

## IV .1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de la simulation numérique pour un modèle, donc l'objectif principal est de montrer la capacité du code de calcul ANSYS FLUENT.

## IV.2 Vérification de la convergence et $y^+$

Le code ANSYS FLUENT cessera les itérations dès lors que tous les résidus calculés soient sous la valeur du critère de convergence entrée par l'utilisateur. Cette valeur est à fixer selon le degré de précision désiré de la solution approchée par le code de calcul. La figure IV.1 montre la convergence des résidus de :  $u$ ,  $v$ , continuité, l'énergie,  $k$ , et  $\varepsilon$  vers la valeur fixée, soit  $10^{-6}$  pour notre cas.

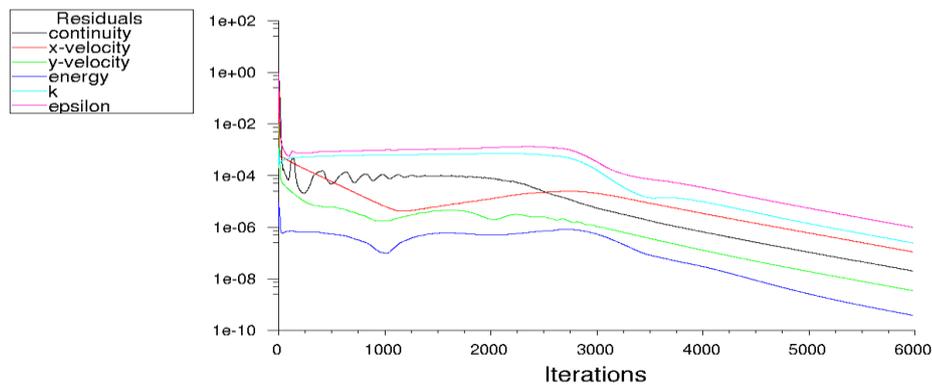


Figure IV.1 : Tracé des courbes des résidus.

La figure IV.2 montre l'évolution de  $y^+$  le long des parois inférieure et supérieure qui confirme la finesse de notre maillage.

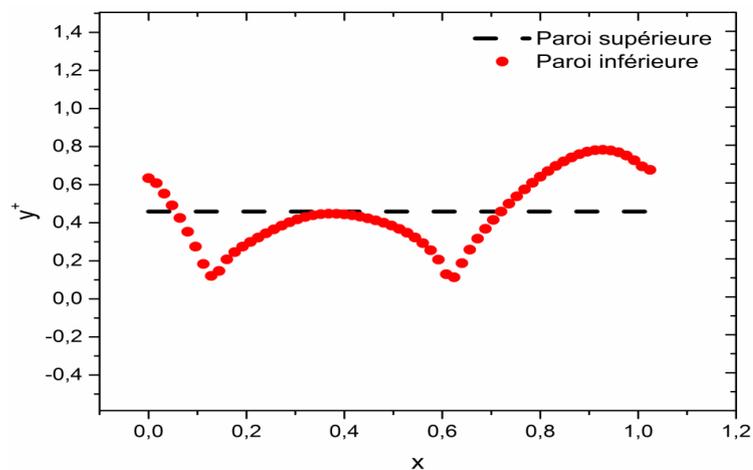


Figure IV.2 : Evolution de  $y^+$  le long des parois : inférieure et supérieure.

### IV.3 Contour de la vitesse

La figure.IV.3, montre les contours de la composante longitudinale de la vitesse au sein de la paroi ondulée. On remarque que la vitesse augmente entre les deux parois, la zone de recirculation est située à la position divergente. Dans cette zone la vitesse change de sens.

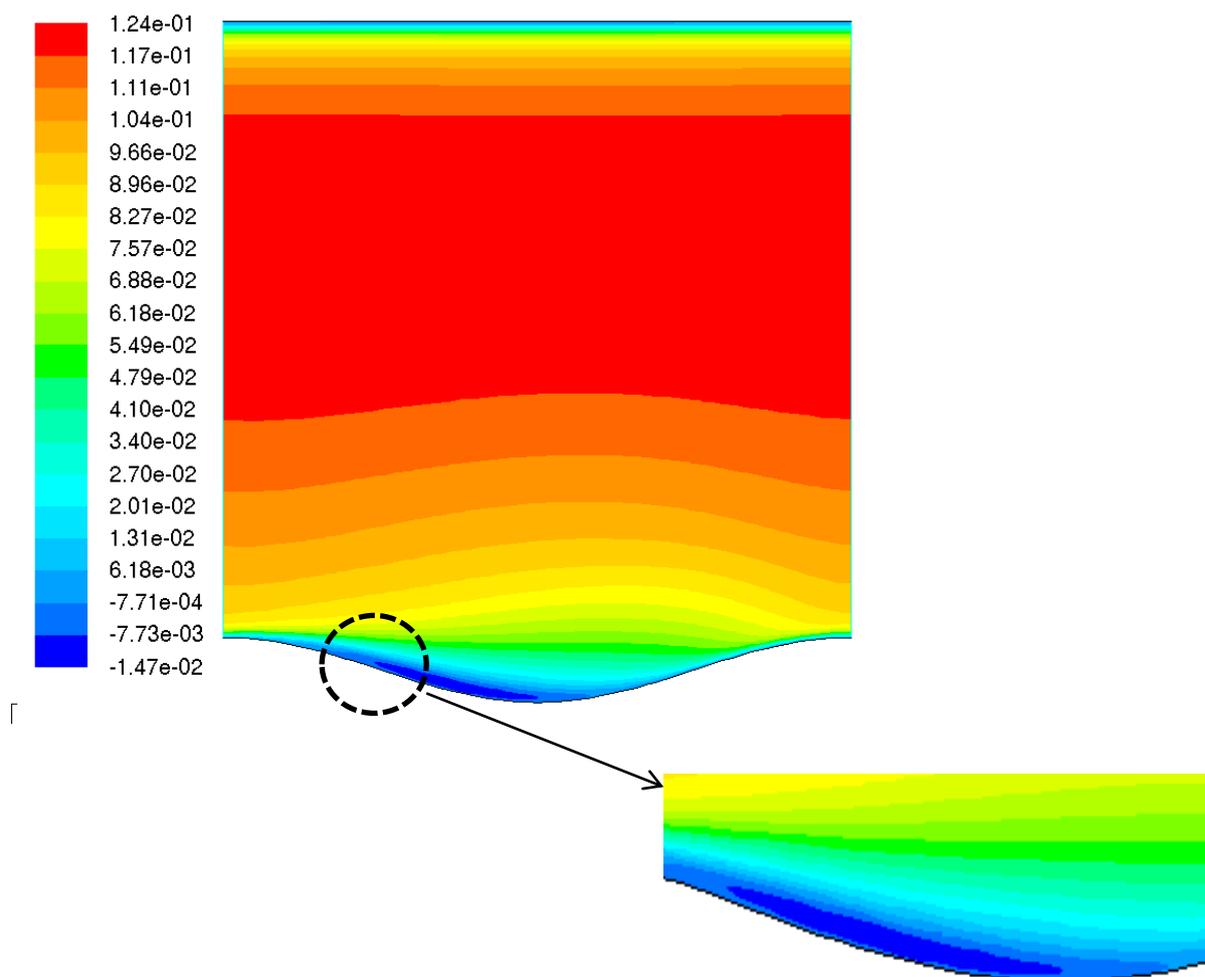


Figure IV.3 : Contours de la composante longitudinale de la vitesse.

## IV.4 Validations hydrodynamiques

Avant de traiter et de commenter les résultats numériques obtenus du point de vue thermique, il est nécessaire de procéder à la validation hydrodynamique. Cette dernière tient compte uniquement de l'écoulement du fluide considéré.

### IV.4.1 Comparaison entre une simulation 2D et 3D

Le but de notre travail est de lancer une simulation en 3D, mais vu les moyens informatiques disponible au sein de notre département, on a changé la stratégie de simulation en modifiant le domaine de calcul suivant l'axe  $z$ , et on a obtenu les mêmes résultats.

La figure IV.4 montre la comparaison entre une simulation en 2D et 3D.

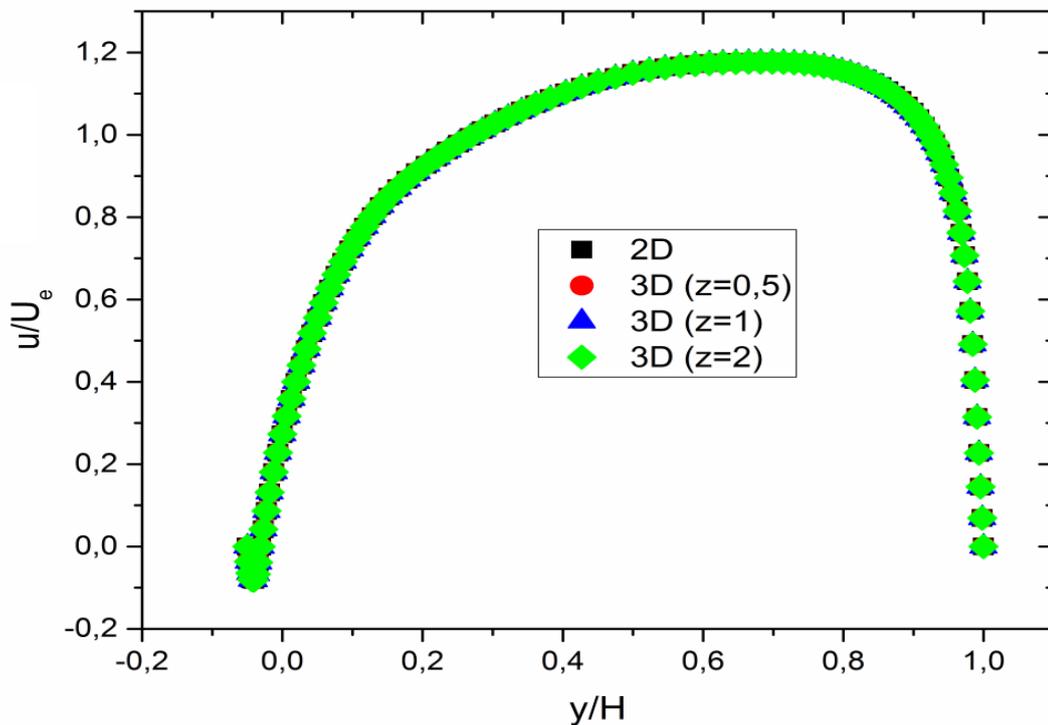


Figure IV.4 : Comparaison entre une simulation 2D et 3D.

#### IV.4.2 Evolution de la composante longitudinale de la vitesse ( $u$ )

La figure IV.5 montre le profil de la composante longitudinale du vecteur vitesse suivant une section droite du canal pour les quatre positions choisies. On remarque que les profils de vitesse ont la même allure que ceux (presque confondus) donnés par la (DNS) [30]. Ces profils présentent une concavité négative pour les deux positions creux et divergent au niveau de la zone de recirculation. Ceci est dû à l'augmentation de la section creux et de la pression entrainant ainsi un flux de retour.

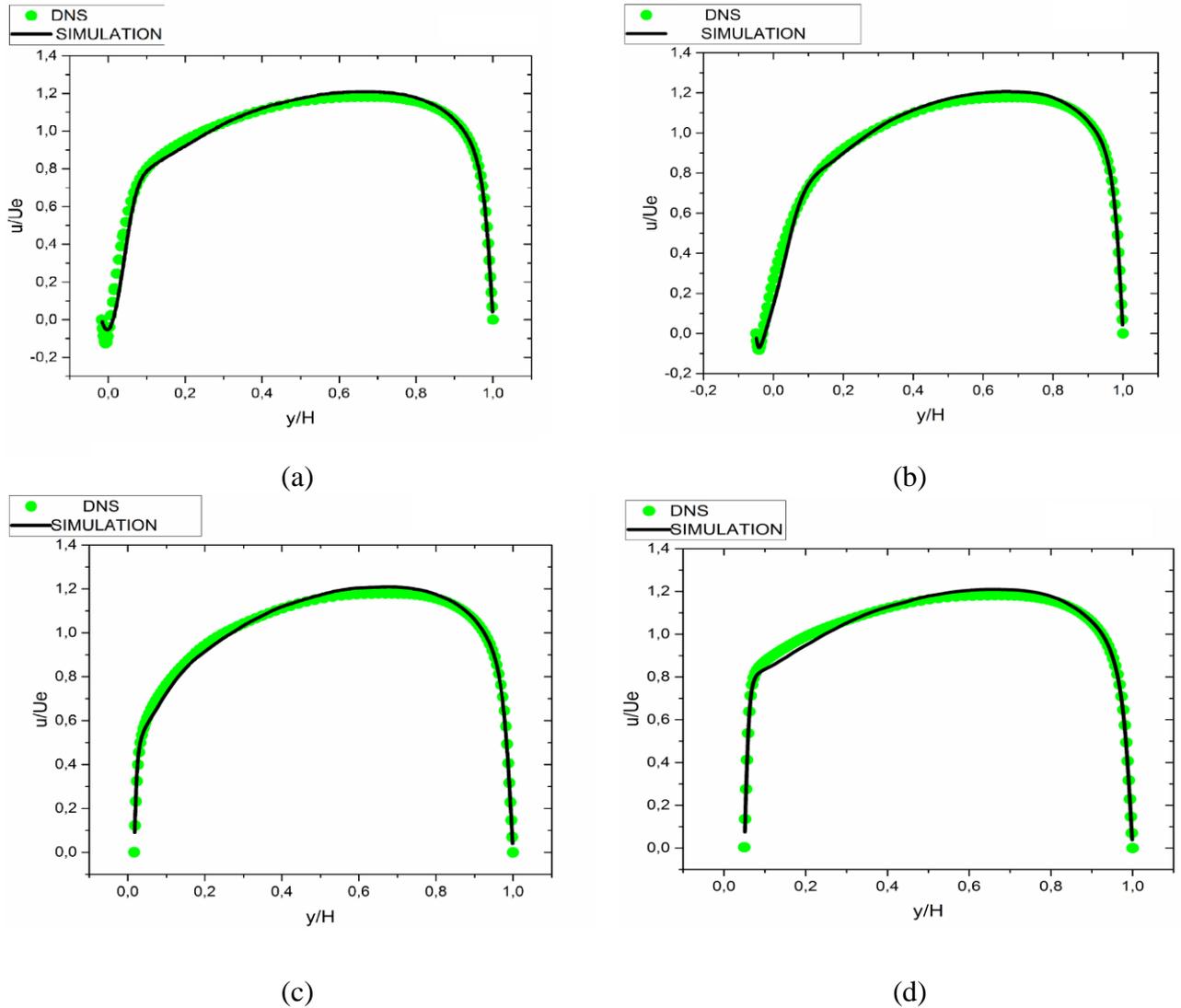


Figure IV.5 : Profil de vitesse  $u$  dans la section droite : (a) divergent ; (b) creux ; (c) convergent ; (d) sommet

#### IV.4.2 Evolution de la composante transversale de la vitesse ( $v$ )

Pour la validation hydrodynamique, nous avons aussi comparé la composante transversale de la vitesse obtenue numériquement avec celle obtenue par la (DNS) [30]. On remarque que les profils obtenus numériquement ont la même allure que ceux de la (DNS) [30]. Cependant, un écart est observé entre ces deux profils (numérique et DNS) pour la position divergente.

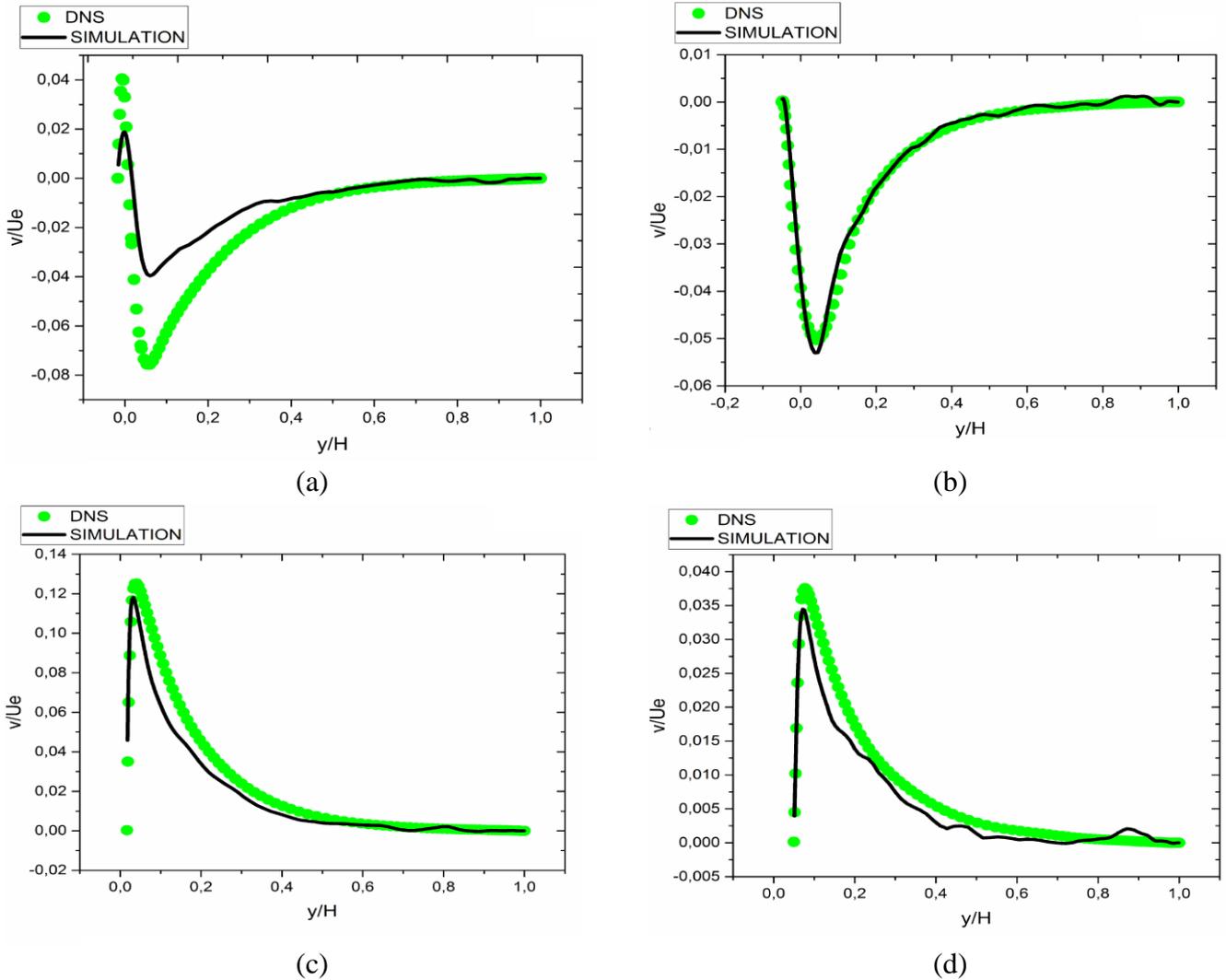


Figure IV.6 : Profil de vitesse  $v$  dans la section droite : (a) Divergent ; (b) creux ; (c) convergent ; (d) sommet.

### IV.4.3 Evolution de l'énergie cinétique turbulente ( $k$ )

La figure.IV.7, montre une comparaison entre les profils de l'énergie cinétique turbulente obtenus numériquement et la DNS [30] pour les quatre positions choisies. Les profils ont la même allure mais présentent des écarts observés au niveau des deux positions creux et sommet.

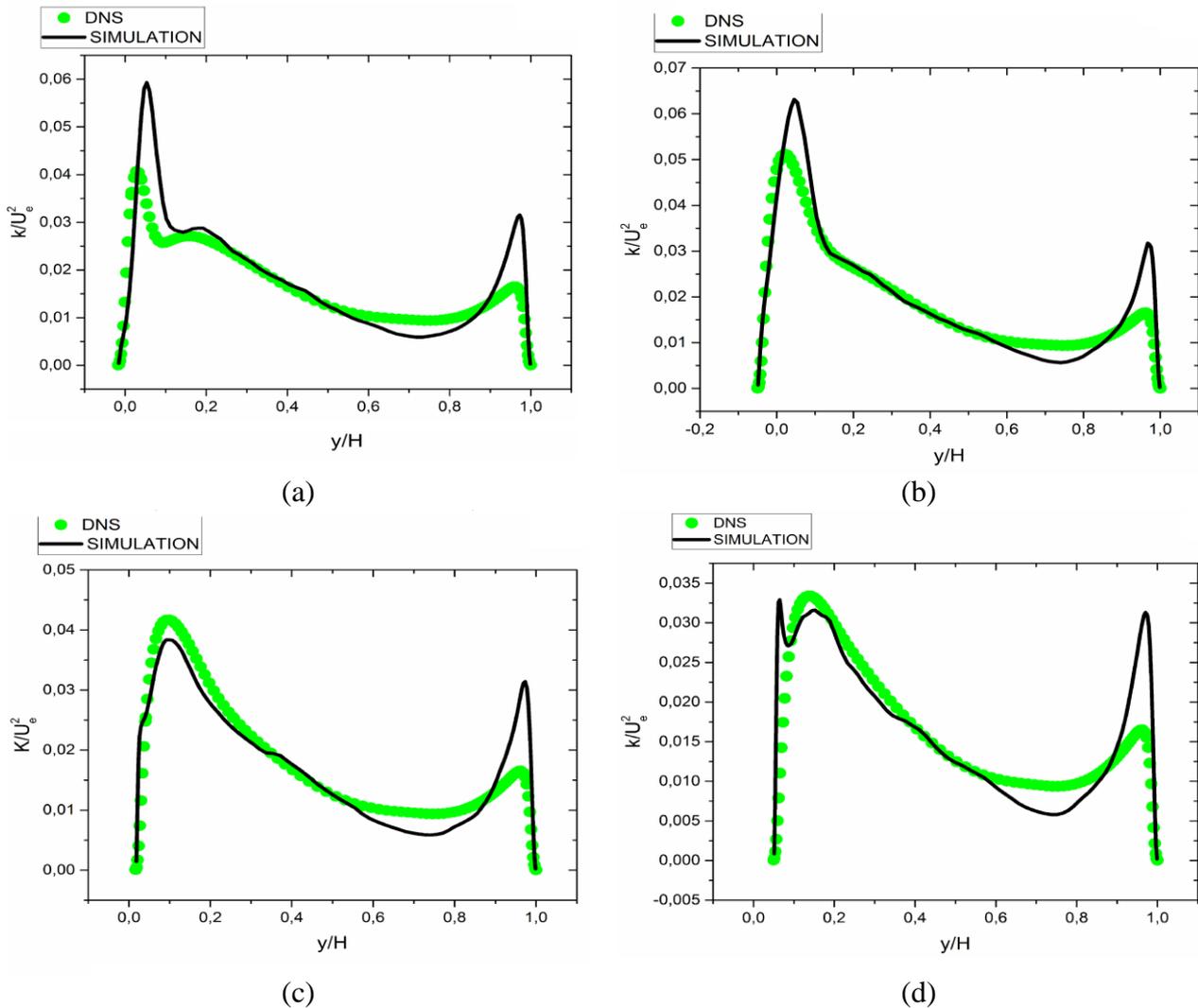


Figure IV.7: Profil de l'énergie cinétique turbulente ( $k$ ) : (a) Divergent ; (b) creux ; (c) convergent ; (d) sommet.

#### IV.4.4 Evolution du tenseur de Reynolds ( $\overline{u'v'}$ )

Les tenseurs de Reynolds obtenus numériquement ont été aussi comparés à ceux obtenus par la DNS [30]. On remarque que l'allure des profils de ces tenseurs est la même pour les quatre positions choisies. Comme pour la composante longitudinale et transversale de la vitesse, et l'énergie cinétique turbulente, on remarque un écart entre le profil obtenu numériquement et celui donné par la DNS. L'écart maximal au niveau de la paroi ondulée.

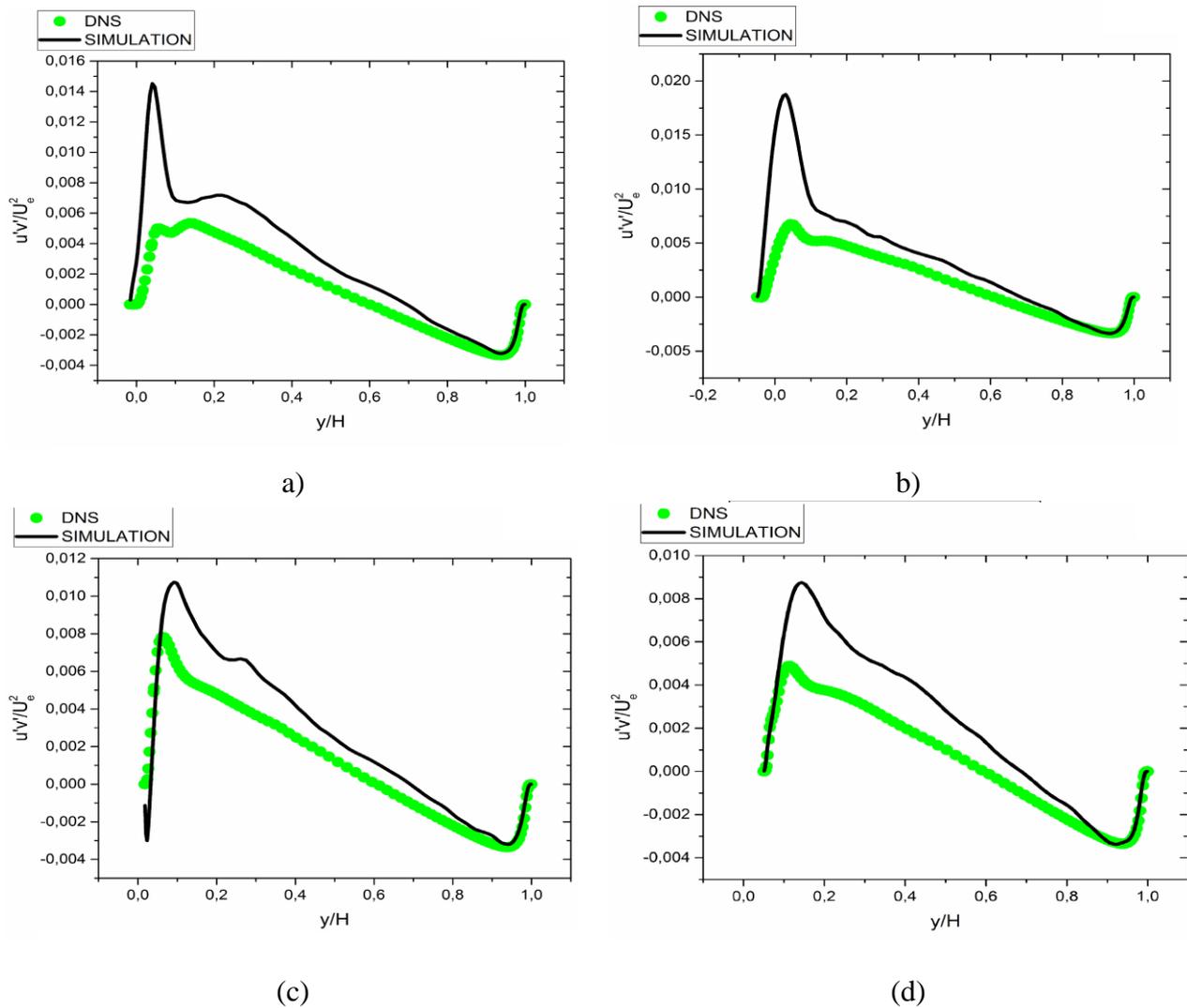


Figure IV.8 : Profil du tenseur croisé ( $\overline{u'v'}$ ) : (a) divergent ; (b) creux ; (c) convergent ; (d) sommet.

## IV.5 Partie Thermique

### IV.5.1 Validation du code ANSYS FLUENT

Avant de lancer les simulations pour les canaux à paroi ondulés, on doit passer par la validation du code ANSYS FLUENT pour le cas d'un canal rectangulaire.

Cette validation se fait pour le nombre de Nusselt.

Cette corrélation valable aussi pour les sections non circulaires en remplaçant le diamètre du tube circulaire par le diamètre hydraulique donnée par suit :

$$D_h = \frac{4 * A_c}{P} \quad (IV.1)$$

Avec :

$A_c$  : section de passage

$P$  : périmètre mouillé.

Pour cela on a pris un tube dont le diamètre est égale à 1 et une longueur égale à deux fois le diamètre, pour avoir régime établi. Le nombre de Reynolds est le même que les tubes ondulés c.-à-d. ( $Re = 6760$ ). La figure (IV.9) représente le domaine de calcul

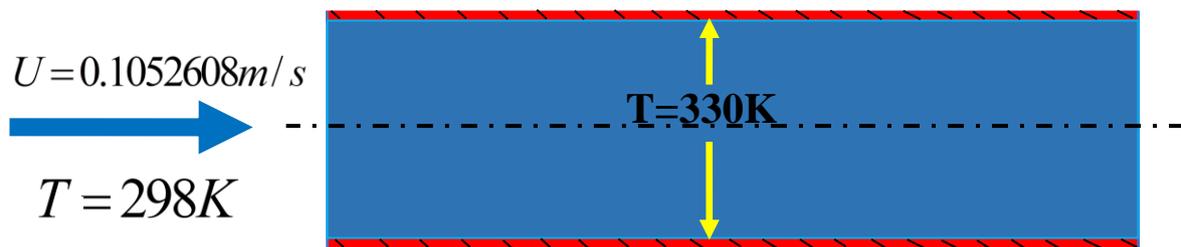


Figure. IV.9 : domaine de calcul

Il existe plusieurs corrélations pour calculer le nombre du Nusselt pour un régime turbulent.

Parmi ces corrélation on 'a choisi celle de Buckingham [19] est défini comme suivante :

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} \times Pr^{0.4} = 23.2982 \quad (IV.2)$$

Avec :

$$Pr = 0.771$$

Pour notre simulation on a trouvé la valeur du nombre de Nusselt  $Nu = 34.3400$

Ce qui donne un écart égale :

$$E = \frac{Nu(simulation) - Nu(corrélation)}{Nu(corrélation)} = \frac{34.3400 - 23.2982}{23.2982} = 0.4739 \quad (IV.2)$$

Cela montre la robustesse du code ANSYS FLUENT à prédire le Transfer de chaleur.

#### IV.5.2 Contours des profils de température

La figure IV.10, représente le contour des profils de température dans la paroi ondulée. L'agrandissement de la zone A, montre que la température est plus grande près de la paroi inférieure et supérieure. Elle est minimale dans la zone centrale.

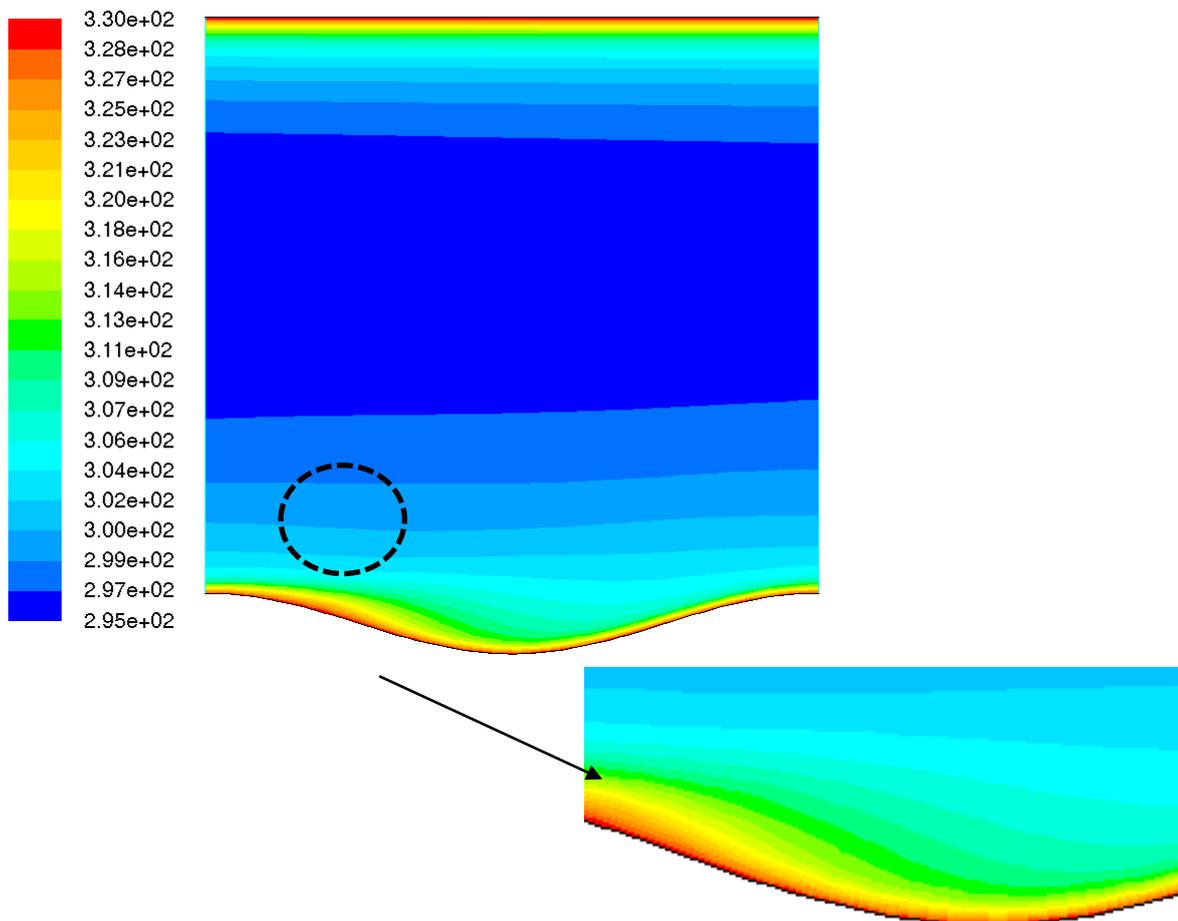


Figure IV.10 : Contours des profils de température.

### IV.5.3 Variation du Nombre de Nusselt local

La figure IV.11 montre la variation du nombre de Nusselt local le long de la paroi ondulée comparée à celle du canal rectangulaire. On remarque en moyenne une augmentation nette du nombre de Nusselt local au niveau de la paroi ondulée. La variation du nombre de Nusselt local est constante et indépendante du régime d'écoulement pour le canal rectangulaire, tandis que pour la paroi ondulée le nombre de Nusselt diminue entre les positions divergent et creux puis augmente jusqu'à atteindre sa valeur maximum au convergent pour diminuer de nouveau.

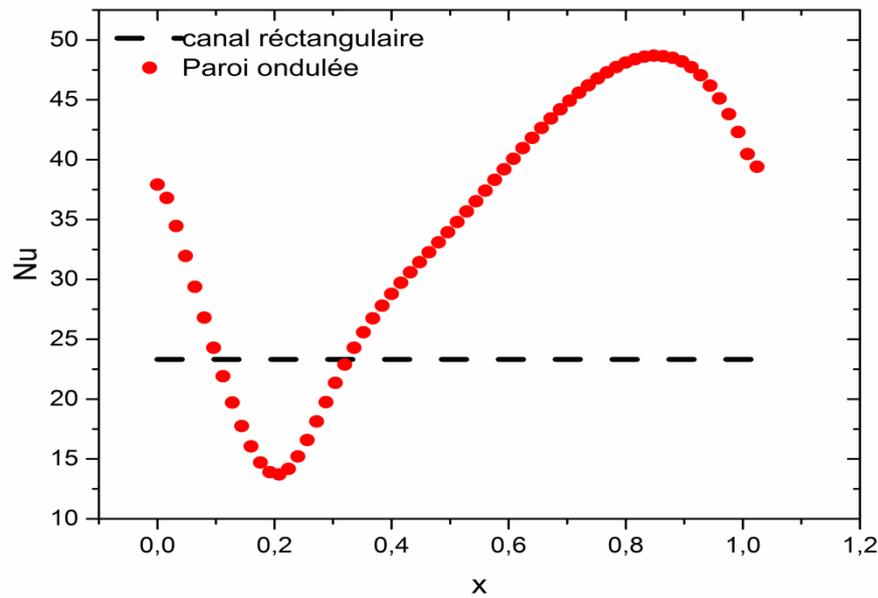


Figure IV.11 : Variation du nombre de Nusselt le long de la paroi ondulée et un canal rectangulaire.

### IV.6 Conclusion

Le code ANSYS FLUENT a montré que le traitement avancé de la paroi donne des résultats meilleurs que ceux des deux autres lois de paroi et La validation hydrodynamique montre que les résultats obtenus avec le modèle choisi sont proches en moyenne de ceux de la DNS.