

# Modélisation mathématique et simulation numérique du comportement d'un capteur solaire à air

Guettaf Wahid<sup>#1</sup>, Benhamou Amina<sup>\*2</sup>, Bibi Mohand Ouamer<sup>#3</sup>

<sup>1</sup>[guettafwahid@gmail.com](mailto:guettafwahid@gmail.com)

<sup>#</sup>Université d'Alger 1 -Alger - Algérie

<sup>2</sup>[amina\\_benhamou@hotmail.com](mailto:amina_benhamou@hotmail.com)

<sup>\*</sup>Université de Boumerdes -Boumerdes – Algérie

<sup>3</sup> [mobibi.dz@gmail.com](mailto:mobibi.dz@gmail.com)

<sup>#</sup>Université de Béjaia

**Abstract**—The author proposes in this paper, the numerical study of laminar natural convection in a solar air collector, the two-dimensional equations governing the flow are solved numerically using the FLUENT code. The pumped fluid is air, considered as a Newtonian, incompressible fluid, based on approximations Boussinesq. The numerical simulation was performed using the FLUENT software to simulate a 2D model of a solar collector. The simulation was performed for two geometrical configurations and for different values of the solar density. We examined the effect of the geometry of the system on the phenomenon of natural convection in the system. The simulation results have been given in the form of fields and profiles of temperature, velocity and pressure. A good quantitative agreement was obtained between the experimental and numerical data and our numerical results.

**Keywords**—Solar Air Collector, Solar Energy, Natural Convection, Numerical Study.

## 1.Introduction

Nous présentons dans ce chapitre les résultats de la simulation numérique obtenus par le code de calcul FLUENT. Le problème consiste comme cité au paravent à l'analyse et l'étude du comportement d'un écoulement d'air dans le cas stationnaire en convection naturelle passant dans un capteur solaire incliné avec un angle de 32° de longueur  $L$  ou les deux cas considérés. Le problème

étudié avec toutes les conditions géométrique est retiré de la référence [2].

## 2.Validation du modèle numérique

La comparaison entre nos résultats numériques et les résultats expérimentaux de Cherfi Malika [2] est présentée sur la figure (1) pour la première configuration ou la lame d'air est situé entre l'absorbeur et le vitre. La figure montre que nos résultats de la modélisation sont très proches aux résultats expérimentaux donnés par Cherfi Malika [2].

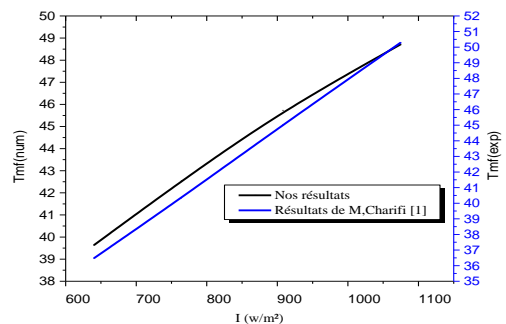
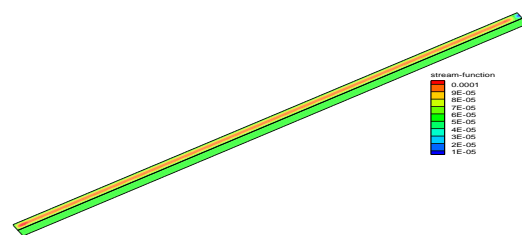


Figure .1 : Validation de la simulation numérique avec les résultats expérimentaux de Cherfi Malika.

Nous proposons une comparaison examinant qualitativement la structure générale de l'écoulement, en comparant les lignes de courants du présent travail avec celle d'ABABSA Dalila [1],(Figure.2)



(a)

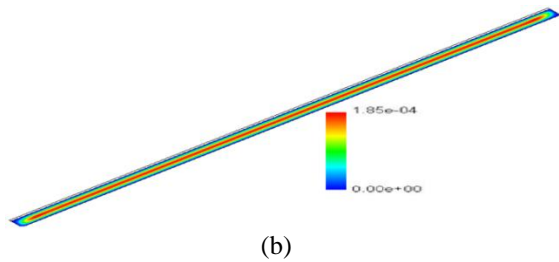


Figure .2 : Comparaison les lignes de courants (a) : nos calculs, (b) :ABABSA Dalila[1].

### 3. Discussion des résultats

#### 3.1. La température

##### ➤ Les iso contours de température

Les figures 3 et 4 illustrent les isothermes dans le système du capteur solaire pour les deux configurations géométriques considérées et pour différentes valeurs de l'éclairement solaire. Pour la première configuration, les isothermes sont stratifiées horizontalement le long du capteur et la distribution des températures est simplement diminuée de la paroi chaude (l'absorbeur) de la paroi froide (la vitre). Par contre, dans la deuxième configuration, le système se refroidit à l'entrée. Les valeurs maximales de la température diffèrent suivant la valeur de l'éclairement. En effet, plus  $I$  augmente, plus les maximums de température augmentent, pour les deux cas.

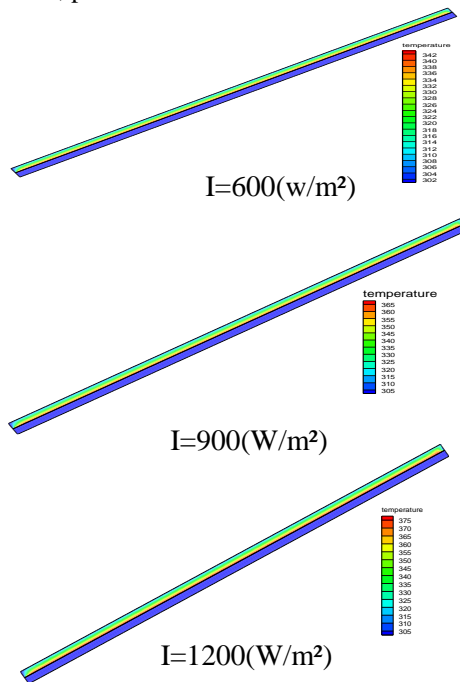


Figure.3 : les iso contours de température pour la première configuration.

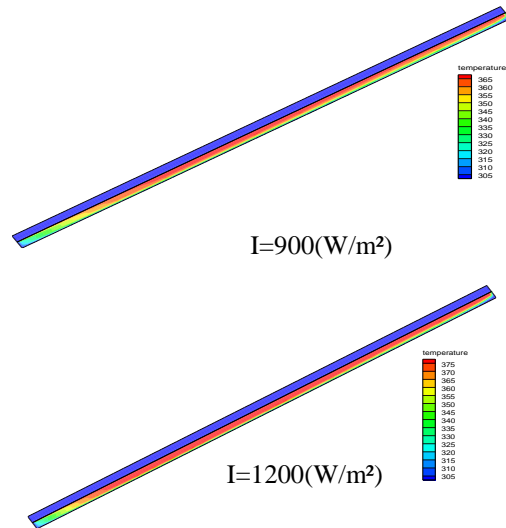
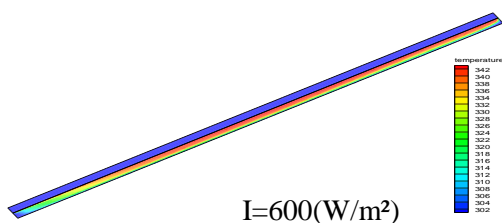


Figure.4 : les iso contours de température pour la deuxième configuration.

##### ➤ Les profils

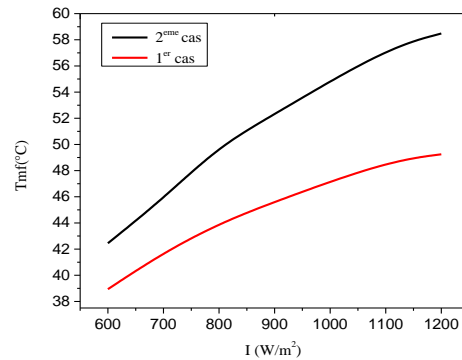


Figure.5 : Température moyenne du fluide en fonction de l'intensité de rayonnement solaire pour les deux configurations considérées.

La figure.5 montre l'influence de l'irradiation solaire sur le profil de température moyenne du fluide circulant à travers le capteur pour les deux cas. Lorsque l'irradiation solaire est constante, la température du fluide pour la deuxième configuration est toujours supérieure à celle de première configuration.

Lorsque l'irradiation solaire augmente, la température moyenne de l'air augmente pour les deux configurations. La température de sortie de deuxième configuration est plus importante que la première, et augmente en augmentant l'irradiation solaire (figure.6).

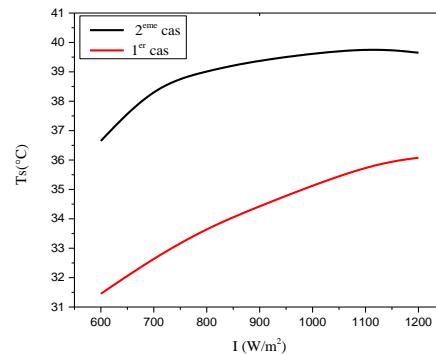


Figure .6 : Températures de sortie en fonction de l'intensité de rayonnement solaire pour les deux configurations considérées.

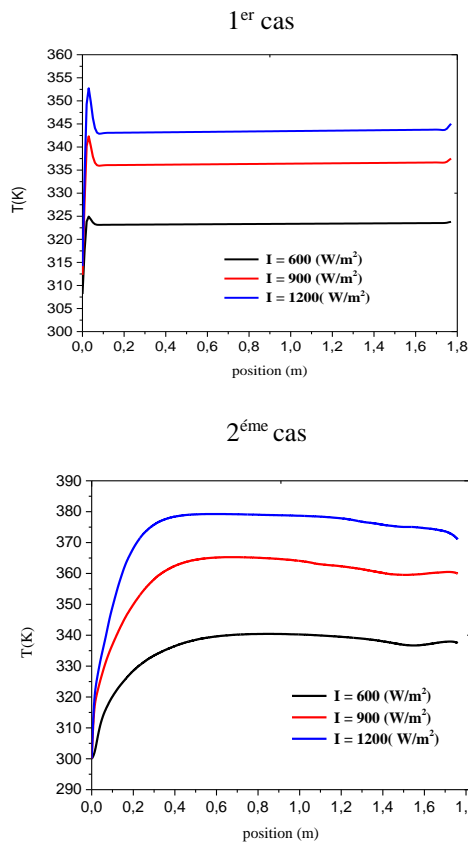


Figure.7 : Profil de température le long du capteur.

Les figures (7) illustrent les profils de la température de l'air dans le milieu du capteur (de l'entrée à la sortie) pour différentes irradiances solaires.

La température augmente brusquement dans le capteur à l'entrée puis, elle commence à stabiliser en allant vers la sortie, pour la première configuration géométrique considérée. Pour la deuxième configuration, la température augmente à l'entrée du capteur, ceci est expliqué par le fait que l'air dans celui-ci s'échauffe près de l'absorbeur et s'élève vers la vitre pour se refroidir puis légèrement diminue en allant vers la sortie.

Lorsque l'irradiation solaire augmente, la température de l'air augmente pour une même position dans le capteur pour les deux cas.

### 3.2. La vitesse

#### ➤ Les iso contours de vitesse

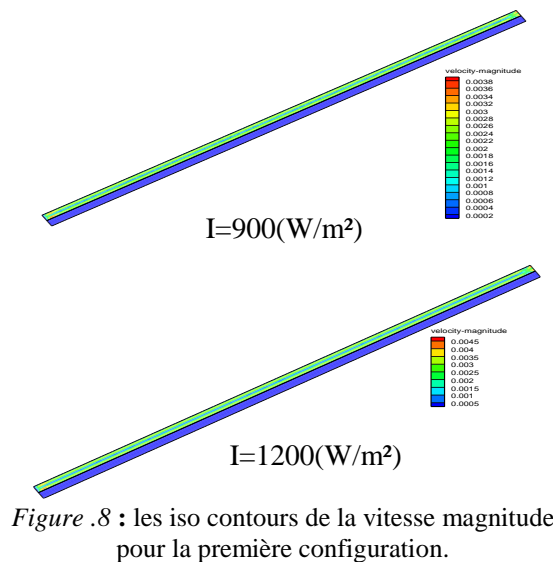
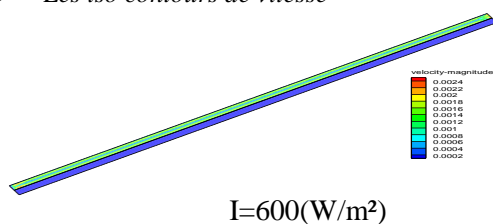


Figure .8 : les iso contours de la vitesse magnitude pour la première configuration.

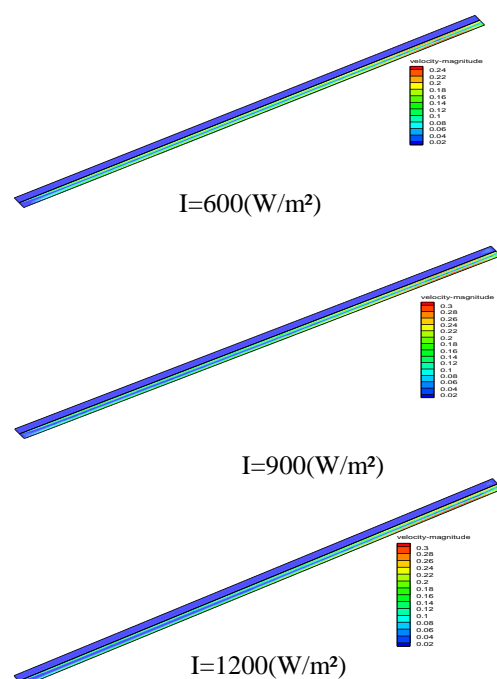


Figure.9 : les iso contours de la vitesse magnitude pour la deuxième configuration.

Les figures 8 et 9 représentent les champs de la vitesse magnitude pour des valeurs de l'irradiation solaire  $I$  correspondant à 600, 900 et 1200  $W/m^2$  respectivement. Il convient de noter que la vitesse augmente avec l'augmentation de l'irradiation solaire et sa valeur maximale est située aux environs de l'entrée du capteur pour la première configuration et aux environs de sortie pour le deuxième, comme la montre les figures 10 (a) et 11(a).

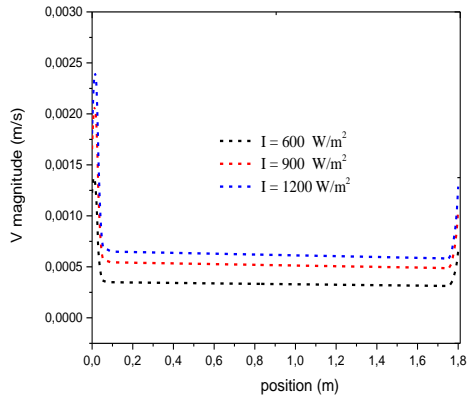
Les profils de vitesses magnitudes suivant l'épaisseur de la lame d'air (variation verticale) (à une section au milieu du capteur solaire) sont présentés dans les figures 10 (b) et 11(b). Les figures montrent que les valeurs minimums de la vitesse situées au milieu de la lame d'air, ce qui signifie la

présence d'un grand vortex rotatif comme l'illustre bien les figures 12 et 13 par la présence des valeurs négatives caractérisent une zone de recirculation du fluide dans le capteur.

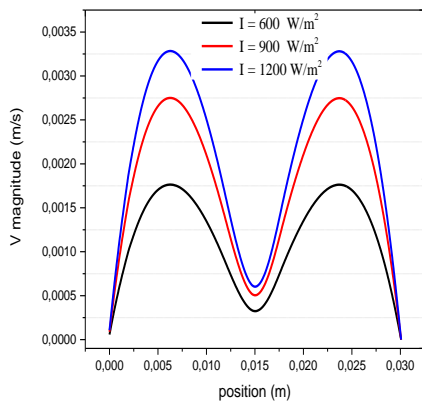
Les vitesses nulles correspondent les conditions de non glissement aux parois.

Nous remarquons aussi que toutes les valeurs des vitesses ne sont pas affectées beaucoup par l'augmentation de l'éclairement solaire dans la deuxième configuration comparant avec la première.

➤ *Profils de vitesse magnitude*

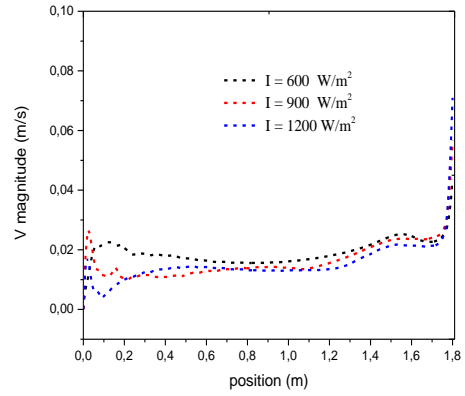


(a)

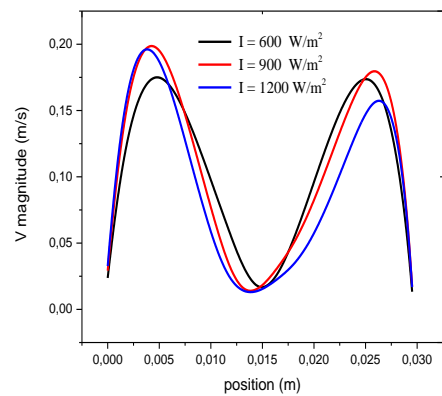


(b)

Figure 10 : Profils des vitesses magnitude pour la première configuration en fonction de la position : (a) : longitudinale, (b) : transversale



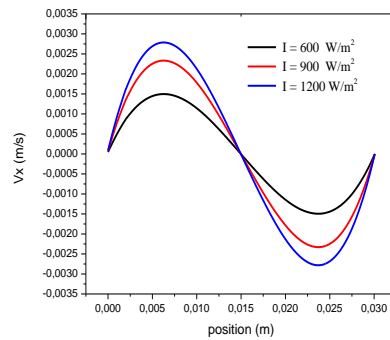
(a)



(b)

Figure 11 : les profils des vitesses magnitude pour la deuxième configuration en fonction de la position : (a) : longitudinale, (b) : transversale

➤ *Profils de vitesse suivant Ox et Oy*



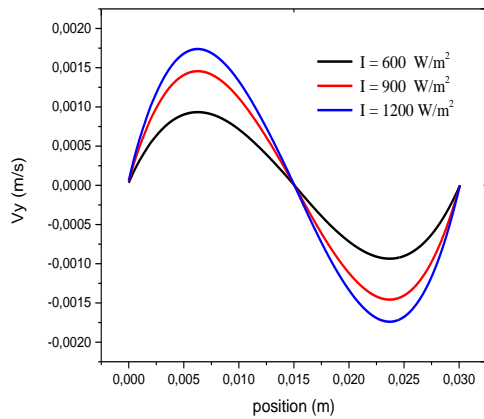


Figure 12 : Profils de vitesse suivant Ox et Oy en fonction de l'épaisseur de la lame d'air pour la première configuration.

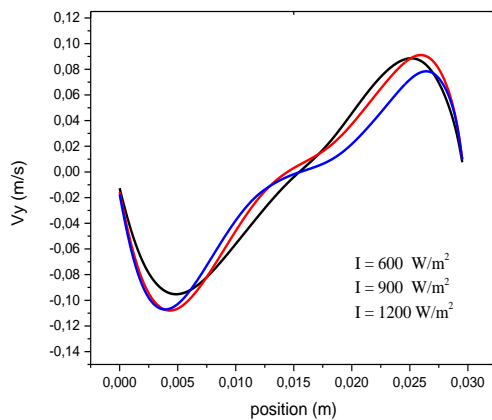
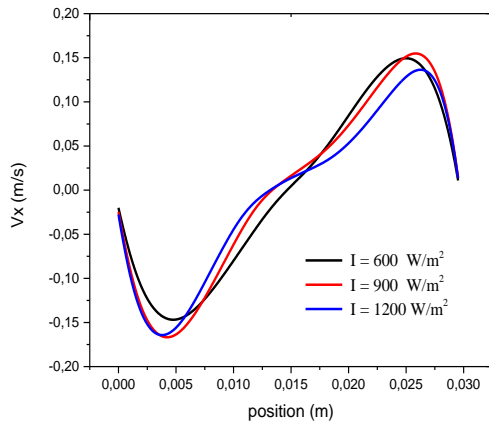


Figure .13 : Profils de vitesse suivant Ox et Oyen fonction de l'épaisseur de la lame d'air pour la deuxième configuration.

### 3.3. La Pression

#### ➤ Champs de pression

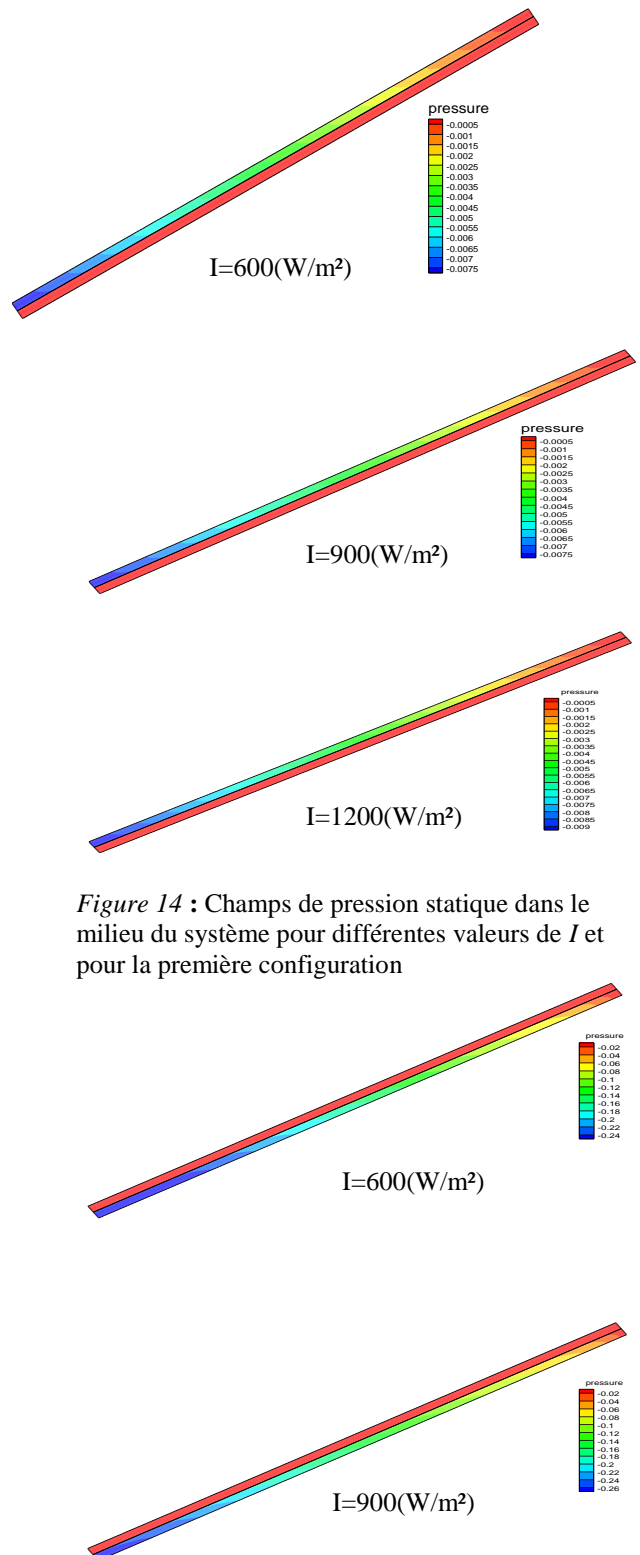


Figure 14 : Champs de pression statique dans le milieu du système pour différentes valeurs de I et pour la première configuration

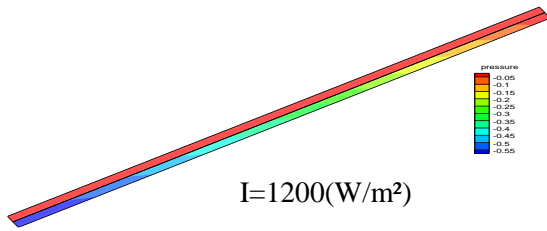


Figure .15 : Champs de pression statique dans le milieu du système pour différentes valeurs de  $I$  et pour la deuxième configuration.

Les figures 14 et 15 illustrent la variation de pression en fonction de la densité de l'irradiation solaire pour les deux configurations géométriques étudiées. Les résultats montrent que la pression dans le système est une valeur négative pour les deux configurations, c'est la raison pour laquelle l'air extérieur peut pénétrer dans le système et qui forme un flux.

➤ Les profils de pression

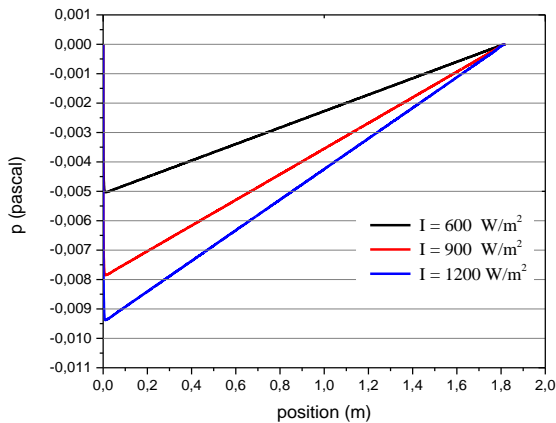


Figure .16 : Profils de pression à travers le capteur pour la première configuration.

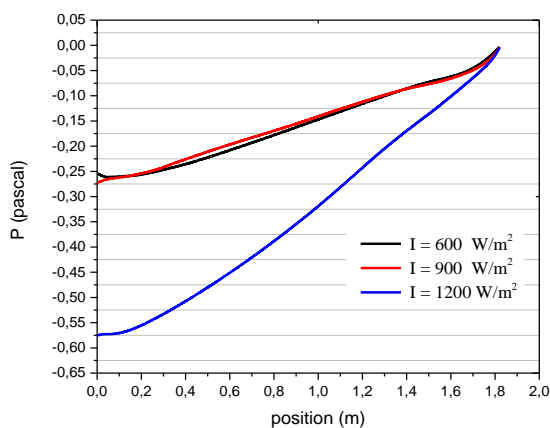


Figure .17 :Profils de pression statique à travers le capteur pour la deuxième configuration.

Les figures .16et .17montrent le profil de la pression statique pour différents irradiation solaire

pour les deux configurations étudiées, cette dernière chute à l'entrée du capteur puis augmente progressivement allant vers la sortie pour atteindre la condition aux limites à la sortie. Les figures montrent également que l'augmentation de l'irradiation solaire entraîne une diminution de la pression statique à l'entrée du capteur pour les deux cas.

4. Conclusion

L'utilisant du code CFD « Fluent », basé sur la méthode des volumes finis, a permis d'aboutir à des résultats intéressants. Nous sommes intéressés à déterminer les champs thermique et dynamique, les profils de vitesse et de température, et de la pression, pour deux configurations géométriques et pour différentes variation de l'éclairement dans le but de caractériser le taux d'échange thermique à l'intérieur du capteur.

Références

[1] D.ABABSA1, F.Z.FERAHTA, S.BOUGOUL et C.ABID, «Etude de la convection dans la lame d'air d'un capteur solaire plan».

[2] Cherifi Malika .«Caractérisation du capteur à air en vue de son utilisation en sechoir solaire (UDES)». memoire ingénieur 2006-2007.

[3] F.Mokhtari et D.Semmar« Etude Expérimentale d'un Capteur Solaire à Air » Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger Rev. Energ. Ren. : Valorisation (1999) 243-246.

[4] Ben Slama, R. (2007) "The air solar collectors: Comparative study, introduction of baffles to favor the heattransfer", Solar Energy 81, 139–149.

[5] A. Ahmed-Zaïd, A. Moulla, M. S. Hantala et J.Y. Desmons« Amélioration des Performances des Capteurs Solaires Plans à Air:Application au Séchage de l'Oignon Jaune et du Hareng » Rev. Energ. Ren. Vol.4 (2001) 69-78.