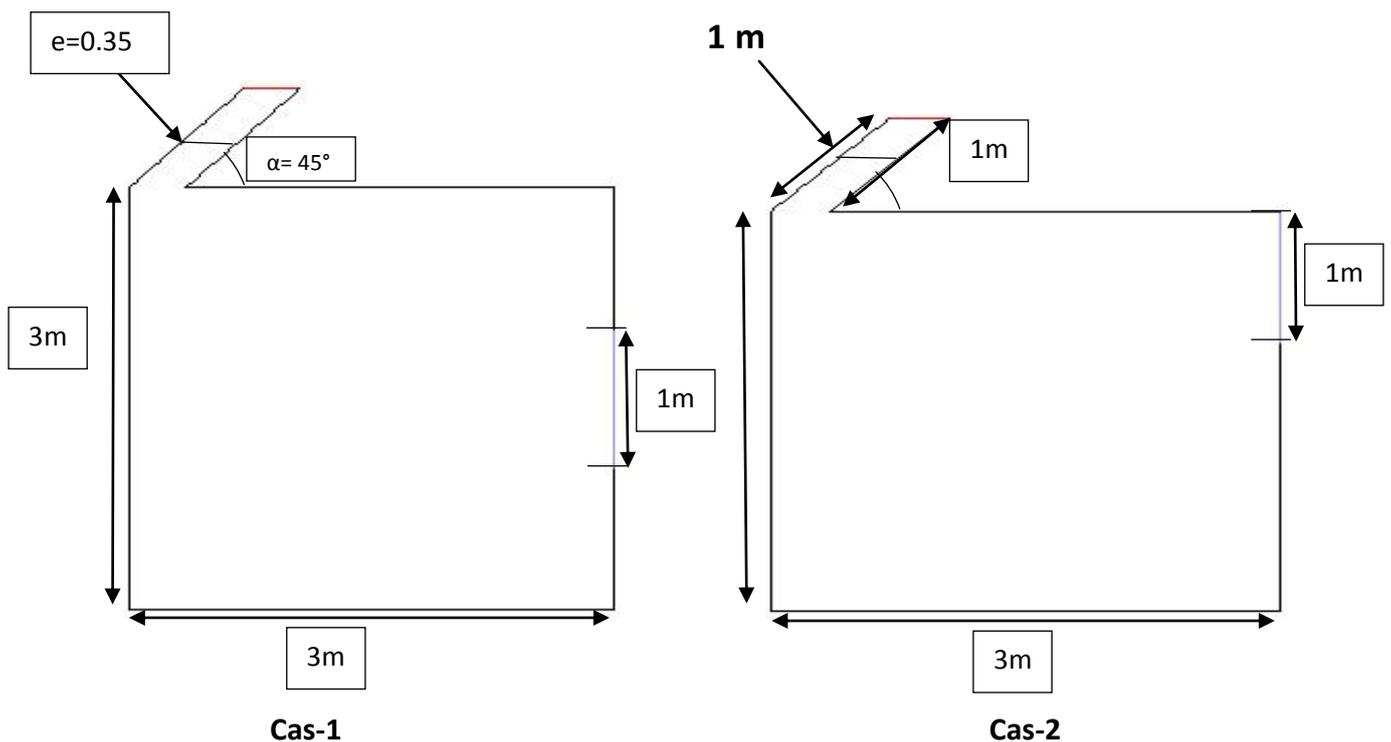


### IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, on présente les résultats obtenus par simulation. On expose les résultats correspondant à la ventilation d'une pièce. Deux natures de validation des résultats ont été faites, une par des données extraites de la littérature où des différents écoulements produits sont modélisés en régime turbulent, et l'autre par les données relevées expérimentalement, reflétant le comportement des champs dynamiques et thermiques pour les configurations étudiées. Enfin, on termine ce chapitre par un dimensionnement d'un échangeur air-sol.

### IV.2. Pièce munie d'une cheminée

Le premier modèle physique étudié dans ce présent travail est donné par la figure IV.1 et ce modèle est considéré comme une chambre de forme cubique de dimension (3m x 3m x 3m). La partie supérieure de cette chambre est équipée d'une cheminée solaire inclinée d'un angle de  $45^\circ$ , et de dimension 1m x 0.35m, pour éliminer le transfert de chaleur avec le milieu ambiant. La chambre a une ouverture de 1m x 1m sur une des parois verticales.



**Figure IV.1 :** Schéma et dimensionnement de la pièce Cas-1

**Figure IV.2:** Schéma et dimensionnement de la pièce Cas-2

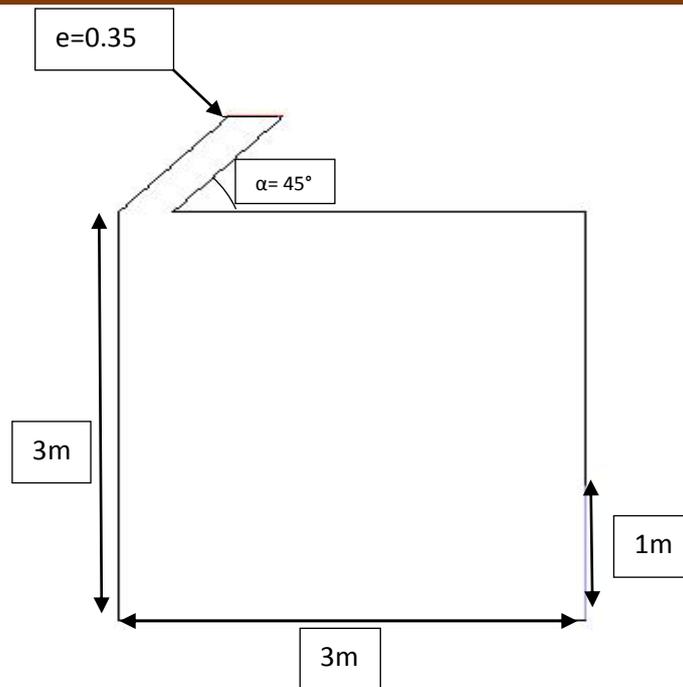


Figure IV.3 : Schéma et dimensionnement de la pièce Cas-3

IV.2.1. Condition aux limites de cas chambre :

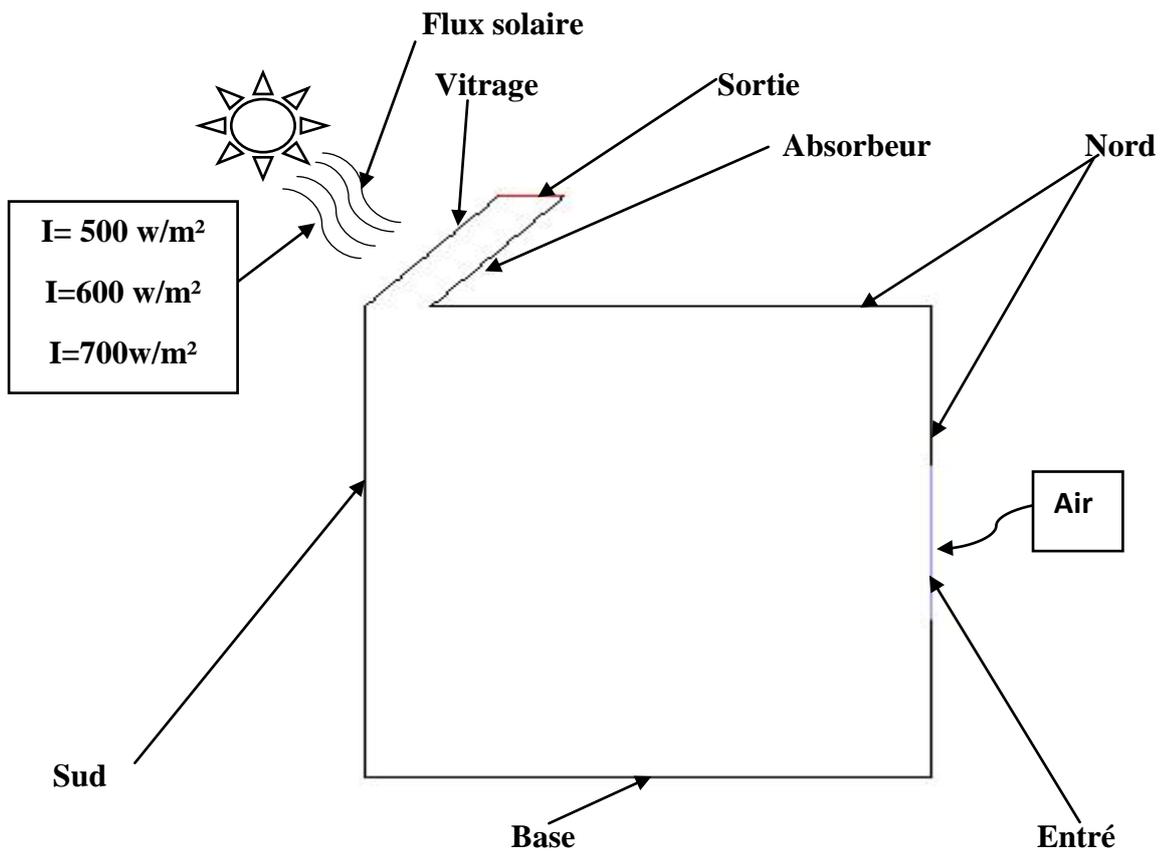


Figure IV.4 : Les conditions aux limites

Rayonnement sur la couche absorbante (w/m <sup>2</sup> )	Température Ambient (K)	Température d'absorbeur (K)	Température de Vitrage (K)
I= 500 w/m <sup>2</sup>	299.2	314.3	329.04
I= 600 w/m <sup>2</sup>	306	326.02	346.28
I= 700 w/m <sup>2</sup>	312.2	333.51	358.49

**Tableau IV.1** : Les conditions aux limites Jyotirmay Mathur (2006) [60]

### IV.2.2. Les hypothèses

La description physique devient rapidement très compliquée. Il convient donc de faire un certain nombre d'hypothèses, permettant d'arriver à un temps de calcul correct. Le choix est porté sur un domaine bidimensionnel, et les hypothèses utilisées dans ce travail sont :

- L'écoulement est bidimensionnel.
- L'écoulement permanent.
- L'écoulement de l'air est turbulent.
- Le fluide est newtonien et incompressible.
- L'absorbeur et le vitrage sont toujours parallèles.
- La température de l'air à l'entrée du canal d'écoulement est égale à la température ambiante

### IV.3. Résultats de la simulation

Les températures mesurées au cours des essais expérimentaux sont introduites comme des données initiales de calcul, ainsi que les propriétés de l'air correspondantes à la température moyenne. On prend en considération les hypothèses mentionnées pour la nature de fluide et de l'écoulement.

#### IV.3.1.1. Contrôle de la solution (convergence)

Pour s'assurer de la convergence des solutions, on présente la courbe des résidus (Figure IV.5) des différents paramètres de l'écoulement dans la cheminée solaire. Le logiciel fluent déclare la convergence dès que les itérations de tous les résidus calculés atteignent la valeur du critère de convergences introduites pour chaque paramètre.

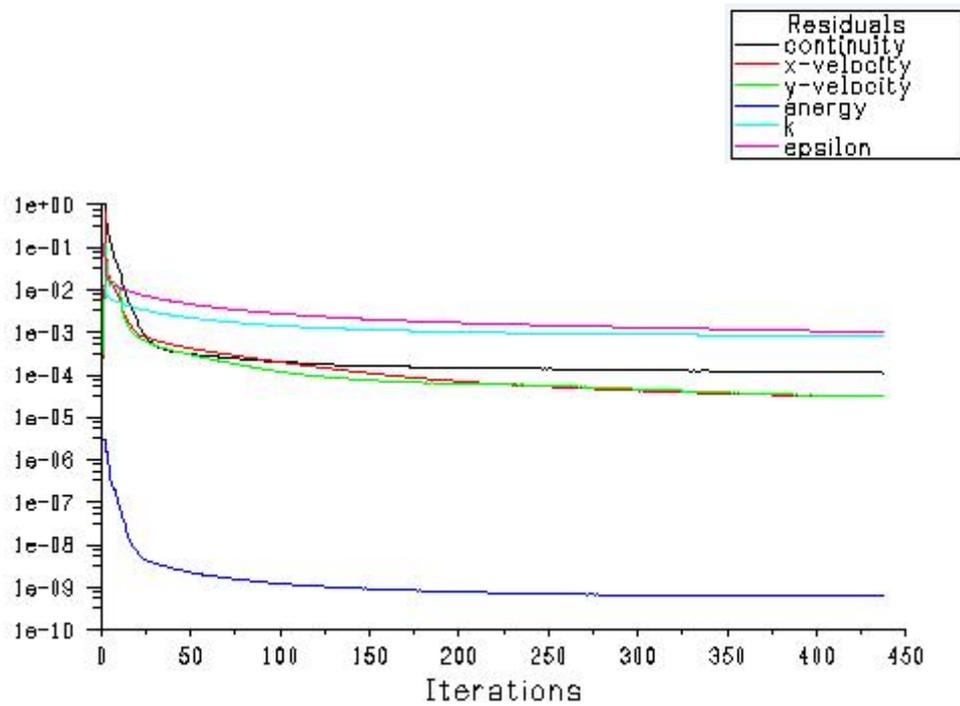


Figure IV.5 : Evolution des résidus

### IV.3.1.2. Validation du premier modèle numérique

La première étape consiste à valider notre modèle de simulation numérique en comparant les résultats obtenus avec ceux publiés par Mathur et al [60]

### IV.3.2. Comparaison des résultats numériques et expérimentaux avec étude présente

#### IV.3.2.1. La vitesse de la sortie

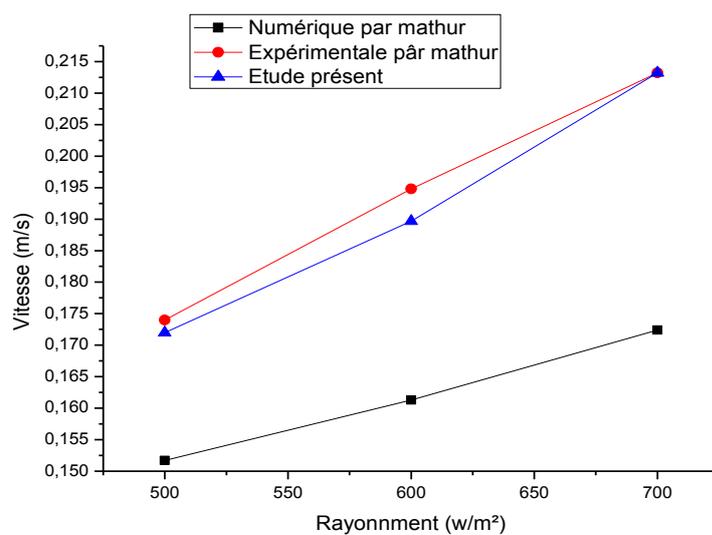
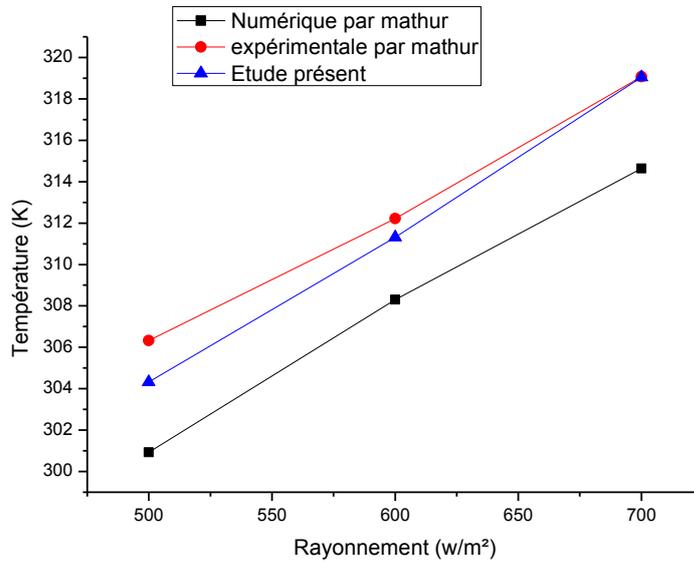


Figure IV.6 : Variation de la vitesse la sortie en fonction du rayonnement

## IV.3.2.2. La température de la sortie



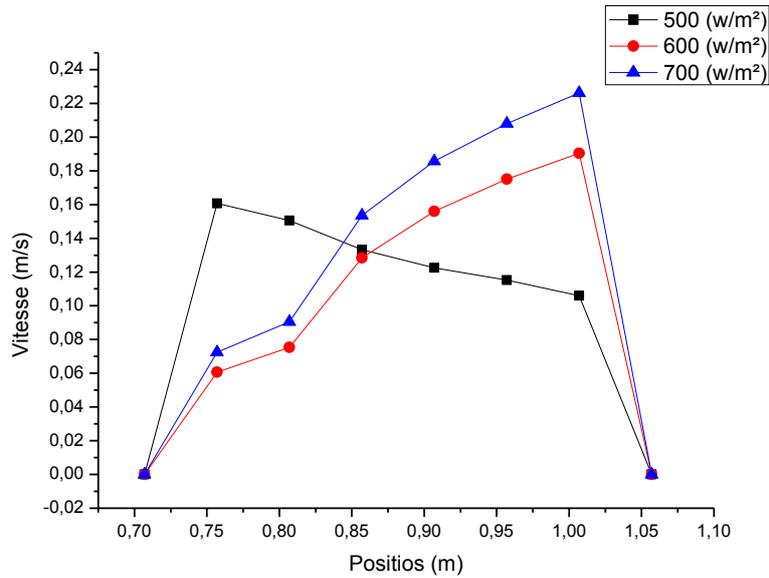
**Figure IV.7 :** Température de la vitesse la sortie en fonction du rayonnement

Les figures (IV.6) et (IV.7) représentent respectivement les variations de vitesse avec le rayonnement solaire et l'inclinaison, pour une cheminée de 1 m de longueur et l'angle  $45^\circ$  et une épaisseur de 35 cm. Au vu de ces figures, on remarque que les courbes données par la présente étude et celles présentées par Mathur sont presque identiques.

D'après ces résultats on a considéré que la température et la vitesse à la sortie augmentent proportionnellement en fonction du rayonnement solaire.

L'écart entre les différents résultats (étude présente et expérimentale) est illustré dans le figure (IV.6 et IV.7)

## IV.3.2.3. Profils de vitesse à la sortie de la cheminée



**Figure IV.8 :** la vitesse à la sortie en fonction de la largeur de la cheminée solaire

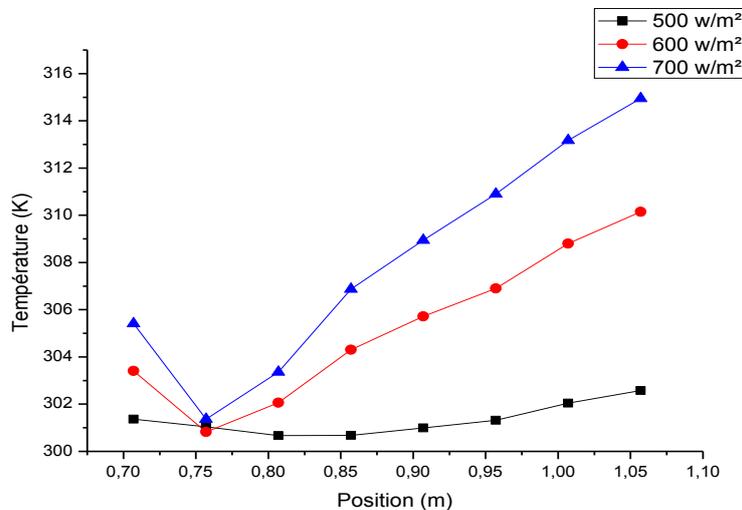
On remarque une vitesse nulle au voisinage de l'absorbeur et de vitrage à cause de la couche limite. puis on constate que l'augmentation de la vitesse d'air tant vers le milieu de la cheminée où la circulation d'air est dominante.

A un rayonnement de  $500 \text{ w/m}^2$  Vitesse être grande près de vitrage de la cheminée, parce que la viscosité de l'air est faible.

A  $600$  et  $700 \text{ w/m}^2$  et l'intensité de rayonnement soit grande qui va provoquer la diminution de la Viscosité et donc augmentation de la vitesse près de l'absorbeur,

A  $700 \text{ W/m}^2$ , la vitesse d'air est la plus importante.

#### IV.3.2.4. Profils de température à la sortie de la cheminée



**Figure IV.9 :** Température à la sortie par position de la cheminée solaire

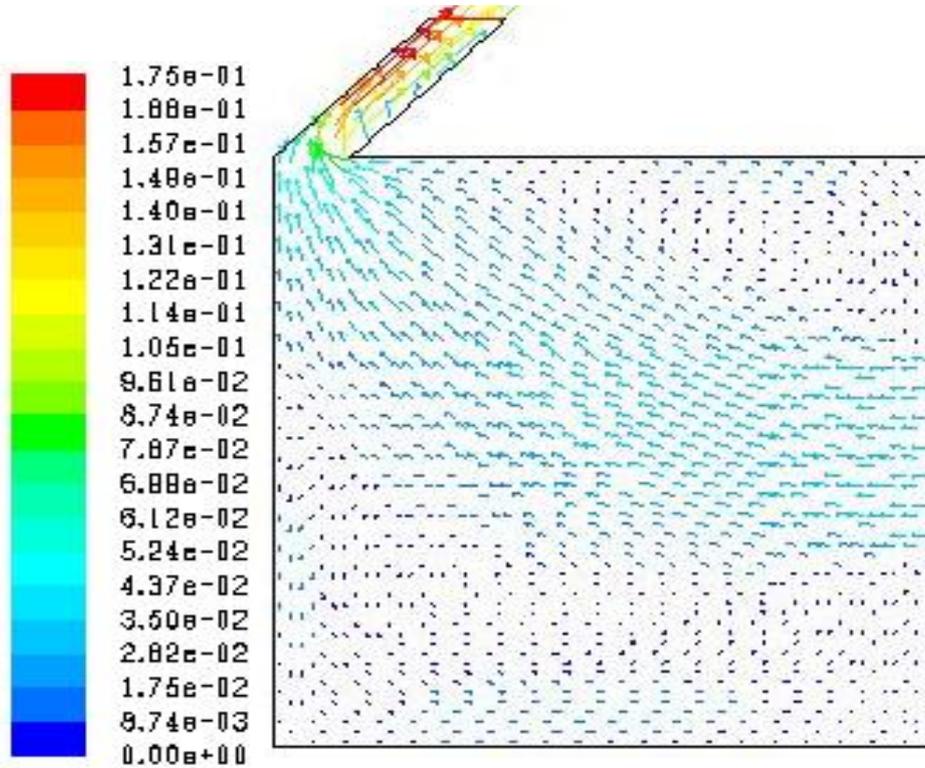
Cette figure montre l'évolution de la température dans la cheminée solaire suivant sa largeur pour des intensités solaire différentes.

On remarque que la moyenne de la température dans la cheminée augmente en fonction de l'intensité et que la plus haute température se localise au voisinage de l'absorbeur parce que c'est un corps noir qui absorbe la totalité de rayonnement puis on remarque une faible température au niveau de vitrage parce qu'il ne transmet pas la majorité de l'irradiation. Ainsi que l'on observe une chute de température dans le milieu de la cheminée mais loin de l'absorbeur grâce à la circulation de l'air.

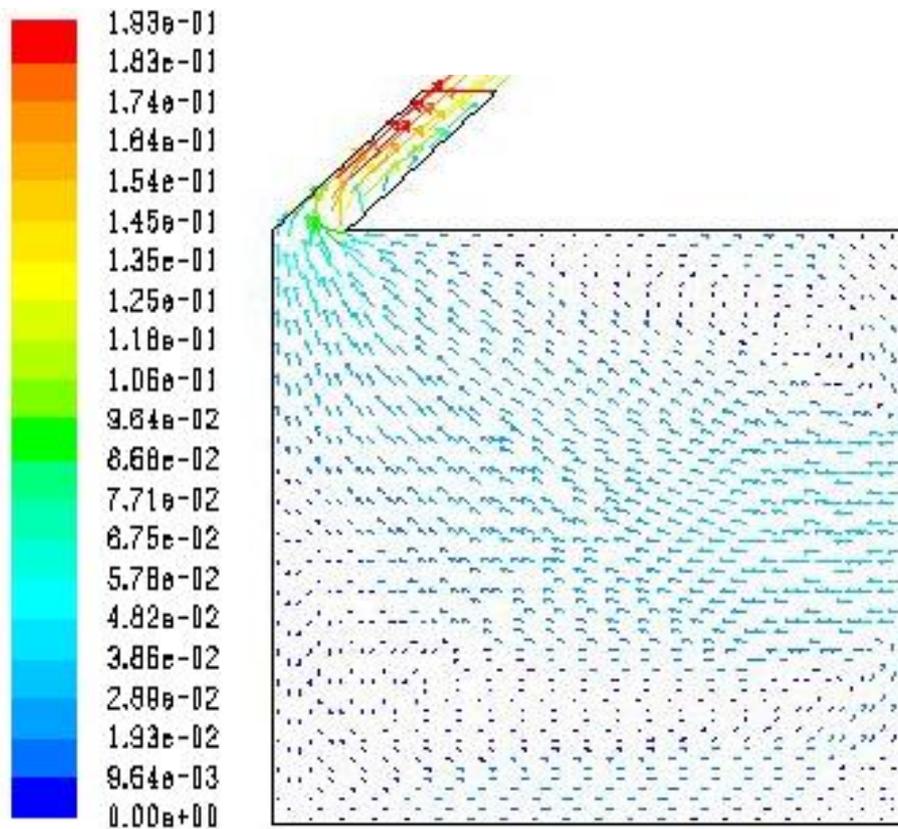
#### IV.3.3. Influence de l'intensité du rayonnement solaire

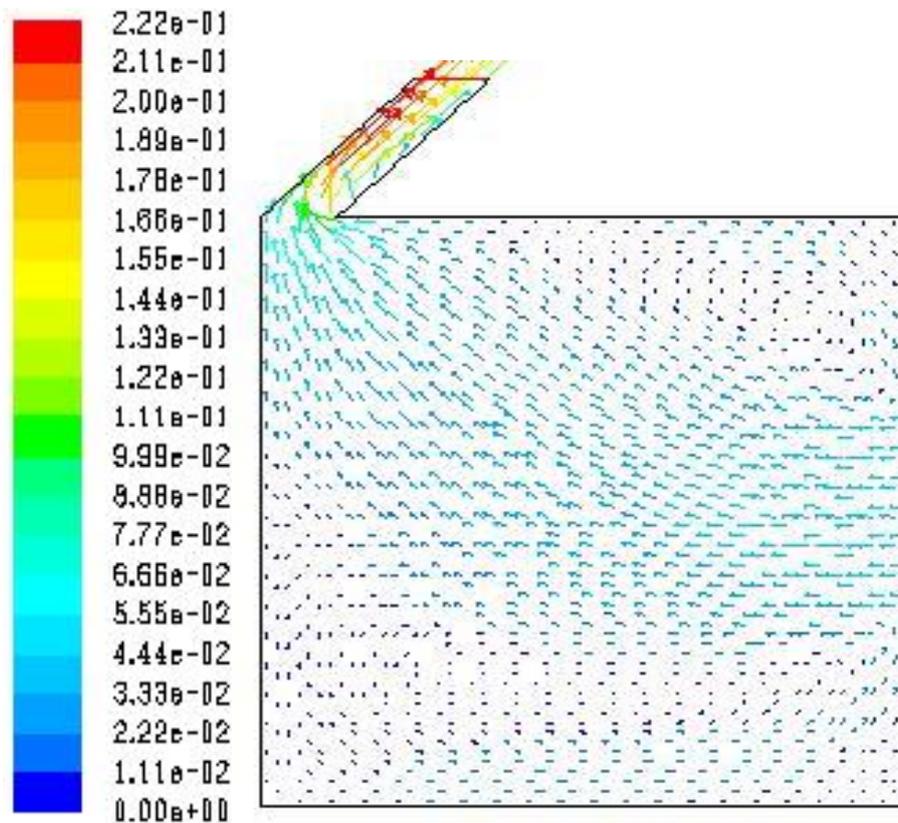
Les résultats présentés sur les figures (IV.7) et (IV.8) illustrent l'évolution des champs de vitesse, des lignes de courant et du contour de température d'un écoulement relatif à une pièce munie d'une inclinaison de  $45^\circ$  pour différentes intensités solaires (500, 600, 700 W/m<sup>2</sup>) avec une largeur de la cheminée 0,35 m.

IV.3.3.1. Champs de vitesse



La vitesse de sortie pour  $I = 500 \text{ w/m}^2$



La vitesse de sortie pour  $I = 600 \text{ w/m}^2$ La vitesse de sortie  $I = 700 \text{ w/m}^2$ 

**Figure IV.10** Champs de la vitesse à la sortie de la cheminée solaire à des intensités solaires différentes

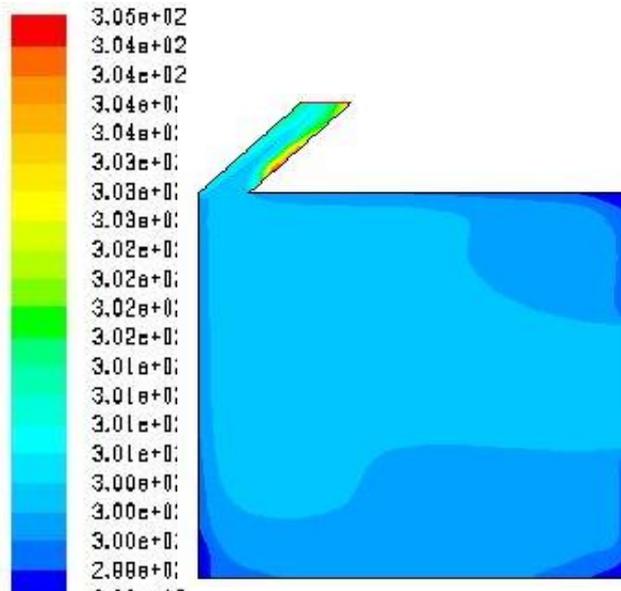
La figure (IV.10) montre les champs de vecteur des vitesses pour une cheminée solaire à un angle d'inclinaison de  $45^\circ$  à différentes intensités solaires : 500, 600 et 700  $\text{W/m}^2$ . La figure montre l'amélioration de la vitesse d'air à mesure que l'intensité solaire augmente. En effet, l'augmentation d'énergie absorbée par l'absorbeur provoque l'accroissement de l'écart de température entre les deux parois de la cheminée, et donc, accélération de l'air conduisant et un meilleur renouvellement variant proportionnellement avec cet écart. La vitesse d'air augmente avec un taux presque de 18 % entre 500 et 600  $\text{W/m}^2$ .

Par contre, l'influence de l'intensité solaire devienne plus faible à partir de 600  $\text{W/m}^2$  où le taux d'augmentation de la vitesse est de 7% lorsque l'intensité solaire augmente à 700  $\text{W/m}^2$ .

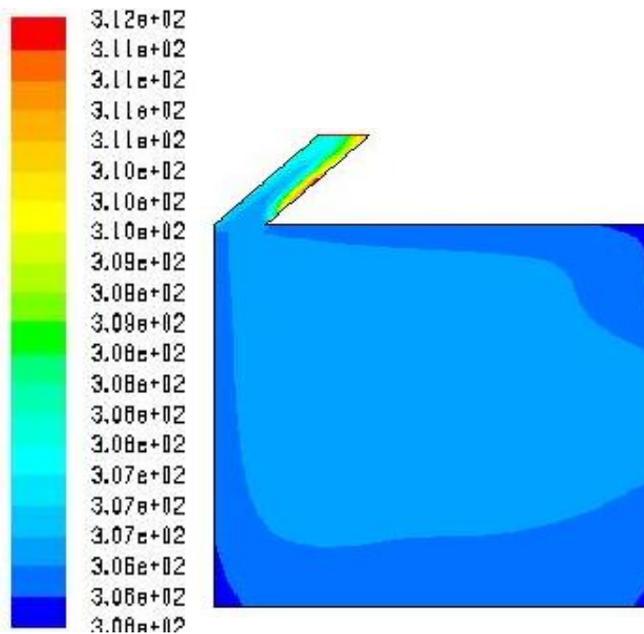
La figure montre aussi que les valeurs maximales de la vitesse dans la chambre sont proportionnelles au rayonnement solaire, et qu'elles se situent dans la zone du couloir d'air. Cela est dû aux forces d'attraction générées par la poussée d'Archimède au niveau de la cheminée.

La figure montre l'existence permanente des deux vortex séparés par un couloir d'air et que, l'intensité du rayonnement solaire a un faible effet sur la forme globale de l'écoulement d'air à l'intérieur de la pièce.

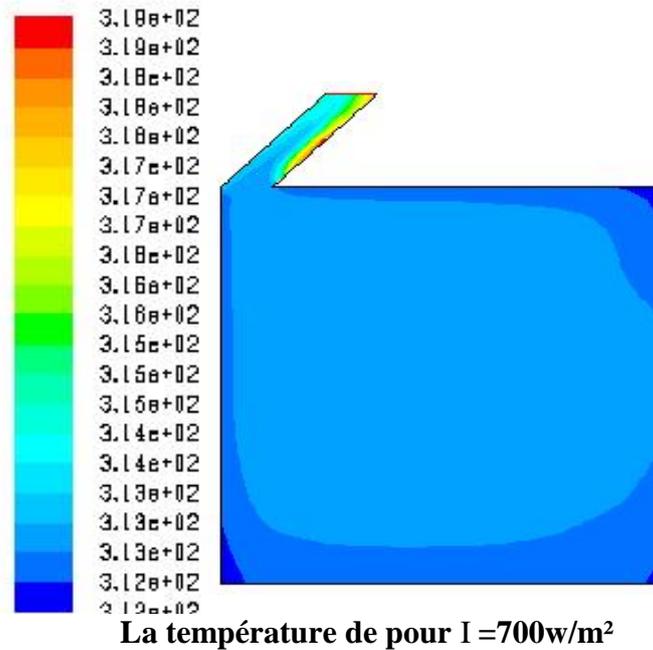
**IV.3.3.2. Contours de la température**



**La température pour I =500w/m<sup>2</sup>**



**La température pour I =600w/m<sup>2</sup>**



**Figure IV.11** : contours de la température à la sortie de la cheminée solaire à des intensités solaires différentes

La figure (IV.11) montre l'évolution des contours de la température à des intensités solaires différentes. On remarque que les différents profils de température ont un aspect semblable, où les valeurs maximales sont toujours atteintes près des parois de la cheminée où les transferts de chaleur sont les plus intenses

Pour une intensité de  $500 \text{ W/m}^2$ , les contours de température dans toute la pièce montrent que la température d'air est entre 299 et 301 K. Cet intervalle est dans la zone du confort universelle qui est de 296 et 298 K. Au voisinage des parois, la vitesse est assez faible et le transfert par conduction est dominant conduisant à un faible réchauffement. Donc, les températures sont assez faibles

A partir du  $600 \text{ W/m}^2$ , on remarque une forte influence du rayonnement solaire sur la température du local où les températures du confort sont presque absentes à cause de la répartition d'air chaud dans le local qui est entre 305 et 307 K.

Pour  $700 \text{ W/m}^2$ , on remarque e même l'effet où la température moyenne de l'enceinte est entre 312 et 313 K. On peut conclure qu'au-delà d'un rayonnement solaire de  $600 \text{ W/m}^2$ , la cheminée solaire assure le renouvellement d'air mais provoque le réchauffement du local qui peut dépasser la limite du confort souhaité.

### IV.3.3.3. Confrontation et validation

Le tableau ci-dessous présente les résultats théoriques et expérimentaux obtenus par Mathur et al [60], ainsi que ceux obtenus par le code de calcul Fluent, et ceci pour différentes intensités de rayonnement solaire.

Rayonnement solaire (w/m <sup>2</sup> )	Température Ambiante(K)	Température de vitre (K)	Température d'absorbeur (K)	La vitesse à la sortie (m/s)		
				Numérique Par Mathur	Expérimentale par Mathur	Etude Présente
500	299.2	314.3	329.04	0.1517	0.174	0.1720
600	306	326.02	346.28	0.1613	0.1948	0.1897
700	312.2	333.51	358.49	0.1724	0.2132	0.2132

**Tableau IV.2 :** Vitesse à la sortie de la cheminée et les différentes températures correspondantes.

Rayonnement solaire (w/m <sup>2</sup> )	Température Ambiante(K)	Température de vitre (K)	Température d'absorbeur (K)	La température à la sortie (m/s)		
				Numérique Par Mathur	Expérimentale par Mathur	Etude présente
500	299.2	314.3	329.04	300.96	306.93	304.33
600	306	326.02	346.28	308.30	312.22	311.32
700	312.2	333.51	358.49	314.64	319.07	319.05

**Tableau IV.3 :** Température à la sortie de la cheminée et les différentes températures correspondantes

Le tableau IV.2 et IV.3 montre que la vitesse de l'air à la sortie de la cheminée est proportionnelle à l'intensité du rayonnement solaire, et aussi aux températures ambiantes de vitre et de l'absorbeur.

Rayonnement (w/m <sup>2</sup> )	Ecart entre les résultats de Mathur expérimentaux et numérique (%)	Ecart entre les résultats expérimentaux et l'étude présente (%)
500	12.81	11.80
600	17.19	14.97
700	19.13	19.03

**Tableau IV.4 :** Comparaison des différents résultats la vitesse à la sortie

Rayonnement (w/m <sup>2</sup> )	Ecart entre les résultats de Mathur expérimentaux et numérique (%)	Ecart entre les résultats expérimentaux et l'étude présente (%)
500	1.9	1.1
600	1.25	0.97
700	1.38	1.38

**Tableau IV.5 :** Comparaison des différents résultats la température à la sortie

Nous avons proposée deux positions de la fenêtre

#### **IV.4.1. Influence de la position de fenêtre sur la cheminée solaire**

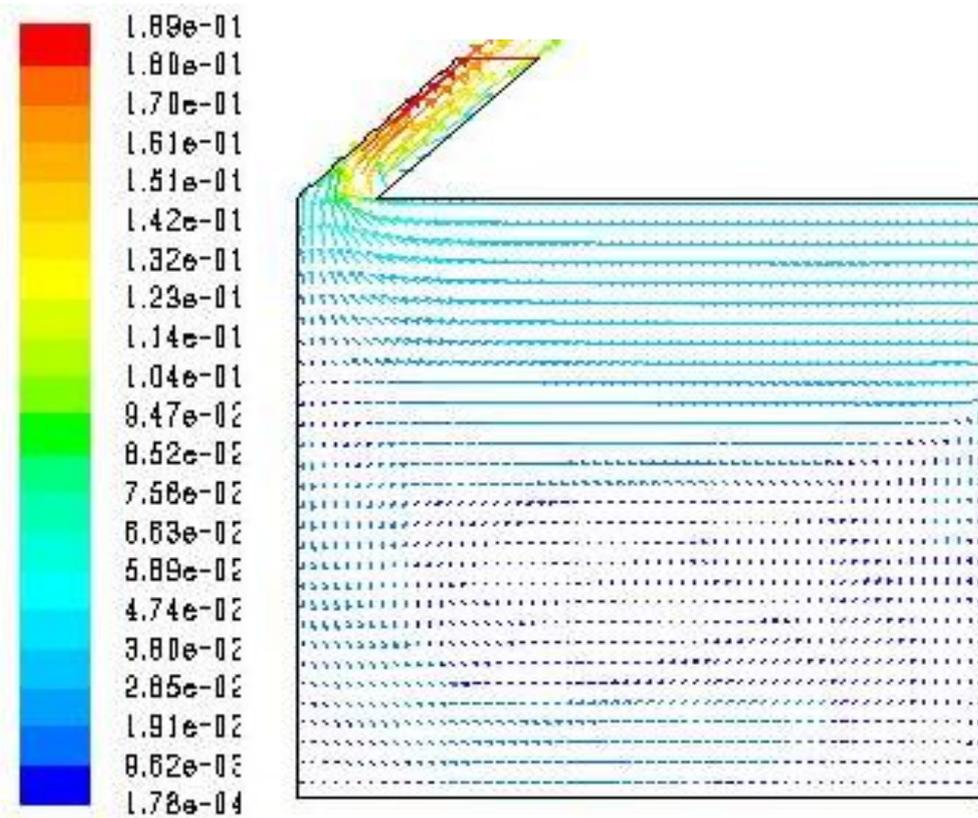
##### **Le 2ème cas et Troisième cas**

Dans ce cas, nous avons changé la position de la fenêtre vers le haut et vers le bas, Pour explorer la situation optimale de la ventilation naturel.

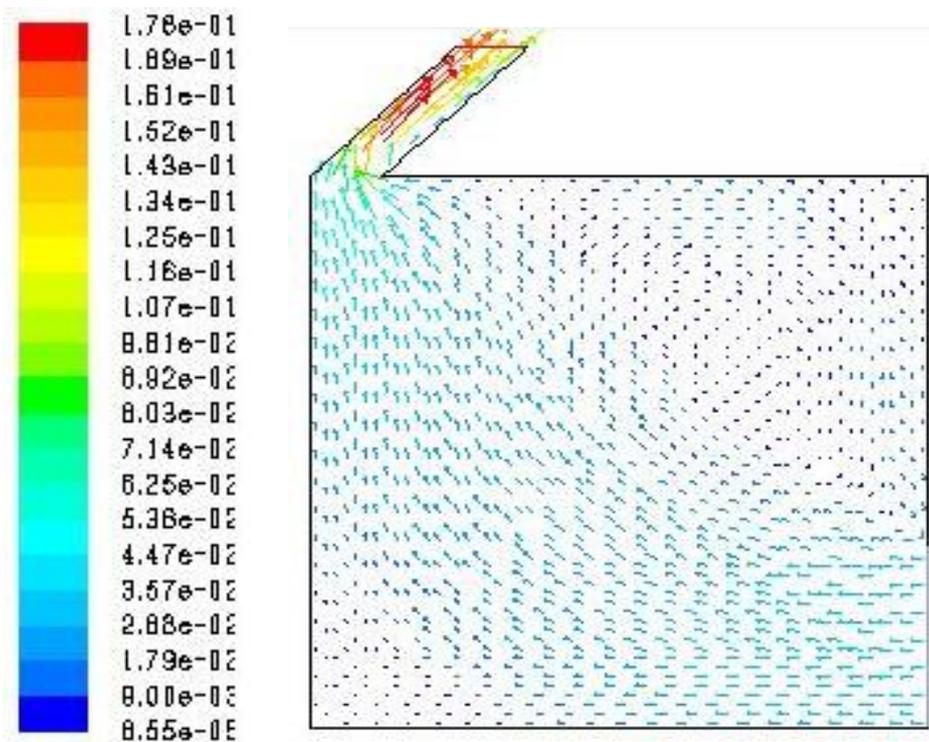
#### **IV.4.2. Influence de l'intensité du rayonnement solaire**

##### **IV.4.2.1. Champ de vitesse à la sortie**

Les résultats présentés sur les figures (IV.12) illustrent l'évolution des champs de vitesse, les lignes de courant et le contour de température d'un écoulement relative à une pièce munie d'une une inclinaison de 45° pour différentes intensités solaires (600 W/m<sup>2</sup>) avec une largeur de la cheminée 0,35 m.



La vitesse pour  $I = 600 \text{ w/m}^2$  Cas-2



La vitesse pour  $I = 600 \text{ w/m}^2$

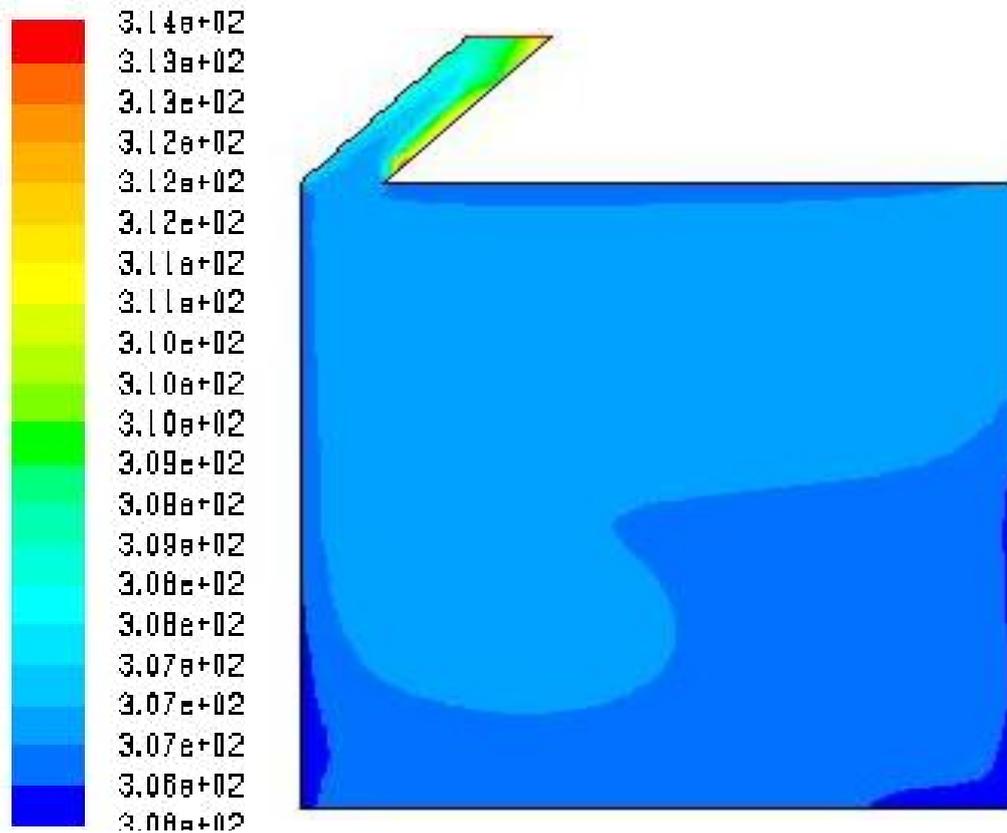
Figure IV.12 : Champs de la vitesse à la sortie de la cheminée solaire à des intensités solaires différentes

La figure (IV12) montre les champs des vecteurs de vitesse pour une cheminée solaire à différentes intensités solaires :  $600 \text{ W/m}^2$ .

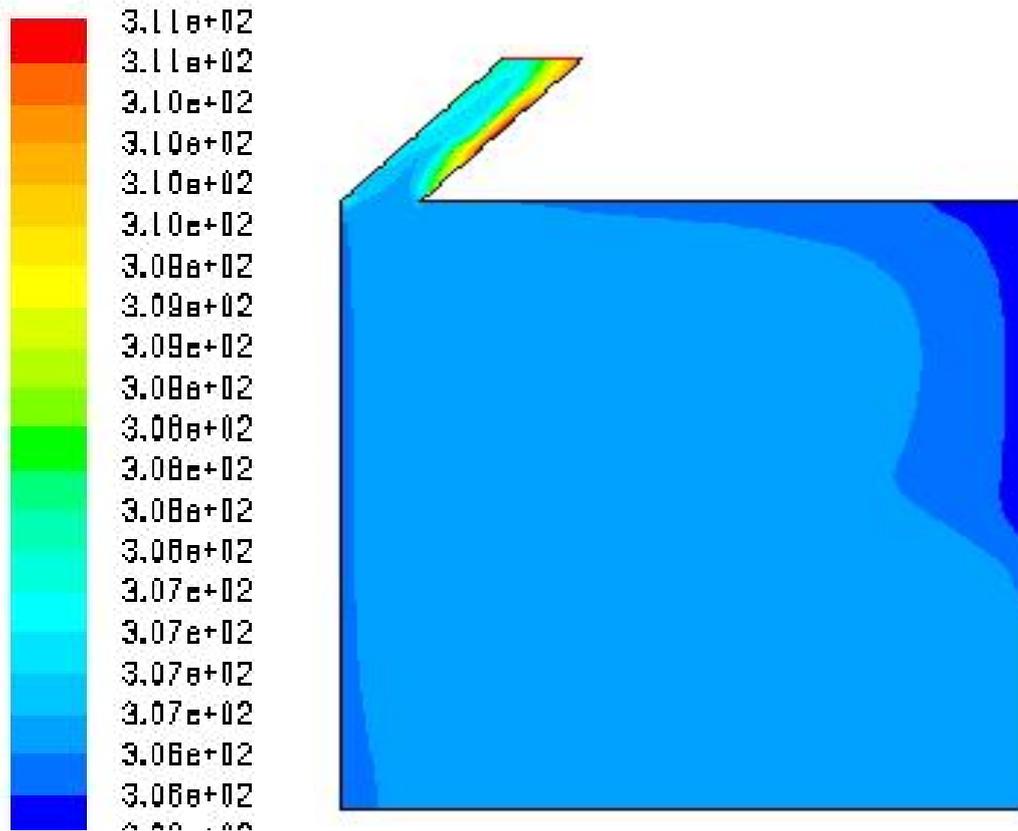
La figure montre l'amélioration de la vitesse d'air en fonction de la variation de la position de la fenêtre.

On remarque, qu'il y a une différence de vitesse à la sortie de l'air entre Cas-2 et Cas-3, et que la vitesse maximale atteint dans le cas-2. mais on remarque une mauvaise circulation d'air dans ce cas où le couloir d'air est réduit par rapport aux deux cas 1,3. Ainsi que la ventilation et la circulation de l'air à l'intérieur de la pièce est meilleur dans le cas-3, mais avec une faible vitesse à cause de la formation d'un grand vortex dans la partie supérieure qui participe à freiner la circulation.

#### IV.4.2.2. Contours de la température à la sortie



La température pour  $I = 600 \text{ w/m}^2$



La température pour  $I = 600 \text{ w/m}^2$

**Figure IV.13** : contours de la température à la sortie de la cheminée solaire à des intensités solaires différentes

La figure (IV.13) montre l'évolution des contours de la température pour une intensité solaire de  $600 \text{ W/m}^2$ . On remarque que les différents profils de température ont un aspect semblable, où les valeurs maximales sont toujours atteintes près des parois de la cheminée où les transferts de chaleur sont les plus intenses.

On remarque une influence de la position de la fenêtre sur les profils de température du rayonnement solaire sur la température du local où les températures de confort sont presque disparues à cause de la répartition d'air chaud dans le local qui est entre  $306$  et  $307 \text{ K}$  pour le cas 3.

On peut conclure que la position de la fenêtre dans la partie inférieure assure le renouvellement d'air mais provoque le réchauffement du local qui peut dépasser la limite de confort souhaité.

#### IV.5.L'observation générale

On remarque une variation de la température au sein de la chambre en fonction de la position de la fenêtre.

On remarque la circulation de l'air se faisant depuis la fenêtre vers la cheminée solaire. Nous remarquons que les températures élevées sont toujours localisé dans des espaces étroits au voisinage des parois chaudes de la cheminée qui correspondent à l'épaisseur des couches limites thermiques.

On remarque que le renouvellement d'air est meilleur par rapport la fenêtre qui située en dessous.

- Le débit d'air et la température dans le cas p supérieure, par rapport à d'autres cas.

#### **IV.6.Les inconvénients**

Si l'intensité d'un grand rayonnement solaire, la chaleur d'entrer dans la chambre est une grande également, Cela conduit à un grand flux de chaleur dans la pièce ne convient pas pour le confort humain.

#### **IV.7.Proposition**

Peut exploiter une telle situation, dans des habitats, structures publiques ainsi cette technique convient au séchage des récoltes agriculteurs (grain, légume secs,.....).

Il sera intéressant par la suite de ce travail d'étudier une cheminée solaire installée sur un toit d'un bâtiment de plusieurs étages.