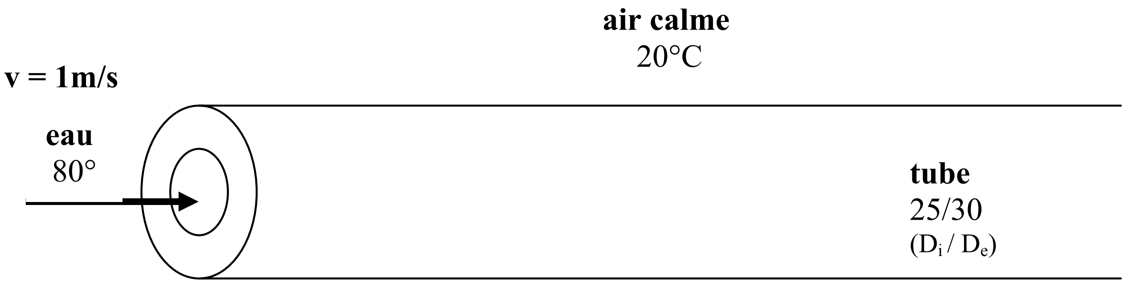
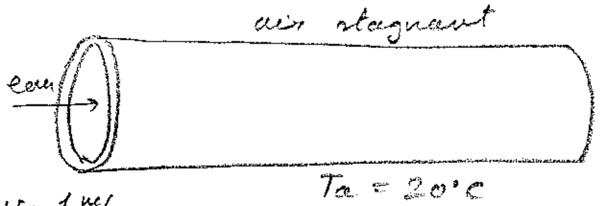
ESTIMATION DES COEFFICIENTS D'ECHANGE SUPERFICIEL



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).

Estimation des coefficients d'échange superficiel



$D_i = 25\ mm$

$D_e = 30\ mm$

$\lambda = 100\ \frac{W}{mK}$

$v_e = 1\ m/s$

$T_e = 80°C$

Donner les valeurs des coefficients d'échange convectif dans le tube (eau-tube) et à l'extérieur du tube (air-tube)

Propriétés physiques

	T °C	λ W/(m K)	μ Pa·s	ρ kg/m³	c_p J/(kg·K)
eau	80	0.669	$0.355 \cdot 10^{-3}$	971.6	4199

Coefficient d'échange convectif eau-tube

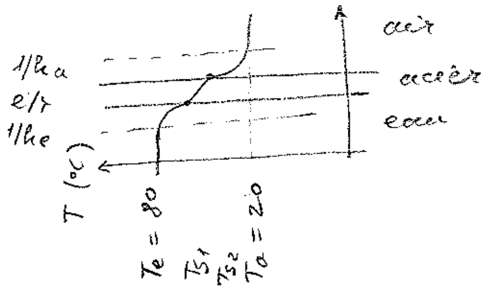
$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{971.6 \times 1 \times 0.025}{0.355 \times 10^{-3}} = 68{,}42 \times 10^3 > 10 \cdot 10^3 \text{ (régime turbulent)}$$

$$Pr = \frac{\mu \cdot c_p}{\lambda} = \frac{0.355 \times 10^{-3} \times 4199}{0.669} = 2.228$$

$$Nu = 0.023 \times Re^{0.8} \times Pr^{0.33} = 221.15$$

$$\boxed{h_e = \frac{\lambda}{D} \cdot Nu = \frac{0.669}{0.025} \times 221.15 = 5.9 \times 10^3\ \frac{W}{m^2 K}}$$

Coefficient d'échange convectif air-tube



La formule pour h_a correspond à la convection naturelle de l'air à proximité d'un cylindre horizontal

$$h_c = 1.32 \left(\frac{\Delta T}{De}\right)^{0.25}$$

Pour $\Delta T = T_{S2} - T_a$ on a besoin de la valeur de la T_{S2}

On suppose une valeur initiale pour T_{S2} : $T_{S2}^{(1)} = 60°C$

$$\Rightarrow h_a = 1.32 \left(\frac{\Delta T}{De}\right)^{0.25} = 1.32 \left(\frac{60-20}{0.030}\right)^{0.25} = 7.97 \frac{W}{m^2K}$$

$$\varphi = \frac{T_e - T_a}{\frac{1}{h_e} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_a}} = \frac{80-20}{\frac{1}{5.9\times10^3} + \frac{0.0025}{100} + \frac{1}{7.97}} = 477.84 \frac{W}{m^2}$$

$$T_1 = T_e - \frac{1}{h_e}\varphi = 80 - \frac{1}{5.9\times10^3} \times 477.84 = 79.91°C$$

$$T_2^{(2)} = T_1 - \frac{e}{\lambda}\varphi = 79.91 - \frac{0.0025}{100} \times 477.84 = 79.90°C$$

$$T_a = T_2 - \frac{1}{h_a}\varphi = 79.96 - \frac{1}{7.97} \times 477.84 = 20.09°C$$

Nous obtenons $T_2 = 79.90°C$

$$\Rightarrow h_a = 1.32 \left(\frac{\Delta T}{De}\right)^{0.25} = 1.32 \left(\frac{79.90-20}{0.030}\right)^{0.25} = 8.82 \frac{W}{m^2K}$$

$$\varphi = \frac{T_e - T_a}{\frac{1}{h_e} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_a}} = \frac{80-20}{\frac{1}{5.9\times10^3} + \frac{0.0025}{100} + \frac{1}{8.82}} = 528.51 \frac{W}{m^2}$$

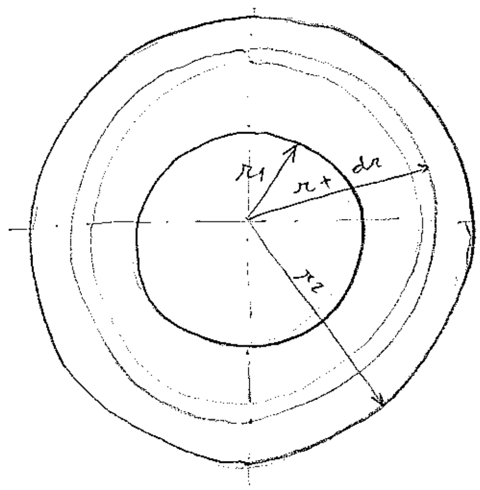
$$T_1 = T_e - \frac{1}{h_e}\varphi = 80 - \frac{1}{5.9\times10^{-3}} 528.51 = 79.91°C$$

$$T_2^{(3)} = T_1 - \frac{e}{\lambda}\varphi = 79.91 - \frac{0.0025}{100} \times 528.51 = 79.89°C$$

$$T_a = T_2 - \frac{1}{h_a}\varphi = 79.89 - \frac{1}{8.82} \times 528.51 = 20.10°C$$

Comme $T_2^{(2)} = 79.90°C \simeq T_2^{(3)} = 79.89°C \Longrightarrow \boxed{h_a = 8.82 \frac{W}{m^2K}}$

Flux thermique à travers un tube cylindrique



Par raison de symétrie, le gradient de la température est dans la direction du rayon

$$\phi = -\lambda S \,\mathrm{grad}\,\theta = -\lambda S \frac{d\theta}{dr}$$

$$= -\lambda \cdot 2\pi r \cdot L \frac{d\theta}{dr}$$

ϕ est constant à travers tout cylindre coaxial de rayon r

Séparation des variables:

$$d\theta = -\frac{\phi}{2\pi\lambda L} \cdot \frac{dr}{r}$$

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta = -\frac{\phi}{2\pi\lambda L} \cdot \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r}$$

$$\theta_2 - \theta_1 = -\frac{\phi}{2\pi\lambda L}\left(\ln r_2 - \ln r_1\right)$$

$$\theta_2 - \theta_1 = -\frac{\phi}{2\pi\lambda L} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}$$

$$\Phi = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\dfrac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{\lambda}} \cdot 2\pi r_2 L \quad [W]$$

$$\varphi = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\dfrac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{\lambda}} = \frac{\theta_e - \theta_1}{\frac{1}{h_e}} = \frac{\theta_2 - \theta_a}{\frac{1}{h_a}} \quad \left[\frac{W}{m^2}\right]$$

$$\varphi = \frac{\theta_e - \theta_a}{\frac{1}{h_e} + \dfrac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{\lambda} + \frac{1}{h_a}} = \frac{80 - 20}{\frac{1}{5.9\times10^3} + \dfrac{\frac{0.030}{2} \ln \frac{0.030}{0.025}}{100} + \frac{1}{8.8}} = 527{,}08 \frac{W}{m^2}$$

à comparer avec $\varphi = 528{,}64 \frac{W}{m^2}$ calculé en considérant la paroi plan