

IV. 1. Introduction :

L'étude des phénomènes intervenant dans la thermique du bâtiment consiste à étudier le transfert de chaleur par convection thermique sous ses trois formes, naturelle, forcée, et mixte. Le système d'équation obtenu traduit la conservation de la masse et de la quantité de mouvement d'air à l'intérieur du local (équations de Navier-Stokes), ainsi que la conservation de son enthalpie (équations d'énergie). Ce système est souvent trop compliqué à résoudre, et nécessite une résolution à l'aide d'un code de calcul CFD (Computational Fluid Dynamics). Il existe un grand nombre de codes CFD disponibles, qu'ils soient commerciaux du domaine public ou encore propre à certaines institutions.

Dans ce chapitre, on présente les résultats obtenus par simulation. On expose les résultats correspondant à la ventilation d'une pièce. Une par des données extraites de la littérature, et l'autre par les données relevées expérimentalement, reflétant le comportement des champs dynamiques et thermique pour les configurations étudiées.

IV. 2. La problématique

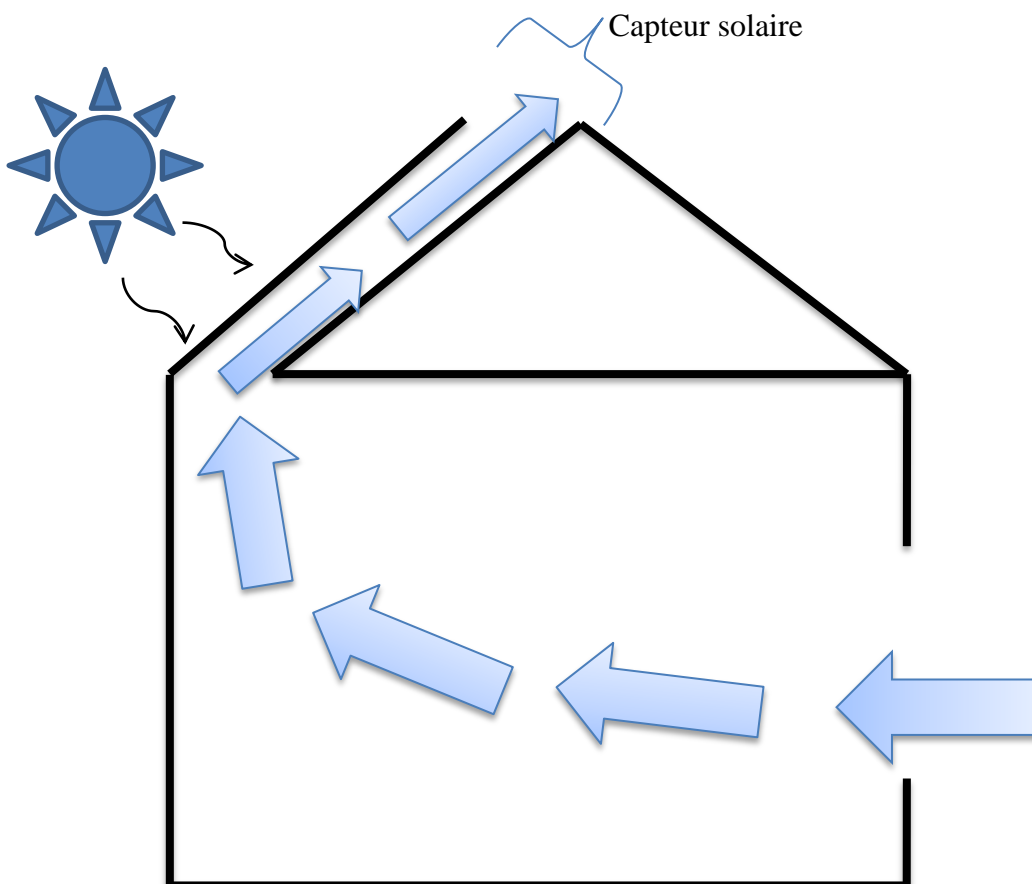


Figure IV.1: Intégration d'un système type cheminée solaire pour favoriser le tirage naturel.

IV. 2.1. Objectif de notre étude.

On va étudier la distribution de la vitesse et de la température dans une enceinte carrée avec une fenêtre dans le mur orienté vers le nord, menée d'une source de chaleur par une cheminée solaire située sur le toit, elle est inclinée et orientée vers le sud. Il s'agit d'étudier le transfert de chaleur par convection naturelle dans cette enceinte. L'objectif de cet étude est la prédiction de la distribution de température dans un local à géométrie simple ventilé par la force de la flottabilité et vérifier les conditions de confort en fonction de la position de source de chaleur. Le choix de ce cas, est motivé par l'existence des données numériques.

IV. 3. Description du phénomène :

La configuration du local dans ce cas est une seule chambre carrée sans obstacles à l'intérieur du local (simple). Les phénomènes intervenant dans la thermique du bâtiment, comme le montre la Figure. (IV.2), sont :

- Les échanges convectifs: entre les parois et l'air intérieur, et entre les parois et l'air extérieur.
- Les échanges radiatifs: entre le ciel et l'environnement, et entre les parois elles même.
- La réception du flux solaire incident.
- L'écoulement convectif dû à la ventilation (renouvellement d'air) et aux infiltrations.

Pour ce cas, nous avons une enceinte, le capteur solaire à une longueur $L = 3 \text{ m}$, et largeur $H = 3 \text{ m}$, fenêtre de $h = 2 \text{ m}$.

Flux solaire

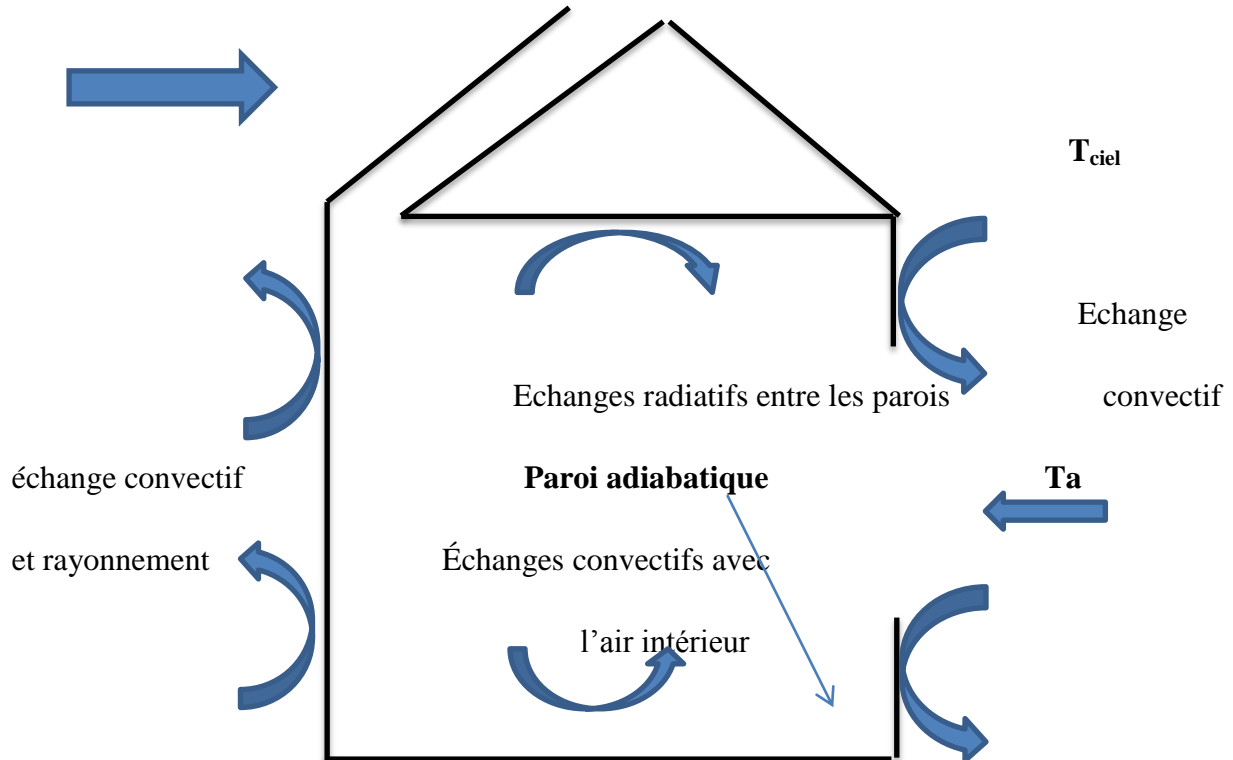


Figure IV.2 : description e probleme étudié.

La résolution du système d'équations obtenu précédemment nécessite l'incorporation des conditions aux limites pour chaque variable dépendante. Les conditions de températures sont connues sur les parois de la cheminée (référence biblio. La température de l'absorbeur est égale à T_p et du vitrage à T_v . Les murs situés dans le côté du sud sont soumis à la convection avec le milieu extérieur et un échange radiatif avec le ciel. Le mur orienté vers le nord et la toiture sont soumis à la convection avec le milieu extérieur. La condition adiabatique est adoptée pour la paroi inférieure (le plancher).

IV. 3.1. Equations :

- ✓ La température équivalente du ciel est donnée par la relation de [45] :

$$T_{Ciel} = T_a + 6 \quad (IV.1)$$

- ✓ Coefficient de transfert de chaleur, donnée par la relation de Duffie et Beckmann [46] :

$$h_{wind} = 2.8 + 3 V \quad (IV.2)$$

IV. 3.2. Les paramètres géométriques :

L	H	h	θ
2.121 m	3	2m	45°

Tableau1: Les dimension géométrique .

I (w/m ²)	T _a (k)	T _v (k)	T _p (k)
500	299.2	310	314
550	302.6	315.45	351.27
650	310.3	327.15	365.40
700	312.2	330.83	370.70
750	313	333.40	375.05

Tableau 2 : condition aux limites **Jyotirmay Mathur (46)****IV. 3.3. Maillages :**

La géométrie et le maillage ont été réalisé à l'aide de logiciel (GAMBIT).

La configuration numérique étudiée est réalisé en domaine de calcul suivant un maillage structuré.

Pour une meilleure précession et une meilleure stabilité, nous avons adopté un maillage quadrilatéral structuré à multi bloc formé de lignes continues à travers le domaine, qui suivent au mieux le contour des surfaces définissant la géométrie. Après des tests de précision, un maillage de 18716 cellules a été adopté.

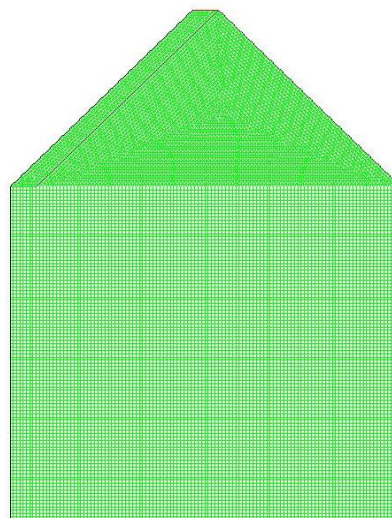


Figure IV. 3 : Maillage de la chambre

IV. 3.4. La convergence :

L'algorithme SIMPLE est utilisé pour résoudre le couplage entre la pression et la vitesse dans les équations de continuité et de quantité de mouvement. L'équation d'énergie est résolue numériquement en utilisant le modèle de radiation ROSSELOND. Une solution numérique est prise convergée lorsque les résidus pour les différentes grandeurs physiques deviennent inférieurs à 10^{-6} .

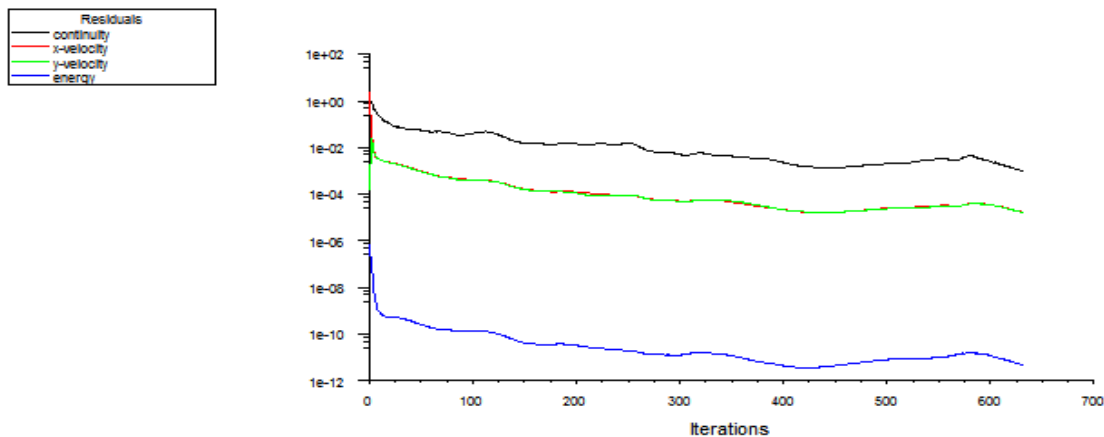


Figure IV.4 : la convergence des résultats

IV. 4. Résultats obtenus

IV. 1. L'influence de la largeur de capteur solaire :

Les résultats représentés sur les figures (IV.5) illustrent l'évolution des vecteurs de vitesse, d'un écoulement relatif à une pièce munie d'un capteur solaire de hauteur de 2m et une inclinaison de 45° , $T_a = 299.2$, Pour différentes largeurs (30, 40, 50 m).

IV. 4.1.1. Champs de vitesse et vitesse de sortie

La figure représenté la variation de la vitesse d'air dans la pièce pour différentes largeurs et une température ambiante $T_a = 299.2$ k et un rayonnement solaire $I = (500 \text{ w/m}^2)$, $T_v = 310$ K, $T_p = 314$ K.

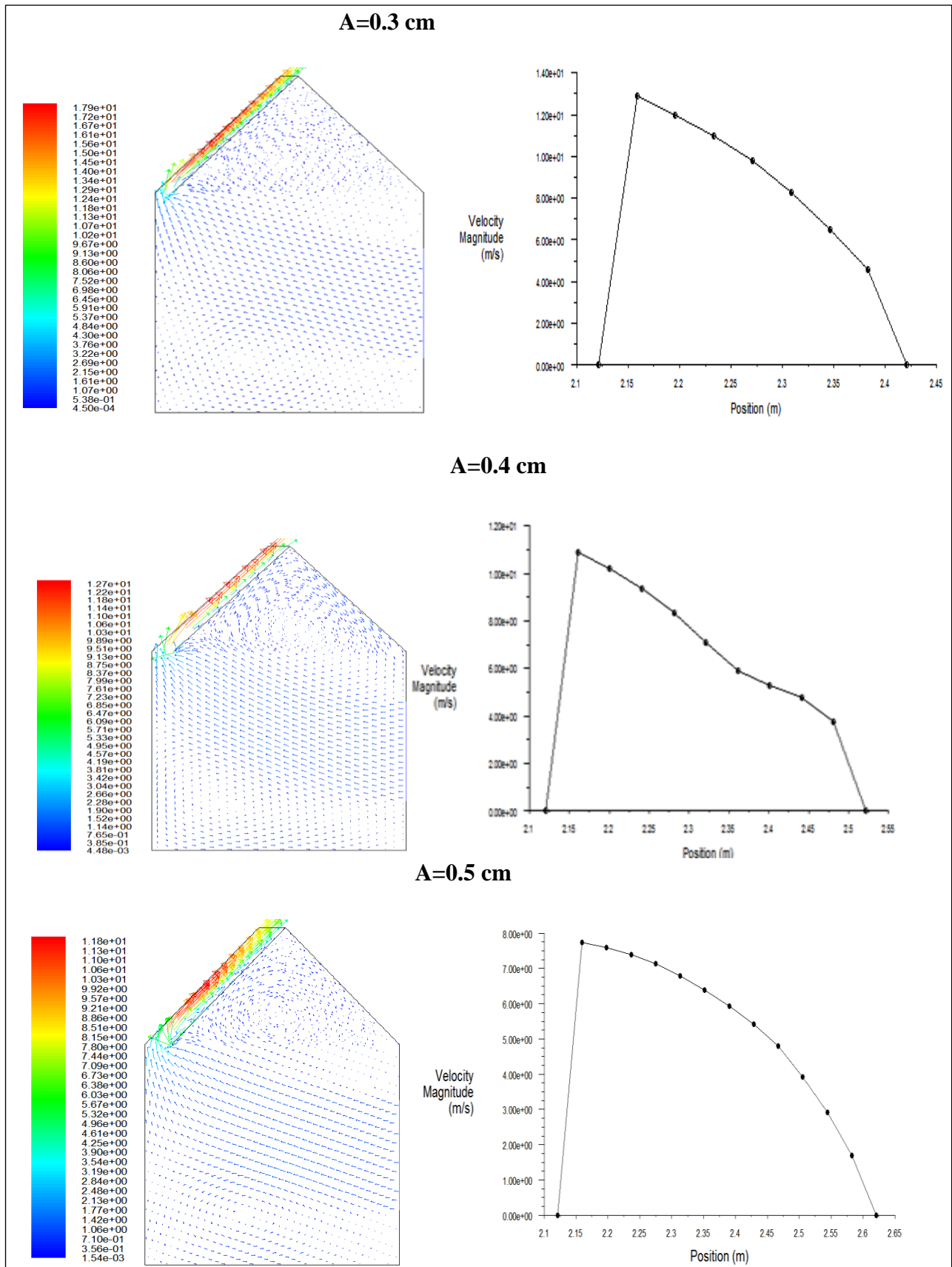


Figure IV.5 : champ de vitesse et vitesse à la sortie de différente largeur (30.40.50cm)

La figure (IV.5) montre les champs des vecteurs de vitesses et le profil de la vitesse d'air à la sortie de la cheminée pour différentes largeurs de la cheminée (30, 40, 50 cm). L'espace entre l'absorbeur et la couverture en verre joue un rôle important dans la ventilation naturelle.

D'après les figures, la vitesse maximale d'air se localise à la sortie de la cheminée et elle se diminue au niveau du système avec l'augmentation de la largeur de capteur solaire, elle décroît de 17,9 m/s à 12,7 m/s pour une variation de largeur de la cheminée de 30 cm à 40 cm. Pour une largeur de 50 cm, le gain en vitesse diminue considérablement et la vitesse maximale atteint 11,8 m/s. À partir de 50 cm, la figure montre que la vitesse d'air diminue avec l'accroissement de la largeur de capteur solaire qui nous explique que la valeur du débit augmente avec une largeur élevée. Diminué

Il faut souligner qu'avec l'augmentation de la largeur du capteur, il y a apparition d'un phénomène de recirculation qui peut prendre de l'ampleur et entraîne la diminution de la vitesse d'air ventilé dans le système d'après les graphes de la vitesse d'air à la sortie de la cheminée on remarque une diminution de la vitesse en fonction de l'augmentation de la largeur de la cheminée tel que sa valeur maximale est pour une largeur de 0,3 m. ce phénomène montre la loi de la conservation de la masse sa veut dire que le débit qui entre par la fenêtre égale au débit qui sort.

IV. 4.1.2. Contours de la température

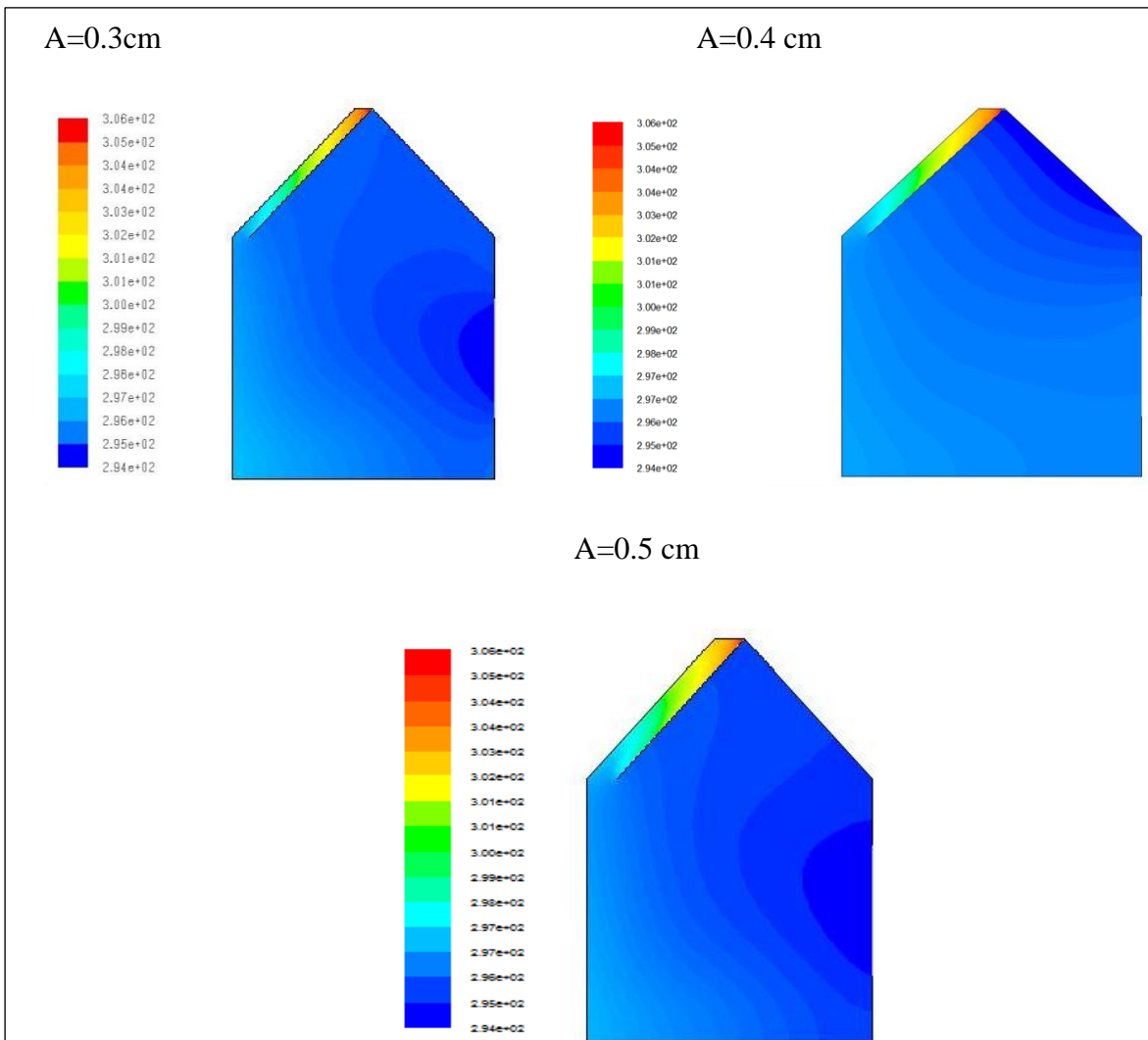


Figure IV.6 : contour de température pour différent largeur (30.40.50cm)

La figure (IV.6) représente respectivement la répartition de la chaleur dans le système pour une inclinaison de 45° et une épaisseur de lame d'air respectivement égale à 30, 40 et 50cm. Nous remarquons que les températures élevées sont toujours localisés dans des espaces étroits au voisinage de l'absorbeur, qui correspondent à l'épaisseur des couches limites thermiques. Loin de l'absorbeur, les gradients de température sont plus faibles. On remarque la présence de stratification thermique verticale près de la paroi sud et horizontale près du bas, où le transfert par conduction est dominant.

Nous remarquons que le vortex inférieur favorise le déplacement du froid de la paroi sud vers le plancher. Pour une largeur de 40cm, le vortex supérieur favorise le déplacement du

froid de la paroi nord vers la toiture. Au-delà de 40 cm, le vortex supérieur favorise le déplacement de l'air chaud entrant vers la toiture.

Pour une largeur de 40 cm, nous constatons un échauffement du fluide à partir de l'entrée où les isothermes sont courbées témoignant le transfert par convection naturelle. La cavité se divise en trois espaces, deux espaces plus frais en haut et en bas et un couloir au milieu plus chaud.

Au-delà de 40 cm, la chaleur de la cheminée influe davantage sur la cavité, et la partie froide qui existe en haut se réchauffe. Les isothermes de l'espace inférieur deviennent plus chaudes proportionnellement avec la largeur de la cheminée donc, il y a une réduction de l'espace froid dans le système.

La chaleur produite par le rayonnement solaire, concentrée dans la cheminée, augmente avec l'augmentation de la largeur de la cheminée et qui entraîne le champ de vitesse vers le haut. Ce phénomène crée ainsi une convection naturelle dans le système et qui provoque la diminution des zones du confort et l'augmentation des zones chaudes.

IV. 4.1.3. Contour de vitesse

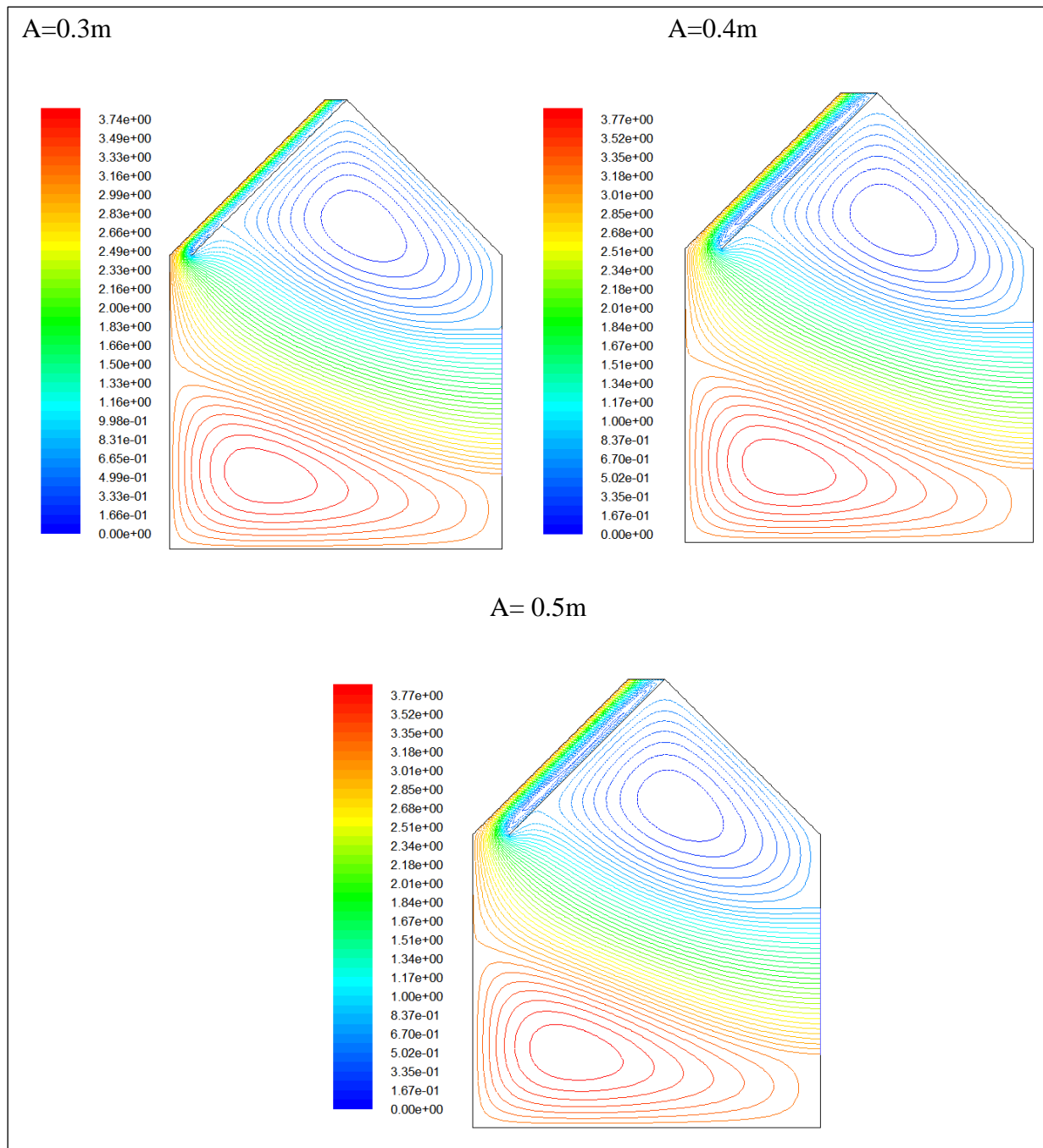


Figure IV.7 : contour de vitesse pour différent largeur (30.40.50 cm)

On constate l'apparition de deux vortex, un grand vortex situés en bas et à gauche de la pièce tournant dans le sens antihoraire, et un autre moins important situé en haut et à droite de la pièce tournant dans le sens horaire. Les deux vortex soulignent la présence de la convection naturelle à ces endroits. On remarque l'absence de vortex au milieu de la pièce qui souligne la dominance de la convection forcée au niveau du couloir d'air écrasé par les deux vortex. La figure montre que la variation de la largeur de la cheminée n'a pas un grand effet sur la taille

et la région des deux vortex dans la pièce. Par contre, l'augmentation de la largeur de la cheminée peut entraîner l'apparition d'un vortex au niveau de capteur solaire près de l'absorbeur et ayant pour résultat un décollement de l'écoulement et un retournement d'air. Cette recirculation est expliquée par le prolongement de la largeur de la cheminée au-delà de l'épaisseur de la couche limite.

IV. 2. Influence de la température ambiante

IV. 2.1. Contour de température

Pour une largeur de capteur solaire $A=0.4$ cm et différents température ambiante $T_a = 302$ K, $T_a=310$ K et $T_a=312$ k

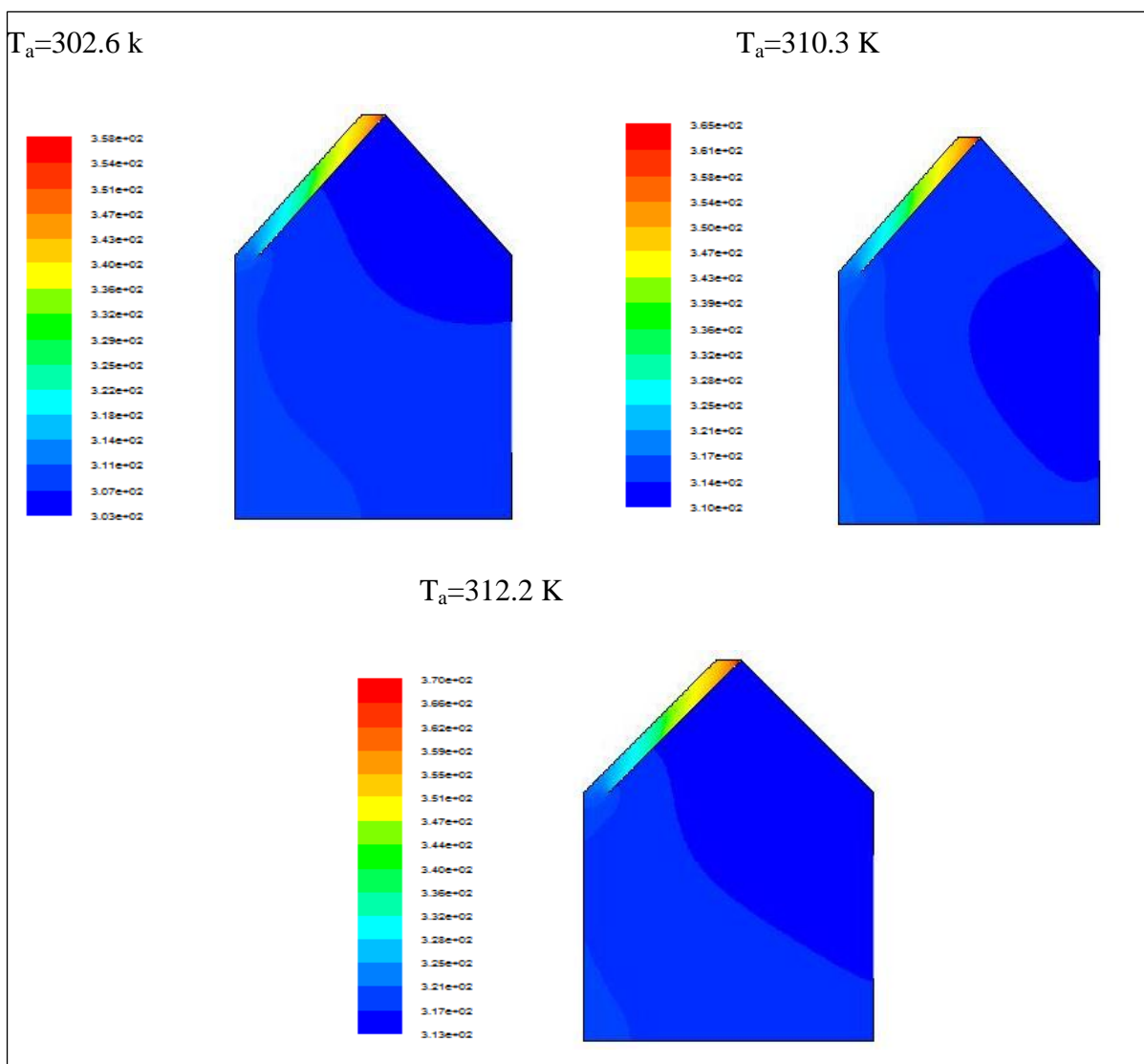


Figure IV.8 : contours de température pour différents températures ambiants (302.310 .312 K)

La figure (IV.8) montre l'évolution des contours de la température pour une largeur de 0,3m de la cheminée à des températures ambiantes 302.6 k et une inclinaison de 45°. On remarque que les différents profils de température ont un aspect semblable, où les valeurs maximales sont toujours atteintes près des parois du capteur où les transferts de chaleur sont les plus intenses.

Pour une température de 310.3 K, les contours de température dans toute la pièce montrent que la température d'air est entre 310 et 365 K. Cet intervalle est dans la zone du confort universelle qui est de 310 et 314 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 mais ne constitue pas une gêne importante pour les occupants.

A partir du 312.2, 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 313 et 370 K. .

IV. 2.2. champ de vitesse :

La figure représenté le contour de vitesse pour largeur égale 0.4cm de capteur solaire avec un inclinaison 45° et pour différent température ambient $T_a=302.6$ k , $T_a=310.3$ k , $T_a=312.2$ k , $T_a=313$.k.

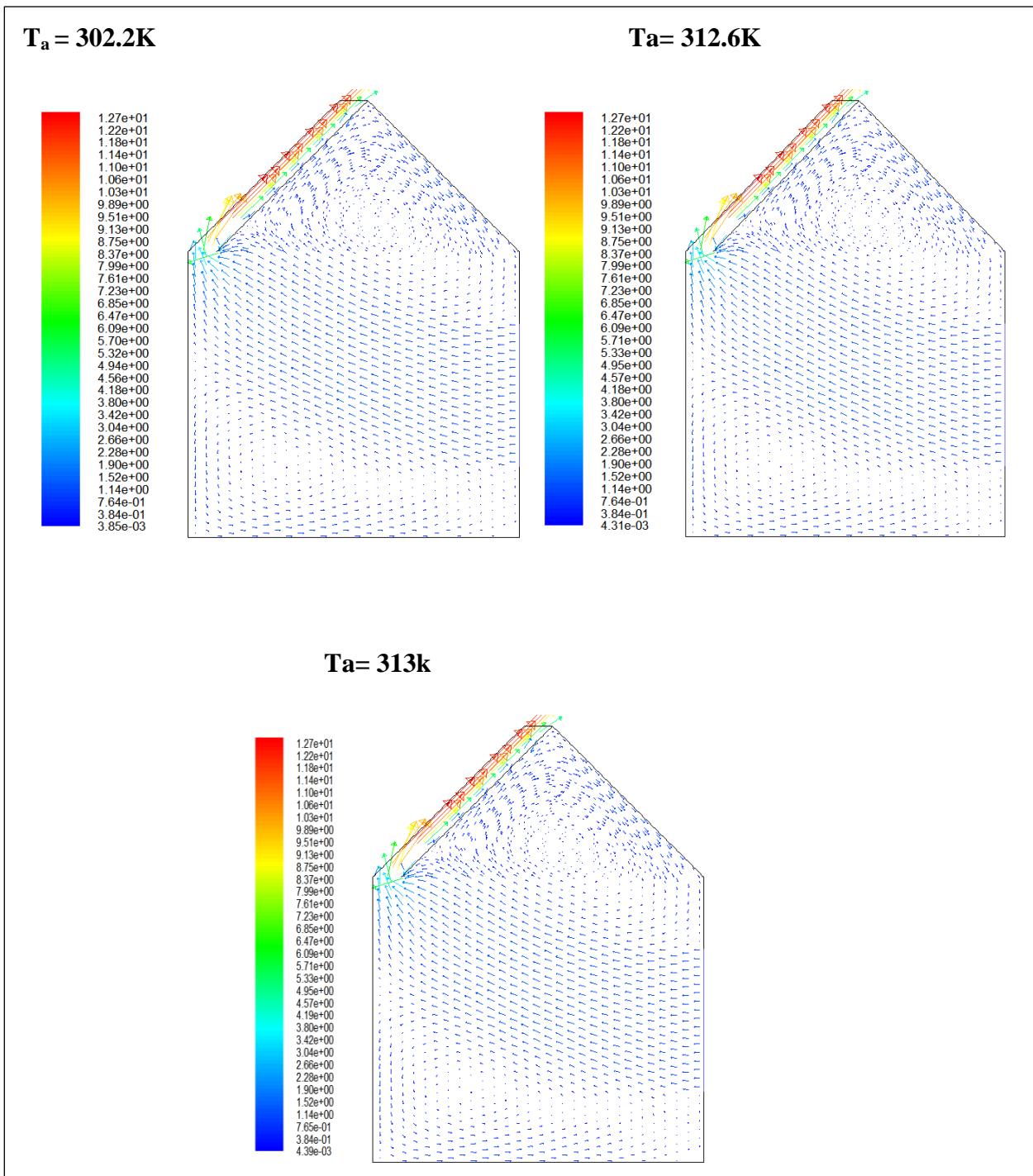


Figure IV.9 : champ de vitesse pou différent température ambient (302.2 ,312.6, 313 K).

La figure montre que la vitesse minimale augmentée avec l'augmentation de la température ambiante elle s'accroît de 3.85×10^{-3} à 4.39×10^{-3} pour une variation de température de 302k à 313k

On remarque que la vitesse plus moindre concevoir à la toiture et à la base de la pièce, il Ya un couloir d'aire avec un vitesse 1.14 m/s, la vitesse maximale soulignée au voisinage de vitrage.