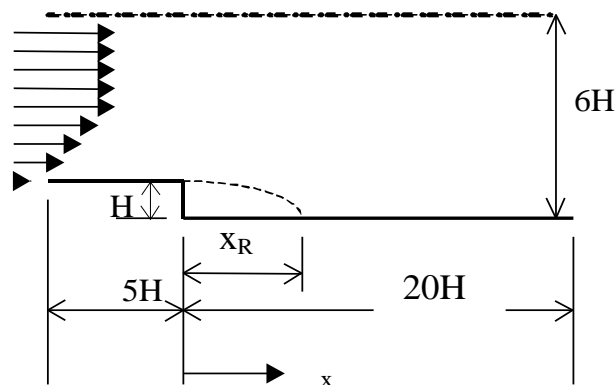




**Período 2016.2- Prof. Angela Ourivio Nieckele - Turbulência**  
**Lista de Exercícios 6 - data de entrega: 19 de Dezembro de 2016**

1. Considere o escoamento turbulento de um fluido viscoso e incompressível, através canal de placas infinitas, com dupla expansão de área. O movimento médio é bidimensional e está em regime permanente. A Figura mostra esquematicamente o domínio computacional a ser utilizado na simulação. A entrada é especificada a uma distância de cinco vezes a altura do salto ( $5H$ ), a montante do mesmo. Adote um comprimento de canal, após o salto, de vinte vezes a altura do salto ( $20H$ ). O canal tem uma altura de cinco vezes a altura do salto ( $5H$ ) na entrada e uma altura correspondente a seis vezes a altura do salto ( $6H$ ) na saída. A razão de expansão (altura do canal na saída: altura do canal na entrada) é 1,20 e o número de Reynolds é  $Re = (\rho U_c H) / \mu = 5100$ , onde  $U_c$  é a velocidade máxima na entrada e  $H$  altura do salto. O perfil de velocidade média axial na entrada,  $\bar{u}(y)$ , é obtido do perfil de camada limite, para  $Re_\theta = 670$ , onde  $\theta$  é a espessura da camada limite da quantidade de movimento. A espessura da camada limite é  $\delta_{99} = 1,2H$ . Os perfis de  $\kappa$  e  $\varepsilon$  na entrada foram impostos como  $\kappa = 0,005(\bar{u}(y))^2$  e  $\varepsilon = 400 \kappa^2$ .



Compare as predições dos modelos com os resultados da ‘DNS’ de Le et al. (1997), e com os dados experimentais de Jovic e Driver (1994), onde a situação física descrita aqui reproduz a configuração adotada pelos citados autores. Determine o campo de velocidade, pressão e grandezas turbulentas. Determine o ponto de recolamento do escoamento. Trace as curvas de nível de linhas de corrente e campo de pressão. Trace os perfis adimensionais de pressão e tensão cisalhante e  $y+$

ao longo das paredes. Trace os perfis de velocidade média axial  $U/U_c$ ,  $(\overline{u'^2})^{1/2}/U_c$ ;  $(\overline{v'^2})^{1/2}/U_c$ ;  $(\overline{u'v'})^{1/2}/U_c$  em quatro posições axiais:  $x/H=4$ ,  $x/H=6$ ;  $x/H=10$  e  $x/H=19$ .

$$C_p = \frac{p - p_{lc}}{\rho U_c^2} \quad C_f = \frac{\tau_s}{\rho U_c^2}$$

Utilizar o "software" FLUENT ou OpenFoam, esquema power-law para discretização e SIMPLE para acoplamento velocidade –pressão)

1. grupo 1 (Aline e Felipe) : **modelo  $\kappa$ - $\epsilon$** 
  - a)  $\kappa$ - $\epsilon$  tradicional com lei da parede padrão
  - b)  $\kappa$ - $\epsilon$  tradicional com lei da parede não equilíbrio
2. grupo 2 (Luiz Fernando e Javier): **modelo  $\kappa$ - $\omega$  com shear flow correction**
  - a)  $\kappa$ - $\omega$  padrão
  - b)  $\kappa$ - $\omega$  SST.
3. grupo 3 (Omar e Philippe) **modelo  $\kappa$ - $\epsilon$** 
  - a)  $\kappa$ - $\epsilon$  realizável com lei da parede “enhanced”
  - b)  $\kappa$ - $\epsilon$  realizável com lei da parede não equilíbrio

**Parte 1:** Cada grupo deve apresentar os detalhes de sua formulação e deve comparar os resultados de seus modelos entre si. Um documento impresso deve ser preparado.

**Parte 2:** Cada grupo deve selecionar o melhor modelo para comparar com os outros grupos. Apresentar oralmente as conclusões obtidas com relação a todos os modelos.

## Referências

1. Le, H., Moin, P., and Kim, J., 1997, Direct numerical simulation of turbulent flow over a backward facing step, J. Fluid Mech., vol. 330, pp.349-374;
2. Launder, B. E. e Spalding, D.B., “The Numerical Computation of Turbulent Flows”, Comp. Meth. Appl. Mech. Eng.; Vol. 3, pp. 269-287, 1974.
3. Launder, B. E., and Sharma, B. I., 1974, Application of the energy dissipation model of turbulence to the calc. of flow near a spinning disc, Lett.Heat Mass Transfer, 1, pp. 131-138
4. Jovic, S., and Driver, D., 1994, Backward-facing step measurement at low Reynolds number,  $Re_h = 5000$ . NASA Tech. Mem. 108807
5. Orszag, S.A, Yakhot, V., Flannery, W.S., Boysan, F., Choudhury, D., Maruzewski, J., Patel, B., “Renormalization Group Modeling and Turbulence Simulations”, Near Turbulent Flow, Ed. Elsevier, 1993.