à air en rangée et en quinconce avec un panneau solaire plan à air lisse (sans chicanes).



Figure(II.4): Evolution de la température de sortie en fonction du temps

(Variables= P_{e-ch})

D'après les représentations graphiques ci-dessus, on constate que, la température de sortie (T_s) du panneau solaire plan à air muni de chicanes augmente en fonction de Variable P_{e-ch} , tout cela en comparaison avec un panneau solaire plan à air lisse (sans chicanes).

II.4. Equations de base :

La modélisation mathématique d'un écoulement de fluide est fondée sur les lois de la conservation de masse, de la quantité de mouvement et d'énergie. Dans les coordonnées 2D cartésiennes et dans un écoulement incompressible et transitoire ; les équations de base sont données comme suit :

II.4.1. Equation de continuité :

C'est l'équation qui exprime la loi de conservation de la masse pour un volume de contrôle matériel. Elle s'exprime mathématiquement sous la forme suivante :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \cdot V) = 0$$

Où ρ est la masse volumique et V est le vecteur de vitesse.

II.4.2 Equation de quantité de mouvement :

Le principe de conservation de la quantité de mouvement permet d'établir les relations entre les caractéristiques du fluide lors de son mouvement et les causes qui le produisent. Il indique que le taux de variation de quantité de mouvement contenu dans le volume de contrôle est égal à la somme de toutes les forces extérieures qui lui sont appliquées. Il s'écrit sous la forme suivante :

$$\frac{D(\rho \cdot V)}{Dt} = \rho F - \text{grad}(p) + \mu \Delta V + \frac{1}{3} \mu \text{grad}(\text{div}(V)) = 0$$

Où F est une force par unité de volume et μ est la viscosité dynamique.

II.4.3. Equation de conservation d'énergie :

L'équation de conservation d'énergie est obtenue à partir du premier principe de la thermodynamique. Ce principe met en relation les différentes formes d'énergie, soit :

$$\frac{D(\rho c_p T)}{Dt} = \Delta(KT) + q + \beta T \frac{Dp}{DT} + \mu \phi = 0$$

Avec :

$\frac{D(\rho c_p T)}{Dt}$: La variation totale d'énergie (par accumulation et convection).

$\Delta(KT)$: La variation d'énergie par conduction.

q : Puissance volumique dissipée.

$\beta T \frac{Dp}{DT}$: La variation d'énergie due à la compressibilité.

$\mu\phi$: La dissipation irréversible due au frottement visqueux.

Les coefficients c_p , K et β sont respectivement, la capacité calorifique, la conductivité thermique et le coefficient de dilatation isobare du fluide.

II.5. Conclusion

Le développement des techniques de résolution numériques telles que les méthodes des différences, éléments et volumes finis ont servi à mettre au point des codes traitant les principaux problèmes de la mécanique des fluides, notamment : les transferts de masse et de chaleur, les écoulements mono et multiphasiques, la turbulence, etc. Dans le présent travail, le calcul sera effectué à l'aide du code de calcul « FLUENT » 19.2 qui est basé sur la méthode des volumes finis. Le calcul CFD est passé d'une curiosité mathématique pour devenir un outil essentiel dans presque tous les domaines liés à la dynamique des fluides. Il permet une analyse approfondie et locale de la mécanique des fluides dans un grand nombre d'équipements. Aujourd'hui, on parle couramment du calcul CFD comme un domaine traitant la résolution numérique des phénomènes de transport couplés à la mécanique des fluides. [18]

Chapitre III :

Simulation numérique

III.1. Introduction

L'analyse des phénomènes complexes tels que le transfert de chaleur, les écoulements d'eau et d'air nécessitent une bonne compréhension du système analytique des mécaniques des fluides, et les champs d'application de ces systèmes, voire les différentes étapes de traitement du code CFD afin d'obtenir les résultats qui expliquent notre phénomène en question.

Le choix du logiciel de simulation dépend de nos données d'entrée (inputs) et de la nature de notre expérience et les conditions dans lesquelles elle est inscrite [19].

III.2. Définition du CFD

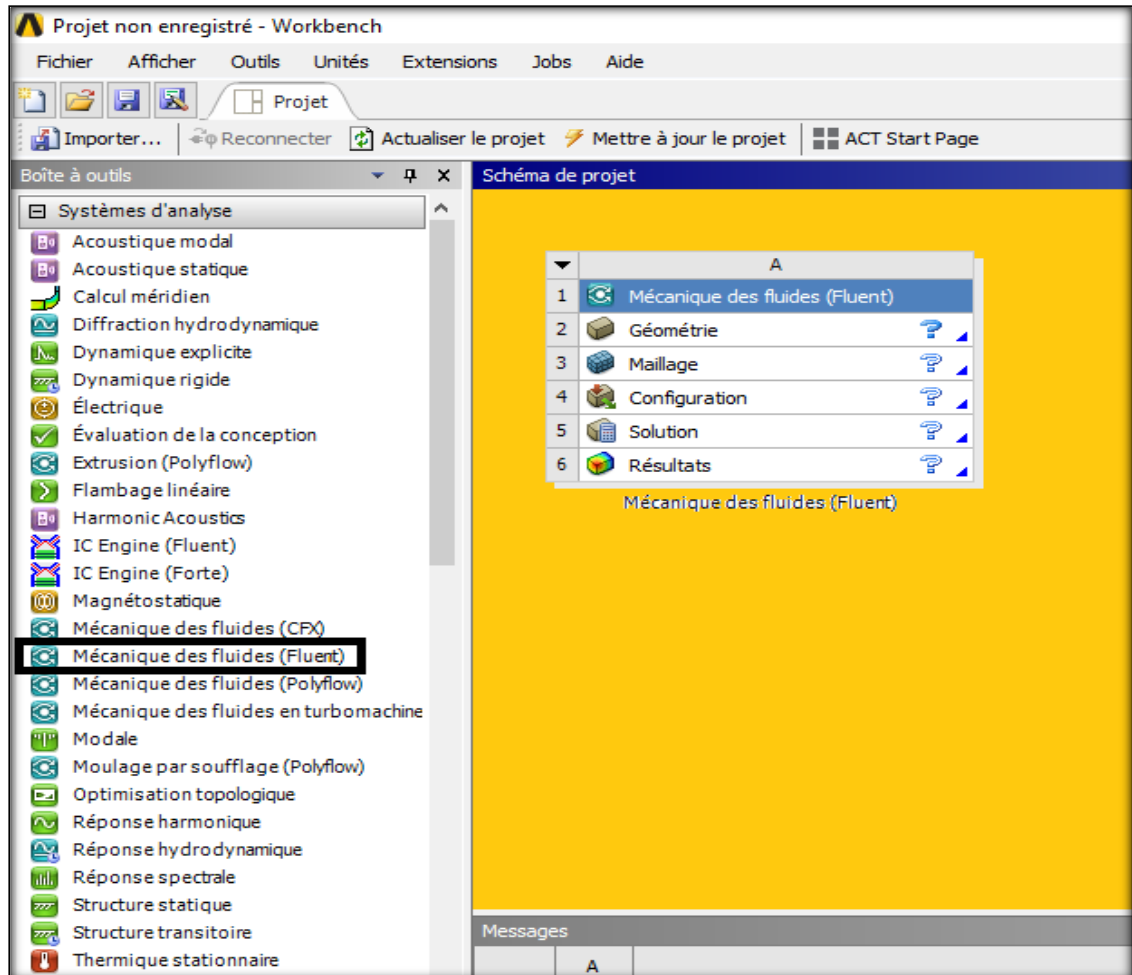
La dynamique des fluides computationnelle ou CFD (Computational Fluid Dynamics) est l'analyse des systèmes d'écoulement des fluides, le transfert de la chaleur et tous les phénomènes associés tels que les réactions chimiques en utilisant la simulation par ordinateur. La technique est très puissante et couvre un large champ d'applications industrielles et non industrielles tels que : l'aérodynamique, hydrodynamique, centrale électrique, turbomachines, de l'ingénierie de processus chimique, génie maritime, génie de l'environnement, de la métrologie, de l'ingénierie biomédicale, l'hydrologie et l'océanographie voire l'environnement externe et interne des bâtiments [20].

III.3. Présentation du logiciel de simulation « ANSYS Fluent »

ANSYS FLUENT est un logiciel de simulation CFD qui permet de modéliser l'écoulement du fluide, le transfert de chaleur, et les réactions chimiques dans des géométries complexes. Ce programme est écrit dans le langage C de programmation et permet d'utiliser pleinement la flexibilité et la puissance offerte par cette langue. ANSYS FLUENT utilise une architecture client / serveur, ce qui lui permet d'exécuter des processus simultanés distinctes sur plusieurs postes de travail client et serveurs de calcul puissants [21]. Cette architecture est essentielle pour une exécution efficace, un contrôle interactif, et une flexibilité totale entre les différents types de machines ou de systèmes d'exploitation, [22]

III.4 Menu principal du logiciel

L'interface graphique de Workbench ANSYS est montrée sur la (Figure III.1). Dans cette étude, nous utilisons mécanique des fluides (fluents) :



Figure(III.1) : La fenêtre principale du logiciel ANSYS Workbench.

III.5. Les différentes étapes

- ✓ **Géométrie** : Utilisé pour importer ou de créer ou de modifier ou de mettre à jour un modèle qui peut être utilisé pour l'analyse.
- ✓ **Maillage** : Cette cellule est liée à la définition de la géométrie, systèmes de coordonnées et réseau de communication dans le module de simulation mécanique.
- ✓ **Configuration** : Permet de définir les charges et conditions aux limites et une autre configuration pour l'analyse.
- ✓ **Solution** : La solution cellulaire permet d'accéder aux données.

✓ **Résultats** : Cette cellule combine les résultats de l'analyse.






 Géométrie	<i>Création de la géométrie</i>	<i>ANSYS Design Modeler</i>
 Maillage	<i>Maillage</i>	<i>ANSYS Meshing</i>
 Configuration	<i>Mise en données et simulation</i>	<i>ANSYS fluent</i>
 Solution	<i>Résultats CFD</i>	
 Résultats	<i>Post-processus</i>	<i>CFD-Post</i>

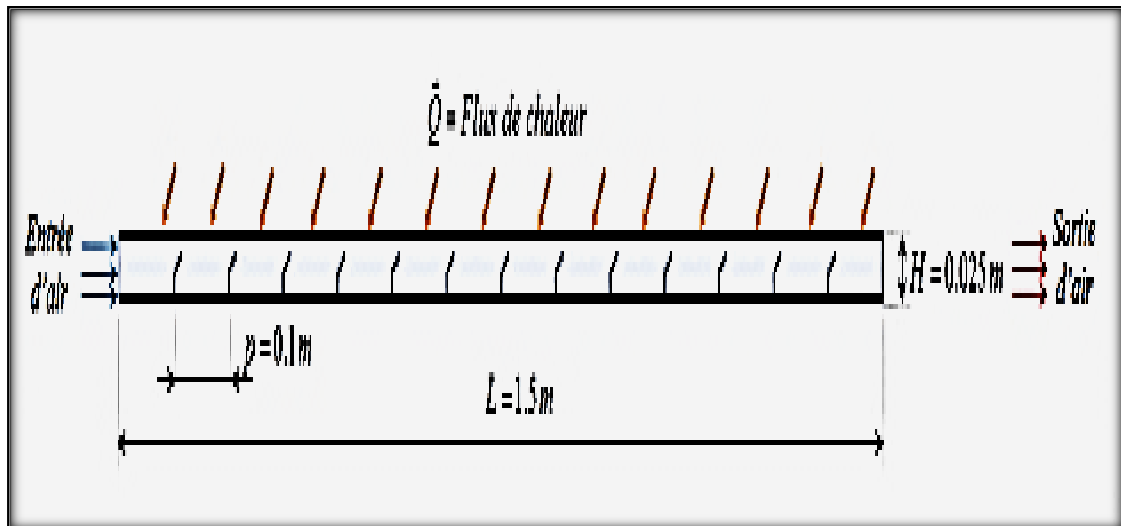
Tableau III.1 : Les étapes de Modélisation et les sous-programmes qui en sont responsables.

III.6. Cas bidimensionnel (2D)

La géométrie étudiée a pour dimensions (Figure.III.2) :

- ✓ Un absorbeur de longueur $L = 1.50 \text{ m}$.
- ✓ Une paroi inférieure isolante de longueur $L = 1.50 \text{ m}$.
- ✓ Une hauteur H égale à 0.025 m .

Cette géométrie renferme une lame d'air d'une épaisseur égale à la hauteur de la veine d'air qui prend la valeur $H = 0.025 \text{ m}$



Figure(III.02) : Schéma de la veine d'air dynamique en configuration 2D

III.7. Hypothèses Simplificatrices Proposées

Il est maintenant nécessaire d'effectuer un certain nombre d'hypothèses afin simplifier qui décrit la physique de ce problème, donc on adopte les hypothèses suivantes :

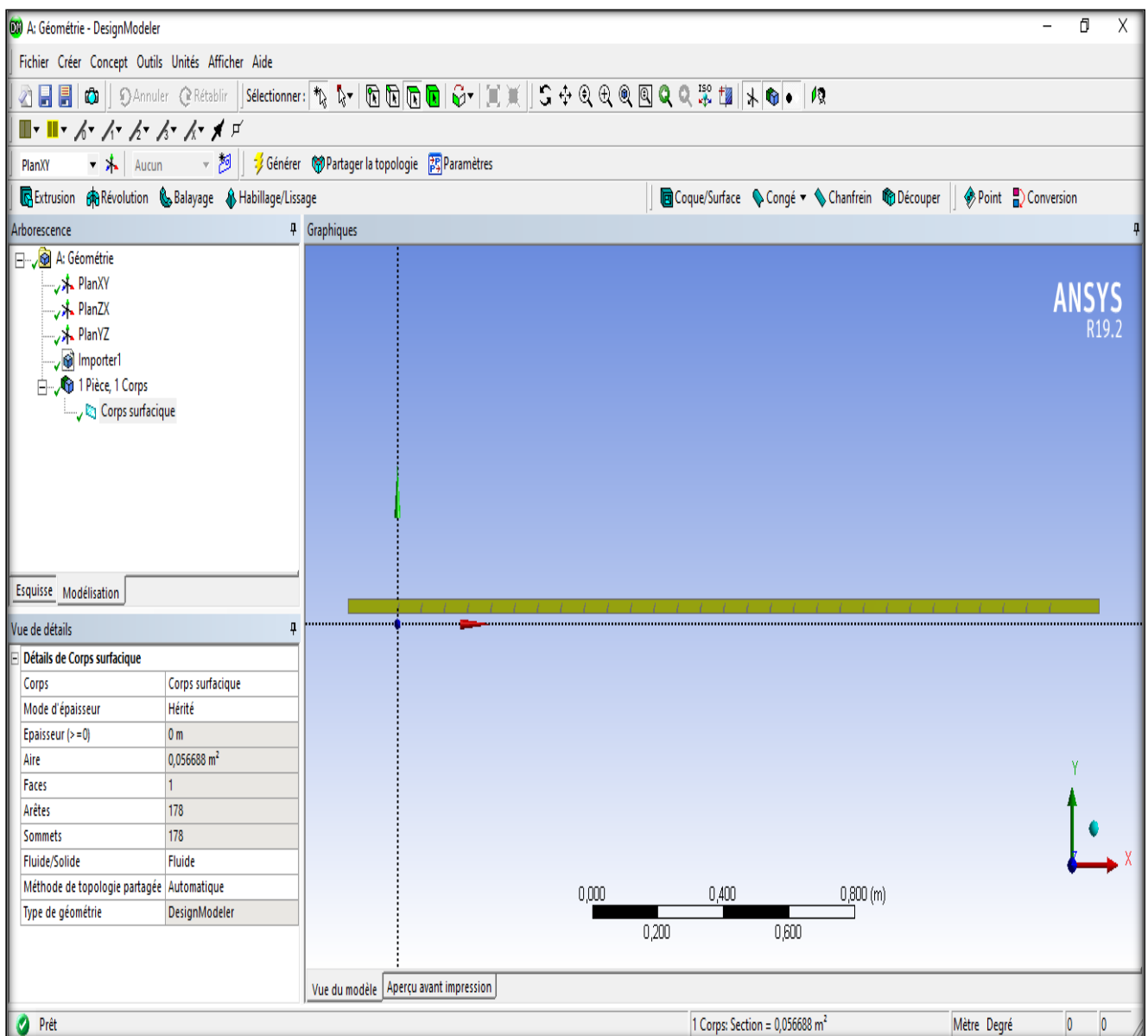
- Le fluide est un fluide Newtonien et compressible.
- Le régime de l'écoulement à l'intérieur du canal est turbulence
- La vitesse du fluide est uniforme.
- Les pertes par rayonnements au fond et aux surfaces latérales de l'isolant sont supposées négligeables.
- L'air circule en convection forcée
- Le régime est stationnaire et bidimensionnel (2D).
- L'écoulement est monophasique, ses propriétés thermo- physiques sont constantes et indépendantes de la température.

Les géométries étudiées est composé de trois phases on va varier la longueur entre les rangées de chicane

	ε	P_{e-r}	L_{c-s}	θ
Géométrie 01	17,5	100	1500	30°
Géométrie 02	17,5	70	1500	30°
Géométrie 03	17,5	70	1500	60°
Géométrie 03	17,5	50	1200	30°

Tableaux (III.2) : Différente configurations réalisés

Le domaine d'étude est présenté dans la figure ci-dessous.



Figure(III.3) : L'interface d'ANSYS Design Modeler et la géométrie.

III.8. Les processus de la simulation

III.8.1. Creation de la géométrie

Pour créer une géométrie avec ANSYS Workbench double clic sur géométrie pour ouvrir le module de création géométrique « Design Modeler ». Il faut préciser que l'on va travailler en 2D ou bien en 3D, notre géométrie ca serra en 2 D

III.8.2 Maillage

La résolution des équations de la mécanique des fluides, assorties des modèles décrits précédemment, nécessite l'utilisation d'un maillage dont il faut définir le raffinement. Plusieurs considérations ; numériques, physiques et pratiques, interviennent. Lors de la résolution numérique des équations de Navier-Stokes (ou de tout autre système d'équations) il est indispensable de s'assurer que l'erreur de discrétisation spatiale soit suffisamment faible pour l'utilisation que l'on souhaite faire des résultats (l'erreur de discrétisation spatiale est l'écart entre la solution discrète obtenue et la solution exacte continue)

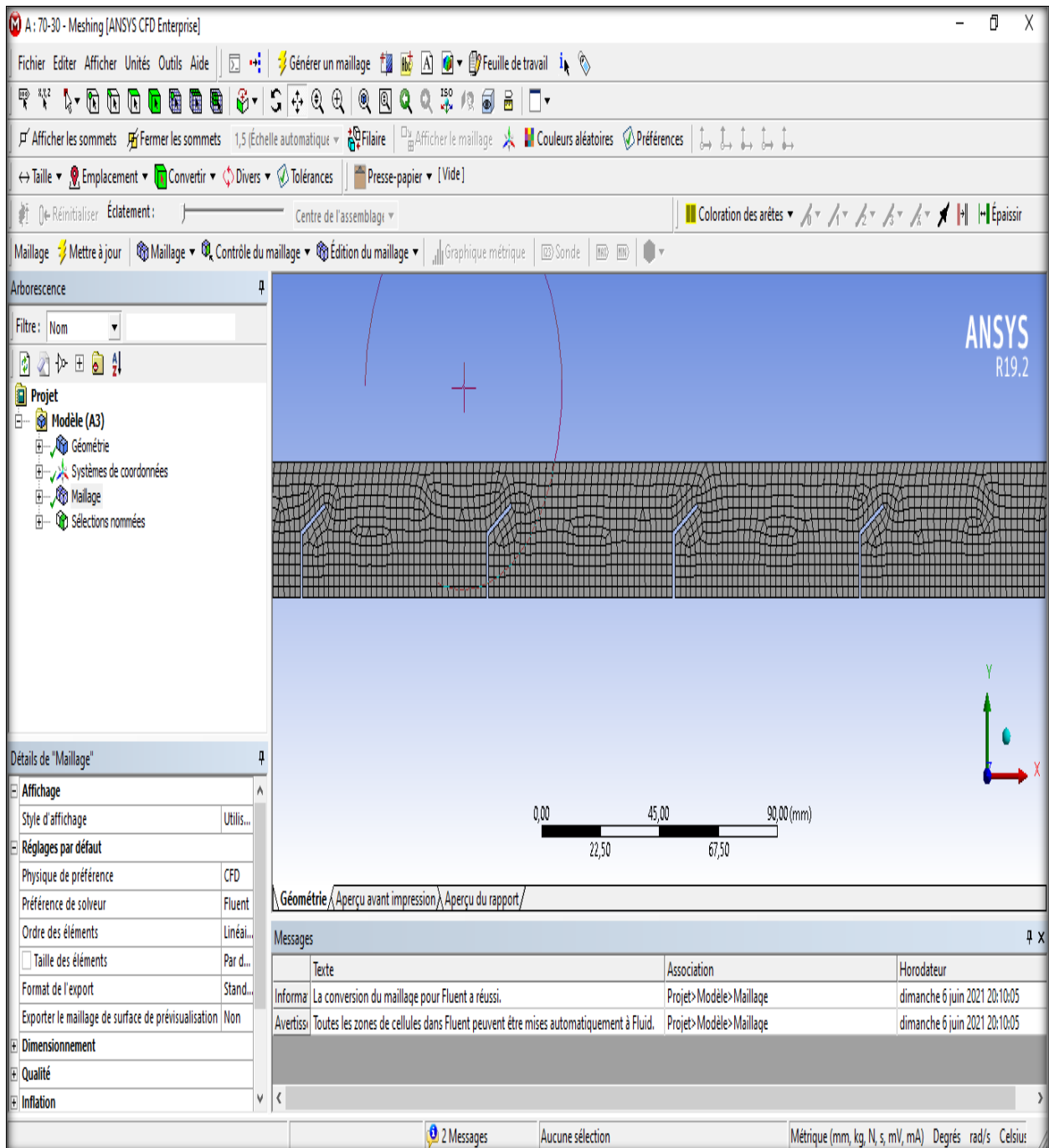
De plus, il est important de s'assurer que le maillage utilisé est suffisamment raffiné pour que l'erreur soit faible. Pour cela, il est généralement conseillé de réaliser plusieurs calculs successifs en raffinant le maillage jusqu'à ce que les grandeurs recherchées n'évoluent plus (ou évoluent dans une plage admissible, étant donnée la précision recherchée),

III.8.3 .Qualité du maillage

Pratiquement, il n'existe pas de règle précise pour la création d'un maillage valable. Cependant, il existe différentes approches qui permettent d'obtenir une grille acceptable, où il est recommandé de :

- Maintenir une bonne qualité des éléments.
- Assurer une bonne résolution dans les régions à fort gradient.
- Assurer un bon lissage dans les zones de transition entre les parties à maillage fin et les parties à maillage grossier.
- Minimiser le nombre total des éléments (temps de calcul raisonnable). La génération du maillage en 2D ou en 3D est considéré la phase la plus importante dans notre étude, vu l'influence de ses paramètres sur la solution calculée.

Dans ce travail, le maillage est raffiné près de la paroi des chicanes, de telle sorte à ce que la distance entre le premier nœud et la paroi soit inférieure à la fois à l'épaisseur de la sous couche visqueuse et au plus petit segment dans le domaine physique, en tenant en compte de minimiser les éléments présentant des distorsions (Skewness). Enfin, la qualité de maillage a un sérieux impact sur la convergence, la précision de la solution et surtout sur le temps de calcul. [23]



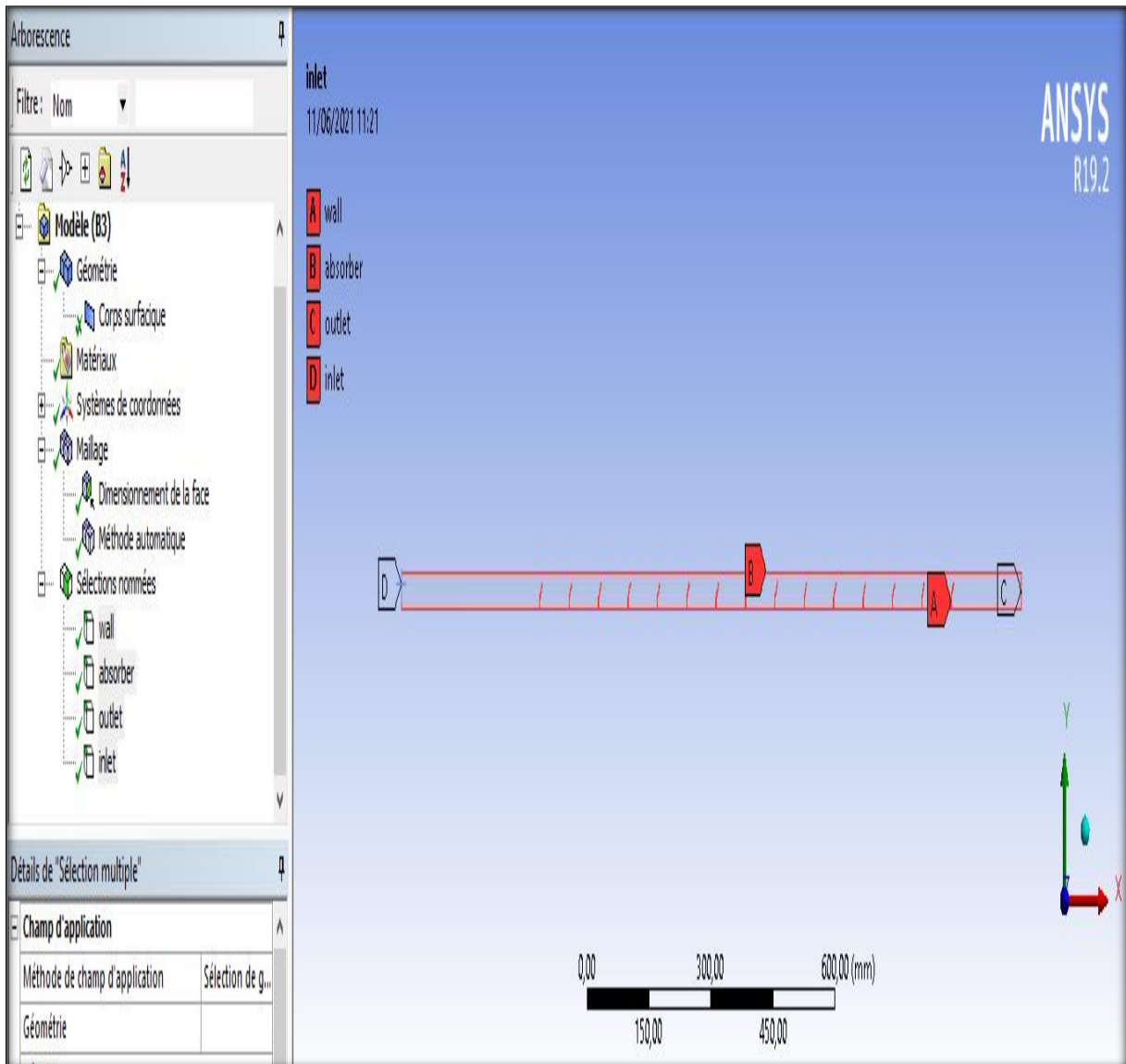
Figure(III.4) Spécification de la méthode de Maillage

Dans le code de calcul Fluent, il existe un large éventail de conditions aux limites qu'il convient à l'utilisateur de bien utiliser selon le problème étudié.

III.8.4. Nomination des arêtes

L'étape suivante consiste à nommer les différentes parties de la géométrie afin de :

- Définir les conditions aux limites les problèmes (entrées, sorties etc.).
- Définir les conditions sur le maillage au niveau des différentes sélections.



Figure(III.5): Nomination des différentes parties.

III.8.5 Configuration

Les calculs faits avec le modèle de turbulence $k-\epsilon$

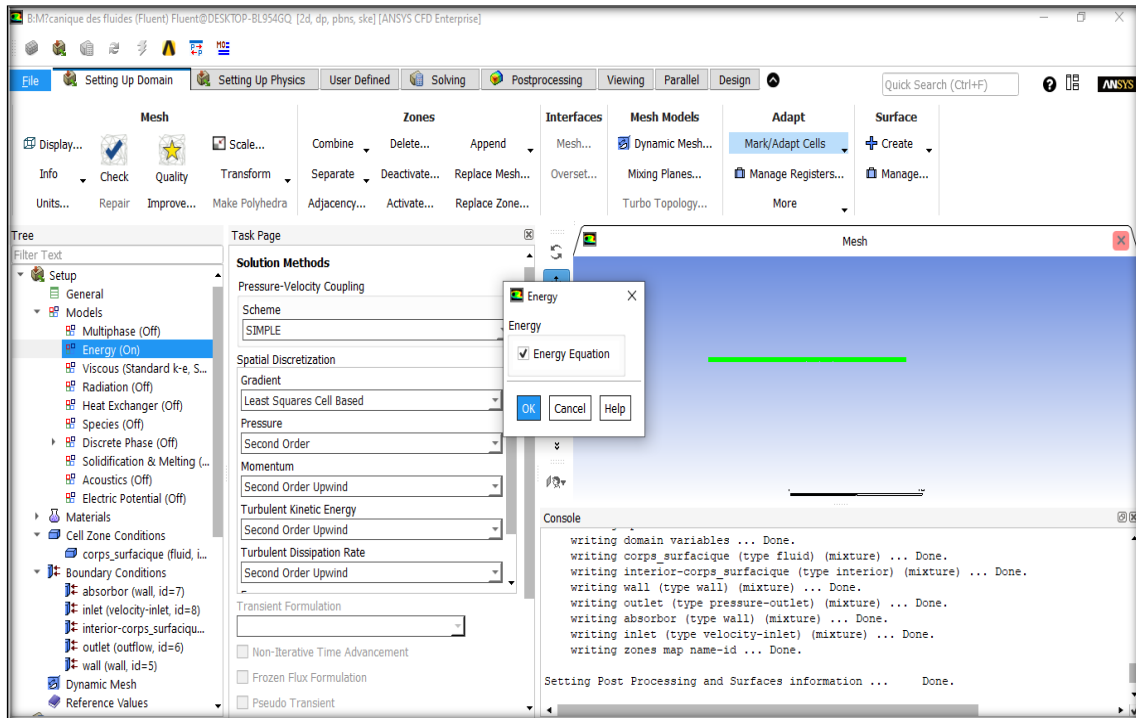


Figure III.6 Activer l'équation énergétique

III.8.6 Condition aux limites

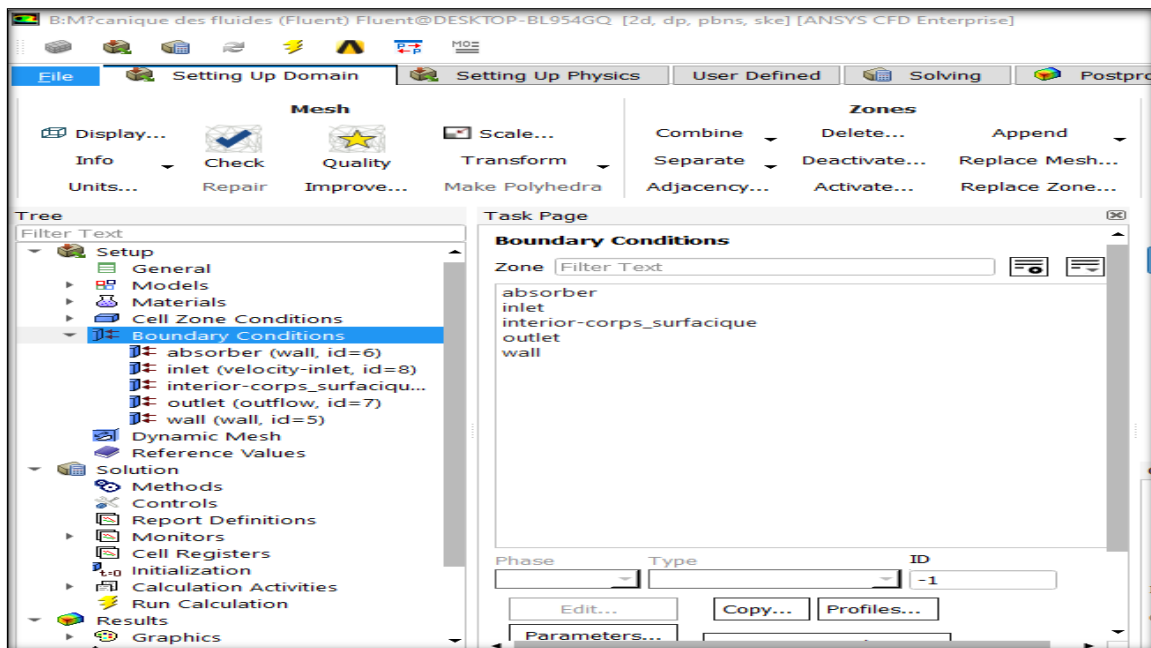
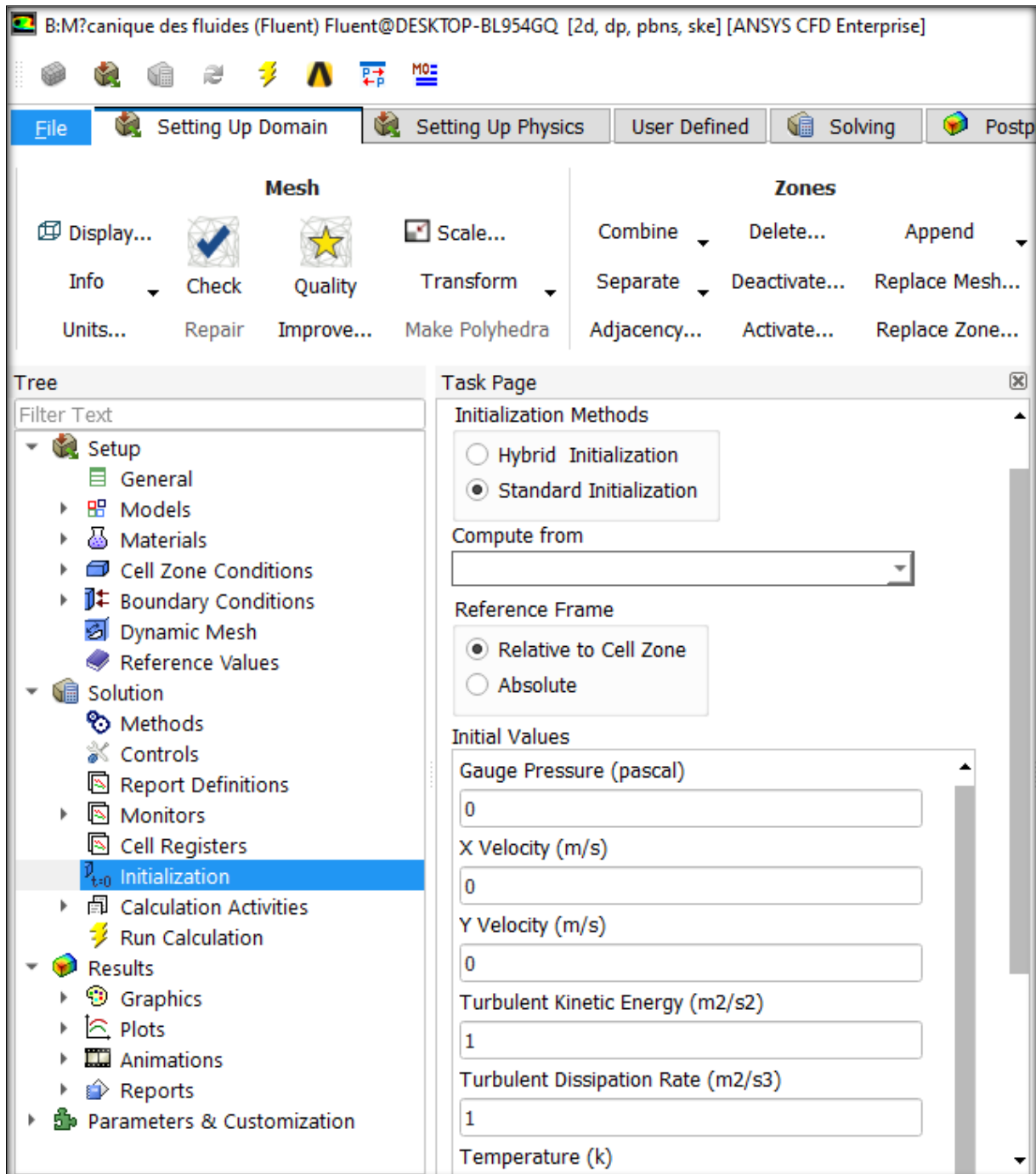


Figure III.7 : Choix les Condition aux limites.

III.8.7. Initialisation et itérations

Est un ensemble de méthodes d'interpolation des limites, où des variables, telles que la température, la turbulence, les fractions d'espèces, les fractions de volume, etc.,



Figure(III.8). Initialisation de calcul

III.8.8. La Convergence :

Depuis le lancement du calcul, nous avons choisi un maillage structuré avec des éléments de type quadra, le maillage choisit englobé 36226 nœuds. On remarque que la convergence est atteinte après 320 itérations (Figure (III.9))

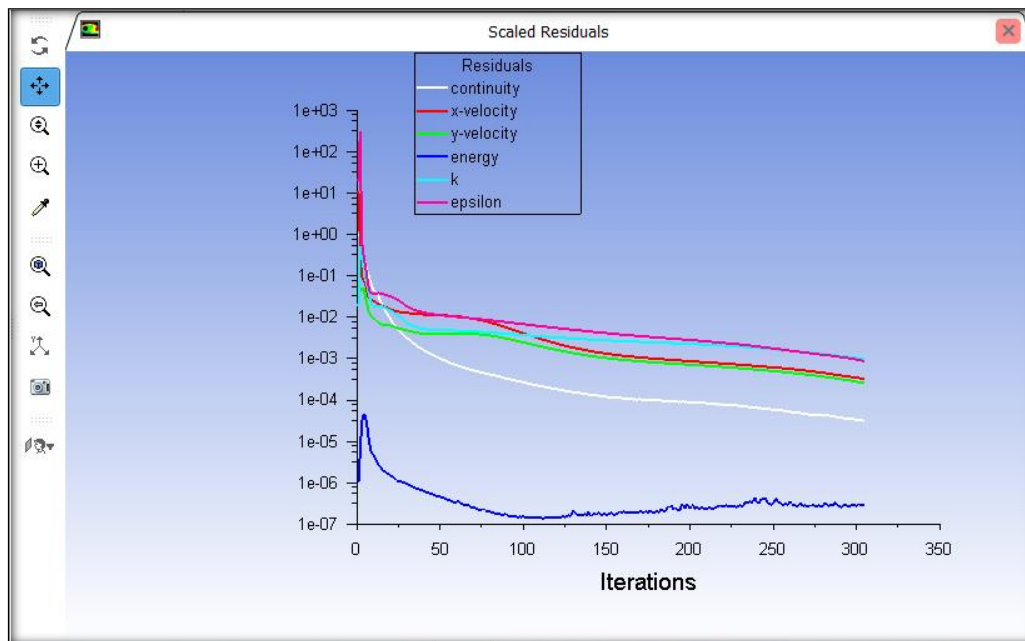
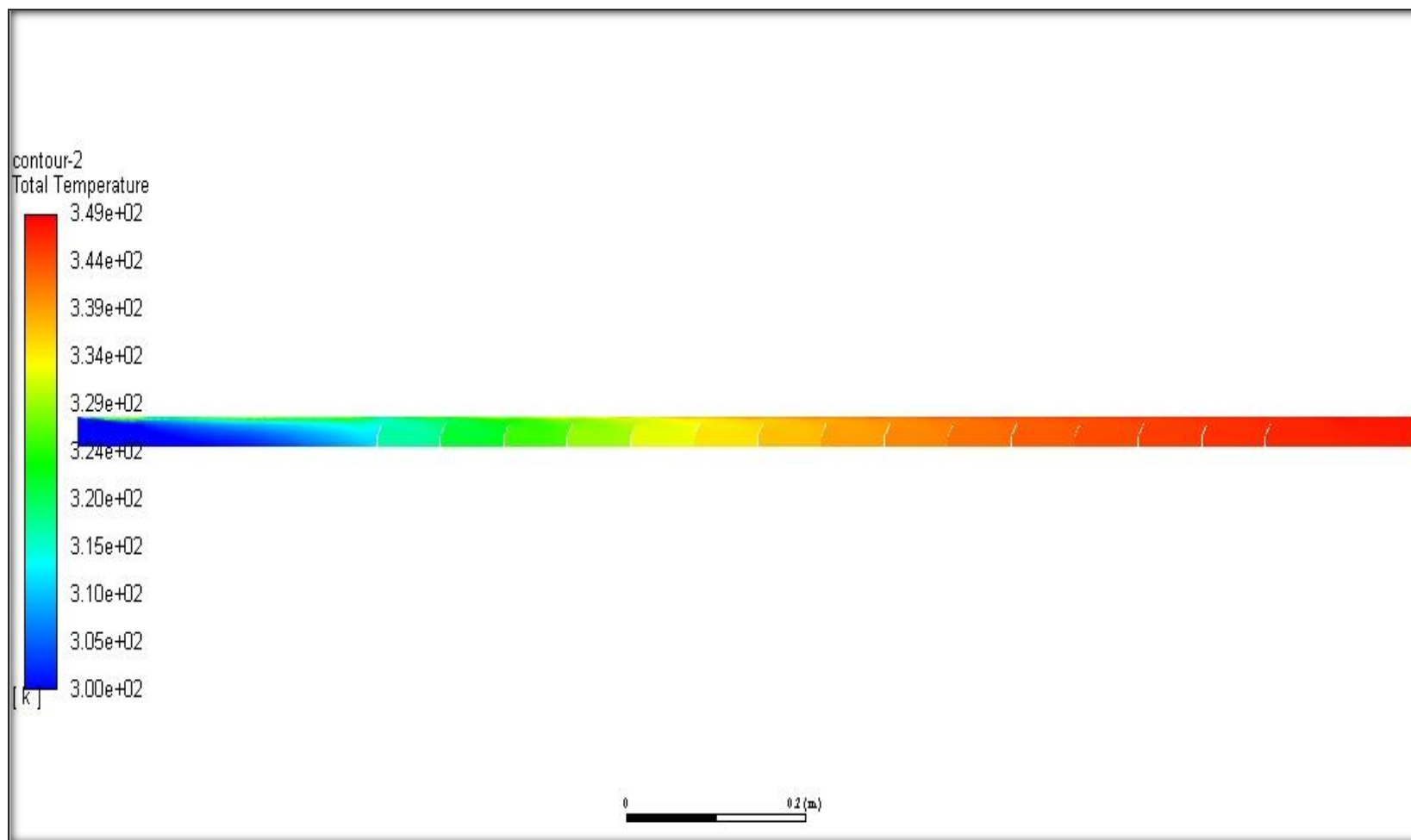


Figure III.9 : Présentation de l'évolution des résidus de calcul (Convergence de la solution).

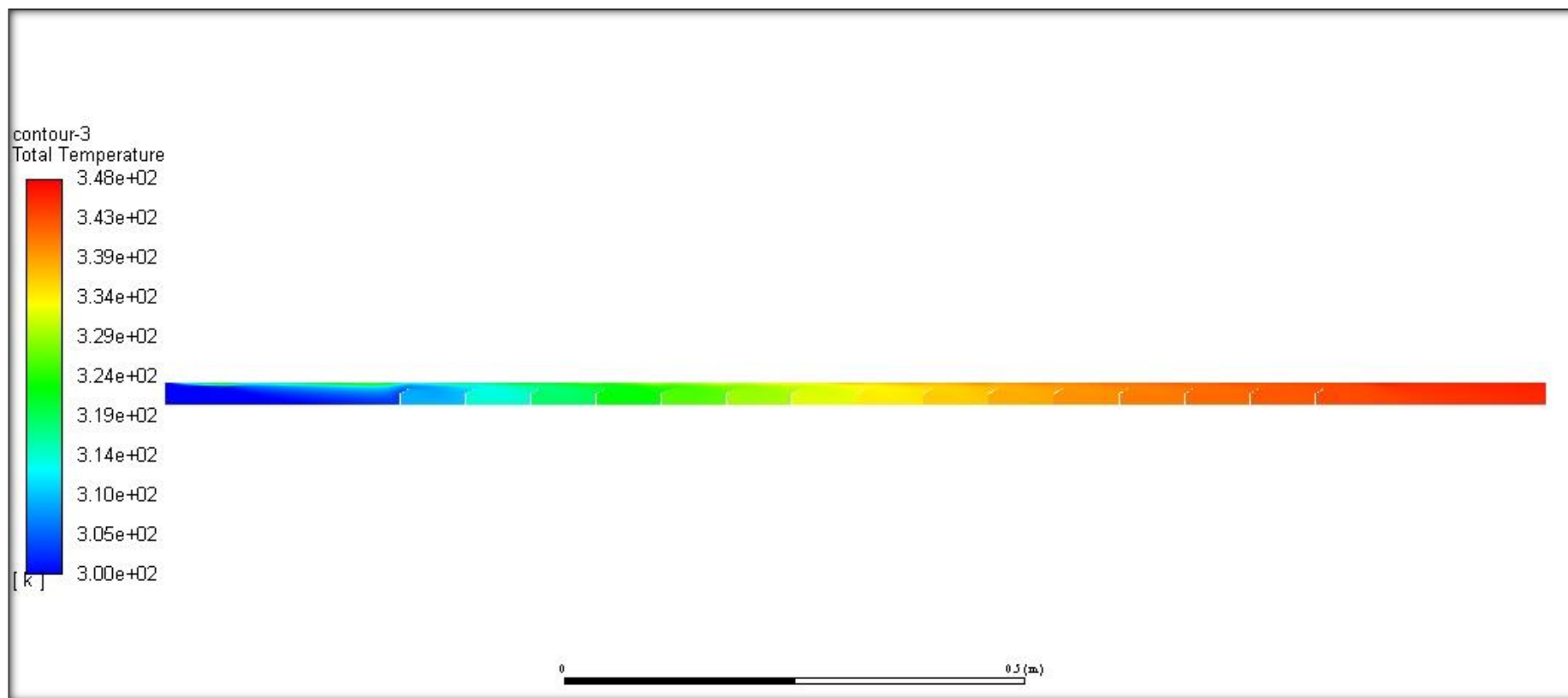
III.9. Champ de température :

Les traces des contours obtenus pour la distribution de la température sont données par les figures au-dessus. Comme l'air passe au-dessous de l'absorbeur l'échange thermique commence à partir de la surface à l'air. L'air proche de la surface est chauffé par convection. Cette couche chaude primaire se mélange avec l'air froid secondaire en raison de chicanes, et le transfert de chaleur faite en raison de la conduction et la convection. En conséquence, la température de l'air près de la surface est plus élevée, et va en diminuant en éloignement de la surface jusqu'à un tiers hauteur du conduit. Les figures suivant (Figure(III.10) Figure(III.11) Figure(III.12) Figure(III.13)) montre la répartition du champ de température pour une section transversale dans le plan (X, Y). À l'entrée, l'air à une température de 300 K, il commence à recevoir de la chaleur à travers la moitié de la distance entre l'entrée et la première chicane, ce qu'il atteigne une température de 350K à la sortie de capteur.



Figure(III.10): La variation de température dans le capteur solaire à air.

$$\varepsilon = 17,5\text{mm} ; P_{e-r} = 70\text{ mm} ; \theta = 60^\circ$$



Figure(III.11) : La variation de température dans le capteur solaire à air.

$$\varepsilon = 17,5\text{mm} ; P_{e-r} = 70 \text{ mm} ; \theta = 30^\circ$$

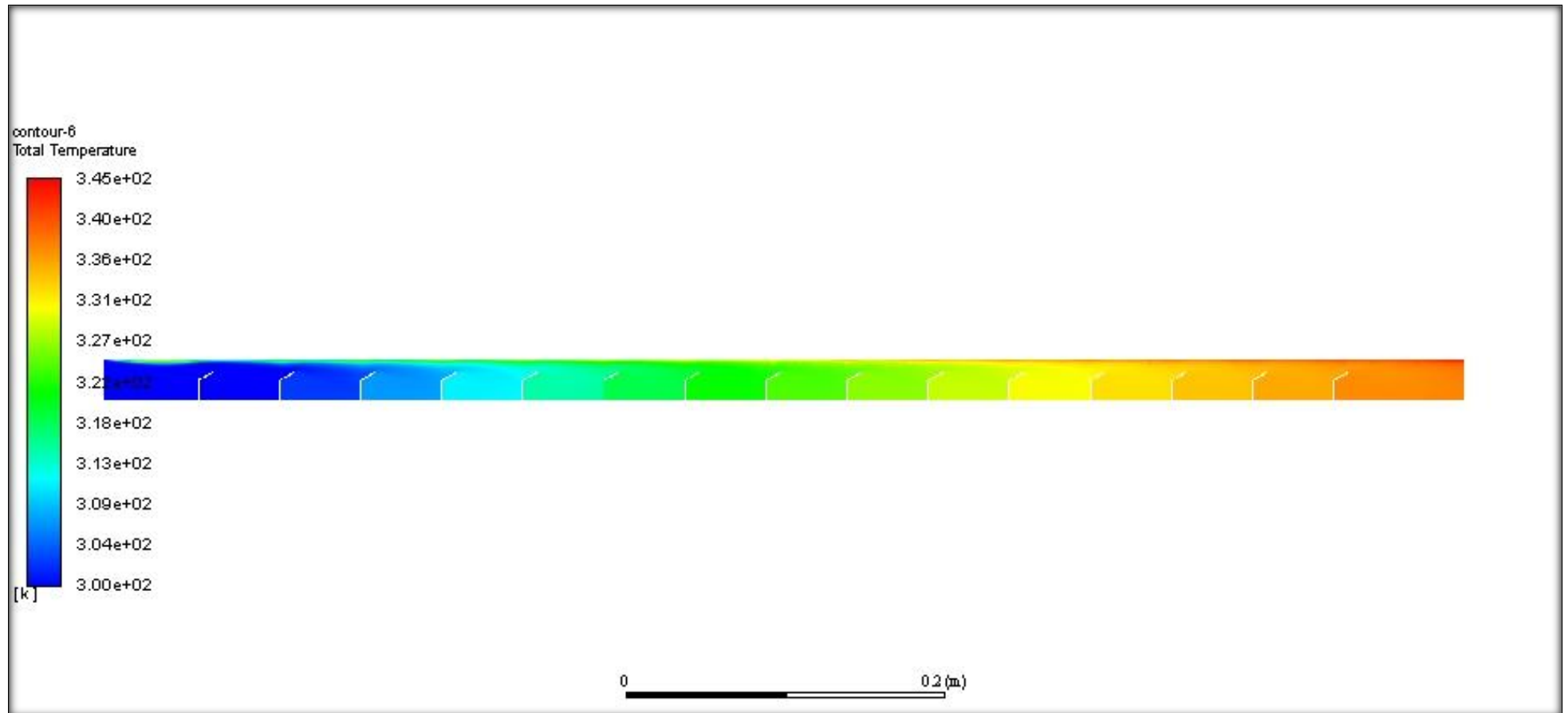


Figure III.12 : la variation de température dans le capteur solaire à air.

$$\varepsilon = 17,5\text{mm} ; P_{e-r} = 50\text{ mm} ; \theta = 30^\circ$$

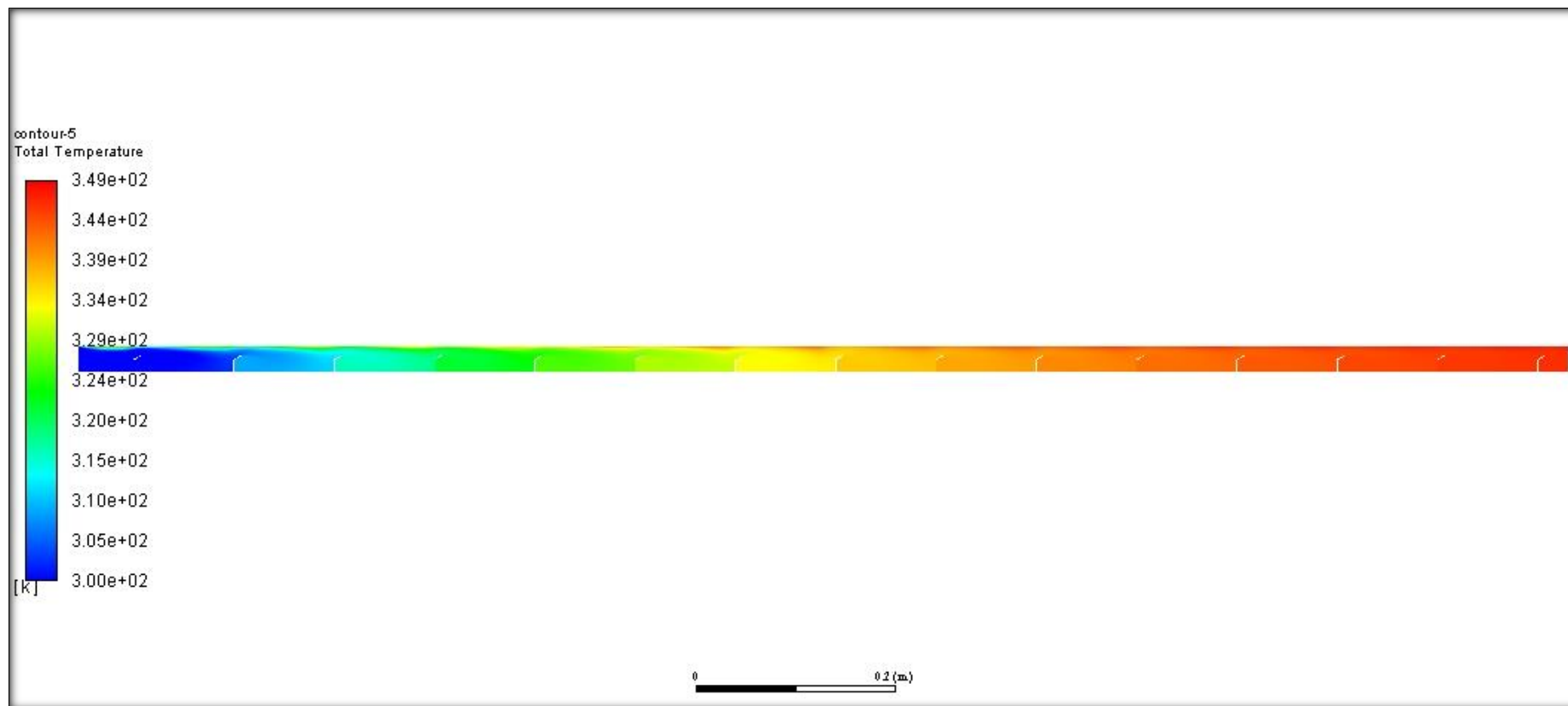
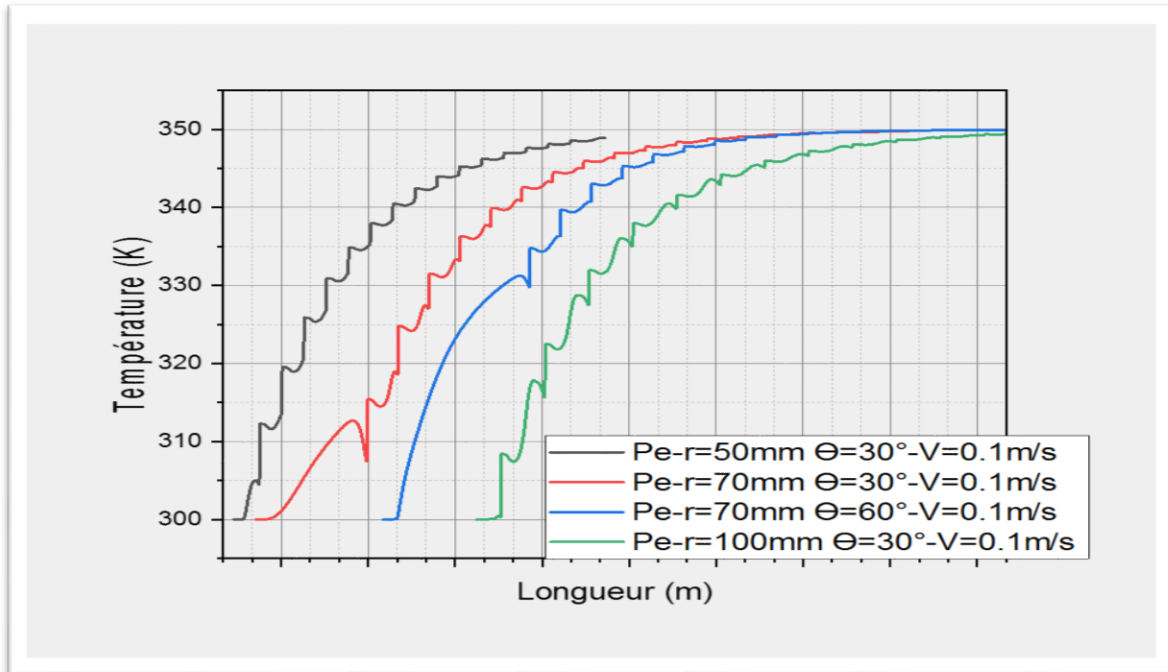


Figure III.13 : la variation de température dans le capteur solaire à air.

$$\varepsilon = 17,5 \text{ mm} ; P_{e-r} = 100 \text{ mm} ; \theta = 30^\circ$$

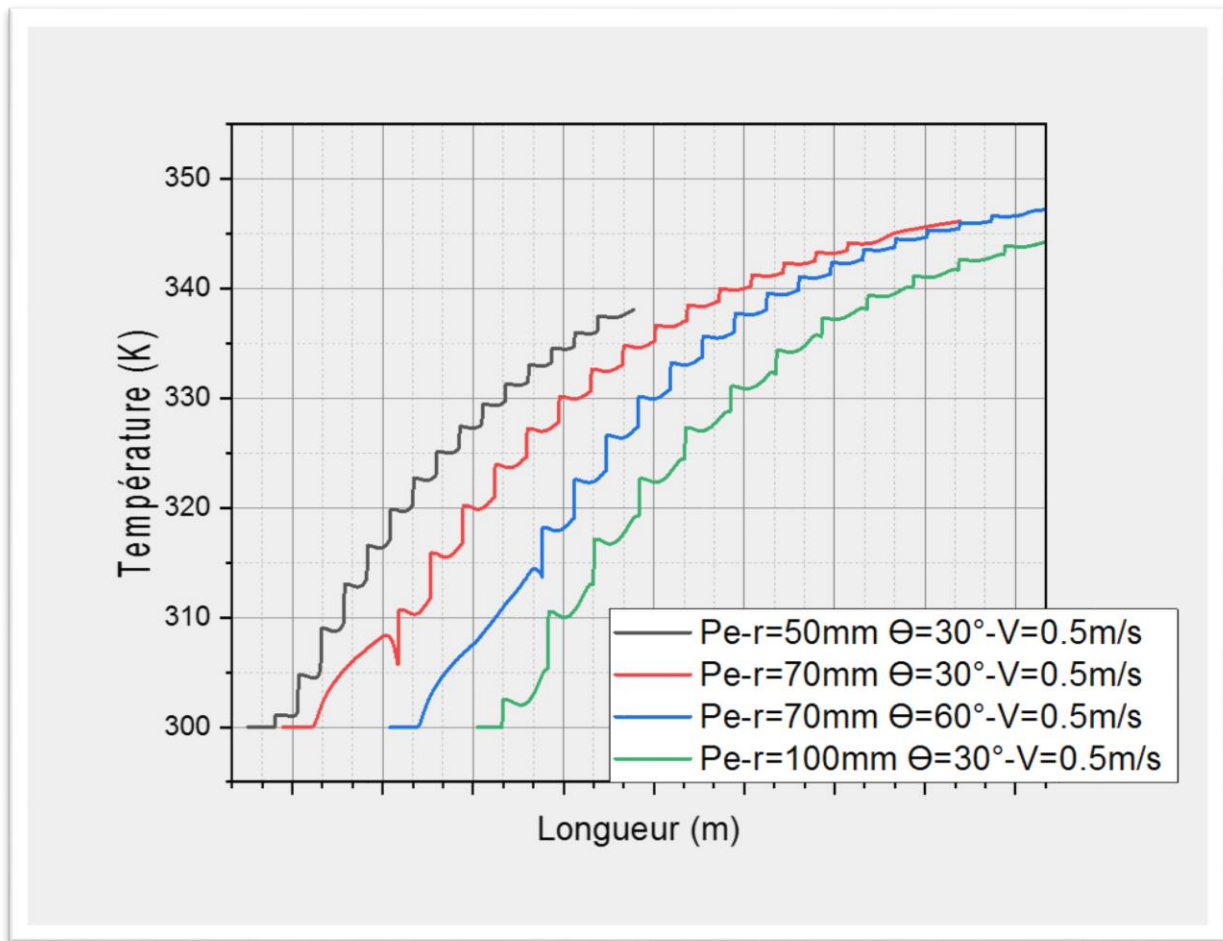
III.10. Les profils de la température :

Les profils de températures sont donnés par les figures (FigureIII.14, Figure III.15, FigureIII.16, FigureIII.14) en fonction de l'abscisse x et y dans le capteur solaire à air. Ces profils montrent que le comportement thermique est semblable pour les quatre cas étudié des positions des rangé comprises entre (100mm), (70mm) et (50mm) :



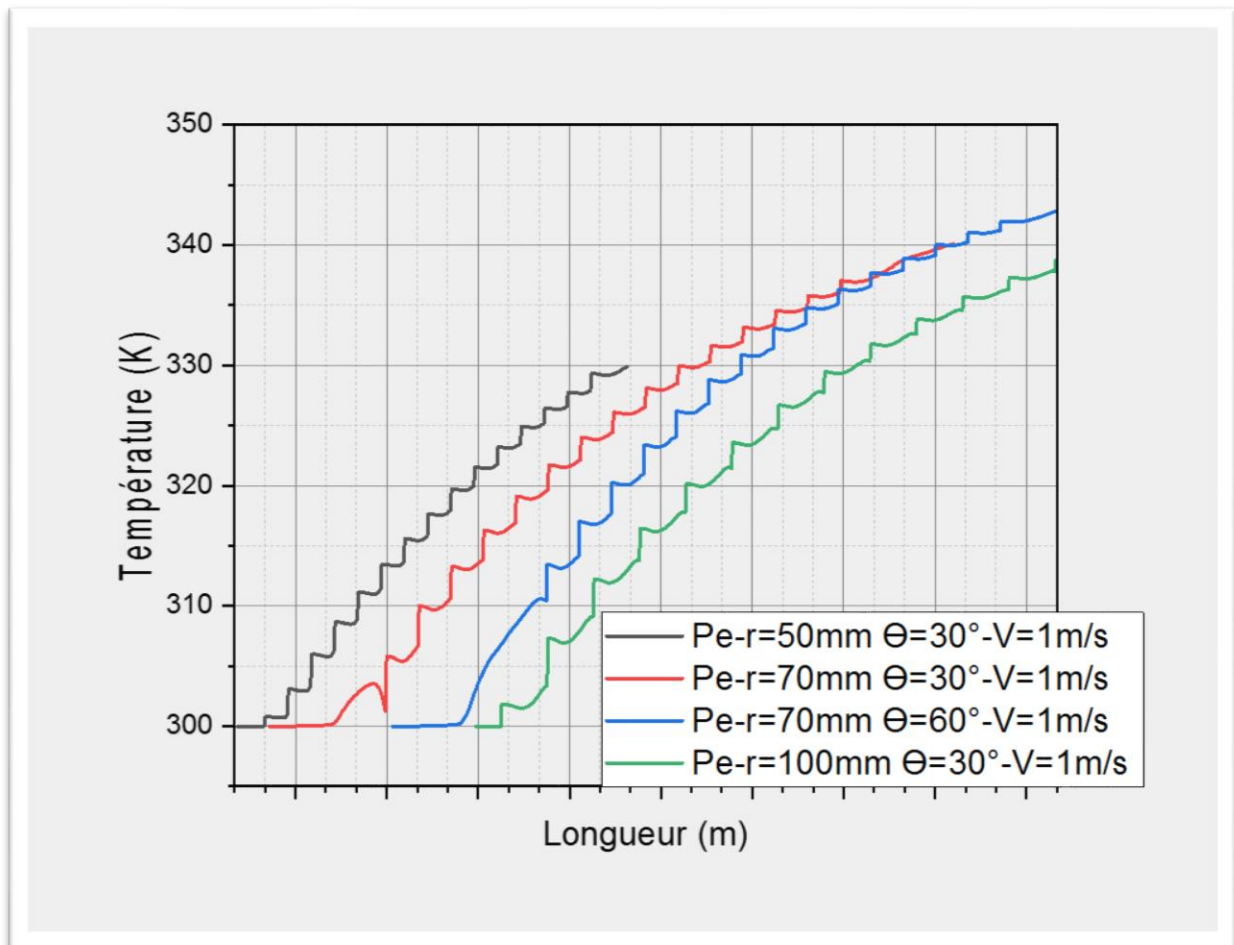
FigureIII.14 : Profil de température $\varepsilon = 17,5 \text{ mm}$; $P_{e-r} = (100 \text{ mm} ; 70 \text{ mm} (\theta = 30^\circ ; \theta = 60^\circ) ; 50 \text{ mm} ; \theta = 30^\circ)$ $V = 0.1 \text{ m/s}$

D'après les représentations graphiques ci-dessus, on constate que, la température de sortie (T_s) du panneau solaire plan à air muni de chicanes augmente en fonction de Variable P_{e-r} , plus le variable P_{e-r} est petit plus l'échange de chaleur est plus rapide.



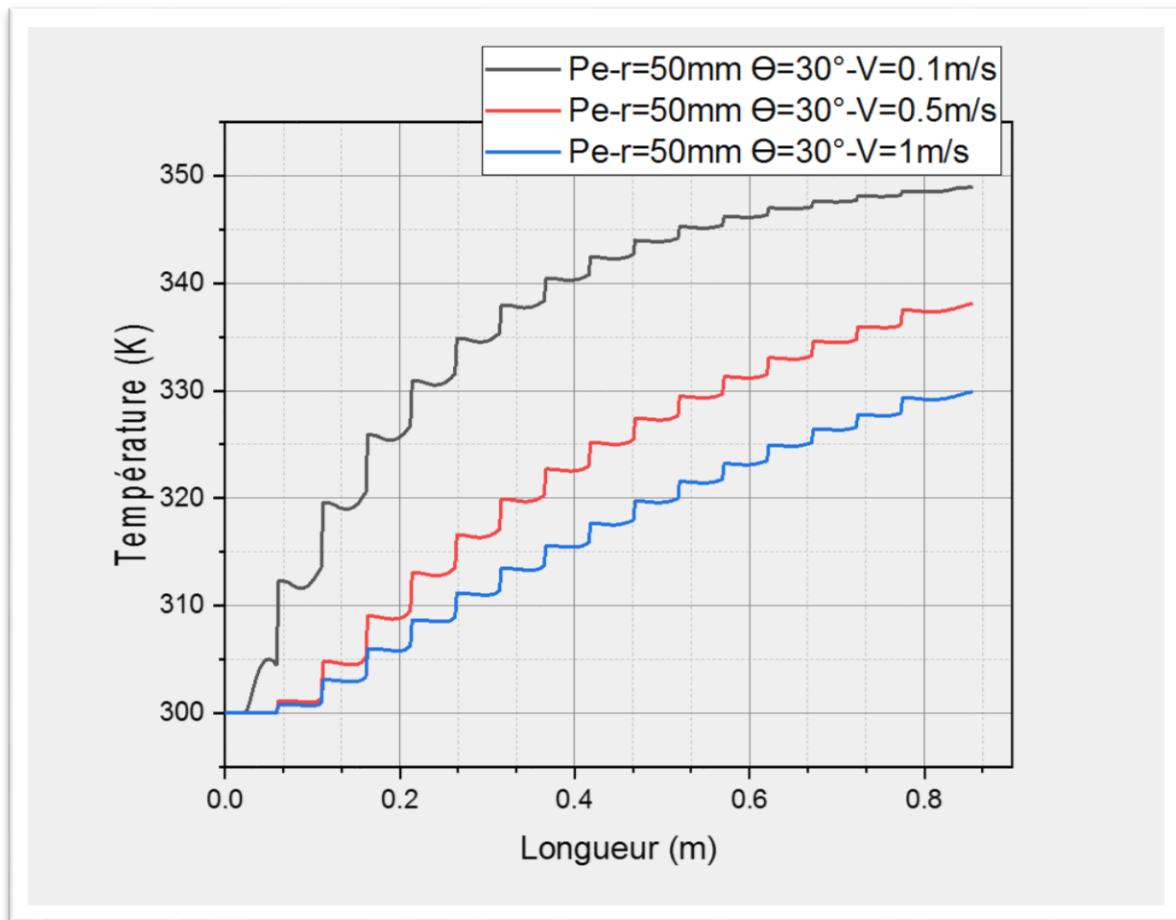
Figure(III.15) : profil de température $\varepsilon = 17,5 \text{ mm}$; $P_{e-r} = 100 \text{ mm}$; 70 mm ($\theta = 30^\circ$; $\theta = 60^\circ$) 50 ; $\theta = 30^\circ$ $V = 0.5 \text{ m/s}$

D'après les représentations graphiques ci-dessus, on constate que, la température de sortie (T_s) du panneau solaire plan à air muni des chicanes augmente en fonction de Variable P_{e-r} , plus la vitesse est élevée plus la température de saturation est basse.



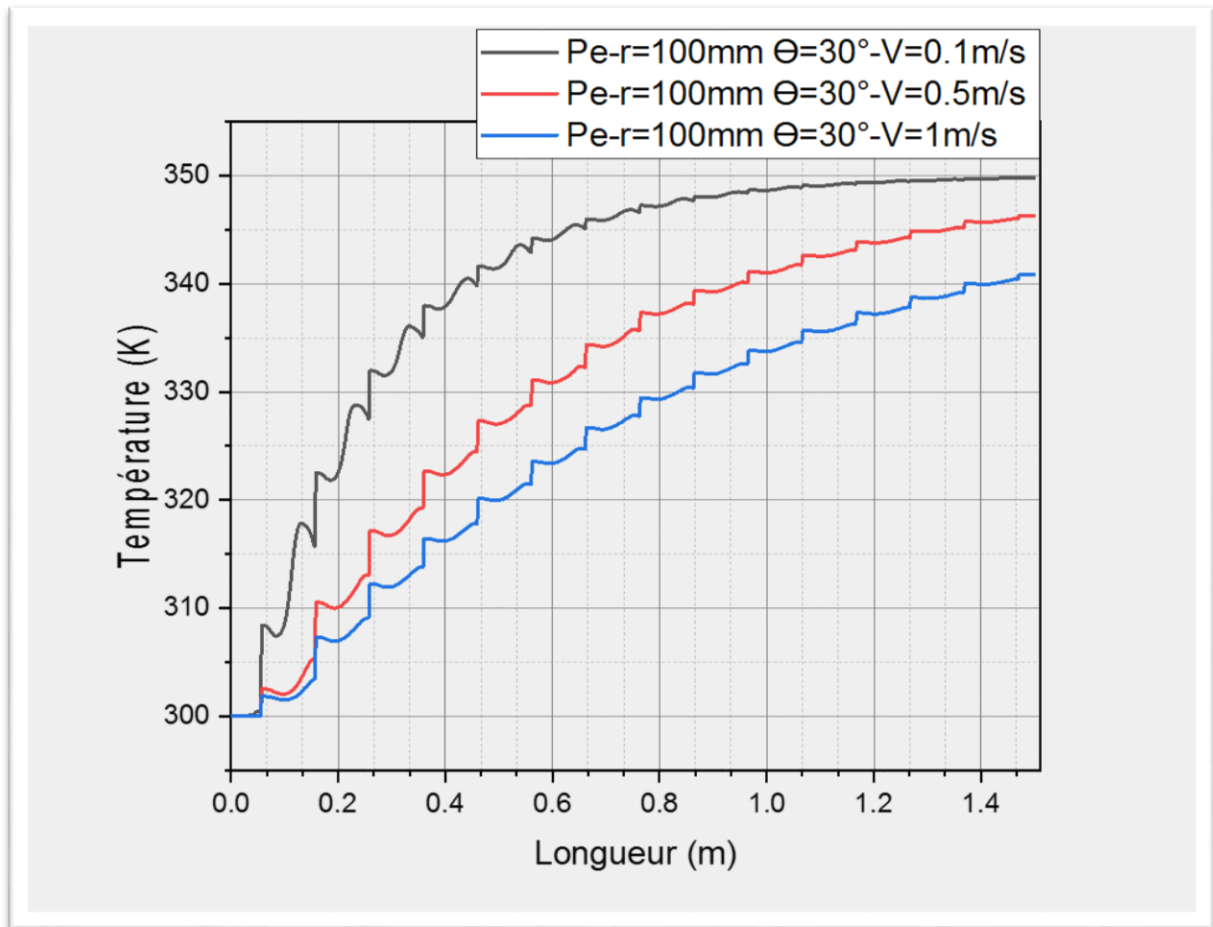
Figure(III.16) : Profile de température $\varepsilon = 17,5 \text{ mm}$; $P_{e-r} = 100 \text{ mm}$; 70 mm ($\theta=30^\circ$; $\theta=60^\circ$) ; 50) ; $\theta=30^\circ$; $V=1\text{m/s}$

D'après les représentations graphiques ci-dessus, on constate que, la température de sortie (T_s) du panneau solaire plan à air muni des chicanes augmente en fonction de Variable P_{e-r} , plus la vitesse est élevée plus la température de saturation est basse.



**Figure(III.17) : Profil de température $\varepsilon = 17,5 \text{ mm}$; $P_{e-r} = 50 \text{ mm}$; $\theta = 30^\circ$
 $V = (0.1 ; 0.5 ; 01) \text{ m/s}$**

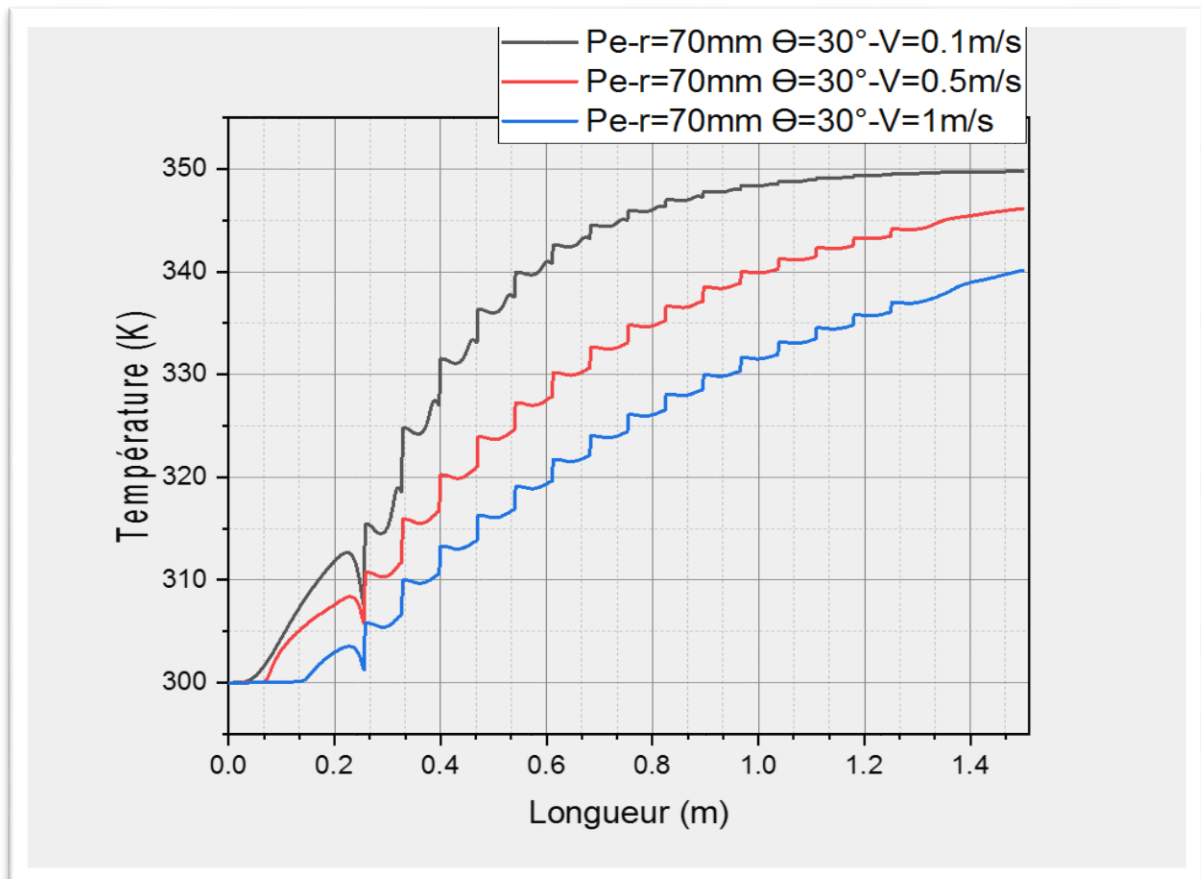
D'après les représentations graphiques ci-dessus, on constate que, la température de sortie (T_s) du panneau solaire plan à air muni des chicaneuses augmente en fonction de Variable P_{e-r} , plus la vitesse est élevée plus la température de saturation est basse.



Figure(III.18) : Profil de température $\epsilon = 17,5 \text{ mm}$; $P_{e-r} = 100 \text{ mm}$; $\theta = 30^\circ$

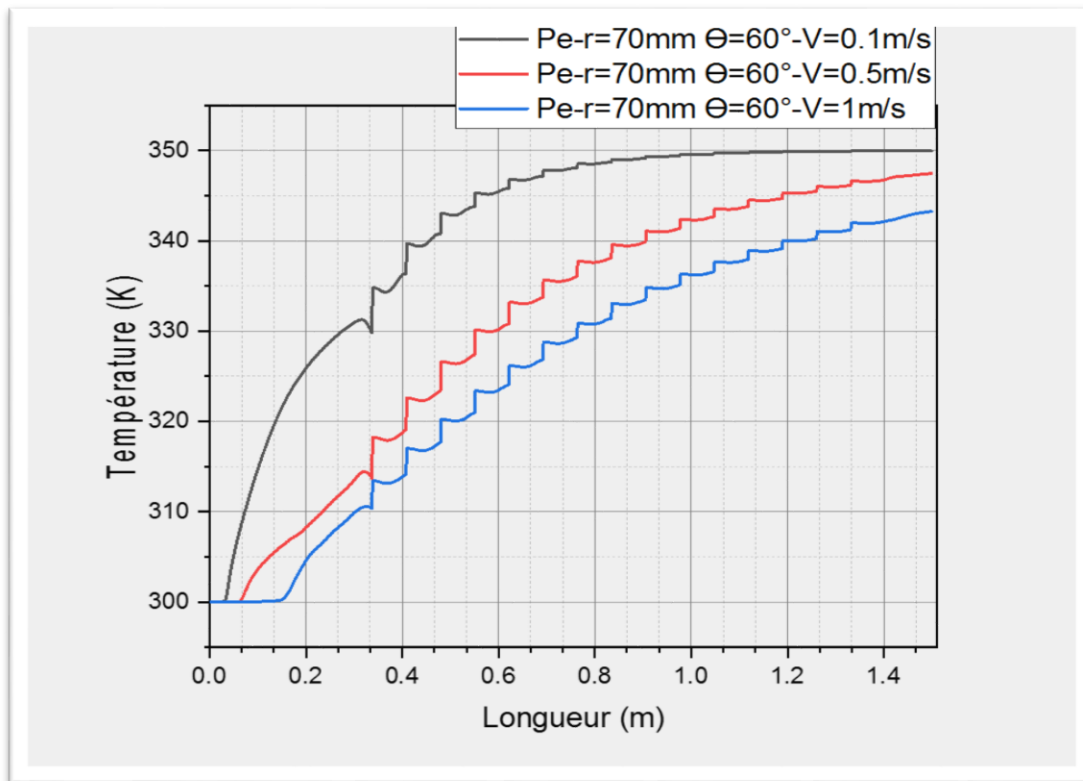
$V = (0.1 ; 0.5 ; 01) \text{ m/s}$

D'après les représentations graphiques ci-dessus, on constate que, la température de sortie (T_s) du panneau solaire plan à air muni de chicanes augmente en fonction de Variable P_{e-r} , plus la vitesse est élevée plus la température de saturation est basse.



**Figure(III.19) : Profil de température $\varepsilon = 17,5 \text{ mm}$; $P_{e-r} = 70 \text{ mm}$; $\theta = 30^\circ$
 $V = (0.1 ; 0.5 ; 01) \text{ m/s}$**

D'après les représentations graphiques ci-dessus, on constate que, la température de sortie (T_s) du panneau solaire plan à air muni des chicanes augmente en fonction de Variable P_{e-r} , plus la vitesse est élevée plus la température de saturation est basse.



**Figure(III.20) : Profile de température $\varepsilon = 17,5 \text{ mm}$; $P_{e-r} = 70 \text{ mm}$; $\theta = 60^\circ$
 $V = (0.1 ; 0.5 ; 01) \text{ m/s}$**

D'après la figure(III.20), on constate que, la température de sortie (T_s) augmente en fonction de la vitesse (plus la vitesse est lente plus la température est élevée), la saturation de la température à la vitesse 0.1m/s à partir de $L=1.03 \text{ m}$, ainsi que l'angle d'incidence des chicanes a une influence très important sur l'échange thermique , plus l'angle est grand la zone de turbulence vas déminer et par conséquences l'échange de chaleur diminue .

III.11. Conclusion :

Dans ce chapitre, on a présenté les résultats obtenus à travers les différentes simulations réalisées pour analyser le comportement thermique d'un capteur solaire plan à air.

Pour cela, quatre configurations ont été analysées et comparées avec les résultats expérimentale obtenue par l'étudiant *Chetir Abd Rahman*, on a remarqué qu'il y a une différence entre les résultats obtenue expérimentalement et les résultats obtenue numériquement à cause des régimes (Stationnaire et Transitoire).

L'introduction de rugosité au niveau de l'isolant est un facteur très important pour l'amélioration des performances d'un capteur. Cette adjonction nécessite, bien entendu, la prise en considération de la géométrie de la rugosité, la simulation nous montre qu'un capteur solaire plan muni des chicanes à une forme rectangulaire avec une partie supérieure inclinée apporte une amélioration très appréciable du couple température-rendement

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

L'amélioration des performances thermiques des capteurs solaire plans à air et les échangeurs de chaleur, repose sur plusieurs techniques, parmi elles celle qui consiste à accroître la surface d'échange totale par introduction de surfaces secondaires sous forme d'obstacles métalliques dites chicane, fixées solidairement sur le plan d'écoulement inférieur ou même sur l'absorbeur. Dans cette étude, on a essayé d'utiliser les potentialités du logiciel Fluent, connu par sa puissance dans la simulation en mécanique des fluides. Les modules intégrés dans le logiciel Fluent, permettent de visualiser par des illustrations graphiques le contour des lignes de courants, de température et de la dépression entre l'amont et l'aval du conduit occupé par des obstacles de géométrie et de formes diverses et l'effet de ses paramètres sur les performances thermique du capteur solaire. On considère (particulièrement dans les capteurs solaires plans), traversée par l'air, dont la vitesse varie suivant le régime d'écoulement soit laminaire ou turbulent.

Notre travail présente les résultats d'une étude expérimentale effectuée par l'étudiant Abd Arrahmen Chettir et une étude numériques d'un capteur solaire plan à air. Ce capteur a été conçu et réalisé au niveau de l'université Mohamed khider – Biskra - .

Les résultats numériques, fournis par le code fluent, sont comparés aux mesures expérimentales réalisées sur ce capteur pour plusieurs journées, sous ensoleillement naturel.

A travers ce parcours, nous avons contribué à l'étude de l'influence des chicanes sur les performances thermiques d'un capteur solaire plan à air muni de plusieurs rangées de chicanes longitudinales placées au-dessous de l'absorbeur. On a utilisé dans notre étude le code fluent, ce code est très répandu dans la modélisation des capteurs solaires. A l'issue des résultats numériques obtenus à partir du code de calcul élaboré, on a conclu que l'adjonction des chicanes disposées dans la veine d'air mobile a donné une amélioration remarquable dans le rendement thermique, ainsi que la température de l'air à la sortie du capteur. Les quantités de chaleur récupérée par l'air en léchant l'absorbeur dépendent des bonnes performances de capteur. Ces résultats numériques peuvent nous donner une idée claire sur l'augmentation d'échange thermique qu'apporte l'adjonction des chicanes dans la veine d'air mobile.

Références bibliographiques

- [01] **A.Moumi**(2007-2008) Elément de cours de 1ère année Magister de Mécanique Energétique, Université de Biskra, Algérie
- [02] **Amraoui Mohammed** Etude numérique d'un capteur solaire plan à air Influence de la forme de la rugosité. Mémoire de magister 2011/2012
- [03] **N.Chouchane**, 'Modélisation des Pertes de Charge dans un Conduit Rectangulaire Garni de Rugosités Artificielles avec une Partie Supérieure Inclinée', Mémoire de Magister, Université de Biskra, Algérie, 2003.
- [04] **MAHFOUD Omar**, Étude dynamique et thermique de l'écoulement de l'air dans un collecteur solaire dont le conduit utile est garni de rugosités artificielles, mémoire de Doctorat Université de Biskra, Algérie, 06/12/2015
- [05] **Djaber KHERROUBI** Influence de l'adjonction des chicane transversales sur les performances d'un capteur solaire à air .mémoire de master universités de Biskra 10 juillet 2019
- [06]-**N. Chouchane et al.** Modèles empiriques de calcul des pertes de charge dans un conduit rectangulaire muni de rugosités artificielles – Cas des isolateurs à air. Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°3 (2009) 385 – 394 .
- [07]**K. Aoues* , N. Moumami, M. Zellouf, A. Moumami, A. Labed, E. Achouri et A. Benchabane** Amélioration des performances thermiques d'un capteur solaire plan à air: Etude expérimentale dans la région de Biskra Laboratoire de Génie Mécanique, Université Mohamed Khider B.P. 145, Biskra, Algérie
- [08]- **Kumar A., Kumar R., Maithani R., Chauhan R., Sethi M., Kumari A., Kumar S.** Correlation development for Nusselt number and friction factor of a multiple type V-pattern dimpled obstacles solar air passage. Renew Energy 2017;109:461–79.
- [09]- **Deo N.S., Chander S., Saini J.S.** Performance analysis of solar air heater duct roughened with multigap V-down ribs combined with staggered ribs. Renew Energy 2016;91:484–500.
- [10]- **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.
- [11]- **Varun, Saini, R.P. et Singal, S. K.**(2008). Investigation of thermal performance of solar air heater having roughness elements as a combination of inclined and transverse ribs on the absorber plate. Renewable Energy, 33(6), 1398–1405.

Références bibliographiques

- [12]- **Gawande V.B., Dhoble A.S., Zodpe D.B.,** Chamoli S. Experimental and CFD investigation of convection heat transfer in solar air heater with reverse L shaped ribs. Sol Energy 2016;131:275–95.
- [13]- **Saini, S.K. et Saini, R.P.**(2008). Development of correlations for Nusselt number and friction factor for solar air heater with roughened duct having arcshaped wire as artificial roughness. Solar Energy, 82(12), 1118–1130.
- [14]- **K, Aoues; N, Moummi; A, Moummi; M, Zellouf; A, Labed; E, Echouri.** Etude de l'influence des rugosités artificielles sur les performances thermiques des capteurs solaires.
- [15]- **S. Bahria , M. Amirat .** Influence de l'adjonction des chicane longitudinales sur les performances d'un capteur solaire plan à air
- [16]- **A. Labed, N. Moummi, K. Aoues, M. Zellouf et A. Benchabane,** Performances thermiques et pertes de charges de différentes configurations de capteurs solaires plans à air Etude expérimentale dans la région de Biskra, Algérie, Mars 2015
- [17]**Abderrahmane Chettir,** Etude thermique d'un capteur solaire à air muni des chicanes mémoire de master universités de Biskra juillet 2019
- [18] **Scott, G.M.,** Computational fluid dynamics for the food industry. Food Technology International Europe, 1994: p. 49–51..
- [19] **VERSTEEG.H et WEERATUNGE.M,** An introduction to computational fluid dynamics : the finite volume method. Pearson éducation. (2007).
- [20] <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-fluent>.
- [21] **H.K. Versteeg and W. Malalasekera,** 'An Introduction to Computational Fluid Dynamics, the Finite Volume Method', Addison Wesley Longman Limited, England, 1995
- [22] **Arfaoui Omrani A.** Etude de la convection aux petites échelles : application au refroidissement des composants électroniques. Thèse de doctorat, Université de Reims Champagne Ardenne et l'Université de Tunis el Manar; 2009.
- [23]**Melle GUENDOUZ Nabila,** Analyse Numérique du Comportement Dynamique et Thermique De l'air utilisé comme fluide caloporteur circulant dans Un convertisseur thermo solaire plan muni des chicanes sous forme de losange **mémoire de master en physique Energétique**