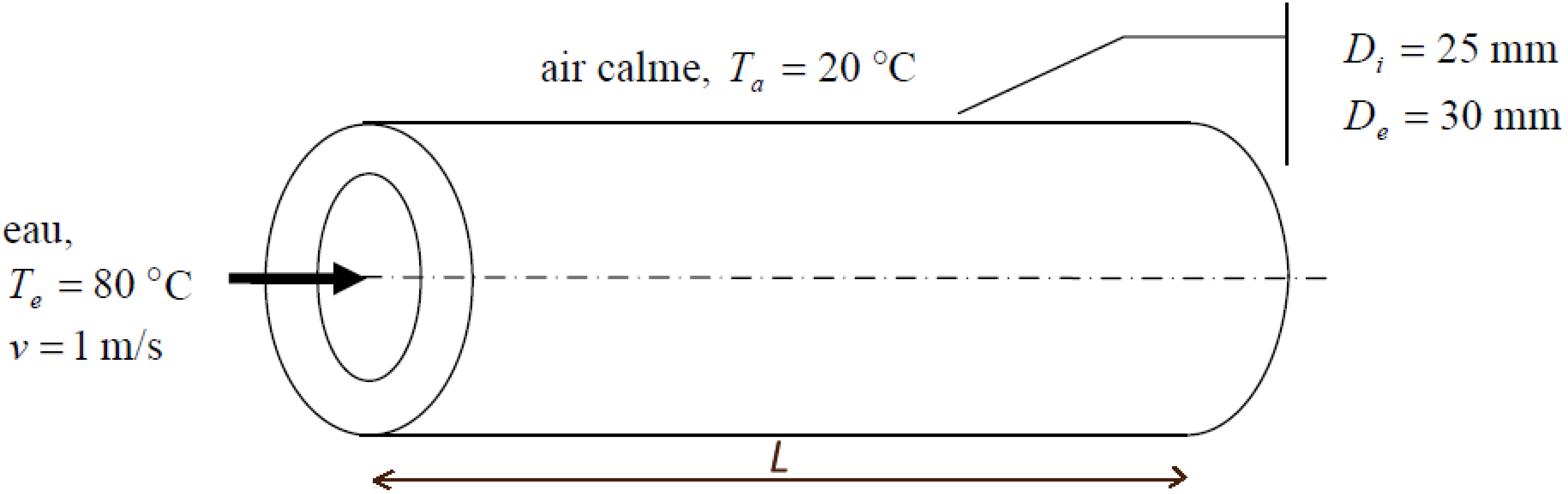
Estimation des coefficients d'échange superficiel

Exo 11. Estimation des coefficients d'échange superficiel

A partir des différentes corrélations existantes, donner les valeurs des coefficients d'échange convectif dans le tube (eau - tube) et à l'extérieur du tube (air - tube). On considère la conductivité thermique de l'acier $\lambda = 100$ W/m K .

Calculer les températures de surface et le flux par mètre linéaire de conduit.

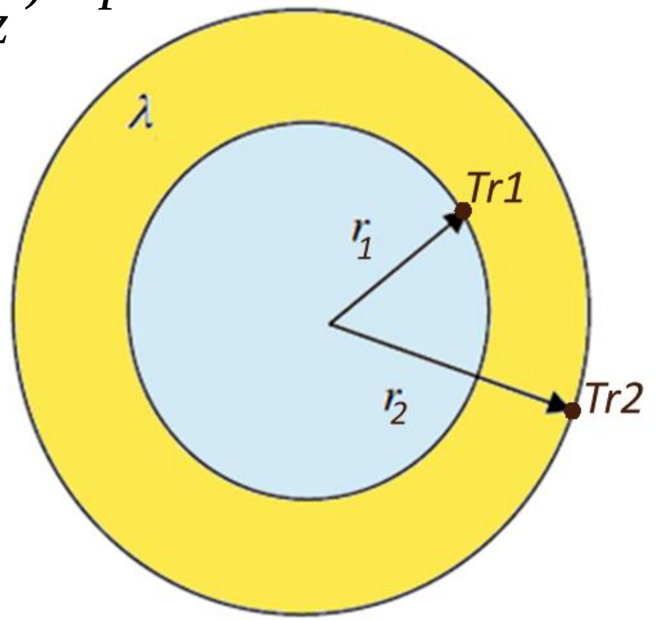


Propriétés physique de l'eau

T [°C]	λ [W/m·K]	μ [Pa·s]	ρ [kg/m²]	c_p [J/kg·K]
80	0.669	$0.355 \cdot 10^{-3}$	971.6	4199

Résistance thermique en cylindrique

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(\lambda r \frac{\partial T}{\partial r}) + \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial \phi}(\lambda \frac{\partial T}{\partial \phi}) + \frac{\partial}{\partial z}(\lambda \frac{\partial T}{\partial z}) + p$$

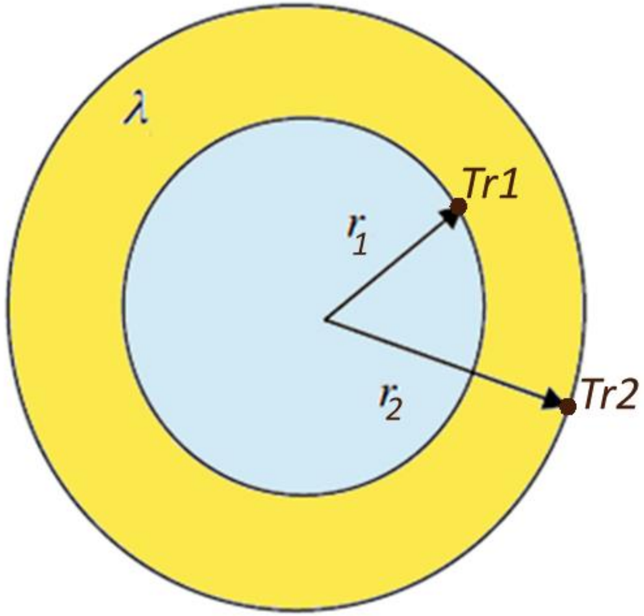


- Régime permanent
- Symétrie de révolution : géométrique, thermo-physique et CL
- Le problème ne dépend pas de z

$$\cancel{\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t}} = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(\lambda r \frac{\partial T}{\partial r}) + \cancel{\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial \phi}(\lambda \frac{\partial T}{\partial \phi})} + \cancel{\frac{\partial}{\partial z}(\lambda \frac{\partial T}{\partial z})} + \cancel{p}$$

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(\lambda r \frac{\partial T}{\partial r}) = 0$$

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(\lambda\, r\frac{\partial T}{\partial r}\right) = 0$$



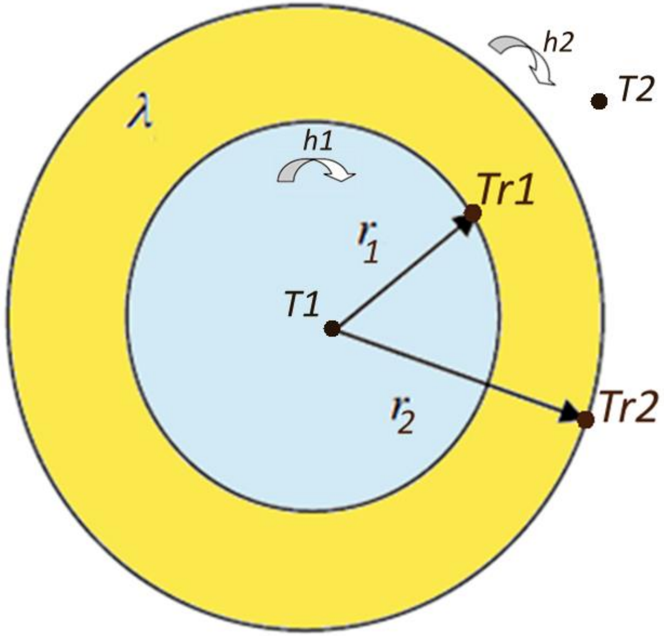
$$r\frac{\partial T}{\partial r} = \alpha \qquad >> \qquad \frac{\partial T}{\partial r} = \alpha/r$$

$T(r)= \alpha \ln(r) + \beta$ CL : $T(r_1)=Tr_1$ et $T(r_2)= Tr_2$

>> $\alpha= (Tr_1-Tr_2) / \ln(r_1/r_2)$
et $\beta= Tr_2 \ln (r_1) – Tr_1 \ln (r_2) / \ln(r_1/r_2)$

>> $T(r)= [(Tr_1-Tr_2) / \ln(r_1/r_2)] \times \ln(r/r_2)+ Tr_2$

$$T(r) = [(Tr_1 - Tr_2) / \ln(r_1/r_2)] \times \ln(r/r_2) + Tr_2$$



$$\Phi = -\lambda\,(dT/dr)_r\, S(r)$$
$$= (2\,\pi\,\lambda\, r\, L / r\, \ln(r_2/r_1)) \times (Tr_1 - Tr_2)$$

$$\Phi = (Tr_1 - Tr_2) / (\ln(r_2/r_1) \times 1/\,2\,\pi\,\lambda\, L\,)$$

$$\Phi = \frac{(T_1 - Tr_1)}{(1/2\,\pi\, h_1 r_1\, L)} = \frac{(Tr_1 - Tr_2)}{(\ln(r_2/r_1) \times 1/\,2\,\pi\,\lambda\, L\,)} = \frac{(Tr_2 - T_2)}{(1/2\,\pi\, h_2 r_2\, L)} = (T1 - T2)/Rth$$

$$RTh = (1/\,2\,\pi\, L\, h_1 r_1\,) + \ln(r_2/r_1)/\,2\,\pi\,\lambda\, L + 1/\,2\,\pi\, L\, h_2 r_2$$

Analyse des phénomènes
Convection forcée entre le fluide de l'intérieure et la surface intérieure du tube.
Conduction en régime stationnaire dans le tube.
Convection naturelle à l'extérieure du tube.

1. Coefficient d'échange convectif dans le tube : convection forcée dans un tube

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho\, v\, D}{\mu} = \frac{971.6 \times 1 \times 0.025}{0.355 \cdot 10^{-3}} = 68.42 \cdot 10^{3} > 10 \cdot 10^{3} \qquad \text{régime turbulent}$$

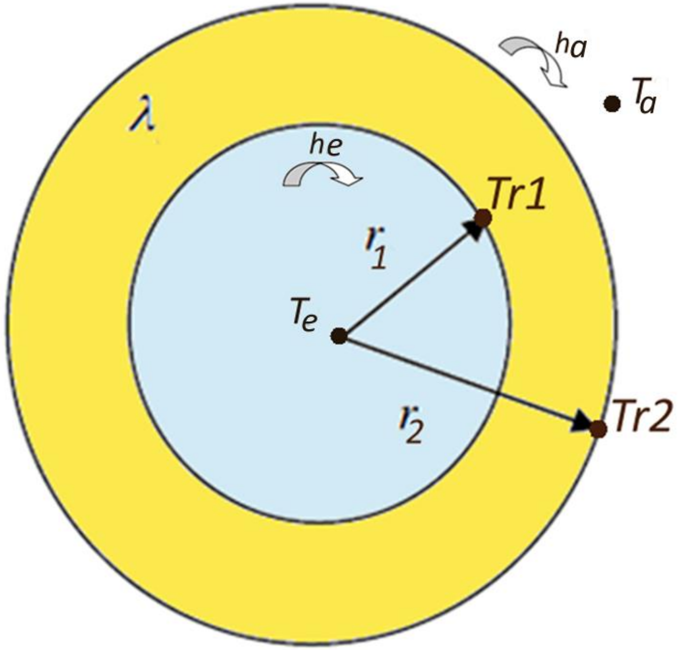
$$\mathrm{Pr} = \frac{\mu\, c_p}{\lambda} = \frac{0.355 \cdot 10^{-3} \times 4199}{0.699} = 2.228$$

$$Nu = 0.023\, \mathrm{Re}^{0.8}\, \mathrm{Pr}^{0.33} = 221.15 \ \text{(formule de Colburn)}$$

$$h_e = \frac{\lambda}{D} Nu = \frac{0.669}{0.025} 221.15 = 5.9 \cdot 10^{3}\ \mathrm{W/(m^2\,K)}$$

2. Coefficient d’échange convectif à l’extérieur du tube : convection naturelle cylindre horizontal

$$Régime\ laminaire\ \ h_a = 1.32\left(\frac{\Delta\theta}{D_e}\right)^{0.25}$$



Ra=Pr Gr

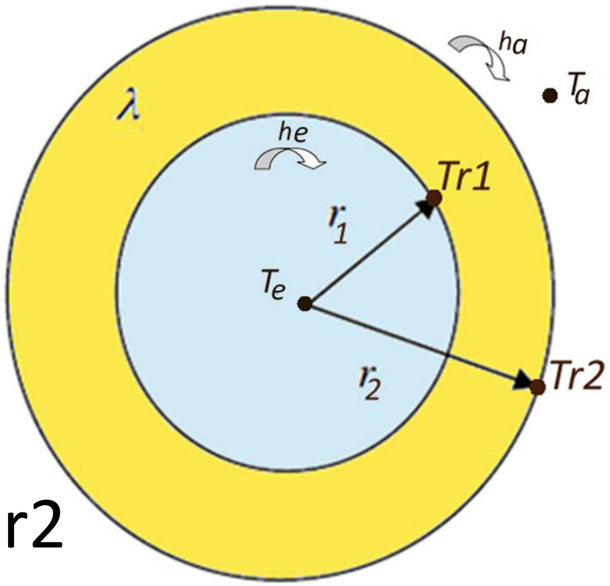
Pr = 1,8e-5*1000 /0,02512=0,7165

Gr = 10/293*1,3*1,3 l^3 ΔΘ/(1,8 10^{-5})^2 = 1,780 10^8 l^3 ΔΘ

Ra = 1,2756 10^8 l^3 ΔΘ

Ra = 207000 >> laminaire >> choix de la corrélation

$$\Phi = \frac{(T_e - Tr_1)}{(1/2\,\pi\, h_e r_1\, L)} = \frac{(Tr_1 - Tr_2)}{(\ln(r_2/r_1) \times 1/\, 2\,\pi\,\lambda\, L\,)} = \frac{(Tr_2 - T_a)}{(1/2\,\pi\, h_a r_2\, L)}$$



Pour L=1 m :

Φ = 2 π (Te-Ta)/(1/ her1+ 1/ λ *ln(r2/r1)+ 1/ ha r2

= 2 π har2 (Tr2-Ta)

avec ha= 1,32((Tr2-Ta)/De)0,25

AN >> $60/(13{,}58\ 10^{-3}+1{,}8210^{-3}+1/(15\ 10^{-3}\ ha))$

$= 15\ 10^{-3}\ ha\ (Tr2-Ta)$

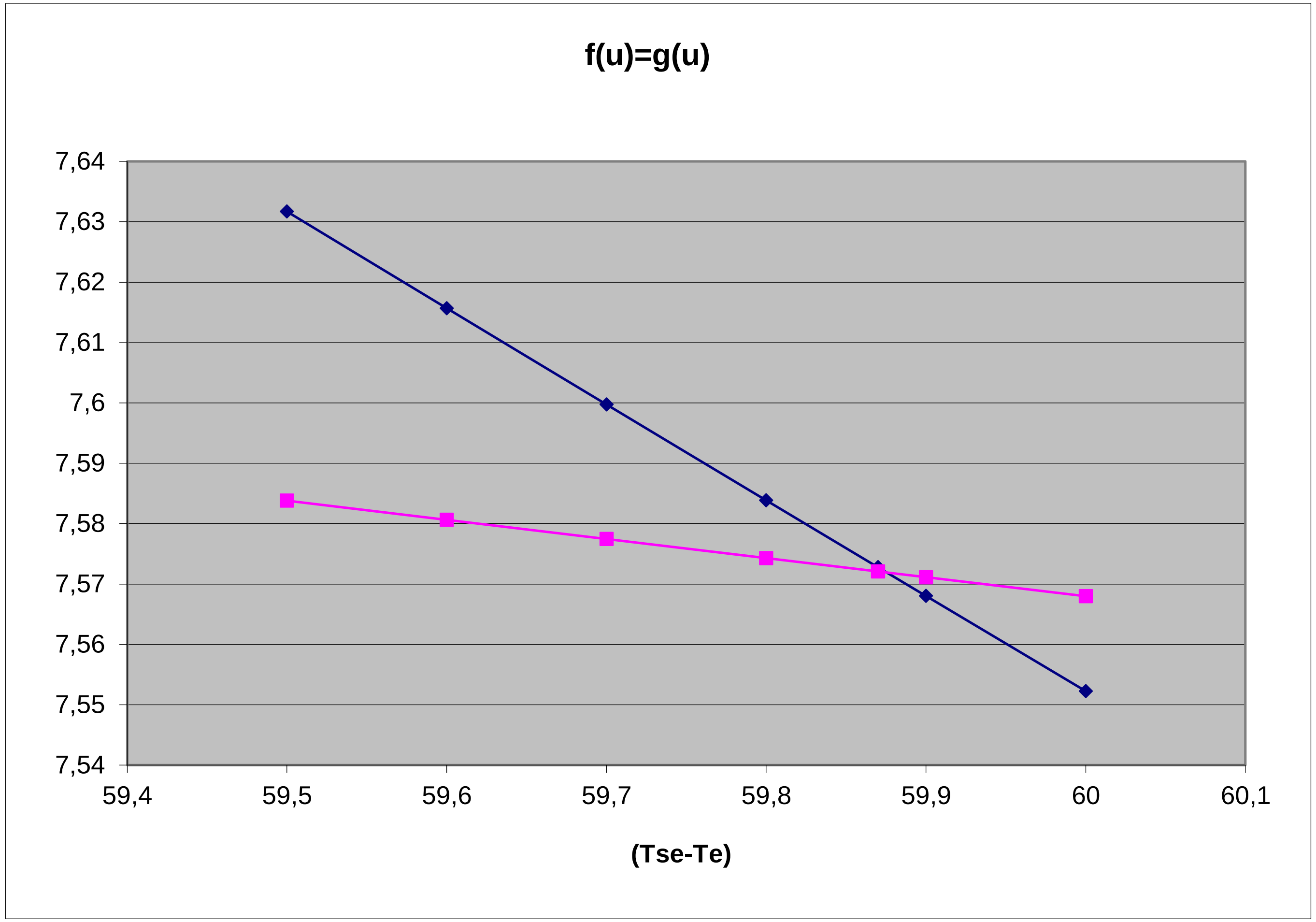
U=(Tr2-Ta) >> $60/(15{,}4\ 10^{-3}+1/(15\ 10^{-3}\ 3{,}1717\ U^{0{,}25}))$

$= 15\ 10^{-3}\ 3{,}1717\ U^{0{,}25}\ U$

$>> 1261{,}15/U^{1{,}25} = 15{,}4\ 10^{-3}\ 21{,}02/U^{0{,}25}$

f(U)=g(U)

59,5	7,63168677	7,58378943
59,6	7,61568407	7,58061277
59,7	7,59974168	7,57744276
59,8	7,58385925	7,57427939
59,87	7,57277706	7,57206896
59,9	7,56803647	7,57112262
60	7,55227301	7,56797243



$>>$ U= 59,87

$>>$ h_a= 8,82 W/(m²K)

Φ = 49,77 W

Tr_2= 79,87°C

h_e= 5900 W/(mK)

h_a= 8,82 W/(mK)