2002

ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT

TEST 14/10/02

Q1 : valable Test 2

NOM SPATARO

Prénom : François

Les réponses seront portées directement sur la feuille. Seul document autorisé : fiche mémo de format A4.

---

1. Un radiateur de chauffage central est alimenté par de l'eau chaude dont le débit est assuré par une pompe. L'eau arrive à ce radiateur à la température Te = 72,4°C et en ressort à une température Ts inférieure de 20°C. Ce radiateur doit fournir une puissance de 4kW pour maintenir une température de 18°C dans la pièce où il est installé. Il est constitué d'un tube central de 30 mm de diamètre intérieur, 34 mm de diamètre extérieur et de 8 mètres de long sur lequel sont soudées extérieurement des ailettes.

1.1 Calculer le débit d'eau que doit assurer la pompe pour que le radiateur fournisse la puissance calorifique nécessaire. En déduire la vitesse moyenne de l'écoulement dans la tuyauterie en admettant que dans ces conditions la masse volumique de l'eau est 970 kg/m³.

La puissance du flux est donnée par :

$P = Q_m . C_p . \Delta T$ avec Q_m : débit massique

C_p : chaleur massique = 4185 J/kg.K

$\Delta T = T_e - T_s = 20$ K

Donc $\underline{Q_m = \frac{P}{C_p . \Delta T}}$

D'où $Q_m = \frac{4.10^3}{4185 . 20}$

$\underline{Q_m = 0,048 \text{ kg/s}}$

On a $Q = \frac{Q_m}{\rho} = V \times S$ avec S : section intérieure du tube

Donc $\underline{V = \frac{Q_m}{\rho S}}$

D'où $V = \frac{0,048}{970 . \pi \frac{0,03^2}{4}}$

$\underline{V = 0,07 \text{ m.s}^{-1}}$

1.2 Sachant que la loi du transfert de chaleur de cette eau à la paroi du tube est du type

$$Nu = 0{,}025\ Re^{0,8}\ Pr^{0,4},$$

en déduire la valeur du coefficient de convection.

La viscosité de l'eau sera prise égale à $3{,}8.10^{-4}$ Pa.s et sa conductivité thermique égale à 0,66 W/m°C.

Calcul du nombre de Reynolds

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$ avec D: diamètre intérieur du tube

$\mu = 3{,}8.10^{-4}\ Pa.s = 3{,}8.10^{-4}\ N.s/m^2$

donc $\mu = 3{,}8.10^{-4}\ kg/m.s$

d'où $\underline{Re = 5\,338}$ /

Calcul du nombre de Prandtl

$$Pr = \frac{\mu . Cp}{\lambda}$$

d'où $\underline{Pr = 2{,}41}$ /

Donc $Nu = 0{,}025\ Re^{0,8}\ Pr^{0,4}$

$\underline{Nu = 34{,}09}$

De plus, $Nu = \frac{h_c . D}{\lambda}$

donc $\underline{h_c = \frac{Nu . \lambda}{D}}$

$\underline{h_c = 749\ W/m^2.K}$ /

2. On considère deux parois planes parallèles que l'on supposera de dimensions infinies limitant un espace vide d'air. Ces deux parois sont grises et caractérisées par un coefficient d'absorption α, T et T' étant les températures respectives à l'équilibre thermique.

2.1 Donner la relation permettant de calculer la puissance thermique par unité de surface Q, transmise par rayonnement entre les deux parois.

2.2 On interpose entre les deux parois n écrans plans de coefficient d'absorption identique α, soient T_n les températures d'équilibre de ces écrans.

Établir la relation donnant la nouvelle puissance thermique par unité de surface Q_n transmise par rayonnement entre les parois en fonction de Q.

2.3 On applique les résultats précédents au calcul des pertes calorifiques par rayonnement dans un réservoir de stockage d'hélium liquide. On suppose ainsi que les parois et les écrans du réservoir peuvent être considérés comme des surfaces planes de dimensions infinies.

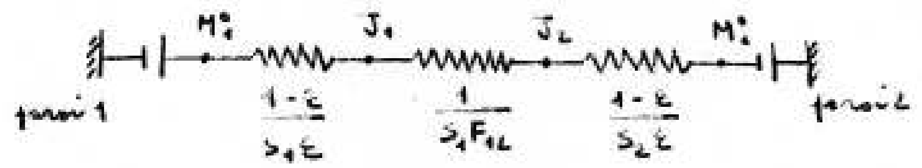
Les données numériques sont les suivantes :

- Température de la paroi intérieure, température de l'hélium liquide à la pression atmosphérique, T = 4 K,

- Température de la paroi extérieure, température ambiante, T'= 293 K,

Calculer $\frac{Q_n}{Q}$ et T_n dans les cas correspondant à un écran intermédiaire et à deux écrans intermédiaires.

1) On utilise l'analogie électrique



On a $F_{12} = 1$ car les deux parois sont planes et infinies

$S_1 = S_2$. De plus les parois sont grises : $\alpha = \varepsilon$

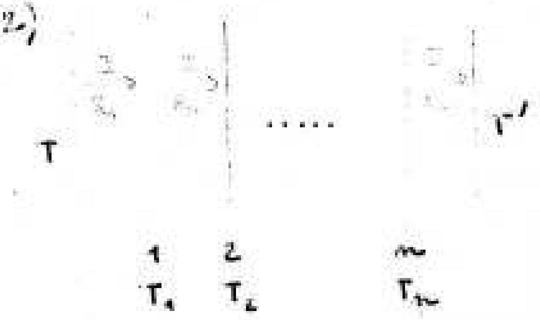
La puissance thermique par unité de surface est :

$$Q = \frac{\sigma_0 (T^4 - T'^4)}{1 + \frac{2(1-\alpha)}{\alpha}}$$

$$\underline{Q = \frac{\alpha}{2-\alpha}\sigma_0 (T^4 - T'^4)}$$

(analogie [illegible]

2)



On a $Q = \varphi_{net\, T \to T'}$

et $Q = \varphi_{T \to 1} + \varphi_{1 \to 2} + \dots + \varphi_{n-1 \to n} + \varphi_{n \to T'}$

De plus, sur la plaque i à l'équilibre, on a

$\varphi_{i-1 \to i} = \varphi_{i \to i+1}$ (pas de production de chaleur par les plaques)

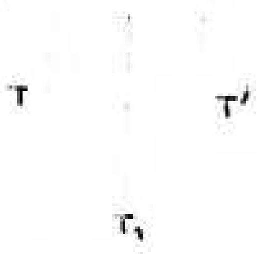
D'autre part, par analogie électrique, on a :

$Q_n = \varphi_{n\, T \to T'} = \varphi_{i-1 \to i}$, $i \in \{2, n\}$ (conservation de l'intensité dans un circuit en série)

Donc $Q = (n+1) Q_n$

Donc $\underline{Q_n = \dfrac{Q}{n+1}}$

3) • avec un écran intermédiaire ($n = 1$)



On a $\dfrac{Q_n}{Q} = \dfrac{1}{n+1}$

donc $\underline{\dfrac{Q_1}{Q} = \dfrac{1}{2}}$

On a $Q_1 = \dfrac{1}{2} Q$

$\dfrac{\alpha}{2-\alpha} \sigma_0 (T^4 - T_1^4) = \dfrac{1}{2} \dfrac{\alpha}{2-\alpha} \sigma_0 (T^4 - T'^4)$

donc $\underline{T_1 = \left(\dfrac{T^4 + T'^4}{2} \right)^{1/4}}$

On a $\underline{T_1 = 2[illegible] K}$

…/…

3. Paramètres du rayonnement thermique.

3.1- Que représente la quantité F_{ij} ?

F_{ij} est le facteur de forme de la surface i par rapport à la surface j.
Il est sans dimension et dépend des caractéristiques géométriques et du positionnement des surfaces i et j.

2

3.2 Que se passe-t-il au niveau du rayonnement thermique lorsque la température d'un corps augmente ?

Le flux émis par un corps est donné par

$$\Phi_e = \varepsilon \sigma_0 T^4 . S$$

1

Donc lorsque sa température T augmente, le rayonnement thermique augmente (d'une puissance 4).

Loi de Planck, Loi de Wien

3.3 Précisez l'unité des grandeurs suivantes :

- émissivité   sans dimension
- éclairement $W.m^{-2}$
- émittance $W.m^{-2}$
- radiosité   ~~sans dimension~~ $W.m^{-2}$