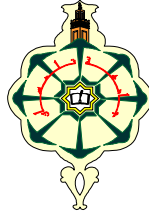


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID - TLEMCCEN



FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER  
EN GENIE MECANIQUE  
OPTION : DYNAMIQUE DES TRANSFERTS

Présenté et soutenu par :

**M<sup>r</sup> HENAOUI Mustapha**

**ETUDE DE L'AERODYNAMIQUE INTERNE  
DES BARRETTES PERFOREES PLACEES DANS UN  
CAPTEUR SOLAIRE PLAN A AIR**

JURY DE SOUTENANCE

<b>P<sup>r</sup> HOUMAT Abderrahim</b> Université Aboubekr Belkaïd Tlemccen	<b>Professeur</b>	<b>Président</b>
<b>D<sup>r</sup> SEBBANE Omar</b> Université Aboubekr Belkaïd Tlemccen	<b>Maître de Conférence A</b>	<b>Examineur</b>
<b>D<sup>r</sup> AZZI Ahmed</b> Université Aboubekr Belkaïd Tlemccen	<b>Maître de Conférence A</b>	<b>Examineur</b>
<b>D<sup>r</sup> ALIANE Khaled</b> Université Aboubekr Belkaïd Tlemccen	<b>Maître de Conférence A</b>	<b>Encadreur</b>

Année Universitaire 2013 - 2014

# DEDICACES

---



*Je dédie ce modeste travail*

*A la mémoire de mon père*

*A ma chère mère*

*A mes frères et mes sœurs*

*A ma petite famille*

# **R**EMERCIEMENTS

---

**Je remercie ALLAH de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.**

**J'exprime mes gratitudes, mes reconnaissances et mes sincères remerciements à Mr. ALIANE Khaled pour m'avoir encadré tout le long de mon projet**

**J'exprime mes sincères remerciements à Monsieur le Professeur HOUMAT Abderrahim, Professeur à l'Université de Tlemcen, d'avoir accepté de présider le Jury de ce mémoire.**

**J'exprime mes sincères remerciements et ma profonde gratitude aux Docteurs SEBBANE Omar et AZZI Ahmed pour m'avoir fait l'honneur d'examiner et de juger ce modeste travail.**

**Enfin, je remercie également tous mes collègues et amies, qui me sont chères.**

**J'associe à ces remerciements tous ceux qui ont contribué à ce travail parfois sans le savoir ou du moins sans mesurer la portée de leur influence.**



# Introduction générale

---

## Introduction générale :

L'énergie a toujours constitué un enjeu vital pour les sociétés humaines. Les comportements humains sont fortement induits par son abondance ou sa pénurie.

La prise de conscience de l'importance des enjeux est liée à l'énergie (Réchauffement climatique, épuisement des ressources, augmentation des coûts de la santé,..).

Les énergies renouvelables ont connu des phases de développement.

Parmi les énergies renouvelables, nous citons l'énergie solaire, une énergie exploitée depuis les millénaires.

En effet l'énergie thermique produite par voie solaire est une forme d'énergie très écologique sans émission de CO<sub>2</sub>.

De ce fait la substitution des charbons, gaz naturelle et autres réduisent sans aucun doute les effets désastreux des systèmes énergétiques classiques.

Ce travail s'intéresse à l'étude du capteur plan à air.

En raison de l'insuffisance de l'échange thermique réalisée dans le capteur solaire plan à air entre le fluide caloporteur et l'absorbeur l'utilisateur est amené à apporter des améliorations pour de meilleures performances ou une meilleure efficacité thermique.

L'amélioration du couple « Rendement-Température » par l'introduction de chicanes (obstacles) déposées dans la veine dynamique du capteur.

Le travail présenté dans ce mémoire porte sur la comparaison entre les différents modèles de capteurs plans à air avec chicanes et chicanes perforées.

Le principe de cette technique est de faire circuler le fluide caloporteur sur toute l'espace entre l'absorbeur et la plaque isolante le plus longtemps possible.

Notre stratégie consistera à fixer des chicanes rectangulaires avec barrettes et sans barrettes sur l'absorbeur et sur la plaque isolante.

Le système est modélisé suivant la méthode globale : Capteur, fluide caloporteur.

Le présent mémoire est structuré en trois chapitres complété par une partie annexe.

Une analyse bibliographique comportant une bref présentation de l'énergie solaire et les différents capteurs avec la modélisation des échanges thermiques suivi des dispositifs pour augmenter les échanges de chaleur dans un capteur plan à air pour une amélioration des performances thermiques.

Un deuxième chapitre faisant l'objet d'une introduction des méthodes numériques avec une présentation des codes de calculs du logiciel Fluent et du logiciel Gambit pour la création et le maillage de la géométrie.

Un dernier chapitre est consacré à la comparaison et l'interprétation des résultats numériques obtenus par le logiciel Fluent explicitant les différents cas énumérés comme suit :

- Un capteur à chicanes simple et un autre à chicanes avec barrettes.
- deux capteurs à chicanes avec trois barrettes de dimensions annulaires différentes.
- un capteur à chicanes avec trois barrettes et un autre à chicanes avec six barrettes.



**I.1 Systèmes solaires**

**I.1.1 Introduction**

La trajectoire de la Terre autour du Soleil est une ellipse faiblement excentrée. Au solstice d'été (21juin), la Terre est éloignée du Soleil au maximum  $\max = 1.017d$ , tandis que au solstice d'hiver  $d_{\min} = 0.983d$  ( $d = 149$  millions de kilomètres).

La constante solaire est le rayonnement direct  $I_0$  reçu par l'unité de surface placée perpendiculairement aux rayons solaires à la limite extérieure de l'atmosphère terrestre,  $I_0 = 1367 \text{ W/m}^2$

Le spectre du rayonnement solaire, en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  exprimée en  $\mu\text{m}$  est présenté sur la (figure I.1). Le rayonnement visible se trouve entre  $\lambda = 0.38$  et  $\lambda = 0.78$

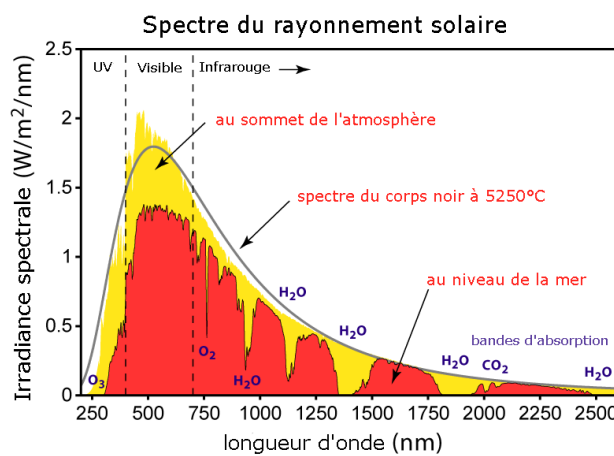


Fig. I.1 : Spectre du rayonnement solaire

**I.1.2 Repérage du soleil dans la voûte céleste**

La Terre tourne autour du Soleil sur une trajectoire elliptique contenue dans un plan écliptique; la normale à ce plan et l'axe de rotation de la Terre font un angle variable  $\delta$ , qu'on nomme déclinaison solaire et qui prend les valeurs suivantes :

$\delta = + 23^{\circ}27'$  (au solstice d'été)  $\delta = - 23^{\circ}27'$  (au solstice d'hiver)

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) \tag{I.1}$$

Où "n" est le numéro du jour compté depuis le 1<sup>er</sup> janvier

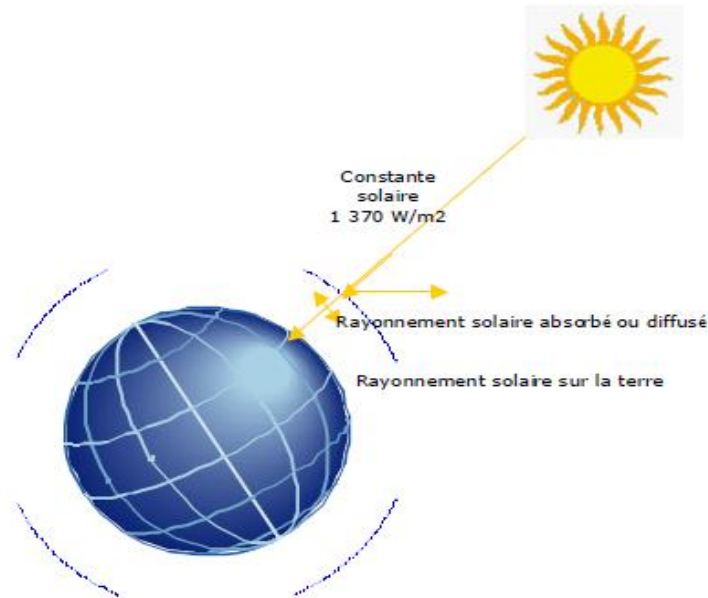
Le rayonnement solaire est un rayonnement thermique qui se propage sous la forme d'ondes électromagnétiques. Il produit à la lisière, mais en dehors de l'atmosphère Terrestre, un éclairage énergétique à peu près constant et égal à  $1\,370 \text{ W/m}^2$ , appelé de ce fait : constante solaire  $I_0$ .

Pour atteindre chaque point de la surface éclairable du globe terrestre, les rayons solaires traversent l'atmosphère qui dissipe une partie de l'énergie provenant du soleil par :

- Diffusion moléculaire (en particulier pour les radiations (U.V.)

- Réflexion diffuse sur les aérosols atmosphériques (gouttelettes d'eau, poussières,...)
- Absorption sélective par les gaz de l'atmosphère.

L'atténuation correspondante du rayonnement solaire dépend de l'épaisseur de l'atmosphère traversée, celle-ci dépend à son tour de la latitude du lieu considéré et du temps.



*Fig. I.2 : Propagation du rayonnement solaire dans l'atmosphère*

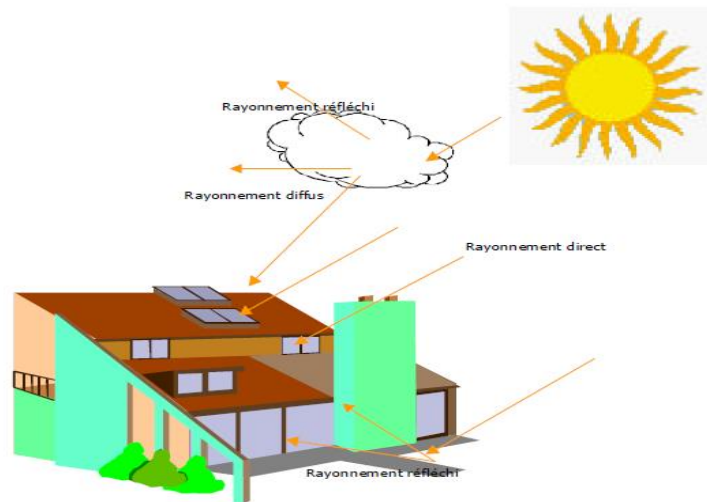
Avant son arrivée dans l'atmosphère terrestre, le rayonnement solaire est dirigé. Il se présente sous la forme d'un faisceau à peu près parallèle. Seule une partie de ce rayonnement direct traverse l'atmosphère et atteint le sol. Une autre partie du rayonnement est diffusé et répartie à peu près uniformément dans toutes les directions de l'espace.

Ce rayonnement diffus, lorsqu'il atteint le sol terrestre, semble ainsi provenir de l'ensemble des directions de la voûte céleste.

A la surface de la terre, le rayonnement solaire global est la somme des rayonnements :

- direct, ayant traversé l'atmosphère,
- diffus, en provenance de toutes les directions de la voûte céleste.

Une surface exposée reçoit ainsi du rayonnement direct et diffus, mais elle reçoit en plus une partie du rayonnement global réfléchi par les objets environnants, en particulier par le sol, dont le coefficient de réflexion est appelé « albédo ».



*Fig. I.3 : Le rayonnement solaire à la surface de la terre*

### **I.1.3 Généralité sur les capteurs solaires**

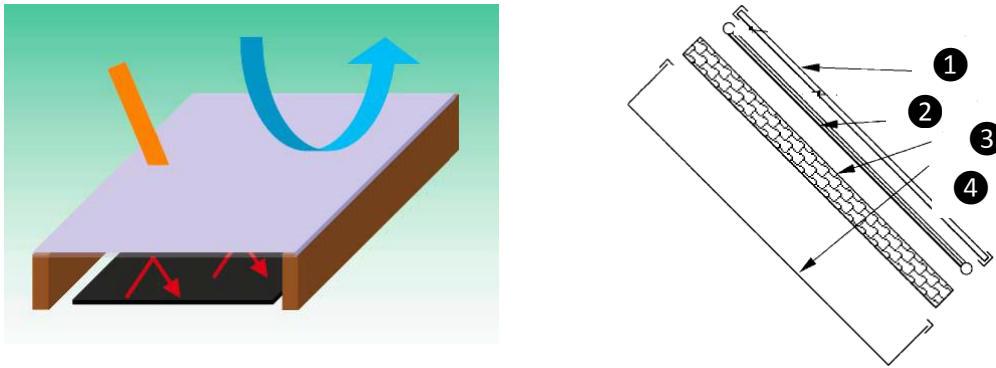
#### **I.1.3.1 Introduction**

Les capteurs solaires plans à air transforment l'énergie radiante du soleil en énergie thermique extraite par l'air en écoulement dans le capteur.

Cette énergie est utilisée dans différentes applications solaires, comme par exemple le séchage des grains ou du bois, le chauffage de locaux industriels ou à usage d'habitation.



*Fig. I.4 Capteur solaire plan à air exposé au soleil [ 1]*



*Fig. 1.5 Vue en 3D d'un capteur solaire plan*

On y distingue les différents composants: 1-Couverture transparente, 2-Absorbeur; 3-Isolation arrière; 4-Coffre arrière.

1 : La couverture transparente

2 : L'absorbeur

3 : L'isolation arrière

4 : Boitier en bois : Coffre arrière assurant la cohésion de l'ensemble des composantes ainsi que leur protection contre les intempéries

### **I.1.3.2 La conversion thermique:**

Un corps exposé au  $R_s$  voit sa température s'équilibrer sous l'action conjuguée:

1. De l'énergie solaire absorbée (d'autant plus élevée que le coefficient d'absorption,  $0 < \alpha < 1$ , est élevé)
2. Des pertes thermiques par rayonnement (IR du corps vers l'environnement) d'autant plus élevée que le coefficient d'émission est élevé
3. Des pertes thermiques par convection (proportionnelle à l'écart de Température entre le corps et l'environnement)

Lors de la conception d'un capteur solaire plan à air, il convient donc de limiter les pertes par convection et rayonnement : un vitrage placé en avant de l'absorbeur permet d'agir sur ces deux points.

### **I.1.3.3 La puissance rayonnée**

Le rayonnement solaire est un flux d'énergie émis uniformément par le soleil dans toutes les directions. Une puissance de  $1,36 \text{ kW/m}^2$  (constante solaire) est reçue par la Terre en dehors de l'atmosphère, cette valeur est appelée constante solaire.

Au cours de sa traversée de l'atmosphère terrestre, le rayonnement solaire est affaibli par la réflexion, les diffusions multiples et l'absorption par les particules de poussière et les molécules de gaz. La part du rayonnement qui traverse sans encombre l'atmosphère rencontre directement la surface terrestre : c'est le rayonnement direct.

La part du rayonnement solaire réfléchi ou absorbé par des particules solides ou de gaz et rayonné à nouveau rencontre la surface terrestre dans toutes les directions : c'est le rayonnement diffus.

La somme des rayonnements direct et diffus (figure I.3) est appelée rayonnement global ( $R_g$ ). Il est de  $1000 \text{ W/m}^2$  maximum dans des conditions optimales (ciel clair et sans nuages, à midi). Les capteurs solaires sont, selon le modèle et le dimensionnement de l'installation, en mesure d'utiliser jusqu'à 75 % environ du rayonnement global.

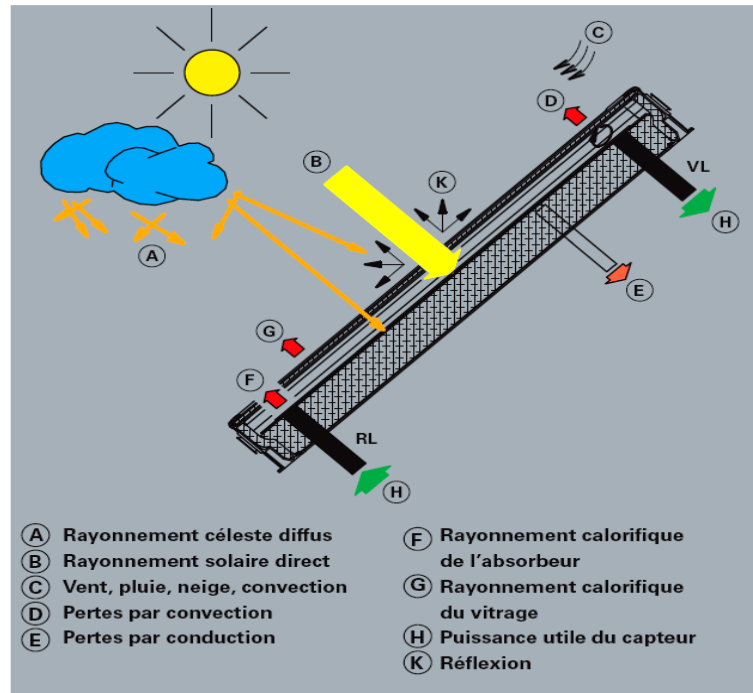


Fig. I.6 Utilisation du rayonnement solaire dans le capteur

### Angle d'inclinaison $\alpha$

Une récupération maximale de l'énergie suppose un angle d'inclinaison des capteurs solaires par rapport à la surface de la Terre en conséquence (figure I.6). Si le capteur est sur un toit à versants, l'angle d'inclinaison est celui du toit. L'absorbeur du capteur pourra capter le maximum d'énergie si le plan du capteur est perpendiculaire au rayonnement solaire.

### Angle azimutal

Angle azimutal (Fig. I.7) est l'angle que fait le plan du capteur par rapport au sud ; plan du capteur orienté plein sud = Angle azimutal

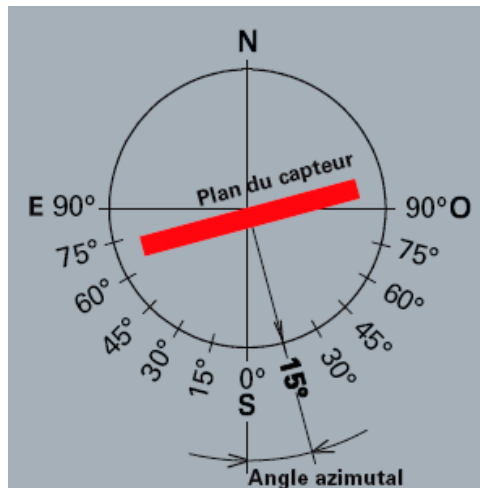


Fig. I.7 Angle azimutal d'un capteur solaire

#### I.1.3.4 Les différents types de capteur solaire

- Capteur solaire plan sans ou avec vitrage
- Capteur solaire à concentration

##### Différentes configurations de capteurs plans à air :

Le mode de circulation du fluide caloporteur à l'intérieur du capteur, le nombre de vitre ou le type de la couverture transparente, le genre d'absorbeur installé, l'absence ou la présence de la plaque métallique isolante et la conception de l'isolation définissent le type de capteur plan à air.

On les classe en deux grands groupes : Les capteurs avec chicanes et les capteurs sans chicanes.

#### I.1.3.5 Transfert thermique dans les capteurs solaires

Les capteurs solaires ont un bilan énergétique qui fait intervenir des pertes par rayonnement, convection et conduction.

La détermination des pertes thermiques tient compte des différents échanges thermiques existants.

Les ouvrages généraux sur les capteurs solaires proposent des bilans énergétiques sans préciser la nature de leur étude (expérimentations, simulations numériques, études théoriques), de plus ses références précisent rarement les caractéristiques du système étudié (sélectivité de l'absorbeur, épaisseur d'isolant, couverture,...) c'est pourquoi ses résultats sont à prendre avec précaution et surtout à titre indicatif.

Cependant, les auteurs s'accordent à dire que les pertes latérales et arrières restent négligeables devant les pertes thermiques face avant du capteur qui demeurent les plus importantes.

##### a) Pertes thermiques vers l'avant du capteur

Ces pertes peuvent être scindés en deux parties, les pertes entre la vitre et l'extérieure et les pertes entre l'absorbeur et la vitre.

Pertes entre la vitre et l'extérieure

La vitre est soumise à un échange convectif avec l'air ambiant d'une part et un échange radiatif avec la voûte céleste d'autre part.

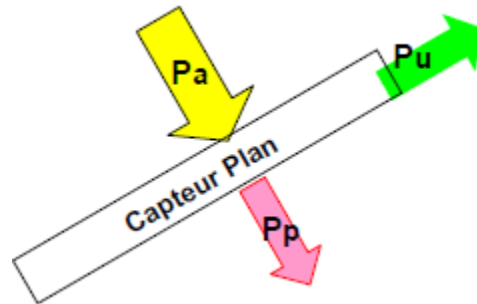


Fig. I.8 Echange thermique au niveau d'un capteur solaire plan à air

- Echange thermique par convection

C'est la relation développée par **Mc. Adams** : [2], qui est retenue pour le calcul de l'échange thermique par convection dû au vent, celle-ci intervient dans le transfert à l'avant et à l'arrière du capteur.

$$h_{cV} = 5,67 + 3,86.V_V \quad (I.2)$$

-Echange thermique par radiation

La densité de flux de chaleur échangé par rayonnement entre le vitrage et l'air ambiant est donnée par l'équation :

$$Q_{rad,vc} = \varepsilon_v \sigma (T_v^4 - T_c^4) \quad (I.3)$$

Où :  $\varepsilon_v$  est l'émissivité de la vitre ,  $\sigma$  est la constante de Stéphan-Boltzman ,  $T_v$  est la température de la vitre et  $T_c$  la température du ciel .

La densité de flux de chaleur peut s'écrire :

$$Q_{rad,vc} = h_{r,ve}(T_v - T_a) \quad (I.4)$$

$$h_{r,ve} = \varepsilon_v \sigma (T_c + T_v)(T_c^2 + T_v^2) \frac{T_v - T_c}{T_v - T_a} \quad (I.5)$$

La température du ciel qui correspond à la température de la voûte céleste est donnée en fonction de la température ambiante  $T_a$  .Plusieurs corrélations permettent de l'évaluer, la plus utilisée est celle donnée par **Swinbank** [3] :  $T_c = 0.0552(T_{amb}^{1.5})$  (I.6)

Pertes entre l'absorbeur et la vitre

-Echange thermique par convection

L'espace délimité par la vitre et l'absorbeur du capteur est occupé par une lame d'air dans laquelle existent des mouvements de convection naturelle. Pour calculer ce coefficient, plusieurs corrélations ont été proposées, mais la plus utilisée dans la littérature est celle recommandée par Hollands et al (1976) [4].

$$\overline{N_u} = 1 + 1.44 \left[ 1 - \frac{1708(\sin 1.8\beta)^{1.6}}{Rac\cos\beta} \right] \left[ 1 - \frac{1708}{Rac\cos\beta} \right] - \left[ \left( \frac{Rac\cos\beta}{5830} \right)^{1/3} - 1 \right] \quad (I.7)$$

$$h_c = \frac{N_u k}{L} \quad \text{et} \quad R_a = \frac{\alpha \cdot g(T_a - T_v)L^3 P_r}{\vartheta^2} \quad (I.8)$$

-Echange thermique par radiation

La densité de flux de chaleur échangé par rayonnement entre l'absorbeur et le vitrage s'écrit :

$$Q_{rad,av} = h_{r,av}(T_{abs} - T_v) \quad (I.9)$$

$$= S \sigma \frac{(T_{abs}^4 - T_v^4)}{\frac{1}{\varepsilon_{abs}} + \frac{1}{\varepsilon_v} - 1} \quad (I.10)$$

$$\text{Avec : } h_{r,av} = \frac{\sigma(T_{abs} + T_v)(T_{abs}^2 + T_v^2)}{\frac{1}{\varepsilon_{abs}} + \frac{1}{\varepsilon_v} - 1} \quad (I.11)$$

Le coefficient global de pertes avant  $U_{av}$  sera alors donné par :

$$U_{av} = \frac{1}{\frac{1}{h_{c,ve} + h_{r,ve}} + \frac{1}{h_{c,av} + h_{r,av}}} \quad (I.12)$$

### b) Pertes thermiques vers l'arrière du capteur

Les pertes arrière sont peu importantes devant les pertes avant .En effet, le capteur étant généralement bien isolé à l'arrière. L'expression permettant d'évaluer le coefficient d'échange est donné par :  $U_{arr} = \frac{1}{K + \frac{1}{h_d}}$  avec  $h_d$  : coefficient d'échange entre le sol et l'arrière

$$\text{et } K = \frac{k_{is}}{e_{is}} \quad (I.13)$$

Où  $k_{is}$  et la conductivité thermique de l'isolant et  $e_{is}$  son épaisseur.

A ces pertes peuvent se rajouter les pertes thermiques latérales mais qui reste relativement faibles à celle des pertes arrière vue que la surface latérale est peu importante.

Dans la veine d'écoulement, l'échange de chaleur par convection est tributaire de la nature même de l'écoulement d'air, ainsi que de la nature des parois et des obstacles rencontrés tout au long de l'écoulement. Le coefficient d'échange de chaleur par convection dans tous les cas est donné par l'équation [5]:

$$h_{c-f,p} = \frac{N_u \cdot k_f}{D} \quad (I.14)$$

$$\text{Avec } N_u = \frac{J}{R_e \cdot P_r^{1/3}}, \text{ pour } 120 < R_e < 1000 \quad (I.15)$$

Le coefficient des pertes thermiques global U

$$U = U_{av} + U_{arr} \quad (I.16)$$

Le bilan thermique du capteur en régime permanent.

$$P_a = P_u + P_p \quad (\text{W/m}^2) \quad (I.17)$$

$P_u$  : Puissance utile transmise au fluide caloporteur.

$P_p$  : Pertes thermiques

$$\text{La puissance utile : } P_u = q \cdot c_p (T_{sortie} - T_{entrée}) \quad (I.18)$$

$q$  : débit massique du fluide caloporteur.



$c_p$  : chaleur spécifique du fluide caloporteur (J/kg.K).

$T_s, T_e$  : Température du fluide à la sortie et à l'entrée du capteur (K) .

$$P_a = E \cdot C \cdot \tau_v \cdot \alpha \quad (I.19)$$

Avec E : Eclairement énergétique (densité du flux) au niveau du capteur (W/m<sup>2</sup>) .

$\tau_v$  : Coefficient de transmission de la vitre en (%) (C=1 capteur plan).

$\alpha$  : coefficient d'absorption du capteur (%) .

$P_a$  : Puissance incidente du rayon solaire thermique.

Les pertes thermiques  $P_p$

$$P_p = U(T_{abs} - T_{air}) \quad (I.20)$$

Avec U : coefficient global de pertes du capteur (W/m<sup>2</sup>.K)

$T_{abs}$  : Température moyenne de l'absorbeur

$T_{air}$  : Température de l'air ambiant

Dans le cas d'un capteur solaire plan

$$T_{abs} = \frac{3T_s + T_e}{4} + \Delta T \quad (I.21)$$

Où  $\Delta T = T_s - T_e$   $\Delta T$ : écart de température entre le fluide et la paroi absorbante

L'ensoleillement est pris en compte, au niveau de la surface avant du capteur, par l'intermédiaire du flux solaire surfacique. On note l la largeur de la plaque et L sa longueur dans le sens d'écoulement du fluide

$$(S=L \cdot l) \quad (I.22)$$

On rappelle que lorsqu'un fluide à la température  $T_2$  s'écoule au contact d'une paroi à la température  $T_1$ , le flux thermique surfacique échangé par la paroi avec le fluide est :

$$h(T_1 - T_2)$$

h étant le coefficient conducto-convectif

## I.2 Moyen pour améliorer les performances d'un capteur solaire plan à air

### I.2.1 Introduction

L'énergie solaire est l'énergie que dégage le soleil sous forme de rayonnement, direct ou diffus.

Les capteurs solaires à air utilisent l'air comme fluide caloporteur, car ce dernier a un coefficient de transfert de chaleur par conduction-convection entre l'absorbeur et le fluide beaucoup plus faible que celui de l'eau.

Le rendement d'un capteur solaire dépend de sa forme et de la technique choisie pour réduire les pertes de chaleur à sa surface.

L'objectif de ce chapitre est de présenter les dispositifs et les méthodes les plus employées par les chercheurs pour le développement de ses capteurs.

### I.2.2 Dispositifs pour augmenter les échanges de chaleur dans un capteur plan à air

L'amélioration des performances des capteurs solaires plan consiste à limiter les pertes thermiques entre l'absorbeur et l'environnement. Plusieurs approches ont été développées.

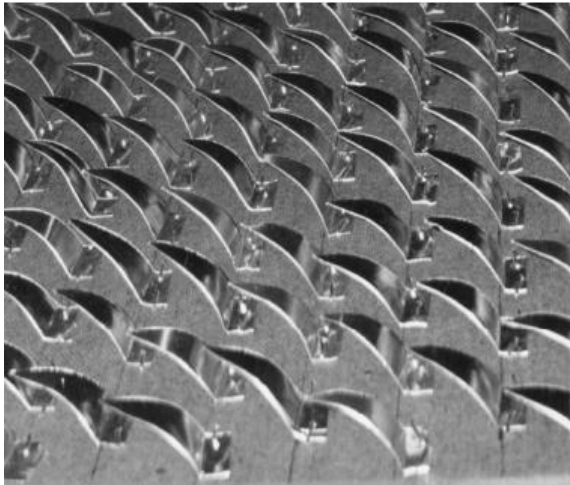


Fig. I.9 : Disposition des obstacles OCL [6]



Fig. I.10 : Disposition des obstacles DCL [6]

**Ahmed-Zaid A. et al [6]**, dans le cas des obstacles fixés sur l'isolant le choix des formes géométriques d'obstacles utilisés doit satisfaire certains critères .En effet la forme et la disposition des obstacles affectent l'écoulement d'air pendant sa trajectoire. Les obstacles assurent une bonne irrigation de l'absorbeur, créent la turbulence et réduisent les zones inactives dans le collecteur.

Dans un premier temps, nous présentons une comparaison entre les résultats obtenus dans le cas du capteur solaire muni d'obstacles et du capteur sans obstacles(SC). Les différentes formes étudiées, à la fois simples et intéressantes, concernent, comme le montrent les (figures I.9 ; I.10 ; I.11), les chicanes Delta cintrées Longitudinalement(DCL), Ogivales cintrées Longitudinalement (OCL) et Transversales-Longitudinalement(TL).

Dans un second temps, on a exposé les résultats obtenus lors du séchage de l'oignon jaune et du hareng, utilisant le capteur sans chicanes (SC) et le capteur muni de chicanes (DCL) puis (TL) .Après analyse des résultats le capteur muni d'obstacle (TL) paraît le meilleur.

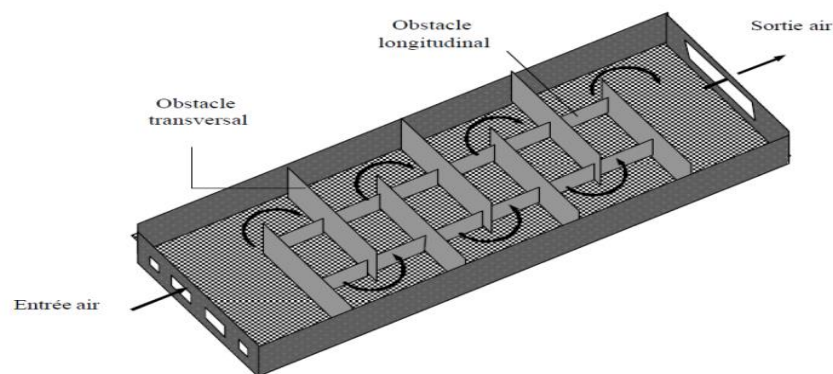


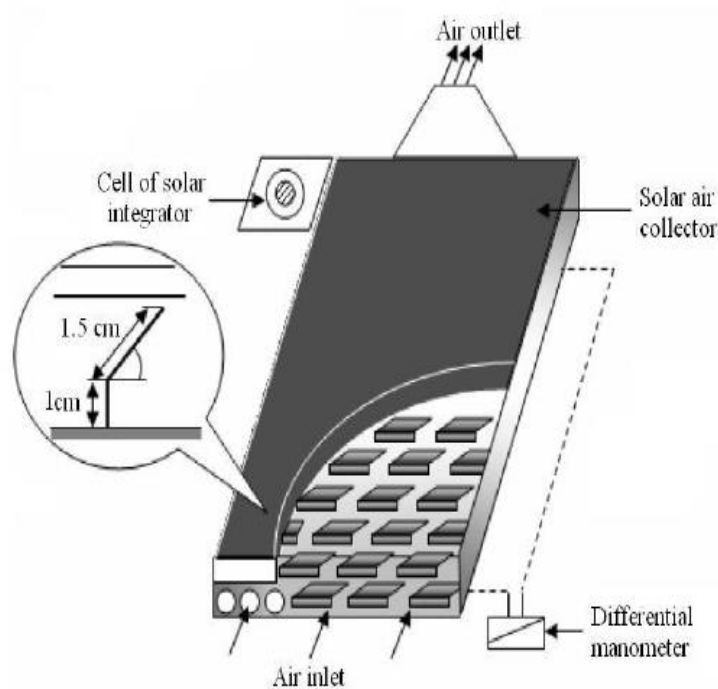
Fig. I.11 : Capteur muni d'obstacles TL

**I.2.3 Amélioration des performances thermiques d'un capteur solaire plan à air.** Dans le but d'améliorer les performances des capteurs solaires plan à air **Aoues K. et Al [7,8]**, pour optimiser les performances thermiques, la veine d'air dynamique du capteur a été garnie de rugosités artificielles de différentes formes (modèle-1 et modèle-2) et de différents arrangements (A et B).

Cette performance peut être atteinte en optimisant d'une part les coefficients de transferts convectifs entre la plaque absorbante et le fluide colporteur et d'autre part en réduisant les pertes thermiques.

-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 également par le boîtier en bois de 5 mm d'épaisseur.



*Fig. I.12 : Schéma du dispositif expérimental*

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 (figure I.12).

Ces obstacles ont deux formes différentes, (modèle-1) où la partie inclinée de  $\alpha=60^\circ$  et (modèle-2) où elle est égale à  $120^\circ$  (figure I.13).

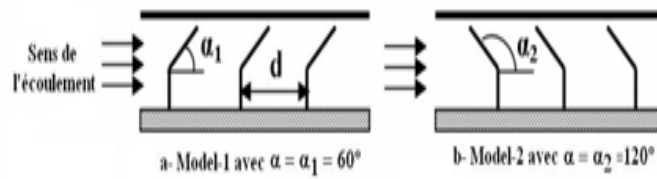


Fig. I.13.a : Schéma descriptif des chicanes

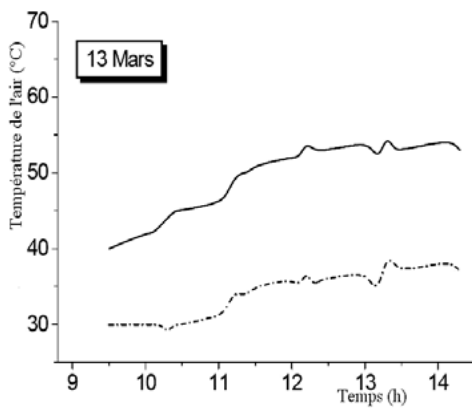


Fig. I.13.b Chicane incliné de 60°

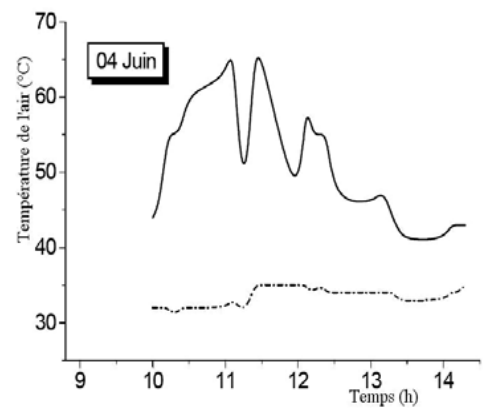


Fig. I.13.c Chicane incliné de 120°

Ainsi, ces obstacles ont été mis en place et espacés d'une distance (d) suivant deux configurations A et B pour d=10 cm et d=5cm .

Les deux configurations se différencient par le nombre de rangées (de chicanes) 152 et 256 chicanes

Le choix de la configuration B1 (Chicanes modèle-1) étant celle qui a donné la valeur du rendement la plus grande.

Ont mené aussi un travail théorique en vue d'améliorer le coefficient de transfert convectif. La méthode choisie pour étudier les performances consiste à la détermination de la température des différents composants tout le long du capteur.

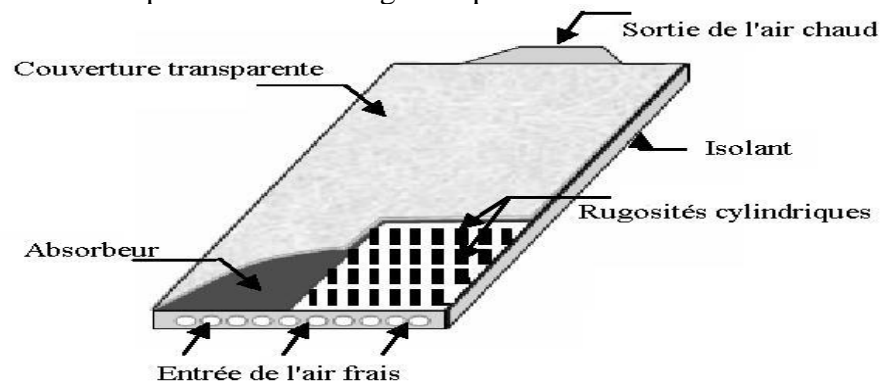


Fig. I.14 : Schéma du capteur plan à air muni de rugosité

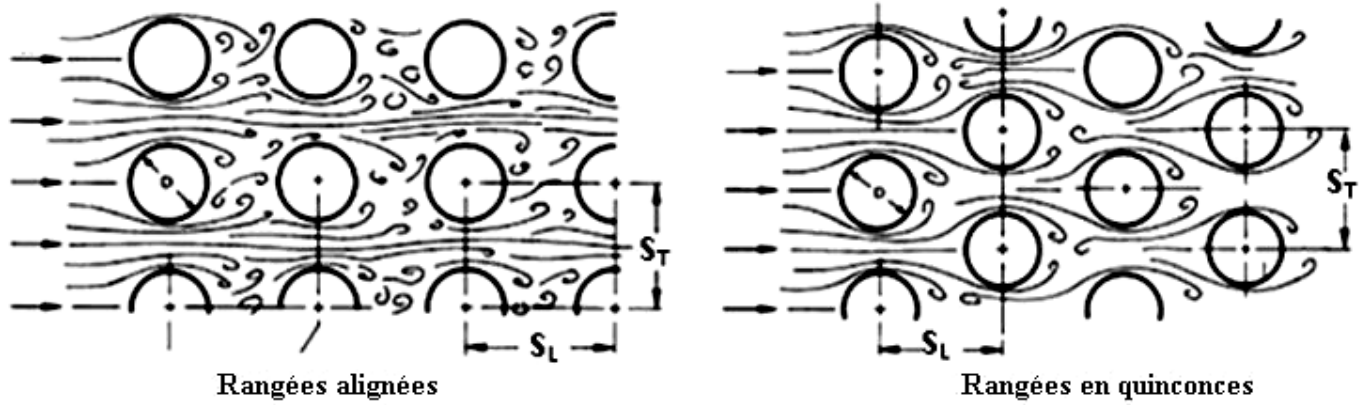


Fig. I.15 : Rugosité artificielles en forme cylindrique

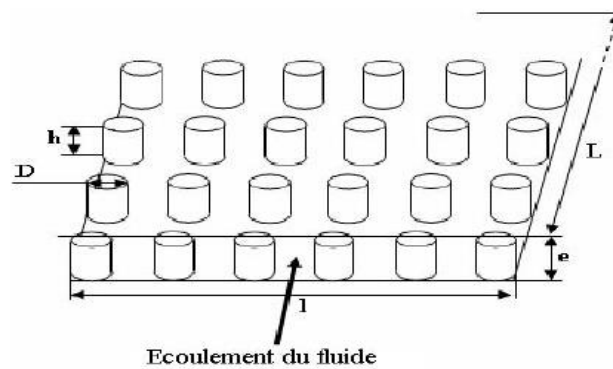


Fig. I.16 : Différentes dispositions des rugosités cylindriques

Les résultats obtenus ont montré que le gain est apporté par l'adjonction des rugosités artificielles de forme cylindriques.

**Youcef-Ali S.[9]**, a étudié expérimentalement un capteur solaire, auquel il a ajouté des plaques rectangulaires minces parallèlement à l'écoulement soudées à la face inférieure.

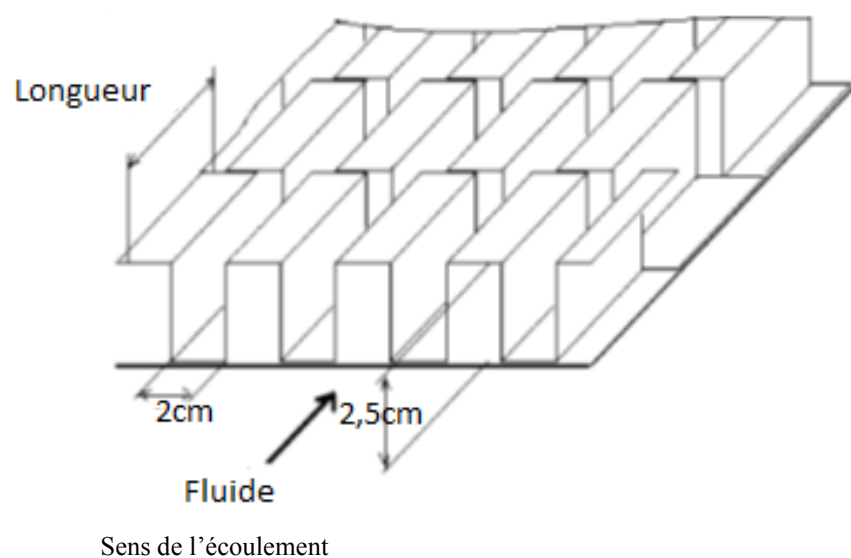


Fig. I.17 Plaques rectangulaires minces orientée parallèlement à l'écoulement

Mokhtari F. et Al [10,11], les mesures de différentes températures de l'absorbeur et les températures de sortie de fluide de trois capteurs en deux modes de circulations naturelle et forcée, ont permis de faire un choix sur la meilleure configuration parmi les trois (figure I.18). La configuration (1a), plaque absorbante en tôle peinte en noire ( $\alpha = 0.95$ ) et un vitrage de (0.03m)

La configuration (1b) est la même que la précédente, seulement la plaque absorbante est placée sur la diagonale du capteur, la sortie est munie d'un orifice rectangulaire pour permettre l'évacuation de l'air chaud.

La configuration (1c) est constitué des mêmes éléments que la configuration (1a) seulement le passage d'air se trouve au-dessus de la plaque absorbante.

Une campagne de mesure a été effectuée durant six jours pour les deux modes de circulation de l'air dans le capteur.

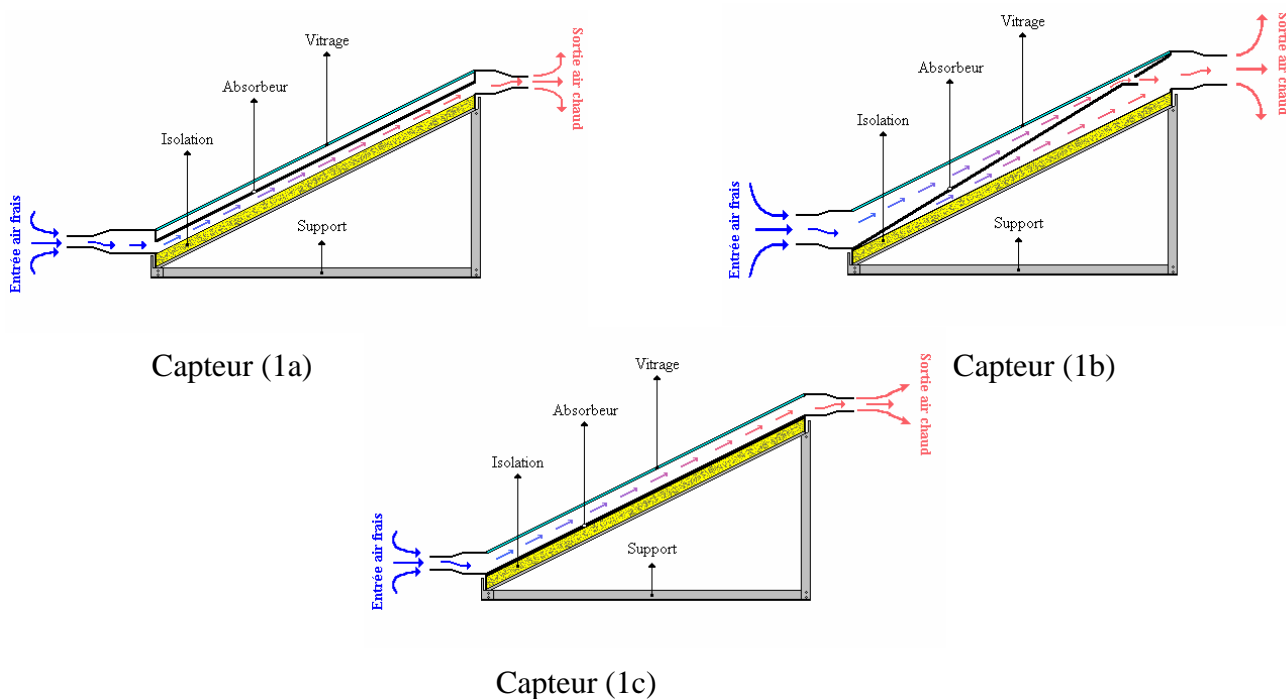


Fig. I.18 : Représentation des trois configurations de capteur

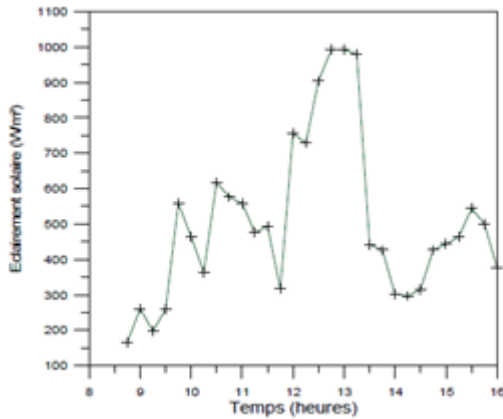
Les températures de la plaque absorbante et les températures de sortie du fluide des trois configurations certifient que l'échange de chaleur entre le fluide et l'absorbeur est plus importante pour les capteurs (1a) et (1b) que celui du capteur (1c) et le capteur (1b) donne la température de sortie de fluide la plus élevée.

Le transfert de chaleur entre l'absorbeur et l'air est important quand il y a contact direct (plaque-air) et double circulation d'air.

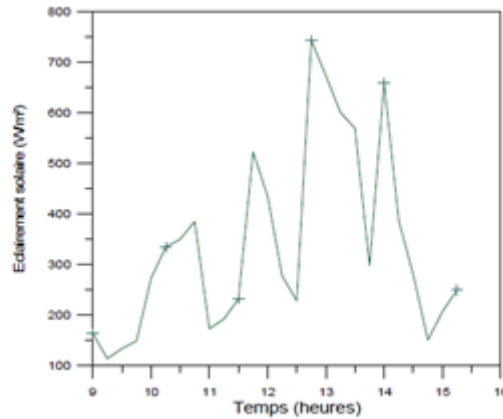
Présentent aussi les résultats des essais effectués sur un capteur solaire à air, les paramètres mesurés permettent d'appuyer l'analyse théorique.

L'évolution de l'éclairement présente une allure avec des fluctuations dues aux passages nuageux (figures I.19.a ; I.19.b ; I.19.c ; I.19.d).

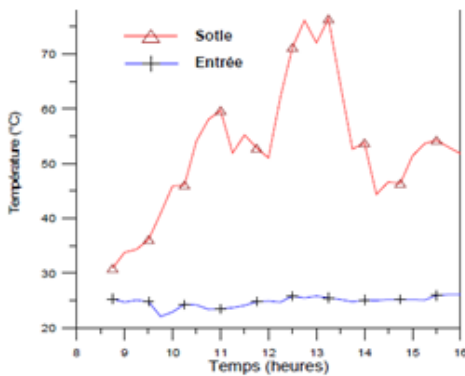




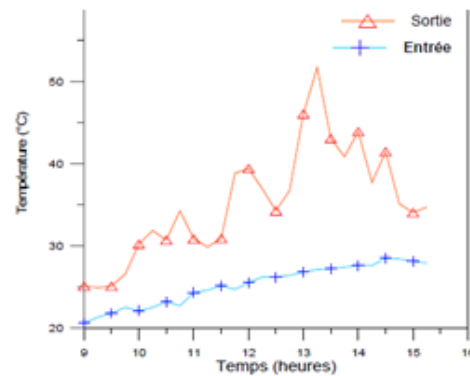
*Fig. I.19.a : Evolution de l'éclairement global incliné*  
Journée du 23/10/99



*Fig. I.19.b : Evolution de l'éclairement incliné*  
Journée du 19/10/99



*Fig. I.19.c : Profil de température ( $T_{fs}/T_{fe}$ )*  
Journée 19/10/99



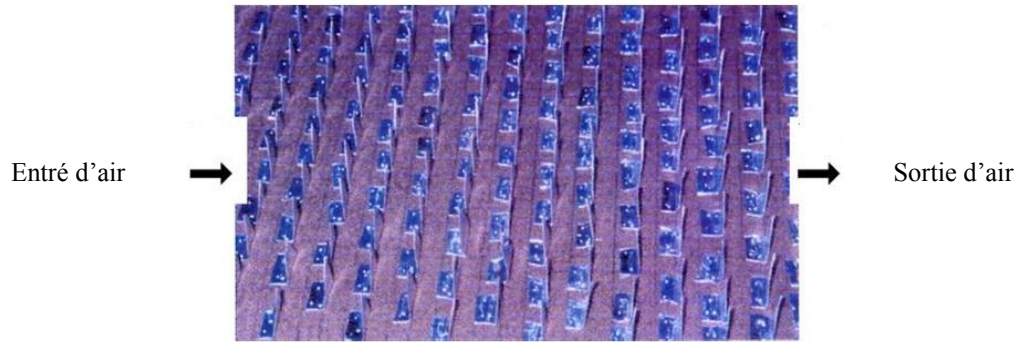
*Fig. I.19.d : Profil de température ( $T_{fs}/T_{fe}$ )*  
Journée 23/10/99

La température de sortie de fluide varie en fonction du flux solaire. La comparaison de résultats théoriques d'un prototype de capteur avec les résultats expérimentaux réalisées sur un capteur.

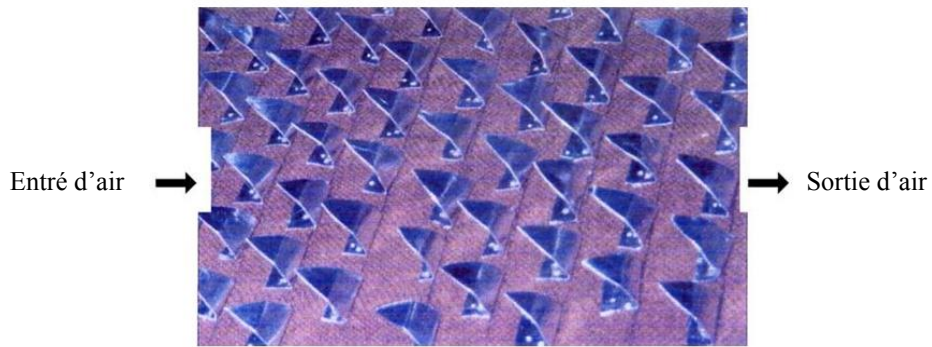
**Abene A. et al [12]**, l'augmentation est assurée de l'optimisation d'un capteur par l'étude expérimentale en considérant plusieurs types d'obstacles disposées dans des rangées de l'espace dynamique.

L'utilisation des systèmes (WDL1) (figures I.20.c ; I.20.d) et (TL) (figure I.11) pour le séchage de produits agricoles est justifiée.

La température et l'efficacité sont nettement améliorées, les quantités de chaleur obtenues pour le cas (WDL1) sont très importantes comparées au capteur sans obstacles.



*Fig. 1.20.a Présentation de type d'obstacle OT*



*Fig. 1.20.b Présentation de type d'obstacle OIF1*



*Fig. 1.20.c Présentation de type d'obstacle WDL1*



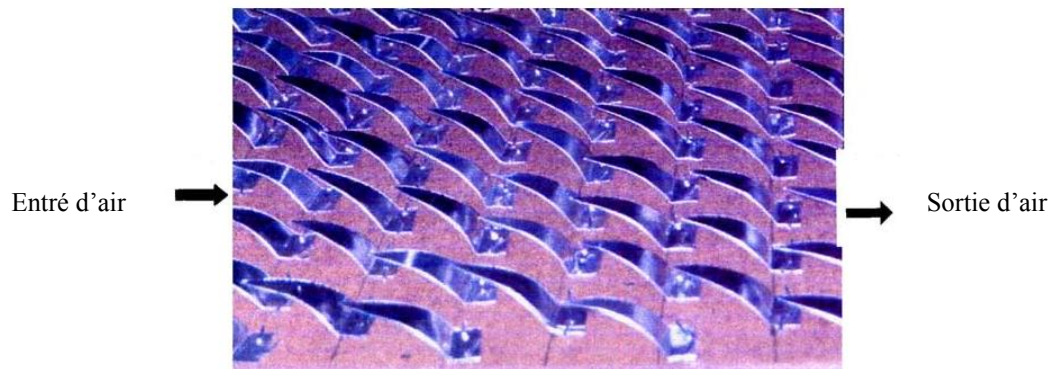


Fig. 1.20.d Présentation de type d'obstacle WDL1

L'étude a permis de prouver que l'introduction des obstacles dans le jet d'air du collecteur est très importante.

La forme, la dimension, l'orientation et la disposition influencent considérablement sur l'efficacité du collecteur.

Le capteur solaire fourni avec les obstacles TL et WDL1 à une amélioration significative d'élévation de la température et la réduction du temps de séchage du produit.

**Bahria S. et al [13]**, pour une journée caractéristique du mois de mai, sous ensoleillement naturel et l'influence de l'augmentation de nombres de rangées de chicane le rendement thermique de 7, 8, 9, 10 rangées, les résultats obtenus montrent que la température de sortie et le rendement du capteur sont nettement améliorés.

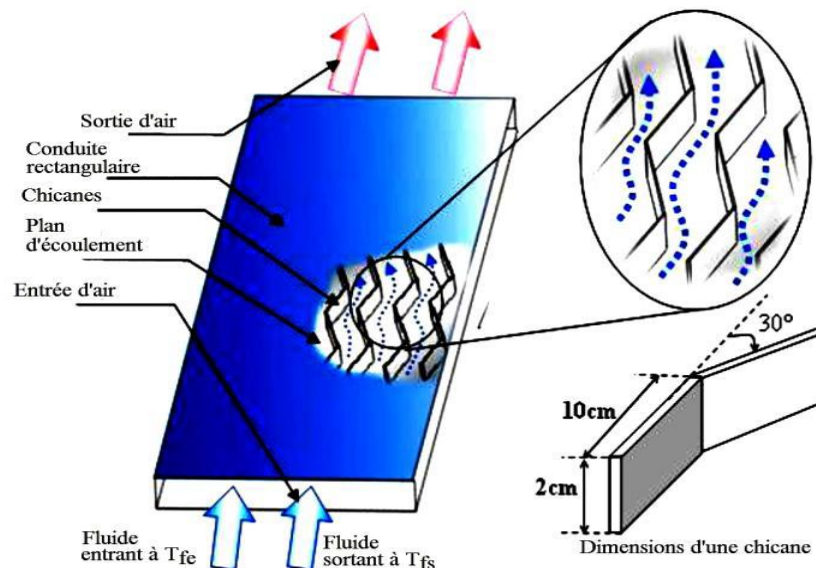


Fig. 1.21 : Prototype de capteur

Le coefficient d'échange convectif entre la plaque métallique et le fluide caloporteur est précédé d'un facteur multiplicateur noté " $F_m$ " appelé le rendement global des ailettes qui tient compte de cette surface d'échange supplémentaire des chicanes.

Les vitesses montrent que la présence des chicanes change la nature de l'écoulement par la création des tourbillons, chose qui favorise l'échange thermique, ils montrent aussi pour

$$0^\circ < \beta < 90^\circ, 47^\circ\text{C} < T_{pm} < 147^\circ\text{C}, -13^\circ\text{C} < T_a < 37^\circ\text{C}, V_m < 10\text{m/s}$$

**Tsay et al [14]**, ont étudié numériquement le perfectionnement du transfert thermique d'un écoulement dans un canal muni d'une chicane verticale. L'influence de la taille de la chicane et des revêtements en arrière sur la structure d'écoulement, est étudiée en détail pour une gamme de nombre de Reynolds de 100 à 500. Ils ont constaté que l'introduction d'une chicane dans l'écoulement pourrait augmenter le nombre de Nusselt moyen de 190%. Ils ont également observé que les caractéristiques thermiques et dynamiques de l'écoulement sont fonction de la position de la chicane

**Hwang et al [15]**, ont présenté une étude numérique de l'écoulement turbulent dans une conduite contenant un obstacle. Les résultats numériques prouvent que la prolongation de la région de recyclage en amont de l'obstacle ne dépend pas de sa longueur dans le sens de l'écoulement. La zone de recyclage est fortement influencée par la longueur de l'obstacle, cette zone diminue quand la longueur d'obstacle est augmentée.

**Webb et Ramadhyani [16]**, ont étudié l'écoulement de fluide et le transfert thermique dans un canal à deux plaques parallèles avec des chicanes chancelées. Ils ont basé leur modèle numérique sur les conditions périodiques pour l'écoulement entièrement développé. Une investigation numérique pour un fluide en convection forcée laminaire entre deux parois planes parallèles avec chicanes, les résultats prouvent que l'écoulement est caractérisé par de fortes déformations et de grandes régions de recirculation. En général, le nombre de Nusselt et le coefficient de frottement augmentent avec le nombre de Reynolds. Leurs résultats montrent aussi que les performances thermiques augmentent avec l'augmentation de la taille des chicanes et avec la diminution de l'espacement entre les chicanes.

**Buchberg [17]**, la conversion solaire-thermique exige le contrôle de pertes de chaleur de l'absorbeur chaud à l'environnement plus frais. Basé sur la théorie de quelques mesures expérimentales, l'espacement entre l'absorbeur solaire chaud et les couvertures de verre influence l'efficacité thermique de la conversion

**Letz.T et al [18]**, leur travail concerne l'analyse du comportement d'un capteur solaire plan à air fonctionnant en régime dynamique. Un modèle basé sur une résolution des équations des bilans thermiques par une méthode nodale a été établi. Sa validation est réalisée à partir d'essais effectués en ensoleillement naturel et en ensoleillement artificiel.

L'écart absolu entre les rendements théoriques et expérimentaux est inférieur à 3 %. La sensibilité du rendement à différents paramètres, accessibles ou non par l'expérience, a été étudié ; en particulier il s'agit de la sélectivité de l'absorbeur, de l'importance des fuites d'air, et des conditions de fonctionnement du capteur.

La figure (I-22) représente l'influence de la sélectivité de l'absorbeur pour le capteur expérimental de référence et pour un capteur identique muni d'un absorbeur non sélectif ( $\alpha = \varepsilon = 0,91$ ). Les courbes obtenues s'écartent lorsque la température d'entrée de l'air augmente.

L'absorbeur sélectif permet pratiquement de doubler le rendement pour une température d'entrée d'air de 60 °C. Dans un capteur à air, l'absorbeur est toujours beaucoup plus chaud que l'air caloporteur, et les pertes radiatives sont très grandes. L'utilisation d'un absorbeur sélectif permet une diminution très importante de ces pertes.

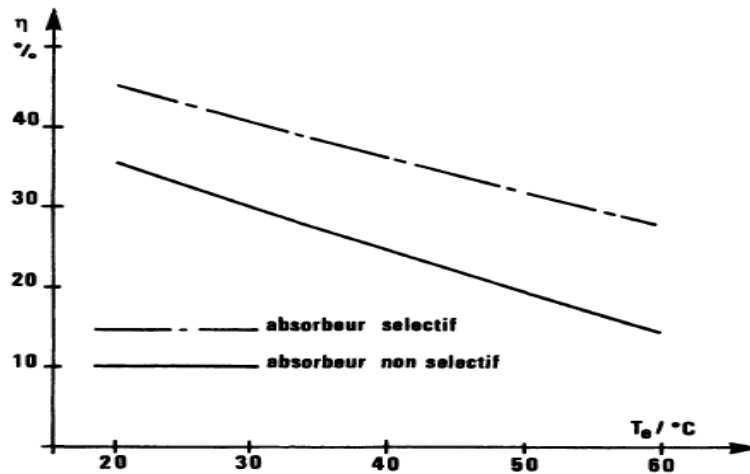


Fig. I.22: Influence de la sélectivité sur le rendement du capteur.

**Zerrouki et al, [19]** ont rapporté dans leur travail une modélisation mathématique d'un capteur solaire à air de conception conventionnelle à deux passes (circulation d'air de part et d'autre de l'absorbeur). Ils ont étudié le cas où le capteur est dans un état tel que les conditions de BLISS sont respectées. Un bilan thermique a été établi respectivement sur la couverture transparente, l'absorbeur puis l'isolation thermique arrière. La résolution du système d'équations était obtenues. Ils ont ensuite fourni les expressions mathématiques exactes des paramètres  $UL$ ,  $Fr$  et  $F'$ . Une représentation graphique de ces paramètres a été présentée

**Benyelles F. et al [20]** ont montré qu'on peut utiliser un matériau poreux de faible conductivité thermique comme un superbe isolant de la face avant du capteur solaire plan. De même **Ramani B.M. et al [21]**, ont trouvé, d'après une étude expérimentale que l'efficacité thermique d'un capteur à air à double passe contre-courant avec un matériau poreux, dans la deuxième passe d'air est plus élevée que celle sans matériau poreux, Cela peut être dû au fait que le matériau poreux fournit une très grande surface pour le transfert de chaleur et donc le coefficient de transfert de chaleur volumétrique est extrêmement élevé. Une autre étude effectuée par **Augustus Leon M. et al [22]**, a montré que le débit d'air à l'effet le plus fort sur l'efficacité d'échange thermique et par conséquent sur le rendement.

D'après le travail expérimental et numérique qui a été effectué en 2007 par **Marwa M. Hassan et al [23]**, la diminution du débit massique augmente la température du fluide et décroît les gains globaux de la chaleur ; au-dessus d'un débit de 0.06 m<sup>3</sup>/h, la température du fluide n'augmente plus. La façon de passage de l'air a une influence considérable sur l'efficacité du capteur solaire.

Plusieurs travaux ont été faits dans le but de vérifier la faisabilité d'augmenter le nombre de passage de l'air d'une seule passe à un double passes et même à multi passes, parmi lesquels on cite le travail de **Fudholi A. et al [24]**, qui ont mené une étude expérimentale sur un capteur solaire à air double passages avec des ailettes disposées en quinconces dans le bas

du canal, (figure. 1.24), ils ont analysé l'influence de divers paramètres, tels que le débit massique du fluide caloporteur et le rayonnement solaire sur le comportement thermique du capteur. Le but de cette étude est d'évaluer la performance thermique par la convection forcée.

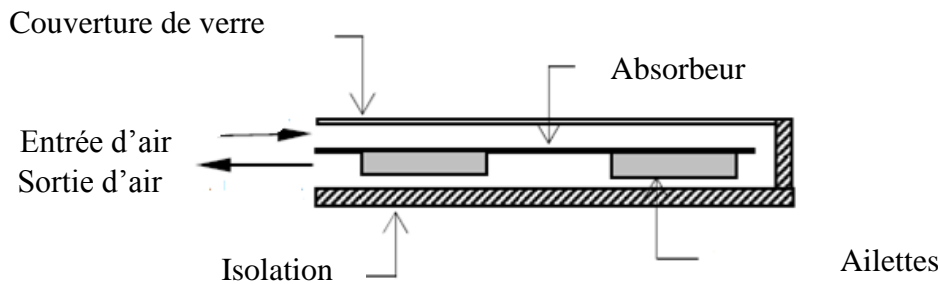


Fig.1.23: schéma d'un capteur solaire à air double passage

Ils trouvaient pour trois valeurs du rayonnement solaire  $RS=123\text{w/m}^2$ ,  $RS=772\text{w/m}^2$ ,  $RS=788\text{w/m}^2$ , l'efficacité du capteur augmente en fonction du débit massique, (figure 1.25) ; (figure 1.26) et cette dernière décroît linéairement lorsque le rapport  $(T_0-T_a)/S$  augmente. Ils concluaient aussi que le rendement du capteur est fortement dépendant du débit massique, par contre le capteur solaire à double passages avec des ailettes échelonnée en lignes a une efficacité de plus de 75% pour un débit massique de plus de 0.08 kg/s.

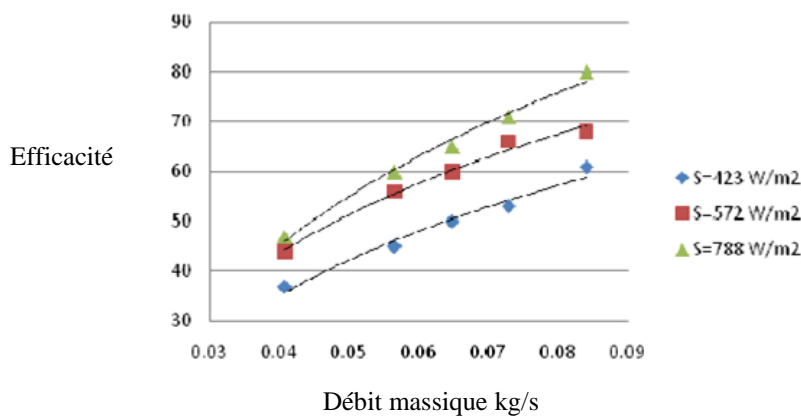


Fig. 1.24: effet du rayonnement solaire sur le débit massique et l'efficacité

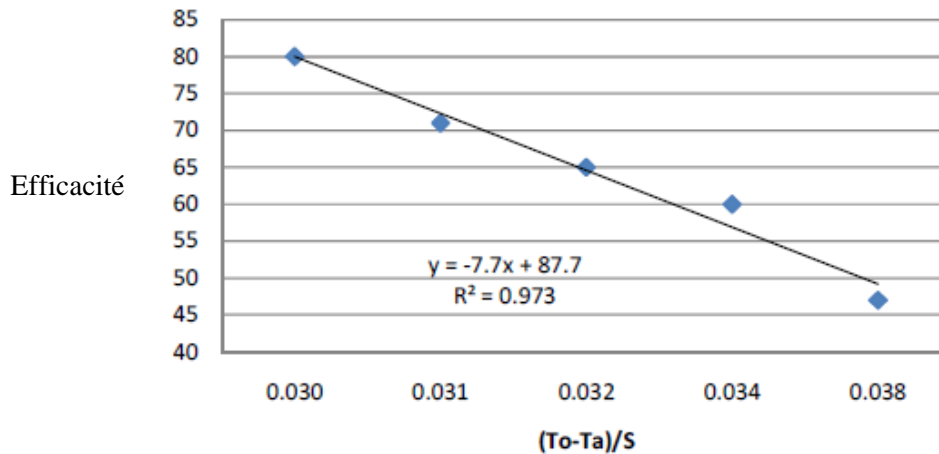


Fig. I.25: Variation du rendement thermique en fonction du rapport  $(T_0 - T_a)/S$

### I.3. Conclusion

A travers cette étude bibliographique consacrée aux capteurs solaires plans à air, on a pu constater que leurs performances dépendent essentiellement des paramètres thermo physiques, optiques et géométriques.

Vu l'intérêt scientifique, on a jugé utile de faire l'étude des capteurs solaire plans à air munis de chicane simple et de chicane avec barrettes de distance et de nombres variés.

La comparaison pour les différents modèles de capteurs :

- des lignes de courant
- des vitesses
- des coefficients de pression
- des énergies cinétique
- des dissipations turbulentes
- et des températures

nous permettent de visualiser le comportement dynamique et thermique du fluide caloporteur (air).

La présence d'obstacles dans la veine dynamique du fluide caloporteur d'un capteur solaire plan à air aura une influence importante sur son rendement.

Le développement des énergies renouvelables et surtout l'énergie solaire, nous permet de préserver des environnements propres.

## II.1 Méthodes numériques

### II.1.1 Introduction

La simulation numérique des écoulements et du transfert de chaleur et de masse est devenue un outil indispensable et privilégié dans plusieurs disciplines telles que l'aéronautique, les turbomachines et l'industrie automobile [25].

L'étude scientifique d'un phénomène physique passe par la formulation d'une ou plusieurs lois sous forme d'équation mathématique aux dérivées partielles. La résolution de ces équations se fait par des méthodes numériques telle que la méthode des éléments finis, la méthode des différences finis et la méthode des volumes finis qui est la plus utilisée actuellement dans les codes CFD[26].

Le principe de toute méthode numérique de discrétisation repose sur l'écriture d'un système comportant autant d'équations que d'inconnues. Ce système est dépendant du découpage du domaine (maillage) de calcul. En toute généralité, ce système ne peut être construit directement mais résulte d'un assemblage de systèmes d'équations locaux :

- \* en un nœud et ses voisins pour les différences finies,
- \* en une cellule et ses voisines en volumes finis,
- \* sur un élément en éléments finis.

### II.1.2 Méthodes des éléments finis

Dans la méthode des éléments finis on utilise des fonctions linéaires ou quadratiques, sur chaque élément, pour décrire la variation locale de l'inconnue  $\phi$ . Les équations différentielles sont exactement vérifiées par la solution exacte. En remplaçant l'approximation de  $\phi$  dans les équations différentielles, on constate que celles-ci ne vérifient pas exactement, et un résidu est défini dans ce cas pour mesurer l'erreur. Le résidu est minimisé en le multipliant par une fonction de pondération et en l'intégrant. Le résultat de l'intégration est un set d'équations algébriques pour les coefficients des fonctions d'approximation

### II.1.3 Méthodes spectrales

L'inconnue est approchée par des séries Fourier tronquées ou par des séries de polynômes Chébishev. Par rapport aux méthodes des différences finis et des éléments finis l'approximation n'est pas locale mais elle est valide sur tout le domaine de calcul. On utilise également le concept du résidu pondéré comme dans la méthode des éléments finis où en imposant que l'approximation doit correspondre à la solution exacte pour les points du maillage

### II.1.4 Méthodes des volumes finis

La méthode de volumes finis est une méthode de discrétisation pour les lois de conservation. Elle est basée sur l'écriture de bilans physiques.

Cette méthode consiste à discrétiser sur chacune des cellules, appelées volumes de contrôle, la forme intégrale du problème à résoudre. Une des difficultés essentielles qui peut être

rencontrée est l'estimation des flux aux frontières de chaque volume de contrôle lors de la mise en œuvre de cette technique. Ces points forts et faibles sont :

Cette méthode est essentiellement utilisée pour les applications de la mécanique des fluides et son point fort réside dans sa capacité à dissocier les flux convectifs (sources d'instabilités) par des techniques de décentrement.

La plupart des solveurs basés sur cette méthode utilise des maillages dits structurés qui rendent parfois difficile, l'approche générale de traitement de géométries quelconques (avec objets internes par ex.) comme dans le cas de la méthode des éléments finis. Pour contrer cette limite, la méthode des volumes finis a été étendue au cas de maillages dits non structurés (mais ce n'est pas encore généralisé).

### II.1.4.1 Discrétisation des équations de transport

Les équations peuvent être écrites sous la forme généralisée suivante (Patankar, [27]) :

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j \phi) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right) + S_\phi \quad \text{II.1}$$

ou encore :

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho U \phi) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho V \phi) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho W \phi) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) + S_\phi \quad \text{II.2}$$

Considérons le volume de contrôle sur la figure (III.1)

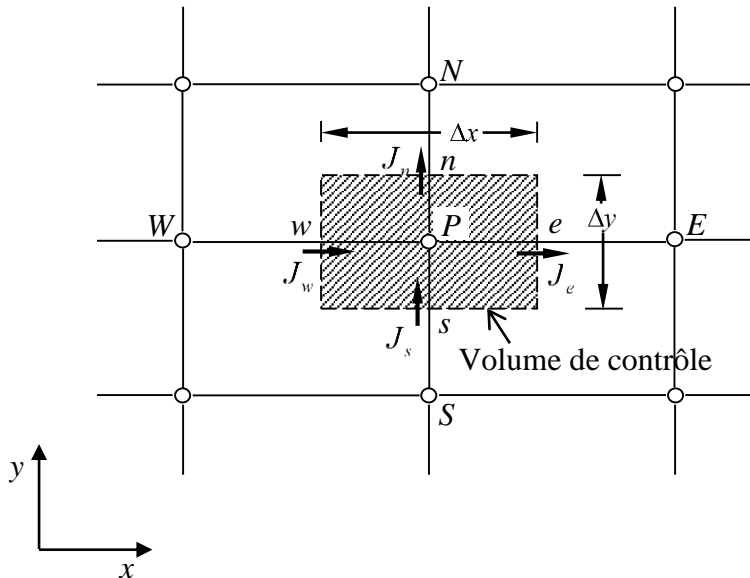


Fig. II.1 : Volume de contrôle pour un écoulement bidimensionnel.

L'intégration de l'équation (II.2) sur le volume de contrôle de la figure (II.1) donne :

$$J_e - J_w + J_n - J_s = \iiint_V S_\phi dV \quad \text{II.3}$$

où les indices  $e, w, n, s$ , indiquent que les quantités correspondantes sont évaluées aux faces est, ouest, nord et sud du volume de contrôle, respectivement, et les quantités  $J_e, J_w, J_n$  et  $J_s$  sont les flux totaux intégrés sur les faces du volume de contrôle, où leurs expressions sont donnés par :

$$J_e = \int_s^n \left( \rho U \phi - \Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x} \right)_e dy = \left[ (\rho U)_e \phi_e - \frac{\Gamma_{\phi,e}}{\Delta x_{EP}} (\phi_E - \phi_P) \right] \Delta y_{ns} \quad \text{II.4}$$

$$J_w = \int_s^n \left( \rho U \phi - \Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x} \right)_w dy = \left[ (\rho U)_w \phi_w - \frac{\Gamma_{\phi,w}}{\Delta x_{WP}} (\phi_P - \phi_W) \right] \Delta y_{ns} \quad \text{II.5}$$

$$J_n = \int_w^e \left( \rho V \phi - \Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial y} \right)_e dx = \left[ (\rho V)_n \phi_n - \frac{\Gamma_{\phi,e}}{\Delta x_{NP}} (\phi_N - \phi_P) \right] \Delta x_{ew} \quad \text{II.6}$$

$$J_s = \int_w^e \left( \rho V \phi - \Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial y} \right)_s dx = \left[ (\rho V)_s \phi_s - \frac{\Gamma_{\phi,n}}{\Delta x_{PS}} (\phi_P - \phi_S) \right] \Delta x_{ew} \quad \text{II.7}$$

La tâche la plus difficile dans l'évaluation de  $J_e, J_w, J_n$  et  $J_s$  est celle de l'approximation des quantités  $\phi_e, \phi_w, \phi_n$  et  $\phi_s$ .

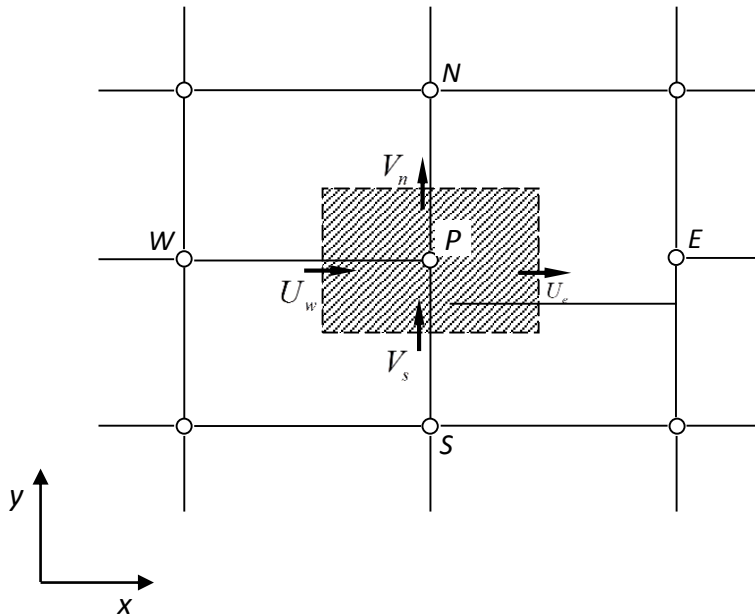


Fig. II.2 : Volume d'intégration de l'équation de continuité.

De la même façon, l'intégration de l'équation de continuité sur le volume de contrôle de la



(figure III.2) conduit à :

$$F_e = (\rho U)_e \Delta y_{ns} \quad \text{II.9}$$

$$F_w = (\rho U)_w \Delta y_{ns} \quad \text{II.10}$$

$$F_n = (\rho V)_n \Delta y_{ew} \quad \text{II.11}$$

$$F_s = (\rho U)_s \Delta y_{ew} \quad \text{II.12}$$

L'intégration du terme source est obtenue en supposant que  $S_\phi$  est uniforme sur le volume de contrôle.

$$\iint_V S_\phi dV \cong S_U + S_P \phi_P \quad \text{II.13}$$

Effectuons l'opération  $((III.3) - (III.5) \times \phi_P)$  et remplaçons le terme source par son expression (III.7) dans l'équation (III.3), après quelques manipulations, on obtient :

$$(J_w - F_w \phi_P) + (J_n - F_n \phi_P) - (J_s - F_s \phi_P) = S_U + S_P \phi_P \quad \text{II.14}$$

On utilise de nouvelles notations  $D$  ( $D$  représente la diffusion) définies par :

$$D_e = \frac{\Gamma_e}{\delta x_e} \Delta y_{ns} \quad \text{II.15}$$

$$D_w = \frac{\Gamma_w}{\delta x_w} \Delta y_{ns} \quad \text{II.16}$$

$$D_n = \frac{\Gamma_n}{\delta y_n} \Delta x_{ew} \quad \text{II.17}$$

$$D_s = \frac{\Gamma_s}{\delta y_s} \Delta x_{ew} \quad \text{II.18}$$

L'équation discrétisée complète peut alors s'écrire sous la forme :

$$a_P \phi_P = a_E \phi_E + a_W \phi_W + a_N \phi_N + a_S \phi_S + b \quad \text{II.19}$$

Cette équation peut être réarrangée comme suit :

$$a_P \phi_P = \sum_{i=N,S,E,W} a_i \phi_i + b \quad \text{II.20}$$

$$a_E = D_e A(|P_e|) - F_e \quad \text{II.21}$$

$$a_W = D_w A(|P_w|) - F_w \quad \text{II.22}$$

$$a_N = D_n A(|P_n|) - F_n \quad \text{II.23}$$

$$a_S = D_s A(|P_s|) - F_s \quad \text{II.24}$$

$$a_P = a_E + a_W + a_N + a_S - S_P \quad \text{II.25}$$

$$b = S_U \quad \text{II.26}$$

$P_i$  est le nombre de Peclet défini pour les différentes faces par :

$$P_e = \frac{F_e}{D_e} \quad ; \quad P_w = \frac{F_w}{D_w} \quad ; \quad P_n = \frac{F_n}{D_n} \quad ; \quad P_s = \frac{F_s}{D_s} \quad \text{II.27}$$

## II.2 Présentation du logiciel Fluent :

### II .2.1 Introduction

Le logiciel Gambit est un mailleur 2D/3D; pré-processeur qui permet de mailler des domaines de géométrie d'un problème de CFD (Computational Fluid Dynamics). Il génère des fichiers (.msh) pour Fluent. Fluent est un logiciel qui permet de résoudre et simuler des problèmes de mécanique des fluides et de transferts thermiques par la méthode des volumes finis.

Gambit regroupe trois fonctions :

- définition de la géométrie du problème.
- maillage et sa vérification.
- définition des frontières (Types de conditions aux limites) et définitions des domaines de calculs.

## II .3 Présentation de Gambit :

### II .3.1 Démarrage de Gambit

Le chemin de l'application de Gambit est le suivant :

:/Fluent.Inc/ntbin/ntx86/Gambit.exe

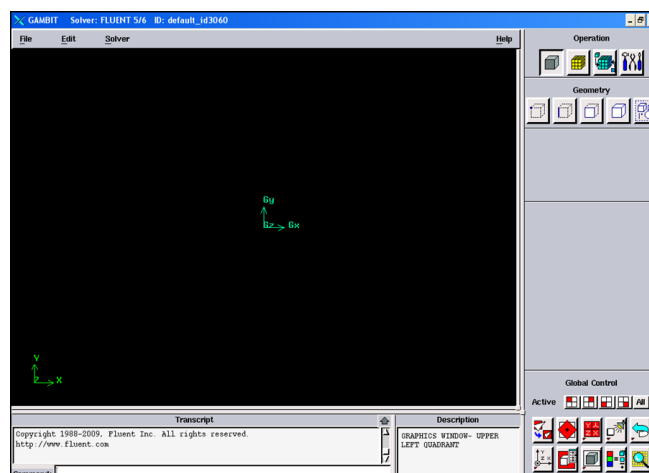


Fig. II.3: Lancement du Gambit

### II .3.2 Construction de la géométrie

Commandes pour la construction de la géométrie

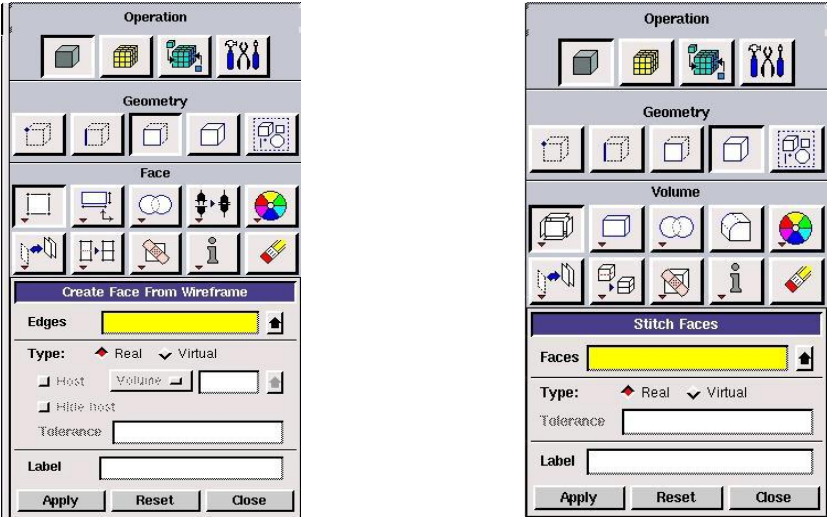


Fig. II.4 Construction des surfaces et volumes

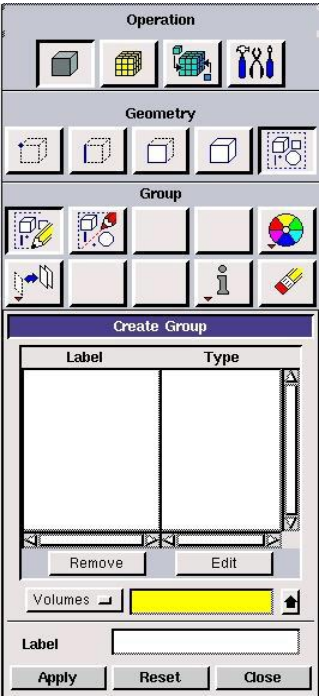


Fig. II.5 Construction des groupes de la géométrie

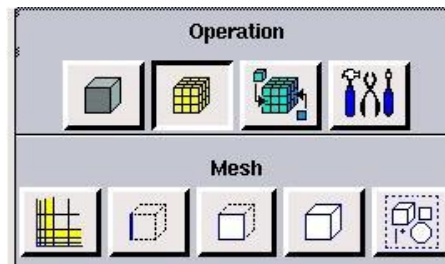


Fig. II.6.a Maillage de la géométrie

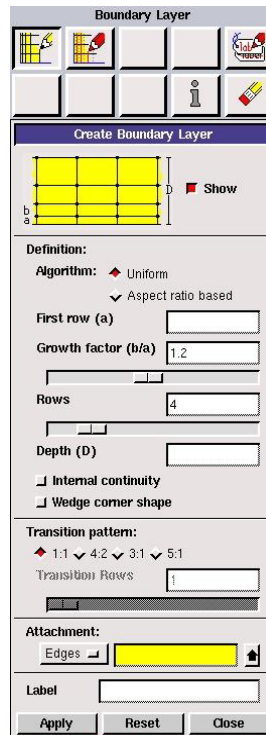


Fig.II.6.b Construction du maillage

### II .3.3 Maillage

La génération du maillage (2D ou 3D) est une phase très importante dans une analyse CFD, vu l'influence de ses paramètres sur la solution calculée. Ce menu permet de mailler en particulier une ligne de la géométrie, à savoir disposer les nœuds avec des conditions particulière (utilisation d'un ratio pour modifier la pondération du maillage, application de formes différentes de maillage).

#### II.3.3.1 Maillage structuré (quadra/hexa)

Il est beaucoup plus facile de le générer en utilisant une géométrie à multi bloc, il présente les avantages suivants :

- Economique en nombre d'éléments, présente un nombre inférieur de maille par rapport à un maillage non structuré équivalent.
- Réduit les risques d'erreurs numériques car l'écoulement est aligné avec le maillage.

#### II .3.3.2 Maillage non structuré (tri/tétra.)

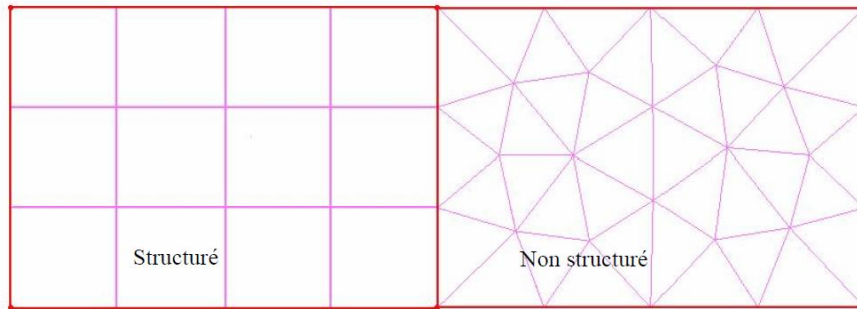
Les éléments de ce type de maillage sont générés arbitrairement sans aucune contrainte quant à leur disposition.

Ses avantages :

- Peut être généré sur une géométrie complexe tout en gardant une bonne qualité des éléments.
- Les algorithmes de génération de ce type de maillage (tri/tétra) sont très automatisés.

Ses inconvénients sont :

- Très gourmand en nombre de mailles comparativement au maillage structuré
- Engendre des erreurs numériques (fausse diffusion) qui peuvent être plus importantes si l'on compare avec le maillage structuré



*Fig. II.7 : Maillage structuré et non structuré*

### II .3.3.3 Maillage hybride

Maillage généré par un mélange d'éléments de différents types, triangulaires ou quadrilatéraux en 2D, tétraédriques, prismatiques, ou pyramidaux en 3D.

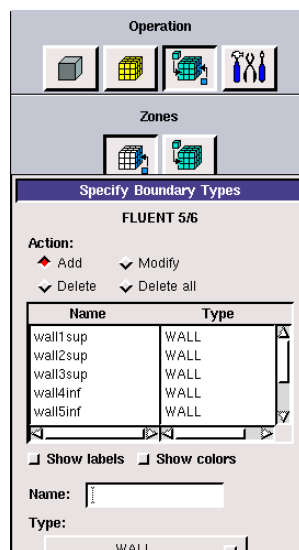
Ses avantages :

Combine entre les avantages du maillage structuré et ceux du maillage non structuré.

Pour notre étude, le maillage des domaines de calcul des différents modèles est un maillage hybride comme il est donné par la (figure III.2).

### II .3.4 Définition des conditions aux limites

L'introduction des C.L passe à travers la sélection dans le menu « **Solver** » le type du solveur « **FLUENT5/6** » puis définir les frontières



*Fig. II.8: Définition des frontières*

### II .3.5 Exportation du maillage

Le maillage peut être alors exporté dans un fichier pour lecture avec FLUENT.

**File → Export → Mesh**

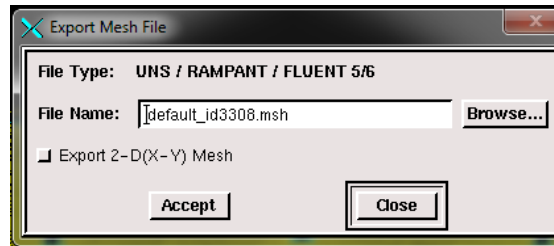


Fig. II.9 : Exportation du maillage

Il faut enfin donner un nom au fichier et sélectionner le maillage “2-D”, puis sauvegarder le fichier Gambit : **File → Save As**

### II .4 Présentation de Fluent

#### II .4.1 Importation de la géométrie

Pour commencer la simulation il faut importer le fichier (\*.msh) généré sous Gambit.

**File Read Case**

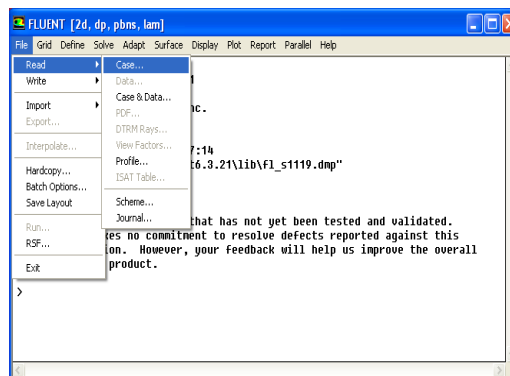


Fig. II.10 : Importation de la géométrie

#### II .4.2 Vérification du maillage importé

##### Grid Check

Ceci permet de vérifier si le maillage importé ne contient pas d'erreurs ou de volumes négatifs.

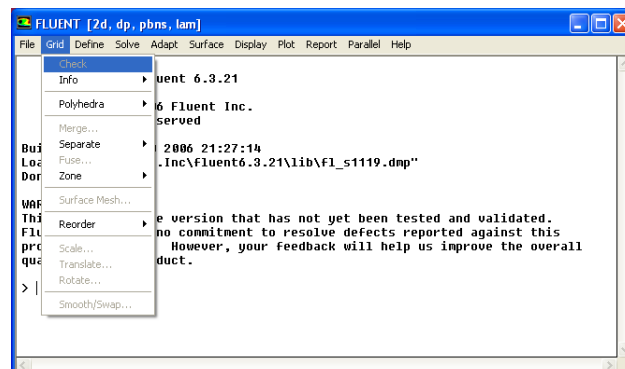


Fig. II.11 : Vérification du maillage

## II.4.3 Vérification de l'échelle

### GridScale

Il faut toujours vérifier que les dimensions affichées correspondent aux dimensions physiques du problème.

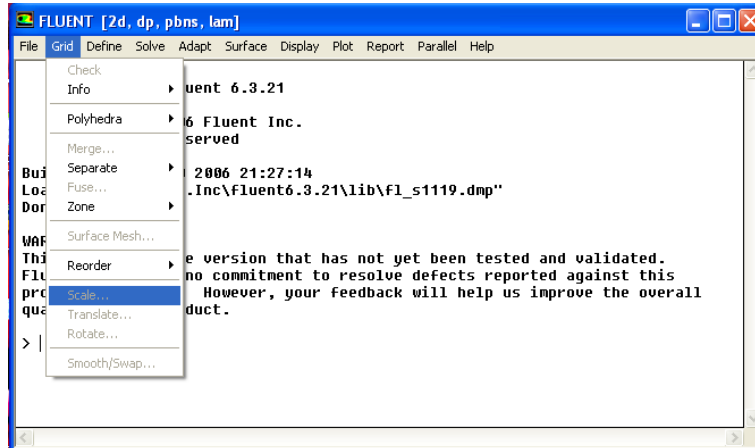


Fig. II.12 : Vérification des unités

## II.4.4 Choix du solveur

### DefineModelsSolver.

Il existe deux types de solveur :

–**SegregatedSolver**: est le plus approprié pour les écoulements incompressibles (Ventilateurs, pompes...)

-**CoupledSolvers**, les solveurs « coupledimplicit » et « coupled explicit », sont plutôt réservés aux écoulements compressibles à grande vitesse.

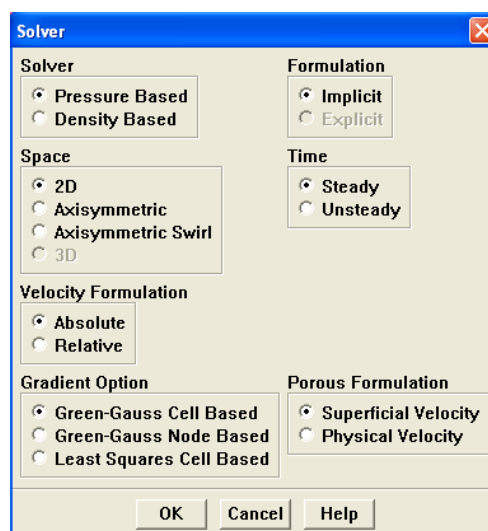


Fig. II.13 : Choix du solveur

C'est à ce niveau qu'on a choisi le régime d'écoulement ; permanent ou instationnaire, laminaire ou turbulent,....

#### II .4.5 L'équation de l'énergie

##### DefineModelsEnergy

L'instruction énergie doit être activée pour l'étude du champ thermique.

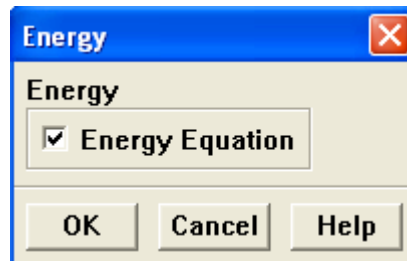


Fig. II.14 : Equation de l'énergie

#### II .4.6 Choix du modèle de turbulence

##### DefineModelsViscous

Fluent propose différentes modélisations de l'écoulement, parmi lesquels les écoulements non visqueux, laminaires, turbulents ... etc.

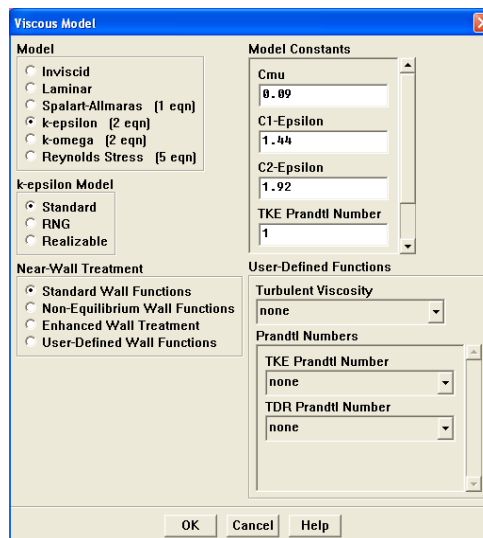


Fig.II.15 : Choix du modèle de turbulence

#### II .4.7 Définition des caractéristiques du fluide

##### DefineMaterials

Les caractéristiques du fluide sont chargées à partir de la bibliothèque de données de Fluent.



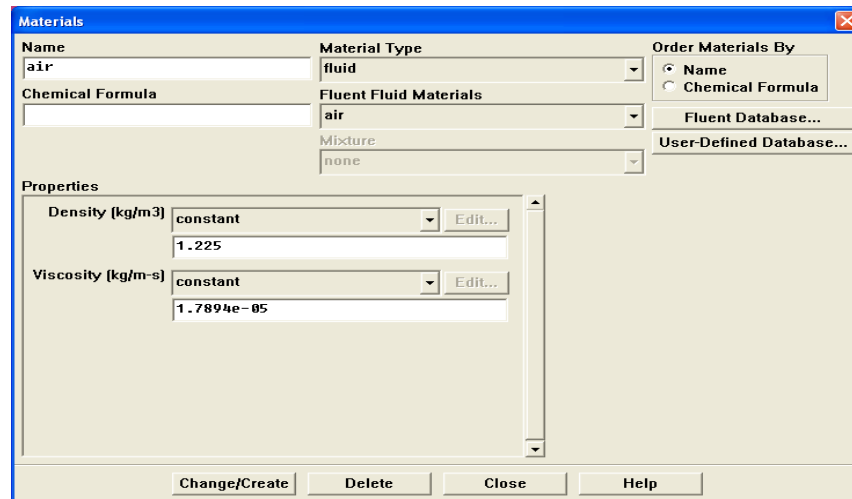


Fig. II.16 : Définition des caractéristiques du fluide

## II .4.8 Les conditions opératoires

### Define Operating conditions

Avant de choisir les conditions aux limites, il faut choisir d'abord la valeur de la pression de référence « operating conditions ».

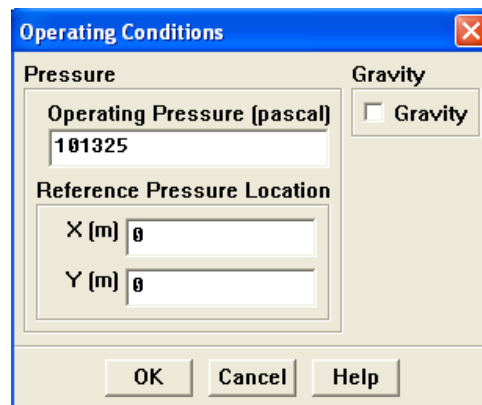


Fig.II.117 : Choix de la pression de référence

## II .4.9 Conditions aux limites

### Define Boundary Conditions

Il faut fixer à ce niveau les valeurs des conditions aux limites, à savoir :

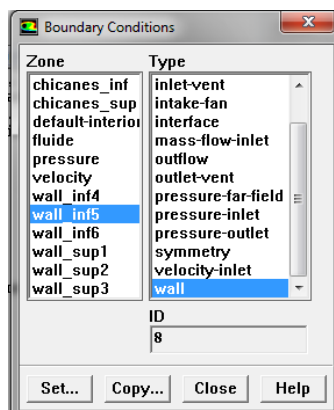


Fig. II.18 : Valeurs des conditions aux limites

## Velocityinlet

Utilisée pour des écoulements incompressibles ou moyennement compressibles, quand la vitesse d'entrée est connue.

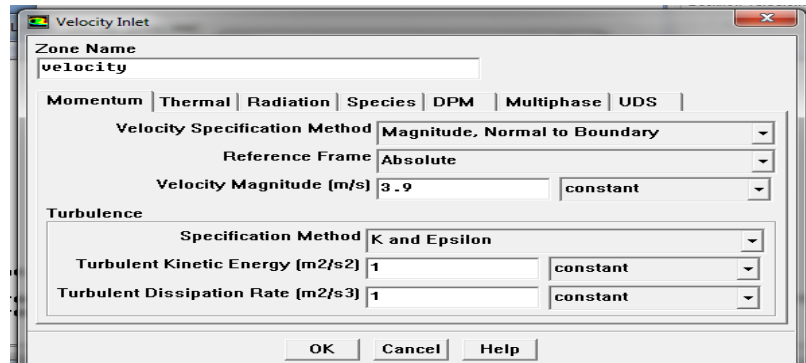


Fig. II.19: Introduction de la vitesse d'entrée

## Wall

Il est utilisé pour délimiter les régions solides des régions fluides.

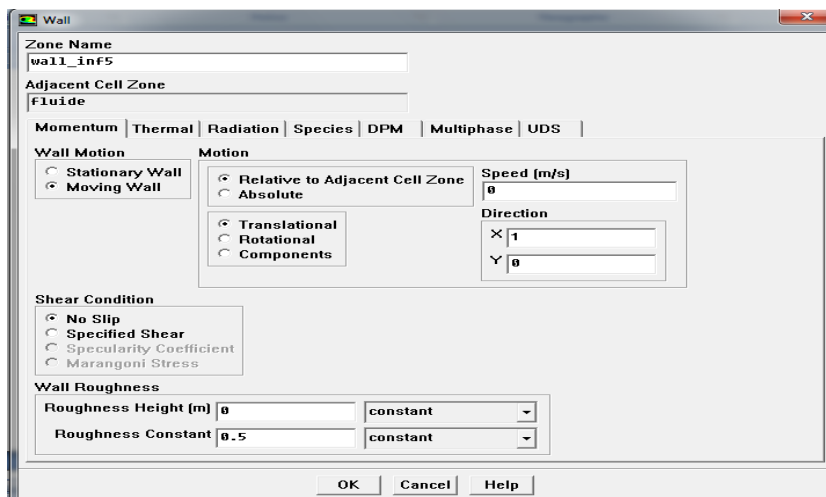


Fig. II.20 : Imposition de la condition de la paroi pour les parois inférieure et supérieure

## Pressure Outlet

Pour la sortie on spécifie statique de sortie.

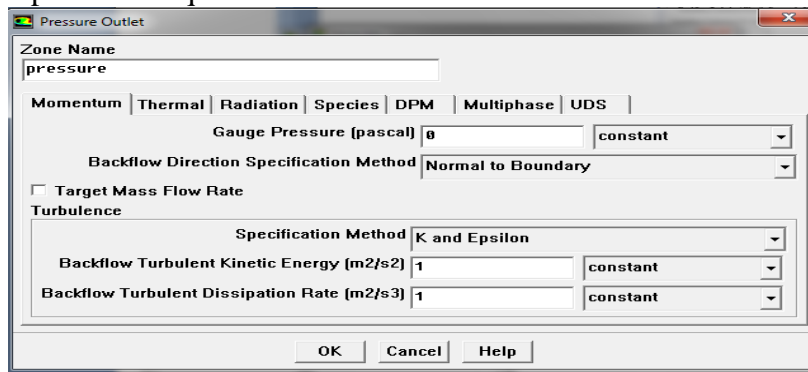


Fig. II.21 : Pression à la sortie

## II.4.10 Choix d'ordre des équations et l'algorithme

### SolveControls Solution

Ceci permet de spécifier le degré d'ordre des équations à résoudre, ainsi l'algorithme

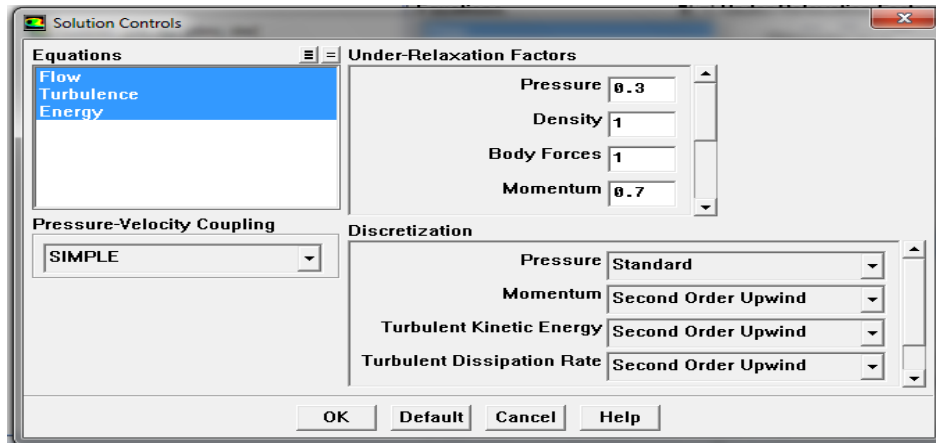


Fig.II.22: Choix d'ordre des équations et l'algorithme

### II .4.11 Initialisation

#### SolveInitializeInitialize

Cette fonction permet d'initialiser le calcul.

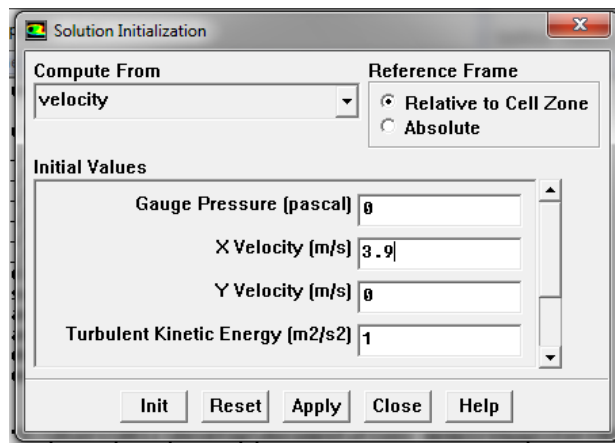


Fig. II.23: Initialisation du calcul

### II .4.12 Choix des critères de convergence

#### Solve Monitors Residual

Il s'agit ici de choisir les critères qui doivent être vérifiés pour que les calculs de la simulation s'arrêtent.

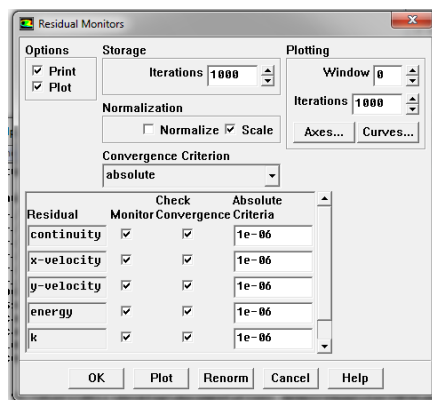


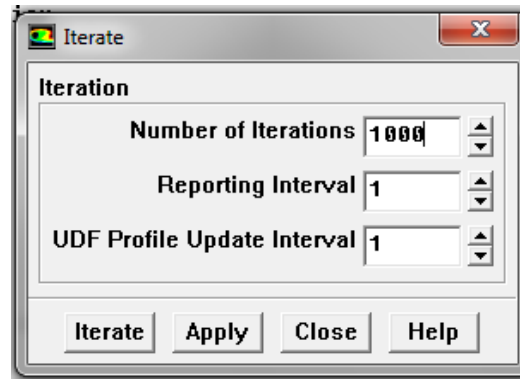
Fig. II.24 : Choix des critères de convergence

Pour afficher la convergence à l'écran pendant les calculs sous forme d'un graphe, il faut activer l'option Plot. Il est possible de désactiver certains critères d'arrêt de la simulation en décochant la case de convergence.

### II .4.13 Lancement du calcul

#### SolveIterate

Pour commencer les calculs il faut d'abord choisir le nombre des itérations et lancer le calcul.



*Fig. II.25 : Choix du nombre des itérations*

### III.1 problématique

Des recherches intensives s'effectuent jusqu'à présent pour minimiser les pertes thermiques et optiques d'une part et augmenter le transfert de chaleur entre l'absorbeur et le fluide caloporteur d'autre part. Cette augmentation est généralement assurée par des chicane qui s'opposent au passage du fluide caloporteur. Cela conduira à augmenter les pertes de charges dans la veine fluide du capteur. Dans cette étude on incorpore des barrettes perforées dans la veine fluide du capteur solaire, de ce fait, le fluide caloporteur circule à l'intérieur de ces perforations ce qui permet la diminution des pertes de charges linéaire au niveau des parois de la conduite du capteur. On cherche à étudier l'aérodynamique interne de ces perforations pour que le fluide caloporteur soit toujours dirigé vers l'absorbeur en imposant une orientation adéquate à ses perforations et, par suite, le faire gagner un maximum de calories.

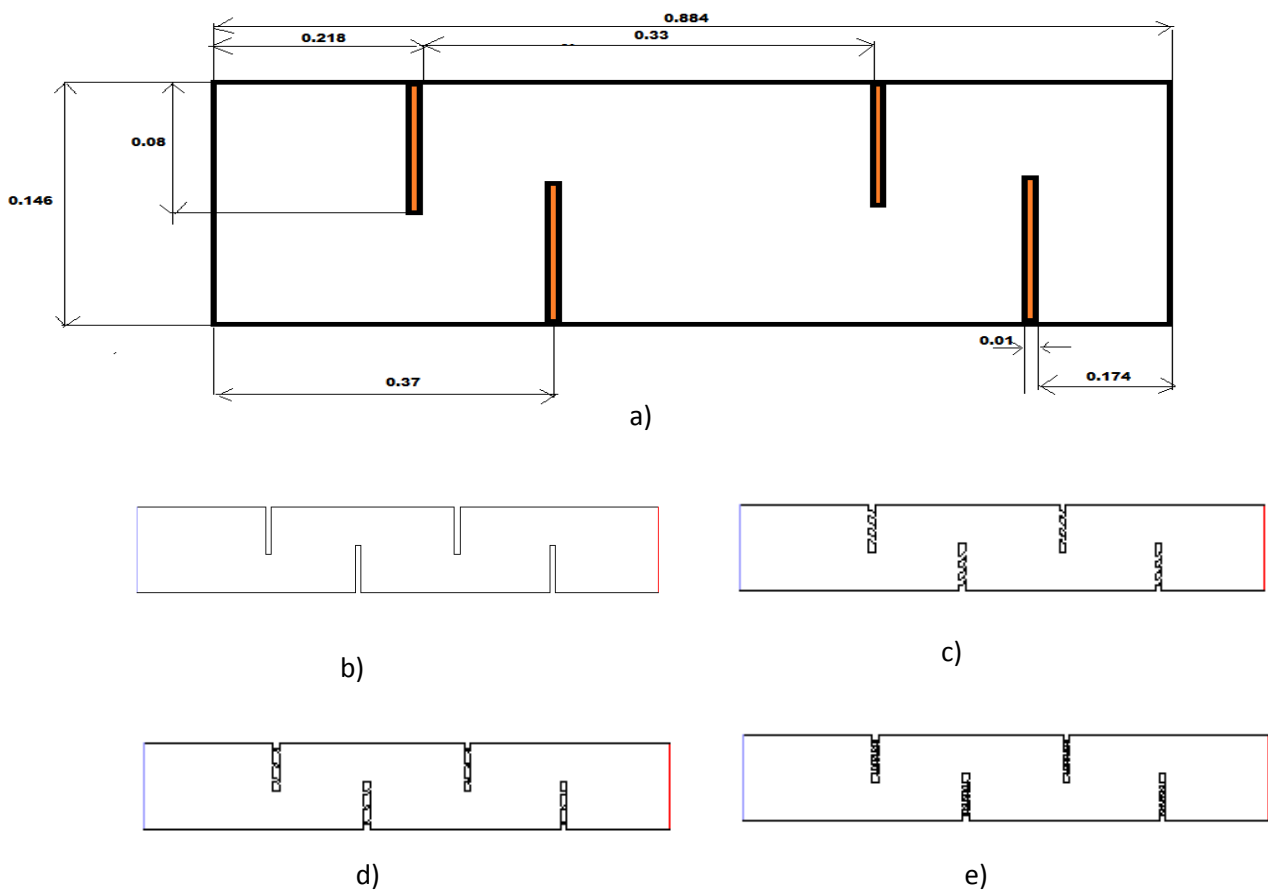
Trois types de comparaisons seront examinés pour trois vitesses différentes :  $v=3.9\text{m/s}$ ,  $v=7.8\text{m/s}$  et  $v=11.7\text{m/s}$ :

- 1- Une comparaison entre un modèle de capteur solaire avec chicane simple (modèle classique), et un modèle de capteur avec chicanes munie de trois barrettes identiques. L'écoulement secondaire à l'intérieur de chaque barrette s'effectue dans un jeu annulaire  $r=0.01\text{m}$ .
- 2- Comparaison entre un modèle de capteur avec chicanes munis de trois barrettes pour deux jeux annulaires différents:  $r= 0.01\text{m}$  et  $r=0.005\text{m}$  (la moitié de la première) pour différentes vitesses.
- 3- Comparaison entre un modèle de capteur muni de trois barrettes identiques, et un modèle de capteur avec six barrettes.

### III.2 Description de la géométrie : Capteur à chicanes simple

Les dimensions du canal présentées dans ce travail :

- La longueur du capteur :  $L = 0.884$  m
- La hauteur des chicanes :  $h = 0.08$  m
- L'espace entre l'entrée et la chicane supérieure :  $L1 = 0.218$  m
- L'espace entre la deuxième chicane et la sortie :  $L2 = 0.346$  m
- L'espace entre la première chicane inférieure et l'entrée  $L3 = 0.37$  m
- L'espace entre la deuxième chicane inférieure et la sortie :  $L4 = 0.184$  m
- L'espace entre l'absorbeur et l'isolant :  $L5 = 0.146$  m
- L'épaisseur des chicanes :  $echi = 0.01$  m



**Fig. III.1- Géométries étudiées**

a) Les dimensions de la géométrie étudiée

b) Capteur à chicane simple

c) Capteur à chicane avec 03 barrettes de diamètre  $r=0.01$  m

d) Capteur à chicane avec 03 barrettes de diamètre  $r=0.005$  m

e) Capteur à chicane avec 06 barrettes de diamètre  $r=0.005$  m

### III.3 Le système d'équations

Nous avons utilisé le modèle de turbulence le plus simple : modèle k-ε. Ce modèle à l'avantage de ne pas nécessiter des temps de calcul très importants.

L'écoulement au sein du capteur est gouverné par les équations de conservations suivantes :

III.3.1 Conservation de la masse :

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0 \quad (\text{III. 1})$$

III.3.2 Conservation de la quantité de mouvement :

III.3.2.1 Conservation de la quantité de mouvement suivant la direction axiale :

$$\rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ (\mu + \mu_t) \left( 2 \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ (\mu + \mu_t) \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \quad (\text{III. 2})$$

III.3.2.2 Conservation de la quantité de mouvement suivant la direction radiale :

$$\rho u \frac{\partial v}{\partial x} + \rho v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left[ (\mu + \mu_t) \left( 2 \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[ (\mu + \mu_t) \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \quad (\text{III. 3})$$

III.3.3 Conservation de l'énergie :

III.3.3.1 Conservation de l'énergie dans le fluide :

$$\rho u \frac{\partial T}{\partial x} + \rho v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \left( \frac{\mu}{\sigma_p} + \frac{\mu_t}{\sigma_T} \right) \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \left( \frac{\mu}{\sigma_p} + \frac{\mu_t}{\sigma_T} \right) \frac{\partial T}{\partial y} \right] \quad (\text{III. 4})$$

V3.3.2 Conservation de l'énergie dans la paroi :

$$\left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (\text{III. 5})$$

III.3.4 Energie cinétique turbulente k :

$$\rho u \frac{\partial k}{\partial x} + \rho v \frac{\partial k}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial y} \right] + P_k - \rho \varepsilon \quad (\text{III. 6})$$

$P_k$  Représente la production de l'énergie cinétique turbulente par cisaillement

V3.5 Energie de dissipation ε :

$$\rho u \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + \rho v \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right] + (C_{\varepsilon 1} f_1 p_k - \rho C_{\varepsilon 2} f_2 \varepsilon) \frac{\varepsilon}{k} \quad (\text{III. 7})$$

$p_k$  Représente le terme de production d'énergie cinétique :

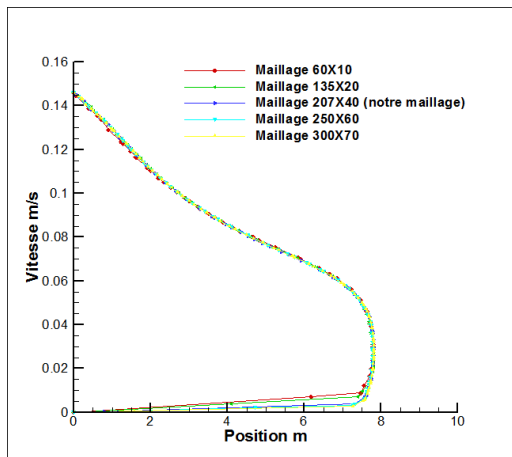
$$\mu_t = f_\mu \rho \cdot c_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (\text{III. 8})$$

Les constantes empiriques du modèle k-ε standard sont :  $C_\mu=0.09, C_{\varepsilon 1}=1.44, C_{\varepsilon 2}=1.44, \sigma_k=1.0, \sigma_\varepsilon=1.3, \sigma_T=0.9, f_1=f_2=f_\mu=1$ .

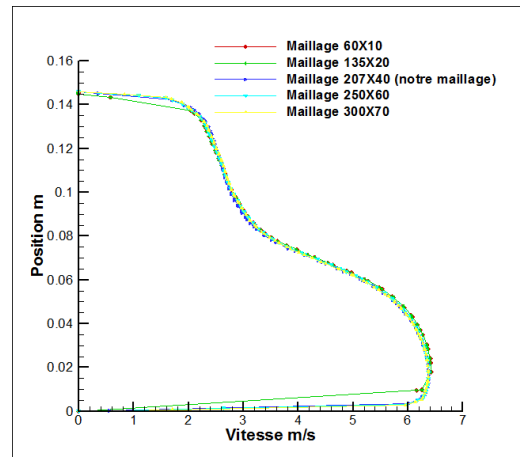
### III.4 Etude de l'influence du maillage

Une série d'essais pour des maillages non uniformes a été effectuée. Les résultats obtenus pour les quatre modèles de capteurs à la vitesse d'entrée d'air  $v=3.9\text{m/s}$  sont tracés sur la

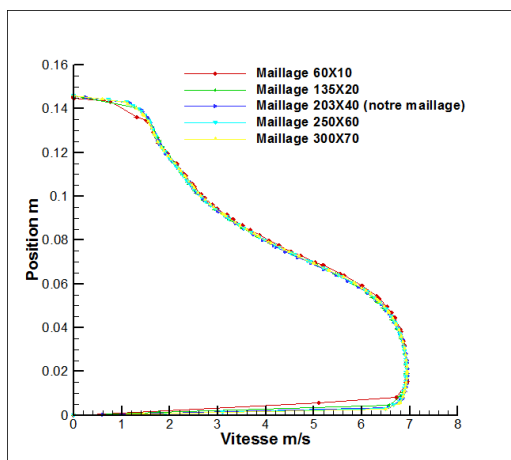
(figure.III.2).Le choix de la distribution du maillage s'avéré suffisant pour la chaine des essais du maillage étudiés.



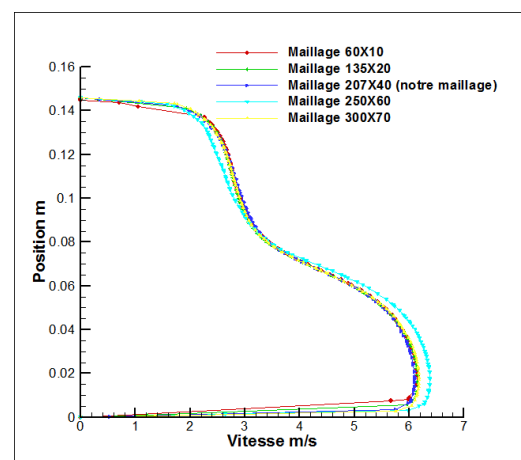
a)



b)



c)



d)

**Fig. III.2 :** Comparaison de la vitesse a  $x = 0.2m$  pour des différents maillages pour une vitesse d'entrée d'air dans le capteur  $v = 3.9m/s$

a) Maillage pour capteur à chicane simple

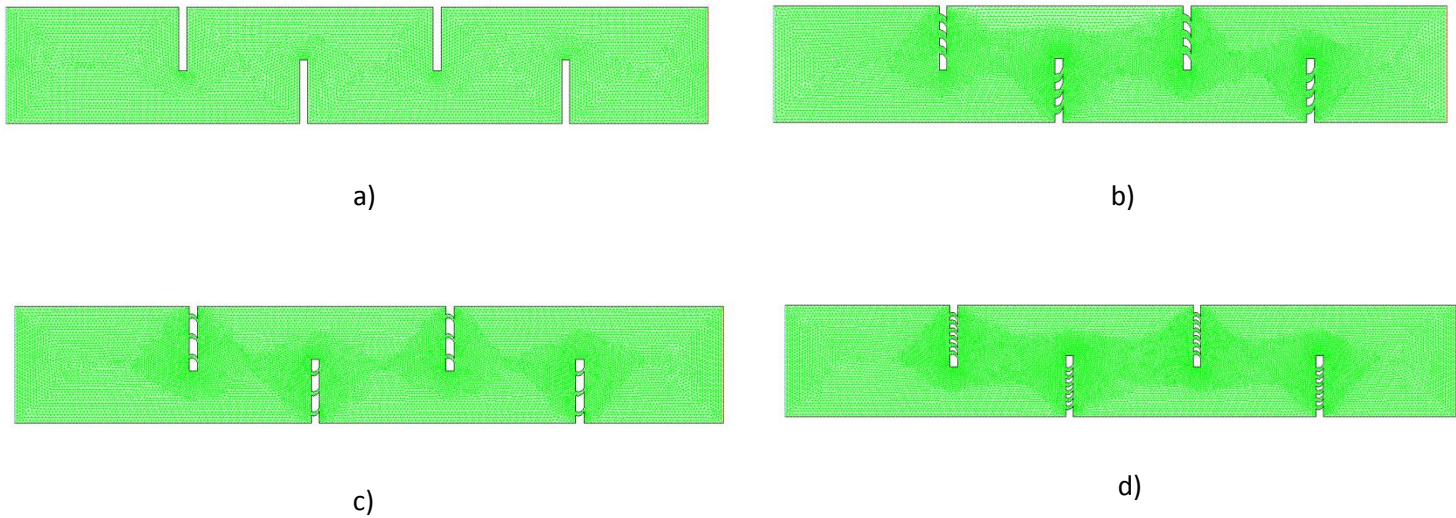
b) Maillage pour capteur à chicane à trois barrettes  $r = 0.01m$

c) Maillage pour capteur à chicane à trois barrettes  $r = 0.005m$

d) Maillage pour capteur à chicane à six barrettes  $r = 0.005m$



**III.5 Maillage de la géométrie pour les différents modèles de capteurs :** Nous avons utilisé un maillage raffiné, éléments en Tri et de Type : pave,  $(N_x, N_y) = (207 \times 40)$ .

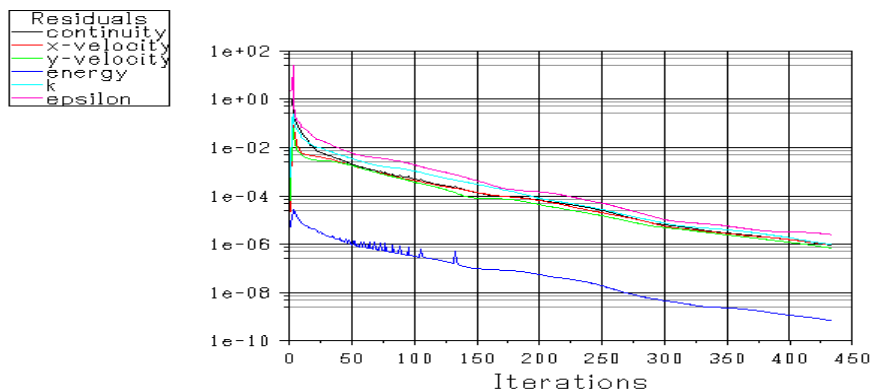


**Fig. III.3 :** Maillage adopté

- a) Maillage pour capteur à chicane simple  
 b) Maillage pour capteur à chicane à trois barrettes  $r = 0.01m$   
 c) Maillage pour capteur à chicane à trois barrettes  $r = 0.005m$   
 d) Maillage pour capteur à chicane à six barrettes  $r = 0.005m$

### III.6 Convergence

La figure (III. 3) montre la convergence de la solution. La précision de la convergence est à  $10^{-6}$ .



**Fig. III.4 :** La convergence des solutions pour une vitesse d'entrée  $v = 3.9m/s$

### III.7 Les conditions aux limites :

- Trois vitesses à l'entrée sont à examiner:  $v = 3.9m/s$ ,  $v = 7.8m/s$ ,  $v = 11.7m/s$
- La température de l'air à l'entrée  $T_e = 300^\circ K$
- L'énergie cinétique turbulente à l'entrée  $k = 0,005$ .  $U^2 = 0,3042 m^2/s^2$
- L'énergie de dissipation à l'entrée  $\varepsilon = 0,1$ .  $k^2 = 0,009253764 m^2/s^3$
- La température de l'absorbeur et de la chicane supérieure :  $T_{abs} = 373^\circ K$
- La température de la plaque métallique collée à l'isolant :  $T_{iso} = 373^\circ K$

- La pression à la sortie :  $p_s = p_{atm}$

### III.8 Validation des résultats :

Les résultats de la simulation numérique ont été validés avec les travaux de **Demartini [28]** pour le modèle de géométrie à chicane simple. Ces résultats sont donnés par la (figure III.4). Ca figure montre une bonne concordance entre nos résultats et les résultats de Demartini

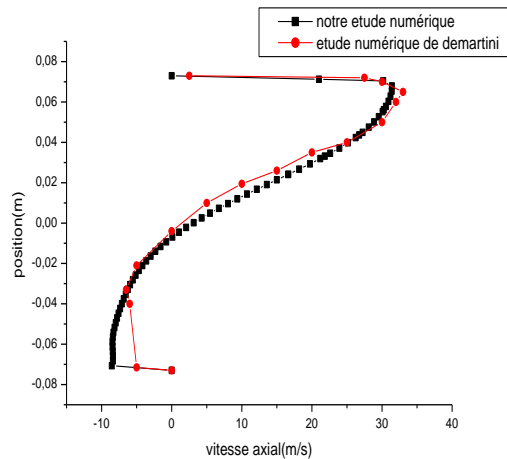


Figure III.5 Comparaison des résultats

### III.9 Comparaison entre le capteur avec chicanes simple et le capteur avec chicanes muni de trois barrettes pour différentes vitesses

En premier lieu une comparaison entre le modèle de capteur à chicane simple et le capteur à chicane à trois perforations de 0.01m de diamètre est donnée afin de montrer l'apport de ce dernier modèle vis-à-vis de la performance dynamique et thermique dû à l'air.

#### 1) Lignes de courant

##### -Vitesse d'entrée $v=3.9\text{m/s}$

L'intensité des lignes de courant est supérieure pour les chicanes à barrettes perforées par rapport aux chicanes simples. La présence des barrettes a laissé développer des zones de recirculations après chaque chicane (figure III.6)

-En aval de la première chicane le débit maximum des tourbillons des lignes de courant prendra la valeur de 1.13 kg/s pour le capteur à chicane simple, (zone : A1) (figure III.6.a) à 1.16kg/s pour le capteur à chicane avec barrettes perforées, (zone : B1)(figure III.6.b).

Une recirculation vers la paroi supérieure à l'extrémité de la chicane à un débit 0.958 kg/s pour le capteur à chicane simple et de 0.959kg/s pour le capteur à chicane avec barrettes perforées qui permettent aussi le passage du fluide caloporteur.

-En aval de la deuxième chicane, un nombre important de tourbillons jusqu'à un débit de 0.265kg/s pour le capteur à chicane simple, (zone : A2) et 0.274 kg/s, pour le capteur à chicane avec barrettes perforées, (zone : B2).

-En aval de la troisième chicane, il prendra la valeur de 1.26kg/s et une recirculation vers la paroi supérieure de 0.639 kg/s, (zone : A3) à 1.37kg/s, la recirculation au niveau des barrettes est de 0.959 kg/s, (zone : B3).

-En aval de la quatrième chicane, elle prendra la valeur de 0.265kg/s et une recirculation à partir de l'extrémité de 0.994 kg/s, (zone : A4) à 0.274 kg/s et la recirculation vers la paroi supérieure de 0.959kg/s jusqu'à la sortie du capteur, (zone : B4).

Pour les deux autres vitesses d'entrées du fluide  $v=8.7\text{m/s}$  et  $v=11.7\text{m/s}$ , le débit des lignes de courant augmente.

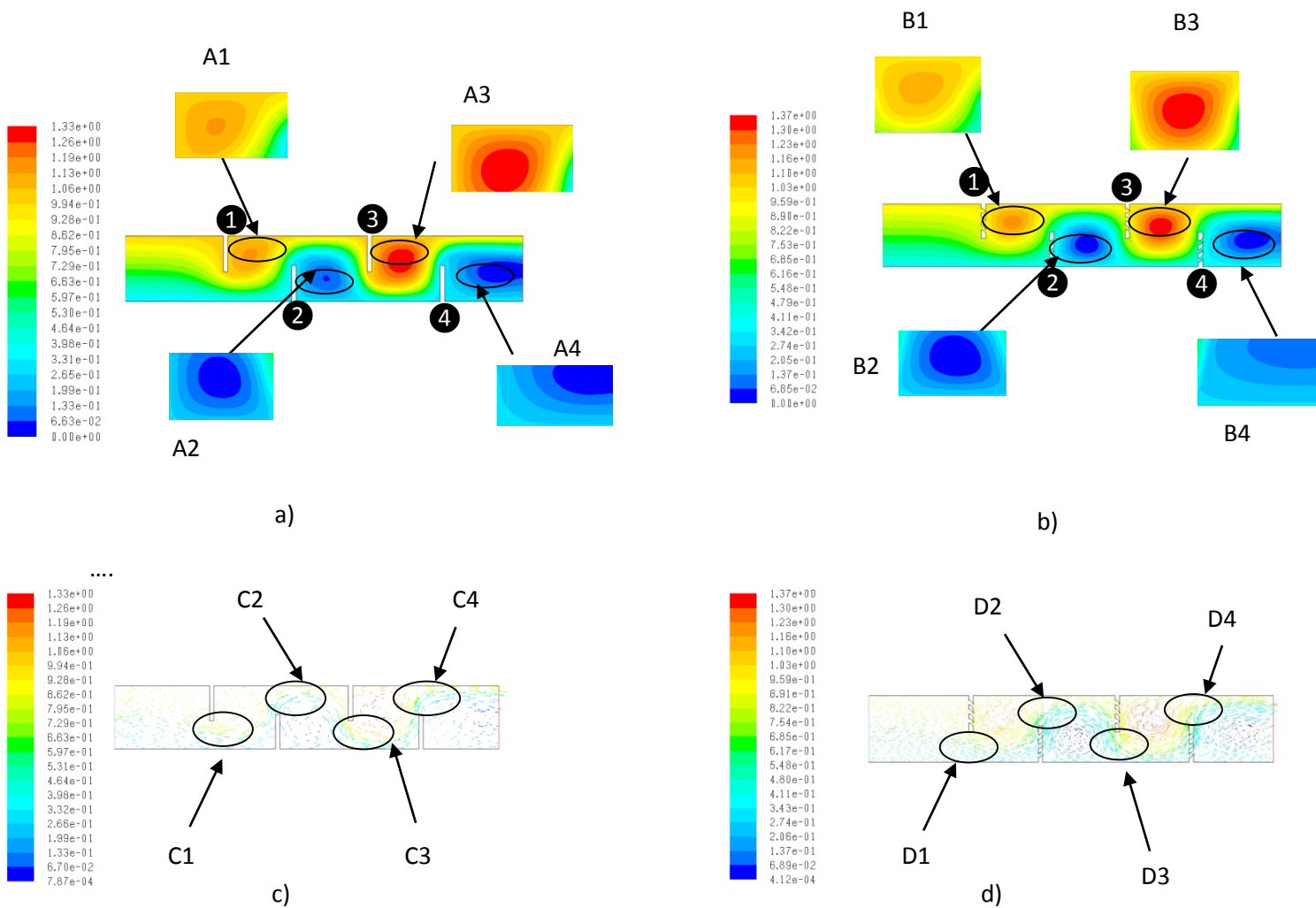
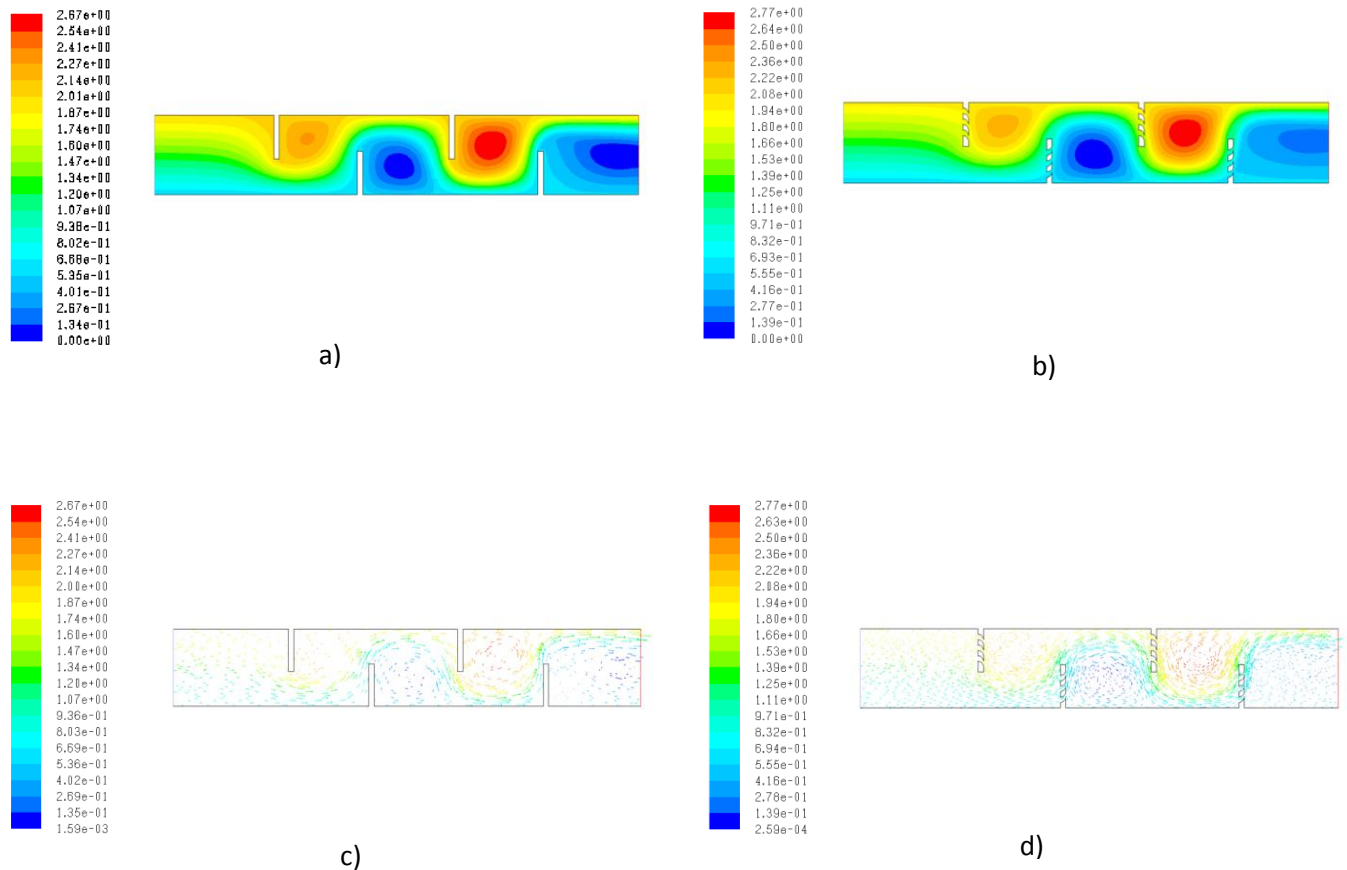


Fig. III.6 Lignes de courant pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8\text{m/s}$** 

A la vitesse d'entrée d'air  $v=7.8\text{m/s}$ , l'intensité des lignes de courant augmente pour les deux modèles de capteur (figures III.7.a ; figure III.7.b ; III.7.c ; III.7.d) avec la diminution des zones tourbillonnaires avec développement du volume mort après la première chicane et à la sortie enfin une augmentation de la recirculation pour les deux modèles de capteurs.

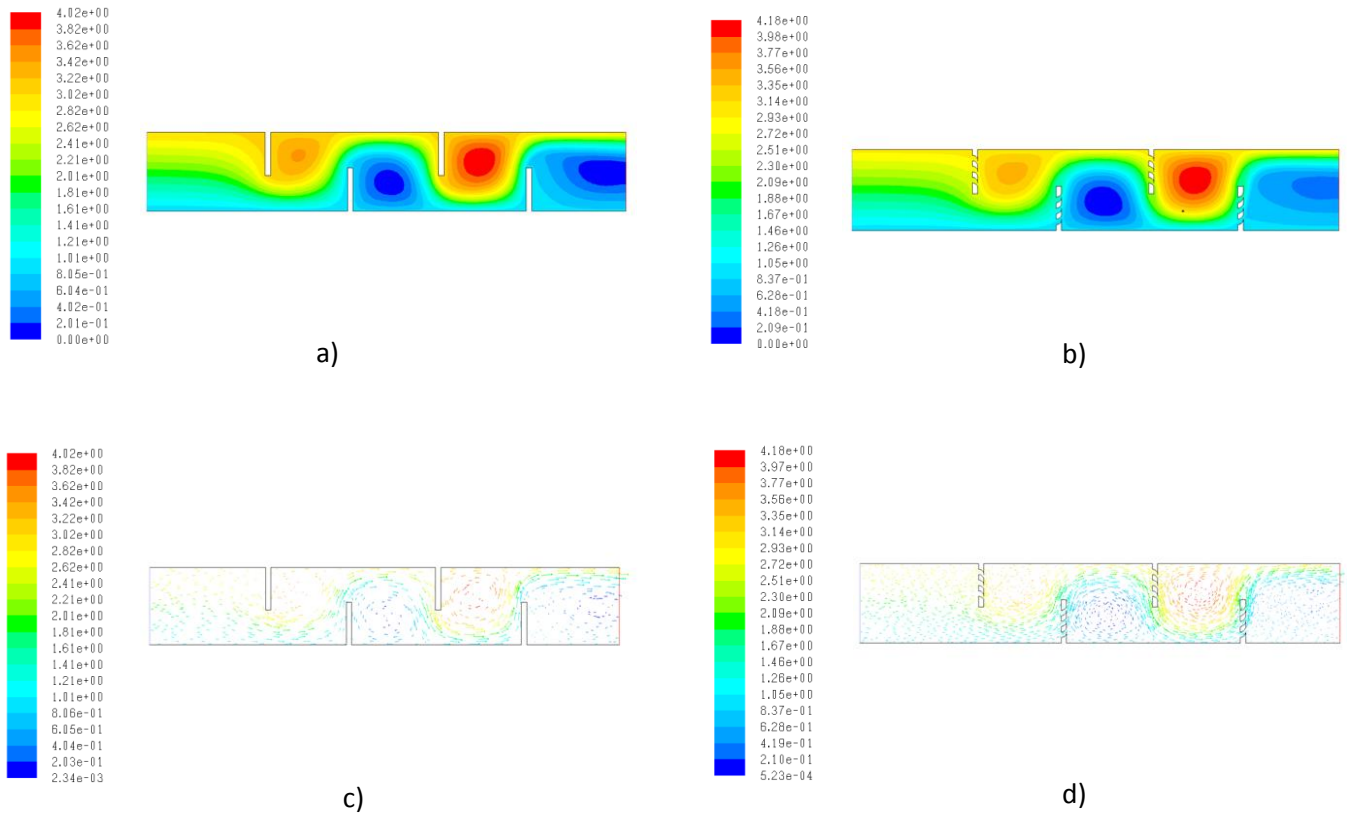


**Fig. III.7** Lignes de courant pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$** 

A la vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$ , l'intensité des lignes de courant augmente par rapport aux deux autres vitesses d'entrées (figures III.8.a ; III.8.b ; III.8.c ; III.8.d).



*Fig. III.8 Ligne de courant pour  $v = 11.7\text{m/s}$*

- a) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane simple*
- b) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes*
- c) Vecteurs des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane simple*
- d) Vecteurs des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes*

## 2) Vitesse longitudinale « u »

Les figures (III.9 ; III.10 et III.11) donnent les champs des vitesses pour le capteur avec chicanes simples et le capteur avec chicanes munies de trois barrettes pour différentes vitesses d'entrée d'air.

### -Vitesse d'entrée $v = 3.9\text{m/s}$

A partir de l'extrémité de la première chicane du capteur à chicane simple une augmentation du champ et de l'intensité maximum de la vitesse suivant l'axe x qui est de  $11.9\text{m/s}$  pour le capteur à chicane simple qui se développe à la demi-partie inférieure du capteur, (figure III.9.a) ,(zone :E1).

Cette vitesse prendra la valeur de  $11.2\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec barrettes perforées  $r=0.01\text{m}$ , (figure III.9.b), (zone : F1).

Développement à partir de l'extrémité de la deuxième chicane au niveau de la demi-partie supérieure du capteur à chicane simple jusqu'à une vitesse de  $18.2\text{m/s}$  vers une vitesse de  $17.9\text{m/s}$  pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.01\text{m}$ .

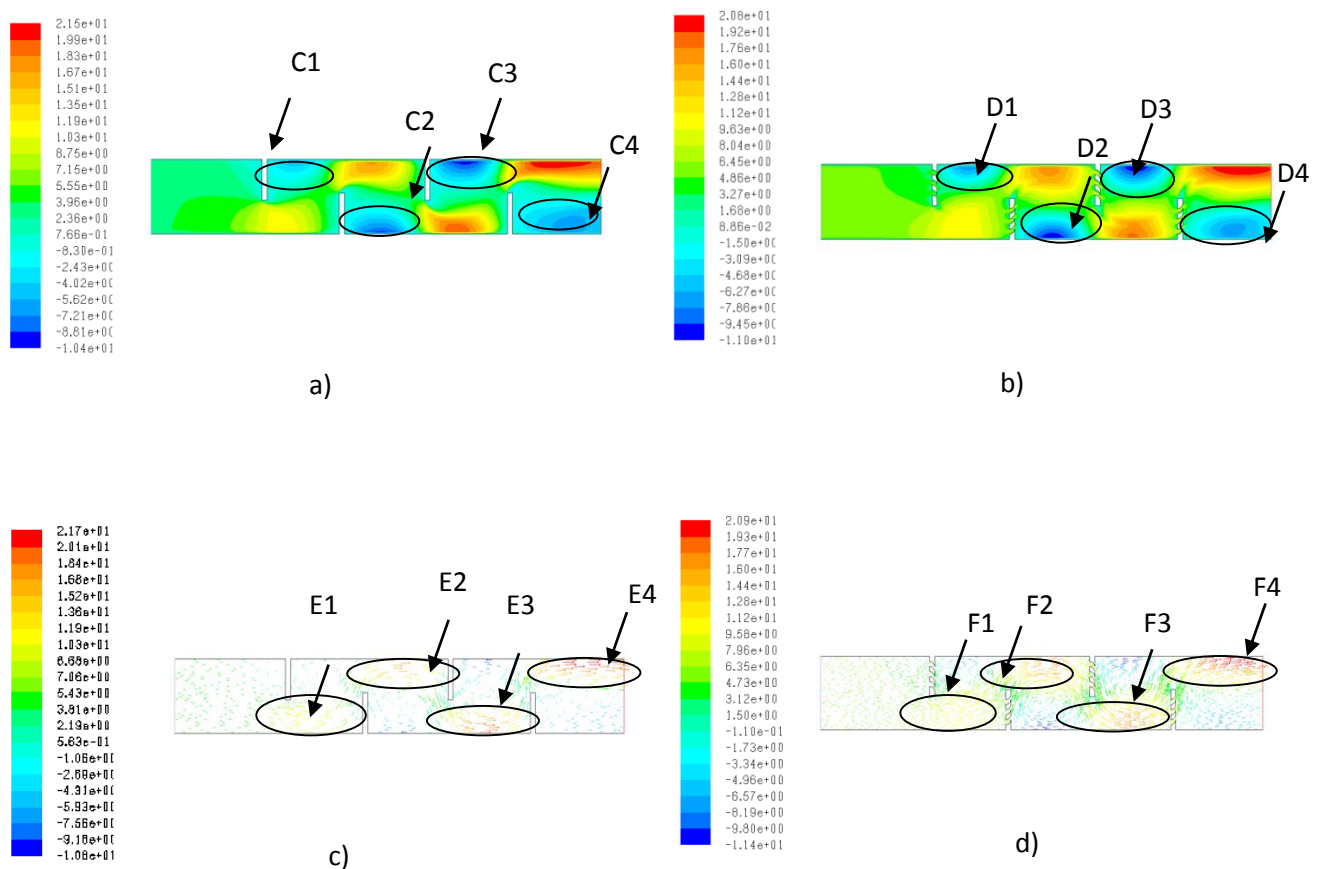
Ce même développement est remarqué au niveau de la troisième chicane vers la demi-partie inférieure des deux modèles du capteur.

A partir de la quatrième chicane, la recirculation du fluide vers la demi-partie supérieure du capteur qui atteint la vitesse de 21.5m/s pour le capteur à chicane simple et de 20.6 m/s pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées.

Opposition des chicanes à l'écoulement diminue pour le capteur à chicane avec barrettes perforées (figures III.9.a ; III.9.b), (zone : D1,D2,D3,D4); par rapport au capteur à chicane simple, (zone : C1,C2,C3,C4).

Accélération de l'écoulement pour le capteur à chicanes avec barrettes perforées, (figures III.9.c ; III.9.d) (zone : F1, F2, F3, F4); par rapport au capteur à chicanes simple, (zone : E1, E2, E3, E4).

Diminution de la valeur de l'intensité de la vitesse suivant l'axe x pour le capteur à chicane avec barrettes perforées par rapport au capteur à chicane simple.



**Fig.III.9** Vitesse longitudinale pour  $v=3.9\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes



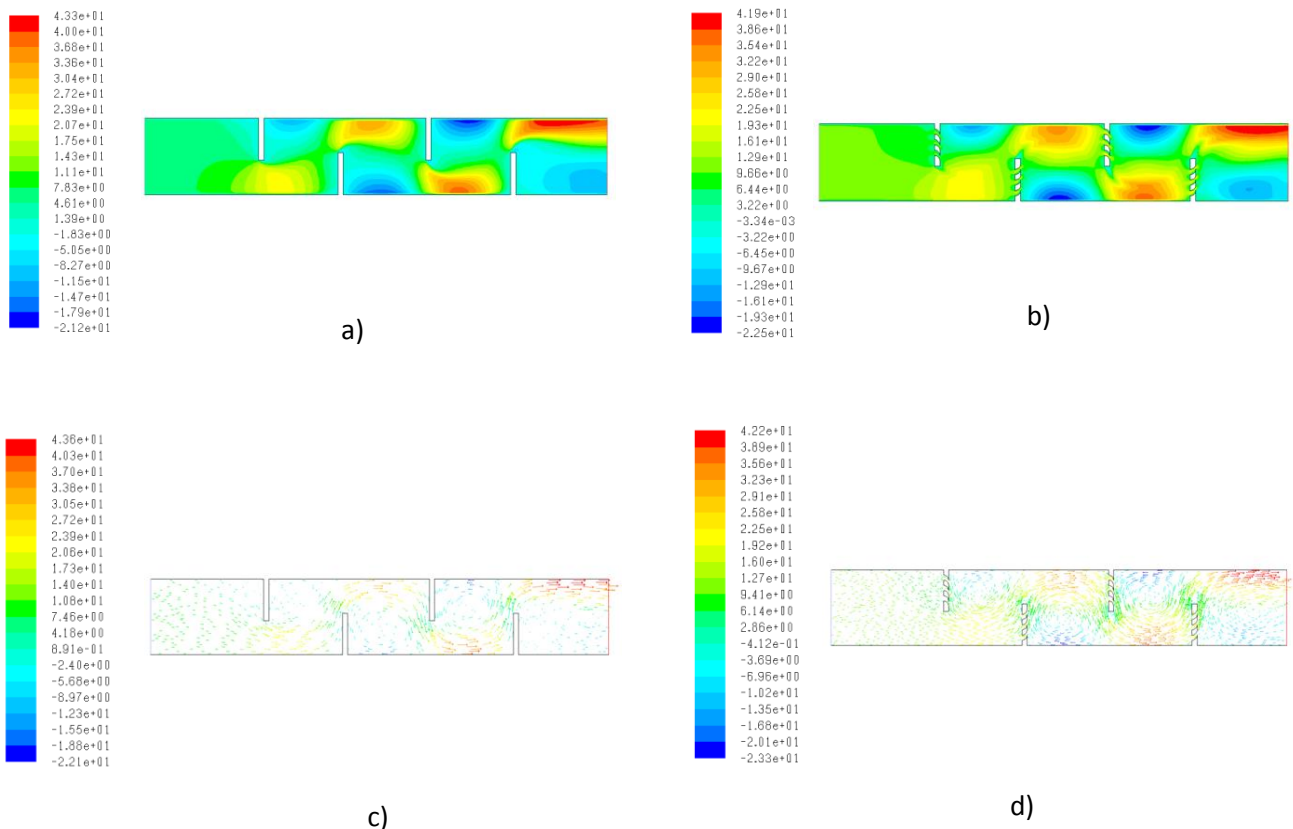
**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8\text{m/s}$** 

A partir de l'extrémité de la première chicane du capteur à chicane simple une augmentation du champ et de l'intensité maximum de la vitesse suivant l'axe x qui est de  $23.9\text{m/s}$  qui se développe à la demi partie inférieure du capteur, (figure III.10.a)

Cette vitesse prendra la valeur de  $22.5\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec barrettes perforées  $r=0.01\text{m}$ , (Figure III.10.b). Le champ de vitesse s'est développé à partir de l'extrémité de la deuxième chicane au niveau de la demi- partie supérieure du capteur à chicane simple jusqu'à une vitesse de  $33.6\text{ m/s}$  vers une vitesse de  $35.4\text{ m/s}$  pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.01\text{m}$ .

Ce même développement est remarqué au niveau de la troisième chicane vers la demi-partie inférieure des deux modèles du capteur.

A partir de la quatrième chicane, l'accélération du fluide vers la demi-partie supérieure du capteur qui atteint la vitesse de  $43.3\text{ m/s}$  pour le capteur à chicane simple et de  $41.9\text{ m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées.



**Fig.III.10** Vitesse longitudinale pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$** 

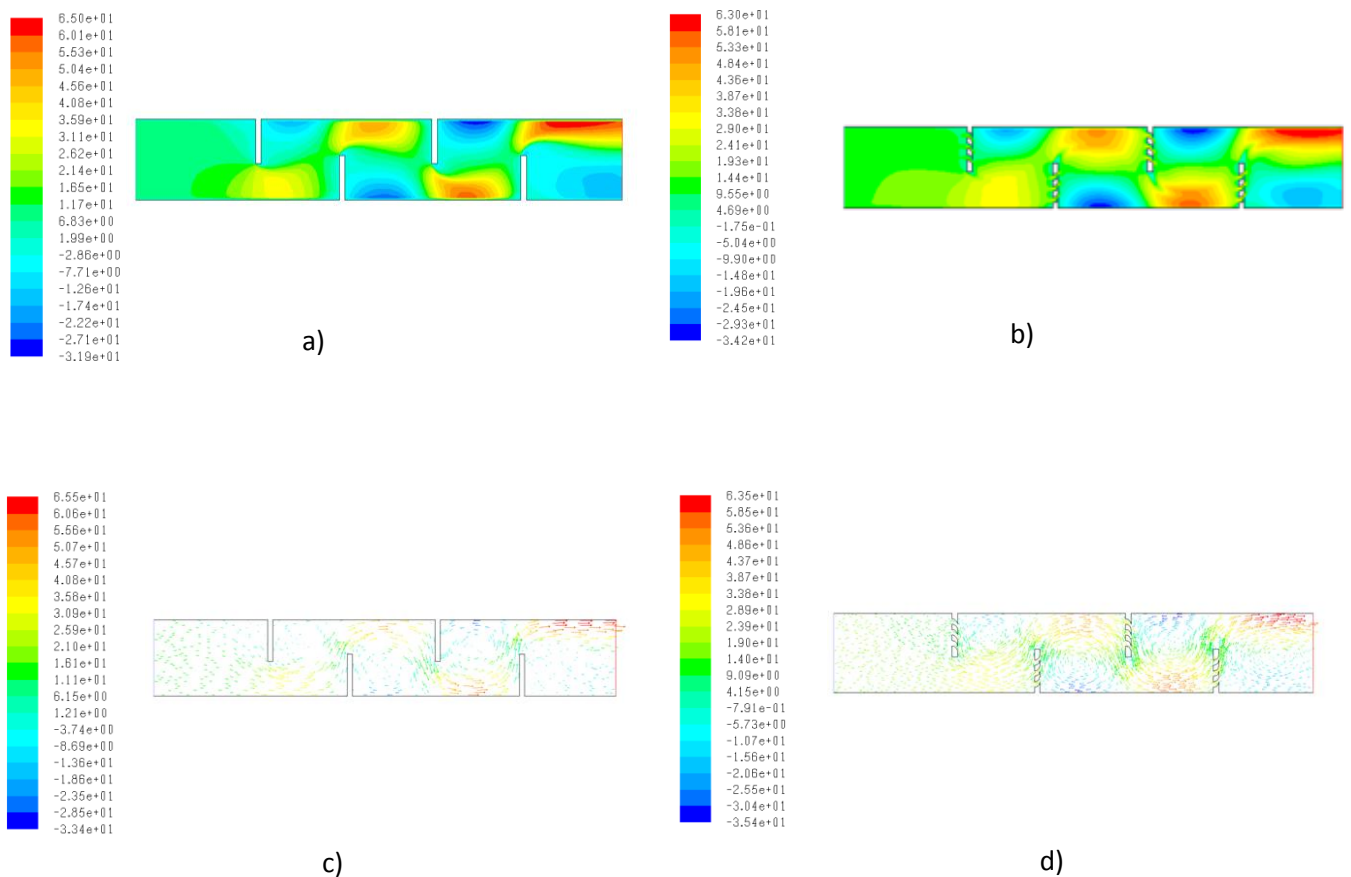
A partir de l'extrémité de la première chicane du capteur à chicane simple une augmentation du champ et de l'intensité maximum de la vitesse suivant l'axe x qui est de 35.9 m/s qui se développe à la demi-partie inférieure du capteur, (figure III.11.a)

Cette vitesse prendra la valeur de 29 m/s pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r=0.01\text{m}$ , (figure III.11.b).

Développement à partir de l'extrémité de la deuxième chicane vers la demi-partie supérieure du capteur à chicane simple jusqu'à une vitesse de 50.4 m/s et une vitesse de 53.3 m/s pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r=0.01\text{m}$ .

Ce même développement est remarqué au niveau de la troisième chicane vers la demi-partie inférieure des deux modèles du capteur.

A partir de la quatrième chicane, accélération du fluide vers la demi-partie supérieure du capteur qui atteint la vitesse de 65 m/s pour le capteur à chicane simple et de 63 m/s pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées.



**Fig.III.11** Vitesse longitudinale pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes



### 3) Vitesse transversale « v »

Pour la composante transversale (v) des gradients de vitesse négatifs au niveau de la première et de la troisième chicane et des gradients de vitesse positifs au niveau de la deuxième et quatrième chicane pour les deux modèles de capteurs.

#### -Vitesse d'entrée $v = 3.9\text{m/s}$

Les gradients négatifs de la vitesse suivant l'axe y au niveau de la première chicane diminuent jusqu'à la valeur  $-6.99\text{ m/s}$  pour le capteur à chicane simple, (zone :I1)(figure III.12.c), le champ de ces gradients diminue encore pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées, sa valeur décroît jusqu'à  $-10.7\text{m/s}$  ,(zone :J1)(figure III.12.d).

Les gradients positifs de la vitesse au niveau de l'extrémité et des barrettes perforées de la deuxième chicane ont une valeur maximale de  $14.8\text{ m/s}$ , (zone : I2),se développe pour le capteur à chicane simple à son extrémité jusqu'à la vitesse de  $16.1\text{ m/s}$ ,(zone : J2).

Les gradients négatifs au niveau de la troisième chicane se développe au niveau des barrettes et à son extrémité jusqu'à  $-20\text{m/s}$ , (zone : J3) par rapport au capteur à chicane simple ou le développement est à son extrémité à une valeur maximum de  $-21.8\text{m/s}$ ,(zone :I3).

Les gradients de la vitesse au niveau de la quatrième chicane sont plus développés pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées, la présence de barrettes favorise se développement la valeur maximale de la vitesse passe de  $21.3\text{m/s}$ , (zone : I4) à  $20.5\text{m/s}$ ,(zone : J4).

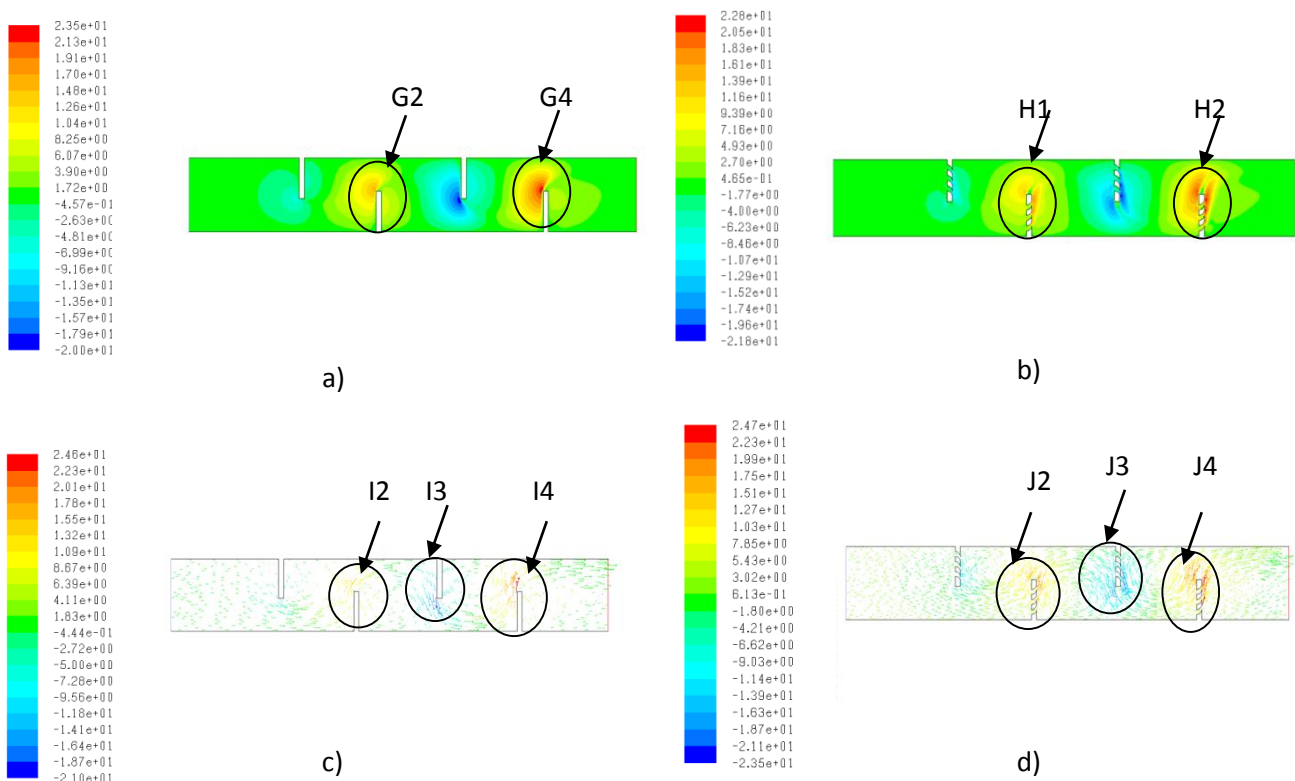
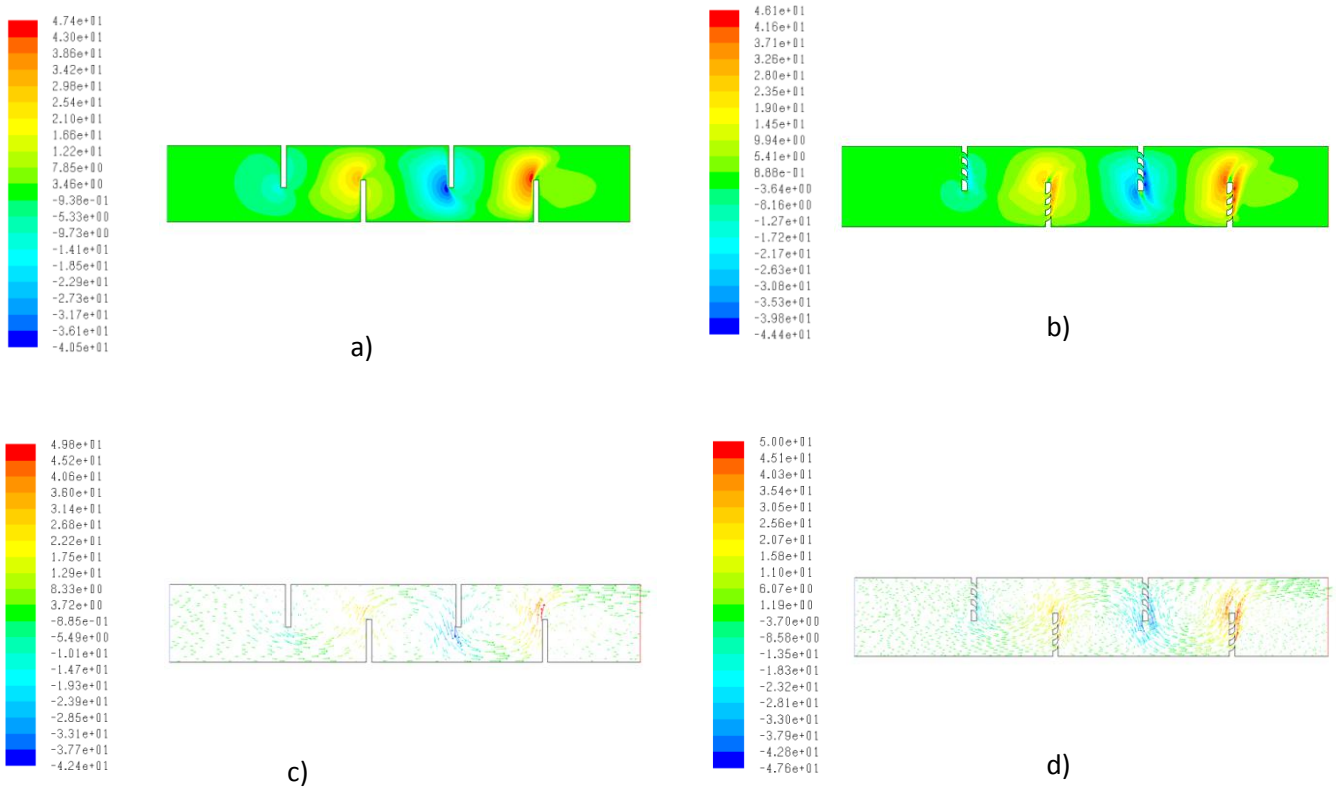


Fig. III.12 Vitesse transversale pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8\text{m/s}$** 

Les valeurs des gradients de la vitesse suivant l'axe y (figures III.13.a ; III.13.b ; III.13.c ; III.13.d) pour la vitesse d'entrée d'air  $v = 7.8\text{m/s}$  sont supérieures par rapport aux valeurs des deux modèles de capteur à une vitesse d'entrée d'air  $v = 3.9\text{m/s}$ .

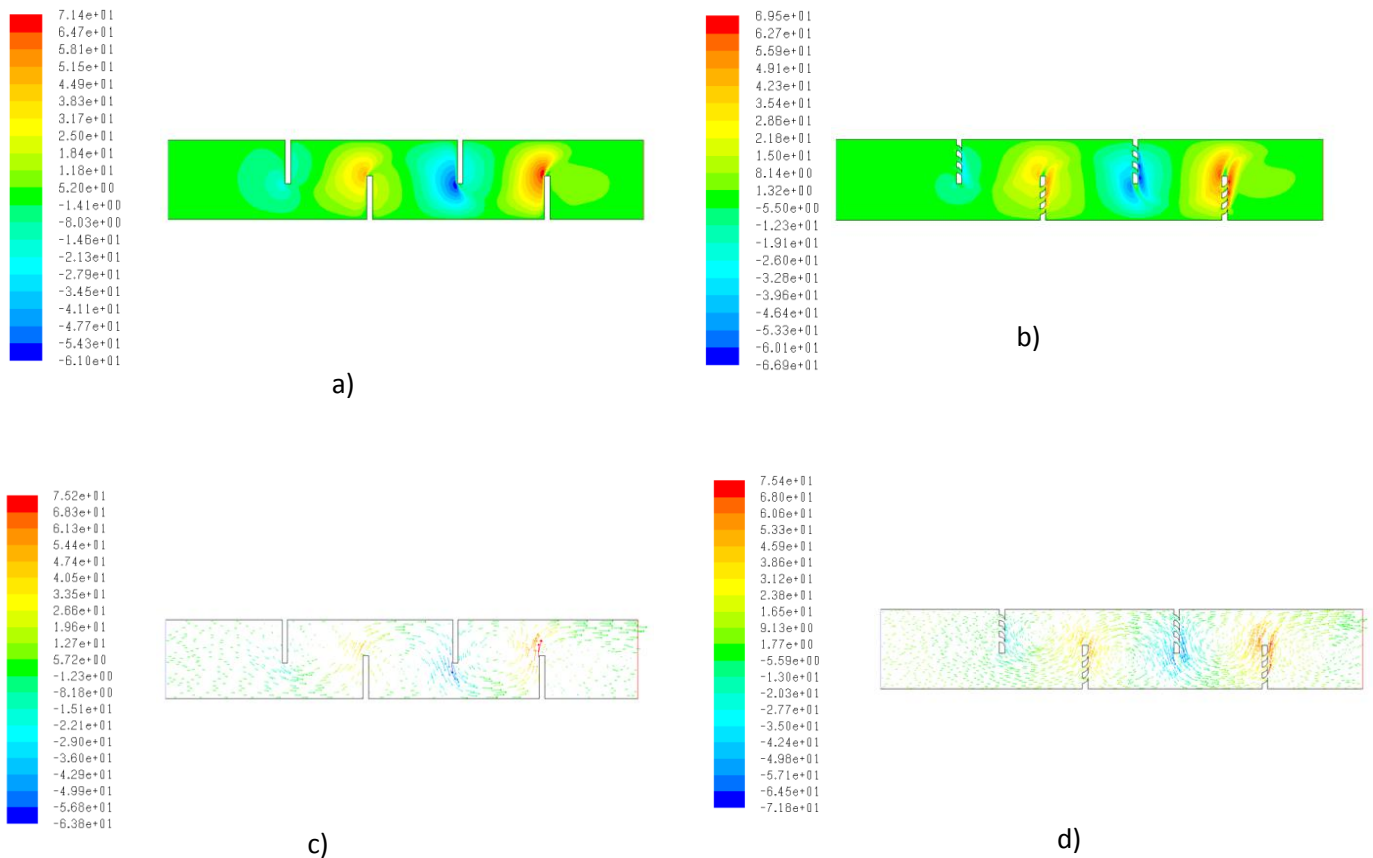


**Fig. III.13** Vitesse transversale pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse transversales pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$** 

Les valeurs des différents gradients de vitesse pour les deux modèles de capteurs (figure III.14) restent toujours en augmentation pour la vitesse d'entrée d'air dans le collecteur solaire  $v = 11.7\text{m/s}$ .



**Fig. III.14** Vitesse transversale pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse transversales pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

### 3) Vitesse

#### -Vitesse d'entrée $v = 3.9\text{m/s}$

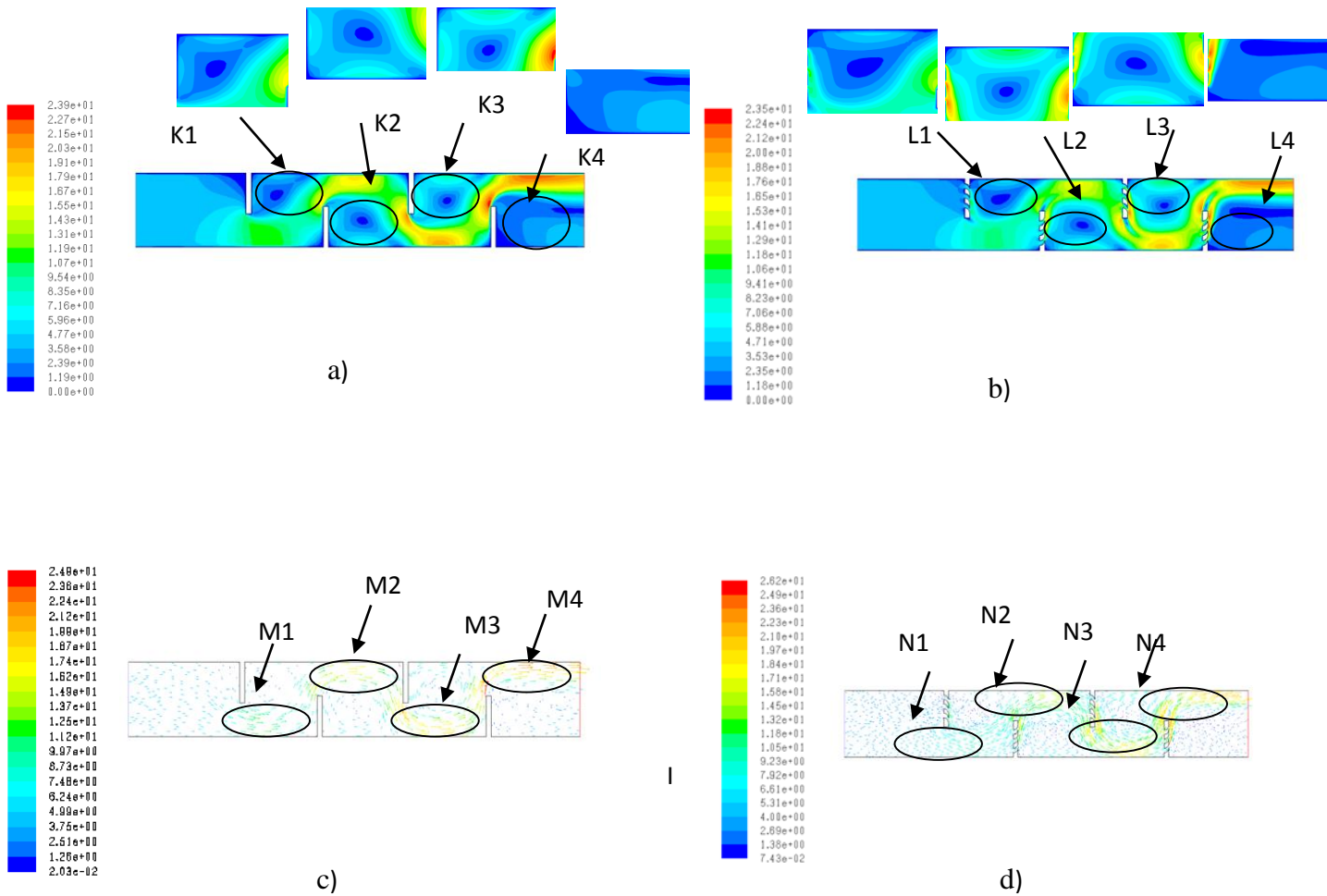
Augmentation des vitesses en aval des chicanes avec barrettes perforées, (zone : L1, L2, L3, L4) ; par rapport aux chicanes simples, (zone : K1, K2, K3, K4) (figures III.15.a ; III.15.b). Le développement du champ de la vitesse à partir de l'extrémité de la première chicane passe de  $10.7\text{m/s}$  pour le capteur à chicane simple vers  $10.6\text{m/s}$  pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées.

De l'extrémité de la deuxième chicane vers la demi-partie supérieure du capteur, la recirculation du fluide atteint une vitesse de  $16.4\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois

barrettes perforées par rapport au capteur à chicane simple dont la valeur atteint 16.7m/s en continuant à varier vers des valeurs inférieures.

A partir de l'extrémité de la troisième chicane, la recirculation du fluide est orientée vers la demi-partie inférieure du capteur et atteint la valeur de 20.3m/s pour le capteur à chicane simple et 18.8m/s pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées.

La vitesse maximale à la sortie du capteur à chicanes simple est de 20.3m/s, elle est de 22.3m/s pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées.



**Fig. III.15** Vitesse pour  $v = 3.9 \text{ m/s}$

- a) Contour des vitesses pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour des vitesses pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs des vitesses pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs des vitesses pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

Les profils des (figures III.16) de la vitesse montrent le ralentissement de l'écoulement d'air pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées par rapport au capteur à chicane simple pour les différents points  $x=0.3\text{m}$ ,  $x=0.4\text{m}$ ,  $x=0.6\text{m}$ ,  $x=0.8\text{m}$  à partir des extrémités des chicanes pour une certaine position de  $y$ , (figure III.16.b ; III.16.c ; III.16.d ; III.16.e).

Pour le profil de vitesse de la (figure III.16.a) à  $x=0.2m$  pour la position  $y>0.1m$ , la vitesse du fluide caloporteur pour le capteur à chicane simple est inférieure par rapport au capteur à chicanes avec barrettes.

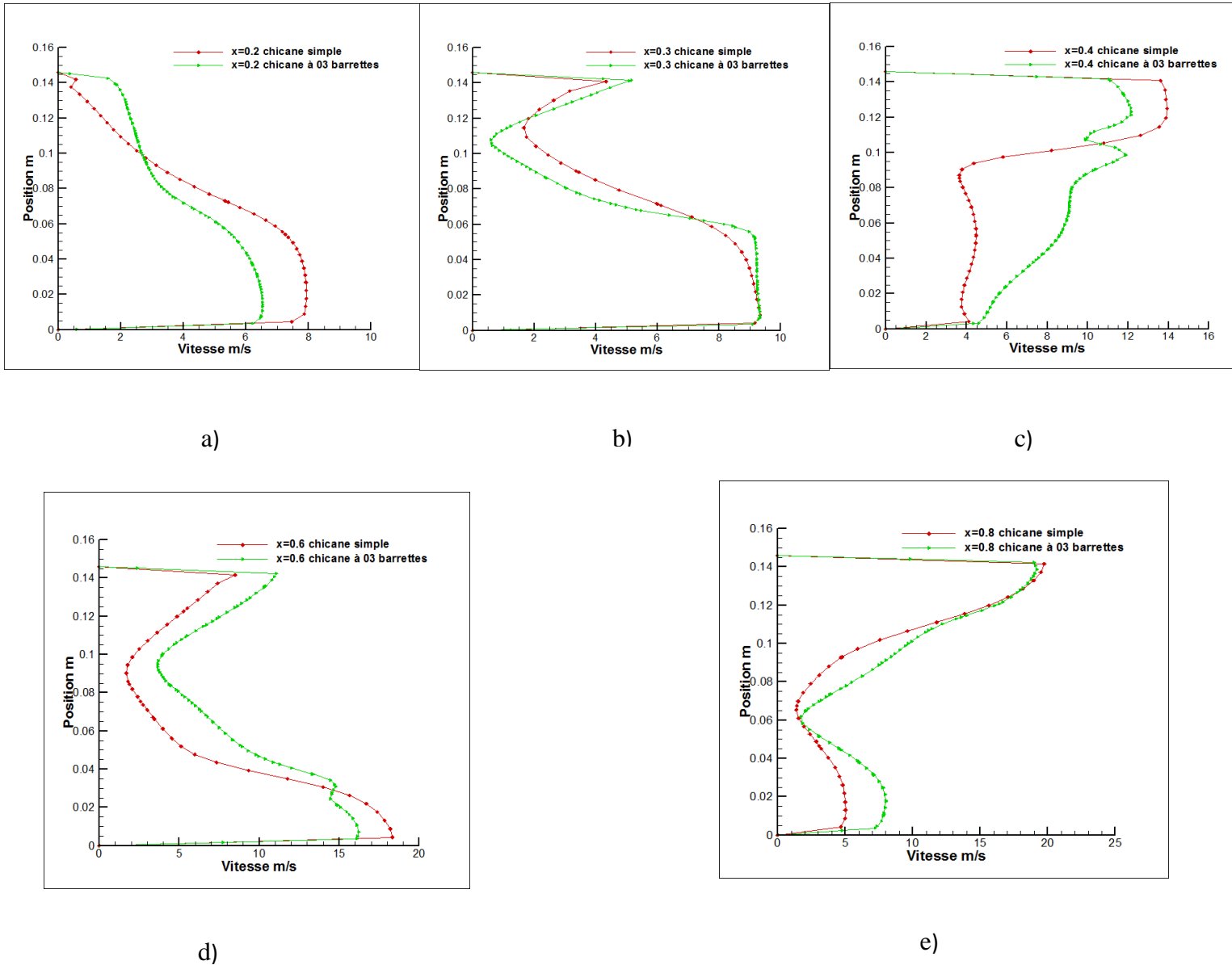
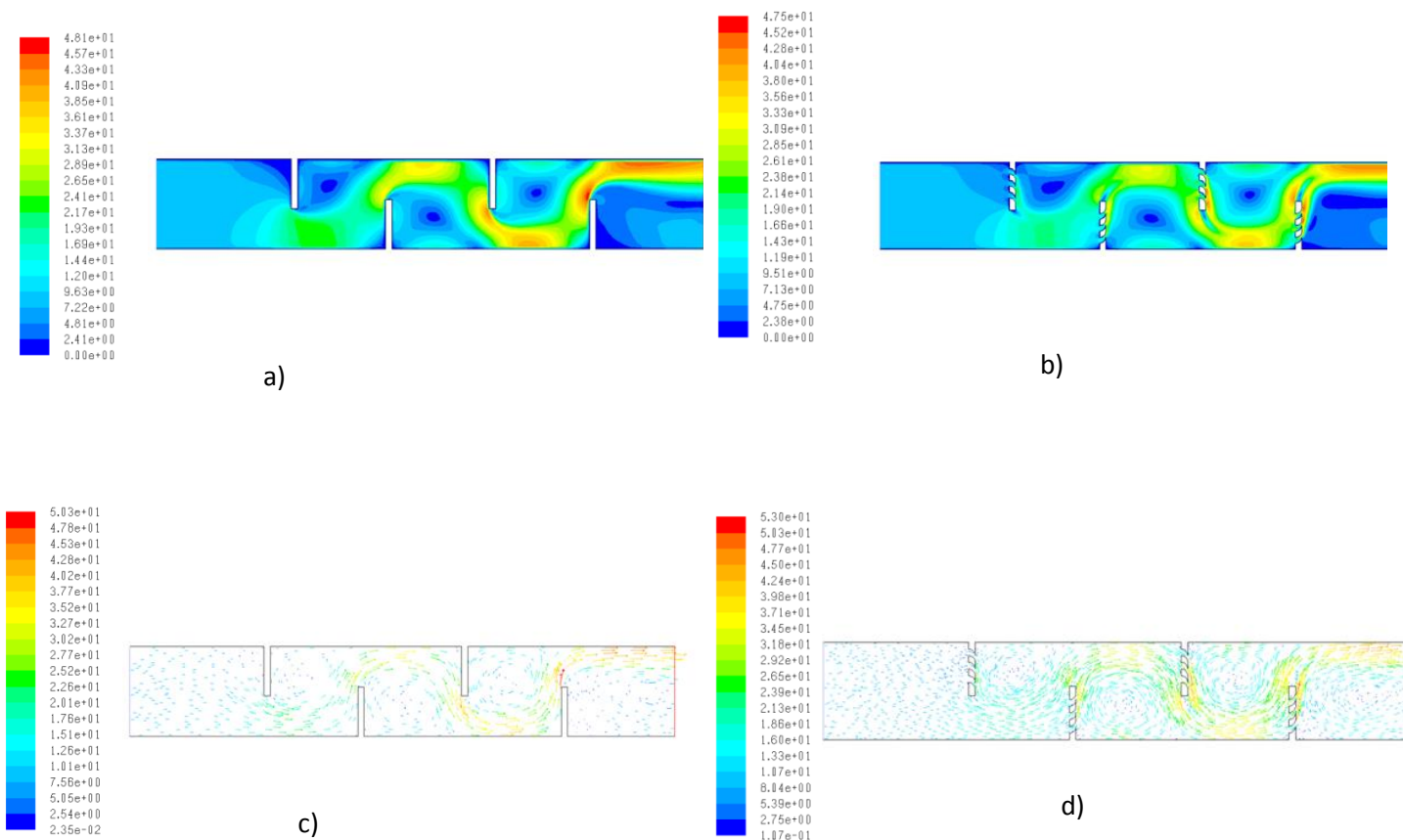


Fig.III.16 Profils de la vitesse pour  $v = 3.9m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8\text{m/s}$** 

Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 7.8\text{m/s}$ , le développement du champ de la vitesse à partir de l'extrémité de la première chicane prendra la valeur de  $21.7\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes simple et de  $21.4\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées (figure III.17). De l'extrémité de la deuxième chicane vers la demi-partie supérieure du capteur, la recirculation du fluide atteint une vitesse de  $33.3\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées par rapport au capteur à chicane simple dont la valeur atteint  $33.7\text{m/s}$ . A partir de l'extrémité de la troisième chicane, la recirculation du fluide est orientée vers la demi-partie inférieure du capteur et atteint la valeur de  $40.9\text{m/s}$  pour le capteur à chicane simple et  $38\text{m/s}$  pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées. La vitesse maximale à la sortie du capteur à chicanes simple est de  $40.9\text{m/s}$ , elle est de  $45.1\text{m/s}$  pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées.



**Fig.III.17** Vitesse pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour des vitesses pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour des vitesses pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs des vitesses transversales pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs des vitesses transversales pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

L'augmentation de la vitesse d'entrée du fluide caloporteur à  $v = 7.8\text{m/s}$ (figureIII.18) conduit à l'augmentation de l'intensité de la vitesse au niveau des différents points de l'écoulement des deux modèles de capteurs.

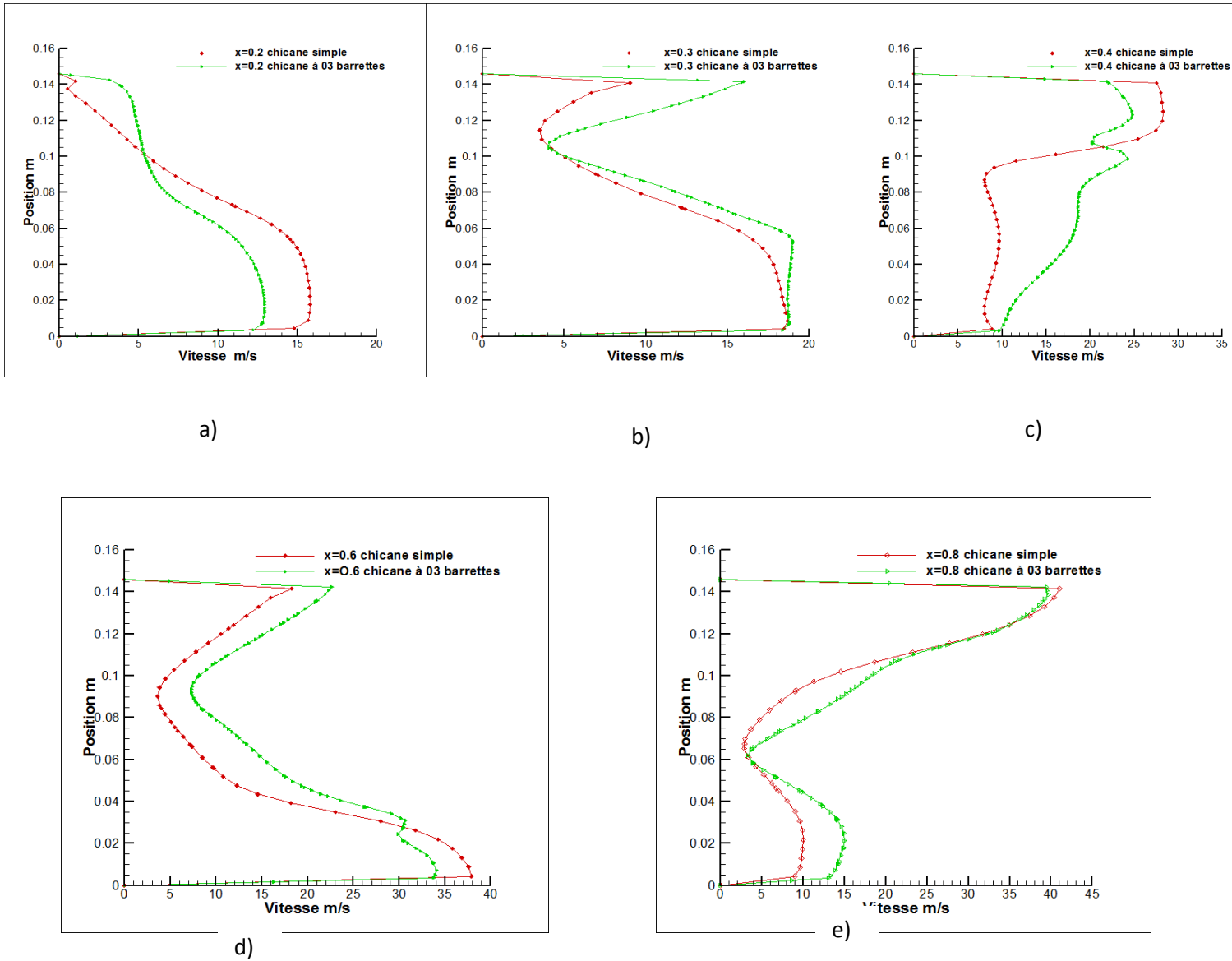


Fig.III.18 Profils de la vitesse pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$



**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$** 

Les valeurs du champ de la vitesse continuent à augmenter pour les deux modèles de capteur pour une vitesse d'entrée d'air dans le capteur  $v = 11.7$ , (figure III.19a ; III.19.b ; III.19.c).

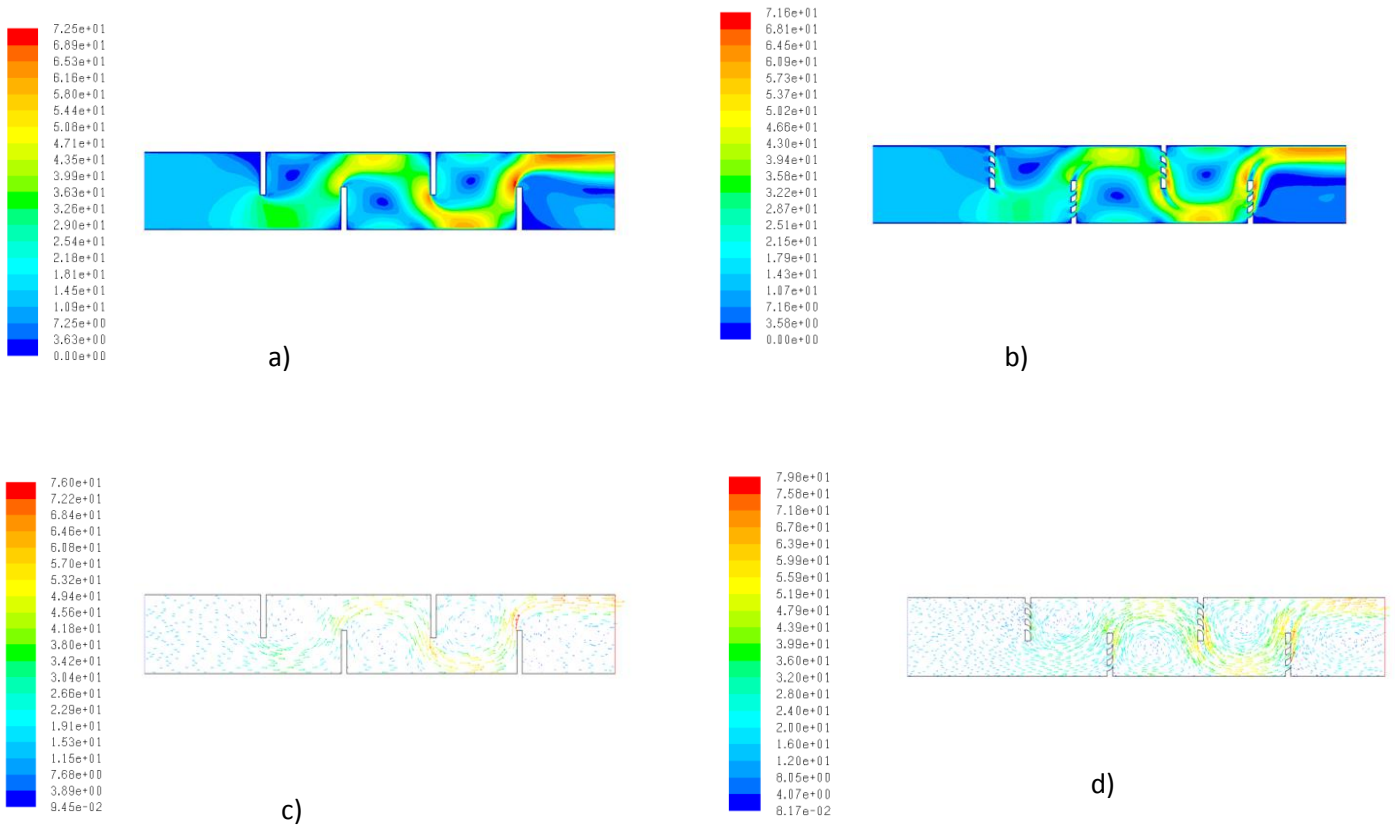


Fig.III.19 Vitesse pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

Les profils des (figures III.20.a ; III.20.b ; III.20.d et III.20.e) montre l'évolution de la vitesse pour le capteur à chicanes simple et le capteur à chicanes avec barrettes pour une certaine position de  $y$  à  $x = 0.2\text{m}$ ,  $x = 0.3\text{m}$ ,  $x = 0.4\text{m}$ ,  $x = 0.6\text{m}$ ,  $x = 0.8\text{m}$  pour une vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$  du fluide caloporteur.



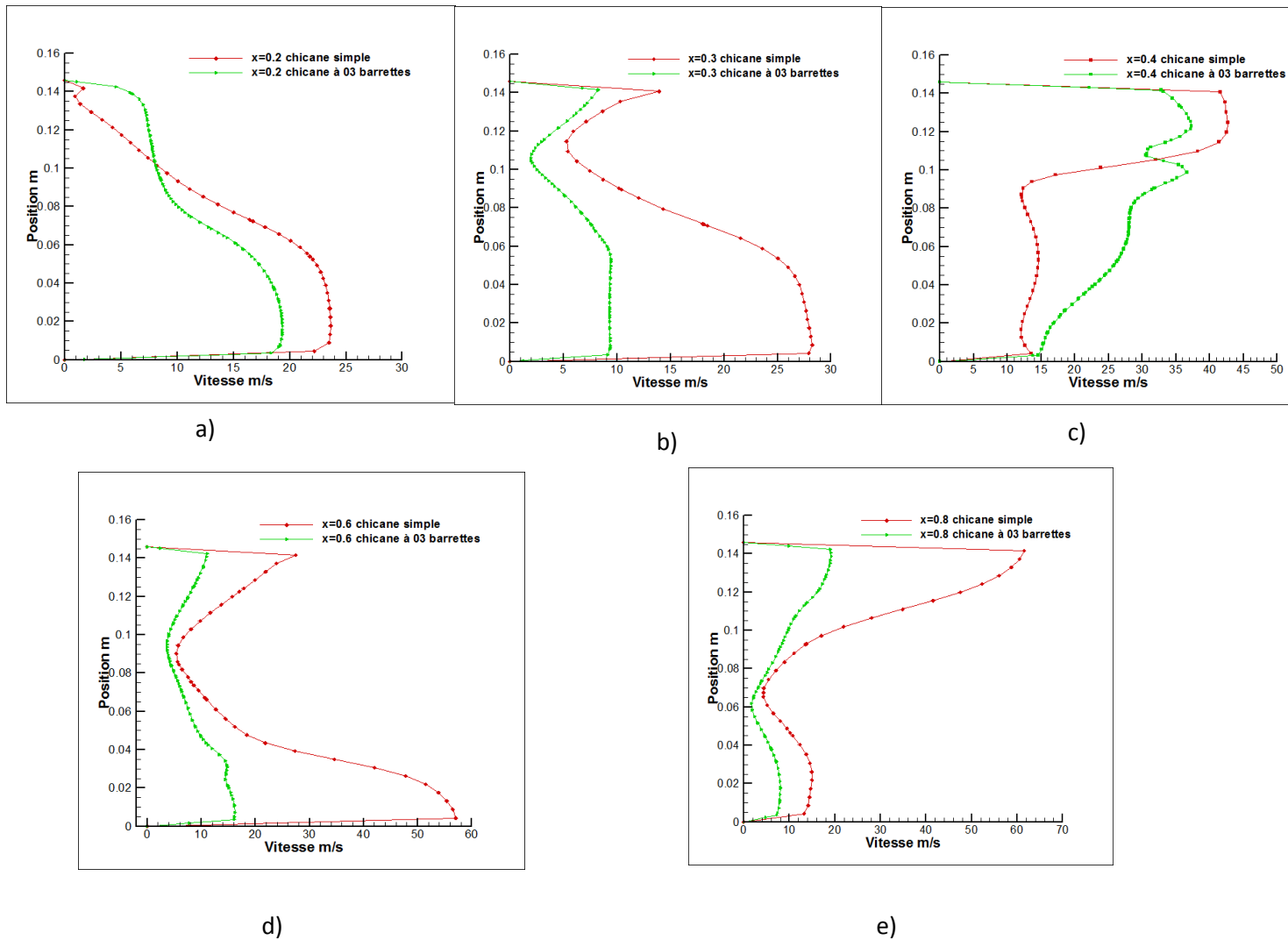


Fig.III.20 Profiles de la vitesse pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

### 5) Coefficient de pression

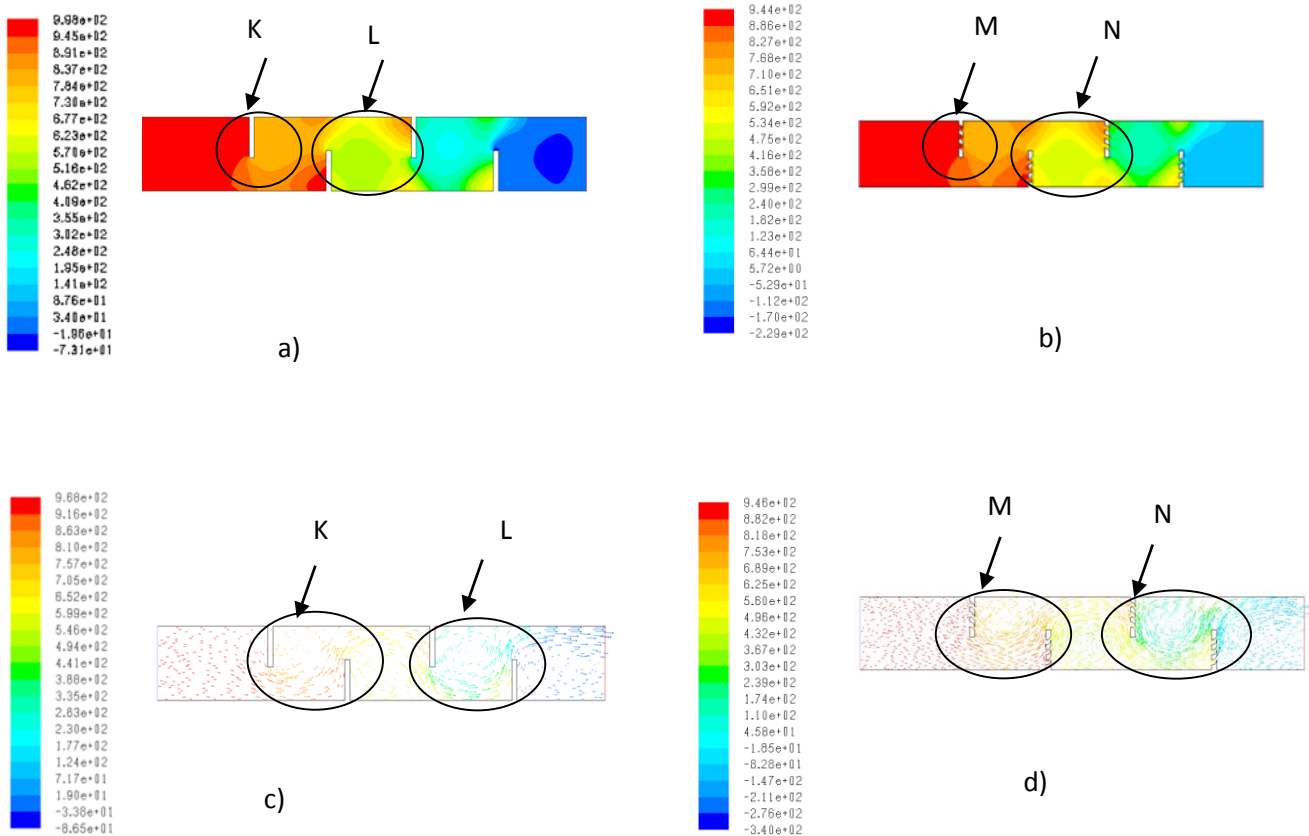
#### -Vitesse d'entrée $v = 3.9\text{m/s}$

-la valeur du coefficient de pression en aval de la première chicane du capteur avec chicane simple est de 784 (zone : K), (figure III.21.a), elle est de 705 pour le capteur à chicane avec barrettes, zone : M, (figure III.21.b).

-En face de l'extrémité de la deuxième chicane au niveau de la paroi supérieure se développe un coefficient de pression jusqu'à 657 pour le capteur à chicane simple zone : K et de 594 pour le capteur à chicane avec barrettes (zone : M).

-En aval de la troisième et quatrième chicanes, il y a diminution du coefficient de pression

-La diminution du coefficient de pression pour le capteur à chicane avec barrettes par rapport au capteur à chicane simple est dû à la libre circulation du fluide au niveau des barrettes, ces coefficients de pression sont les plus élevés pour la vitesse de  $v = 7.8\text{m/s}$  et  $v = 11,7\text{m/s}$ .

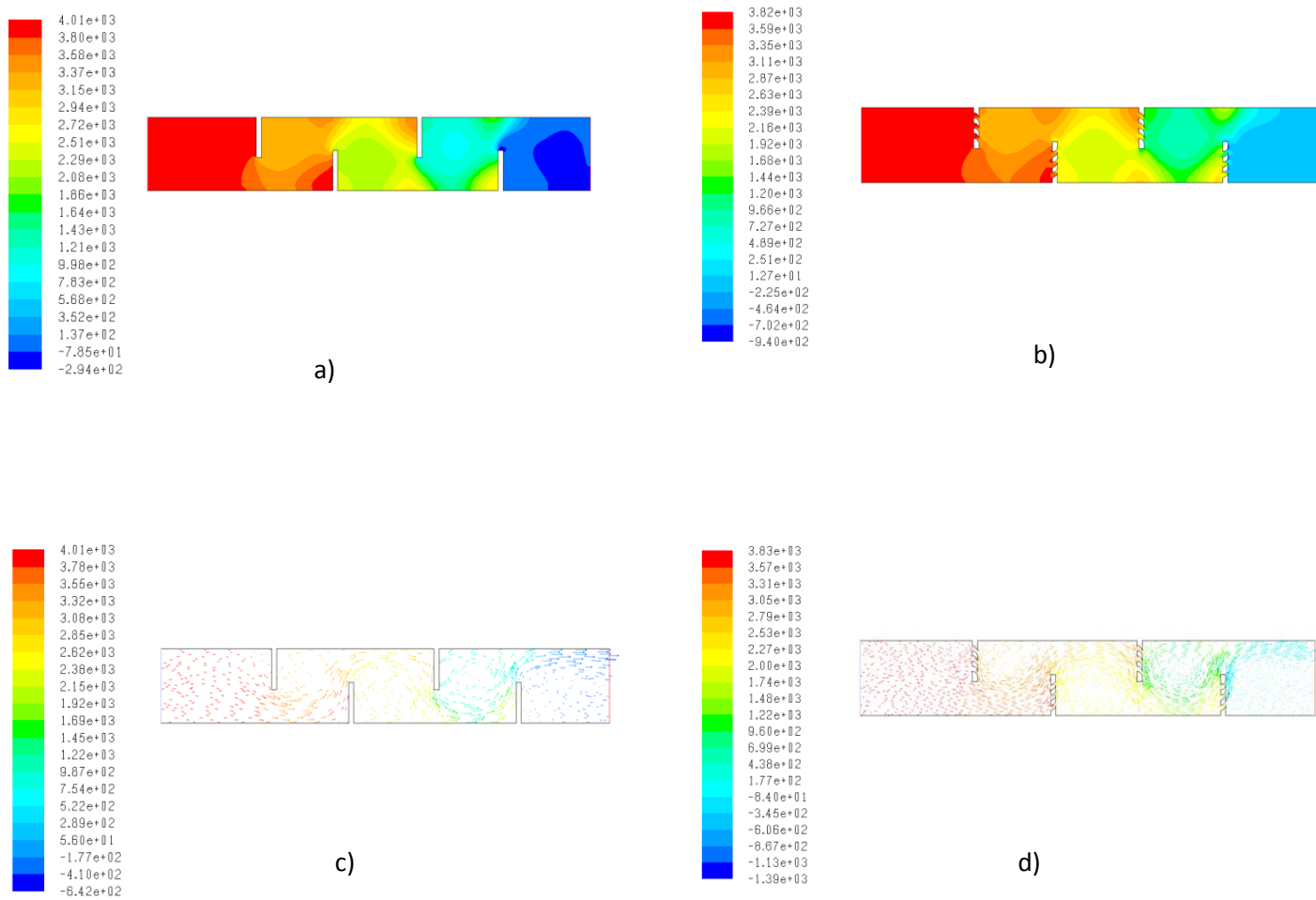


*Fig. III.21 Coefficient de pression pour  $v = 3.9\text{m/s}$*

- a) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane simple*
- b) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes*
- c) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane simple*
- d) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes*

### **-Vitesse d'entrée $v = 7.8\text{m/s}$**

Amélioration importante du coefficient de pression pour les deux modèles de capteurs pour la vitesse d'entrée d'air  $v=7.8\text{m/s}$ (figures III.22.a ; III.22, b et III.22.c).



**Fig. III.22** Coefficient de pression pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

### -Vitesse d'entrée $v = 11.7\text{m/s}$

Amélioration du coefficient de pression par rapport aux deux autres vitesses d'entrées d'air dans le capteur solaire (figures II.23.a ; III.23.b et III.23.c).

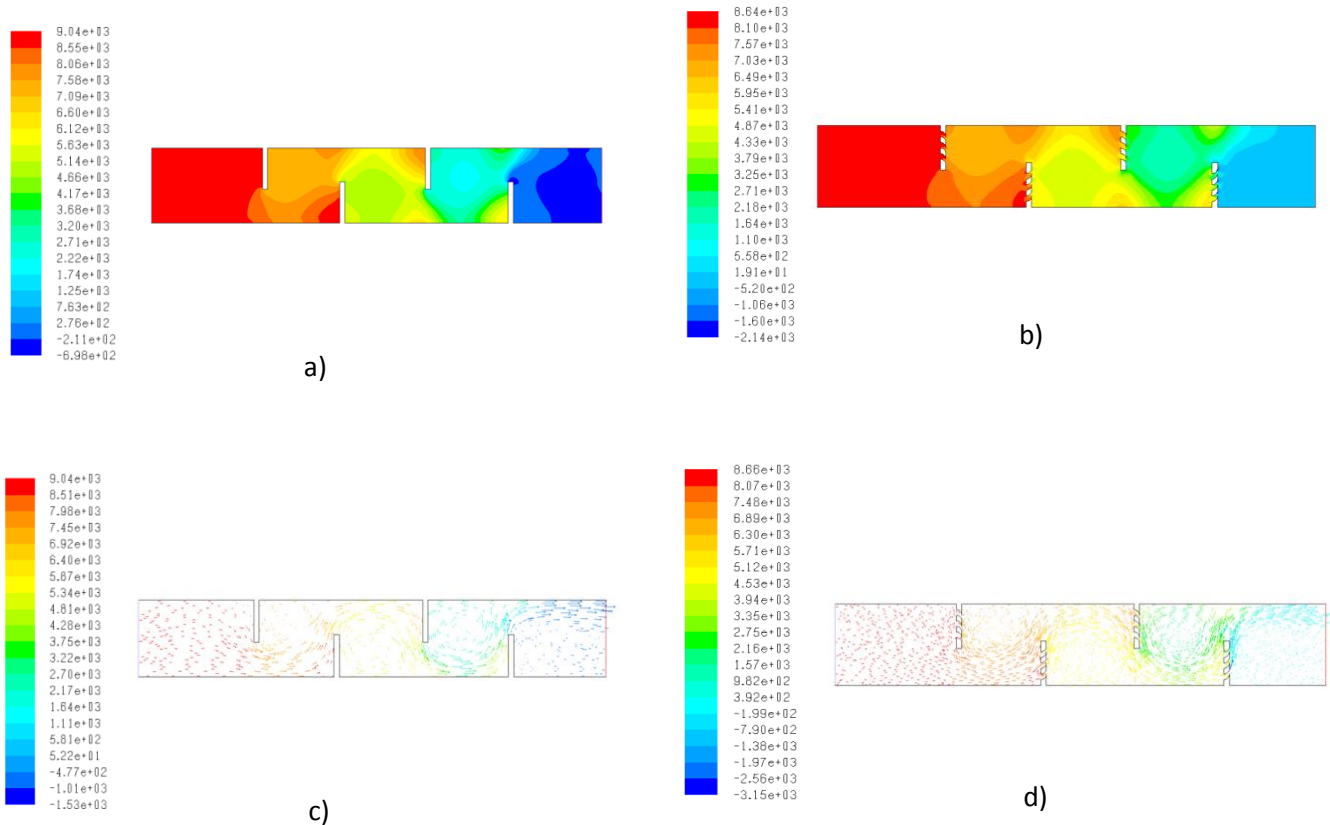


Fig. III.23 Coefficient de pression pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane simple  
 b) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes  
 c) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane simple  
 d) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

## 6) Energie cinétique

### -Vitesse d'entrée $v = 3.9\text{m/s}$

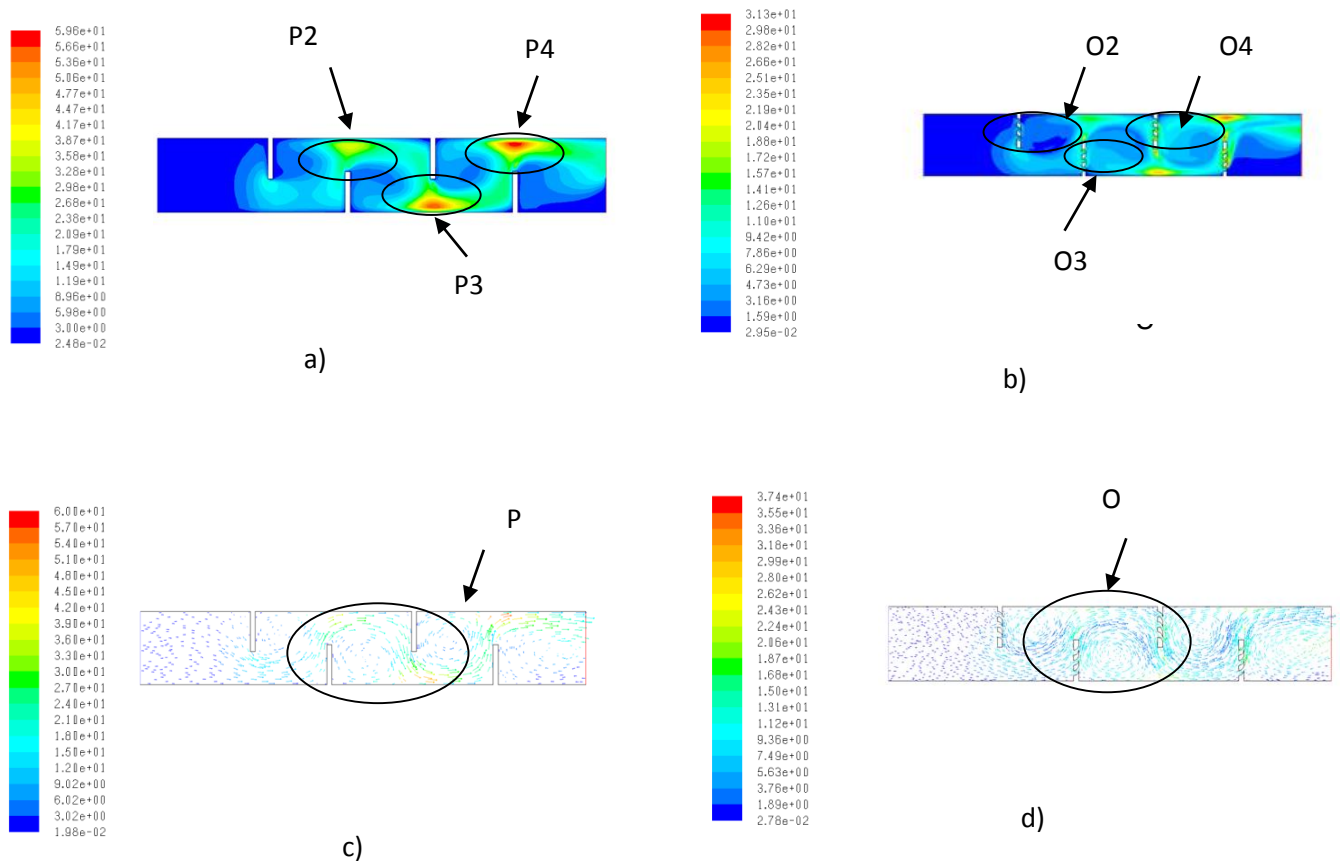
Pour la vitesse  $v = 3.9\text{m/s}$  :

En face de l'extrémité de la deuxième chicane (figure III.24.a), l'énergie cinétique atteint la valeur maximum de  $44.1\text{m}^2/\text{s}^2$  pour le capteur à chicane simple, (zone : P2) et  $21.9\text{m}^2/\text{s}^2$  pour le capteur à chicane avec barrettes, (zone : O2) (figure III.24.b)

-En face de l'extrémité de la troisième chicane, cette énergie atteint la valeur de  $56.5\text{m}^2/\text{s}^2$  pour le capteur à chicane simple (zone : P3) et  $31.2\text{m}^2/\text{s}^2$  pour le capteur à chicane avec barrettes (zone : O3).

-En face de l'extrémité de la quatrième chicane sa valeur arrive à un maximum de  $31.2\text{m}^2/\text{s}^2$  pour le capteur à chicane avec barrettes, (zone : O3) et de  $62.9\text{ m}^2/\text{s}^2$  pour le capteur à chicane simple, (zone : P3).

Plus la vitesse est importante plus l'énergie cinétique est importante.



**Fig. III.24** Energie cinétique pour une vitesse de  $v = 3.9\text{ m/s}$

- a) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

L'énergie cinétique est plus développée pour le capteur à chicane simple par rapport au capteur à chicane avec barrettes, expliqué par le fait de la nature de la géométrie l'obstacle que représente la chicane simple. Cette énergie cinétique est bien remarquée à l'extrémité de la deuxième, troisième et quatrième chicane.

Elle est moins importante pour le capteur à chicane avec barrettes ce qui est bien clair au niveau des différents profils de la (figure III.25).

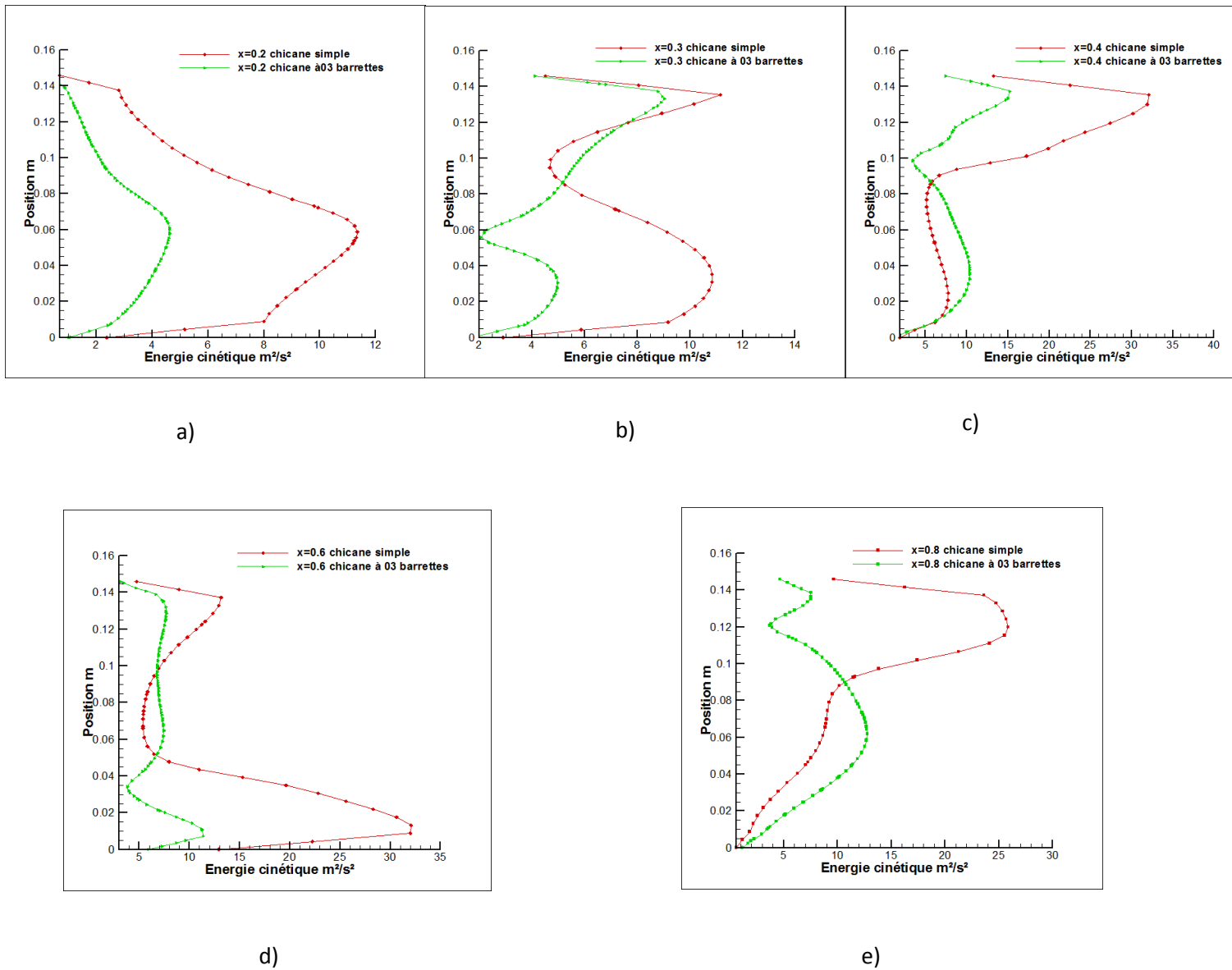
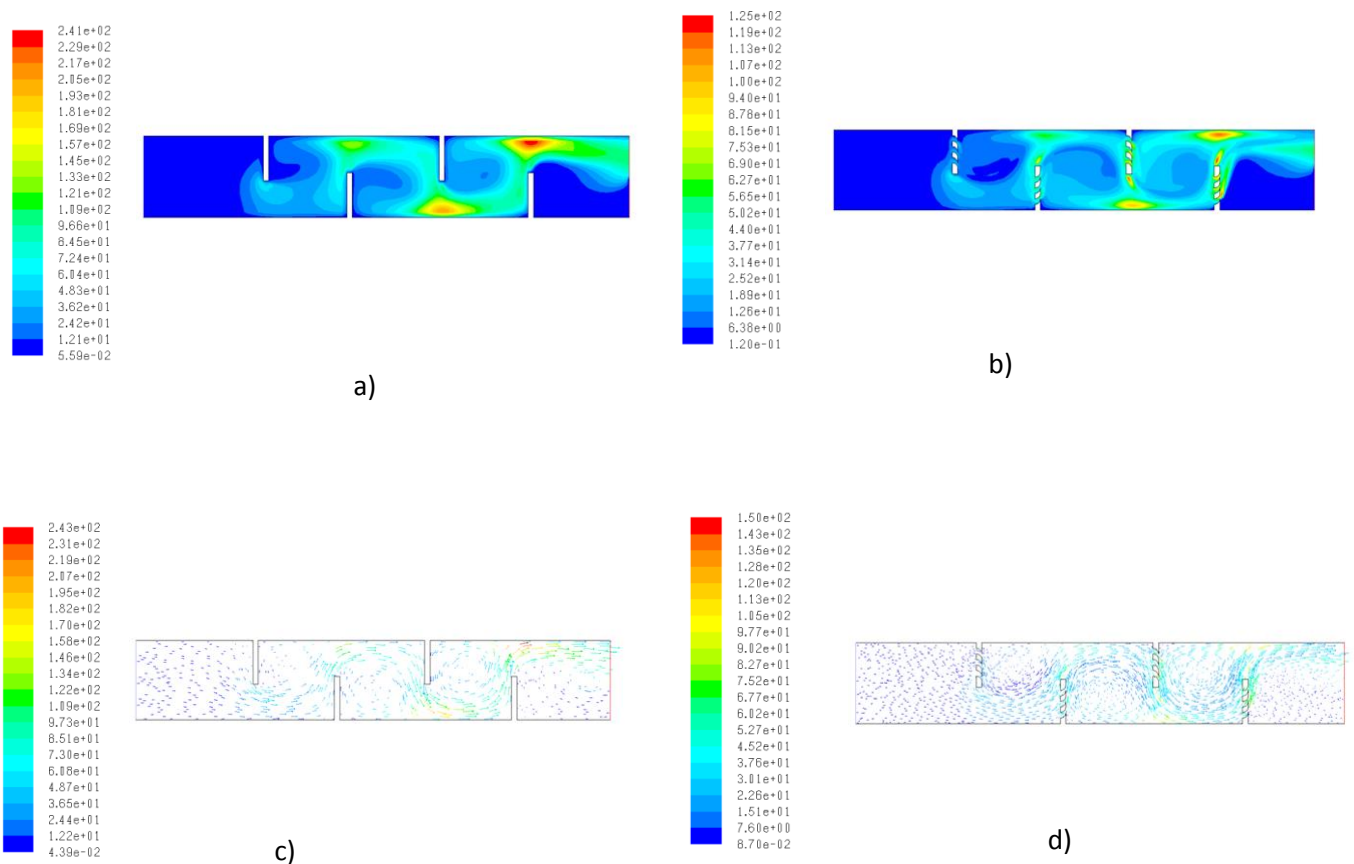


Fig.III.25 Profils de l'énergie cinétique pour  $v=3.9m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8m/s$**

Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 7.8m/s$  dans le capteur, il y a augmentation de la valeur de l'énergie cinétique (figure III.26.a ; III.26.c) pour le capteur à chicane simple et (figure III.26.b ; figureIII.26.d) pour le capteur à chicane avec barrettes.



**Fig. III.26** Energie cinétique pour une vitesse  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

Le développement de l'intensité de l'énergie cinétique pour la vitesse d'entrée d'air  $v = 7.8\text{m/s}$  dans les différents points du champ des vitesses (figure III.27) pour les deux modèles de capteurs.

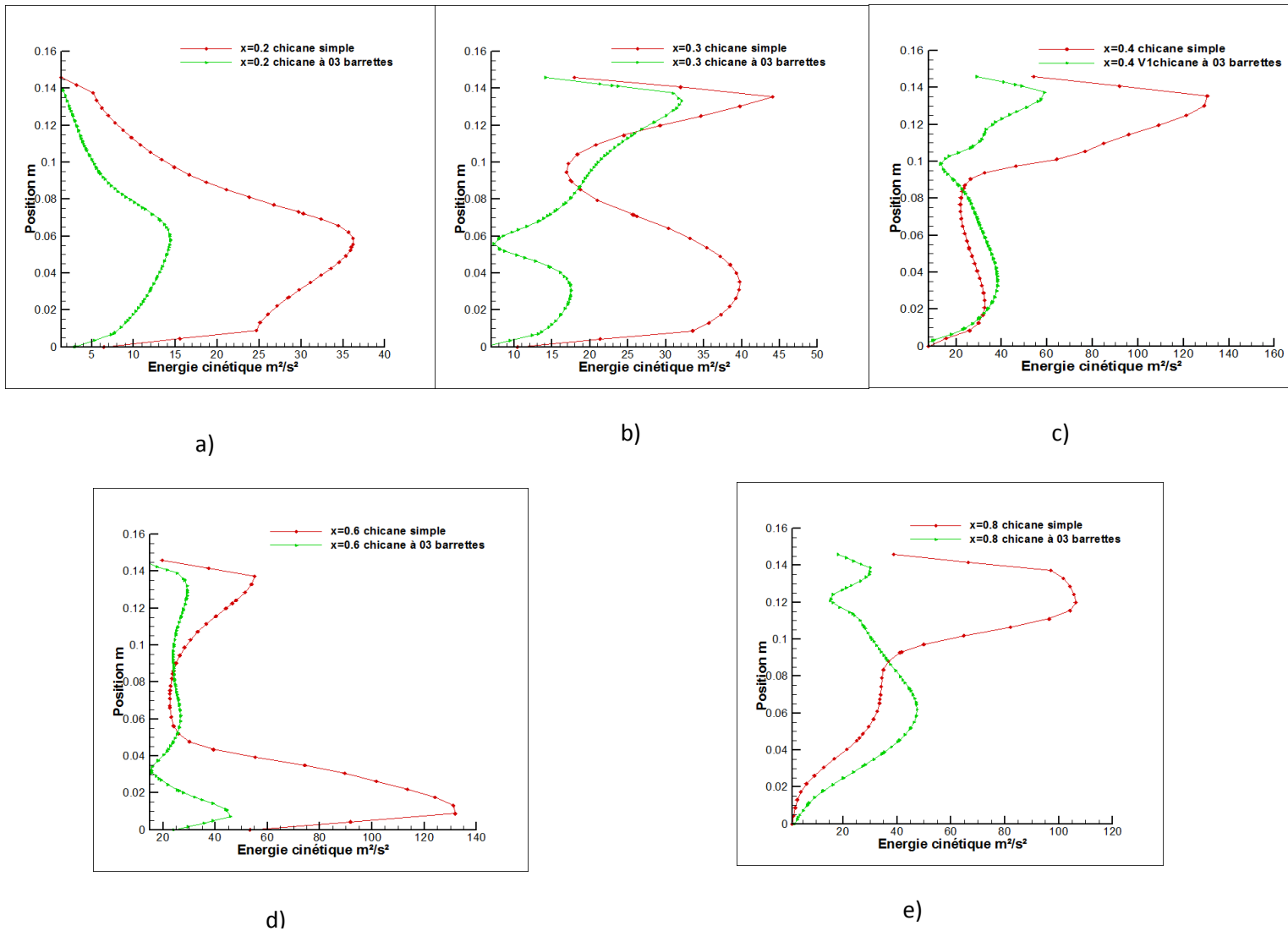


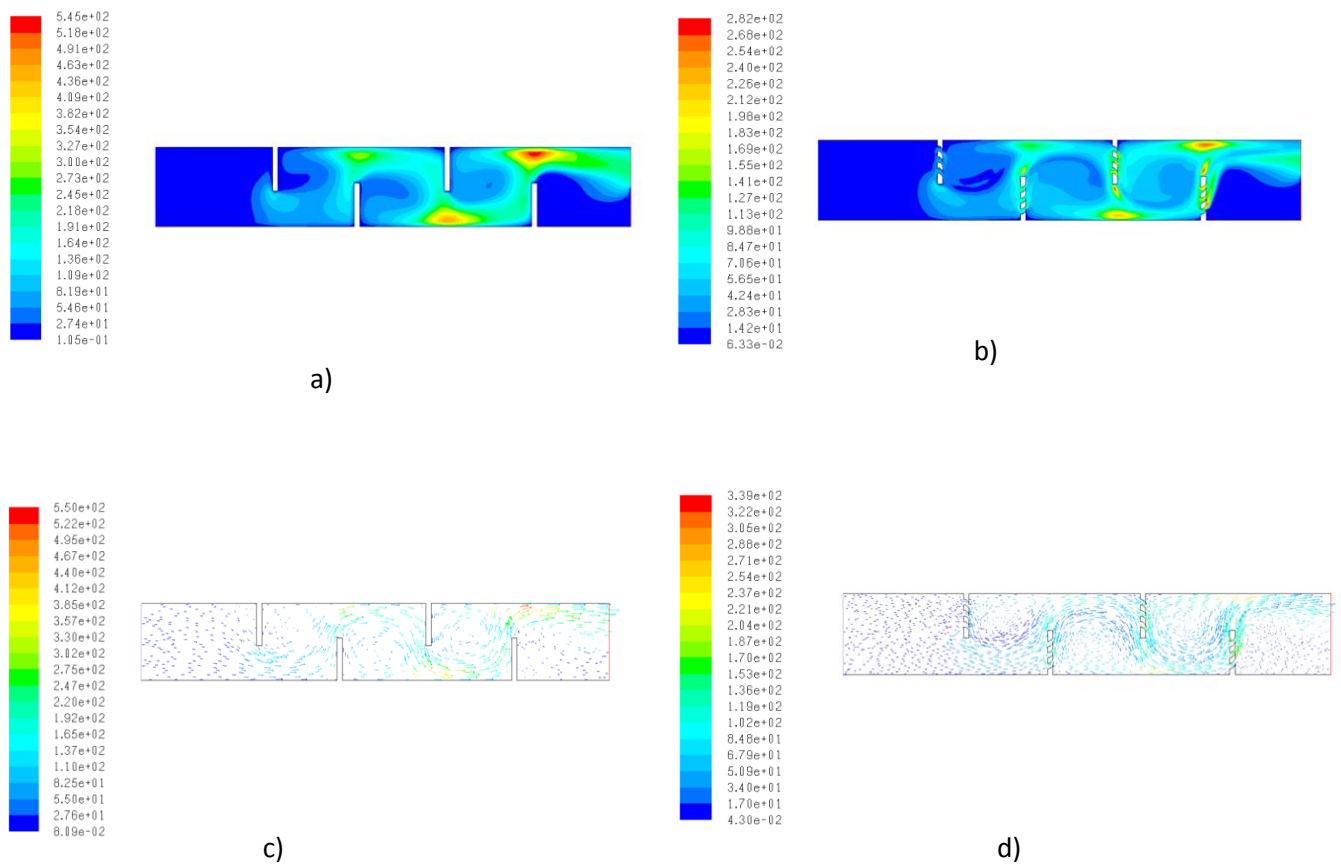
Fig. III.27 Profils de l'énergie cinétique pour une vitesse  $v = 7.8$  m/s

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7$ m/s**

Pour la vitesse d'entrée d'air dans le capteur  $v = 11.7$ m/s l'énergie cinétique continu d'augmenter pour le capteur à chicane simple (figures III.28.a ; III.28.c) et (figures III.28.b ; III.28.d) pour le capteur à chicanes avec barrettes.





**Fig. III.28** Energie cinétique pour une vitesse  $v = 11.7$  m/s

- a) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

Développement de l'intensité de l'énergie cinétique pour les deux modèles de capteurs (figures III.29).

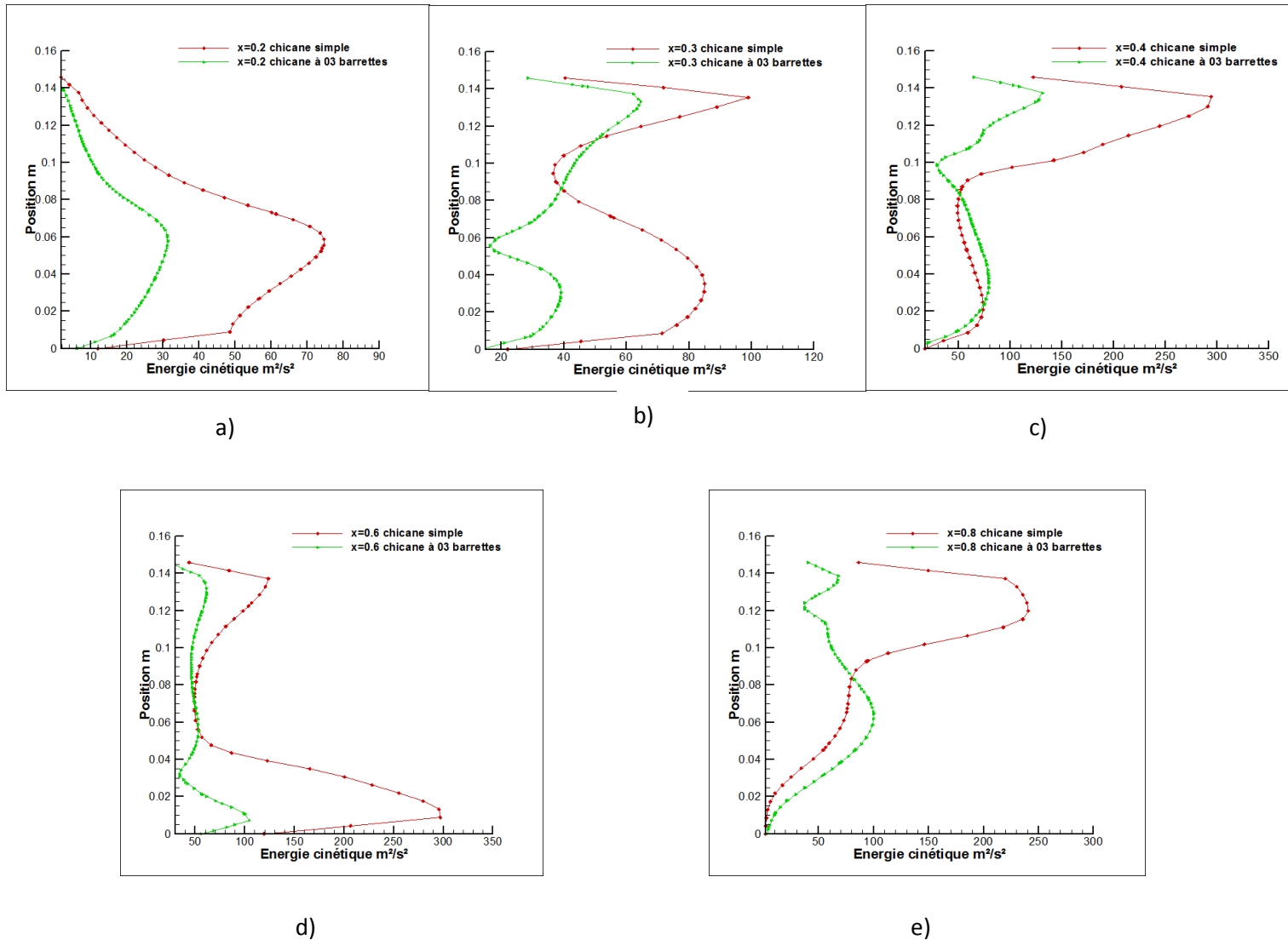


Fig. III.29 Profils de l'énergie cinétique pour une vitesse  $v = 11.7 \text{ m/s}$

- a) à  $x = 0.2 \text{ m}$
- b) à  $x = 0.3 \text{ m}$
- c) à  $x = 0.4 \text{ m}$
- d) à  $x = 0.6 \text{ m}$
- e) à  $x = 0.8 \text{ m}$

### 7) Dissipation turbulente

#### -Vitesse d'entrée $v = 3.9 \text{ m/s}$

Pour le capteur à chicane simple la dissipation turbulente est concentrée au niveau des extrémités des chicanes, elle est plus importante, se développant jusqu'à la paroi (figures III.30.a) à une valeur :

- pour la deuxième de  $187 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$ , (zone : Q2)
- pour la troisième de  $328 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$ , (zone : Q3)
- pour la quatrième de  $469 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$ , (zone : Q4)

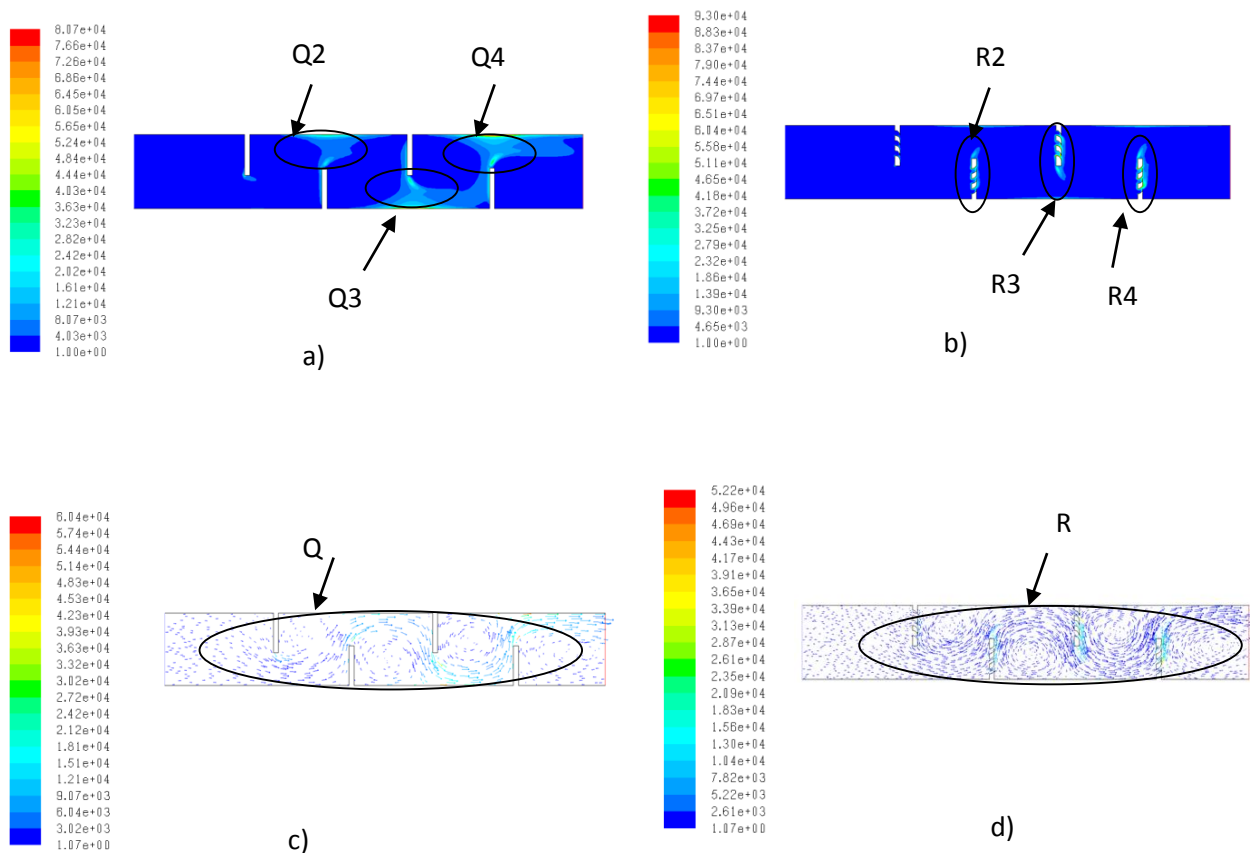
Pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées la dissipation est concentrée seulement au niveau des extrémités et des barrettes perforées des chicanes (figure III.30.a) :

-pour la deuxième chicane, la valeur maximum de la dissipation est de  $502 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$ , au niveau des barrettes perforées et  $301 \cdot 10^2$  à leurs extrémités, (zone : R2).

-pour la troisième chicane, la valeur est de  $904 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  pour les barrettes perforées et de  $402 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$ , à leurs extrémités, (zone : R3)

-pour la quatrième, la valeur est de  $1000 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$ , pour les barrettes perforées et de  $452 \cdot 10^2$  à leurs extrémités, (zone : R4).

Le champ du développement de la dissipation est plus important pour le capteur à chicane simple par rapport au capteur à chicane avec barrettes perforées, profils de la (figure III.30).



**Fig. III.30** Dissipation turbulente pour  $v = 3.9 \text{ m/s}$

- a) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane simple  
 b) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes  
 c) Vecteurs de dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane simple  
 d) Vecteurs de dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

Les profils de la dissipation turbulente de la (figure III.31) montre que celle-ci est importante pour le capteur à chicane avec barrettes.

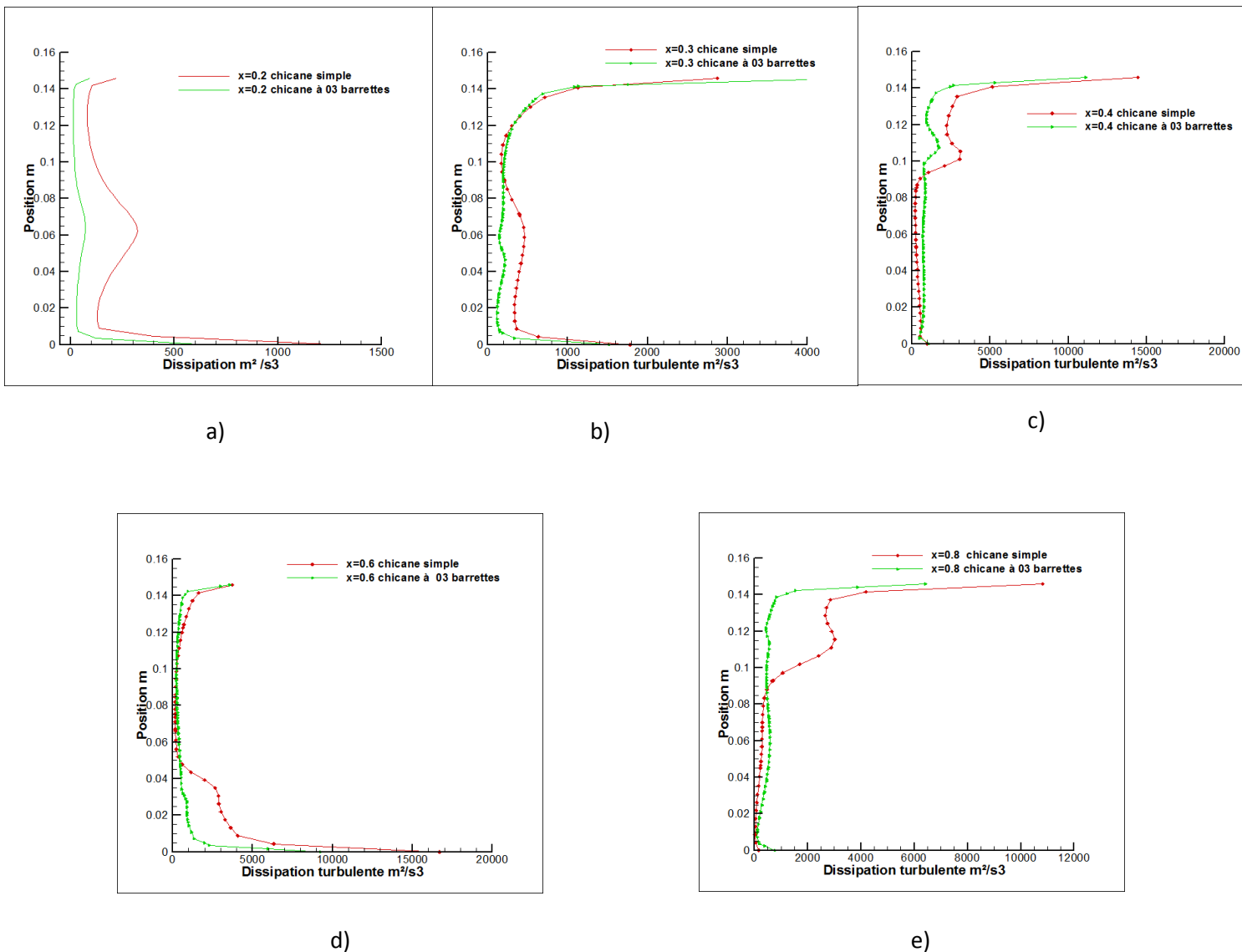


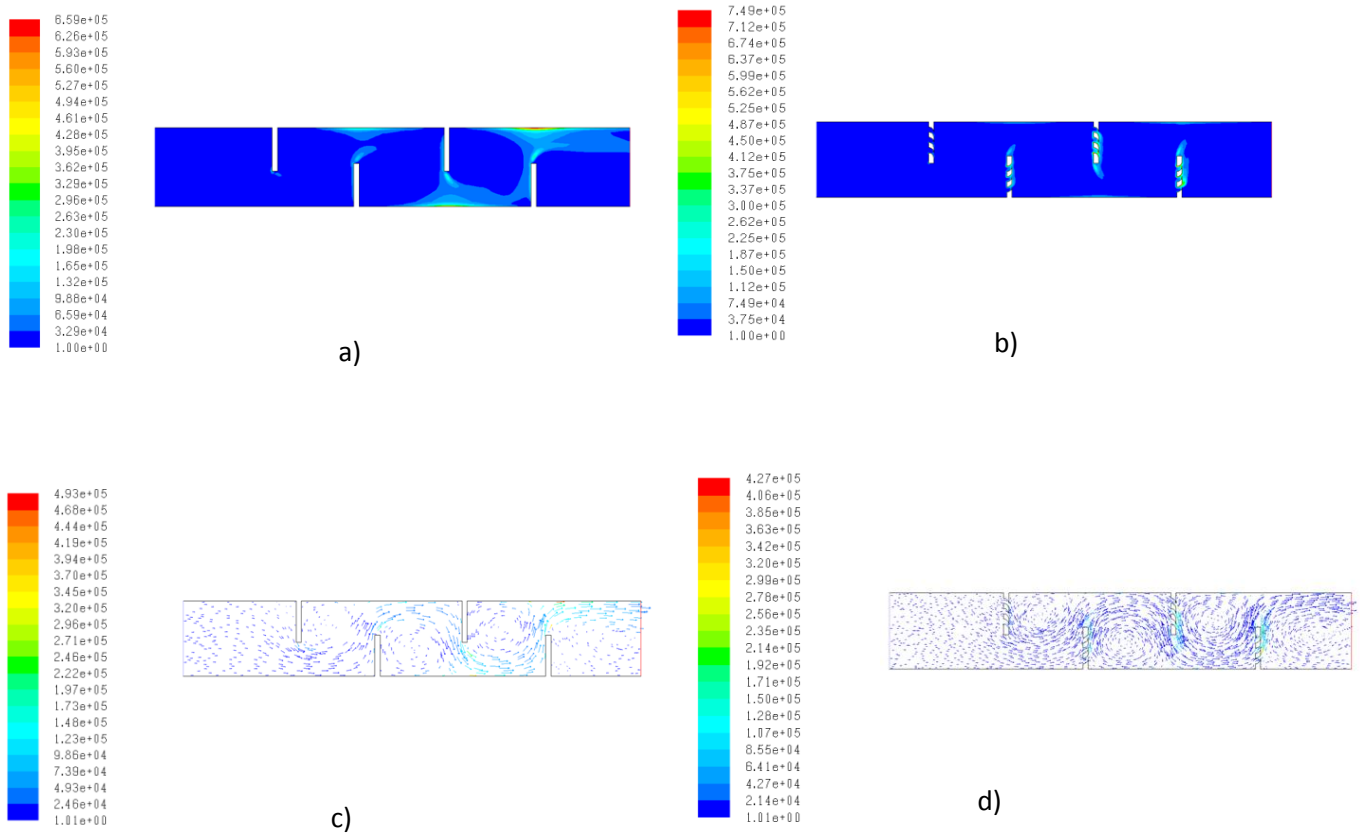
Fig. III.31 Profils de la dissipation turbulente pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

### -Vitesse d'entrée $v = 7.8\text{m/s}$

L'élévation de la vitesse d'entrée d'air à l'entrée des deux modèles de capteur solaire nous laisse observer une diminution de la dissipation turbulente au niveau des extrémités des

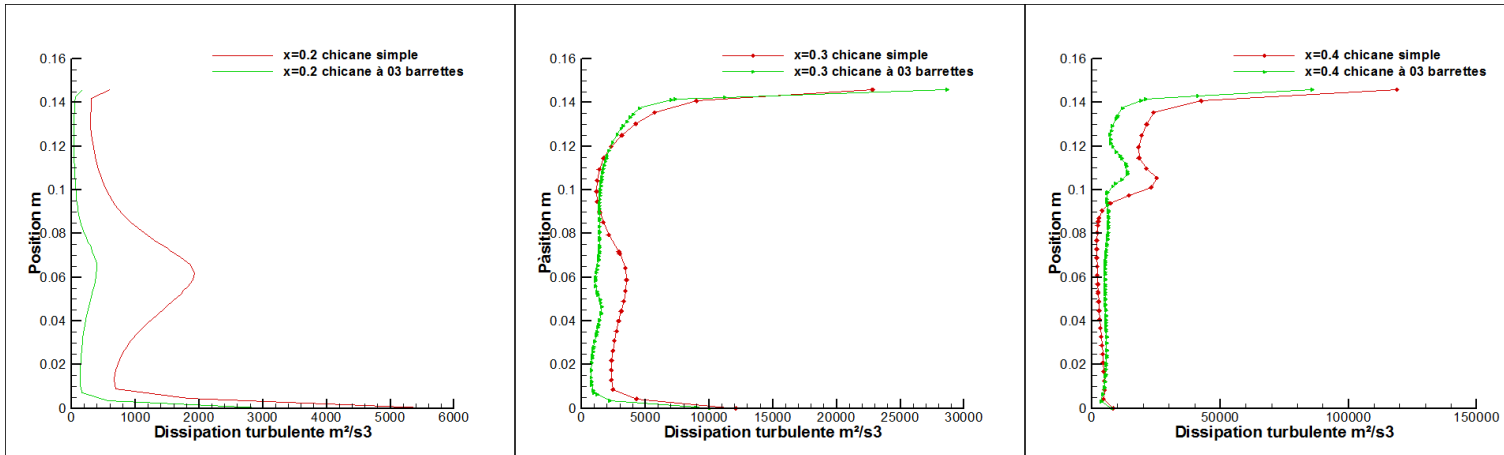
chicanes pour le capteur à chicane simple (figures III.32.a ; III.32.c) et au niveau des barrettes perforées (figures III.32.b ; III.32.d).



**Fig. III.32** Dissipation turbulente pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

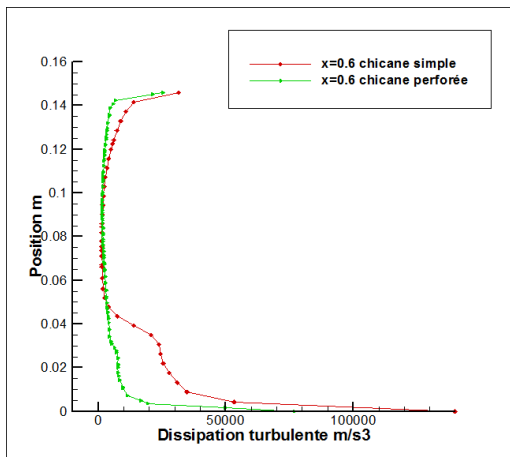
Les profils du taux de dissipation (figure III.33) est supérieur pour le capteur à chicane simple avant et après la première chicane, devenu supérieur pour le capteur à barrettes perforées à la demi-partie inférieure entre  $y = 0\text{m}$  et  $y = 0.85\text{m}$  pour  $x = 0.4\text{m}$  mais à la sortie du capteur la dissipation du capteur avec chicanes à barrettes perforées est presque égale à la dissipation du capteur à chicane simple entre  $y = 0.55\text{m}$  et  $y = 0.15\text{m}$  pour  $x = 0.3\text{m}$ .



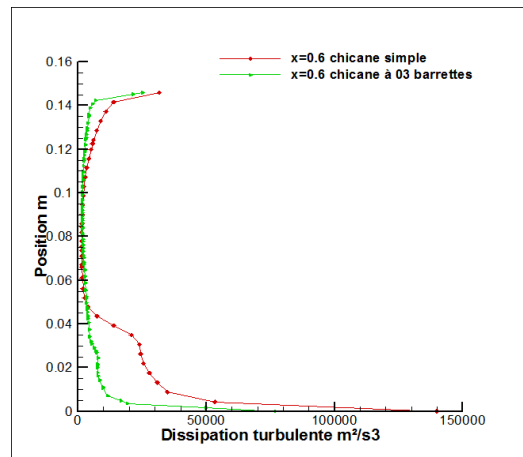
a)

b)

c)



d)



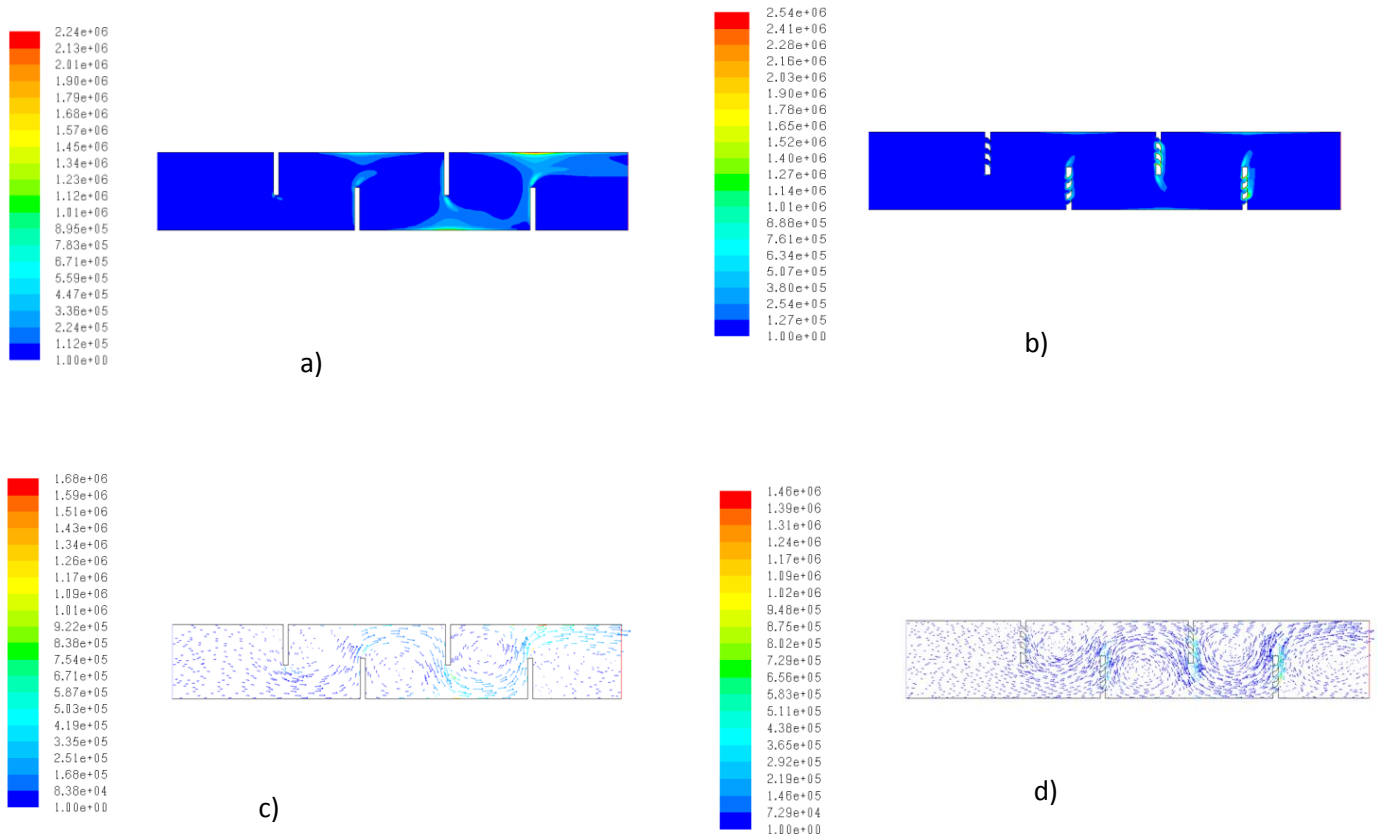
e)

Fig. III.33 Profils de la dissipation turbulente pour  $v = 7.8m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$** 

L'augmentation de la vitesse d'entrée d'air à  $v = 11.7\text{m/s}$  dans le capteur solaire conduit à une diminution de la valeur de la dissipation turbulente par rapport aux deux autres vitesses d'entrée d'air dans le capteur solaire (figure III.34).



*Fig. III.34 Dissipation turbulente pour  $v = 11.7\text{m/s}$*

- a) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane simple*
- b) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes*
- c) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane simple*
- d) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes*

Les profils de la (figure III.35) montrent l'augmentation de la dissipation turbulente pour deux modèles de capteurs.

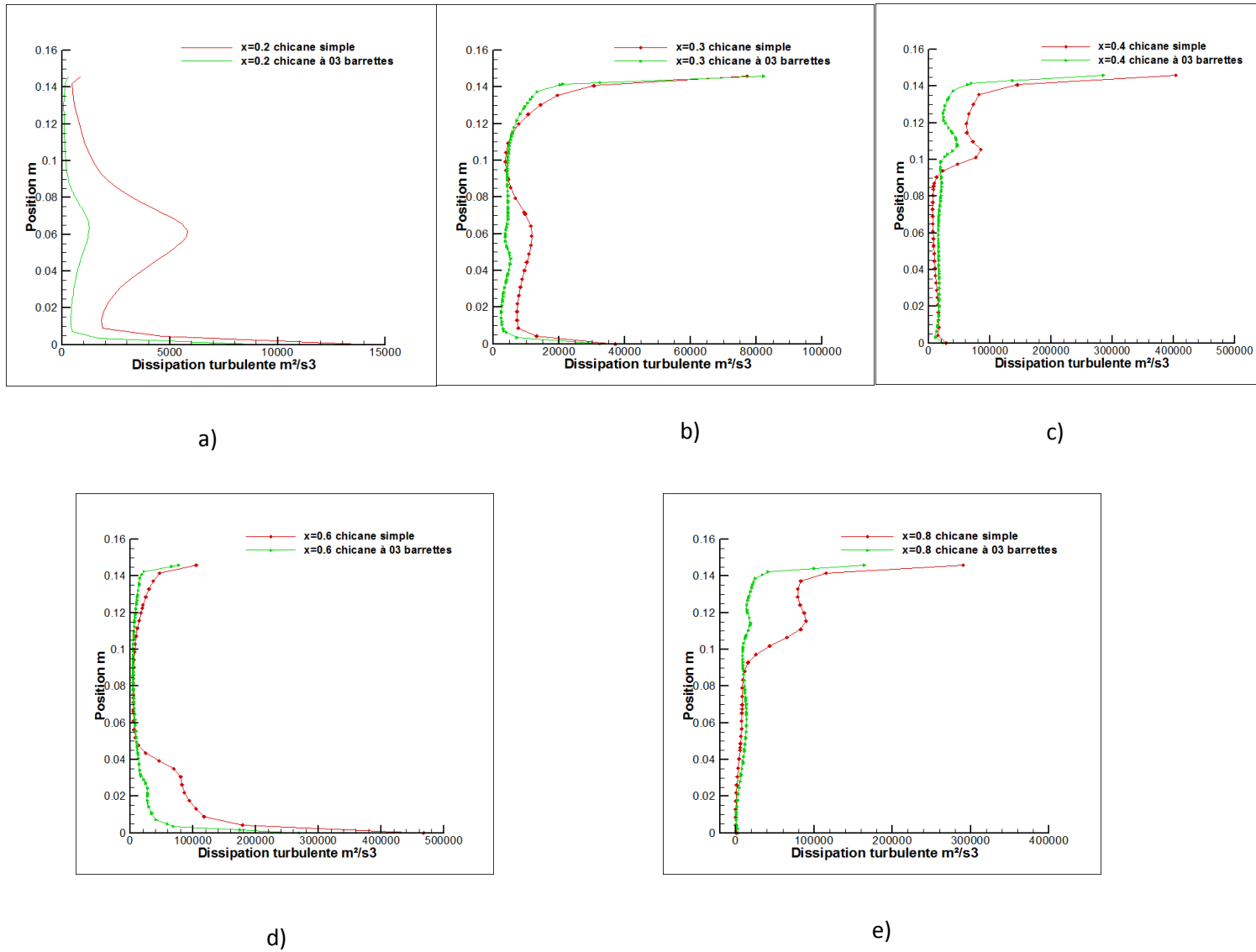


Fig. III.35 Profils de la dissipation turbulente pour  $v = 11.7m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

### 8) Distribution du champ de la température

-Vitesse d'entrée  $v = 3.9m/s$

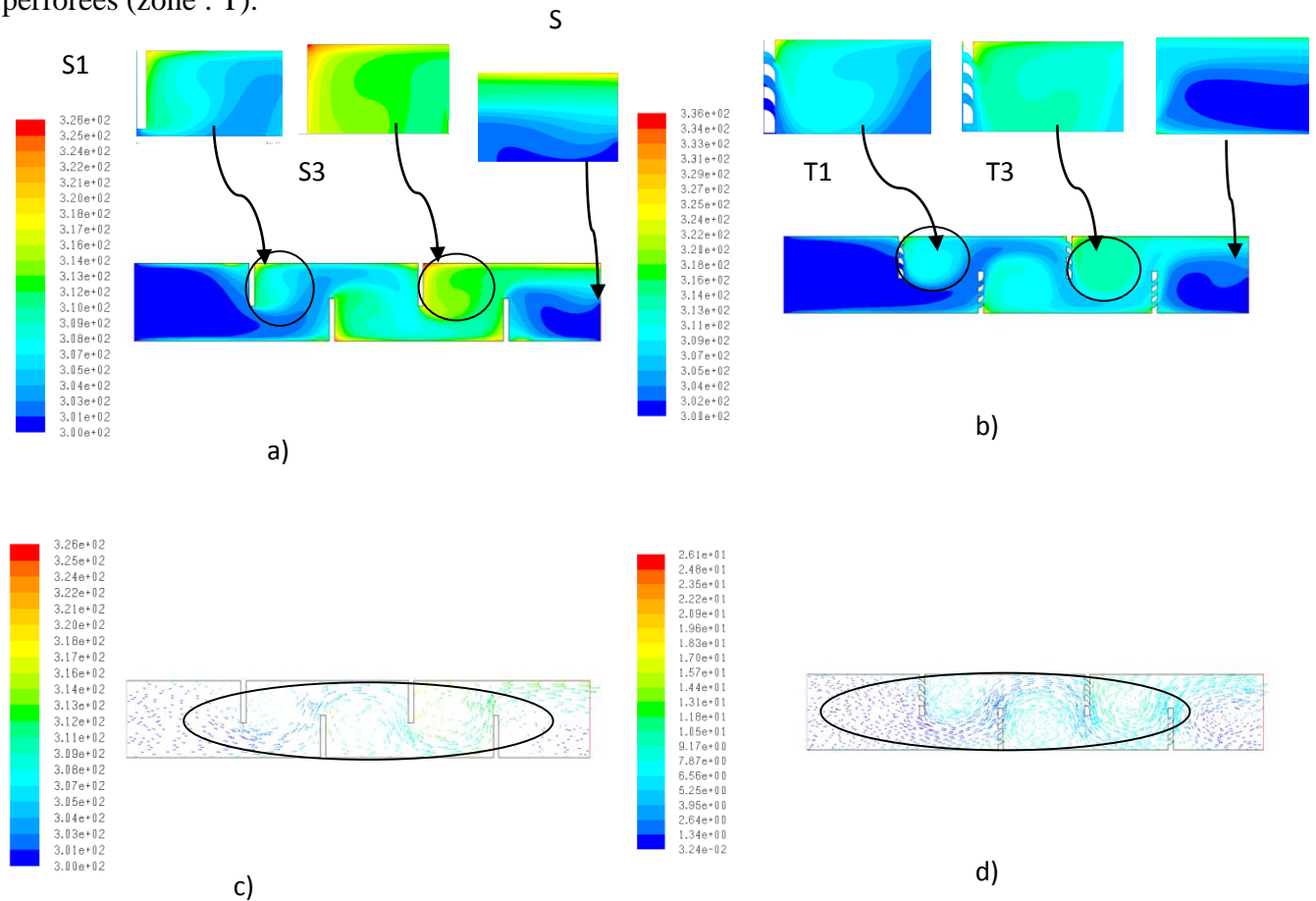
Le blocage du fluide chauffé avant chaque chicane pour le capteur à chicane simple n'est plus remarqué au niveau du capteur à chicane avec barrettes.



En aval de la première chicane la température du fluide caloporteur varié entre 304 K et 325K pour le capteur à chicane simple (figures III.36.a ; III.36.c) (zone : S1), elle varie entre 303K et 336K pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées (figure III.36.b ; III.36.d) (zone : T1).

En aval de la troisième chicane, cette température varie entre 312K et 326K pour le capteur à chicane simple (zone : S3), 307K et 336K pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées (zone : T3), le champ de la température est plus grand pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées.

La température de sortie de fluide est comprise entre 300K et 321K pour le capteur à chicane simple (zone : S) et entre 302K et 318K pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées (zone : T).



**Fig. III.36** Température pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

Le profil de vitesse de la (figure III.37.f) montre que pour une vitesse d'entrée du fluide caloporteur  $v = 3.9\text{m/s}$  à la section  $x = 0.3\text{m}$  suivant la direction transversale la température du capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $302\text{K} < T < 313\text{K}$  par rapport au capteur à chicane simple  $302\text{K} < T < 310\text{K}$ .

Pour la section  $x=0.6m$  (figure III.37.d), la température pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $301 K < T < 317 K$ , celle du capteur à chicane simple  $308 K < T < 318 K$ . Le nombre de points chauffés est supérieur pour le capteur à chicane avec barrettes.

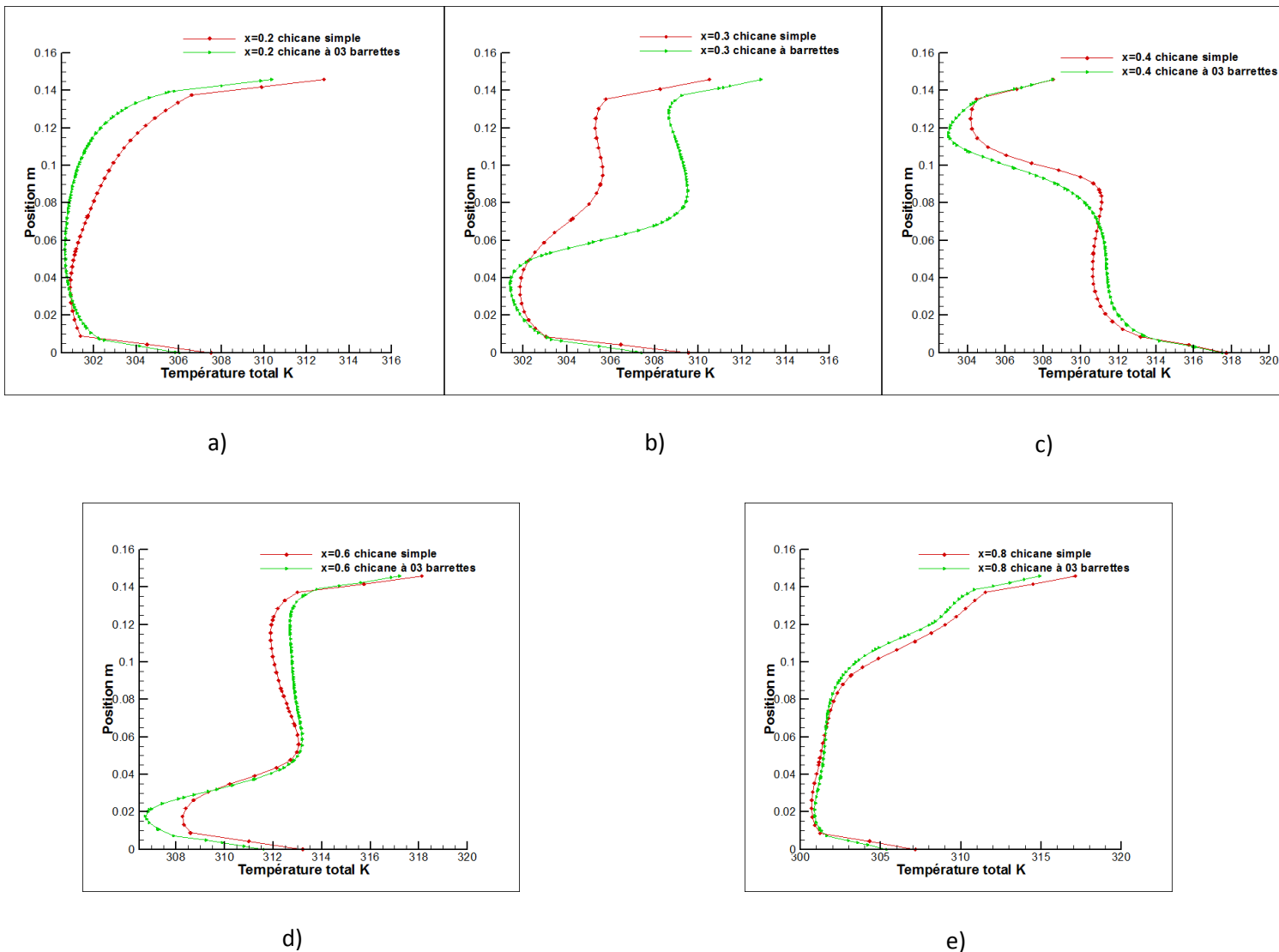


Fig. III.37 Profils de la température pour  $v = 3.9m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

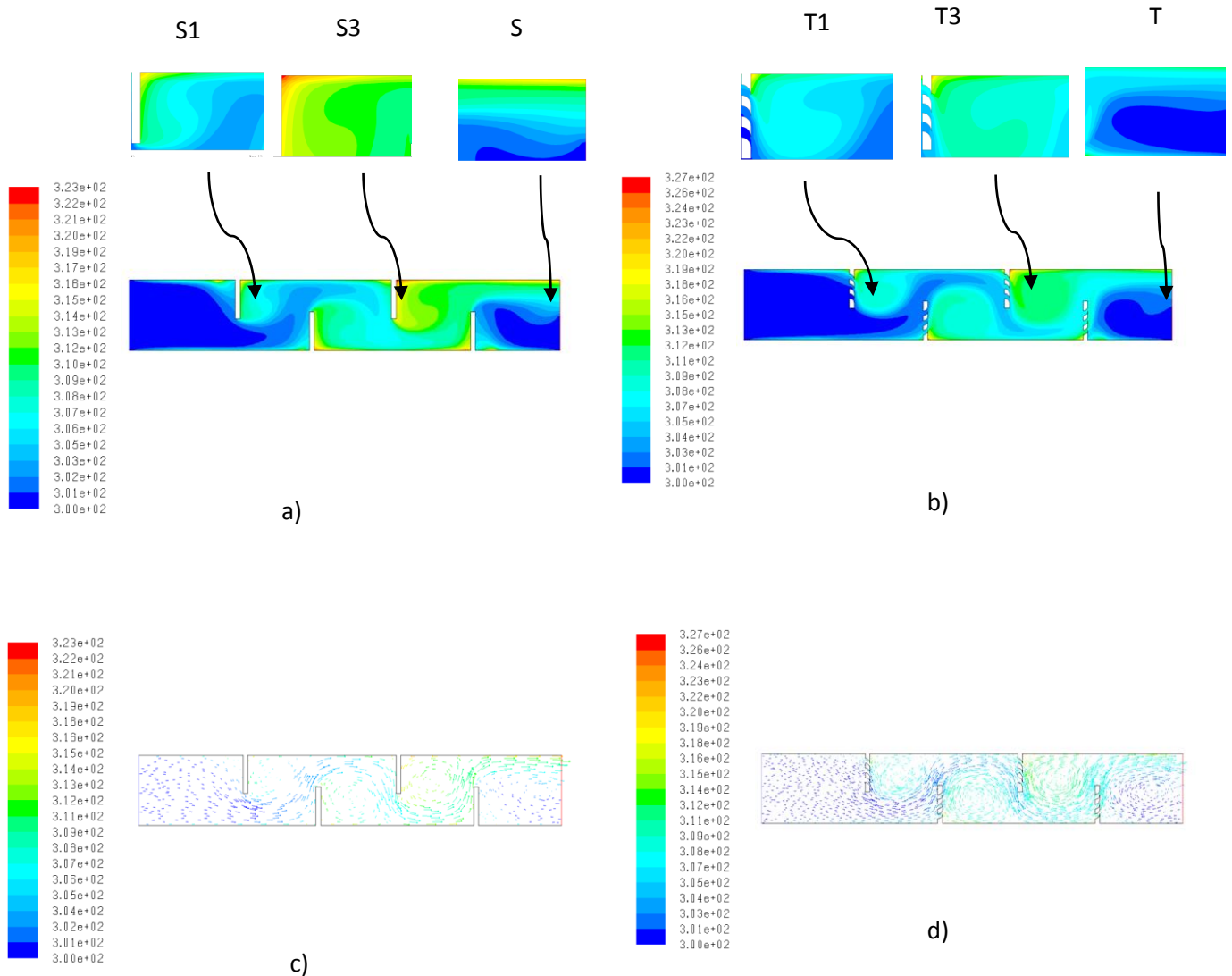
#### **-Vitesse d'entrée $v = 7.8m/s$**

En aval de la première chicane la température du fluide caloporteur varié entre 302K et 332K pour le capteur à chicane simple (figures III.38.a ; III.38.c) (zone : S1), elle varie entre 302K

et 332K pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées (figure III.38.b ; III.38.d) (zone : T1).

En aval de la troisième chicane, cette température varie entre 307K et 332K pour le capteur à chicane simple (zone : S3), 304K et 333K pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées (zone : T3), le champ de température est plus grand pour le capteur à chicane avec barrettes .

La température de sortie de fluide est comprise entre 300 K et 321 K pour le capteur à chicane simple (zone : S) et 302K et 318K pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées (zone : T).



**Fig. III.38** Température pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

Pour la vitesse d'entrée d'air  $v=7.8\text{m/s}$ , les profils de la (figure III.39.b) et de la (figure III.39.d), montre une diminution de la température par rapport aux (figures III.37), cela peut nous permettre de dire que moins la vitesse d'entrée d'air dans le capteur est importante plus le fluide est chauffé.

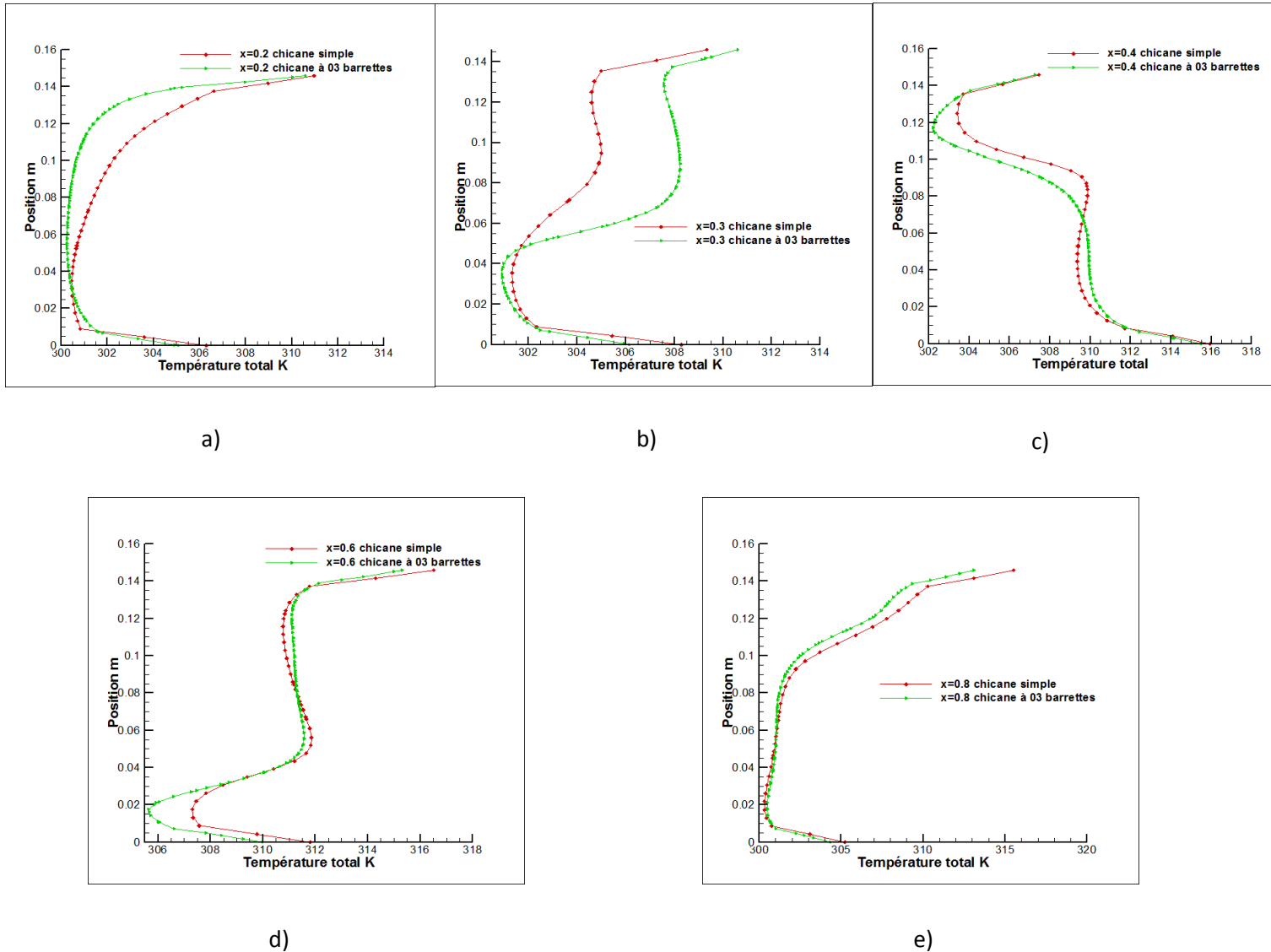


Fig. III.39 Profils de la température pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

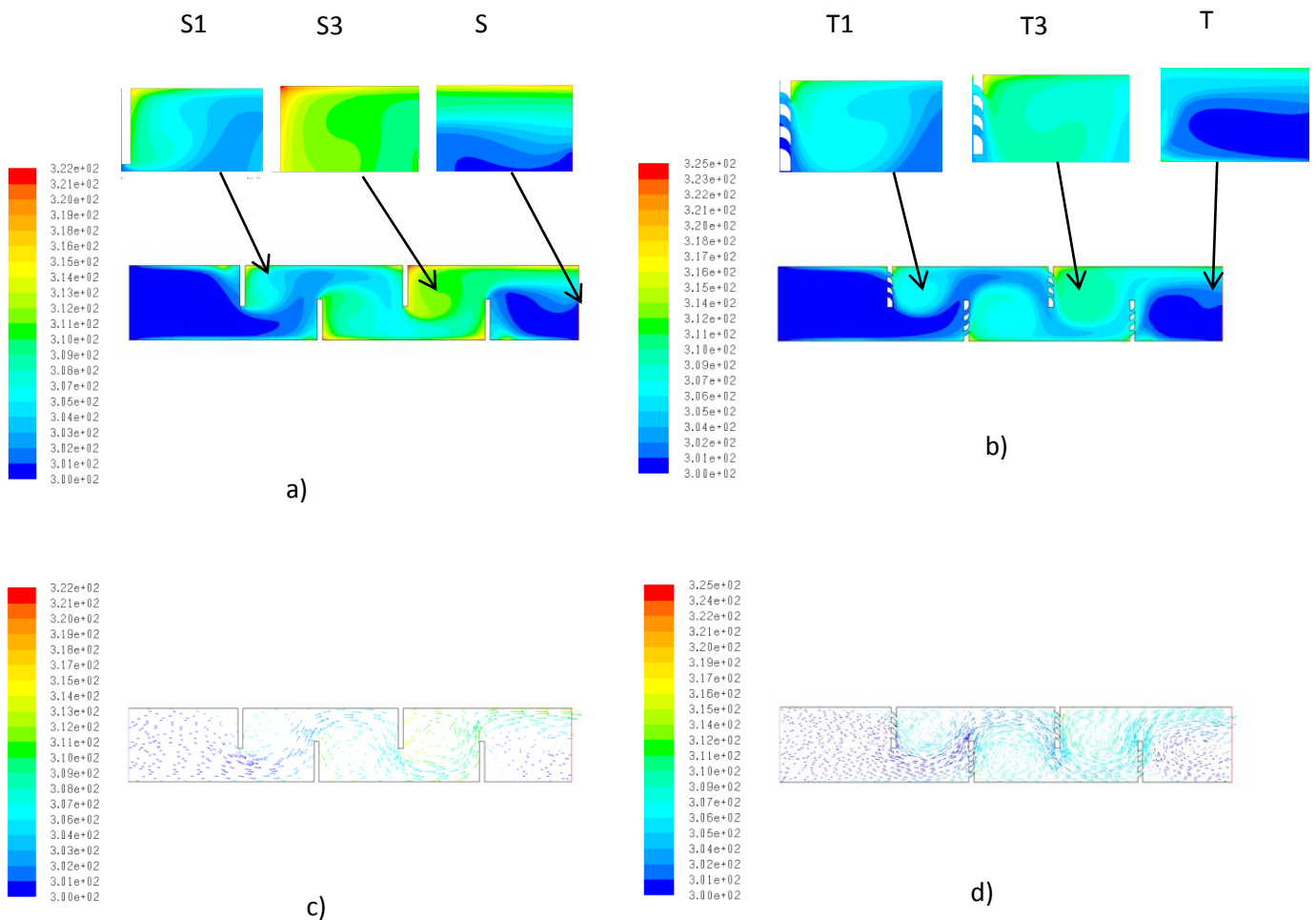
**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$**

En aval de la première chicane la température du fluide caloporteur varié entre 303K et 320K pour le capteur à chicane simple (figures III.40.a ; III.40.c) (zone : S1), elle varie entre 302K

et 321K pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées (figure III.40.b ; III.40.d) (zone : T1).

En aval de la troisième chicane, cette température varie entre 308K et 322K pour le capteur à chicane simple (zone : S3), 310K et 323K pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées (zone : T3), le champ de la température est plus grand pour le capteur à chicane avec barrettes.

La température de sortie de fluide est comprise entre 300K et 321K pour le capteur à chicane simple (zone : S) et 302K et 318K pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées (zone : T).



**Fig. III.40** Température pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane simple
- b) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes
- c) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane simple
- d) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec barrettes

Les profils de la (figure III.41), nous laisse déduire les mêmes remarques que pour la (figure III.39).

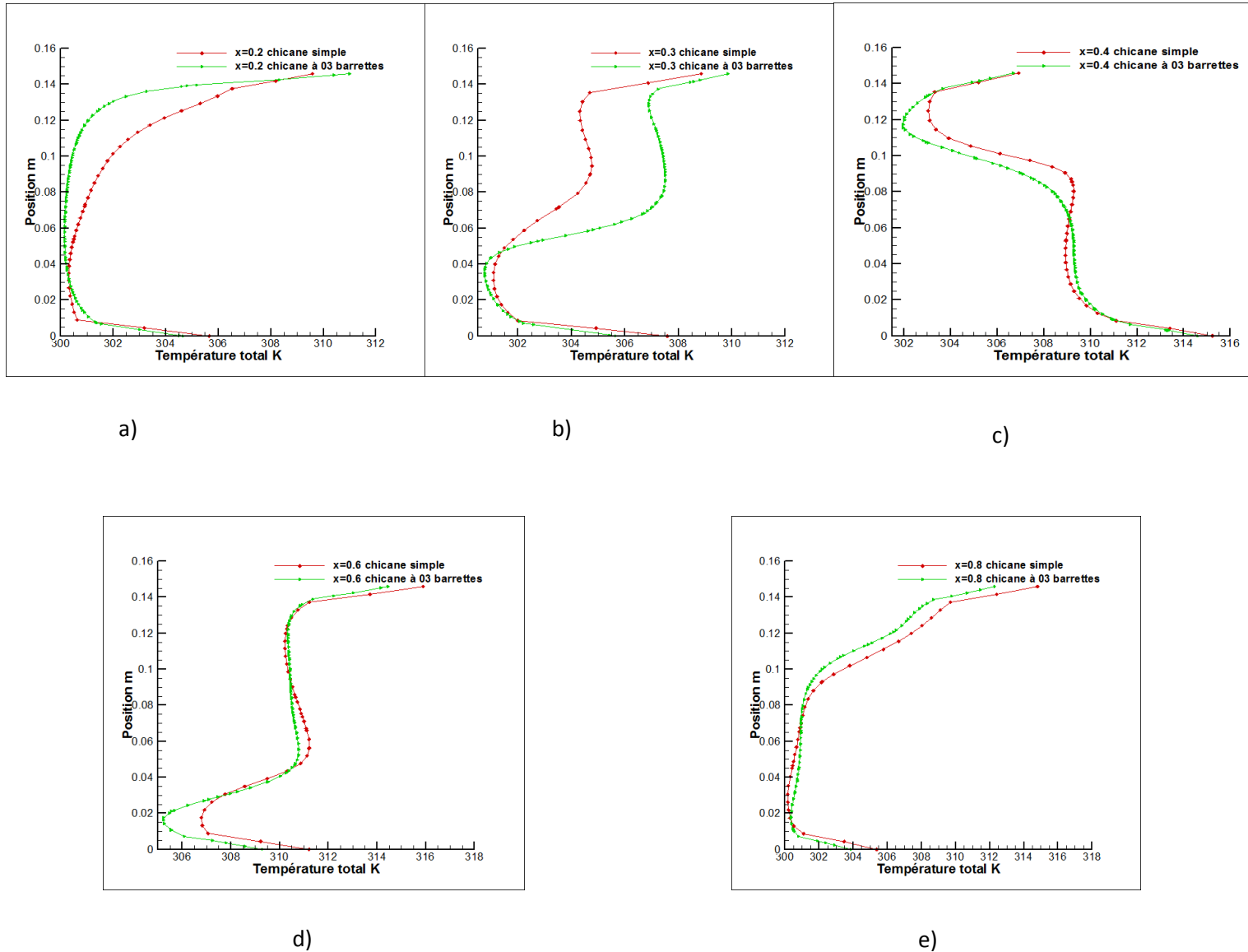


Fig. III.41 Profils de la température pour  $v = 11.7 \text{ m/s}$

- a) à  $x = 0.2 \text{ m}$
- b) à  $x = 0.3 \text{ m}$
- c) à  $x = 0.4 \text{ m}$
- d) à  $x = 0.6 \text{ m}$
- e) à  $x = 0.8 \text{ m}$

## Conclusion

La vitesse des lignes de courant est proportionnelle à la vitesse d'entrée d'air dans les deux modèles de capteur, ses vitesses sont supérieures pour les chicanes avec trois barrettes

perforées pour les trois vitesses d'entrée d'air avec une recirculation importante pour les chicane avec barrettes.

Une augmentation de la vitesse de recirculation suivant l'axe x pour les chicane avec barrettes.

Les gradients négatifs des vitesses suivant l'axe y sont plus importants pour les chicane avec barrettes.

Le développement du champ des vitesses est plus élevé pour les chicane avec barrettes remarquées pour les différentes vitesses d'entrées d'air.

Diminution du coefficient de pression pour le capteur à chicane avec barrettes.

L'énergie cinétique est plus importante pour les chicane avec barrettes avec un taux de dissipation plus important.

En aval des chicane la température est plus élevée pour les chicane avec barrettes, ses élévations de températures sont justifiées par l'augmentation des zones de recirculations du fluide

### **III.10 Comparaison entre le capteur avec chicane muni de trois barrettes de distance $r = 0.01\text{m}$ et le capteur avec chicane muni de trois barrettes de distance $r = 0.005\text{m}$ pour différentes vitesses.**

Dans une seconde partie une comparaison entre le modèle de capteur à chicane à trois perforations de 0.01m de distance et un capteur à chicane à trois barrettes de 0.005m de distance est donnée afin de montrer l'apport de ce dernier modèle vis-à-vis la performance dynamique et thermique du à l'air.

#### **1) Lignes de courant**

##### **-Vitesse d'entrée $v = 3.9\text{m/s}$**

Pour la vitesse  $v = 3.9\text{m/s}$  :

-En aval de la première chicane le débit des tourbillons passe à un maximum de  $1.16\text{ kg/s}$  pour le capteur à chicane  $r = 0.01\text{m}$ , (zone: A1) (figure III.42.a) à  $1.10\text{kg/s}$  pour le capteur à chicane avec barrettes  $r = 0.005\text{m}$ , (zone : B1) (figure III.42.b).

La recirculation se fait au niveau des barrettes à  $0.959\text{kg/s}$  jusqu'à la paroi supérieure

-En aval de la deuxième chicane, ce débit prend une valeur de  $0.274\text{ kg/s}$ , (zone: A2) à  $0.183\text{ kg/s}$ , (zone : B2) avec diminution du nombre de tourbillons.

-En aval de la troisième chicane la recirculation prend une valeur de  $0.959\text{kg/s}$  (zone: A3) à  $0.855\text{kg/s}$  (zone : B3).

-En aval de la quatrième chicane, la recirculation prend une valeur de  $0.959\text{kg/s}$  (zone: A4) jusqu'à  $0.855\text{ kg/s}$  (zone : B4).

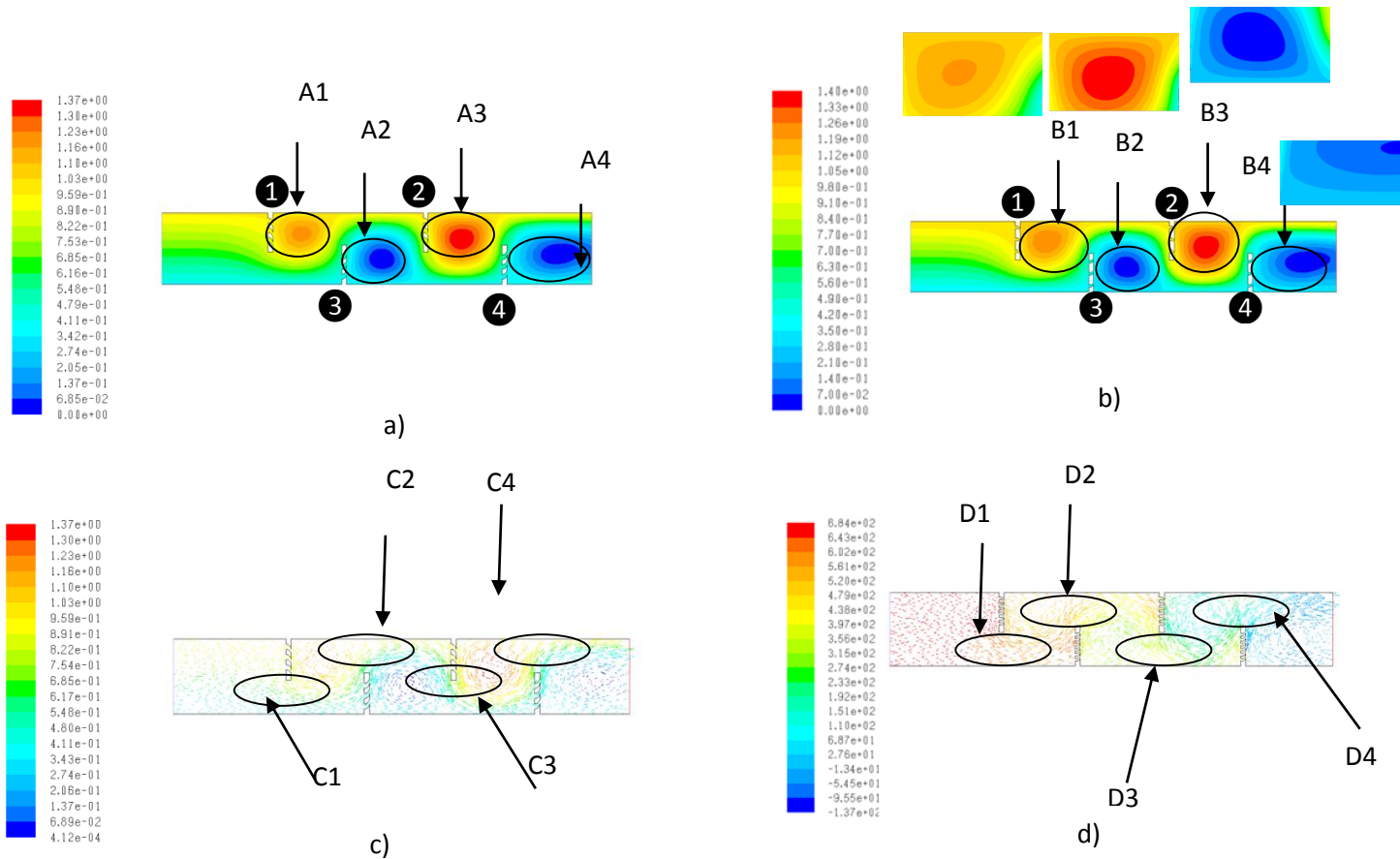


Fig. III.42 Ligne de courant pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- b) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$
- c) Vecteurs des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- d) Vecteurs des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8\text{m/s}$**

L'augmentation du débit des lignes de courants remarqué sur la (figure III.43.a ; III.43.c) pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.01\text{m}$  et (figure III.43.b, III.43.d) pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  est dû à l'augmentation de la vitesse du fluide caloporteur à l'entrée du capteur.



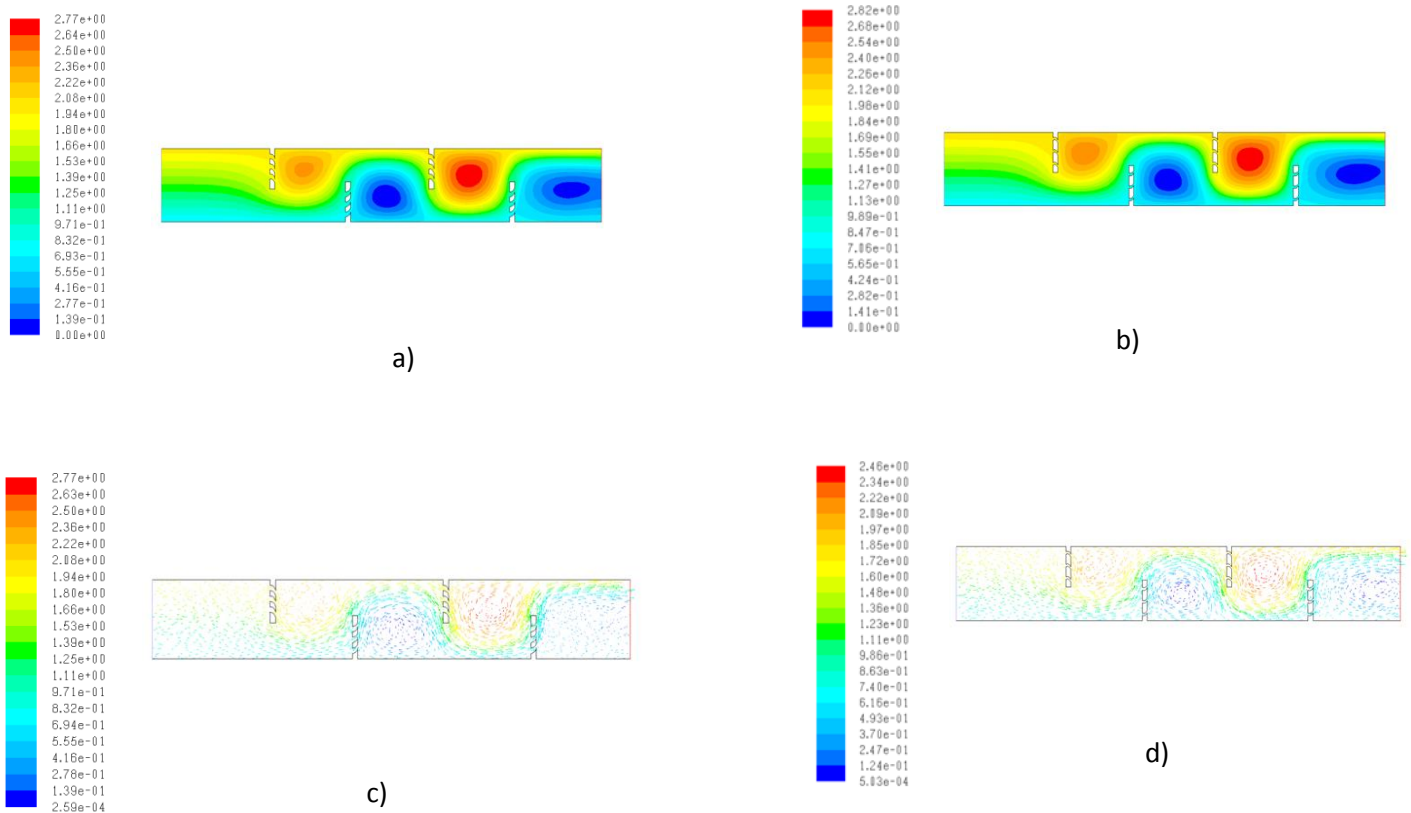
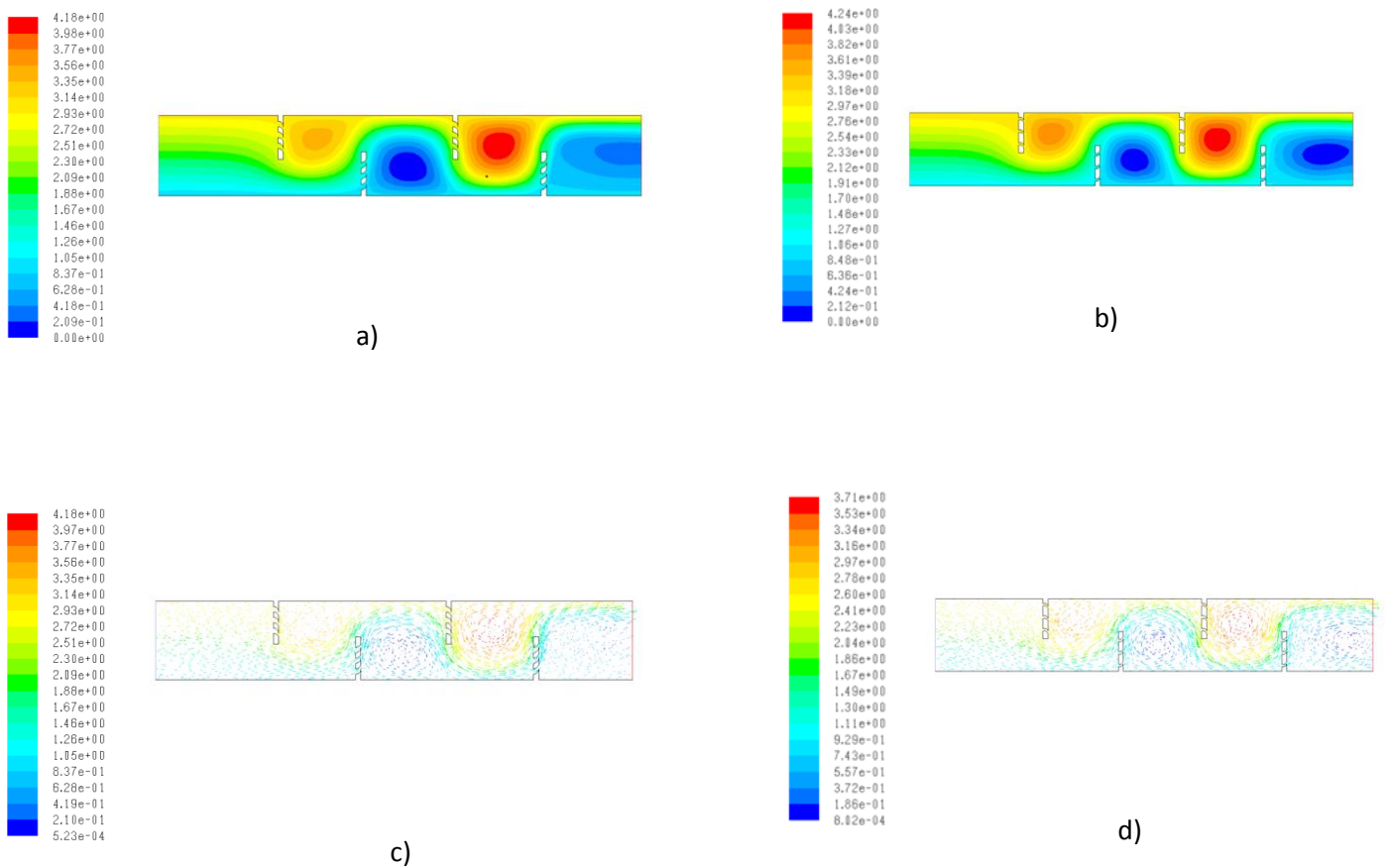


Fig. III.43 Ligne de courant pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- b) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$
- c) Vecteur des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- d) Vecteur des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

### -Vitesse d'entrée $v = 11.7\text{m/s}$

Pour la vitesse d'entrée d'air  $v=11.7\text{m/s}$  les mêmes augmentations de débit sont remarqué pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.01\text{m}$ , (figureIII.44.a ; III.44.c) et pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figureIII.44.b ; III.44.d).



**Fig. III.44** Ligne de courant pour  $v=7.8\text{m/s}$

- a) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 b) Contour des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$   
 c) Vecteurs des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 d) Vecteurs des lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

## 2) Vitesse longitudinale « u »

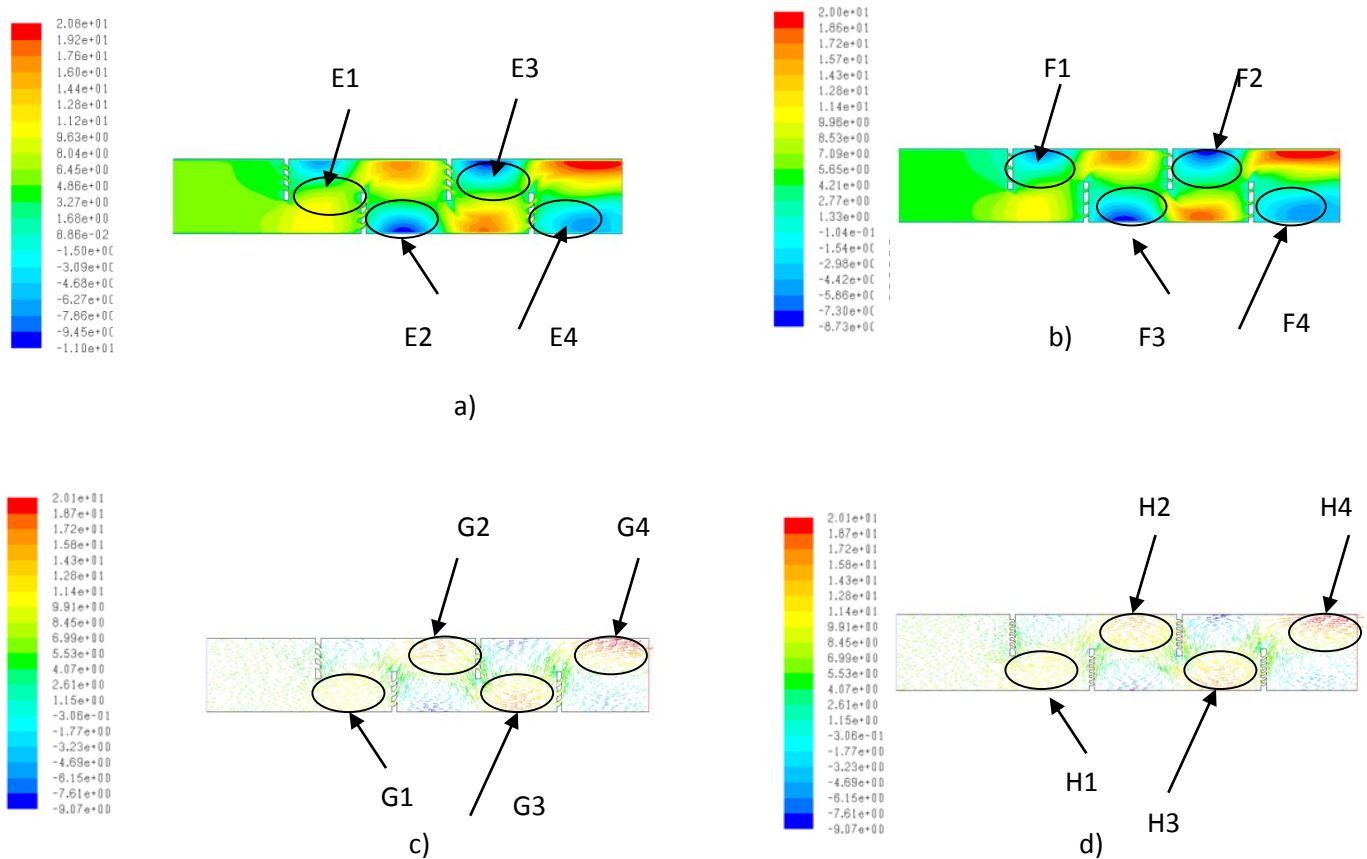
Les figures (III.45 ; III.46 ; III.47), donnent le champ des vitesses pour le capteur avec chicanes muni de trois barrettes perforées de distance  $r=0.01\text{m}$  et le capteur avec chicanes muni de trois barrettes perforées de distance  $r=0,005\text{m}$  pour différentes vitesses d'entrée d'air.

### -Vitesse d'entrée $v= 3.9\text{m/s}$

Pour une vitesse  $v=3.9\text{m/s}$  :

En aval de : La première, la deuxième, la troisième et la quatrième chicane, (zone : E1, E2, E3, E4) pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.01\text{m}$  (figure III.45.a), le blocage du fluide dans ses zones mort est moins important par rapport au capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$ , (figure III.45.b), (zone : F1, F2, F3, F4).

La vitesse maximum de recirculation du fluide caloporteur à partir des extrémités et des barrettes des chicanes pour le capteur à chicanes avec barrettes  $r = 0.01\text{m}$  (figure III.45.c), (zone : G1, G2, G3, G4) est plus importante par rapport au capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r=0.005\text{m}$ , (figure III.45.d), (zone : H1, H2, H3, H4).

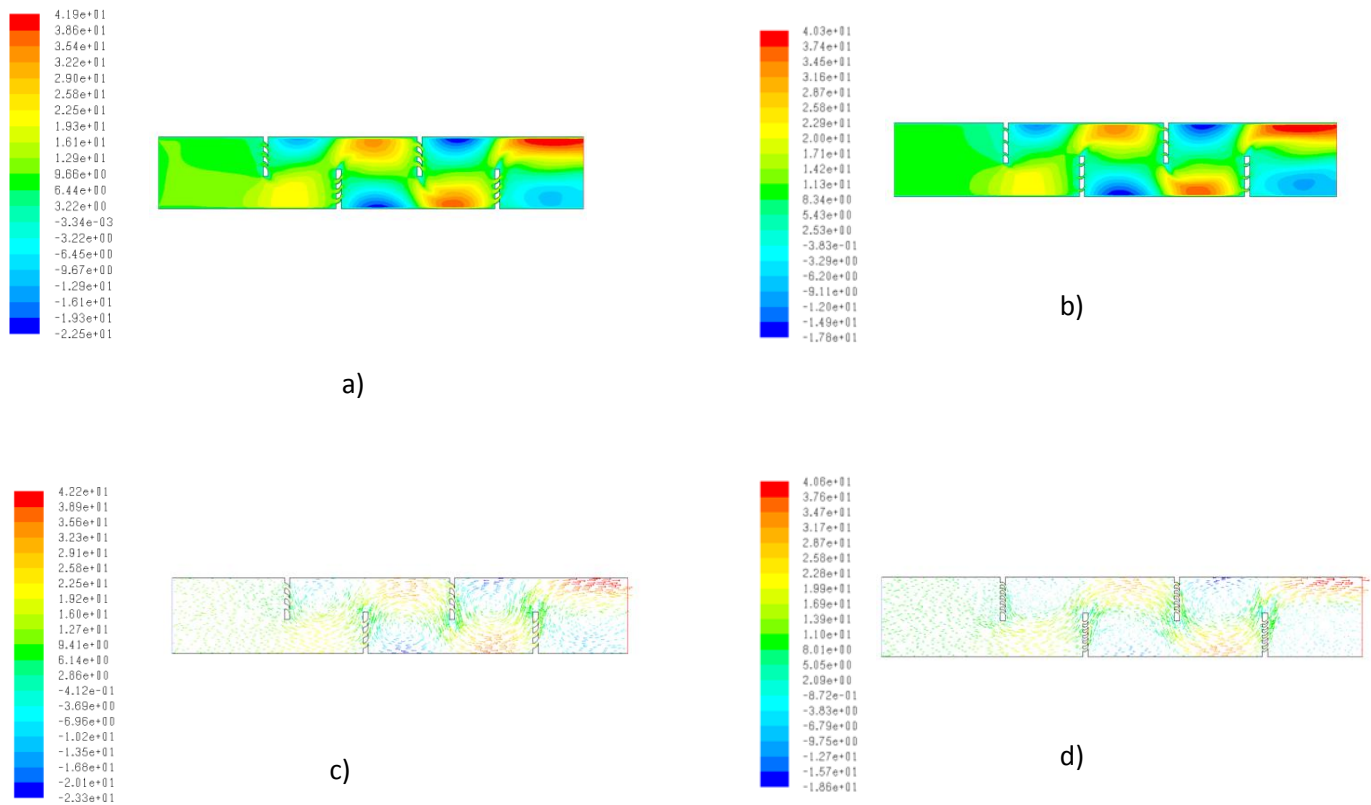


**Fig. III.45** Vitesse Longitudinale pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- b) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$
- c) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- d) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

### **-Vitesse d'entrée $v = 7.8\text{m/s}$**

L'augmentation de la vitesse du fluide caloporteur à l'entrée du capteur entraîne l'augmentation de la vitesse longitudinale du fluide pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.01\text{m}$  (figure III.46.a), (figure III.46.c) et pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figure III.46.b ; III.46.d).

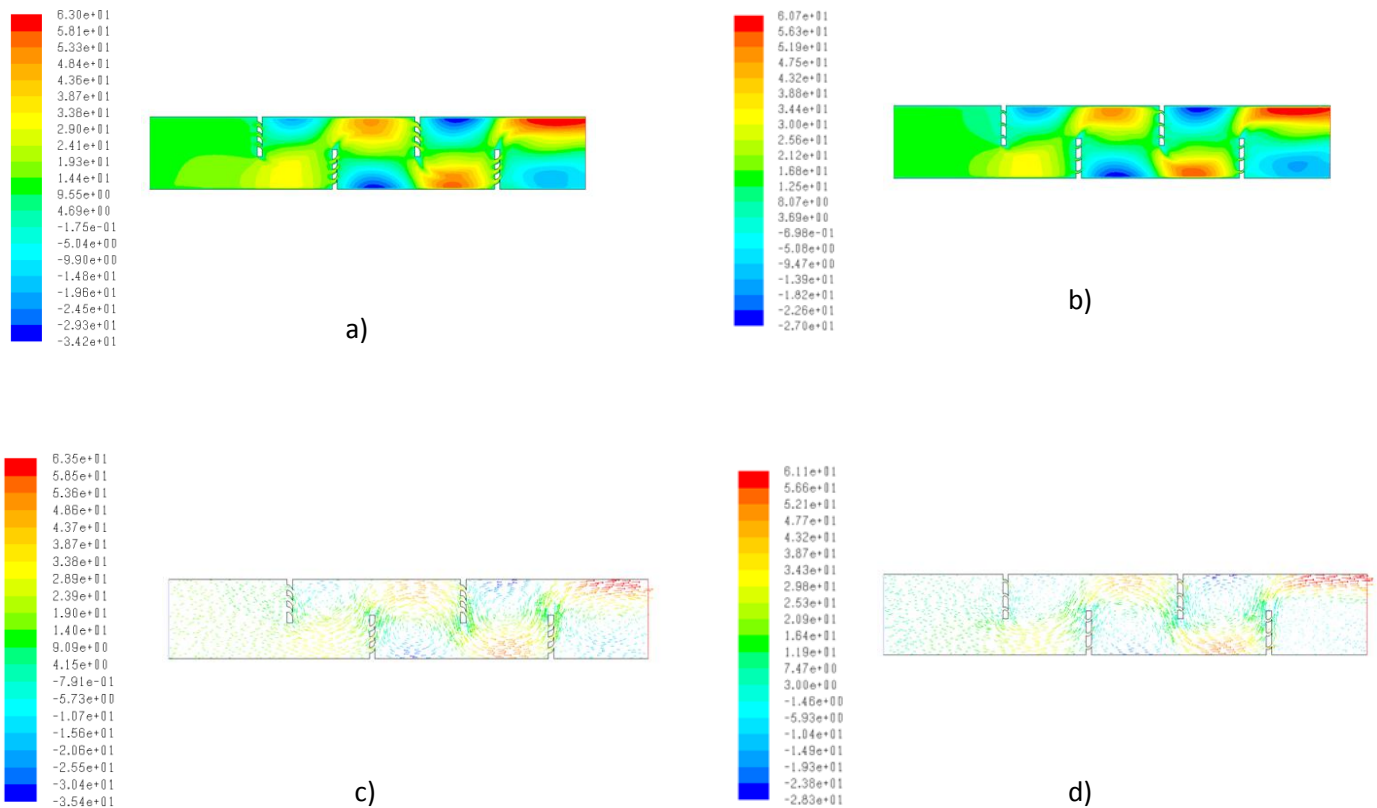


**Fig. III.46** Vitesse Longitudinale pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- b) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$
- c) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- d) Vecteurs de vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

### **-Vitesse d'entrée $v = 11.7\text{m/s}$**

Une nouvelle augmentation de la vitesse longitudinale est remarqué pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.01\text{m}$  (figure III. 47.a), (figureIII.47.c) et pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r=0.005\text{m}$  (figureIII.47.b ; figureIII.47.d).



**Fig. III.47** Vitesse Longitudinale pour  $v = 11.7 \text{ m/s}$

- a) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$
- b) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$
- c) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$
- d) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$

### 3) Vitesse transversale « v »

#### -Vitesse d'entrée $v = 3.9 \text{ m/s}$

Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 3.9 \text{ m/s}$ , (figure III.48) :

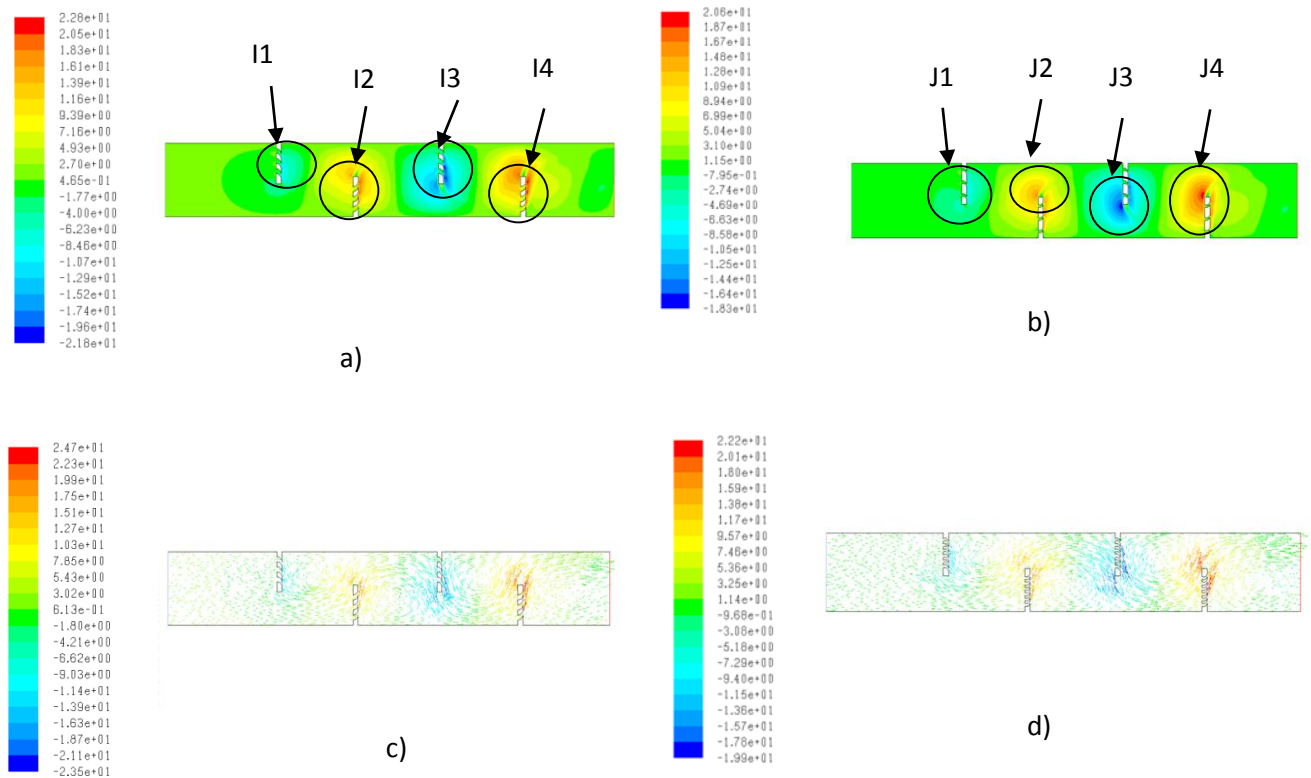
Au niveau de la première chicane du capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.005 \text{ m}$ , il y a une évolution des gradients négatifs de vitesse, (figures III.48.b ; III.48.d)

- jusqu'à  $-0.795 \text{ m/s}$ , (zone : J1).

- Pour la deuxième chicane un gradient de vitesse de  $12.8 \text{ m/s}$ , (zone : J2)

- Pour la troisième un gradient négatif de  $-2.74 \text{ m/s}$ , (zone : J3)

- Pour la quatrième un gradient de  $20.6 \text{ m/s}$ , (zone : J4)

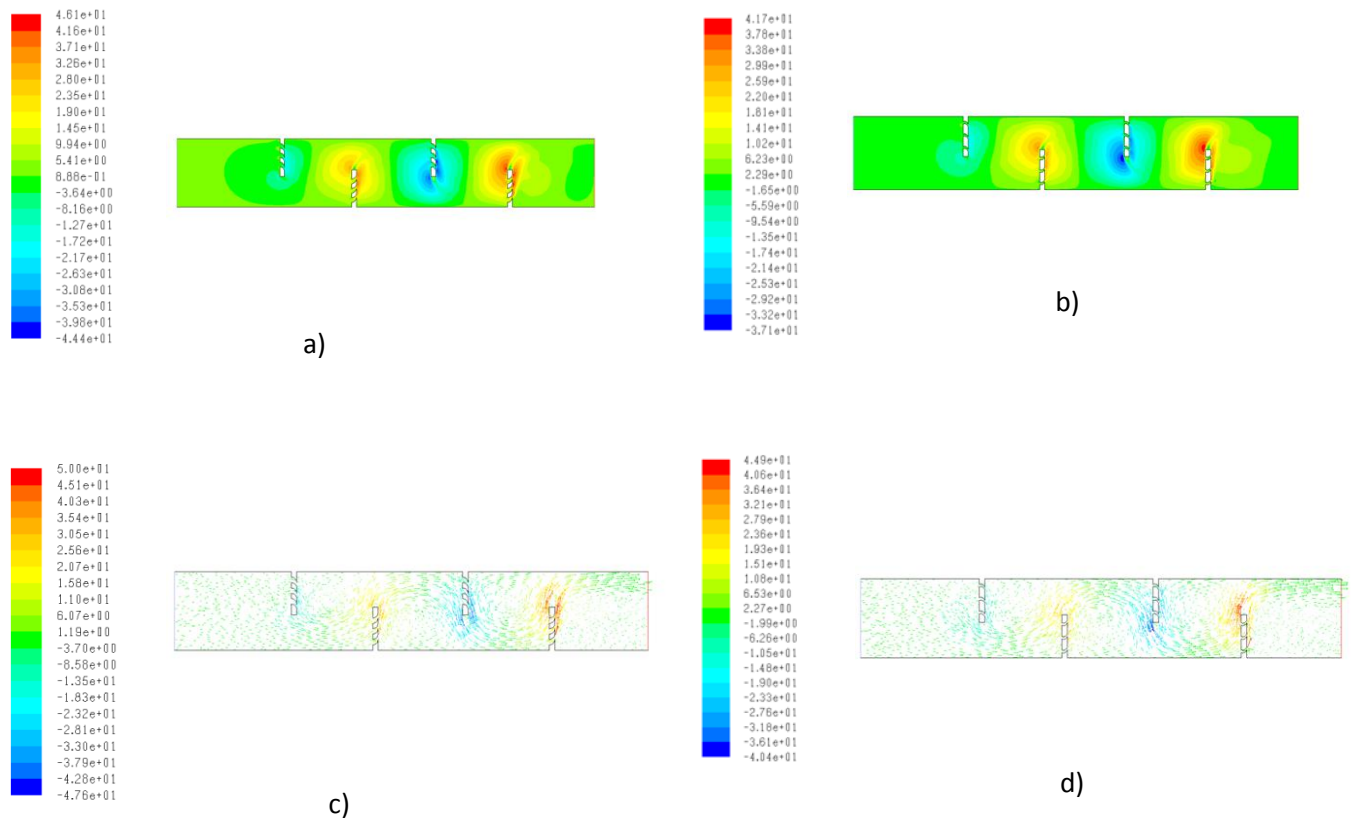


**Fig. III.48** Vitesse transversale pour  $v = 3.9 \text{ m/s}$

- a) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$   
 b) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$   
 c) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$   
 d) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$

### **-Vitesse d'entrée $v = 7.8 \text{ m/s}$**

L'augmentation de la vitesse du fluide caloporteur à l'entrée du capteur à  $v = 7.8 \text{ m/s}$  conduit à une augmentation des gradients de la vitesse transversale pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.01 \text{ m}$  (figure III.49.a ; III.49.c) et pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.005 \text{ m}$  (figure III.49.b ; III.49.d).



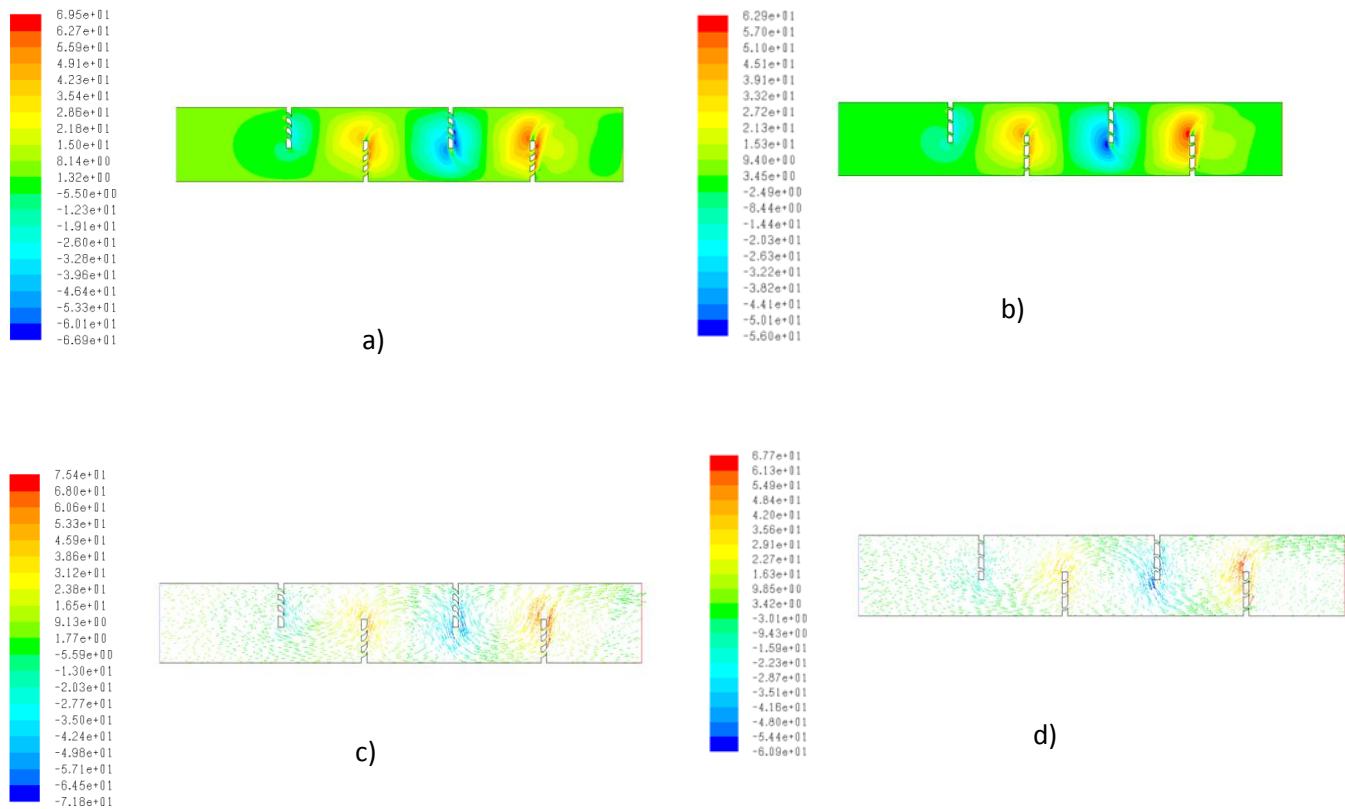
**Fig. III.49** Vitesse transversale pour  $v = 7.8 \text{ m/s}$

- a) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$
- b) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$
- c) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$
- d) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$

### **-Vitesse d'entrée $v = 11.7 \text{ m/s}$**

Les mêmes augmentations des gradients de la vitesse transversale pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.01 \text{ m}$  (figures III.50.a ; III.50.c) et pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r = 0.005 \text{ m}$  (figure III.50.b ; III.50.d).





**Fig. III.50** Vitesse transversale pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 b) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$   
 c) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 d) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

#### 4) Vitesse

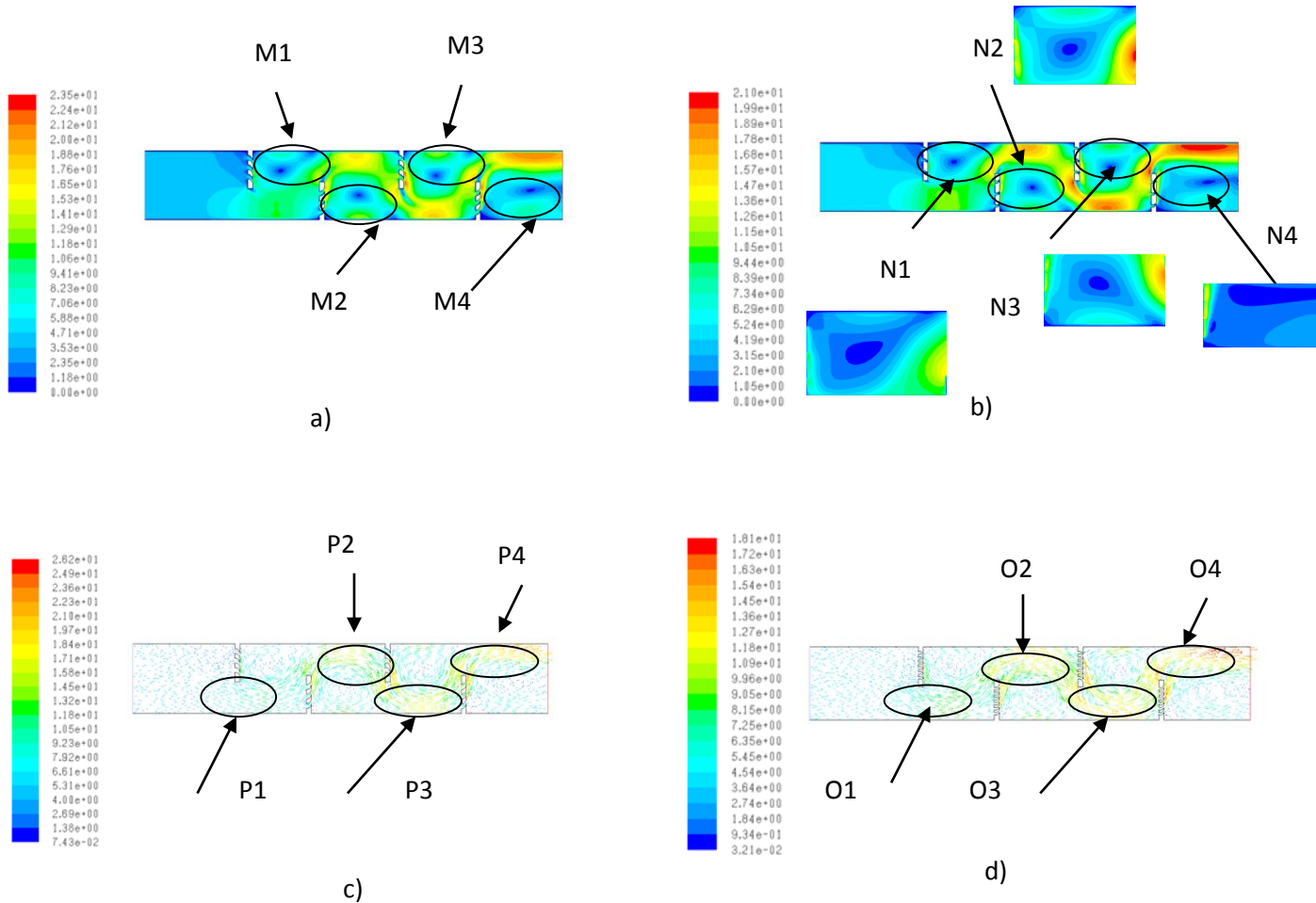
Les vitesses sont plus importantes pour les chicanes à barrettes perforées de distance  $r = 0.01\text{m}$  par rapport aux chicanes à barrettes perforées de distance  $r=0.005\text{m}$  pour la vitesse d'entrée d'air  $v = 3.9\text{ m/s}$  ,  $v=7.8\text{m/s}$  et  $v=11.7\text{m/s}$  (figures III.51 ; III.53 ; III.55).

##### -Vitesse d'entrée $v= 3.9\text{m/s}$

La vitesse maximum à la sortie du capteur avec barrettes  $r=0.005\text{m}$  est de l'ordre de  $21\text{m/s}$  à la sortie (figure III.51.a), pour le capteur à chicanes avec barrettes  $r = 0.01\text{m}$ , la vitesse est de l'ordre de  $22.4\text{m/s}$  (figure III.51.b).

Les intensités des vitesses diminuent pour le capteur à chicanes avec barrettes  $r=0.005\text{m}$  (figures III.51.b ; III.51.d) par rapport au capteur à chicanes avec barrettes  $r=0.01\text{m}$  (figures III.51.a ; III.51.c).





**Fig. III.51** Vitesse pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- b) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$
- c) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- d) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

Pour la vitesse  $v = 3.9\text{m/s}$  les profils des (figures III.52.a ; III.52.b ; III.52.c ; III.52.d ; III.52.e) montrent l'évolution de la vitesse à  $x = 0.2\text{m}$ ,  $x = 0.3\text{m}$ ,  $x = 0.4\text{m}$ ,  $x = 0.6\text{m}$ ,  $x = 0.8\text{m}$  pour différentes positions de  $y$ .

Les profils de la vitesse pour les différents points  $x=0.3\text{m}$  (figureIII.52.b),  $x = 0.4\text{m}$  (figureIII.52.c),  $x =0.6\text{m}$  (figureIII.52.d),  $x =0.8\text{m}$  (figureIII.52.e), montre un accroissement

de l'intensité de la vitesse pour le capteur avec trois barrettes perforées  $r = 0.01m$  par rapport au capteur à chicanes avec trois barrettes  $r = 0.005m$  à partir des extrémités des chicanes.

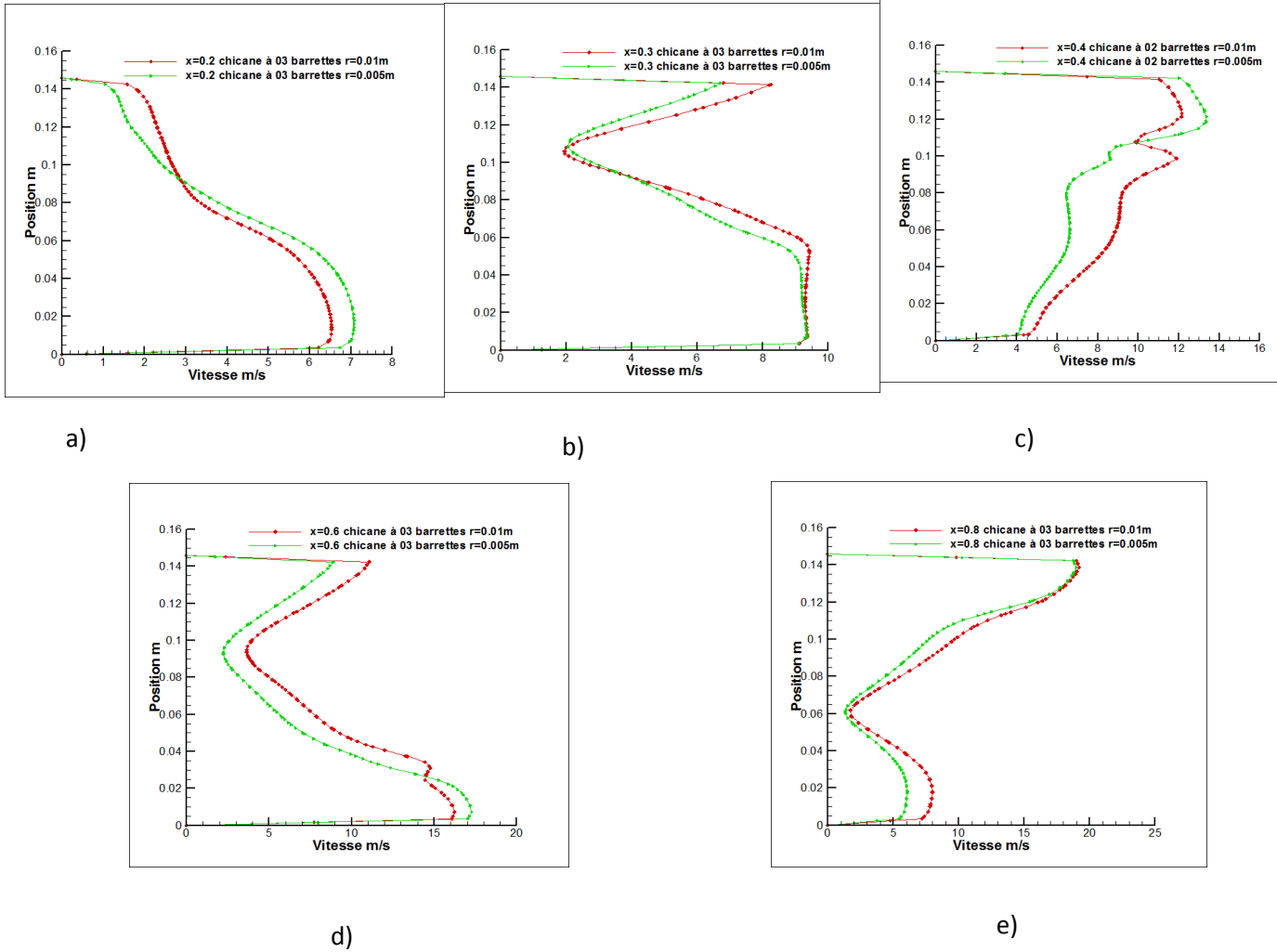
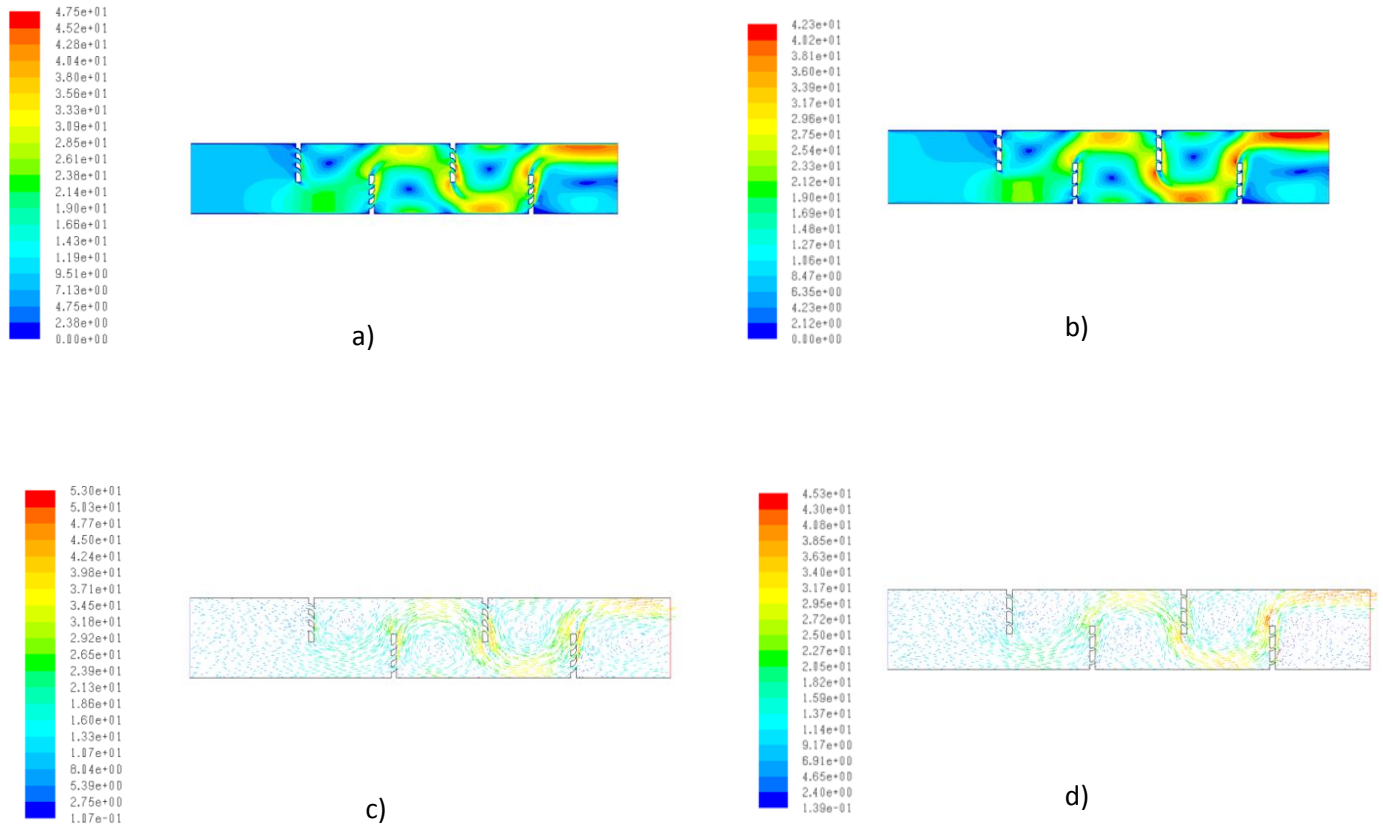


Fig. III.52 Profils de la vitesse pour  $v = 3.9m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8m/s$**

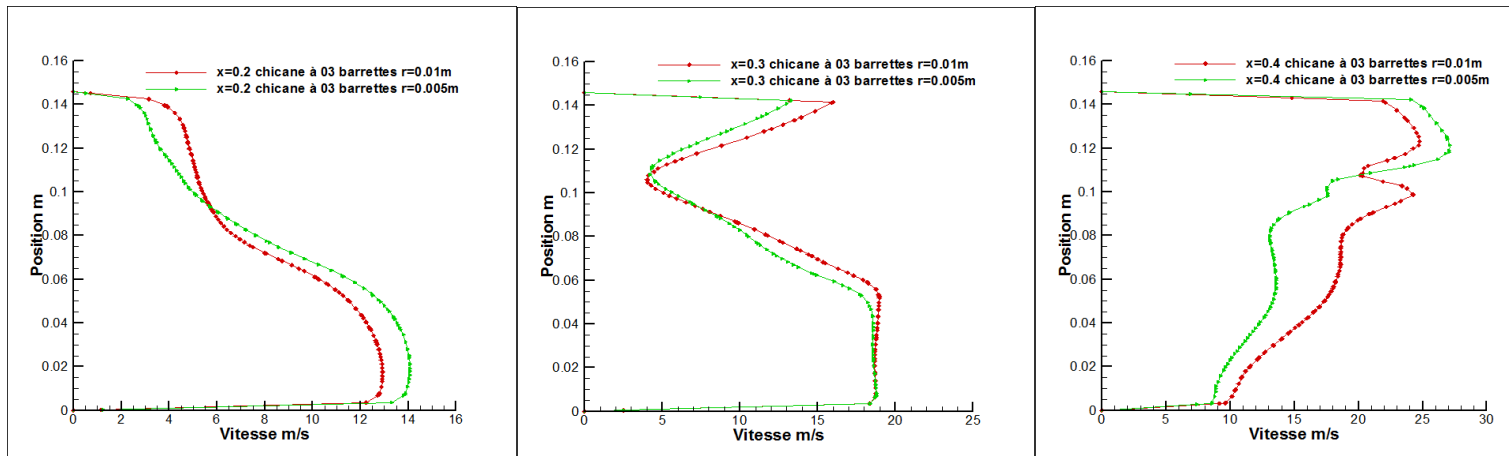
Pour la vitesse d'entrée d'air dans le capteur solaire  $v = 7.8m/s$ , la vitesse à l'intérieur des deux modèles de capteurs (figure III.53) augmente par rapport à la vitesse de la figure de la (figures III.51).



**Fig. III.53** Vitesse pour  $v = 7.8 \text{ m/s}$

- a) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$
- b) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$
- c) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$
- d) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$

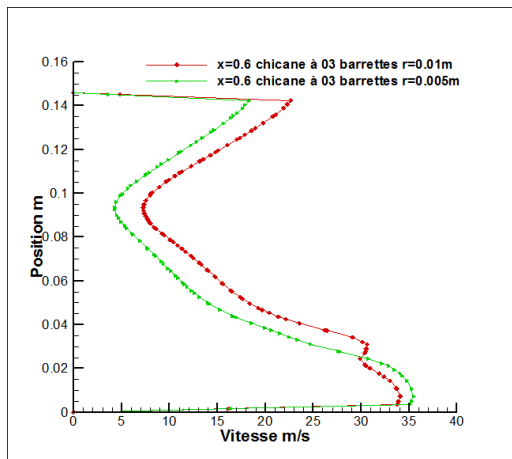
Pour la vitesse d'entrée du fluide caloporteur  $v = 7.8 \text{ m/s}$ , les profils des (figures III.54.a ; III.54.b ; III.54.c ; III.54.d ; III.54.e), montre aussi l'augmentation de la vitesse à l'intérieur des deux modèles de capteur aux différents points  $x = 0.2 \text{ m}$  (figure III.56.a),  $x = 0.3$  (figure III.54.b),  $x = 0.4$  (figure III.54.c),  $x = 0.6 \text{ m}$  (figure III.54.d),  $x = 0.8$  (figure III.54.e), pour différentes positions de  $y$  par rapport à la vitesse d'entrée du fluide caloporteur précédente  $v = 3.9 \text{ m/s}$ .



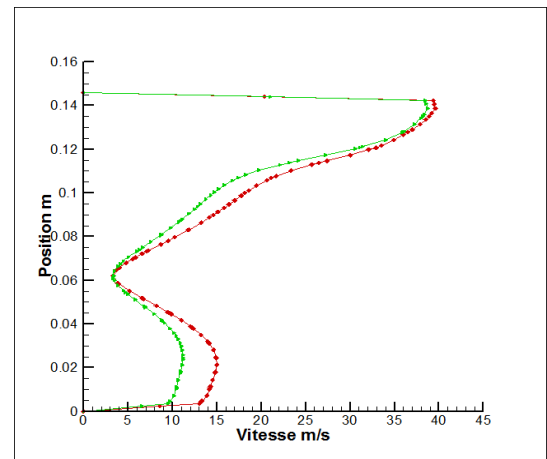
a)

b)

c)



d)



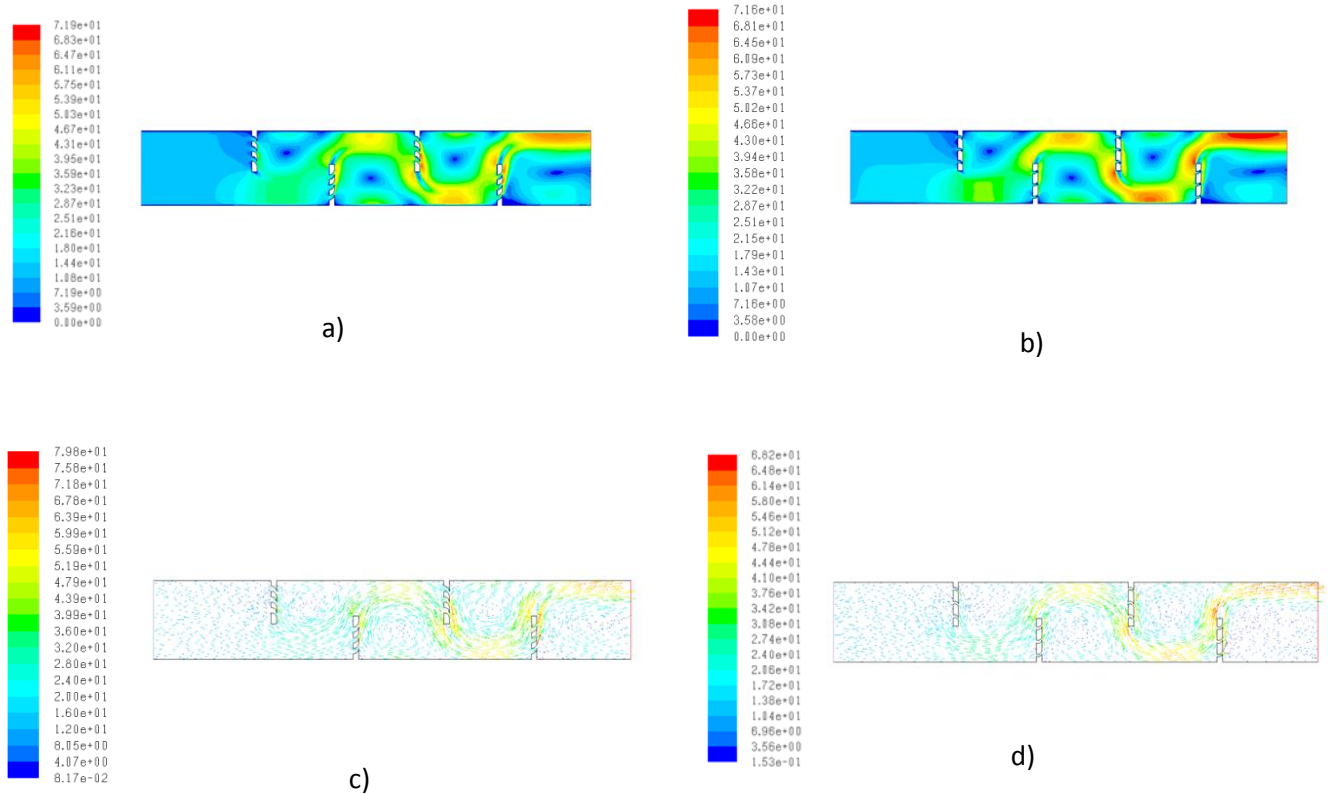
e)

Fig. III.54 Profils de la vitesse pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$** 

La vitesse d'entrée du fluide caloporteur  $v = 11.7\text{m/s}$  montre aussi une autre augmentation de la vitesse du fluide à l'intérieur du capteur (figures III.55).



**Fig. III.55** Vitesse pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- b) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$
- c) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- d) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

Les profils des (figures III.56) nous a fait remarquer l'augmentation de la vitesse pour les différents points  $x = 0.2\text{m}$  (figureIII.56.a),  $x=0.3$  (figureIII.56.b),  $x=0.4\text{m}$  (figureIII.56.c),  $x=0.6\text{m}$  (figureIII.56.d),  $x=0.8\text{m}$  (figureIII.56.e) pour les deux modèles de capteur.

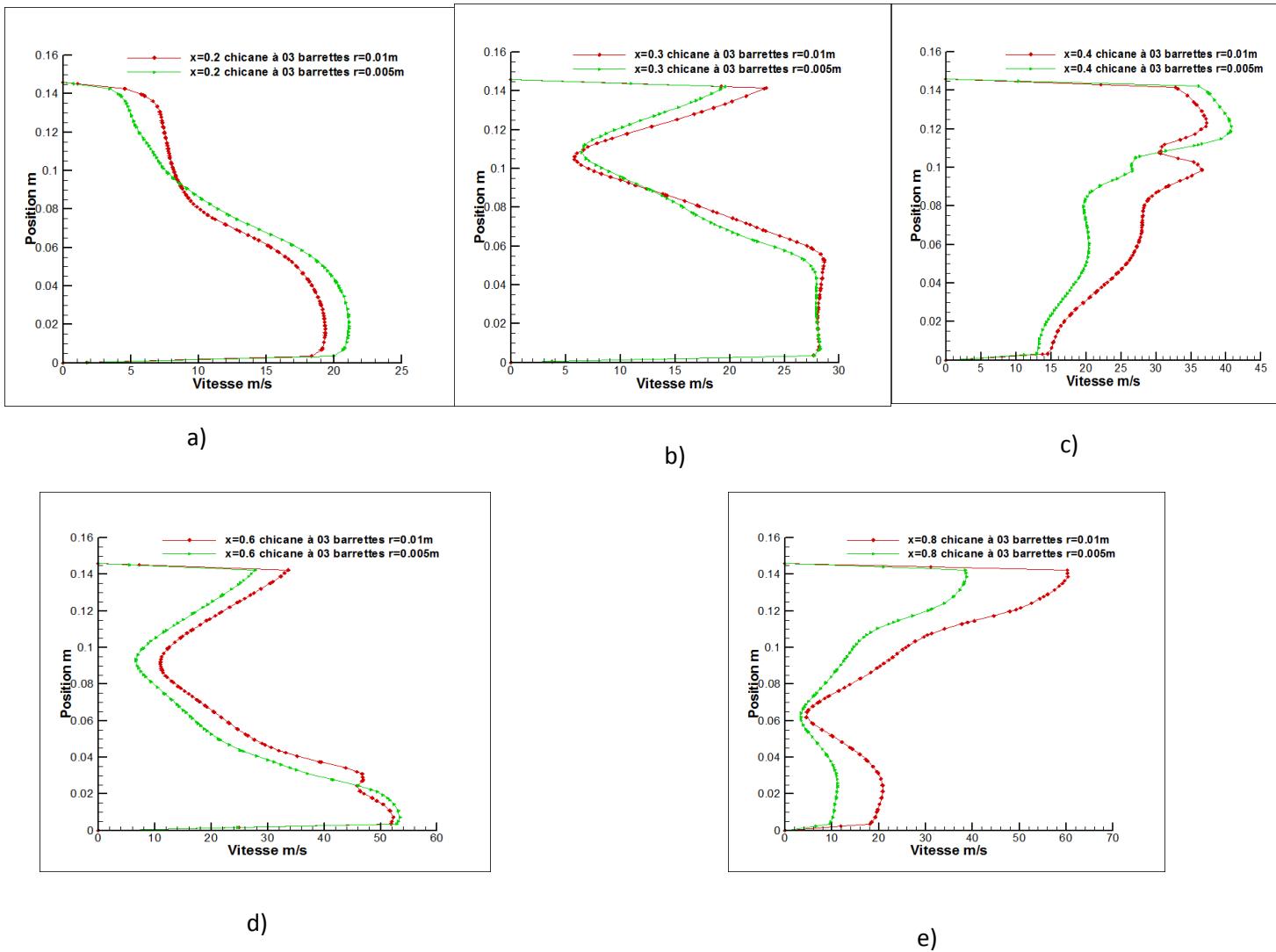


Fig. III.56 Profils de la vitesse pour  $v=11.7m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

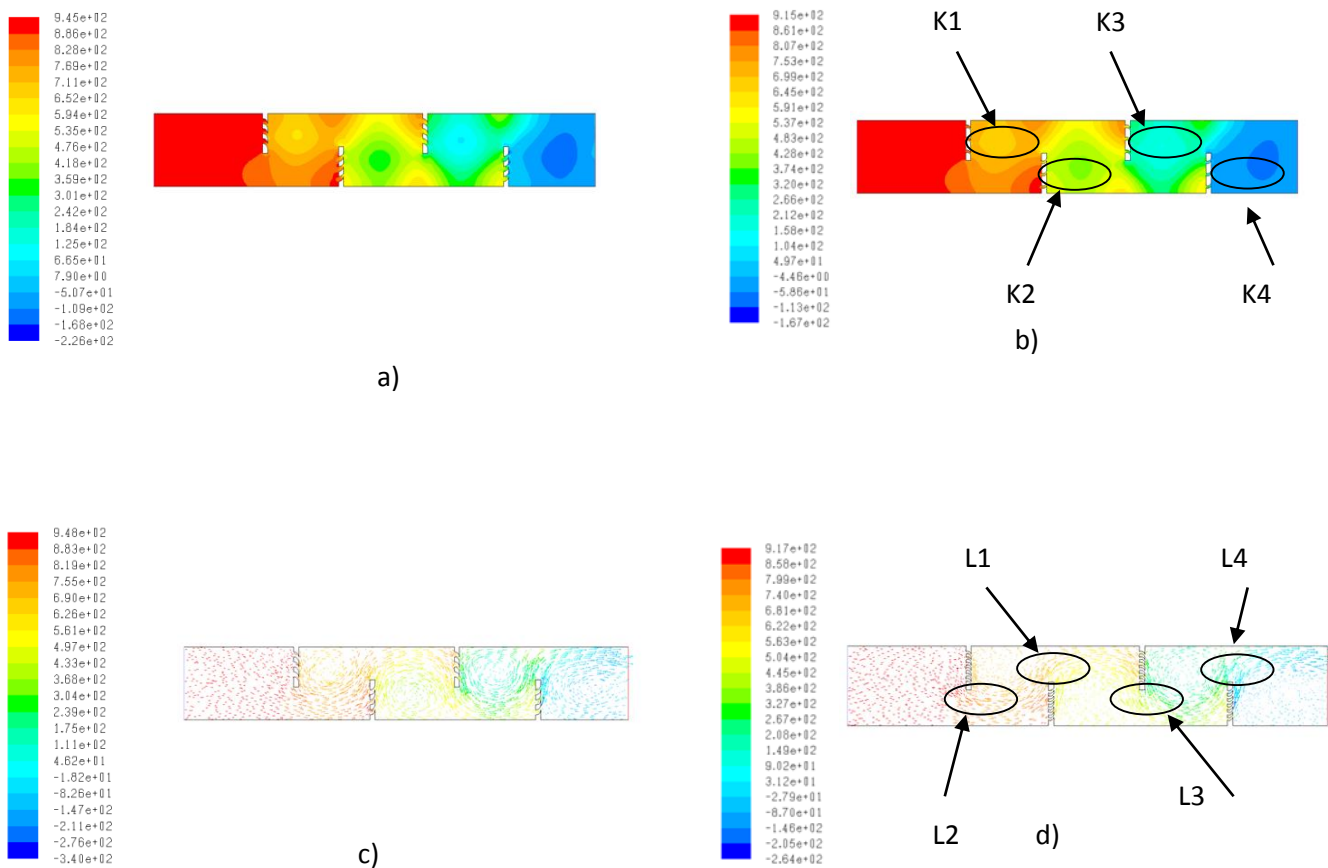
### 5) Coefficient de pression

#### -Vitesse d'entrée $v = 3.9m/s$

Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 3.9m/s$

Pour le capteur à chicane avec barrettes perforées  $r = 0.005m$  (figure III.57.b):

- La valeur maximum du coefficient de pression au niveau de l'extrémité de la première chicane (zone : L1) est de 807, en aval de cette chicane la valeur atteint 753, (zone : K1).
- La valeur maximum à partir de l'extrémité de la deuxième chicane jusqu'à la paroi supérieure est de 699, (zone : L2), en aval de la chicane 537, (zone : K2).
- La valeur maximum à partir de l'extrémité de la troisième chicane jusqu'à la paroi inférieure est de 374, (zone : L3), en aval de la chicane 320
- La valeur maximum à partir de l'extrémité de la quatrième chicane jusqu'à la paroi supérieure est de 104, (zone : L4), cette valeur en aval est de 49.7, (zone : K4).

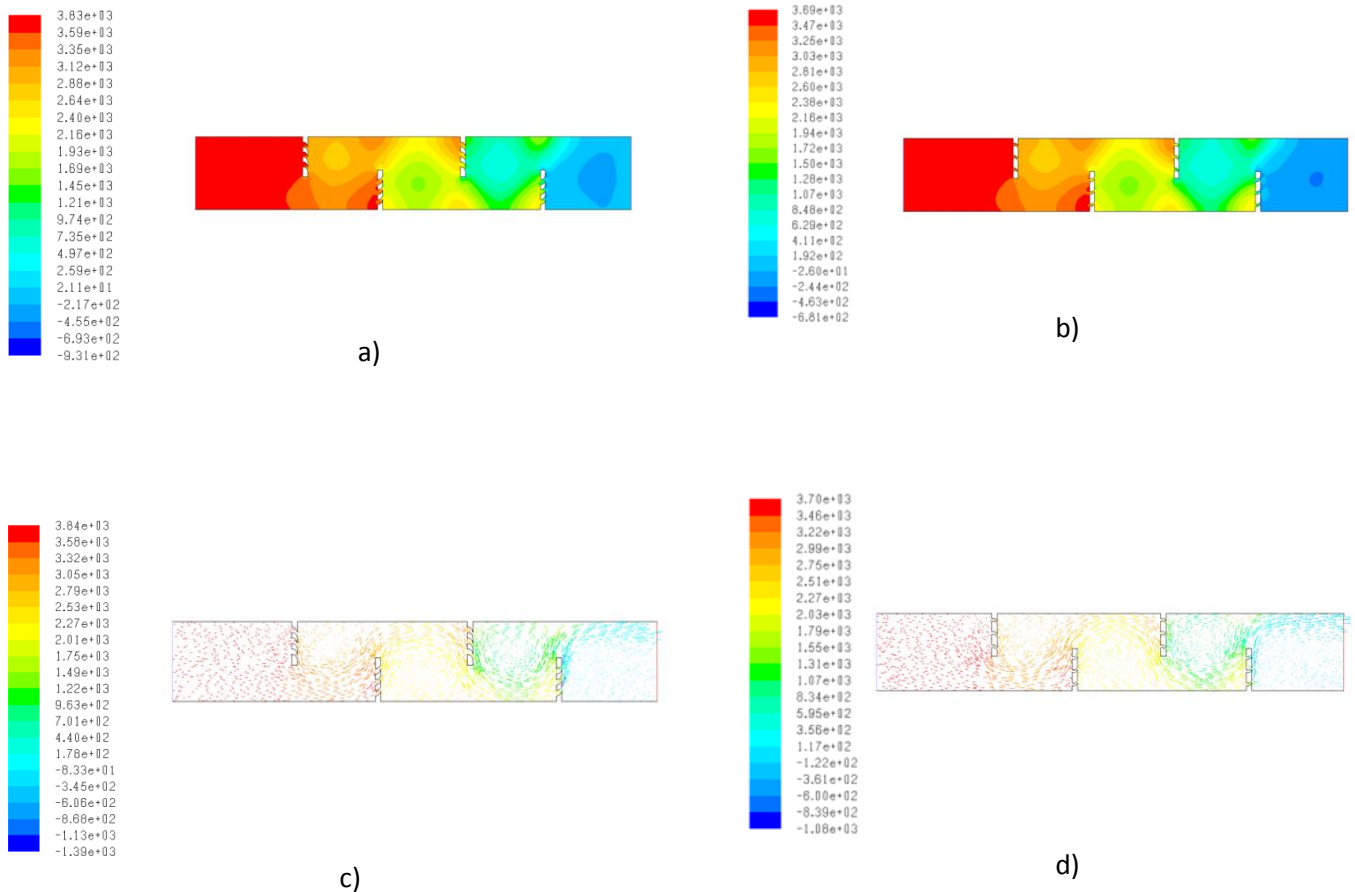


**Fig. III.57** Coefficient de pression pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- b) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$
- c) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- d) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8\text{m/s}$** 

Pour la vitesse  $v = 7.8\text{m/s}$ , il y a une augmentation du coefficient de pression dans les différentes zones (figures III.58).



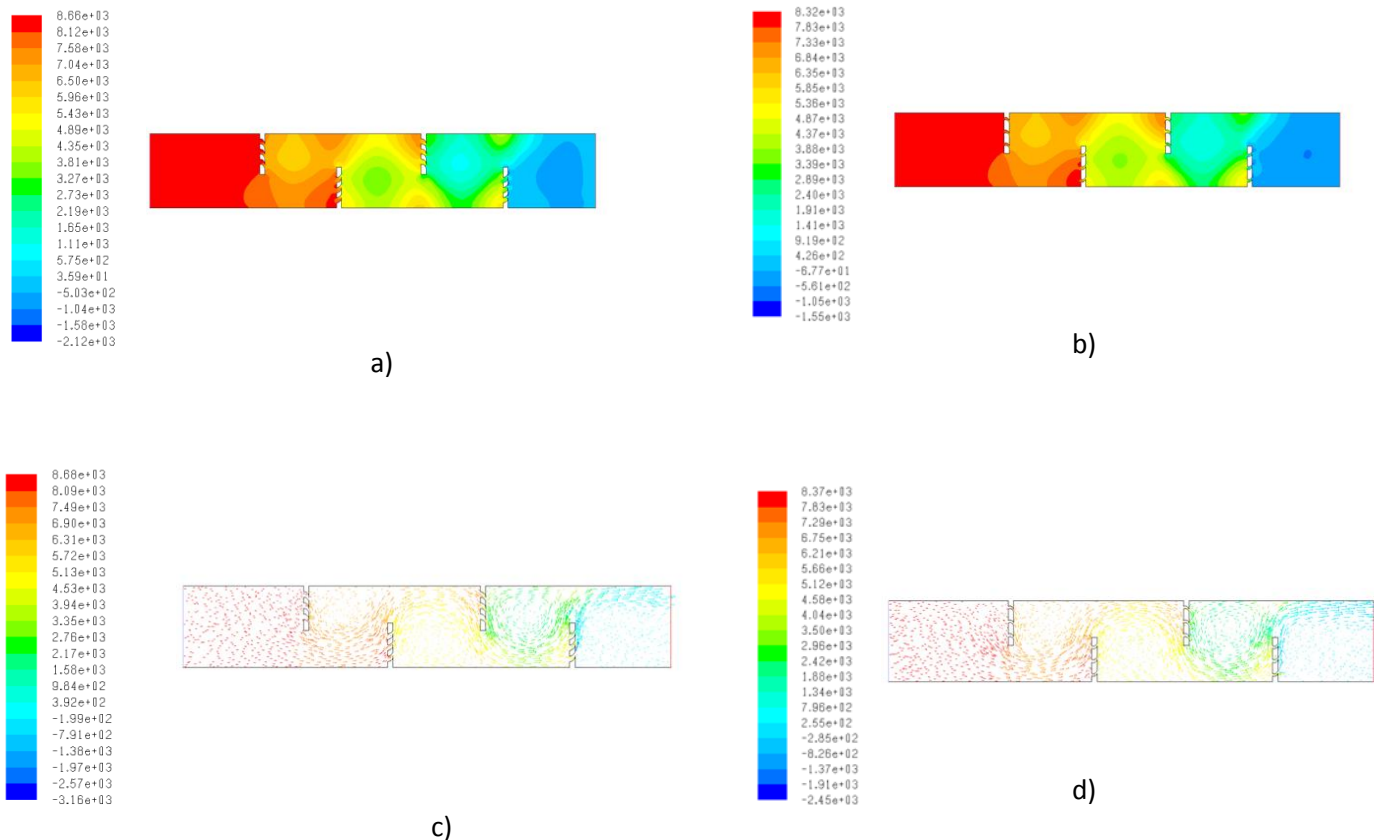
**Fig. III.58** Coefficient de pression pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- b) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$
- c) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- d) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$



**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$** 

L'amélioration du coefficient de pression pour les chicane a trois barrettes perforées  $r = 0.005$ , Cette amélioration du coefficient de pression est bien remarqué a la sortie du capteur surtout pour la vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{ m/s}$  (figures III.59).



**Fig. III.59** Coefficient de pression pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 b) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$   
 c) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 d) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

**6) L'énergie cinétique****-Vitesse d'entrée  $v = 3.9\text{m/s}$** 

Pour la vitesse d'entrée de l'air  $v = 3.6\text{m/s}$ :

L'énergie cinétique est plus développée à l'extrémité de la deuxième et la troisième et la quatrième chicane pour les barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figures III.60.b ; III.60.d) par rapport aux barrettes  $r = 0.01\text{m}$  (figures III.60.a ; III.60.c).

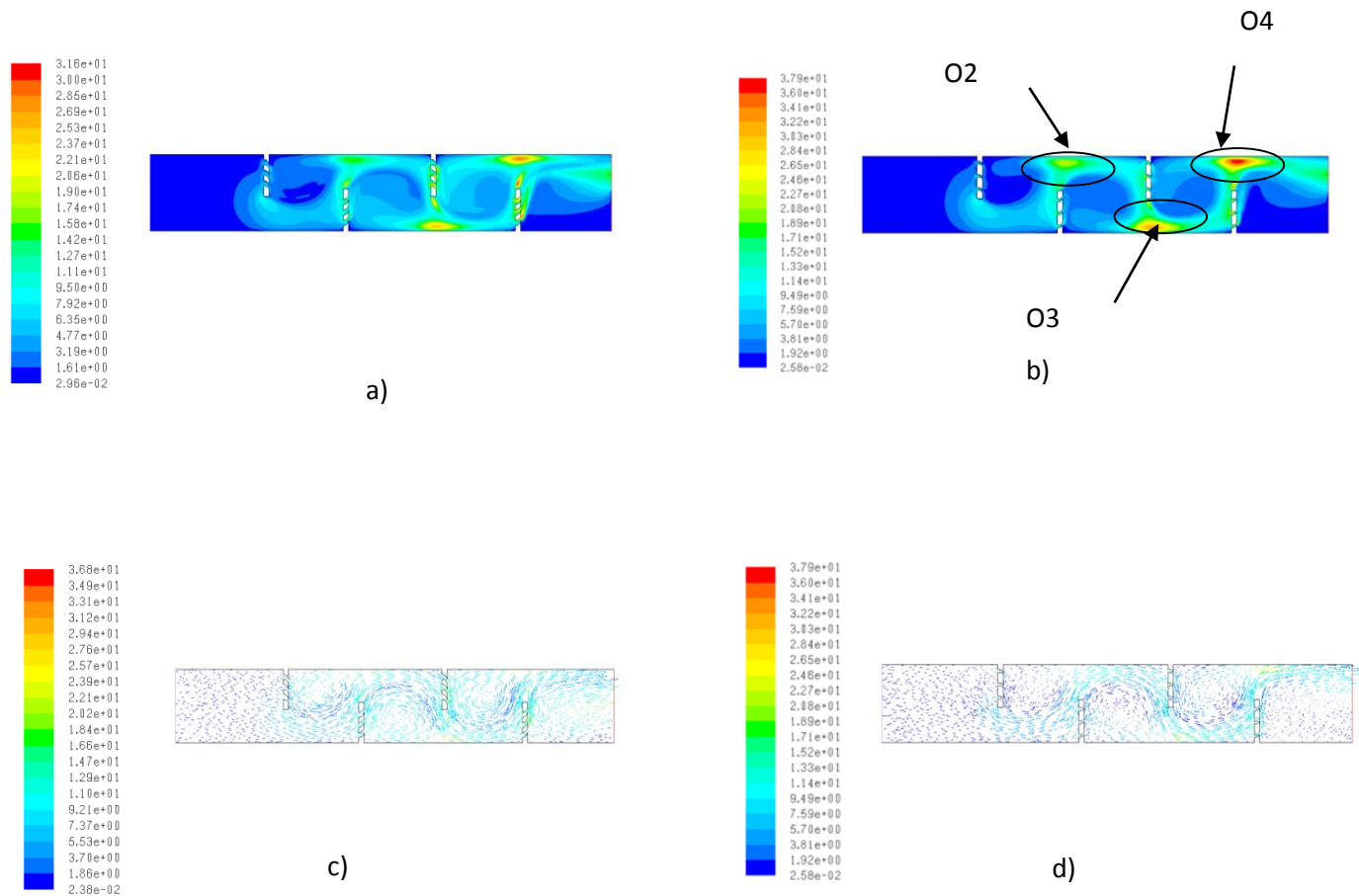
A partir de l'extrémité de la deuxième chicane jusqu'à la demi-partie supérieure du capteur, la valeur de l'énergie cinétique atteint la valeur maximum de  $26.5\text{m}^2/\text{s}^2$ , (zone : O2) (figure III.60.b).

-Pour la troisième chicane, cette valeur devient  $36\text{m}^2/\text{s}^2$ , (zone : O3).

-pour la quatrième chicane  $37.9\text{m}^2/\text{s}^2$  (zone : O4).

Ses valeurs sont supérieures pour les chicanes à barrettes  $r = 0.01\text{m}$ .

Mais en aval des quatre chicanes, les intensités de l'énergie cinétique sont supérieures pour le capteur à chicanes avec barrettes  $r = 0.01\text{m}$  (figures III.60.a ; III.60.c) par rapport au capteur à chicanes avec barrettes  $r = 0.005\text{m}$  (figures III.60.b ; III.60.d).



**Fig. III.60** Energie cinétique pour  $v = 3.9\text{m/s}$

a) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$

b) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

c) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$

d) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

Les profils des (figures III.61), montre la variation de l'énergie cinétique pour les différents points  $x = 0.2m$ ,  $x = 0.3m$ ,  $x = 0.4m$ ,  $x = 0.6m$ ,  $x = 0.8m$  pour les deux modèles de capteurs.

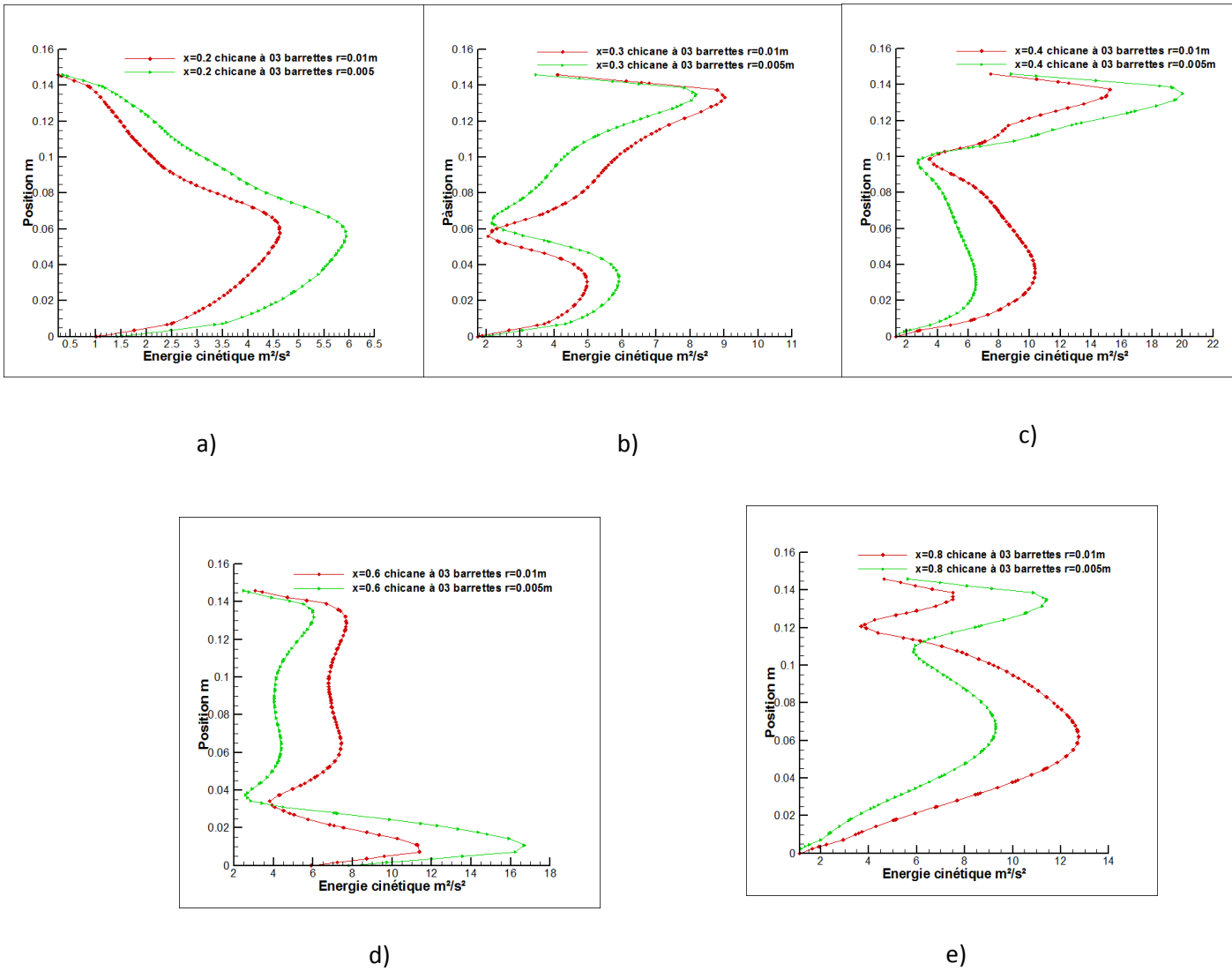
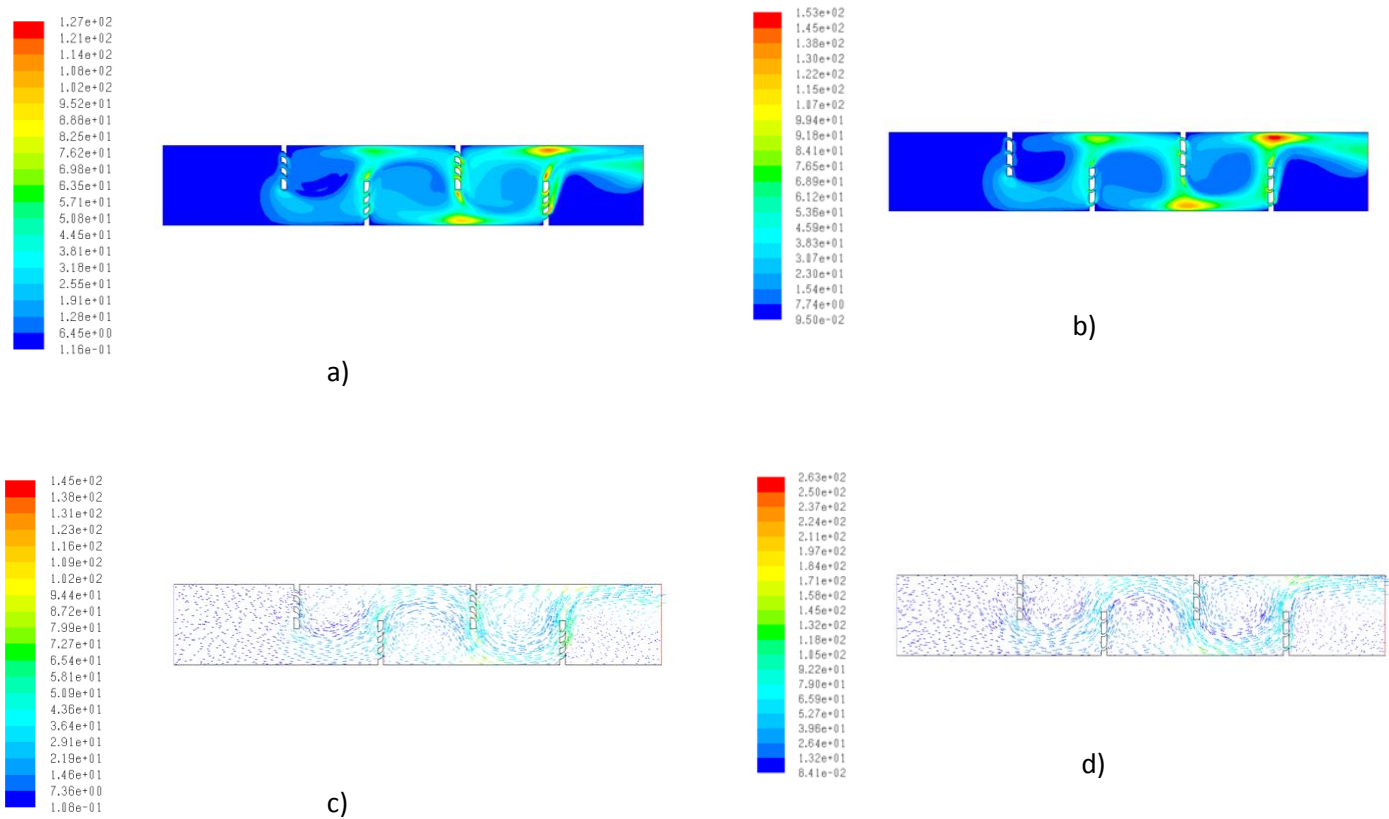


Fig. III.61 Profils de l'énergie cinétique pour  $v = 3.9m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8\text{m/s}$** 

Pour la vitesse d'entrée d'air  $v = 7.8\text{m/s}$ , les valeurs de l'énergie cinétique augmentent pour les deux modèles de capteurs (figure III.62.a ; III.62.b ; III.62.c, et III.62.d).



**Fig. III.62** Energie cinétique pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- b) Contour l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$
- c) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- d) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

Les profils des (figures III.63), montre l'augmentation de la valeur de l'énergie cinétique pour les différents points  $x = 0.2\text{m}$ ,  $x = 0.3\text{m}$ ,  $x = 0.6\text{m}$ ,  $x = 0.8\text{m}$ .

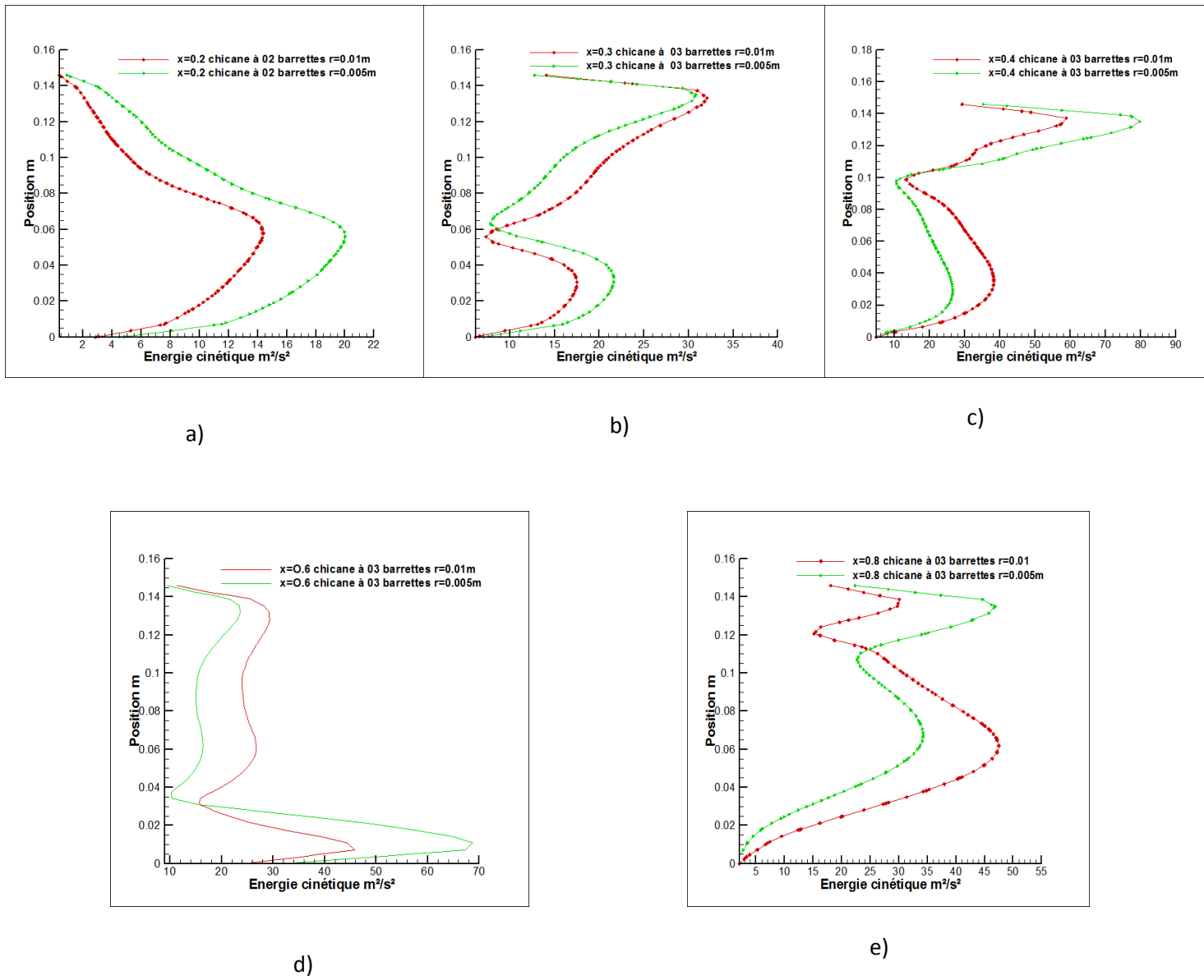
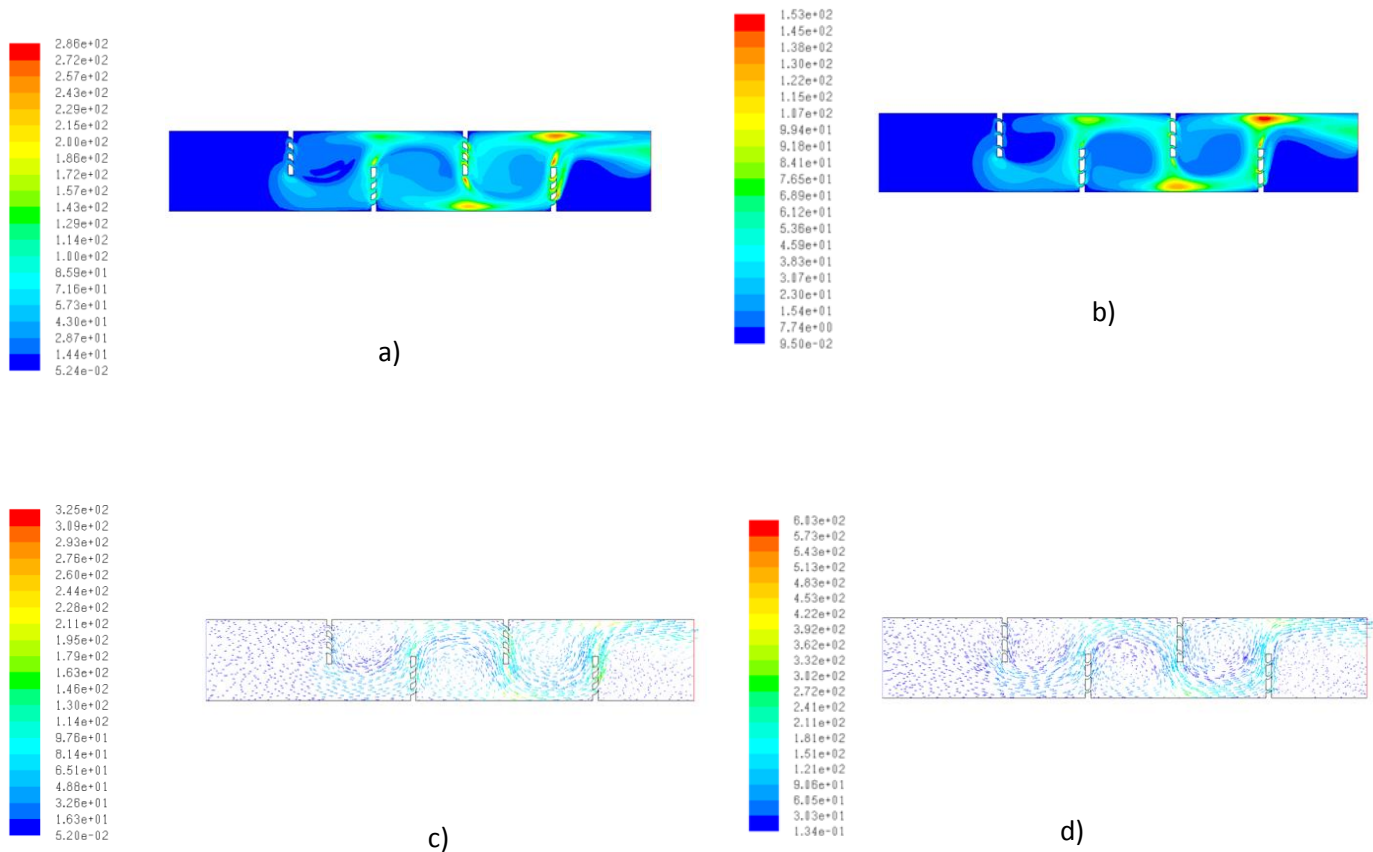


Fig. III.63 Profils de l'énergie cinétique pour  $v = 7.8m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$** 

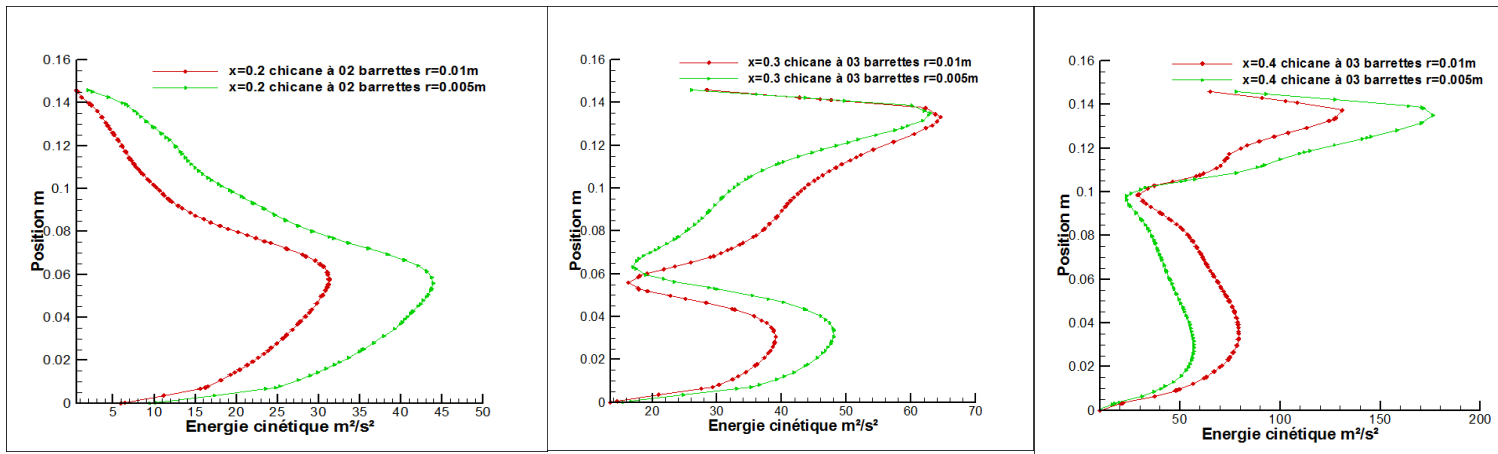
Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 11.7\text{m/s}$ , l'énergie cinétique continue à augmenter pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r = 0.01\text{m}$  (figure III.64.a ; III.64.c) et pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figure III.64.b ; III.64.d).



**Fig. III.64** Énergie cinétique pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 b) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$   
 c) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 d) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

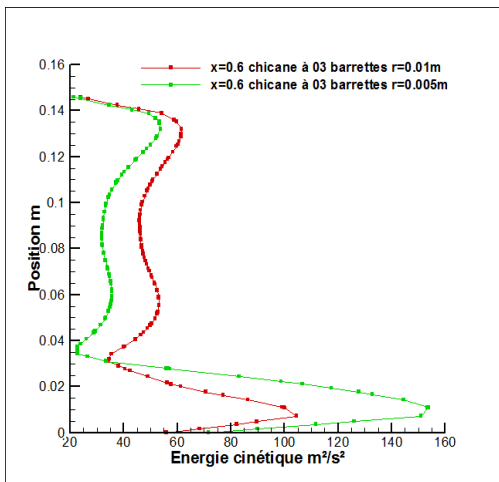
Les profils des (figures III.65.a ; III.65.b ; III.65.c ; III.65.d ; III.65.e) de l'énergie cinétique à  $x = 0.2\text{m}$ ,  $x = 0.3\text{m}$ ,  $x = 0.4\text{m}$ ,  $x = 0.6\text{m}$ ,  $x = 0.8\text{m}$  pour une certaine position de  $y$  vérifient l'augmentation de l'énergie cinétique pour une vitesse d'entrée d'air dans le capteur  $v = 11.7\text{m/s}$  par rapport aux vitesses d'entrées précédentes.



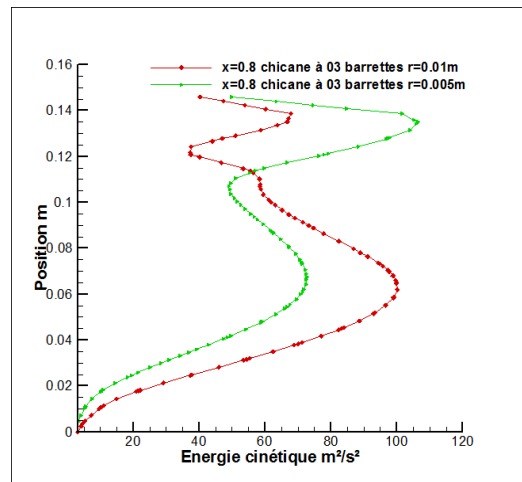
a)

b)

c)



d)



e)

Fig. III.65 Profils de l'énergie cinétique pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

## 7) Dissipation turbulente

### -Vitesse d'entrée $v = 3.9\text{m/s}$

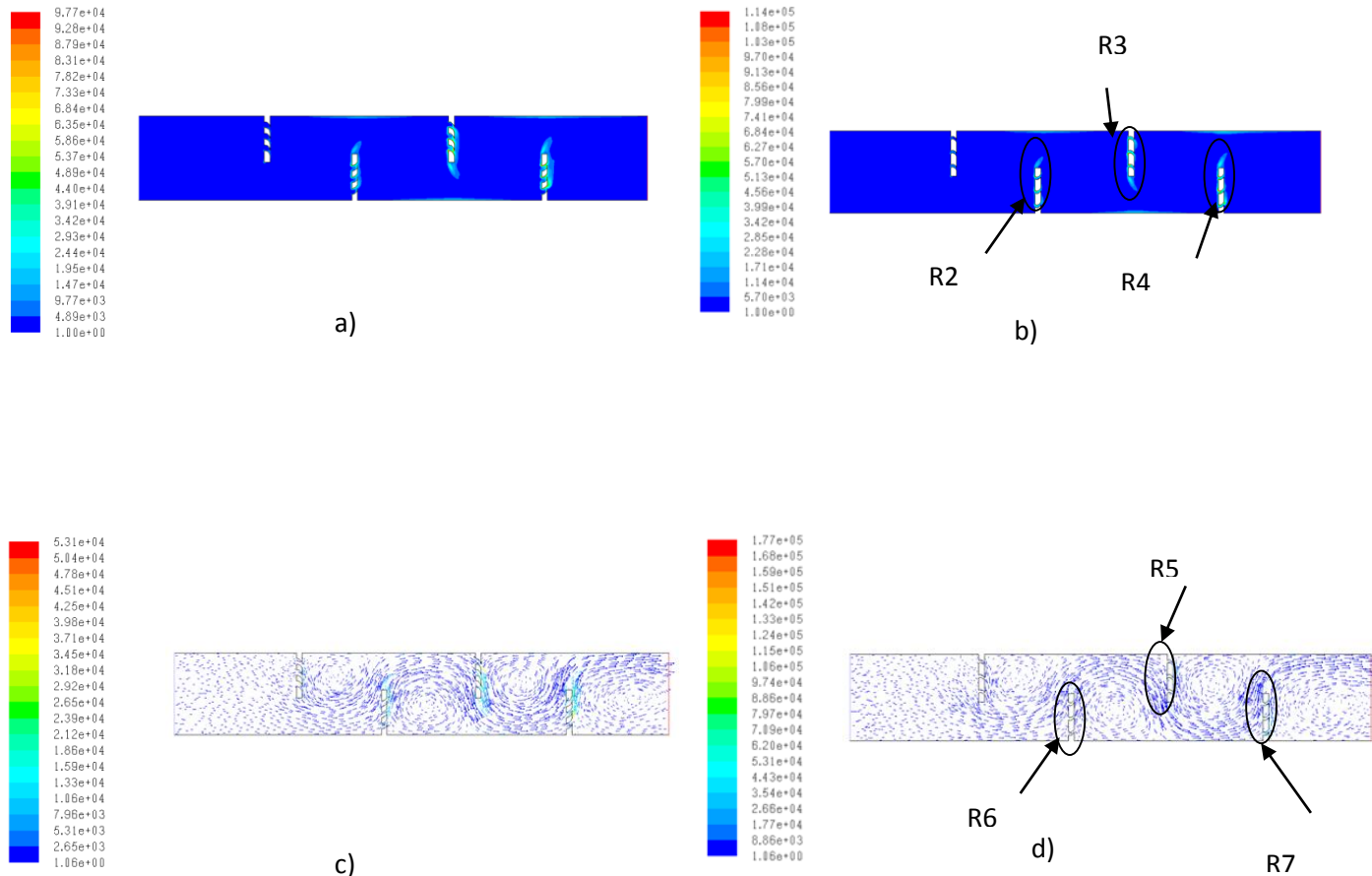
Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 3.9\text{m/s}$  :

pour le capteur à chicanes avec barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$ , la dissipation turbulente est toujours concentrée au niveau des extrémités et des barrettes de la deuxième, troisième et quatrième chicane (figure III.66.b ; III.66.d), leur valeurs maximum est de :

-pour la deuxième chicane  $228 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  à l'extrémité et  $570 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  au niveau des barrettes, (zone : R2, R6).

-pour la troisième chicane,  $342 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  à l'extrémité et  $1008 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  au niveau des barrettes, (zone : R3, R5).

-pour la quatrième chicane,  $513 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  à l'extrémité et  $1140 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  au niveau des barrettes, zone :( R4, R7).



**Fig. III.66** Dissipation turbulente pour  $v = 3.9 \text{ m/s}$

- a) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$   
 b) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$   
 c) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$   
 d) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$

Le champ de la distribution de la dissipation turbulente est peu différent pour les deux modèles de capteurs d'après les profils de la (figures III.67).

Pour les points les points,  $x = 0.3 \text{ m}$ ,  $x = 0.4 \text{ m}$ ,  $x = 0.6 \text{ m}$  et  $x = 0.8 \text{ m}$  légère différence de la dissipation turbulente du capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r = 0.005 \text{ m}$  par rapport au capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.01 \text{ m}$  (figures III.67).



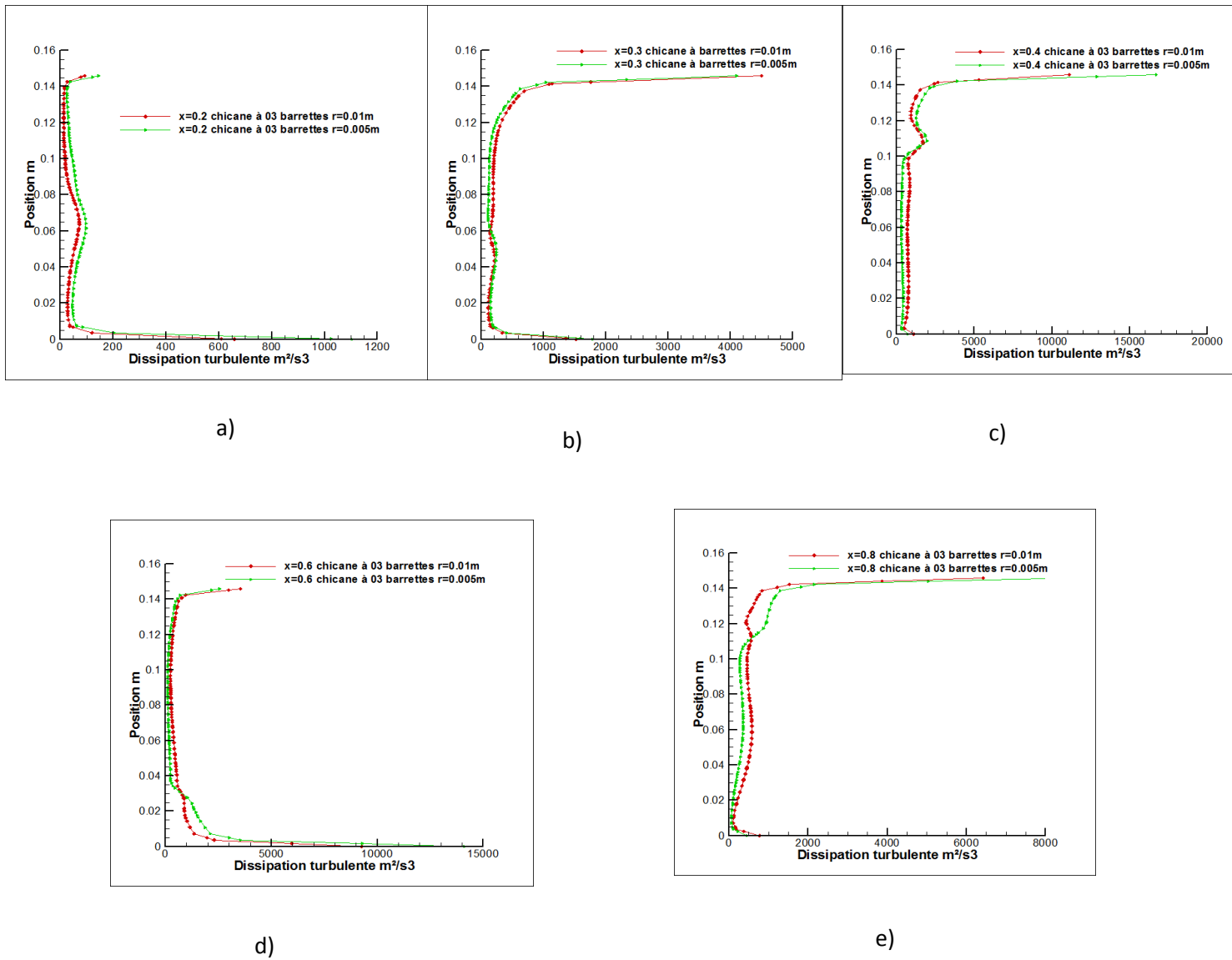
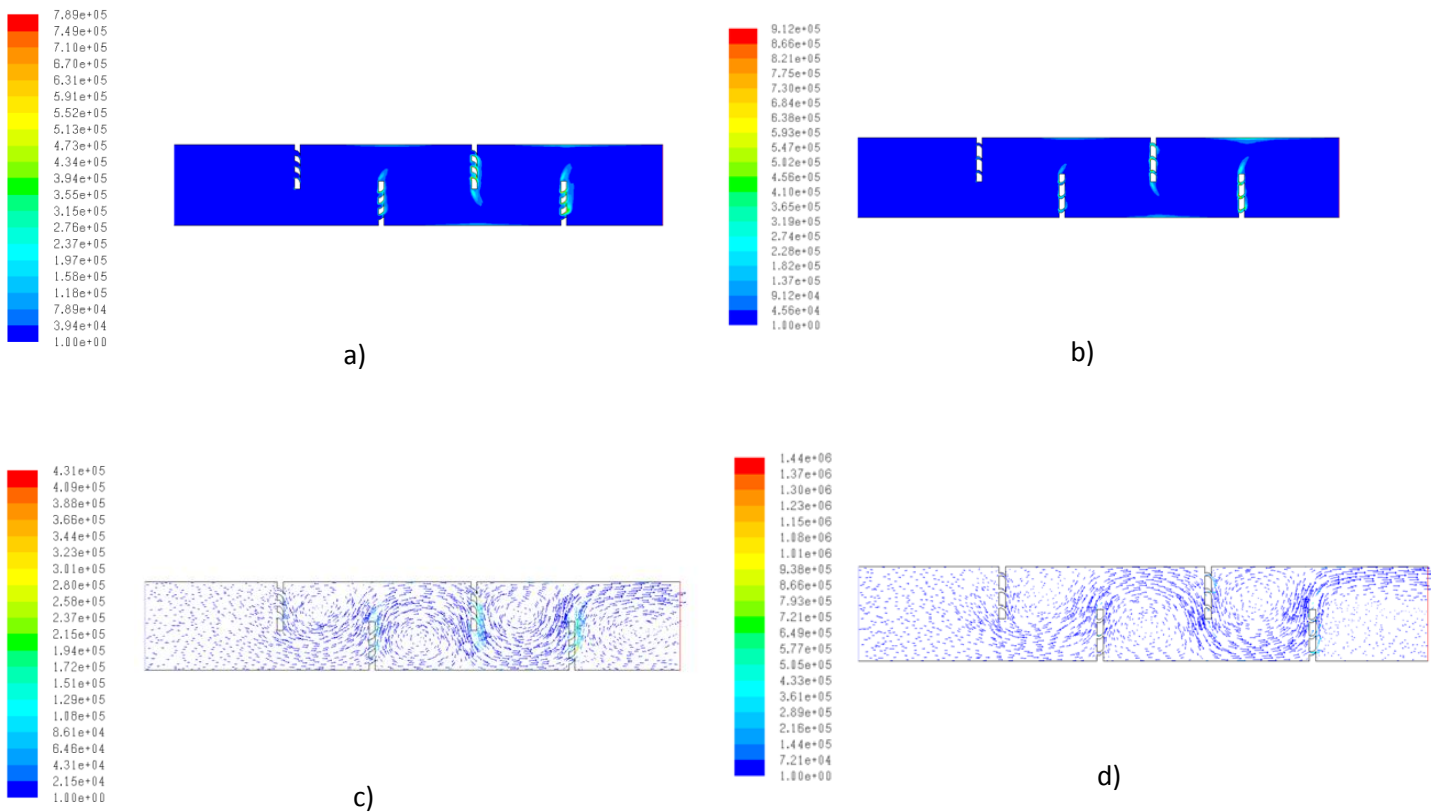


Fig. III.67 Profils de la dissipation turbulente pour  $v = 3.9m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8\text{m/s}$** 

L'augmentation de la vitesse d'entrée d'air dans le capteur solaire à  $v = 7.8\text{m/s}$  entraîne l'augmentation de la valeur de la dissipation turbulente pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r = 0.01\text{m}$  (figures III.68.a ; III.68.c) et pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figures III.68.b ; III.68.d).



**Fig. III.68** Dissipation turbulente pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- b) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$
- c) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$
- d) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

Les profils de la (figure III.69) justifie l'augmentation de la dissipation turbulente pour les deux modèles de capteurs solaires pour les différents points  $x = 0.2m$ ,  $x = 0.3m$ ,  $x = 0.4m$ ,  $x = 0.6m$ ,  $x = 0.8m$ .

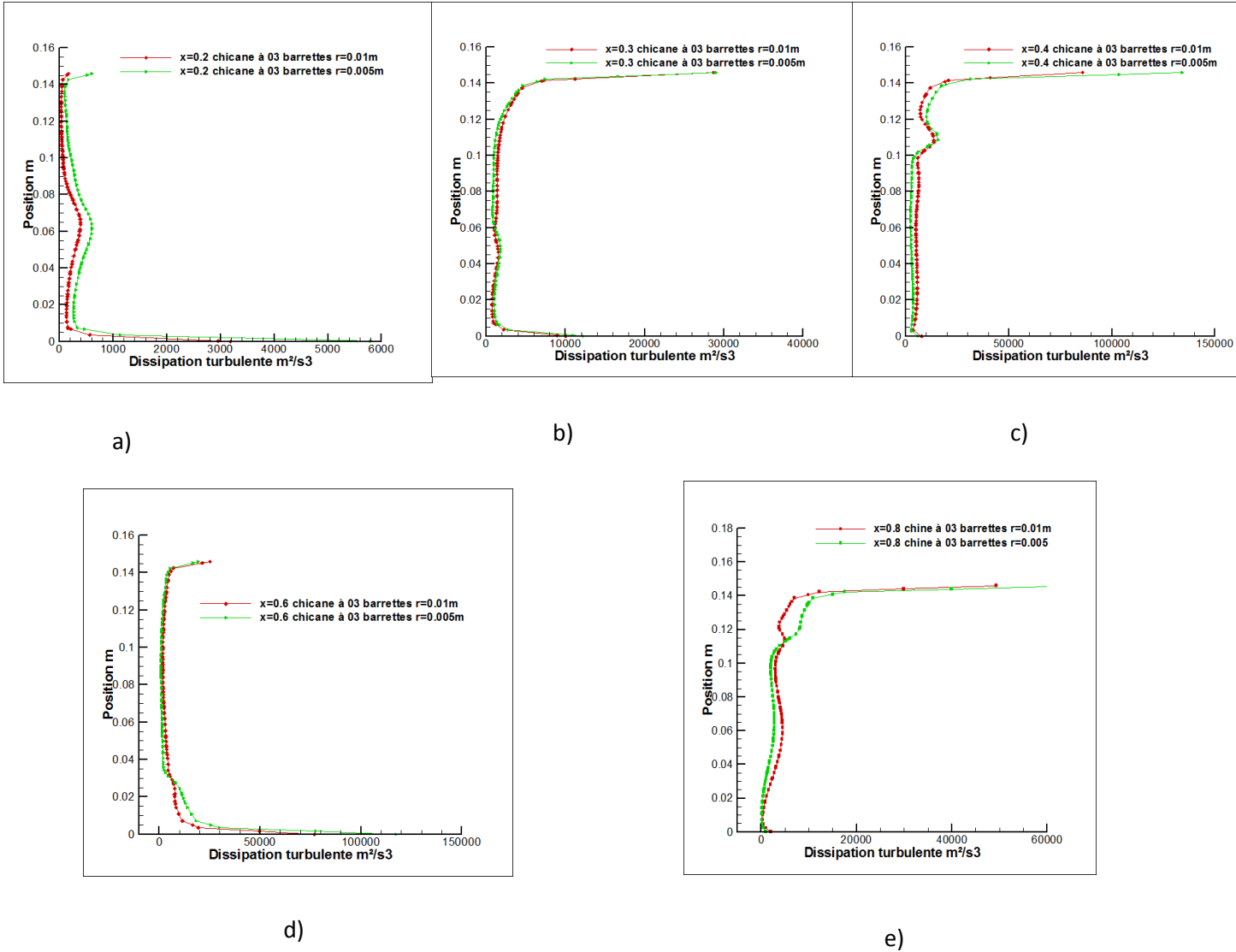
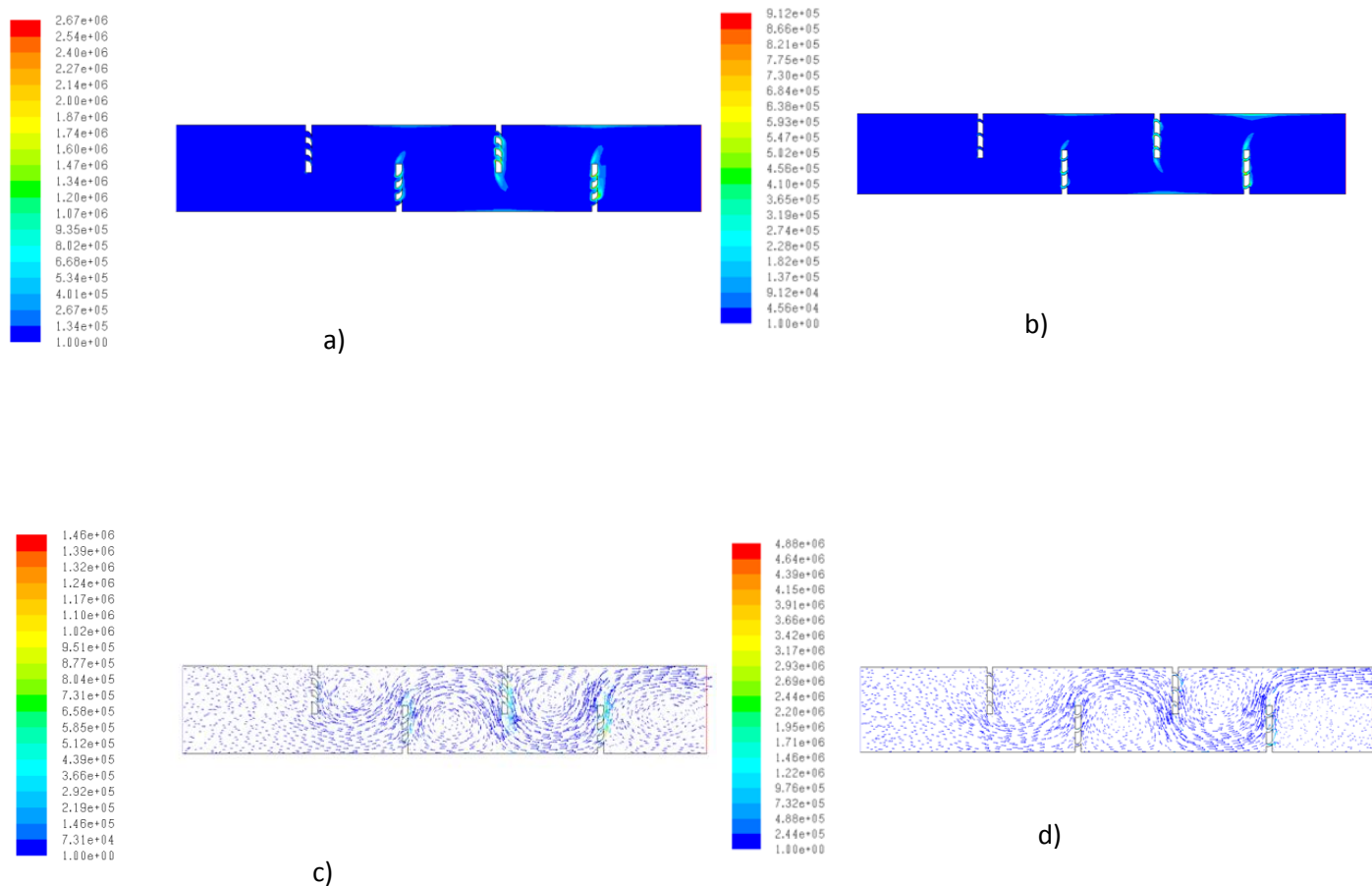


Fig. III.69 Profils de dissipation turbulente pour  $v = 7.8m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7m/s$**

Augmentation de la dissipation turbulente pour la vitesse d'entrée d'air dans le capteur solaire  $v = 11.7m/s$  (figures III.70) pour les deux modèles.



**Fig. III.70** Dissipation turbulente pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 b) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$   
 c) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 d) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

Profils de la (figures III.71) montre l'augmentation de la dissipation turbulente pour la vitesse d'entrée d'air dans le capteur solaire  $v=11.7\text{m/s}$  pour les deux modèles de capteur solaire.

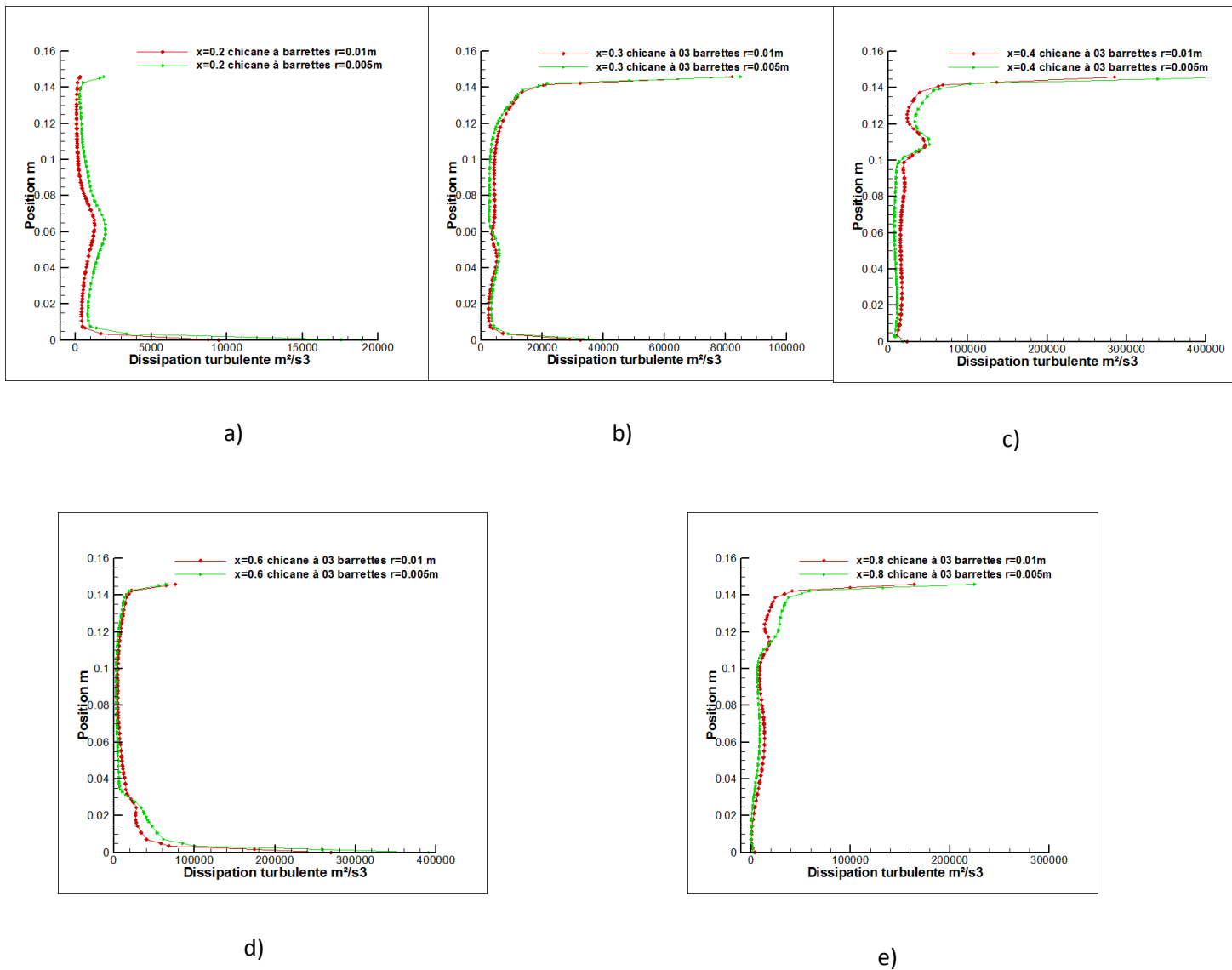


Fig. III.71 Profils de la dissipation turbulente pour  $v = 11.7m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

### 8) Distribution du champ de la température

Petite évolution de la température pour les chicanes à barrettes perforées de distance  $r = 0.005m$  pour les trois vitesses d'entrées, on remarque une augmentation de la température En aval de la première chicane  $x = 0.3m$  jusqu'à la sortie du capteur, (figure III.72 ; III.74 ; III.76).

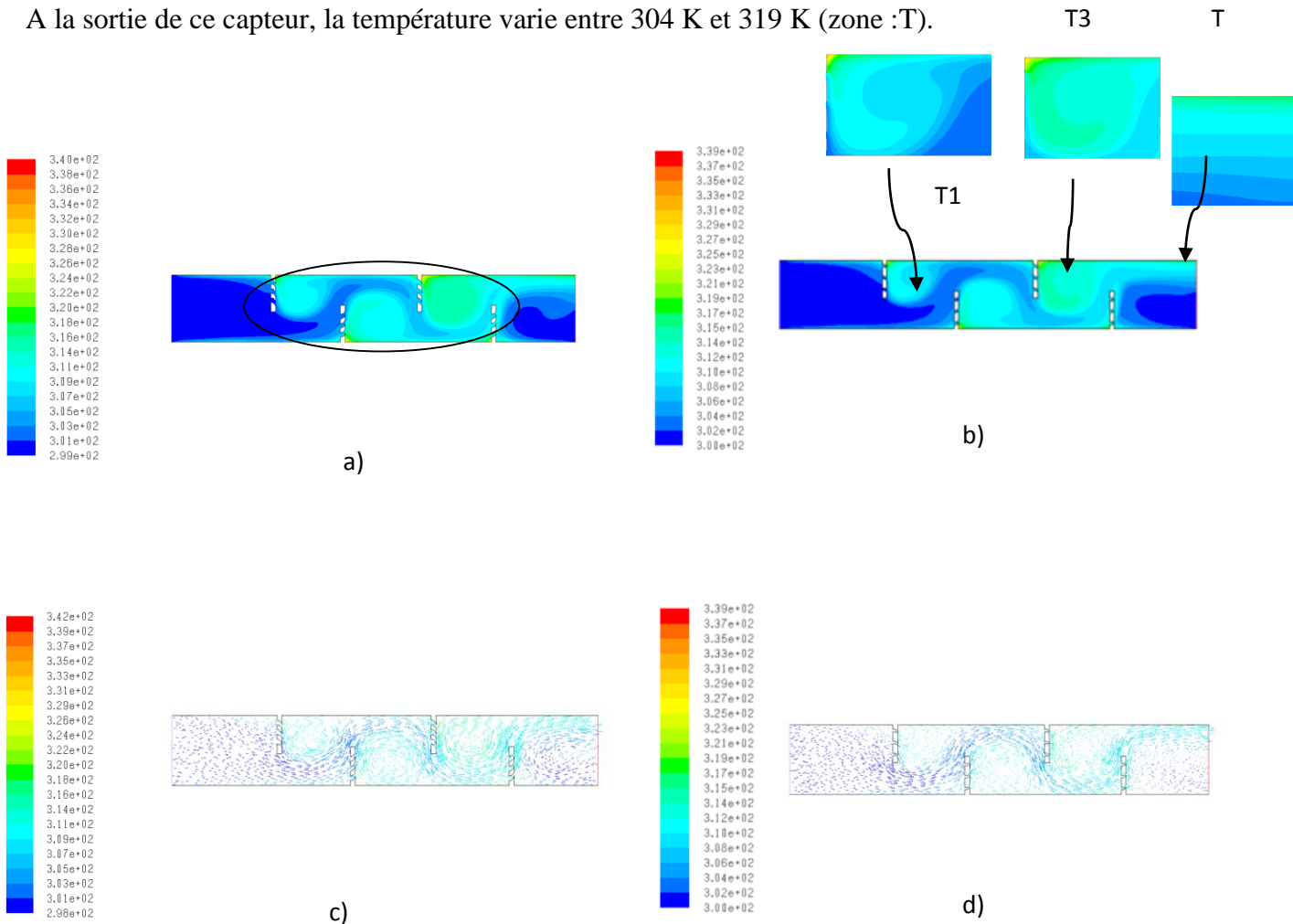
**-Vitesse d'entrée  $v=3.9\text{m/s}$** 

Pour cette vitesse  $v = 3.9\text{m/s}$  :

En aval de la première chicane, la température est comprise entre 304 K et 335 K pour le capteur à chicanes avec barrettes trois barrettes perforées  $r=0.005\text{ m}$ , (figures III.72.b ; III.72.d)( zone :T1)

En aval de la troisième chicane, cette température varie entre 310K et 335K (zone : T3) .

A la sortie de ce capteur, la température varie entre 304 K et 319 K (zone :T).



**Fig. III.72** Température pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 b) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$   
 c) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$   
 d) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$

Les profils de la (figure III.73), montre une augmentation de la température du capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r=0.005\text{m}$  par rapport au capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.01\text{m}$  pour les différentes positions  $x = 0.2\text{m}$ ,  $x = 0.3\text{m}$ ,  $x = 0.4\text{m}$ ,  $x = 0.6\text{m}$ ,  $x = 0.8\text{m}$ .

Cette augmentation est remarqué pour les deux autres vitesses d'entrées du fluide caloporteur  $v = 7.8\text{m/s}$  et  $v = 11.7\text{m/s}$  (figures III.75 ; III.77).

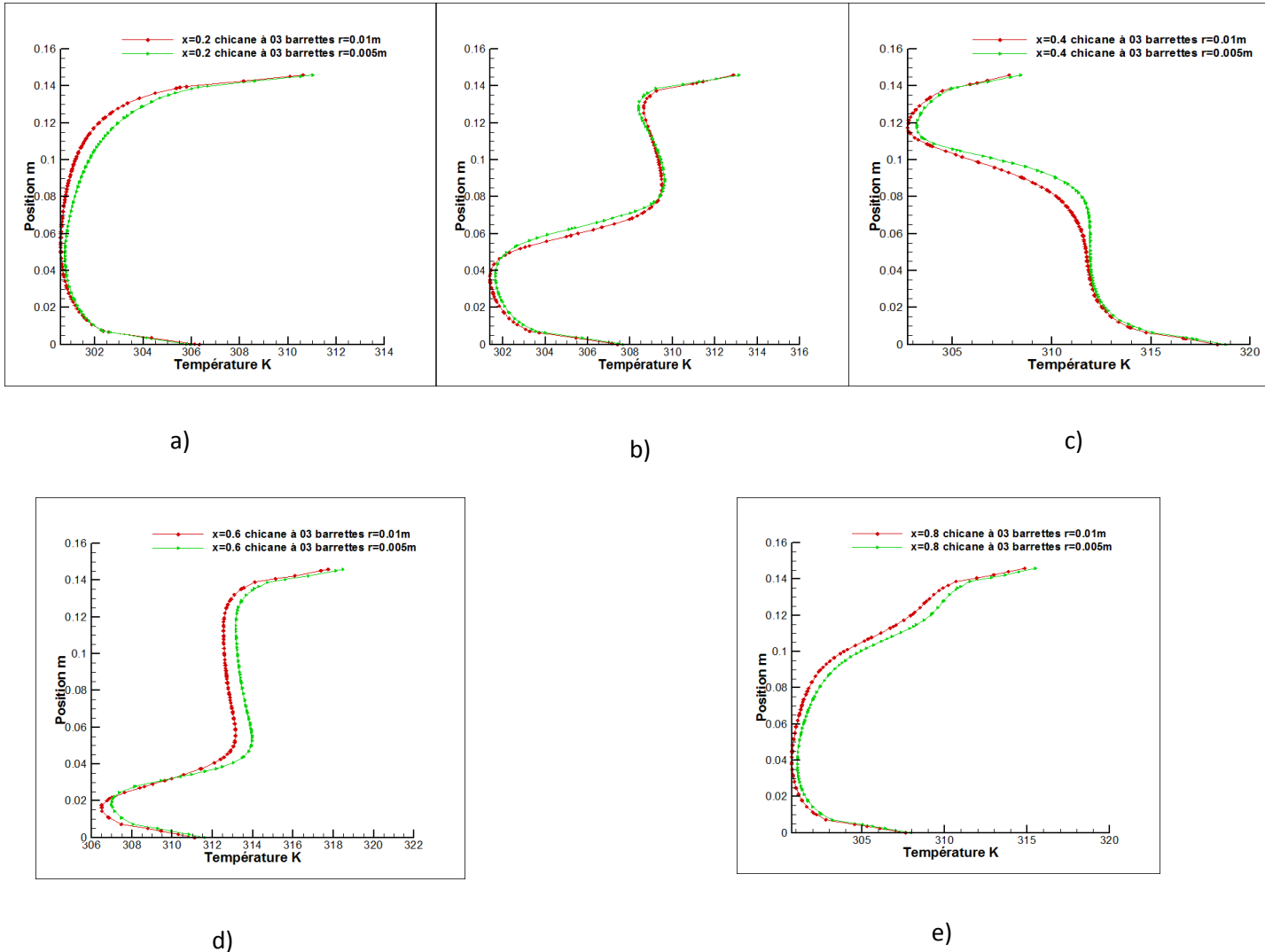


Fig. III.73 Profils de la température pour  $v = 3.9\text{m/s}$

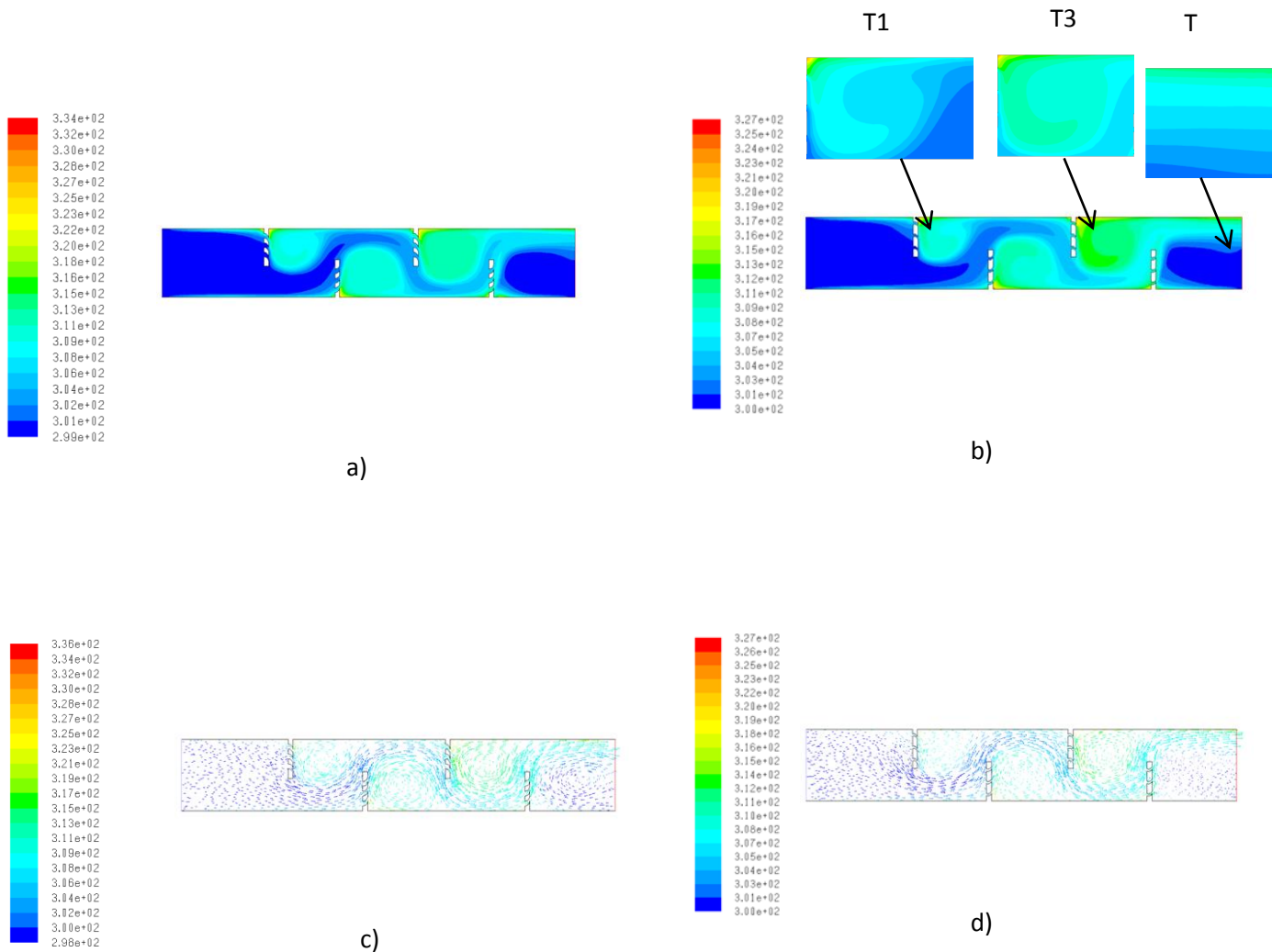
- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

### Vitesse d'entrée $v = 7.8\text{m/s}$

En aval de la première chicane, la température est comprise entre 303 K et 324 K pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{ m}$ , (figures III.74.b ; III.74.d) (zone : T1).

En aval de la troisième chicane, cette température varie entre 308 K et 327 K (zone : T3).

A la sortie de ce capteur, la température varie entre 304 K et 319 K (zone : T).



**Fig. III.74** Température pour  $v = 7.8 \text{ m/s}$

- a) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$
- b) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$
- c) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$
- d) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$

Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 7.8 \text{ m/s}$ , les profils de la (figure III.75) montre une augmentation des valeurs de la température par rapport aux profils de la (figure III.73).



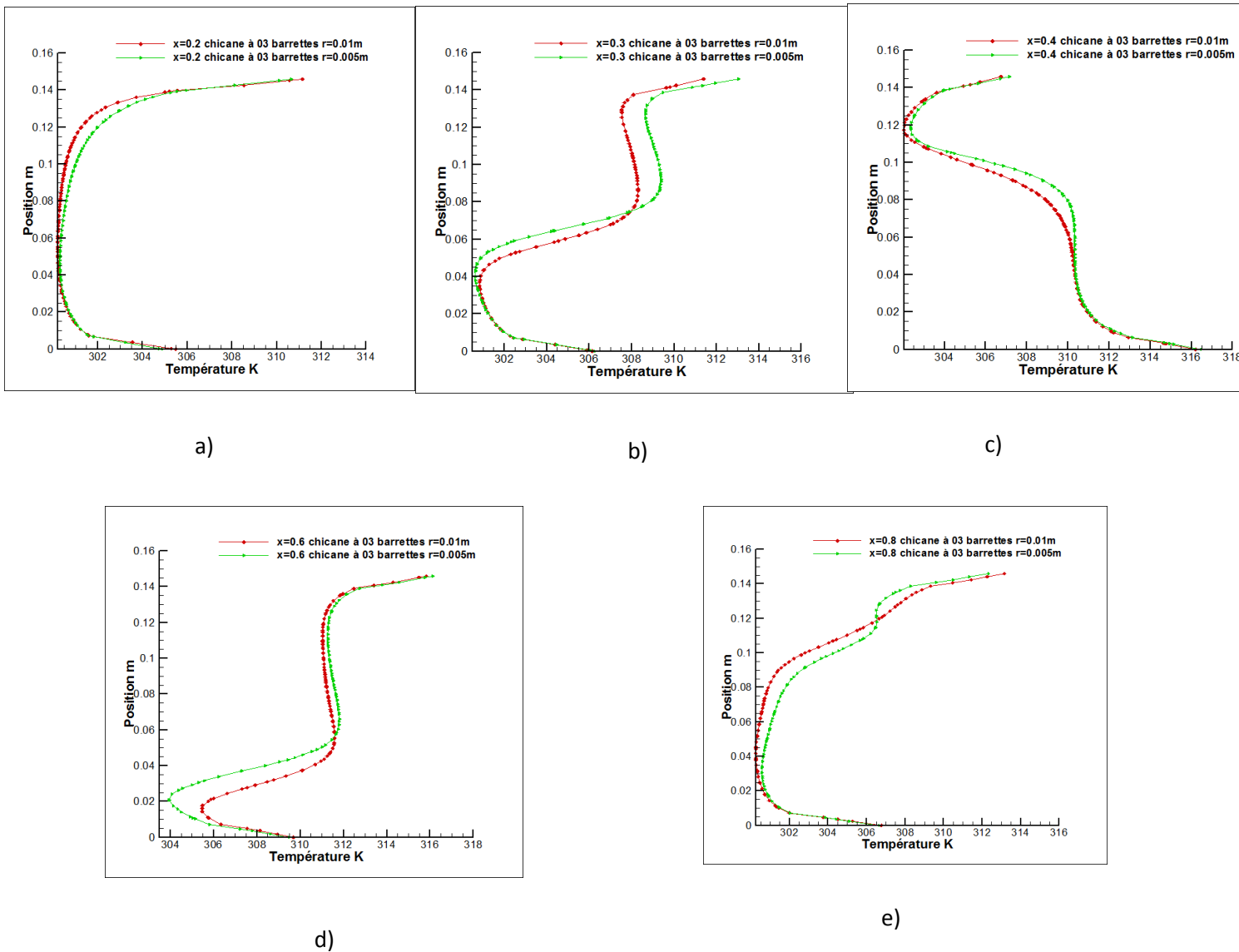


Fig. III.75 Profils de la température pour  $v = 7.8\text{m/s}$

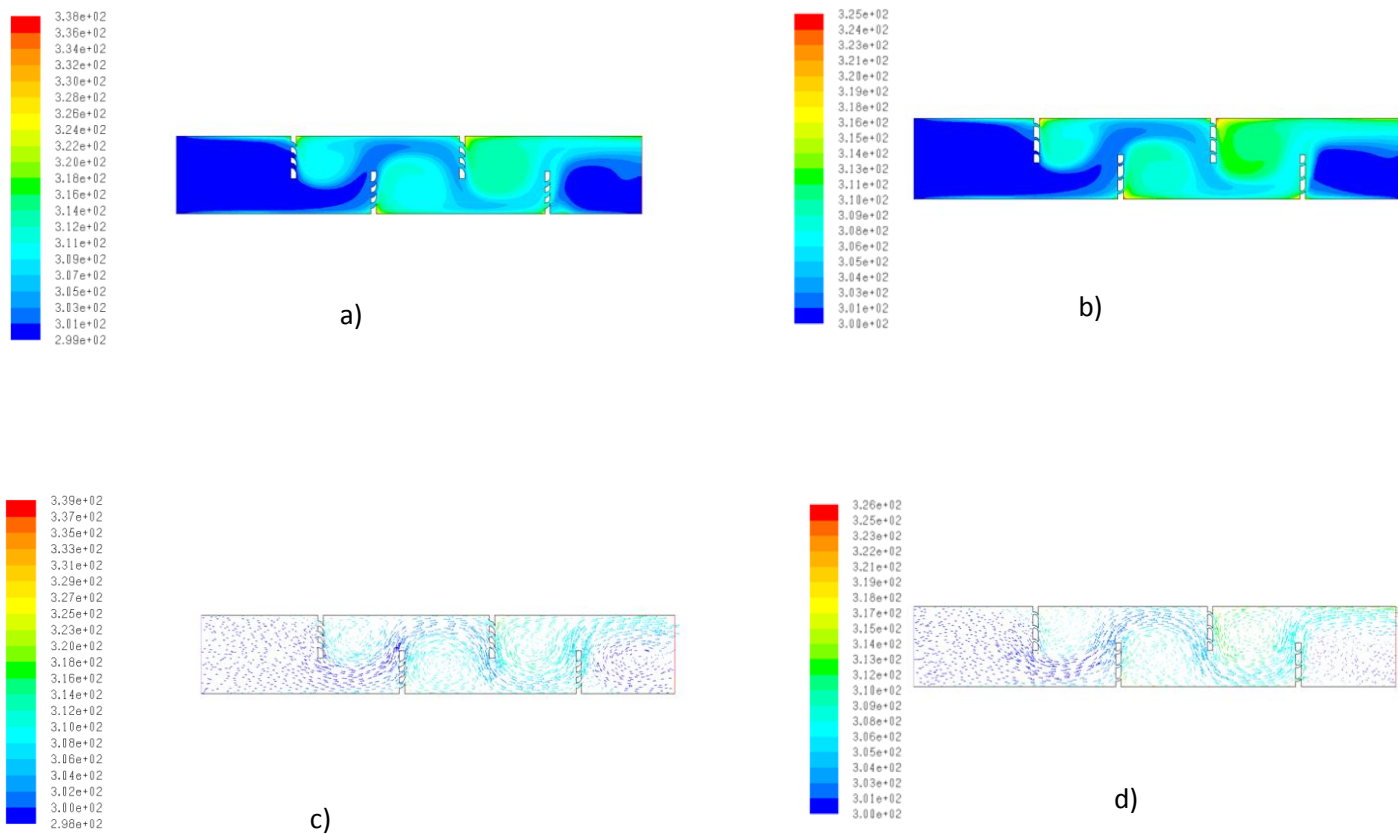
- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$**

En aval de la première chicane, la température est comprise entre 303 K et 324 K pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{ m}$ , (figures III.76.b ; III.76.d).

En aval de la troisième chicane, cette température varie entre 308K et 325K.

A la sortie de ce capteur, la température varie entre 304K et 319K.



**Fig. III.76** Température pour  $v = 11.7 \text{ m/s}$

- a) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$
- b) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$
- c) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01 \text{ m}$
- d) Vecteurs de température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.005 \text{ m}$

Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 11.7 \text{ m/s}$ , les profils de la (figure III.77) montre une augmentation des valeurs de la température par rapport aux profils de la (figure III.75).

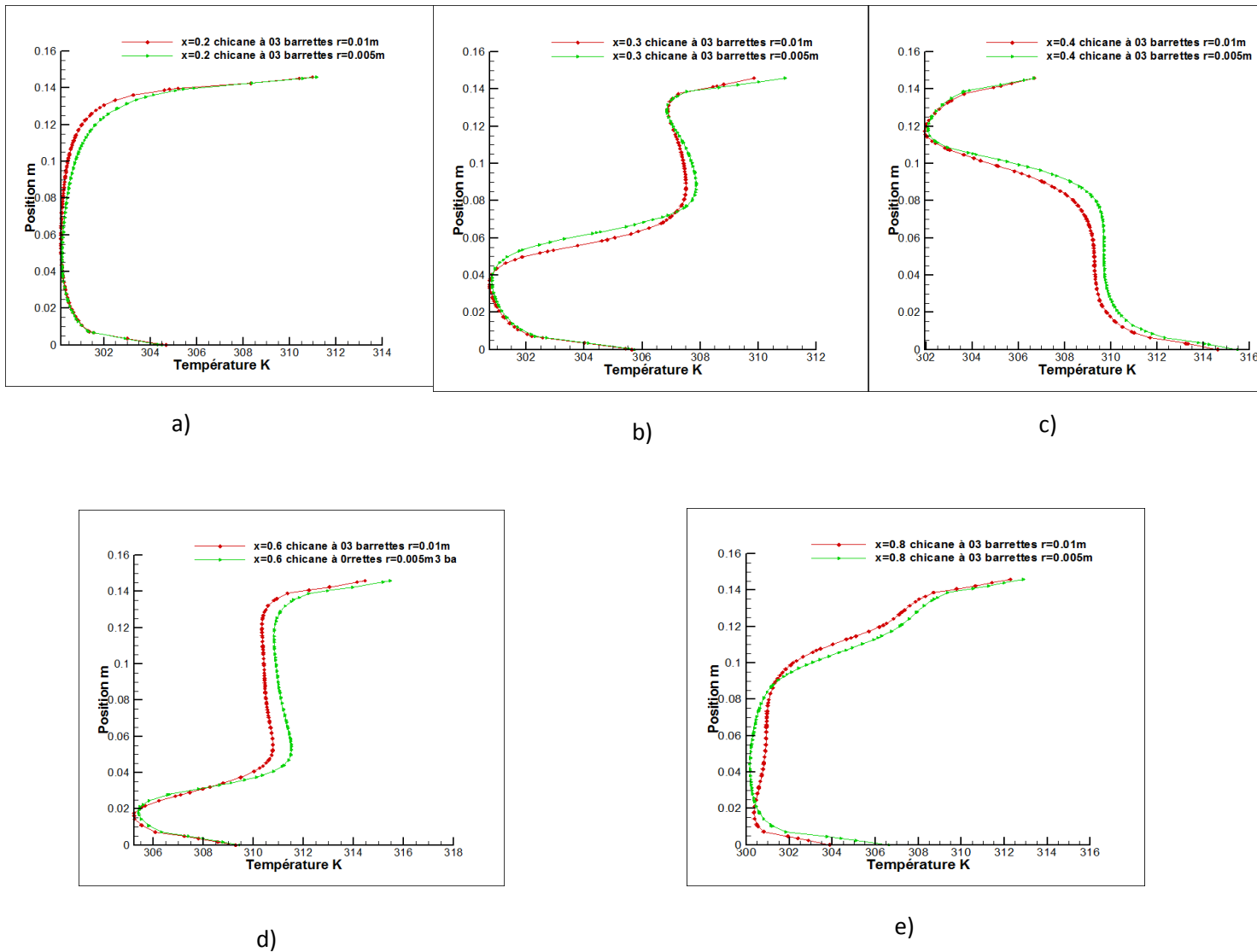


Fig. III.77 Profils de la température pour  $v = 11.7m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

**Conclusion**

La vitesse des lignes de courant diminue pour le capteur à chicanes avec barrettes  $r = 0.005m$  par rapport aux chicanes  $r = 0.01m$ .

La vitesse de recirculation suivant l'axe  $x$  est supérieure pour le capteur à chicanes avec barrettes  $r = 0.01m$ , même chose pour les gradients négatifs suivants l'axe  $y$ .

**III.11 Comparaison entre le capteur avec quatre chicanes muni de trois barrettes de distance  $r = 0.005m$  et le capteur avec quatre chicanes muni de six barrettes de distance  $r = 0.005m$  pour différentes vitesses.**

Dans une troisième partie une comparaison entre le modèle de capteur à chicane à trois perforations de 0.005m de distance et un capteur à chicanes à six barrettes de 0.005m de distance est donnée afin de montrer l'apport de ce dernier modèle vis-à-vis de la performance dynamique et thermique dû à l'air.

### 1) Lignes de courant

#### -Vitesse d'entrée $v=3.9\text{m/s}$

L'augmentation du débit des lignes de courant pour les chicanes à six barrettes perforées (figure III.78.b) (zone : B1, B2, B3, B4) par rapport aux chicanes à trois barrettes perforées (figure III.78.a) (zone : A1, A2, A3, A4).

-En aval de la première chicane le débit maximum des tourbillons à une valeur de 1.10 kg/s pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  avec une recirculation au niveau des barrettes de 0.916kg/s et à l'extrémité de 0.855kg/s, (zone : A1) à 1.05kg/s pour le capteur à chicanes avec six barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$ , (zone :B1), avec une recirculation maximum à une vitesse de 0.931m/s .

-En aval de la deuxième chicane, le débit prend une valeur de 0.183, (zone : A2) et 0.175 kg/s, (zone : B2).

-En aval de la troisième chicane, il prend la valeur de 1.22kg/s, zone : A3 et 1.16kg/s, (zone : B3).

-En aval de la quatrième chicane, il prend la valeur de, zone : A4 à, presque disparition de la zone tourbillonnaire (zone : B4).

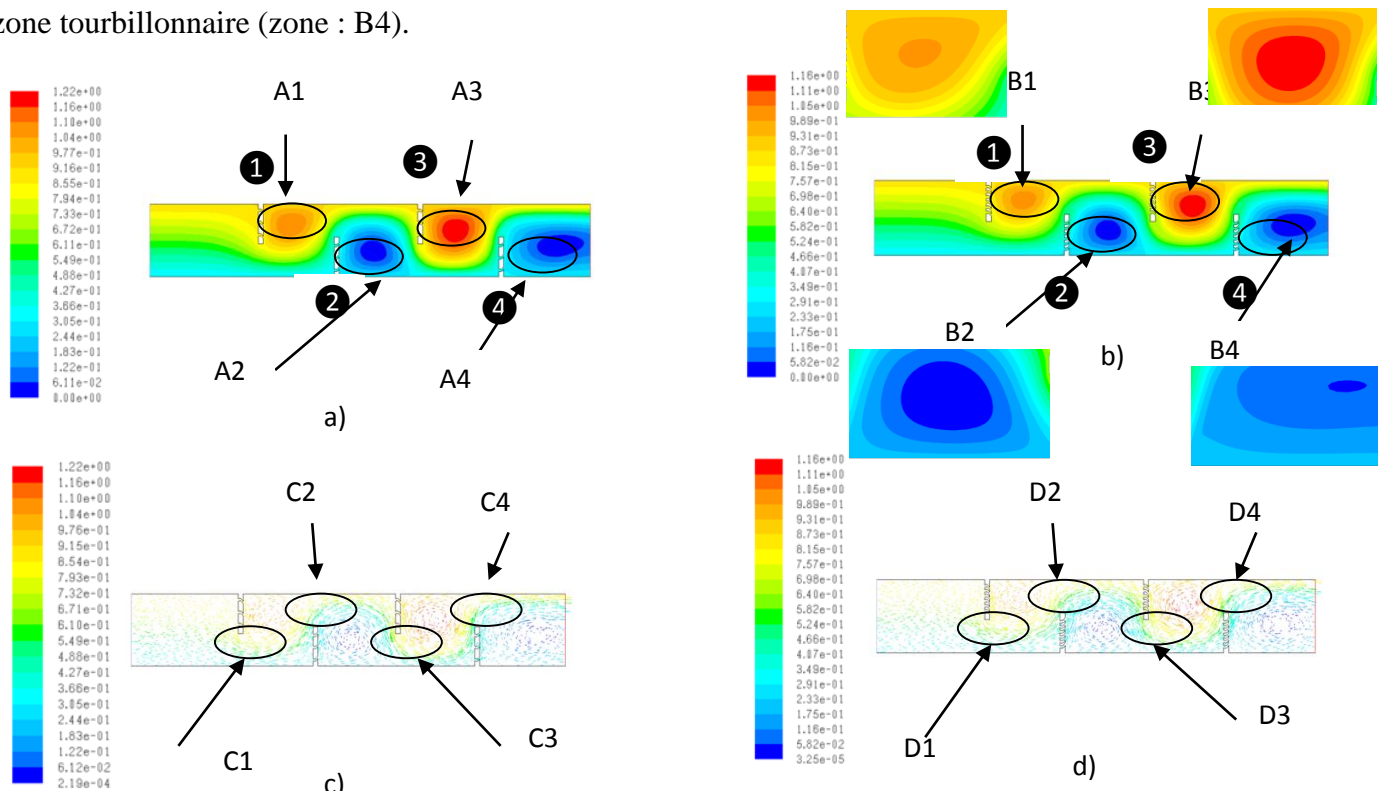
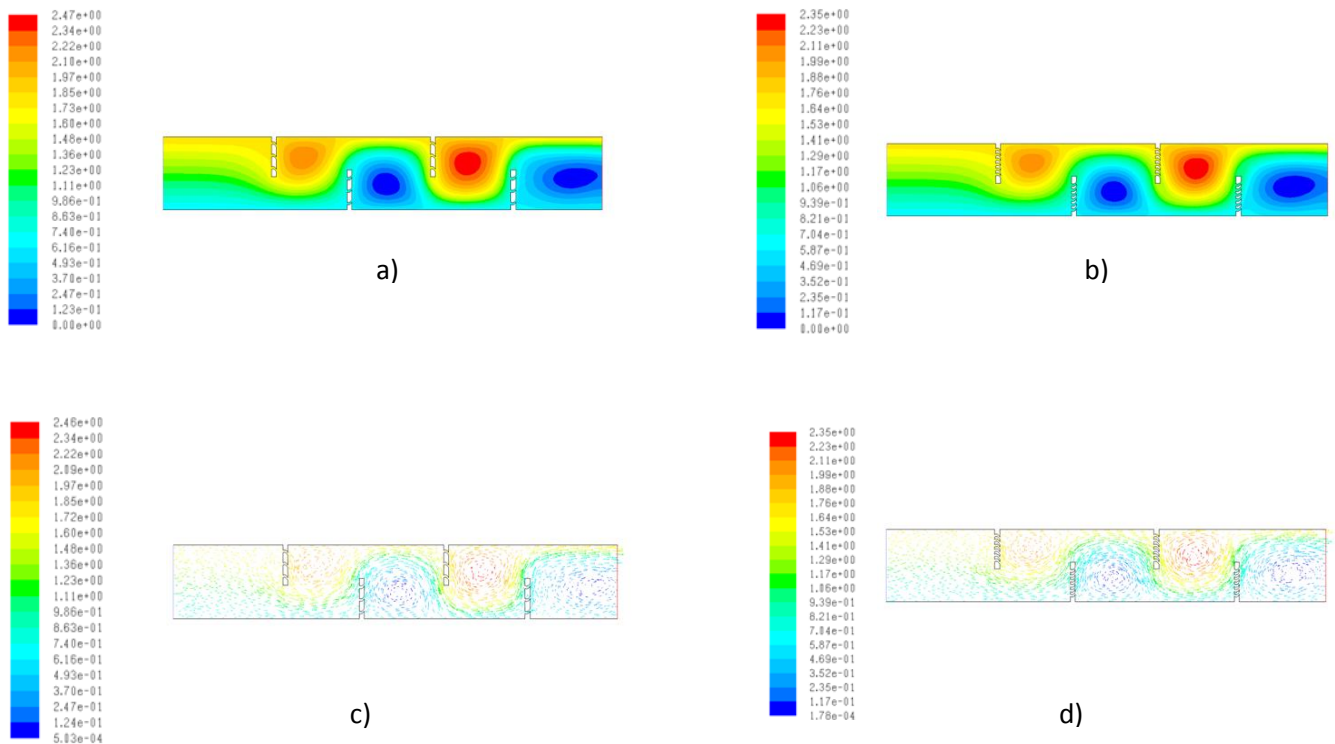


Fig. III.78. Lignes de courant pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de Lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 b) Contour de lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes  
 c) Vecteurs de lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 d) Vecteurs de lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

**-Vitesse d'entrée  $v=7.8\text{m/s}$** 

Le débit des lignes de courant augmente pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figure III.79.a ; III.79.c) et pour le capteur à chicanes avec six barrettes  $r = 0.005\text{m}$  (figure III.79.b ; III.79.d).

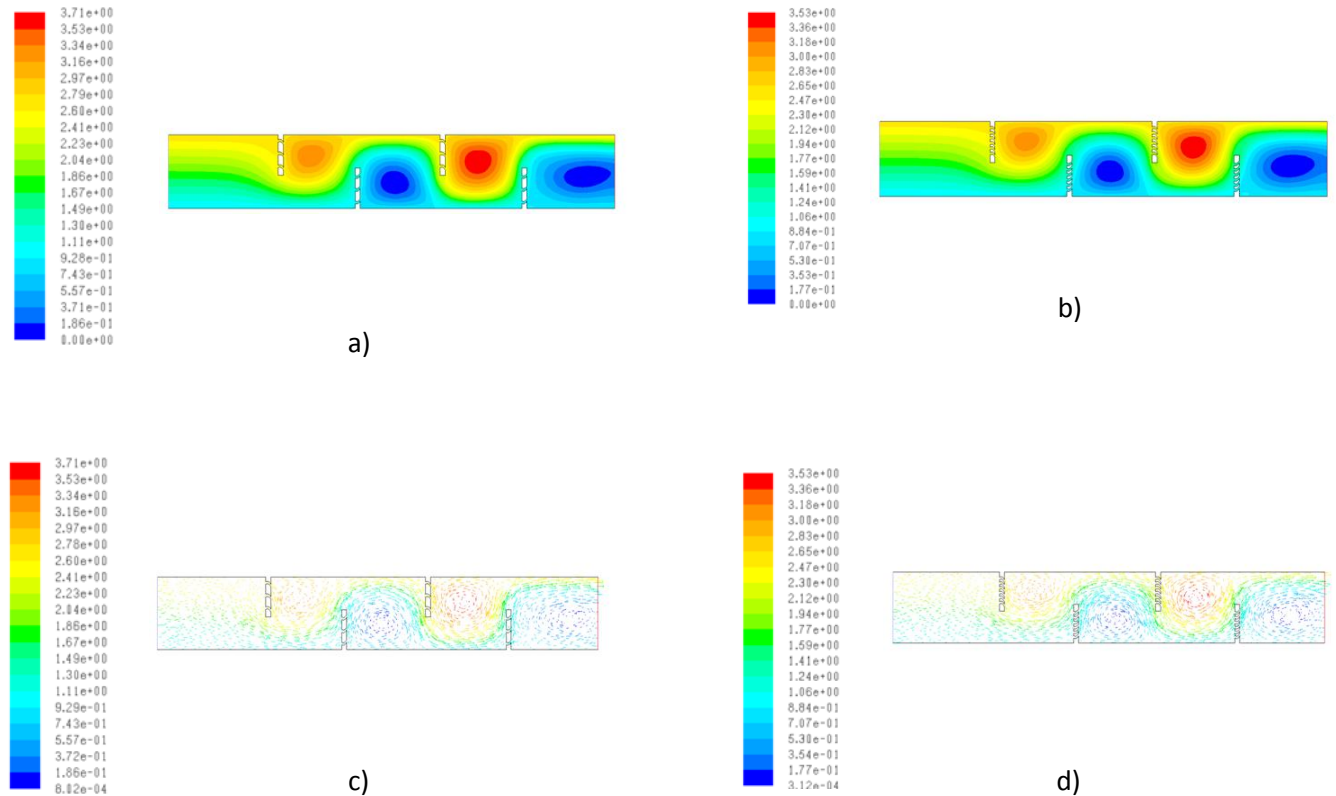


**Fig. III.79.** Lignes de courant pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour de lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs de lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs de lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$** 

Pour la vitesse  $v = 11.7\text{m/s}$ , le débit continue à augmenter pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figures III.80.a ; III.80.c) et pour le capteur à chicane avec six barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figures III.80.b ; III.80.d).



**Fig. III.80** Lignes de courant pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 b) Contour de lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes  
 c) Vecteurs de lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 d) Vecteurs de lignes de courant pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

## 2) Vitesse longitudinale « u »

Les (figures III.81 ; III.82 ; III.83) donne le champ des vitesses pour le capteur avec chicanes munies de trois barrettes perforées de distance  $r = 0.005\text{m}$  et le capteur avec chicanes munies de six barrettes perforées de distance  $r = 0.005\text{m}$  pour différentes vitesses d'entrée d'air.

En aval de chaque chicane les vitesses sont dans le sens inverse de l'écoulement. Cette opposition à l'écoulement diminue pour le modèle de capteur à chicanes avec six barrettes par rapport au modèle à trois barrettes.

### -Vitesse d'entrée $v = 3.9\text{m/s}$

Pour la vitesse  $v = 3.9\text{m/s}$  :

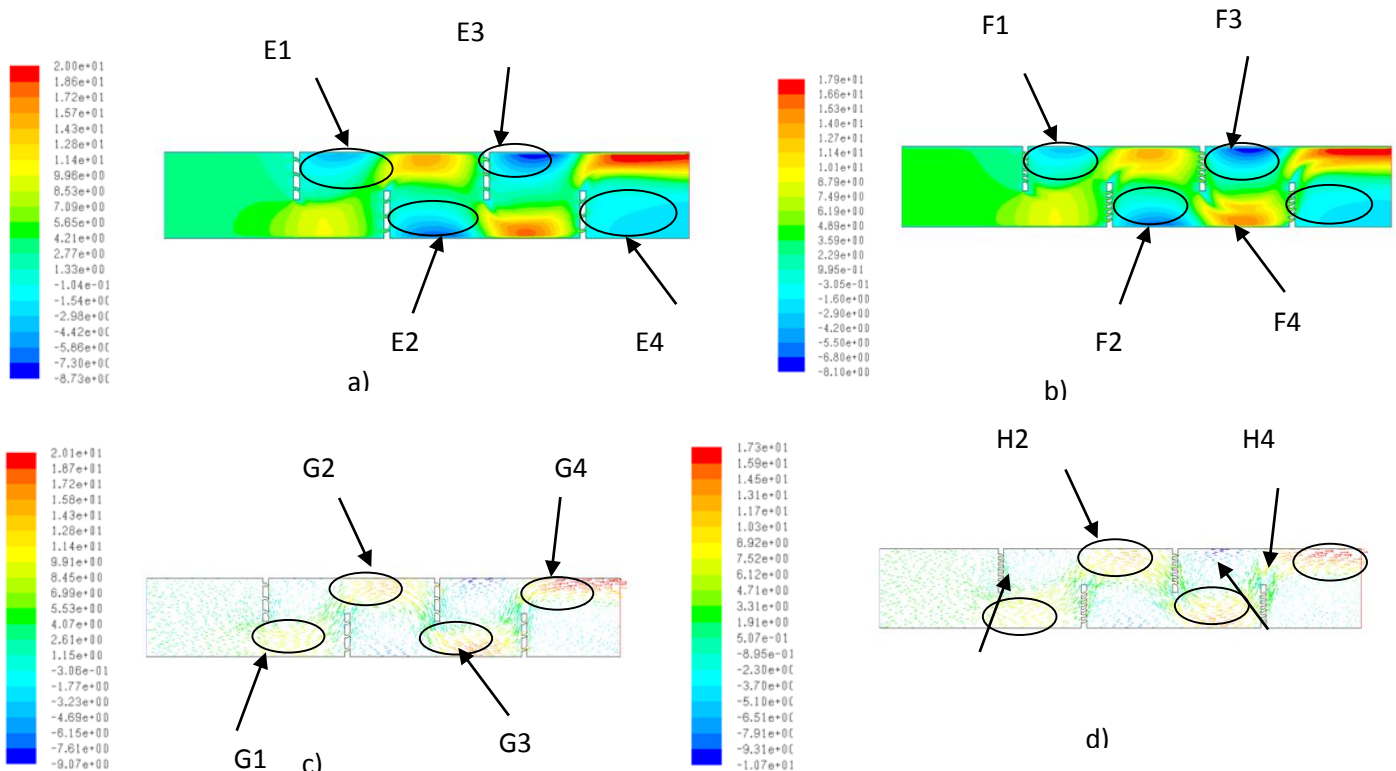
-En aval de la première chicane (figure III.81.a), (zone : E1) la vitesse maximum de la recirculation du fluide atteindra  $v = 2.77\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  et  $v = 3.59\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec six barrettes perforées (figure III.81.b), à partir de l'extrémité vers la paroi inférieure jusqu'à une vitesse

$v=11.4\text{m/s}$ , pour le capteur à chicane avec trois barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figure III.81.c), (zone :G1) et  $v = 10.1\text{m/s}$  avec un champ plus développé pour le capteur à chicanes avec six barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figure III.81.d).

-A la demi-partie inférieure du capteur en aval de la deuxième chicane, (figure III.81.a) (zone : E2) la vitesse maximum de la recirculation du fluide atteint une valeur maximum de  $v = 2.77\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes et  $v = 2.29\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec six barrettes (figure III.81.b), à partir de l'extrémité de la chicane l'accélération maximum du fluide à une vitesse  $v=15.7\text{m/s}$  pour le capteur à chicane avec trois barrettes, (zone : G2) et  $v = 14\text{m/s}$  avec un champ plus développé pour le capteur à chicane avec six barrettes, (zone : H2).

-Le champ de vitesses en aval de la troisième chicane est plus développé pour le capteur à chicane avec six barrettes, (zone : F3) par rapport au champ du capteur à chicane avec trois barrettes, (zone : E3).

-En aval de la quatrième chicane à la partie inférieure du capteur la vitesse évolue de  $v = -0.104\text{m/s}$  à  $v=-0.154\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes, (zone : E4) et de  $v = -0.305\text{m/s}$  à  $v = 0.995\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec six barrettes.



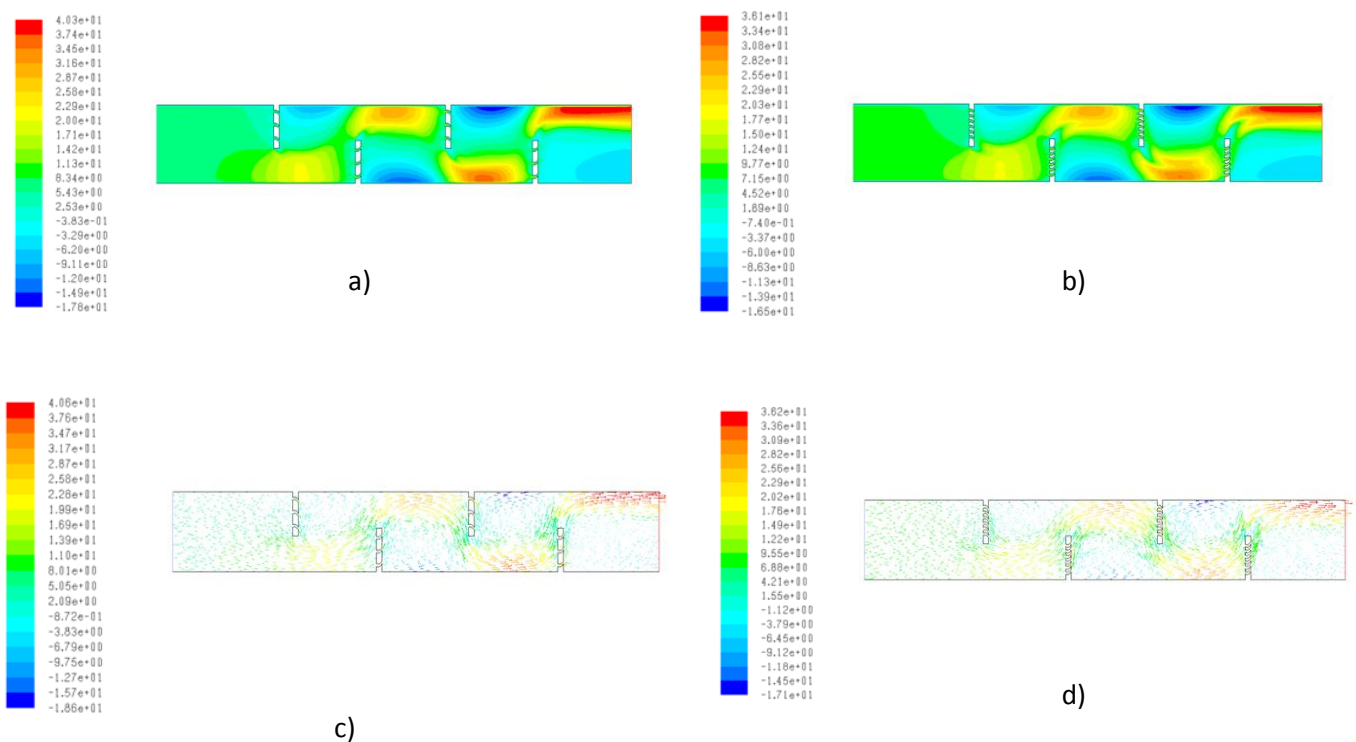
**Fig. III.81** Vitesse longitudinale pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 b) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes  
 c) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 d) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes



**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8\text{m/s}$** 

Les différentes vitesses longitudinales augmentent, lorsque on amène la vitesse de l'air à l'intérieur du capteur solaire à  $v=7.8\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r=0.005\text{m}$  (figures III.82.a ; III.82.c) et pour le capteur à chicanes avec six barrettes perforées  $r=0.005\text{m}$  (figures III.82.b ; III.82.d).



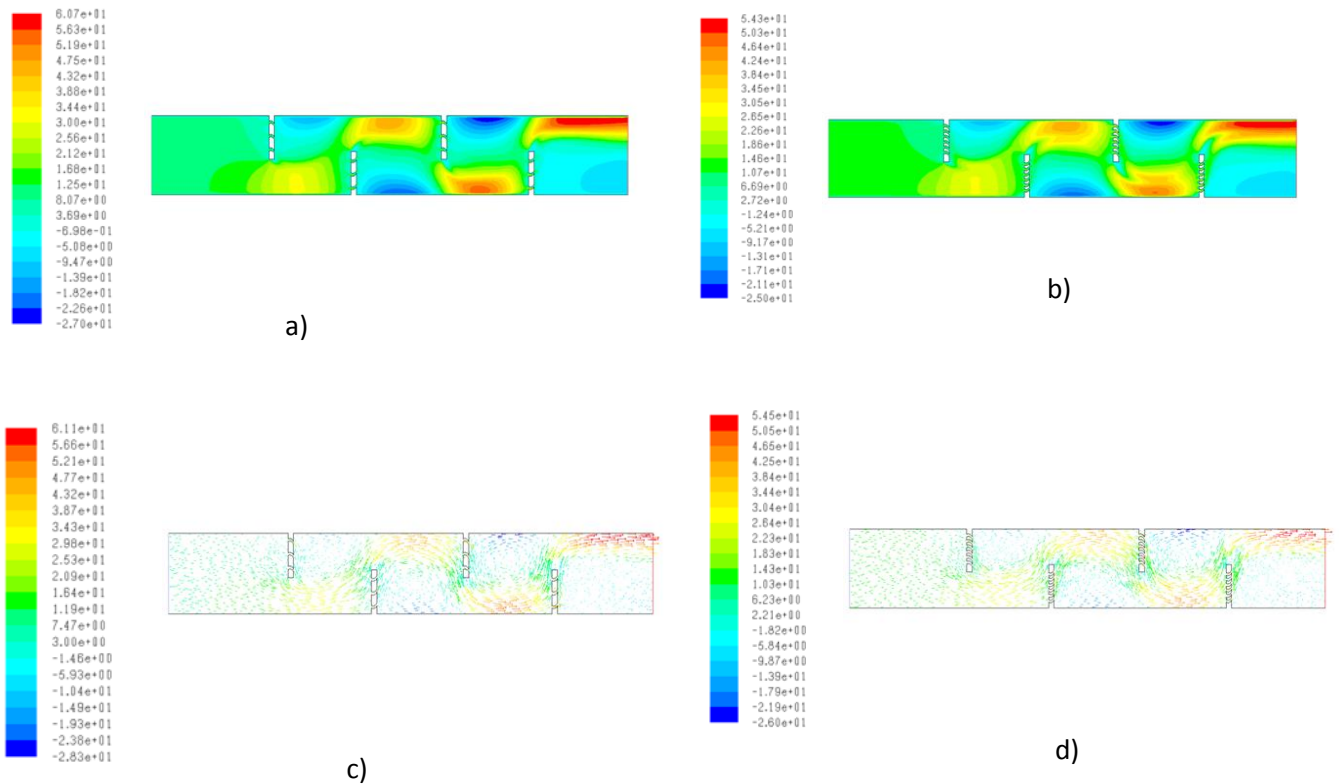
**Fig. III.82** Vitesse longitudinale pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$** 

Les mêmes observations sur l'augmentation de l'intensité des vitesses longitudinales lorsque on amène la vitesse d'entrée d'air à  $v = 11.7\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes (figure III.83.a ; III.83.c) et pour le capteur à chicanes avec six barrettes (figure III.83.b ; III.83.d).





**Fig. III.83** Vitesse longitudinale pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 b) Contour de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes  
 c) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 d) Vecteurs de la vitesse longitudinale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

### 3) Vitesse transversale « $v$ »

#### -Vitesse d'entrée $v = 3.9\text{m/s}$

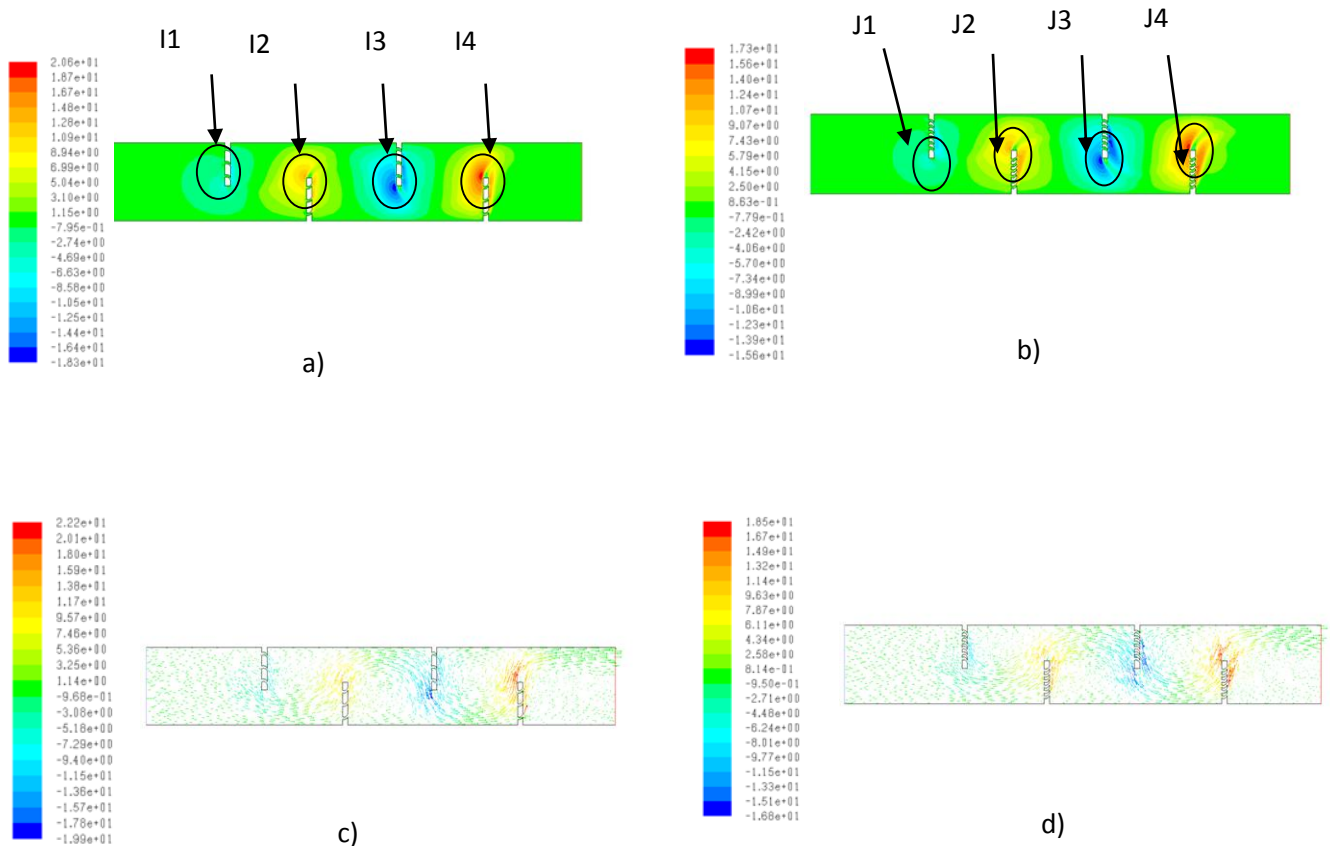
Pour la composante transversale de la vitesse, on constate des gradients de vitesses négatives au niveau des barrettes et des extrémités de chicanes supérieures pour les différents cas et des gradients positifs pour les chicanes inférieures. (figures III.84 ; III.85 et III.86)

Les gradients négatifs sont beaucoup plus importants pour le capteur à chicanes avec trois barrettes.

Pour la vitesse  $v = 3.9\text{m/s}$  :

-au niveau de la première chicane, il y a une évolution à partir de l'extrémité et des barrettes des gradients de vitesse négative jusqu'à une valeur  $v = -0.795\text{m/s}$  pour le capteur à chicane

avec trois barrettes perforées  $r=0.005\text{m}$ , (figure.III.84.a) (zone :I1) et de  $v=-0.779\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec six barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$ , (figure III.84.b),(zone :J1)  
 -au niveau de la deuxième chicane, il y a un développement d'une recirculation à l'extrémité et aux barrettes d'une valeur maximum de  $v=12.8\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes (zone : I2) et de  $v=12.4\text{m/s}$  pour le capteur à chicane avec six barrettes (zone : J2).  
 -au niveau de la troisième chicane, les gradients de vitesses négative jusqu'à  $v = -2.74$  pour le capteur à chicane avec trois barrettes (zone : I3) et  $v = -2.42\text{m/s}$  pour le capteur à chicane avec six barrettes (zone : J3).  
 -au niveau de la quatrième chicane la recirculation du fluide arrivé à une vitesse  $v = 20.6\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes, (zone : I4) et  $v=17.3\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec six barrettes (zone : J4).



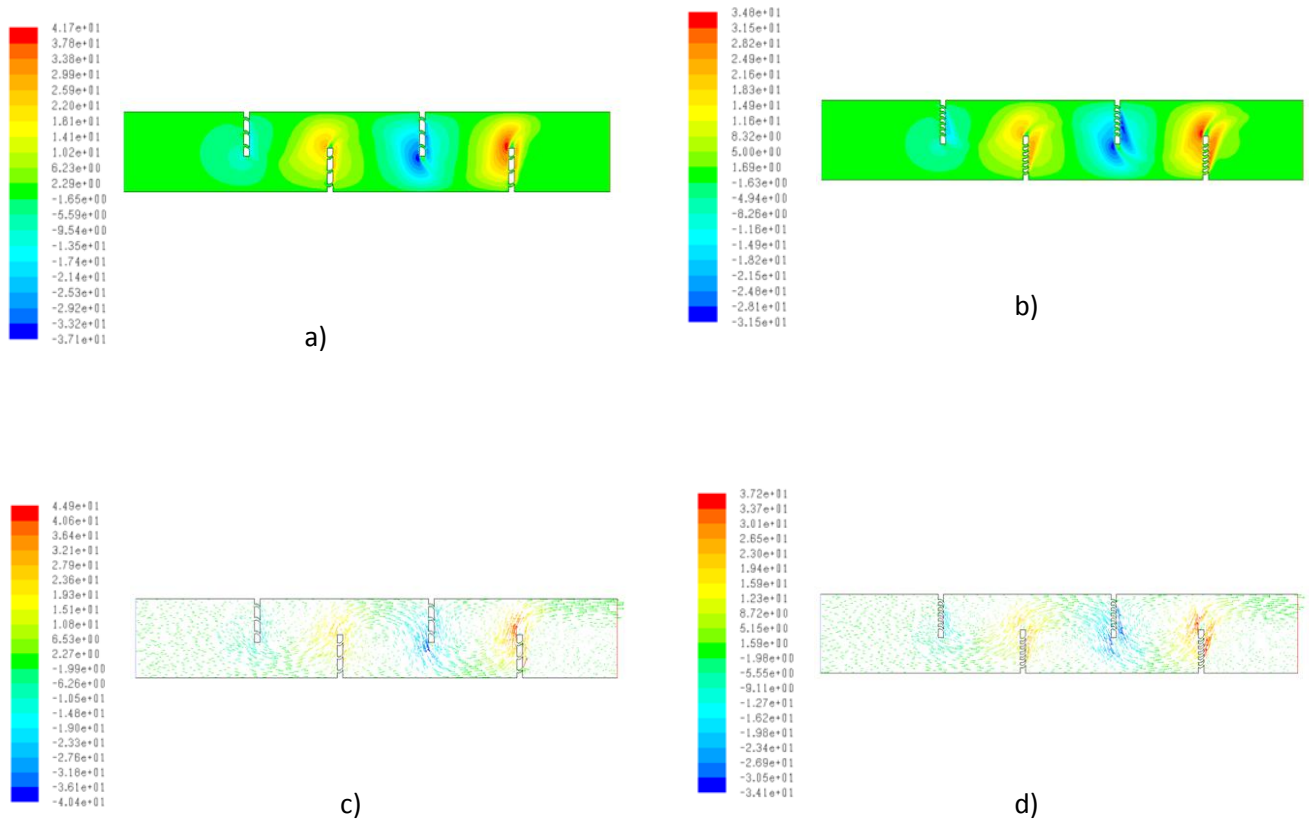
**Fig. III.84** Vitesse transversale pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

### -Vitesse d'entrée $v= 7.8\text{m/s}$

L'évolution des gradients de la vitesse transversale pour le capteur à chicanes avec trois

barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figures III.85.a, III.85.c) et pour le capteur à chicanes avec six barrettes (figures III.85.b ; III.85.d).

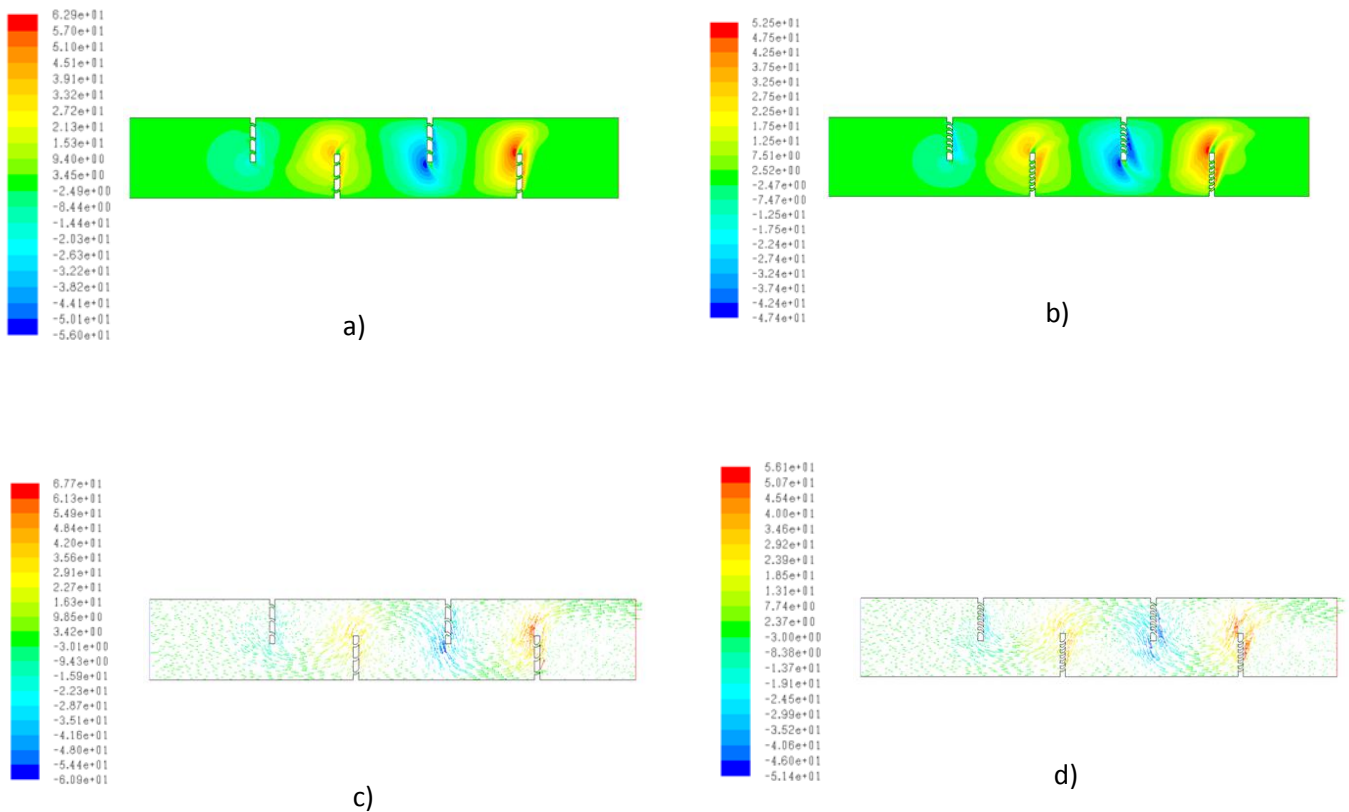


**Fig. III.85** Vitesse transversale pour  $v=7.8\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

### **-Vitesse d'entrée $v = 11.7\text{m/s}$**

La même évolution des gradients vitesse transversale pour le capteur à chicanes avec trois barrettes (figures III.86.a ; III.86.c) et pour le capteur à chicane avec six barrettes (figures III.86.b ; figure III.86.d).



*Fig. III.86 Vitesse transversale pour  $v = 11.7 \text{ m/s}$*

- a) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes*
- b) Contour de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes*
- c) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes*
- d) Vecteurs de la vitesse transversale pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes*

#### 4) Vitesse

##### -Vitesse d'entrée $v = 3.9 \text{ m/s}$

Pour une vitesse  $v = 3.9 \text{ m/s}$  :

-En aval de la première chicane, la vitesse maximum pour la zone de recirculation  $v = 8.39 \text{ m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r = 0.005 \text{ m}$ , (figure III.87.a), (zone : M1)  $v = 8.95 \text{ m/s}$  pour le capteur à chicanes avec six barrettes perforées  $r = 0.005 \text{ m}$ , (figures III.87.b), (zone : N1).

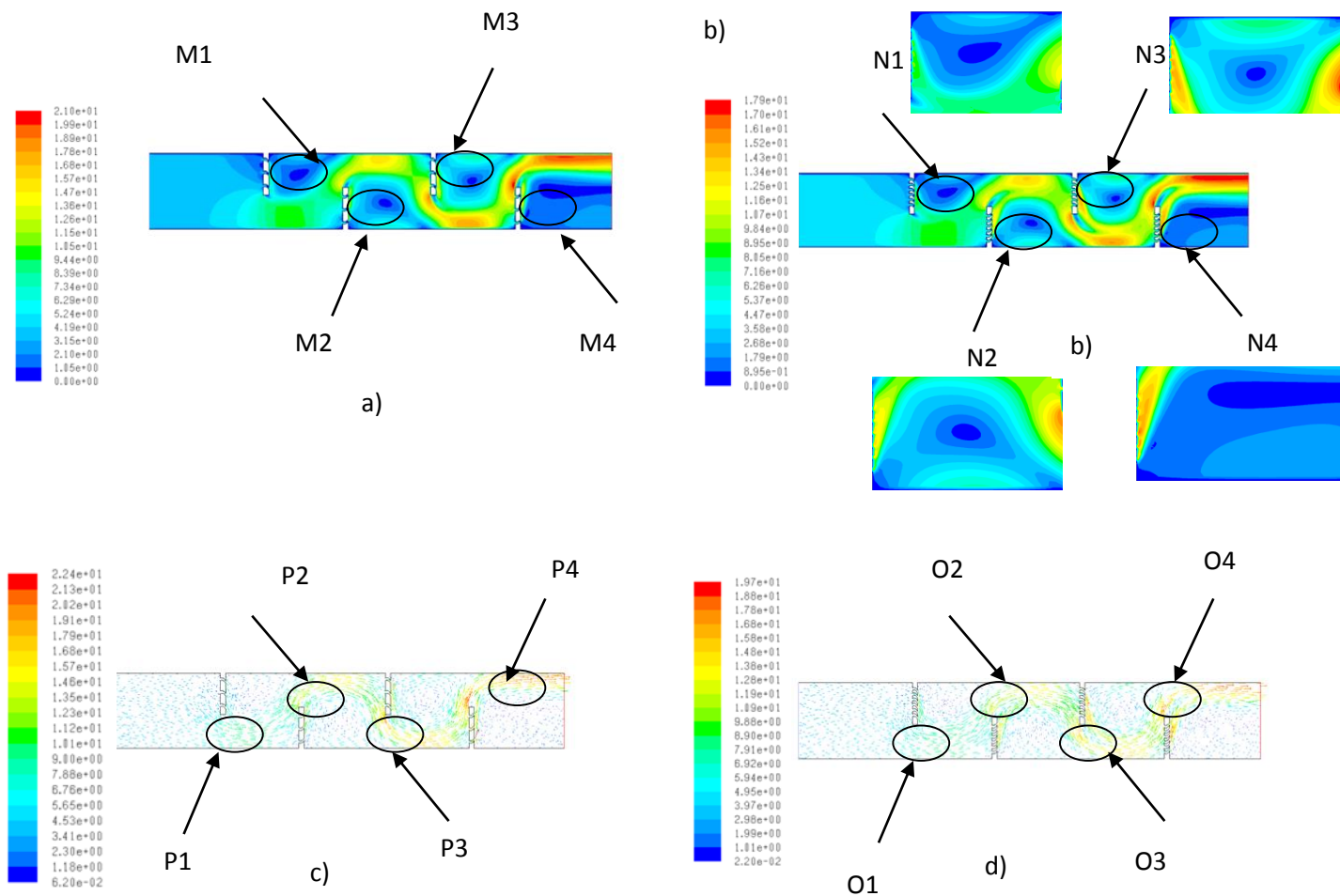
La recirculation du fluide du fluide à partir de l'extrémité de la première chicane arrive à une valeur maximum de  $v = 10.5 \text{ m/s}$  pour le capteur à chicanes avec trois barrettes, (figures III.87.c)(zone : P1) et  $v = 8.95 \text{ m/s}$  pour le capteur à chicane avec six barrettes, (figure III.83.d) (zone : O1).

-En aval de la deuxième chicane, la vitesse atteint  $12.5 \text{ m/s}$ , (Figure III.87.a)(zone : M2), pour le capteur à chicane avec trois barrettes, à partir de l'extrémité de cette chicane, la vitesse arrive à  $15.2 \text{ m/s}$ , (figure III.87.c)(zone : P2). Pour le capteur à chicanes avec six barrettes, la

vitesse en aval atteint 11.5m/s, (zone : N2), ( figure III.87.b), à partir de l'extrémité de la chicane la vitesse atteint 15.7m/s.

En aval de la troisième chicane la vitesse maximum de la recirculation est de  $v=14.7\text{m/s}$  pour le capteur à chicane avec trois barrettes, (zone : M3) et  $v = 16.1\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec six barrettes, (zone : N3), la recirculation du fluide orienté vers l'isolant jusqu'à une vitesse de 17.8m/s pour le capteur à chicanes avec trois barrettes et de  $v=16.1\text{m/s}$  pour le capteur à chicanes avec six barrettes.

En aval de la quatrième chicane, la vitesse est 10.5m/s pour le capteur à chicanes avec trois barrettes, (zone : M4) et de 12.5m/s pour le capteur à chicanes avec six barrettes (zone : N4).



**Fig. III.87** Vitesse pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

Les profils des (figures III.88.a ; III.88.b ; III.88.c ; III.88.d ; III.88.e) montre l'évolution du fluide caloporteur pour différentes positions de  $y$  pour  $x = 0.2\text{m}$ ,  $x = 0.3\text{m}$ ,  $x = 0.4\text{m}$ ,  $x = 0.6\text{m}$ ,  $x = 0.8\text{m}$  pour les deux modèles de capteur.

La diminution des vitesses de circulation du fluide pour le capteur à chicane avec six barrettes par rapport au capteur à chicanes avec trois barrettes avant la première chicane à  $x=0.2\text{m}$  (en amont de la première chicane (figure III.88.a) pour la position  $0.08\text{m} < y < 0.145\text{m}$ . L'accélération du fluide caloporteur à l'extrémité des chicanes est vérifiée par les profils des (figures III.88.b ; III.88.c ; III.88.d ; III.88.e).

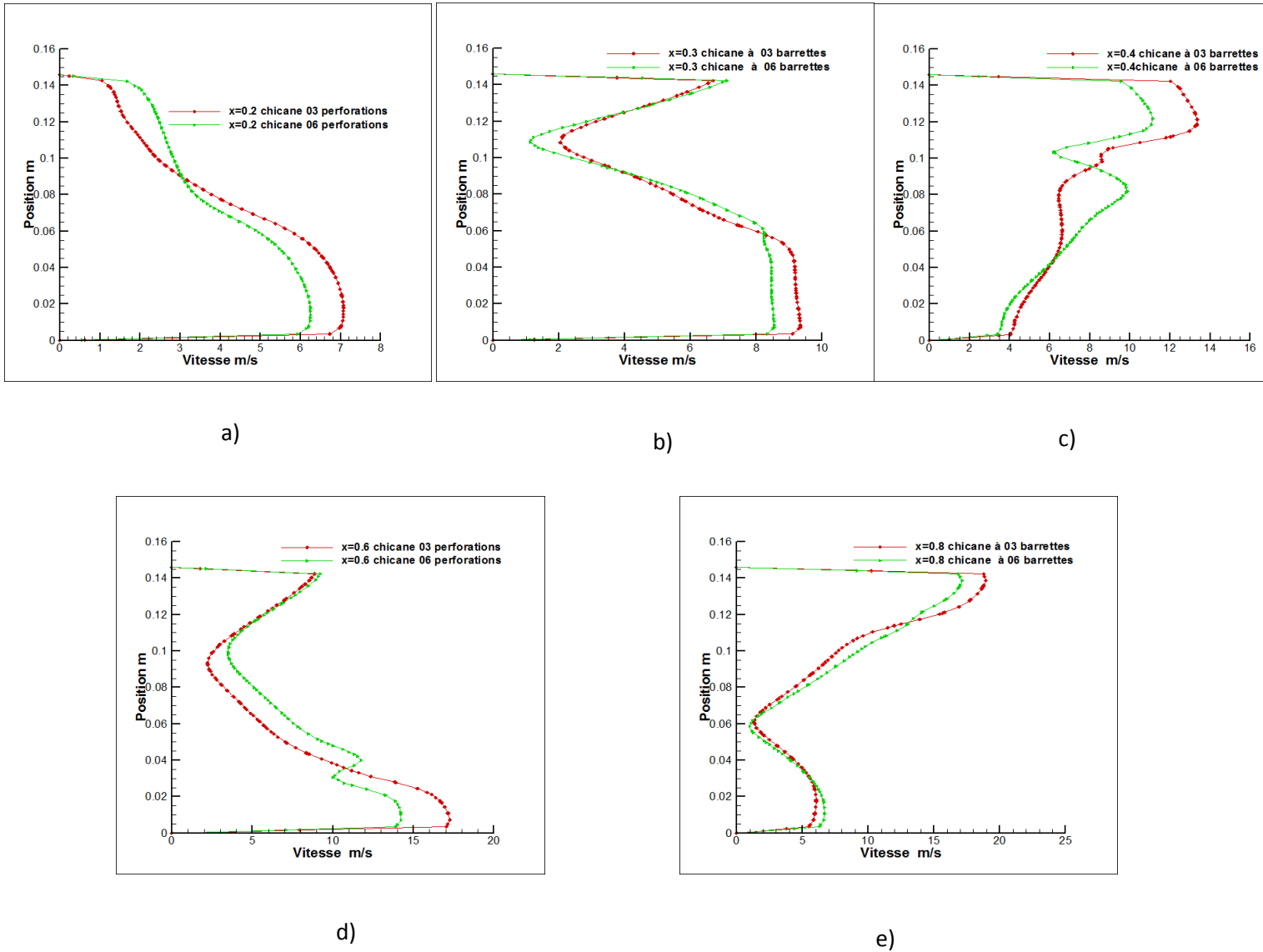
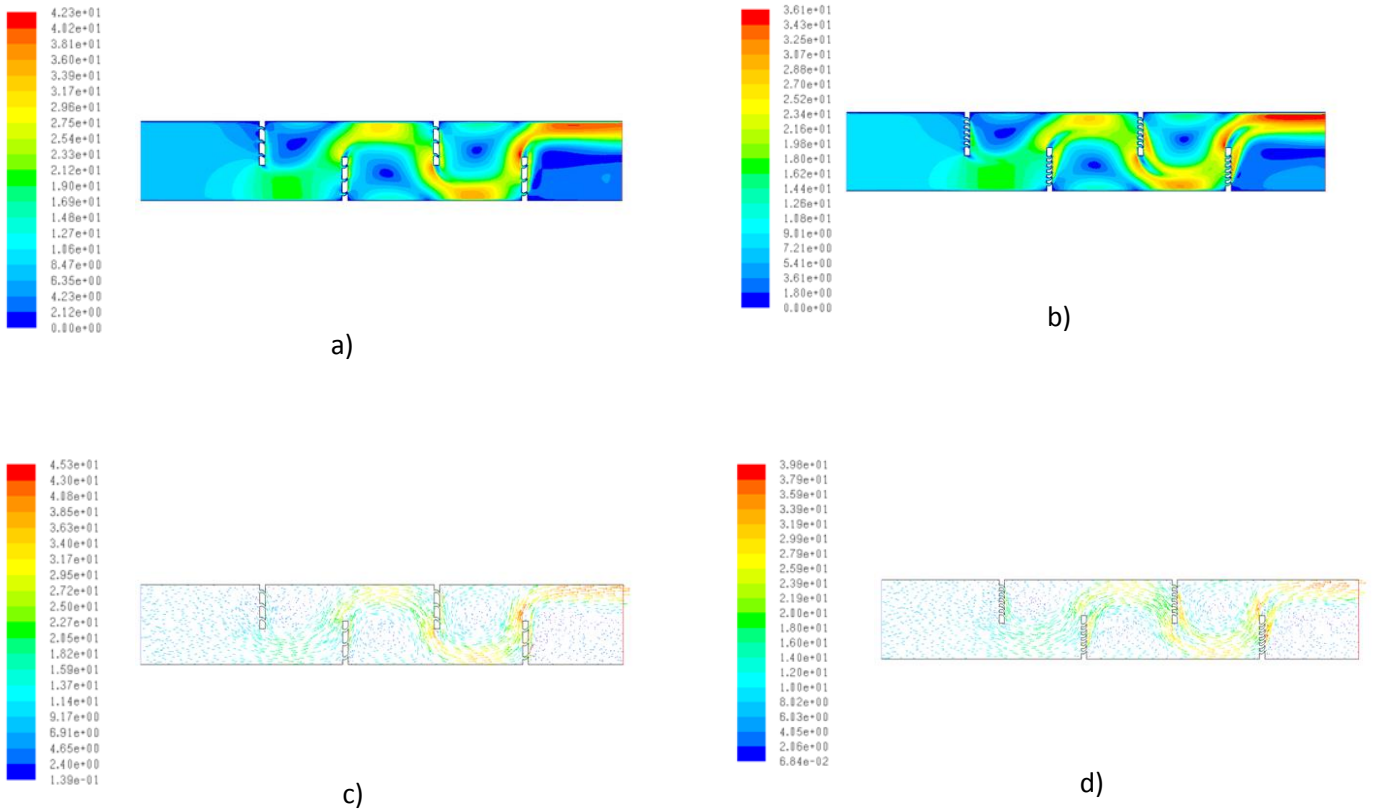


Fig. III.88 Profils de la vitesse pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8\text{m/s}$** 

L'augmentation de la vitesse d'entrée du fluide caloporteur à  $v = 7.8\text{m/s}$  conduit à l'élévation de la vitesse en différents points du capteur à chicane avec trois barrettes (figure III.89.a ; III.89.c) et du capteur à chicane avec six barrettes figure III.88.d, (figure III.89.b).



**Fig. III.89** Vitesse pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

Les profils de la (figure III.90.a ; III.90.b ; III.90.c ; III.90.d ; III.90.e) vérifient l'augmentation de la vitesse dans les deux modèles de capteur pour une vitesse d'entrée de fluide caloporteur  $v=7.8\text{m/s}$ .



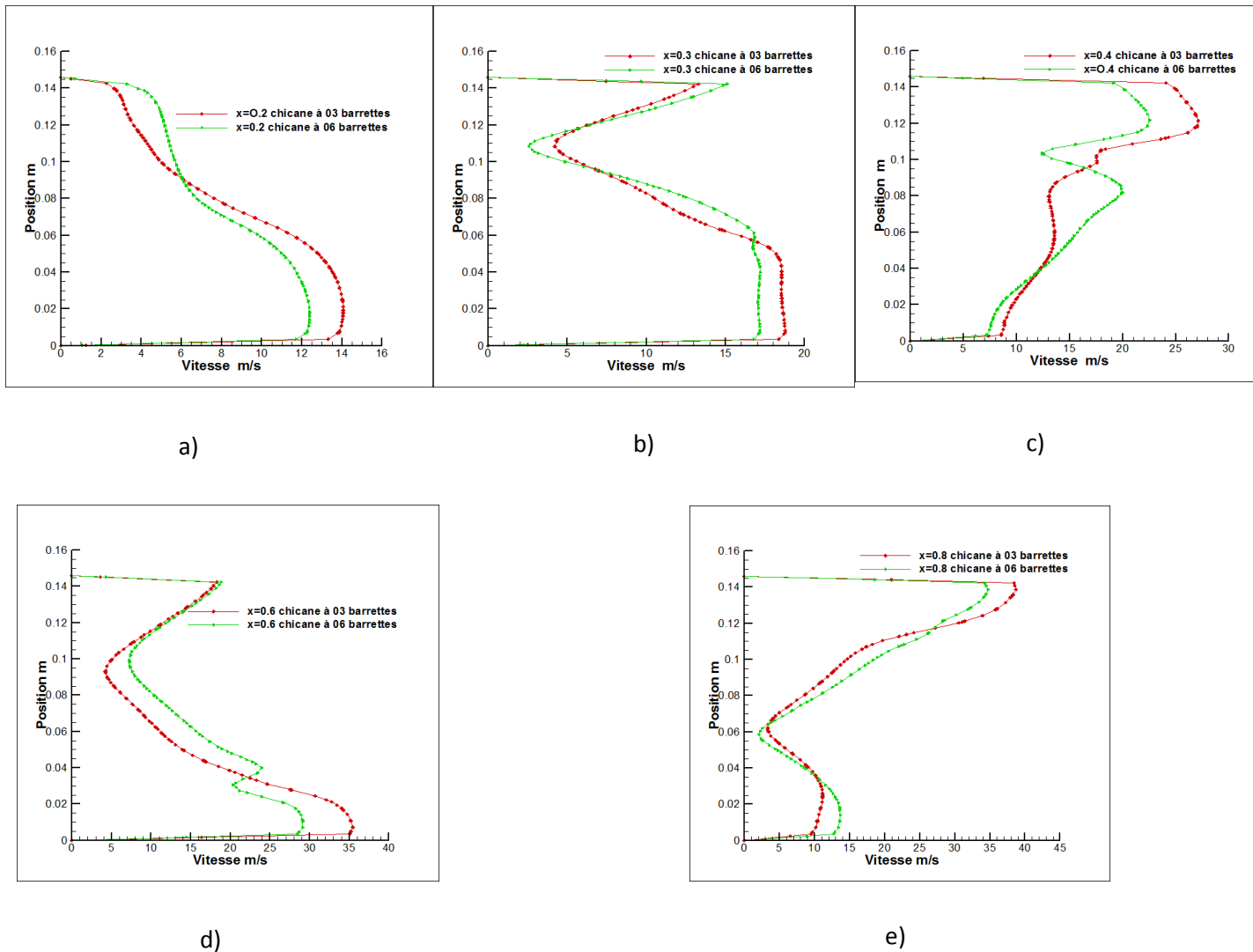


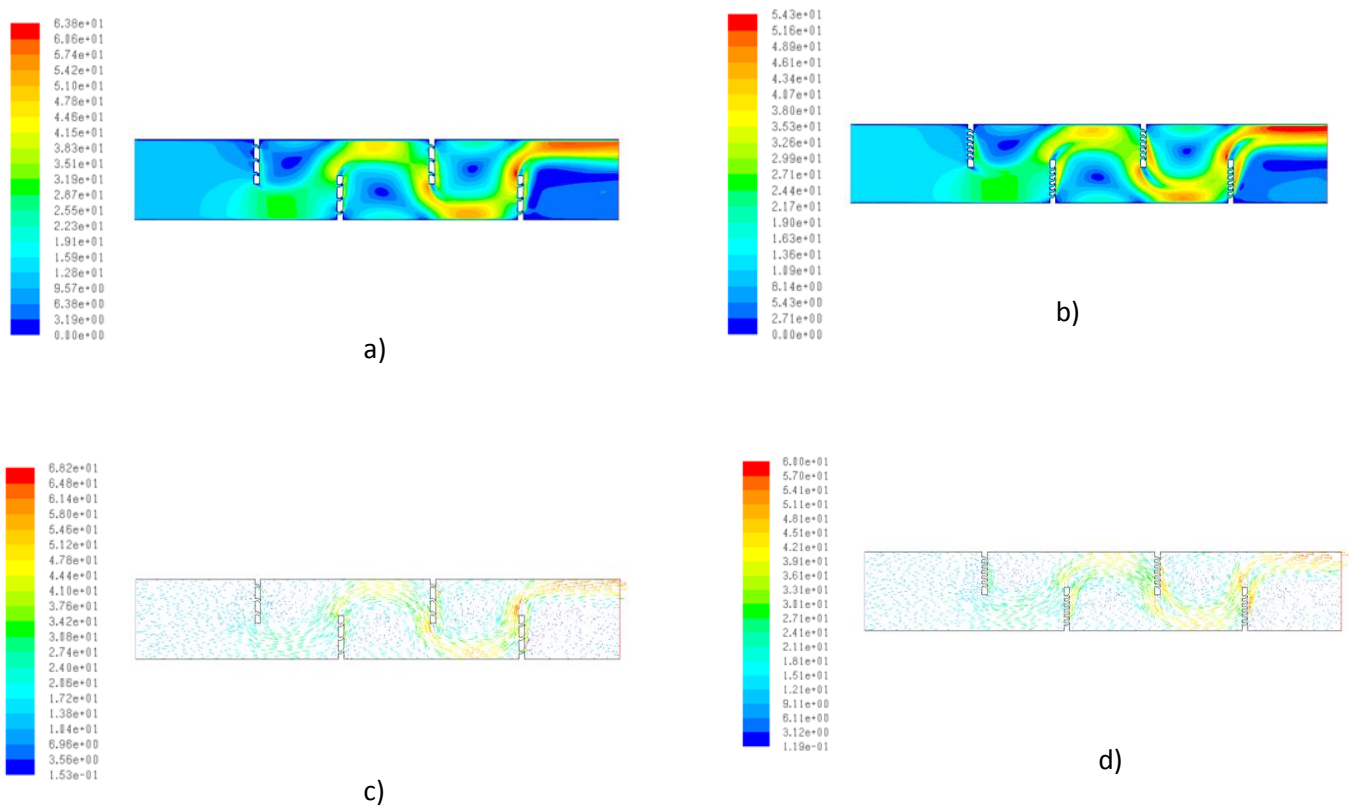
Fig. III.90 Profils de la vitesse pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

**-Vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$**

L'augmentations de la vitesse d'entrée du fluide caloporteur à  $v = 11.7\text{m/s}$ , conduit à l'élévation de la vitesse en différents points du capteur à chicane avec trois barrettes (figureIII.91.a ; figureIII.91.c) et du capteur à chicane avec six barrettes (figureIII.91.b ; III.91.d).





**Fig. III.91** Vitesse pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes*
- b) Contour de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes*
- c) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes*
- d) Vecteurs de la vitesse pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes*

Les profils des (figures III.92) vérifie l'augmentation de l'intensité de la vitesse pour les deux modèles de capteur aux points  $x=0.2\text{m}$  (figure III.92.a),  $x=0.3\text{m}$  (figure III.92.b),  $x = 0.4\text{m}$  (figure III.92.c),  $x = 0.6\text{m}$  (figure III.92.d),  $x=0.8\text{m}$  (figure III.92.e).

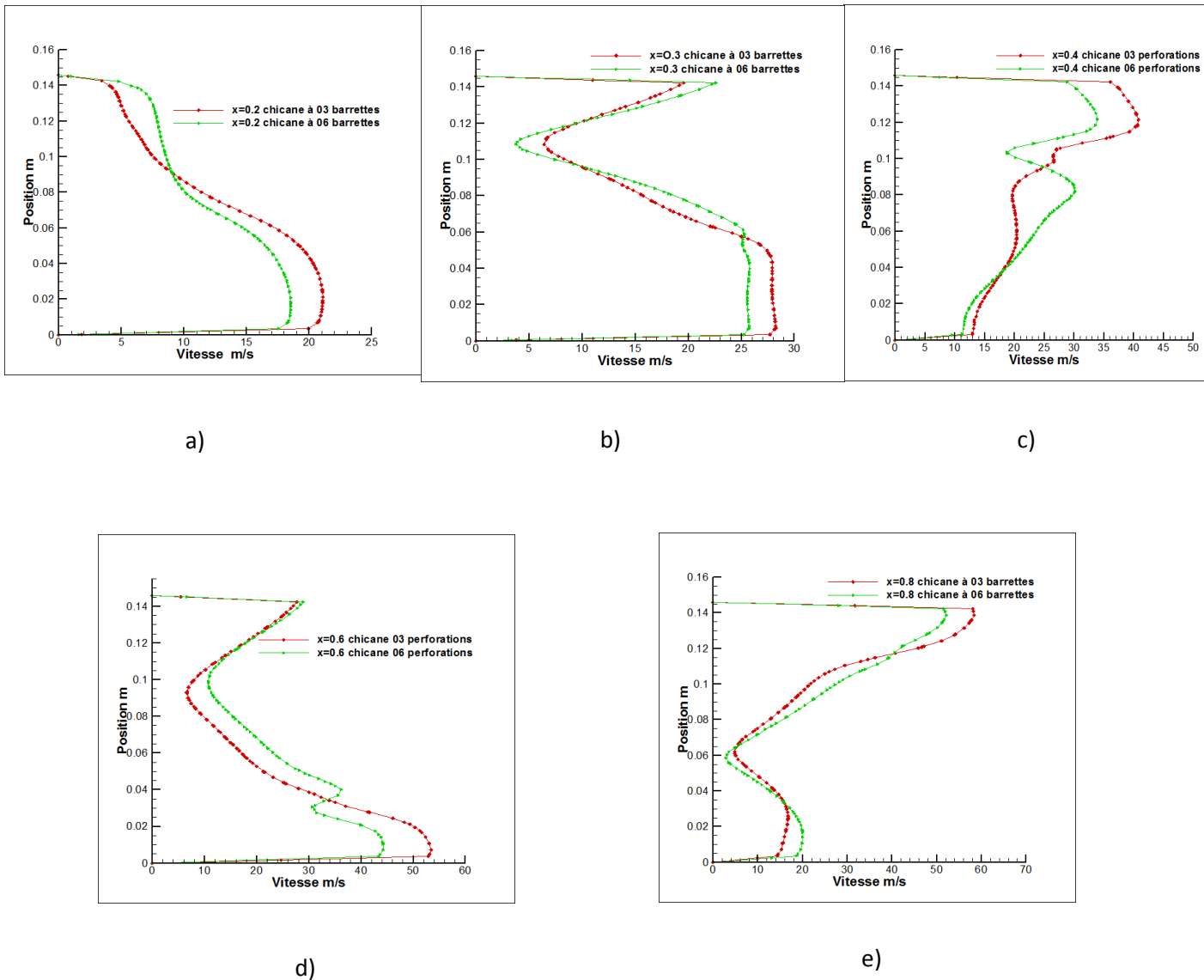


Fig. III.92 Profils de la vitesse pour  $v = 11.7m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

### 5) Coefficient de pression

#### -Vitesse d'entrée $v= 3.9m/s$

Pour le capteur à chicanes avec six barrettes perforées  $r = 0.005m$  (figures III.93.b ; III.93.d) :

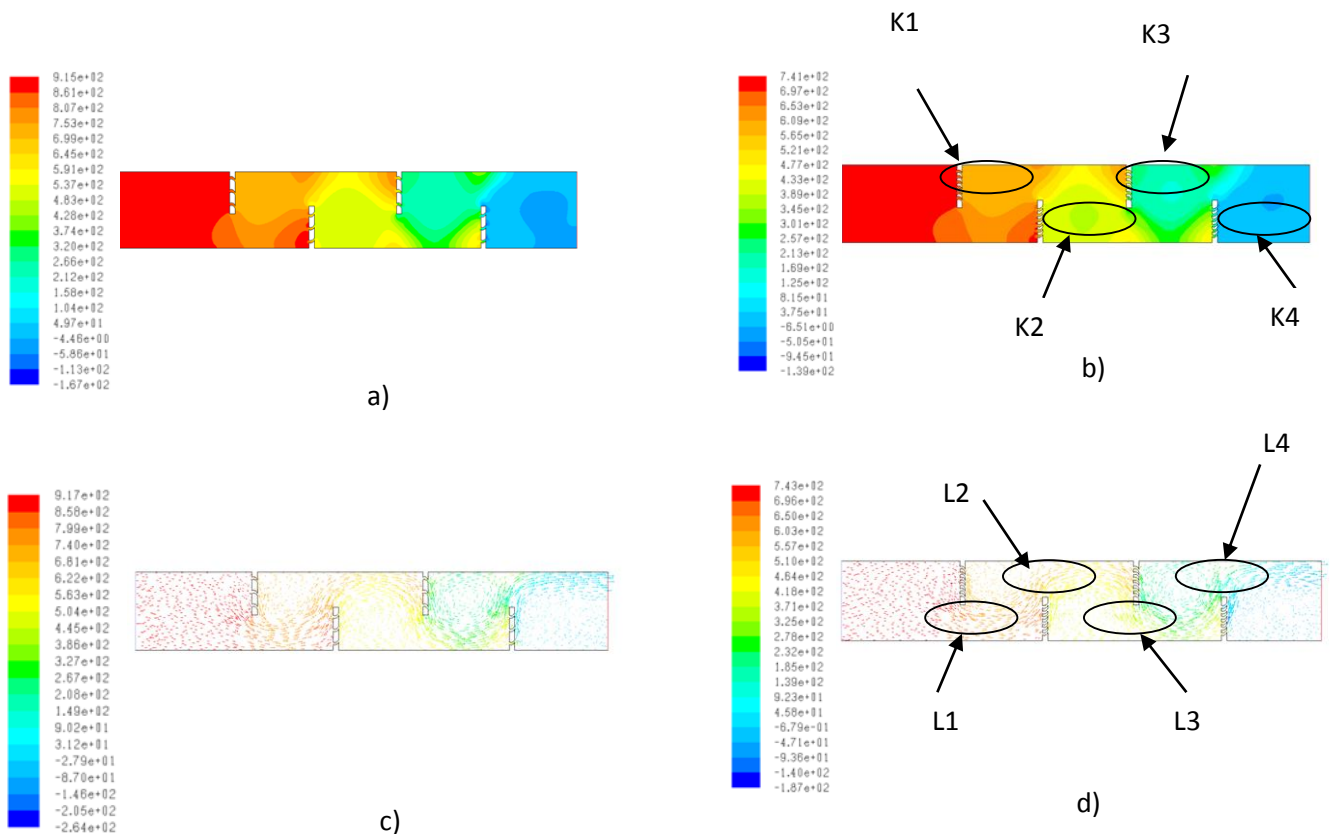
-La valeur maximum du coefficient de pression à partir de l'extrémité de la première chicane jusqu'à la paroi inférieure est de 653(zone : L1), en aval de cette chicane elle est de 609(zone : K1).

-La valeur du coefficient de pression à partir de l'extrémité de la deuxième chicane jusqu'à la paroi supérieure est de 565 (zone : L2), en aval de la chicane 433 (zone : K2)

-La valeur maximum à partir de l'extrémité jusqu'à la paroi inférieure de la troisième chicane est de 345 (zone : L3), en aval est de 301 (zone : K3)

-La valeur maximum à partir de l'extrémité jusqu'à la paroi supérieure de la quatrième chicane est de 125(zone : L4), en aval de la chicane on a des gradients négatifs du coefficient de pression jusqu'à -651(zone : K4)

Diminution du coefficient de pression pour le capteur à chicanes avec six barrettes par rapport au capteur à chicanes avec trois barrettes.

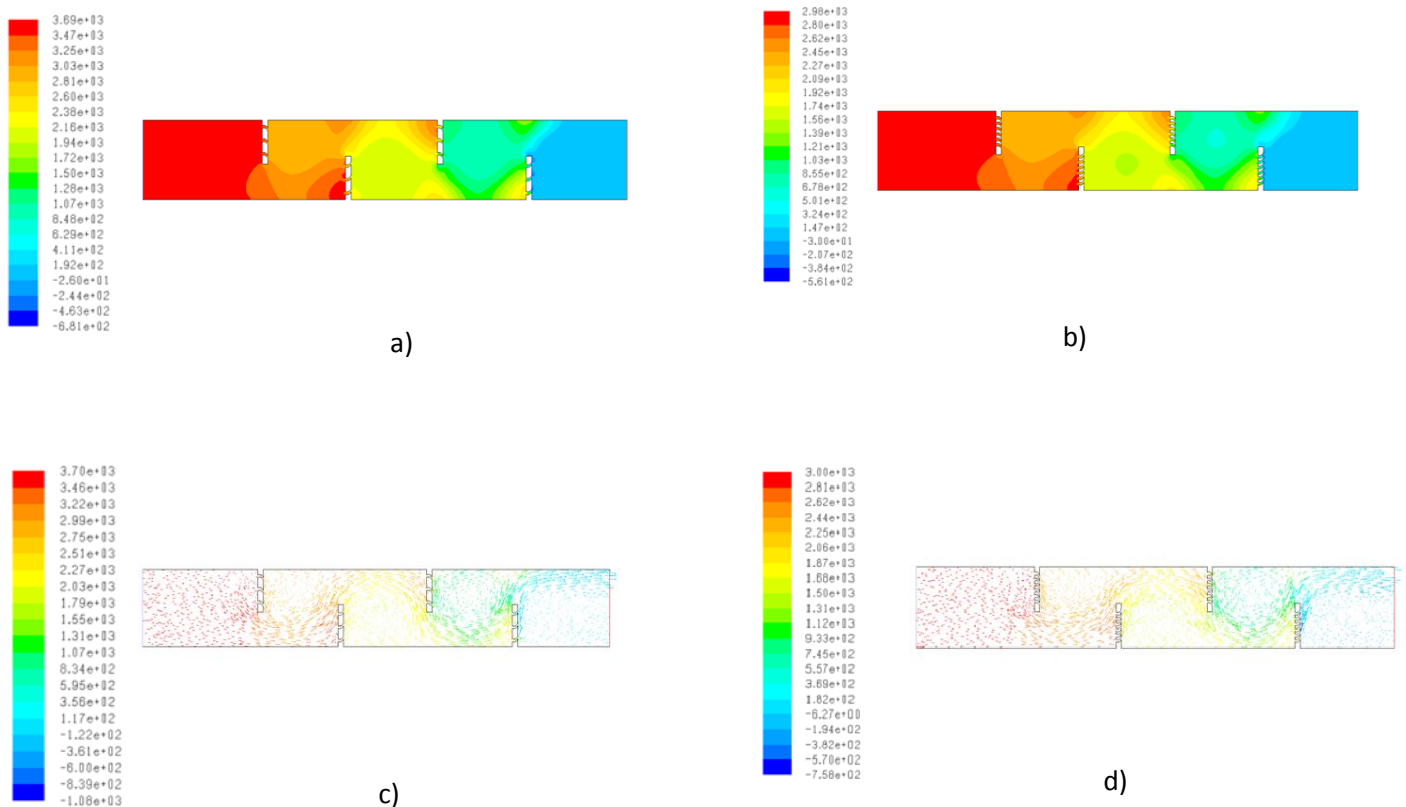


**Fig. III.93** Coefficient de pression pour  $v = 3.9 \text{ m/s}$

- a) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

**-Vitesse d'entrée  $v=7.8\text{m/s}$** 

La valeur du coefficient de pression continue à diminuer pour le capteur à chicanes avec six barrettes (figures III.94.b III.94.d) par rapport au capteur à chicanes avec trois barrettes (figures III.94.a ; III.94.c).

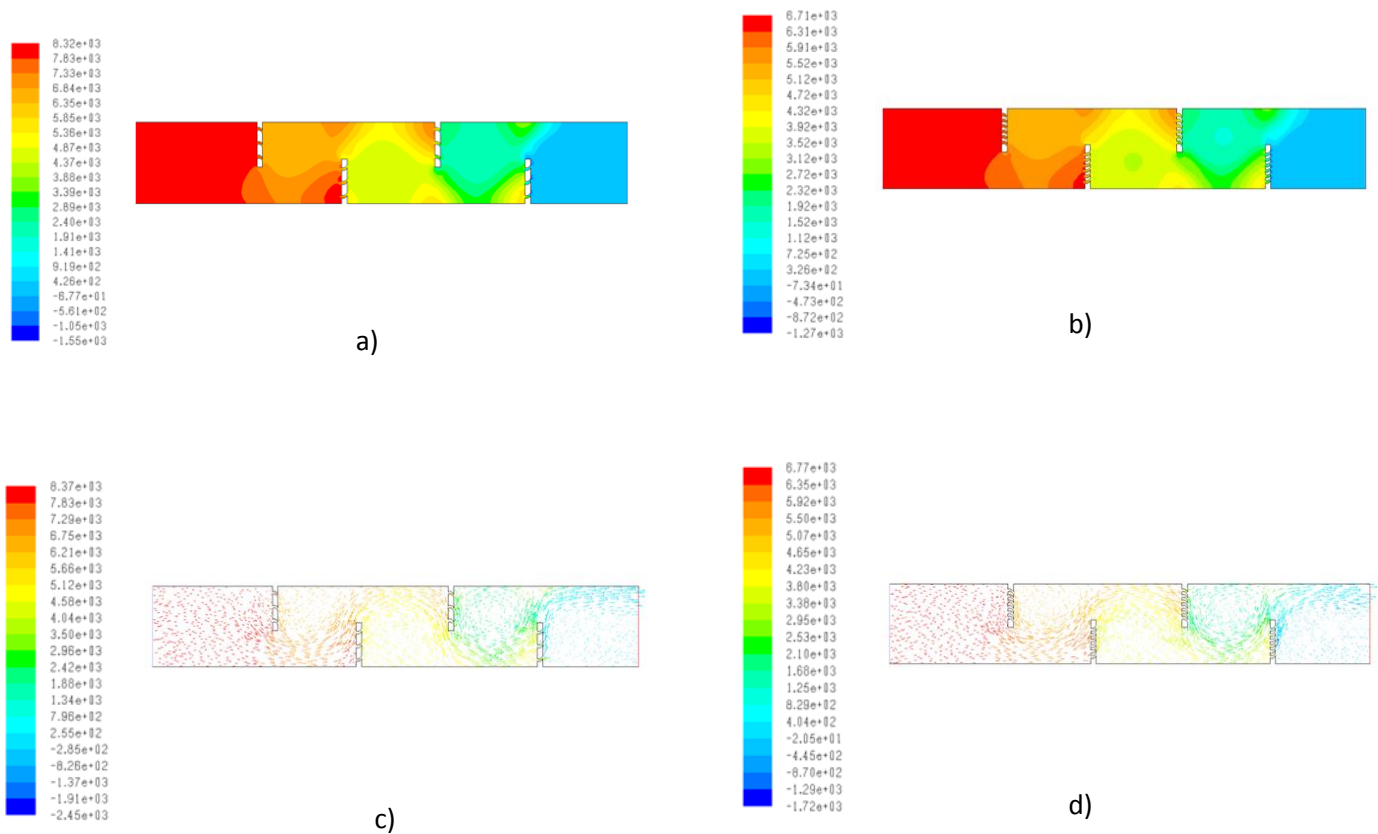


**Fig. III.94** Coefficient de pression pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

### -Vitesse d'entrée $v = 11.7\text{m/s}$

Les plus grands coefficients de pression pour les deux modèles de capteurs sont pour une vitesse d'entrée du fluide caloporteur  $v = 11.7\text{m/s}$  (figures III.95.a ; III.95.b ; III.95.c ; III.95.d).



**Fig. III.95** Coefficient de pression pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs du coefficient de pression pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

## 6) L'énergie cinétique

### -Vitesse d'entrée $v = 3.9\text{m/s}$

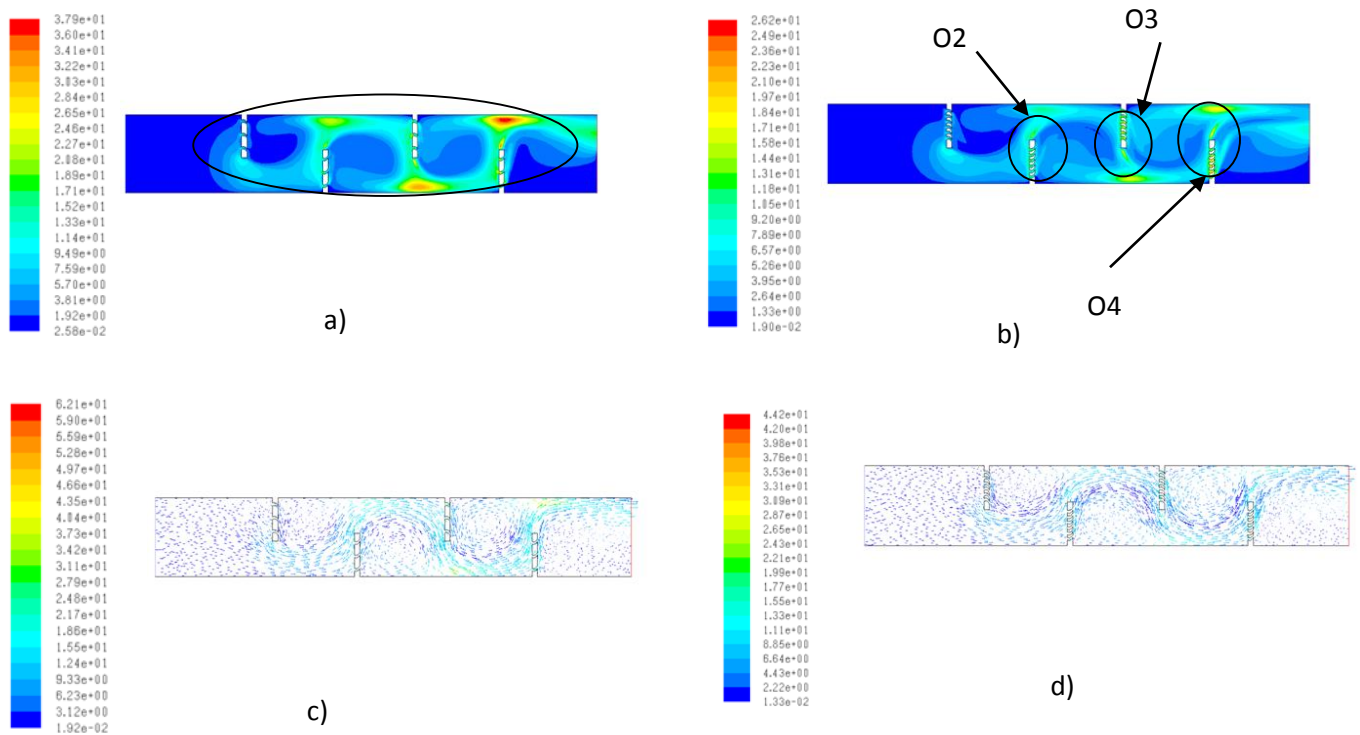
Le développement de l'énergie cinétique est plus important pour les chicanes à trois barrettes (figures III.96.a ; III.96.c) par rapport aux chicanes à six barrettes, (figures III.96.b ; III.96.d). L'énergie cinétique turbulente est très importante en face de l'extrémité de la deuxième, troisième et quatrième chicane pour le capteur à chicanes avec trois barrettes.

Pour le capteur à chicanes avec six barrettes :

-à l'extrémité et au niveau des barrettes de la deuxième chicane, l'énergie cinétique atteint la valeur maximum de  $14.4\text{m}^2/\text{s}^2$ , (zone : O2)

-pour la troisième chicane proche de la paroi inférieure et au niveau des barrettes la valeur de l'énergie cinétique atteint un maximum de  $18.4\text{m}^2/\text{s}^2$ , (zone : O3)

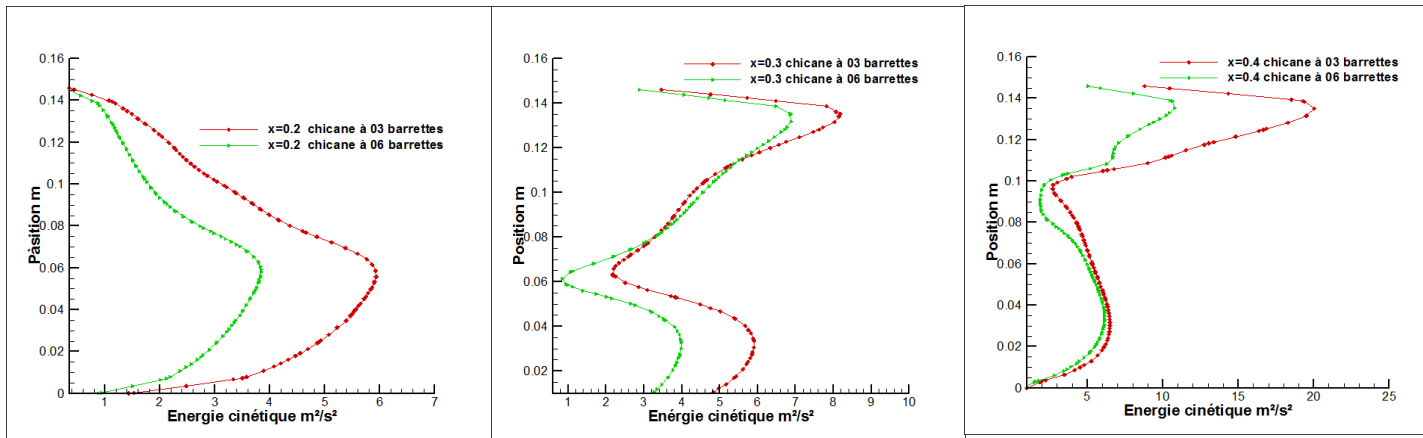
-pour la quatrième chicane au niveau des barrettes et proche de la paroi supérieure, la valeur de l'énergie cinétique atteint 18.4, seulement pour une seule barrette un petit déclenchement d'une valeur de  $26.2\text{m}^2/\text{s}^2$ , (zone : O4).



**Fig. III.96** Energie cinétique pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

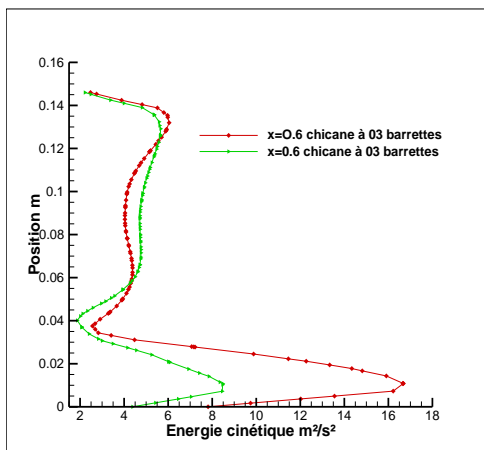
Les profils des (figures III.97) montre que pour les différents points  $x = 0.2\text{m}$  (figure III.97.a),  $x = 0.3\text{m}$  (figure III.97.b),  $x = 0.4\text{m}$  (figure III.97.c),  $x = 0.6\text{m}$  (figure III.97.d),  $x = 0.8\text{m}$  (figure III.97.e) l'énergie cinétique est plus importante pour le capteur à chicane avec trois barrettes.



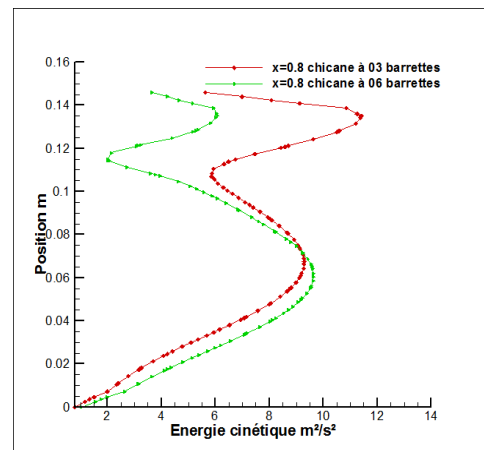
a)

b)

c)



d)



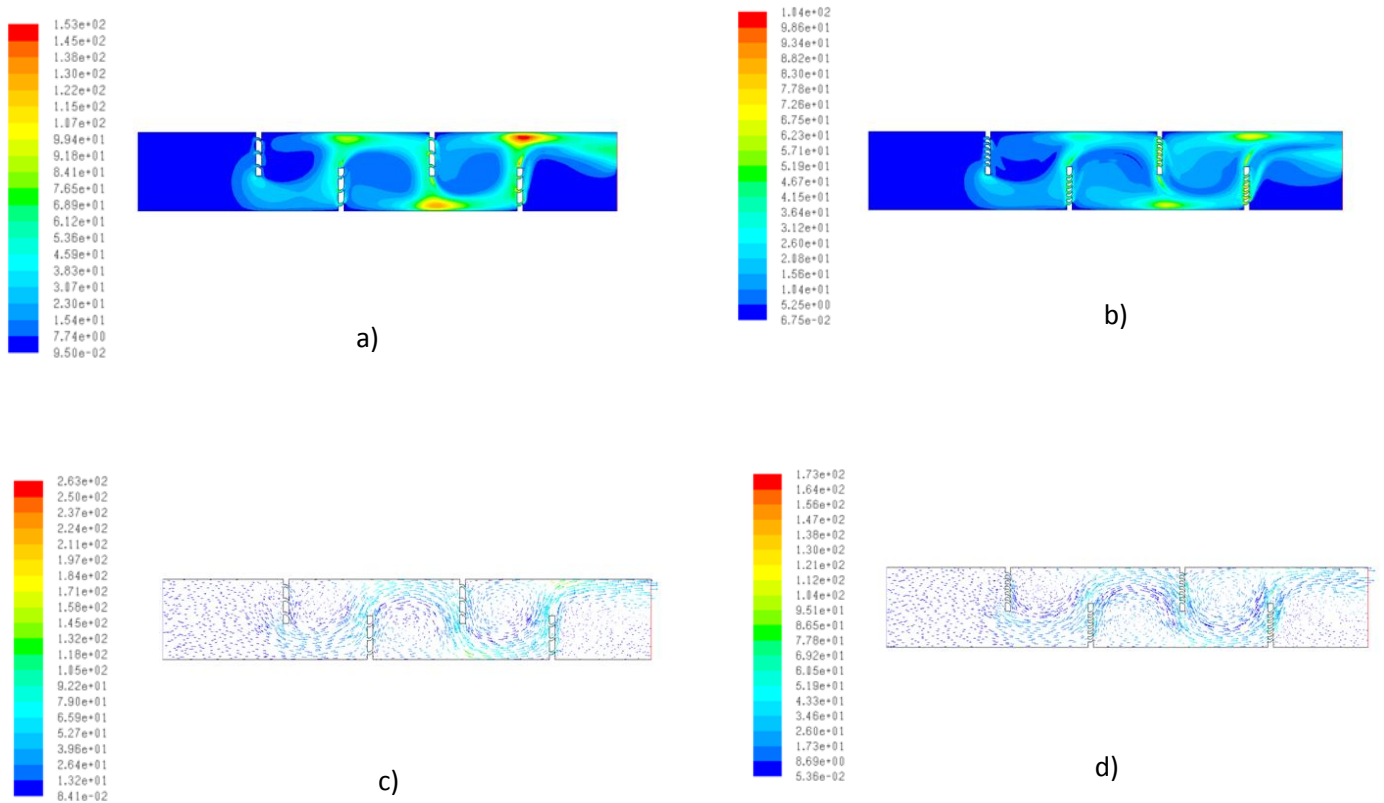
e)

Fig. III.97 Profils de l'énergie cinétique pour  $v = 3.9m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

**-Vitesse d'entrée  $v=7.8\text{m/s}$** 

Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 7.8\text{m/s}$  la valeur de l'énergie cinétique continu à augmenter pour le capteur à chicane à trois barrettes (figures III.98.a ; III.98.c) et pour le capteur à chicane avec six barrettes (figures III.98.b ; III.98.d).



**Fig. III.98** L'énergie cinétique pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

Les profils des (figures III.99.a ; III.99.b ; III.99.c ; III.99.d) montre bien l'évolution de la valeur de l'énergie cinétique pour la vitesse d'entrée d'air  $v = 7.8\text{m/s}$ .



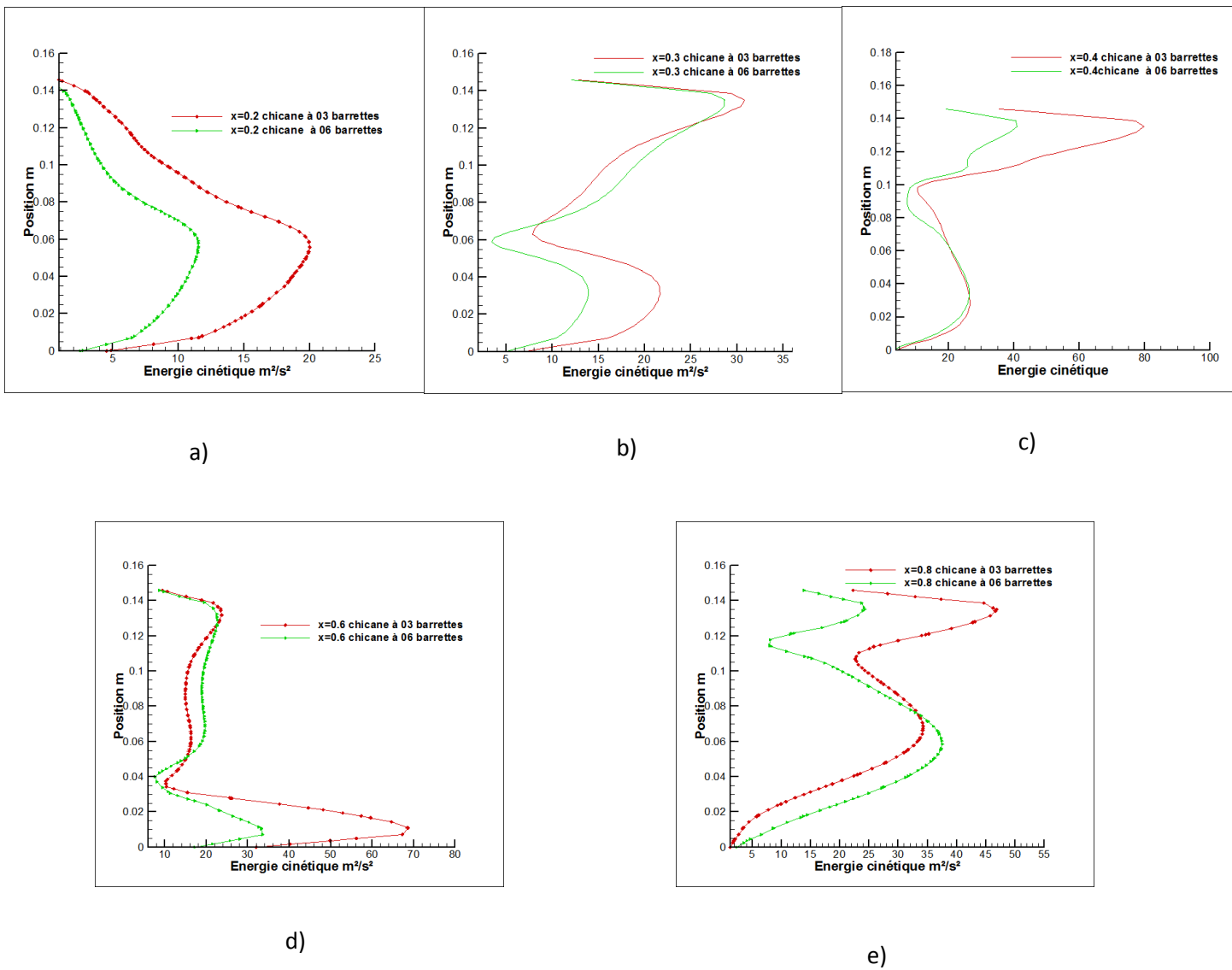
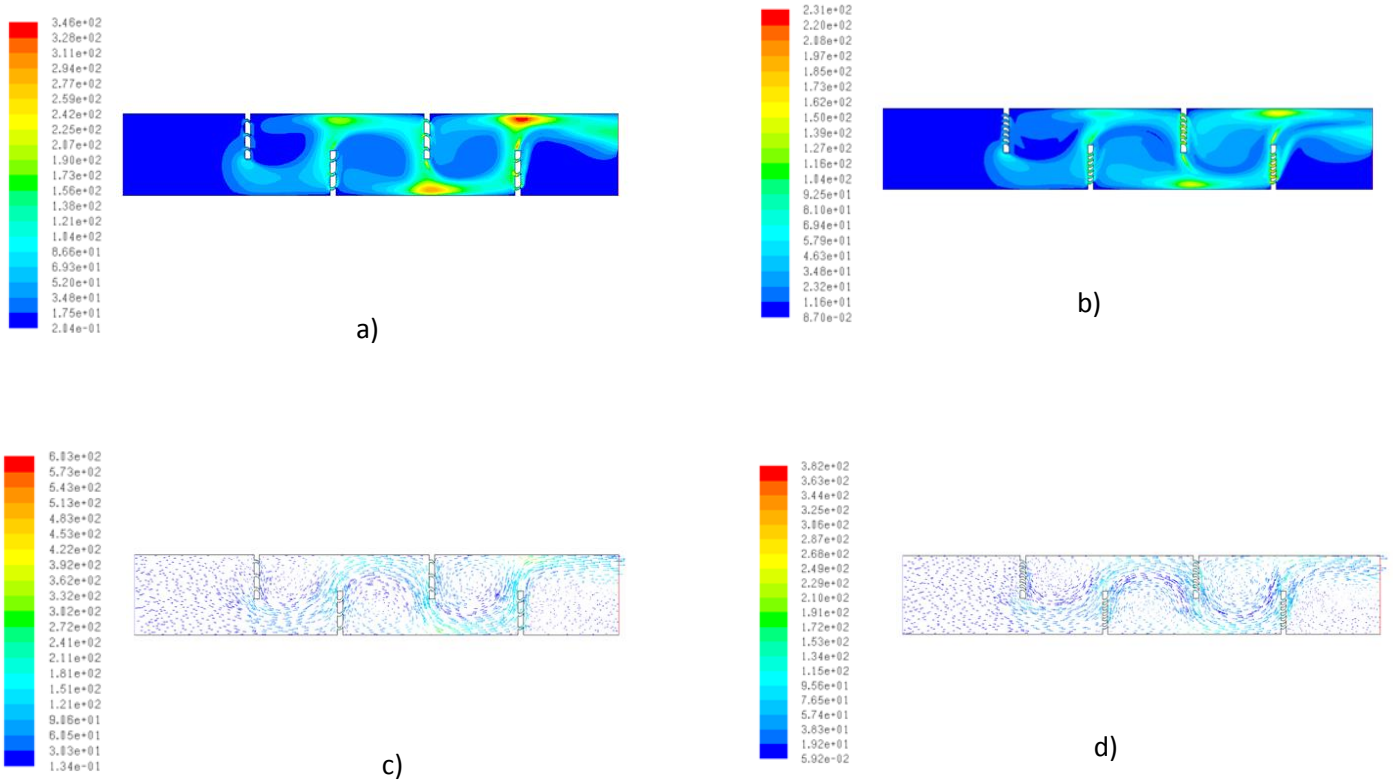


Fig. III.99 Profils de l'énergie cinétique pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

-Vitesse d'entrée  $v=11.7\text{m/s}$

Les plus grandes valeurs de l'énergie cinétique sont remarqué, lorsque la vitesse d'entrée d'air arrive à  $v = 11.7\text{m/s}$  (figures III.100.a ; III.100.b ; III.100.c ; III.100.d).



**Fig. III.100** L'énergie cinétique pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 b) Contour de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes  
 c) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 d) Vecteurs de l'énergie cinétique pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

Les profils des (figures III.101.a ; III.101.b ; III.101.c ; III.101.d ; III.101.e) montrent l'évolution de l'énergie cinétique pour la vitesse d'entrée du fluide caloporteur  $v = 11.7\text{ m/s}$  pour les deux modèles de capteurs.

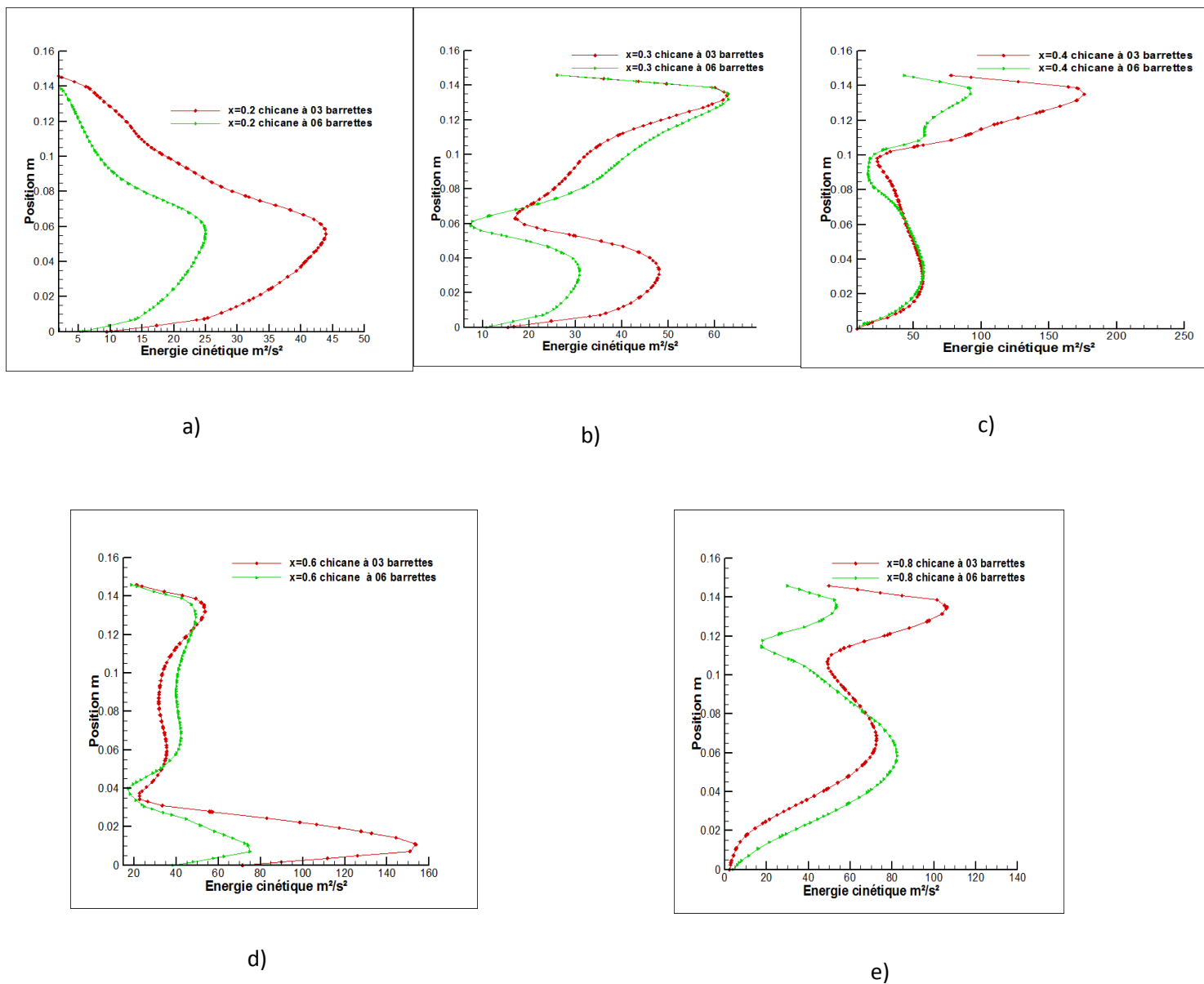


Fig. III.101 Profils de l'énergie cinétique pour  $v = 11.7m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

### 7) Dissipation turbulente

Pour les deux modèles du capteur le taux de dissipation est concentré au niveau des barrettes de la troisième et quatrième chicane, (figures III.102 ; III.105 ; III.107).

Le développement du taux de dissipation est plus important au niveau des extrémités et des barrettes de la deuxième, troisième et quatrième chicane pour le capteur à chicanes avec trois barrettes perforées  $r=0.005m$ .

**-Vitesse d'entrée  $v = 3.9\text{m/s}$** 

Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 3.9\text{m/s}$  :

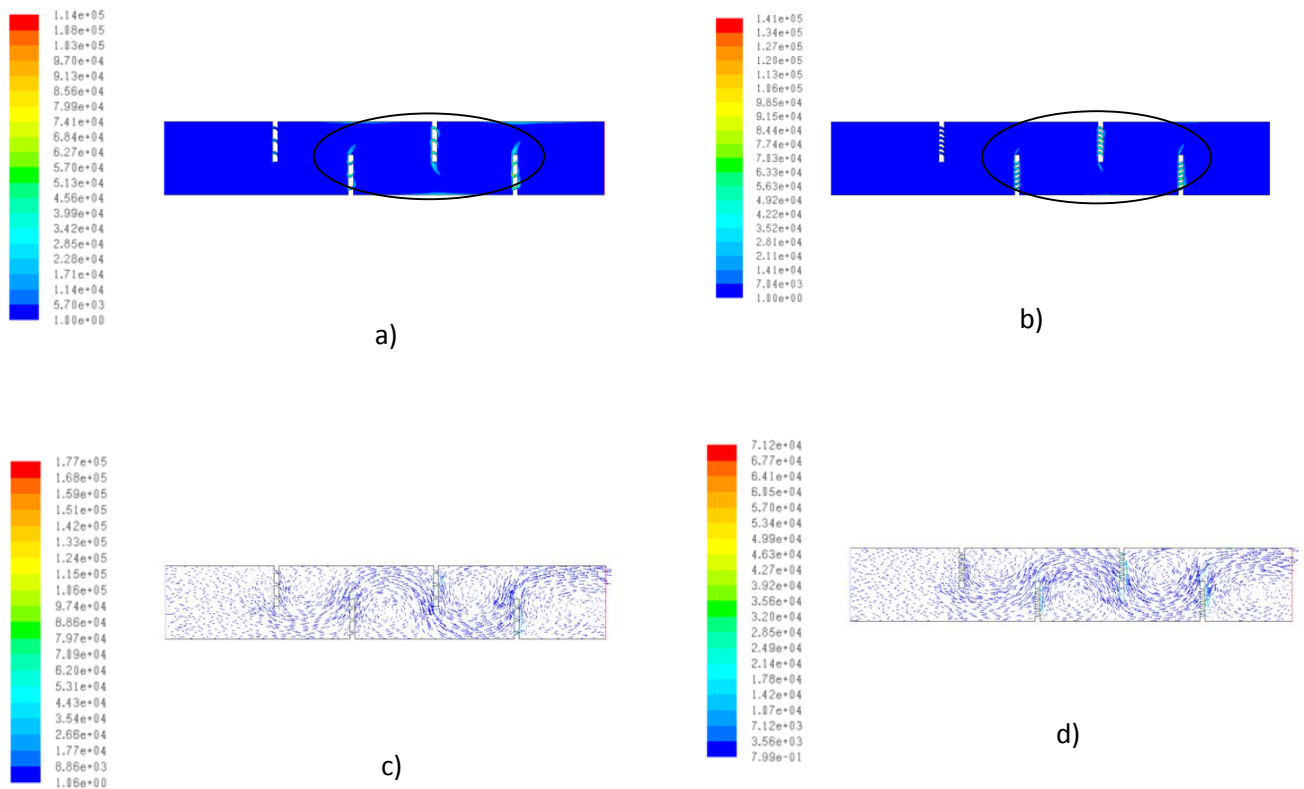
pour le modèle de capteur à chicanes avec six barrettes, le taux de dissipation arrive à une valeur maximum, (figure III.102.b ; III.102.d) :

-pour la deuxième chicane  $141 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  à l'extrémité et  $703 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  au niveau des barrettes.

-pour la troisième chicane  $211 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  à l'extrémité et  $774 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  au niveau des barrettes.

-pour la quatrième chicane  $211 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$  à l'extrémité et  $1410 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^3$

Le taux de dissipation est moins important pour le capteur à chicanes avec trois barrettes (figures III.102.a ; III.102.c).

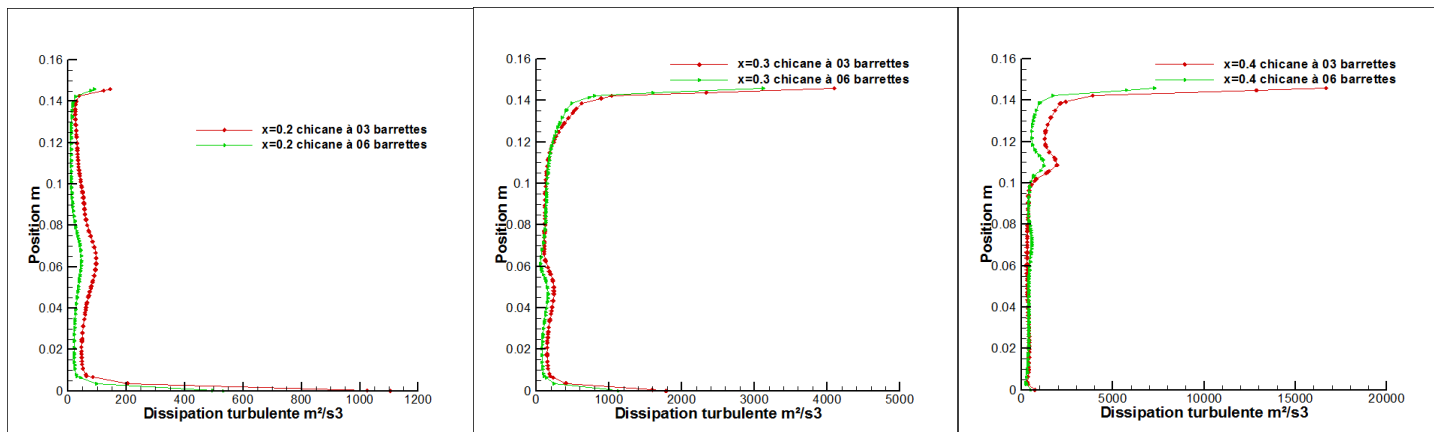


**Fig. III.102** Dissipation turbulente pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

La distribution du champ de dissipation aux points :

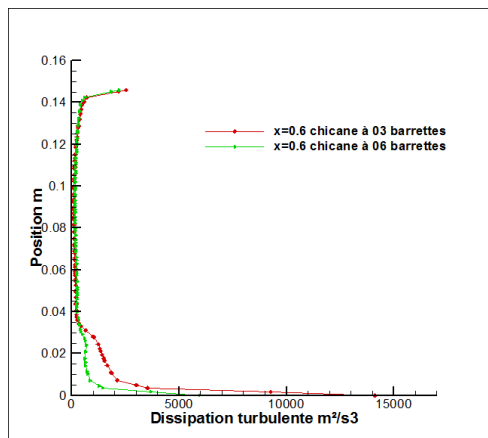
$x = 0.2\text{m}$ ,  $x = 0.3\text{m}$ ,  $x = 0.4\text{m}$ ,  $x = 0.6\text{m}$ ,  $x = 0.8\text{m}$  d'après les profils des (figures III.103) est plus élevé pour le capteur à chicanes avec trois barrettes.



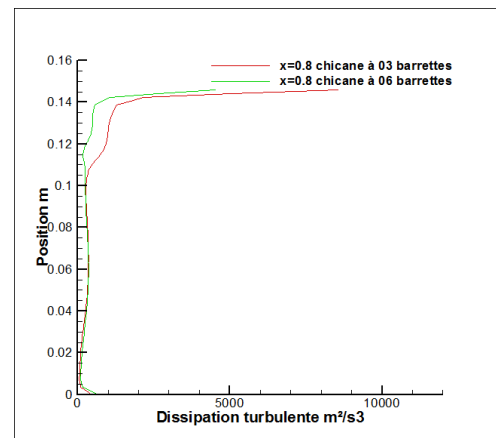
a)

b)

c)



d)



e)

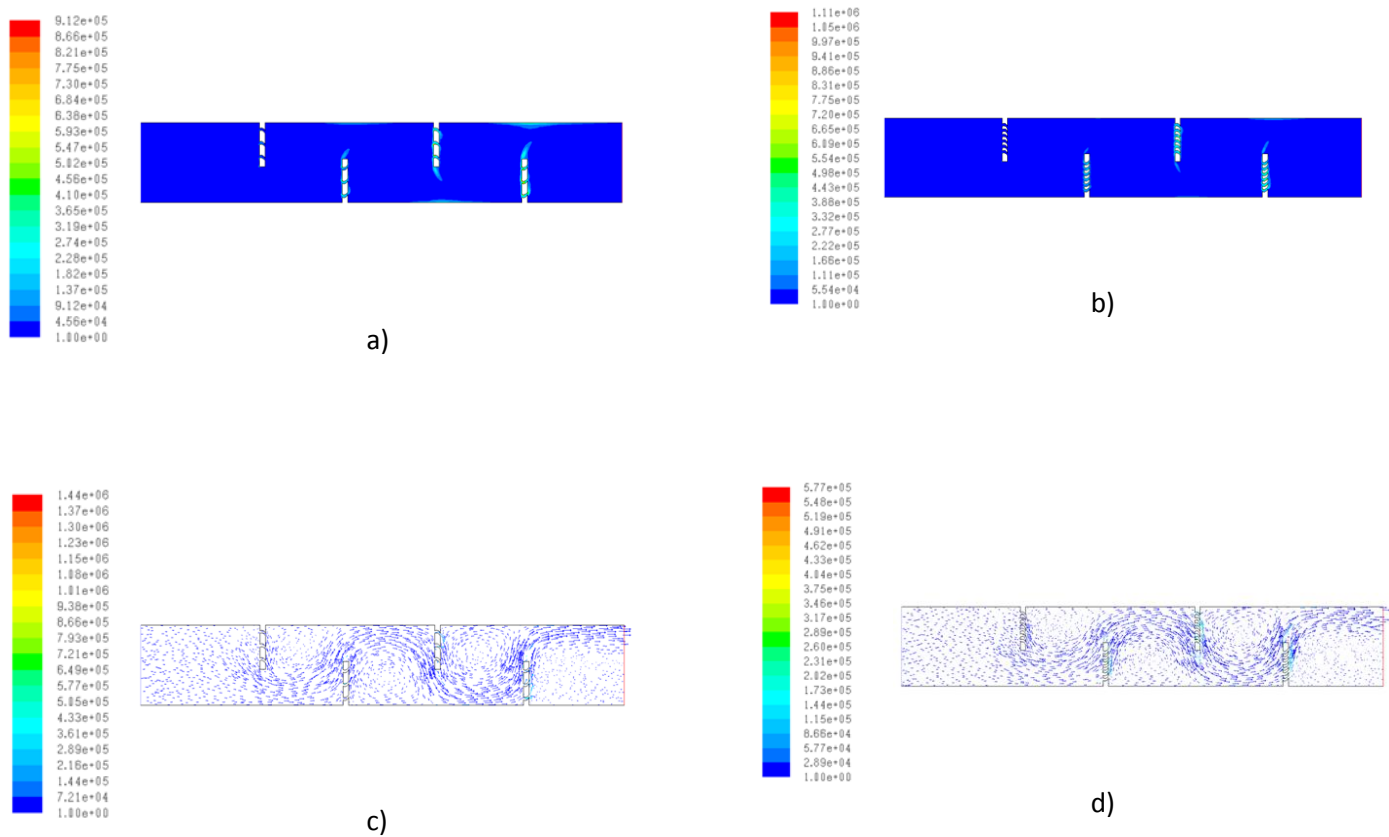
Fig. III.103 Profils de la dissipation turbulente pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

**-Vitesse d'entrée  $v = 7.8\text{m/s}$**

Accroissement du taux de la dissipation turbulente pour la vitesse d'entrée d'air

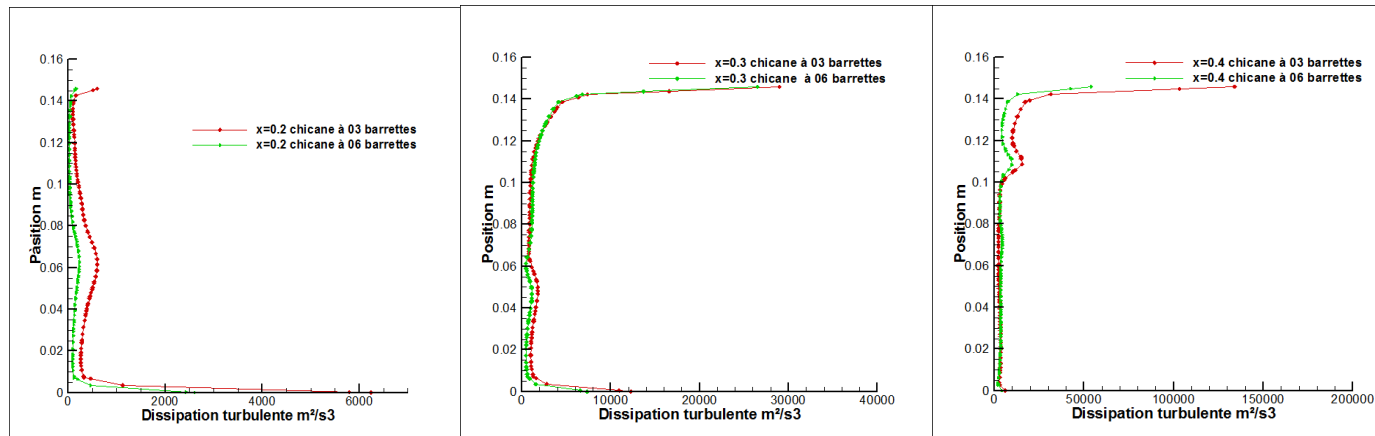
$v = 7.8\text{m/s}$  (figures III.104.a ; III.104.b ; III.104.c ; III.104.d) pour les deux modèles de capteurs.



**Fig. III.104** Dissipation turbulente pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 b) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes  
 c) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 d) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

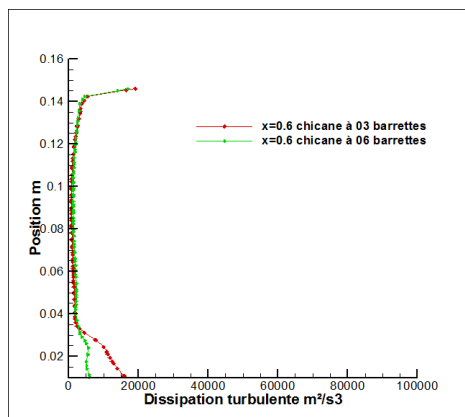
Pour la vitesse  $v = 7.8\text{m/s}$  d'entrée d'air dans le capteur les profils de la dissipation turbulente (figure III.105) montre bien l'évolution de cette dernière pour les différentes positions  $x = 0.2\text{m}$  (figure III.105.a),  $x = 0.3\text{m}$  (figure III.105.b),  $x = 0.4\text{m}$  (figure III.105.c),  $x = 0.6\text{m}$  (figure III.105.d),  $x = 0.8\text{m}$  (figure III.105.e).



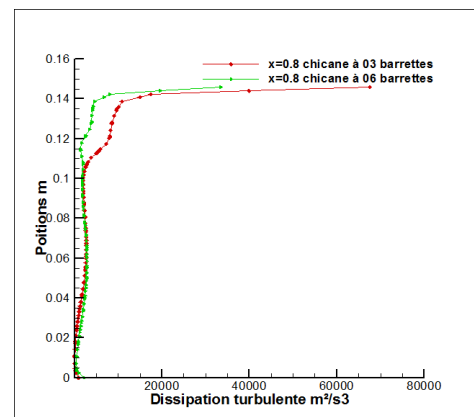
a)

b)

c)



d)



e)

Fig. III.105 Profils de la dissipation turbulente pour  $v = 7.8\text{m/s}$

a) à  $x = 0.2\text{m}$

b) à  $x = 0.3\text{m}$

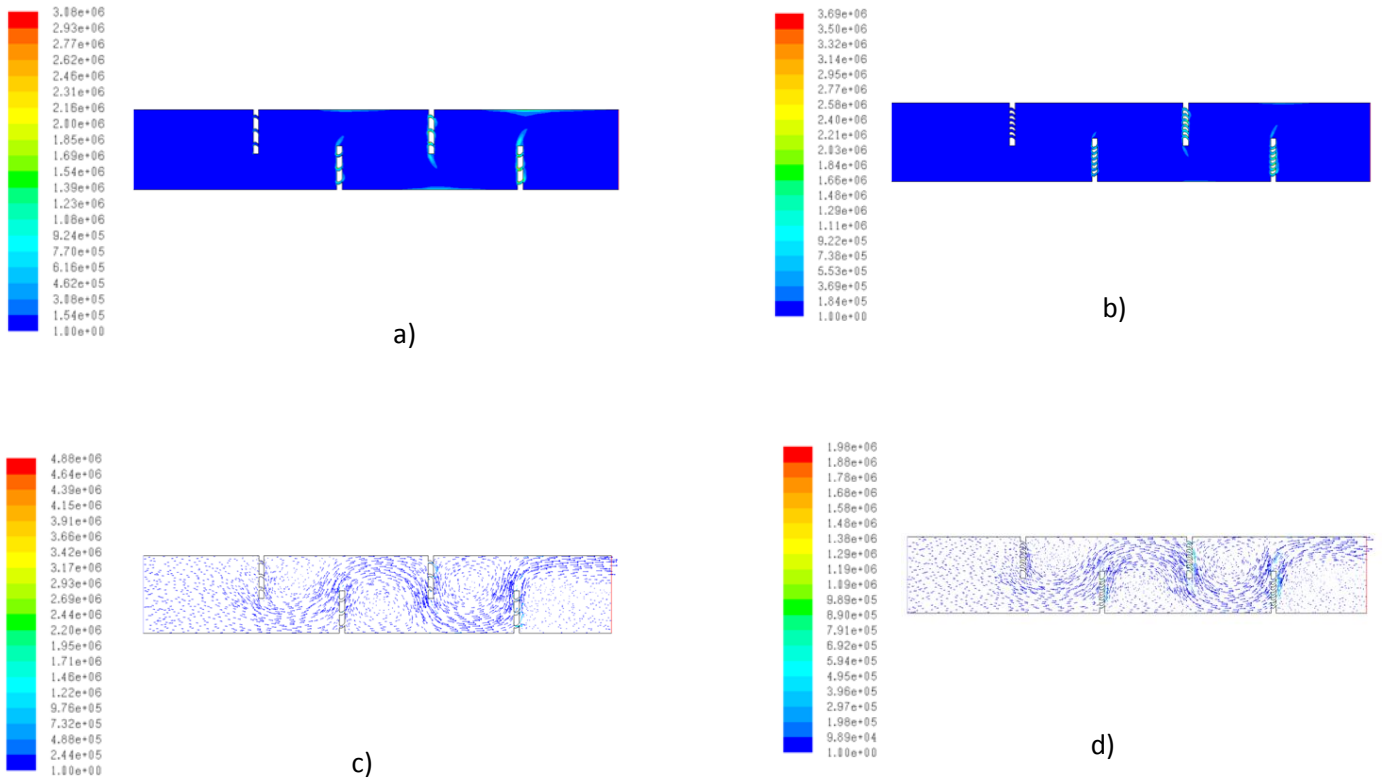
c) à  $x = 0.4\text{m}$

d) à  $x = 0.6\text{m}$

e) à  $x = 0.8\text{m}$

### -Vitesse d'entrée $v=11.7\text{m/s}$

Accroissement encore du taux de dissipation turbulente pour la vitesse  $v=11.7\text{m/s}$  (figures III.106.a ; III.106.b ; III.106.c ; III.106.d) pour la vitesse d'entrée d'air par rapport aux deux autres vitesses pour les modèles de capteurs.



**Fig. III.106** Dissipation turbulente pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs de la dissipation turbulente pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

Pour la vitesse d'entrée d'air  $v = 11.7\text{m/s}$  les profils de la dissipation turbulente (figures III.107) montre bien l'évolution de cette dernière pour les différentes positions  $x=0.2\text{m}$  (figureIII.107.a),  $x = 0.3\text{m}$  (figureIII.107.b),  $x = 0.4\text{m}$  (figureIII.107. c),  $x = 0.6\text{m}$  (figureIII.107.d),  $x = 0.8\text{m}$  (figureIII.107.e).



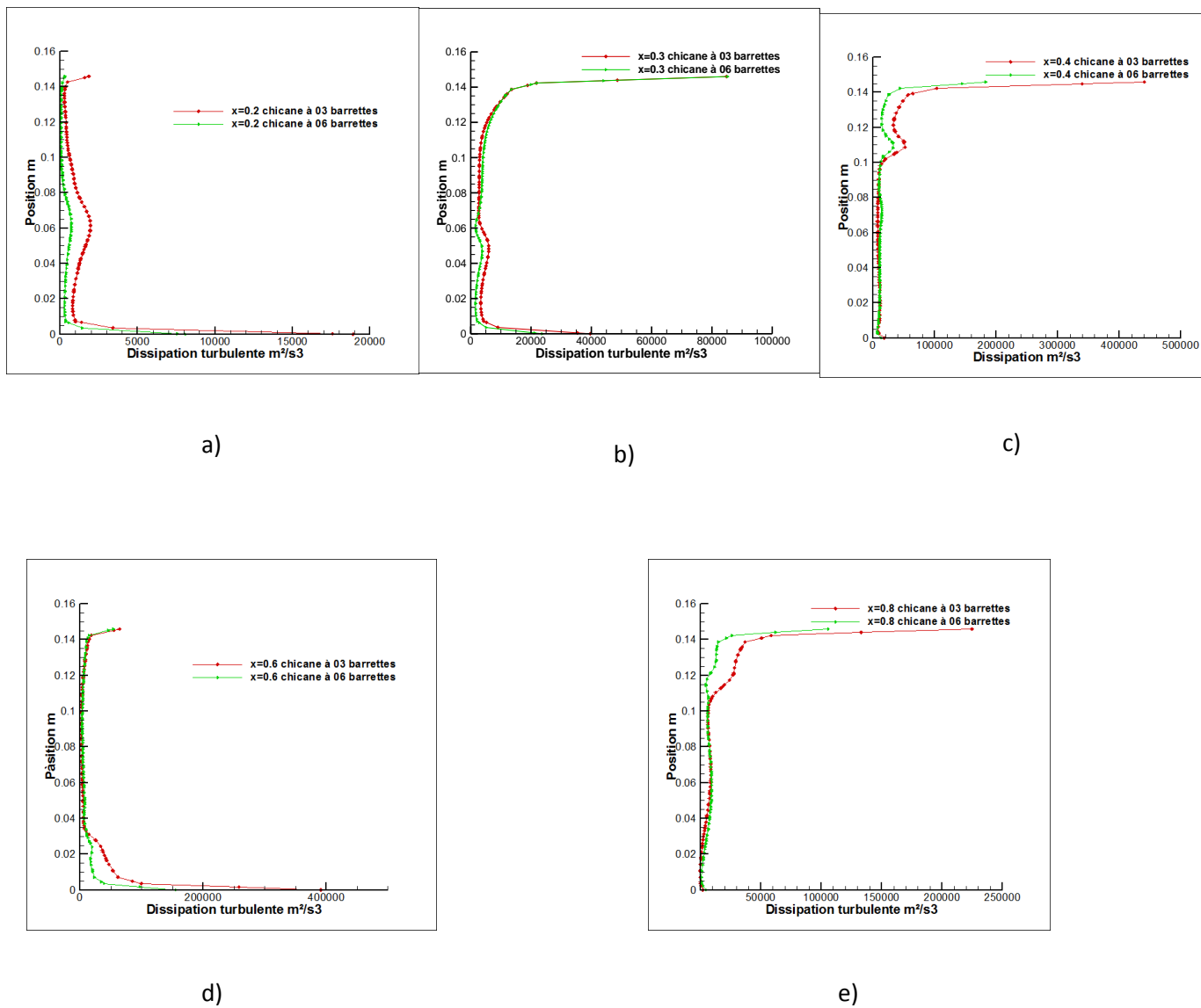


Fig. III.107 Profils de la dissipation turbulente pour  $v = 11.7\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

## 8) Distribution du champ de la température

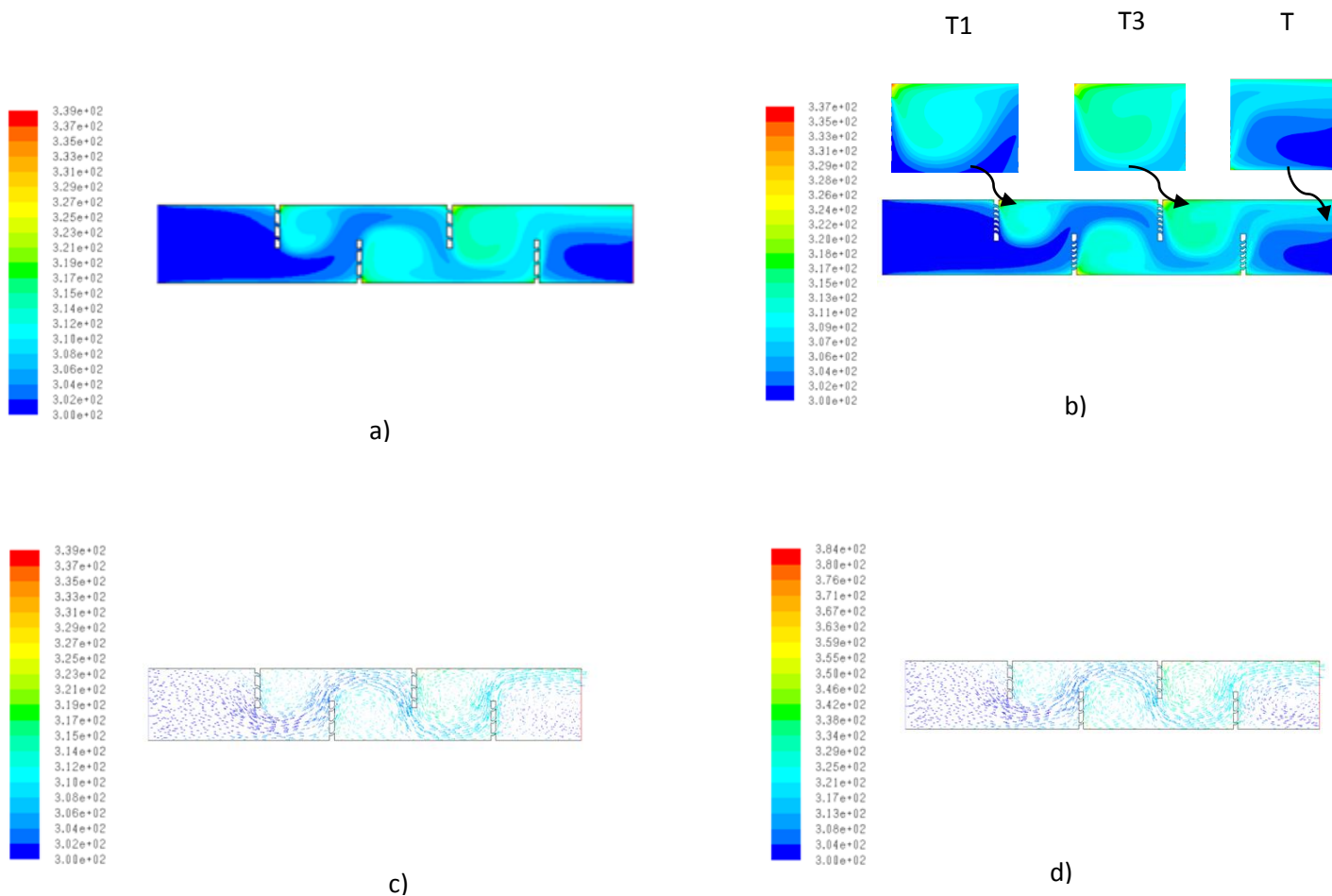
### -Vitesse d'entrée $v=3.9\text{m/s}$

Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 3.9\text{m/s}$ , pour le capteur à chicanes avec six barrettes perforées  $r = 0.005\text{m}$  (figures III.108.b ; III.108.d) :

En aval de la première chicane, la température est comprise entre 304K et 337K, (zone : T1)

En aval de la troisième, elle est comprise entre 304 K et 335K, (zone : T3). A la sortie, elle est comprise entre 300K et 318K, (zone : T).

Amélioration par rapport au capteur à chicanes avec trois barrettes (figures III.108.a ; III.108.c).



**Fig. III.108** Température pour  $v = 3.9\text{m/s}$

- a) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- b) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes
- c) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes
- d) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

Les profils de la température de la (figure III.109.b) montre que pour une vitesse d'entrée du fluide caloporteur  $v=3.9\text{m/s}$  au niveau de la section  $x = 0.3\text{m}$  suivant la direction transversale

la température du capteur à chicanes avec six barrettes  $300 < T < 316$  K par rapport au capteur à chicanes avec trois barrettes  $302 < T < 313$  K.

Pour la section  $x=0.6m$ , la (figure III.109.d) la température pour le capteur à chicane avec six barrettes  $304 < T < 318$ , celle du capteur à chicanes avec trois barrettes  $307 < T < 318$  K.

Le nombre de points chauffé est supérieur pour le capteur à chicanes avec six barrettes.

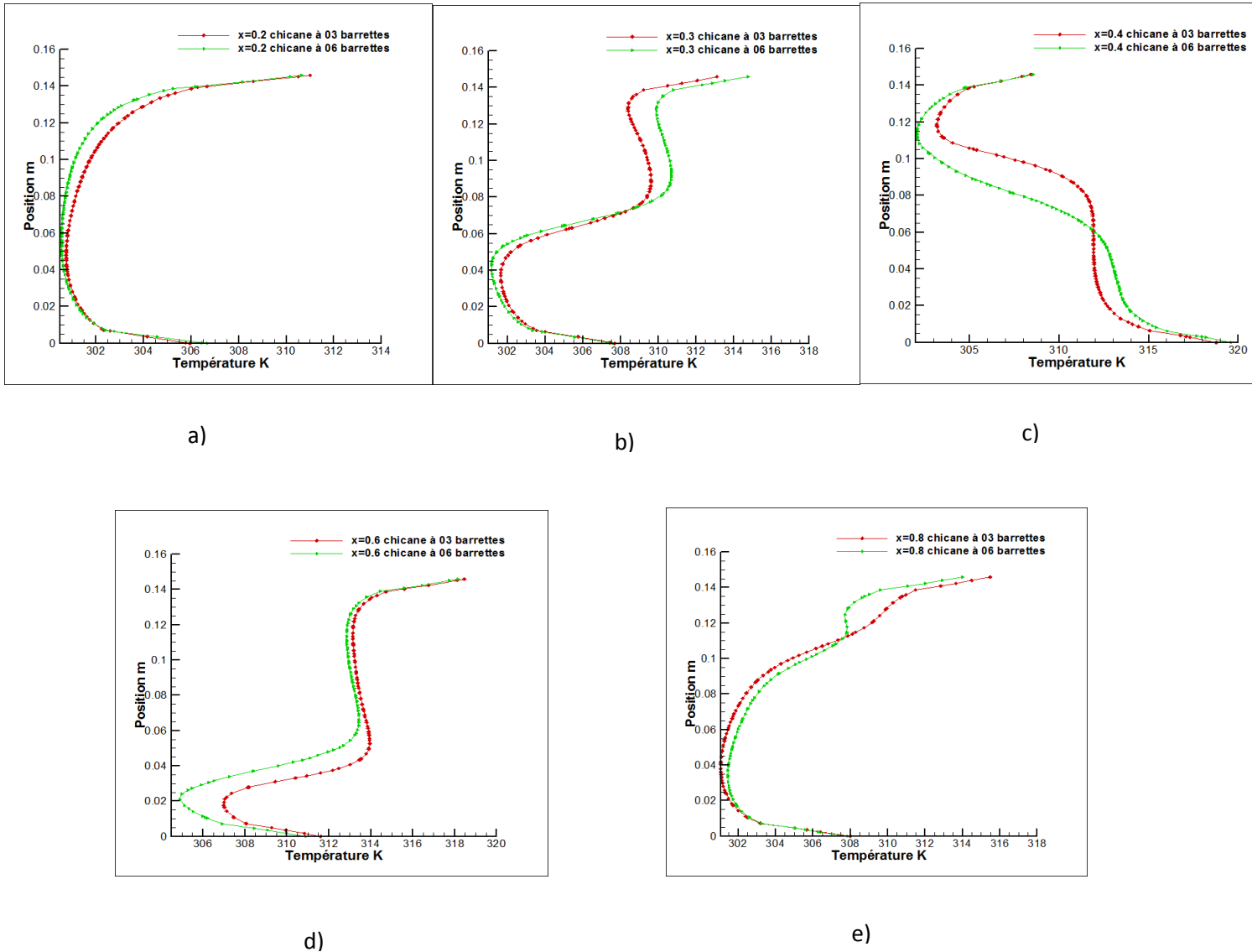


Fig. III.109 Profils de la température pour  $v = 3.9m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

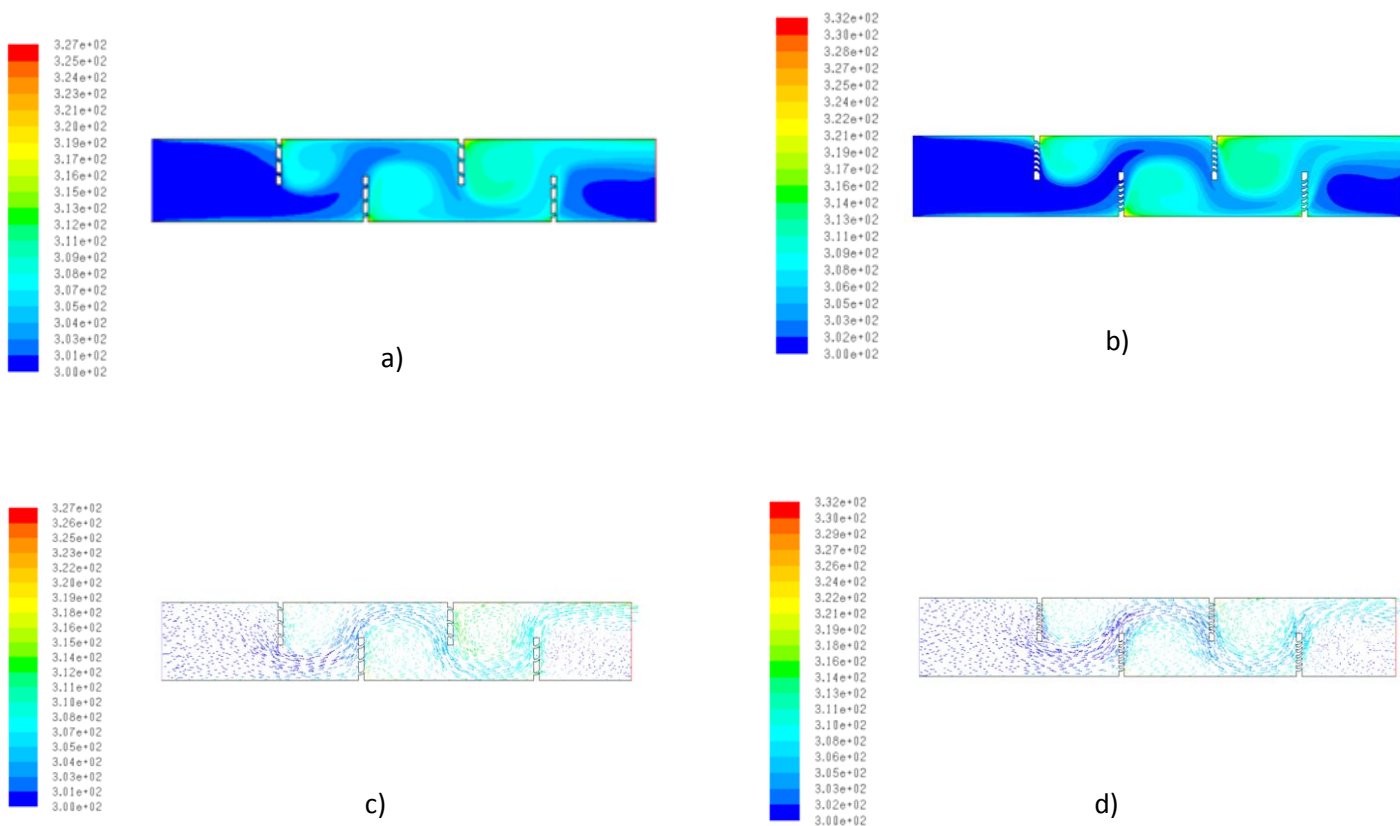
**-Vitesse d'entrée  $v=7.8\text{m/s}$** 

Pour une vitesse d'entrée d'air  $v = 3.9\text{m/s}$ , capteur à chicanes avec six barrettes (figures III.110.b ; III.110.d) :

-En aval de la première chicane, la température est comprise entre 300K et 328K

-En aval de la troisième, elle est comprise entre 305K et 328K .A la sortie, elle est comprise entre 300K et 318K.

Amélioration de ses températures par rapport au capteur à chicanes avec trois barrettes (figures III.110.a ; III.110.c).



**Fig. III.110** Température pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 b) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes  
 c) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes  
 d) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

Pour la vitesse d'entrée  $v=7.8\text{m/s}$  (figure III.111), la température du fluide caloporteur est moins importante par rapport à la vitesse d'entrée du fluide caloporteur pour  $v=3.9\text{m/s}$ , les profils de températures en  $x = 0.2\text{m}$ ,  $x = 0.3\text{m}$ ,  $x = 0.4\text{m}$ ,  $x = 0.6\text{m}$  et,  $x = 0.8\text{m}$  le montre.

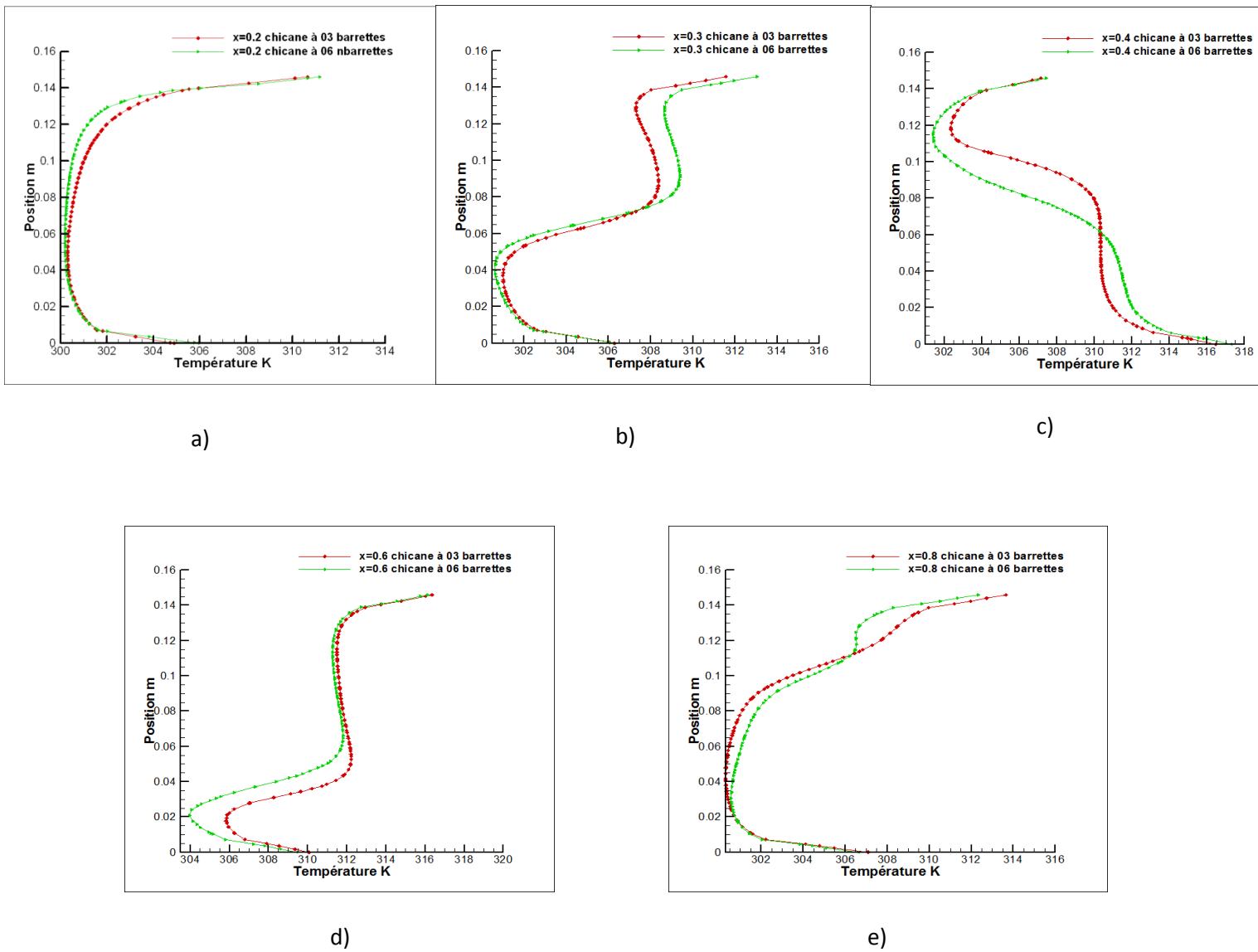


Fig. III.111 Profils de la température pour  $v = 7.8\text{m/s}$

- a) à  $x = 0.2\text{m}$
- b) à  $x = 0.3\text{m}$
- c) à  $x = 0.4\text{m}$
- d) à  $x = 0.6\text{m}$
- e) à  $x = 0.8\text{m}$

### **-Vitesse d'entrée $v=11.7\text{m/s}$**

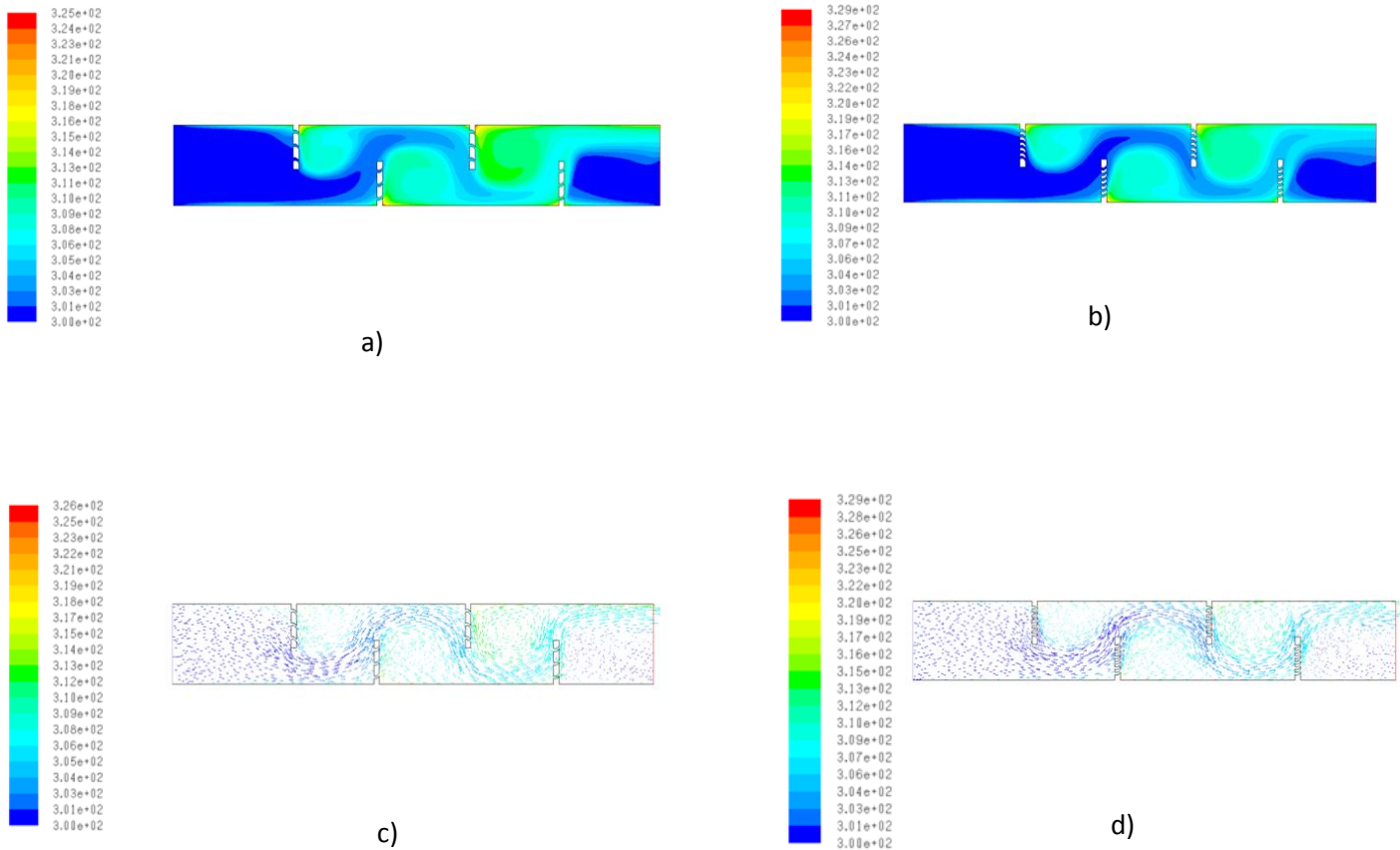
Pour une vitesse d'entrée d'air  $v=3.9\text{m/s}$ , capteur à chicanes avec trois barrettes (figures III.112.b ; III.112.d) :

-En aval de la première chicane, la température est comprise entre 300K et 326K

-En aval de la troisième, elle est comprise entre 304K et 326K

-A la sortie, elle est comprise entre 300K et 318K.

Ses températures sont légèrement supérieures par rapport au capteur à chicanes avec trois barrettes, (figures III.112.a ; III.112.c).



**Fig. III.112** Température pour  $v = 11.7\text{m/s}$

a) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes

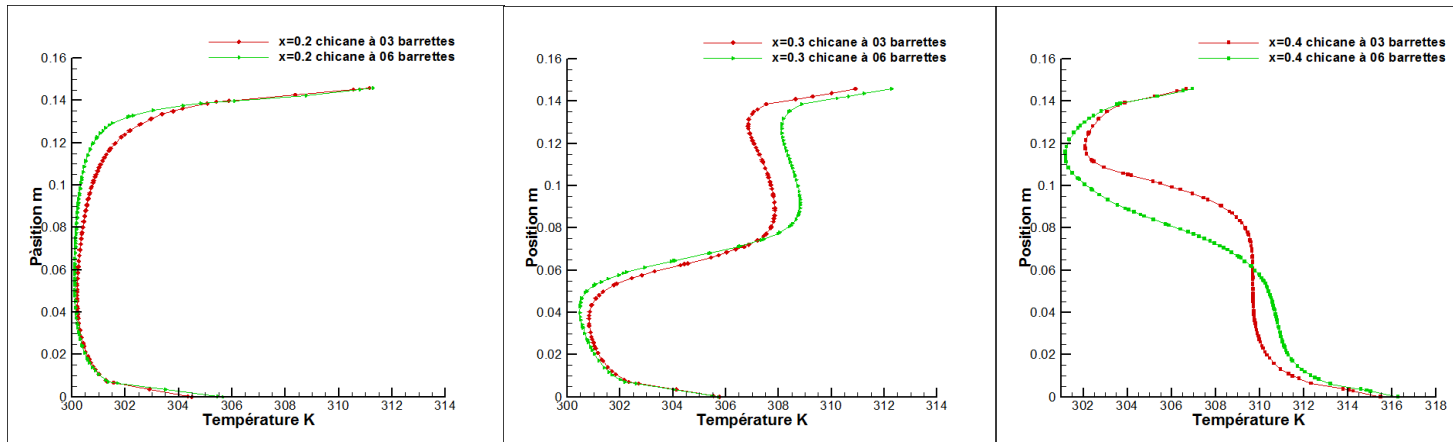
b) Contour de la température pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

c) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec trois barrettes

d) Vecteurs de la température pour le modèle de capteur à chicane avec six barrettes

Pour la vitesse d'entrée  $v = 11.7\text{m/s}$  (figures III.113), la température du fluide caloporteur est moins importante pour les deux modèles de capteurs, les profils de températures en  $x = 0.2\text{m}$ ,  $x = 0.3\text{m}$ ,  $x = 0.4\text{m}$ ,  $x = 0.6\text{m}$  et  $x = 0.8\text{m}$  le montre.

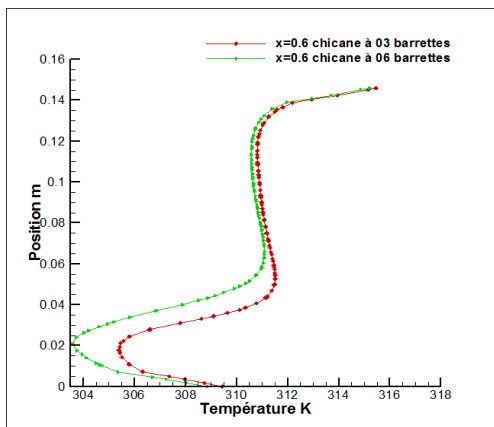
Le nombre de points chauffés est supérieur pour le capteur à chicane avec six barrettes.



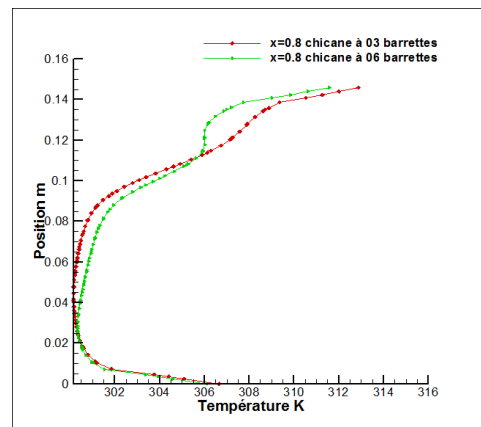
a)

b)

c)



d)



e)

Fig. III.113 Profils de la température pour  $v = 11.7m/s$

- a) à  $x = 0.2m$
- b) à  $x = 0.3m$
- c) à  $x = 0.4m$
- d) à  $x = 0.6m$
- e) à  $x = 0.8m$

### Conclusion

On remarque une augmentation des lignes de courant pour les chicanes à six barrettes, une diminution des zones tourbillonnaires, un ralentissement du fluide caloporteur, chauffage d'un maximum du fluide.

### Conclusion générale

Ce travail présente une contribution efficace pour l'amélioration des performances d'un capteur solaire plan à air.

L'amélioration des performances des capteurs solaires consistait à limiter les déperditions thermiques entre l'absorbeur et l'ambiance avec l'introduction de chicanes avec barrettes. L'optimisation des performances porte plus particulièrement sur la circulation du fluide caloporteur.

L'augmentation du nombre de barrettes des chicanes à provoquer :

- ralentissement de la vitesse du fluide
- diminution de la turbulence
- chauffage d'un maximum de débit de fluide

Pour la vitesse d'entrée du fluide caloporteur  $v=3.9\text{m/s}$  :

la vitesse la plus basse des tourbillons en amont des chicanes est remarqué pour le capteur à chicane avec six barrettes avec une recirculation à une vitesse faible  $v = 0.931\text{kg/s}$  (première chicane),  $v = 0.815\text{kg/s}$  (troisième chicane) expliqué par la présence d'un nombre important de barrettes. En amont de la quatrième chicane on remarque l'absence des tourbillons pour le capteur à chicanes avec six barrettes.

-A l'extrémité de la première chicane du capteur à chicane simple, la vitesse suivant l'axe  $x$   $v=9.98\text{m/s}$  passe à  $v=11.2\text{m/s}$  pour le capteur à chicane avec trois barrettes  $r = 0.01\text{m}$ ,  $v=2.77\text{m/s}$  pour le capteur avec trois barrettes  $r = 0.005\text{m}$  et  $v = 3.59\text{m/s}$  pour le capteur avec six barrettes.

-Le gradient négatif le plus réduit suivant l'axe des  $y$  au niveau de la première chicane est  $v = -0.779\text{m/s}$  (chicane avec six barrettes).

Le gradient le plus réduit suivant l'axe des  $y$  pour la deuxième chicane est  $v = 12.4\text{m/s}$  (chicanes avec six barrettes).

Le gradient négatif le plus réduit suivant l'axe des  $y$  pour la troisième chicane est  $v = -2.42\text{m/s}$  (chicane avec six barrettes)

Le gradient le plus réduit suivant l'axe des  $y$  pour la quatrième chicane est  $v = 17.3\text{m/s}$  (chicane à six barrettes).

- Les vitesses les plus importantes sont pour le capteur à chicane avec six barrettes

La vitesse de recirculation la plus importante au niveau de la première chicane vers la paroi inférieure est  $v=9.84\text{m/s}$  (capteur à chicanes avec six barrettes).



A partir de la deuxième vers la paroi supérieure  $v = 15.2\text{m/s}$

De la troisième chicane vers la paroi inférieure jusqu'à  $v = 15.2\text{ m/s}$

De la quatrième chicane vers la paroi supérieure à la sortie du capteur  $v = 17.9\text{m/s}$

- Les coefficients de pression les plus réduits sont remarqués pour le capteur à chicane avec six barrettes, des énergies cinétiques turbulentes moins importantes, des dissipations turbulentes basses.

Les températures les plus fiables sont données par le capteur à chicanes avec six barrettes :

-Entre 306K et 337K en amont de la première chicane

-Entre 311K et 333K en amont de la troisième chicane

-Entre 300K et 318K à la sortie du capteur

Pour les deux autres vitesses,  $v = 7.8\text{m/s}$  et  $v = 11.7\text{m/s}$  les températures sont moins importantes, expliquées par le fait que plus la vitesse du fluide caloporteur est inférieure plus le fluide est chauffé à l'intérieur du capteur solaire.

## NOMENCLATURE

### A : Notation latine

Symbole	Désignation	unité
$a$	Angle d'inclinaison	$^{\circ}$
$C_p$	Capacité calorifique	J/kgK
$D$	Diamètre hydraulique	m
$E$	Energie	J
$e_{is}$	Épaisseur de l'isolant	m
$e_{chi}$	Épaisseur des chicanes	m
$G$	Densité du flux thermique globale	$Wm^{-2}$
$h$	Hauteur des chicanes	m
$h_{CV}$	Coefficient d'échange thermique par convection dû au vent	$W/m^2K$
$h_{r,ve}$	Coefficient d'échange thermique par radiation entre le vitrage et l'air ambiant	$W/m^2K$
$h_{c-f,p}$	Coefficient d'échange thermique par convection entre le fluide caloporteur et l'absorbeur	$W/m^2K$
$h_c$	Coefficient d'échange thermique par convection entre l'absorbeur et la vitre	$W/mK$
$h_{r,av}$	Coefficient d'échange thermique par radiation entre l'absorbeur et le vitrage	$W/m^2K$
$U$	Coefficient global de pertes du capteur	$W/m^2.K$
$I_0$	Constante solaire	$Wm^{-2}$
$k_f$	Conductivité thermique du fluide caloporteur	$W/mK$
$k_i$	Conductivité thermique de l'isolant	$W/mK$
$k$	Energie cinétique turbulente à l'entrée	$m^2/s^2$
$L$	Longueur de la plaque dans le sens de l'écoulement	m
$l$	Largeur de la plaque	m
$L1$	Espace entre l'entrée et la chicane supérieure	m
$L2$	Espace entre la deuxième chicane et la sortie	m
$L3$	Espace entre la première chicane inférieure et l'entrée	m
$L4$	Espace entre la deuxième chicane inférieure et la sortie	m
$n$	Numéro du jour	-
$P$	Pression	Pa
$p_{atm}$	Pression atmosphérique	Pa
$P_s$	Pression à la sortie	Pa
$P_p$	Pertes thermiques	$W/m^2$
$P_u$	Puissance utile transmise au fluide caloporteur	W
$P_a$	Puissance absorbée par l'absorbeur	W
$q$	Débit massique du fluide	$Kg/m^3$
$Q_{rad,av}$	Flux de chaleur par rayonnement de l'absorbeur vers la vitre	W
$Q_{rad,vc}$	La densité de flux de chaleur échangé par rayonnement entre le vitrage et l'air ambiant	W

$R_e$	Nombre adimensionnel de Reynolds	-
$R_s$	Rayonnement solaire	W/m <sup>2</sup>
$S$	Surface de la plaque	m <sup>2</sup>
$T$	Température	K
$T_a$	Température ambiante	K
$T_p$	Température de l'absorbeur	K
$T_c$	Température du ciel	K
$T_f$	Température du fluide caloporteur	K
$T_{entrée}$	Température du fluide à l'entrée du capteur	K
$T_{sortie}$	Température du fluide à la sortie du capteur	K
$T_{is}$	Température de l'isolant	K
$T_v$	Température de la face externe du vitrage	K
$T_{vi}$	Température de la face interne du vitrage	K
$V_v$	Vitesse du vent	m/s
$U_{av}$	Coefficient global de pertes avant	W/m <sup>2</sup> K
$U_{arr}$	Coefficient global de pertes arrière	W/m <sup>2</sup> K
u,v,w	Composantes du vecteur vitesse	m/s

## B : Notation grecque

$\alpha$	Coefficient d'absorption du capteur	-
$\beta$	Angle entre le plan horizontal et le plan considéré (inclinaison)	°
$\delta$	Déclinaison solaire	°
$\phi$	Flux de chaleur	W
$\varepsilon$	Dissipation à l'entrée	m <sup>2</sup> /s <sup>3</sup>
$\varepsilon_p$	Emissivité de l'absorbeur	
$\varepsilon_v$	Emissivité du vitrage	-
$\mu$	Viscosité dynamique	Pa.s ou Pl
$\mu_t$	Viscosité turbulente	Pa.s ou Pl
$\rho$	Le coefficient de réflexion de la lumière diffuse du sol	
$\sigma$	Constante de Stefan-Boltzmann	W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup>

## Abréviations

OCL	Ogives cintrées
DCL	Delta cintrées Longitudinalement

SC	Sans chicanes
C.S.P	Capteur solaire plan à air
TL	Transversales-Longitudinales
OT	Ogives Transversales
O1F1	Ogives inclinées pliées
WDL1	Delta en longueur
IR	Irradiation solaire
Rg	Rayonnement globale
R <sub>s</sub>	Rayonnement solaire

### Nombre adimensionnels

$N_u$	Nombre de Nusselt	Sans dimension
$R_a$	Nombre de Rayleigh	Sans dimension
$P_r$	Nombre de Prandtl	Sans dimension
$G_r$	Nombre de Grashoff	Sans dimension

# **B**ibliographie

- [1] **Menasria F.**, (2009), "Modélisation des Echanges par Convection dans un Canal Rectangulaire Munid'Ailettes", Mémoire de Magister, Université de Biskra.
- [2] **Benseddik Abdellouahab**, (2008), " Dimensionnements et simulation d'un prototype de cuiseur solaire pour les régions sahariennes "Mémoire d'ingénieur, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen.
- [3] **Benkhelifa A.**, (1998), "Optimisation d'un Capteur Solaire Plan", Revue des Energies Renouvelables, Physique Energétique, pp. 13-18.
- [4] **Ababsa Dalila**, (2009), " Optimisation du rendement d'un capteur solaire par minimisation des pertes convectives "Mémoire de Magister, Université Al-Hadj Lakhdar, Batna.
- [5] **Giovannini André, Bertroit Bédad**, (2012), "Tansfert de chaleur" Editions cépaduès
- [6] **Ahmed-Zaïd A., Moulla A., Hantala M. S. et Desmons J.Y.**, (2001), " Amélioration des Performances des Capteurs Solaires Plans à Air: Application au Séchage de l'Oignon Jaune et du Hareng "Rev. Energ. Ren. Vol.4 , pp 69-78
- [7] **Aoues K., Moummi N., Zellouf M., Moummi A., Labed A., Achouri E., Benchabane A.**, (2009), "Amélioration des performances thermiques d'un

capteur solaire plan à air", Etude expérimentale dans la région de Biskra, Revue des Energies Renouvelables, vol 12, N°2, p 237-248.

- [8] **Aoues K., Moumami N., Zellouf M., Labed A., Achouri E.** ,(2008), " Etude de l'influence des rugosités artificielles sur les performances thermiques descapteurs solaires plans à air", Revue des Energies Renouvelables, vol 11,N°2, p 219 227.
- [9] **Youcef-Ali S.**, (2005), "Study and optimization of the thermal performances of the offset rectangular plate fin absorber plates", with various glazing, Renewable Energy, 30, pp. 271–280.
- [10] **Mokhtari F. et Semmar D.**, (2001), " L'Influence de la Configuration de l'Absorbeur sur les Performances Thermiques d'un Capteur Solaire à Air " Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger, Algérie Rev. Energ. Ren. : Journées de Thermique,pp159-162.
- [11] **MokhtariF. et SemmarD.**, (1999),"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, pp 243-246.
- [12] **Abene A., Dubois V.,Le Ray M.**, (2004), "Study of a solar air flat plate collector,use of obstacles and application for the drying of grape "Volume65,Issue1,pp15-22
- [13] **Bahria S.,Amirat M.**, (2013), "Influence de l'adjonction des chicane longitudinales sur les performances d'un capteur solaire plan à air", Revue des énergies Renouvelables Vol.16 N°1, pp51-63.
- [14] **Tsay Y.L., Chang T.S., Cheng J.C.**,(2005), "Heat transfer enhancement of backward-facing step flow in a channel by using baffle installed on the channel wall", Acta Mech. 174, pp. 63–76.

- [15] **Hwang R. R., Chow Y. C., Peng, Y.F.**,(1999) "Numerical study of turbulent flow over-two dimensional surface-mounted ribs in a channel", International journal for Numerical Methods in Fluids
- [16] **Webb B.W., RamadhyaniS.**, (1985), "Conjugate heat transfer in a channel with staggered ribs", Int. J. Heat Mass Transfer 28, pp. 1679–168
- [17] **Buchberg H., Catton I. and Edwards D.K.**, (1976), "*Natural Convection in Enclosed spaces- a review of Application to Solar Energy Collection*",J. Heat Transfer, ASME- 98, (2), pp. 182-1 89.
- [18] **Letz. T, Lallemand M**, (1986)" Etude théorique et expérimentale d'un capteur solaire plan à air en régime dynamique", Revue de physique Appliquée.
- [19] **Zerrouki A., Tedjiza B. et Said N.**, (2002),"Modélisation des Pertes Thermiques dans un capteur Solaire à Air à deux Passes" . CDER B.P. 62 Bouzaréah, Alger, ALGERIE. Rev. Energ. Ren. Vol. 5, 49-58-49
- [20] **Benyelles F., Benabadja B., Benyoucef B., Ziani Z.**, (2007) " Comparaison entre un capteur à aérogel de silice et d'autres capteurs plans ", 13<sup>èmes</sup> Journées Internationales de Thermique.
- [21] **Ramani B.M., Gupta A., Kumar R.**,(2010)"Performance of a double pass solar air collector "Solar Energy 84 , pp.1929–1937, 2010.
- [22] **Augustus Leon M., Kumar S.**,(2007)"Mathematical modeling and thermal performance analysis of unglazed transpired solar collectors" , Solar Energy, 81 , pp. 62-75.
- [23] **Marwa M. Hassan, YvanBeliveau.**, (2007)"Design, construction and performance prediction ofintegrated solar roof collectors using finite element analysis". Construction and Building Materials, 21, pp. 1069–1078.

- [24] **Fudholi A., Ruslan M.H., Haw L.C., Mat .S, Othman M.Y., Zaharim A., Sopian K.,**(2010) " Performance of Finned Double-Pass Solar Air Collector ",Heat & Mass Transfer and Biology, ISBN: 978-1-61804-065-7
- [25] **Azzi. A,** (2006), "Méthode numérique". *Cours de magister option MADIPODIM modélisation de la dispersion des polluants gazeux.*
- [26] **Fedala D.,**(2007) "Initiation à la CFD ", Ed. Arts Et Métiers, ParisTech.
- [27] **Stoukov Alexei,** (2012), "Introduction à la mécanique des fluides numérique: méthode volumes finis".École nationale supérieure d'électrotechnique (ENSEEIHT), Département hydraulique.
- [28] **Garg H.P., Datta G.,** (1984), "*The Top Loss Calculation for Flat Plate Solar Collectors*", Solar Energy, 32, 1, pp.141-143.
- .
- [29] **Hottel H.C. and Woertz B.B.,** (1942), "Performance of Flat-Plate Solar Heat Collectors", Am. Soc. Mech. Eng. 64, pp. 91-104.
- [30] **Kellar K. M., Patankar S.V.,** (1987) "Numericalprediction of flow and heattransfer in parallel plate channelwithstaggered fins", Journal of heat transfer. 109, pp. 25-30
- [31] **Klein S.A.,** (1975), "*Calculation of Flat Plate Collector Loss Coefficients*", Solar Energy, 17, pp. 79-80.
- [32] **Yang Y.T., Hwang C.Z.,** (2003) "Calculation of turbulent flow and heat transfer in a porous-based channel", Int J. Heat Mass. Transfer; 46, pp. 771–80.
- [33] **Yuan Z.X., Tao W.Q.,** (1998), "Numerical prediction for laminar forced convection heat transfer in parallel-plate channels with streamwise-periodic rod disturbances", Int. J. Numerical Methods in Fluids, Vol. 28, pp. 1371-87.



- [34] **Patankar S.V., Liu C.H., and Sparrow E.M.**,(1977), "Fully developed flow and heat transfer in ducts having streamwise-periodic variations of cross-sectional area", *Journal of Heat Transfer*, Vol. 99, pp. 180-186.
- [35] **Lopez J.R., Anand N.K., FlecherL.S.**, (1995) "A numerical analysis of laminar convective heat transfer in a three-dimensional channel with baffles" in: *Proceedings of the Third U.S. National Congress on Computational Mechanics*, Dallas, TX, vol. 1, pp. 406–416.
- [36] **Malhotra A., Garg H.P. and Palit A.**, (1981), "*Heat Loss Calculation of Flat Plate Solar Collector*", *J. Thermal Engng.*, Vol. 2, N°2, pp. 59-62.
- [37] **Mohamed A.**, (1997), "High efficiency solar air heater", *Solar Energy*, 60, pp. 71-76.
- [38] **Prasad S.B.**, (2009), " Investigation of heat transfer and friction characteristics of packed bed solar air heater using wire mesh as packing material", *Sol. Energy*, doi:10.1016/j.solener.2008.11.011
- [39] **Sayigh A.M.**, (1977), "*Solar Energy Engineering*", Academic Press Inc., Orlando, Florida.
- [40] **Demartini L. C., Vielmo H. A., Möller S. V.**, (2004), " Numeric and Experimental Analysis of the Turbulent Flow through a Channel With Baffle Plates", *J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. &Eng* , Vol. XXVI, No. 2 / 153

# Liste des figures

## Chapitre I

Fig. I.1 : Spectre du rayonnement solaire	2
Fig. I.2 : Propagation du rayonnement solaire dans l'atmosphère	3
Fig. I.3 : Rayonnement solaire à la surface de la terre	4
Fig. I.4 : Capteur solaire plan à air exposé au soleil	4
Fig. I.5 : Vue en 3D d'un capteur solaire plan	5
Fig. I.6 : Utilisation du rayonnement solaire dans le capteur	6
Fig. I.7 : Angle azimutal d'un capteur solaire	7
Fig. I.8 : Echange thermique au niveau d'un capteur solaire plan à air	8
Fig. I.9 : Disposition des obstacles OCL	11
Fig. I.10 : Disposition des obstacles DCL	11
Fig. I.11 : Capteur muni d'obstacles TL	11
Fig. I.12: Schéma du dispositif expérimental	12
Fig. I.13.a : Schéma descriptif des chicanes	13
Fig. I.13.b : Chicane inclinée de 60°	13
Fig. I.13.c : Chicane inclinée de 120°	13
Fig. I.14 : Schéma du capteur plan à air muni de rugosité	13
Fig. I.15 : Rugosité artificielles en forme cylindrique	14
Fig. I.16 : Différentes dispositions des rugosités cylindriques	14
Fig. I.17 : Plaques rectangulaires minces orientées parallèlement à l'écoulement	14
Fig. I.18 : Représentation des trois configurations de capteurs	15
Fig. I.19a : Evolution de l'éclairement global incliné Journée 19/10/99	16
Fig. I.19b : Evolution de l'éclairement Journée 23/10/99	16
Fig. I.19c : Profil de température ( $T_{fs}/T_{fe}$ ) Journée 19/10/99	16
Fig. I.19d : Profil de température ( $T_{fs}/T_{fe}$ ) Journée 23/10/99	16
Fig. I.20a Présentation de type d'obstacle OT	17
Fig. I.20.b Présentation de type d'obstacle OIF1	17
Fig. I.20.c Présentation de type d'obstacle WDL1	17
Fig. I.20.d Présentation de type d'obstacle WDL1	18
Fig. I.21 Prototype de capteur	18
Fig. I.22: Influence de la sélectivité sur le rendement du capteur	20
Fig. I.23: schéma d'un capteur solaire à air double passage	21
Fig. I.24: Effet du rayonnement solaire sur le débit massique et l'efficacité	21
Fig. I.25: variation du rendement thermique en fonction du rapport $(T_0 - T_a)/S$	22

## **Chapitre II**

Fig. II.1 : Volume de contrôle pour un écoulement bidimensionnel.	24
Fig. II.2 : Volume d'intégration de l'équation de continuité	25
Fig.II.3 : Lancement du Gambit	27
Fig. II.4 : Construction des surfaces et volumes	28
Fig. II.5 : Construction des groupes de la géométrie	28
Fig.II.6.a :Maillage de la géométrie	28
Fig.II.6.b :Construction du maillage	29
Fig. II.7: Maillage structuré et non structuré	30
Fig. II.8: Définition des frontières	30
Fig. II.9 : Exportation du maillage	31
Fig. II.10 : Importation de la géométrie	31
Fig. II.11: Vérification du maillage	31
Fig. II.12: Vérification des unités	32
Fig. II.13 : Choix du solveur	32
Fig. II.14 : Equation de l'énergie	33
Fig.II.15 : Choix du modèle de turbulence	33
Fig. II.16 : Définition des caractéristiques du fluide	34
Fig. II.17 : Choix de la pression de référence	34
Fig. II.18 : Valeurs des conditions aux limites	34
Fig. II.19: Introduction de la vitesse d'entrée	35
Fig. II.20 : Imposition de la condition de la paroi pour les parois inférieure et supérieure	35
Fig. II.21 : Pression à la sortie	35
Fig. II.22: Choix d'ordre des équations et l'algorithme	35
Fig. II.23: Initialisation du calcul	36
Fig. II.24 : Choix des critères de convergence	36
Fig. II.25 : Choix du nombre des itérations	37

## **Chapitre III**

Fig. III.1 : Géométries étudiées	39
Fig. III.2 : Comparaison de la vitesse a $x=0.2m$ pour des différents maillages pour une vitesse d'entrée d'air dans le capteur $v= 3.9m/s$	41
Fig. III.3 : Maillage adopté	42
Fig. III.4 : Convergence des solutions pour une vitesse d'entrée $v=3.9m/s$	42

Fig. III.5 : Comparaison des résultats	43
Fig. III.6 : Lignes de courant pour $v=3.9\text{m/s}$	44
Fig. III.7 Lignes de courant pour $v=7.8\text{m/s}$	45
Fig. III.8 : Ligne de courant pour $v=11.7\text{m/s}$	46
Fig. .III.9 : Vitesse longitudinale pour $v=3.9\text{m/s}$	47
Fig. .III.10 : Vitesse longitudinale pour $v=7.8\text{m/s}$	48
Fig. .III.11 : Vitesse longitudinale pour $v=11.7\text{m/s}$	49
Fig. III.12 Vitesse transversale pour $v=3.9\text{m/s}$	50
Fig. III.13 : Vitesse transversale pour $v=7.8\text{m/s}$	51
Fig. III.14 : Vitesse transversale pour $v=11.7\text{m/s}$	52
Fig. III.15 : Vitesse pour $v=3.9\text{m/s}$	53
Fig.III.16 : Profils de vitesse pour $v=3.9\text{m/s}$	54
Fig.III.17 : Vitesse pour $v=7.8\text{m/s}$	55
Fig.III.18 : Profils de vitesse pour $v=7.8\text{m/s}$	56
Fig.III.19 : Vitesse pour $v =11.7\text{m/s}$	57
Fig.III.20 : Profilsde vitesse pour $v=11.7\text{m/s}$	58
Fig. III.21 : Coefficient de pression pour $v=3.9\text{m/s}$	59
Fig. III.22 : Coefficient de pression pour $v=7.8\text{m/s}$	60
Fig. III.23 : Coefficient de pression pour $v=11.7\text{m/s}$	61
Fig. III.24 : Energie cinétique pour une vitesse de $v= 3.9 \text{ m/s}$	62
Fig.III.25: Profile de l'énergie cinétique pour $v=3.9\text{m/s}$	63
Fig. III.26 Energie cinétique pour une vitesse $v= 7.8 \text{ m/s}$	64
Fig. III.27 : Profils de l'énergie cinétique pour une vitesse $v=7.8 \text{ m/s}$	65
Fig. III.28 : Energie cinétique pour une vitesse $v= 11.7 \text{ m/s}$	66
Fig. III.29 : Profils de l'énergie cinétique pour une vitesse $v=11.7 \text{ m/s}$	67
Fig. III.30 : Dissipation turbulente pour $v=3.9\text{m/s}$	68
Fig. III.31 : Profiles de Dissipation turbulente pour $v=3.9\text{m/s}$	69
Fig. III.32 : Dissipation turbulente pour $v=7.8\text{m/s}$	70
Fig. III.33 : Profils de Dissipation turbulente pour $v=7.8\text{m/s}$	71
Fig. III.34 : Dissipation turbulente pour $v=11.7\text{m/s}$	72
Fig. III.35 : Profils de Dissipation turbulente pour $v=11.7\text{m/s}$	73
Fig. III.36 : Température pour $v=3.9\text{m/s}$	74
Fig. III.37 : Profils de Température pour $v=3.9\text{m/s}$	75
Fig. III.38 : Température pour $v=7.8\text{m/s}$	76
Fig. III.39 : Profils de Température pour $v=7.8\text{m/s}$	77
Fig. III.40 : Température pour $v=11.7\text{m/s}$	78
Fig. III.41 : Profils de Température pour $v=11.7\text{m/s}$	79
Fig. III.42 : Ligne de courant pour $v=3.9\text{m/s}$	81
Fig. III.43 : Ligne de courant pour $v=7.8\text{m/s}$	82
Fig. III.44 : Ligne de courant pour $v=11.7\text{m/s}$	83
Fig.III.45 : Vitesse Longitudinale pour $v=3.9\text{m/s}$	84
Fig. III.46 : Vitesse Longitudinale pour $v=7.8\text{m/s}$	85
Fig.III.47 : Vitesse Longitudinale pour $v=11.7\text{m/s}$	86
Fig.III.48 : Vitesse transversale pour $v=3.9\text{m/s}$	87

Fig. III.49 : Vitesse transversale pour $v=7.8\text{m/s}$	88
Fig. III.50 : Vitesse transversale pour $v=11.7\text{m/s}$	89
Fig. III.51 : Vitesse pour $v=3.9\text{m/s}$	90
Fig. III.52 : Profils de la vitesse pour $v=3.9\text{m/s}$	91
Fig. III.53 : Vitesse pour $v=7.8\text{m/s}$	92
Fig. III.54 : Profils de la vitesse pour $v=7.8\text{m/s}$	93
Fig. III.55 : Vitesse pour $v=11.7\text{m/s}$	94
Fig. III.56 : Profils de la vitesse pour $v=11.7\text{m/s}$	95
Fig. III.57 : Coefficient de pression pour $v=3.9\text{m/s}$	96
Fig. III.58 : Coefficient de pression pour $v=7.8\text{m/s}$	97
Fig. III.59 : Coefficient de pression pour $v=11.7\text{m/s}$	98
Fig. III.60 : Energie cinétique pour $v=3.9\text{m/s}$	99
Fig. III.61 : Profils de l'énergie cinétique pour $v=3.9\text{m/s}$	100
Fig. III.62 : Energie cinétique pour $v=3.9\text{m/s}$	101
Fig. III.63 : Profils de l'énergie cinétique pour $v=7.8\text{m/s}$	102
Fig. III.64 : Energie cinétique pour $v=7.8\text{m/s}$	103
Fig. III.65 : Profils de l'énergie cinétique pour $v=11.7\text{m/s}$	104
Fig. III.66 : Dissipation turbulente pour $v=3.9\text{m/s}$	105
Fig. III.67 : Profils de dissipation turbulente pour $v=3.9\text{m/s}$	106
Fig. III.68 : Dissipation turbulente pour $v=7.8\text{m/s}$	107
Fig. III.69 : Profils de dissipation turbulente pour $v=7.8\text{m/s}$	108
Fig. III.70 : Dissipation turbulente pour $v=11.7\text{m/s}$	109
Fig. III.71 : Profils de dissipation turbulente pour $v=11.7\text{m/s}$	110
Fig. III.72 : Température pour $v=3.9\text{m/s}$	111
Fig. III.73 : Profils de température pour $v=3.9\text{m/s}$	112
Fig. III.74 : Température pour $v=7.8\text{m/s}$	113
Fig. III.75 : Profils de température pour $v=7.8\text{m/s}$	114
Fig. III.76 : Température pour $v=11.7\text{m/s}$	115
Fig. III.77 : Profils de température pour $v=11.7\text{m/s}$	116
Fig. III.78 : Ligne de courant pour $v=3.9\text{m/s}$	117
Fig. III.79 : Ligne de courant pour $v=7.8\text{m/s}$	118
Fig. III.80 : Ligne de courant pour $v=11.7\text{m/s}$	119
Fig. III.81 : Vitesse longitudinale pour $v=3.9\text{m/s}$	120
Fig. III.82 : Vitesse longitudinale pour $v=7.8\text{m/s}$	121
Fig. III.83 : Vitesse longitudinale pour $v=11.7\text{m/s}$	122
Fig. III.84 : Vitesse transversale pour $v=3.9\text{m/s}$	123
Fig. III.85 : Vitesse transversale pour $v=7.8\text{m/s}$	124
Fig. III.86 : Vitesse transversale pour $v=11.7\text{m/s}$	125
Fig. III.87 : Vitesse pour $v=3.9\text{m/s}$	126
Fig. III.88 : Profils de la vitesse pour $v=3.9\text{m/s}$	127
Fig. III.89 : Vitesse pour $v=7.8\text{m/s}$	128
Fig. III.90 : Profils de la vitesse pour $v=7.8\text{m/s}$	129
Fig. III.91 : Vitesse pour $v=11.7\text{m/s}$	130
Fig. III.92 : Profils de la vitesse pour $v=11.7\text{m/s}$	131
Fig. III.93 : Coefficient de pression pour $v=3.9\text{m/s}$	132
Fig. III.94 : Coefficient de pression pour $v=7.8\text{m/s}$	133
Fig. III.95 : Coefficient de pression pour $v=11.7\text{m/s}$	134
Fig. III.96 : Energie cinétique pour $v=3.9\text{m/s}$	135

Fig. III.97 : Profils de l'énergie cinétique pour $v=3.9\text{m/s}$	136
Fig. III.98 : Energie cinétique pour $v=7.8\text{m/s}$	137
Fig. III.99 : Profils de l'énergie cinétique pour $v=7.8\text{m/s}$	138
Fig. III.100 : Energie cinétique pour $v=11.7\text{m/s}$	139
Fig. III.101 : Profils de l'énergie cinétique pour $v=11.7\text{m/s}$	140
Fig. III.102 : Dissipation turbulente pour $v=3.9\text{m/s}$	141
Fig. III.103 : Profils de la dissipation turbulente pour $v=3.9\text{m/s}$	142
Fig. III.104 : Dissipation turbulente pour $v=7.8\text{m/s}$	143
Fig. III.105 : Profils de la dissipation turbulente pour $v=7.8\text{m/s}$	144
Fig. III.106 : Dissipation turbulente pour $v=11.7\text{m/s}$	145
Fig. III.107 : Profils de la dissipation turbulente pour $v=11.7\text{m/s}$	146
Fig. III.108 : Température pour $v=3.9\text{m/s}$	147
Fig. III.109 : Profils de la température pour $v=3.9\text{m/s}$	148
Fig. III.110 : Température pour $v=7.8\text{m/s}$	149
Fig. III.111 : Profils de la température pour $v=7.8\text{m/s}$	150
Fig. III.112 : Température pour $v=11.7\text{m/s}$	151
Fig. III.113 : Profils de la température pour $v=11.7\text{m/s}$	152