CONCOURS INTERNE D'INGENIEUR SUBDIVISIONNAIRE
SEPTEMBRE 91
PHYSIQUE APPLIQUEE

Durée : 3 heures

Barème :

RDM	9 points
Electricité	5 points
Energétique	6 points

PARTIE ELECTRICITE

1°/ Entre deux fils conducteurs existe une différence de potentiel alternative sinusoïdale de tension efficace U = 5000 V et de fréquence f = 50 Hz.
a) On branche un condensateur de capacité C = 1,061 µF entre les deux fils. Donner l'expression et la valeur de l'intensité du courant qui le traverse.
b) On connecte deux condensateurs de même capacité C en série et l'ensemble est branché entre les deux fils. Donner l'expression et la valeur de l'intensité du courant qui les traverse.

2°/ Une résistance R égale à l'impédance du condensateur C est branchée en dérivation entre les bornes d'un des condensateurs du montage précédent. Donner l'expression de l'intensité du courant qui traverse la résistance.

3°/ Une personne en contact avec le sol touche l'un des conducteurs d'un réseau monophasé fonctionnant sous la tension U. Calculer l'intensité du courant qui traverse cette personne en supposant que le réseau est parfaitement isolé. La résistance du corps humain, en contact direct avec le sol, sera supposée égale à 3000 ohms, la capacité d'un fil par rapport au sol C = 1,061 µF la tension entre fils U = 5 000 V et la fréquence du courant f = 50 Hz.

PARTIE ENERGETIQUE

1°/ On injecte une puissance de 1 kW dans un plancher chauffant (figure 3) sous forme d'eau chaude qui entre à 28°C et en ressort à 26°C. Quel est le débit de la pompe de circulation en litres par minute ?

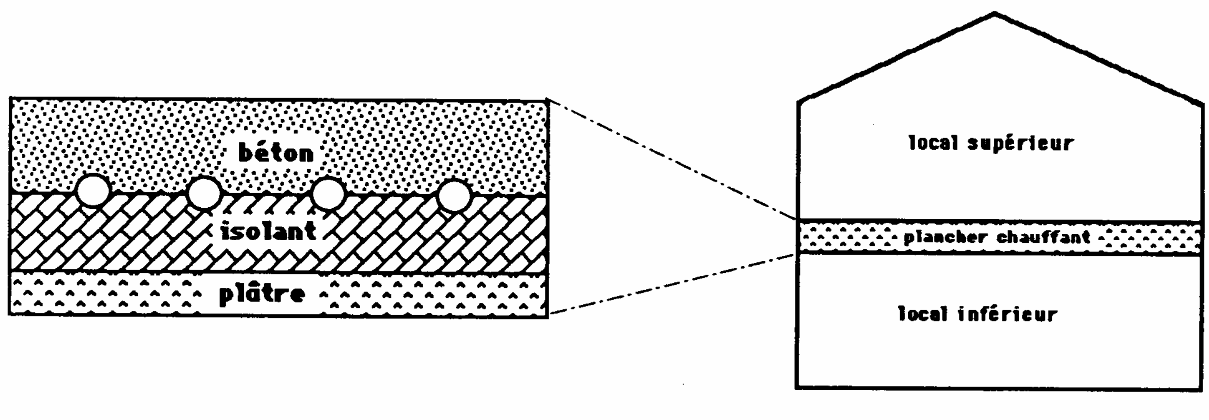


figure 3 figure 4

2°/ Ce plancher est constitué par une dalle de béton de 8,75 cm d'épaisseur qui a été coulée au-dessus des tuyaux d'eau chaude. Au-dessous est disposé un isolant de 4 cm d'épaisseur et une plaque de plâtre de 1 cm. Les locaux supérieurs et inférieurs sont maintenus à la température constante de 20°C. Calculer en régime permanent:

a) les puissances thermiques transmises vers le haut et vers le bas par m^2 de plancher,

b) les températures de surface de la dalle de béton et du plafond en plâtre.

On supposera qu'il n'y a pas de déperditions sur le pourtour du plancher et que l'ensemble des tuyauteries maintient une température constante de 27°C entre l'isolant et la dalle.

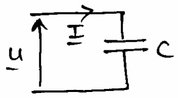
3°/ Le flux thermique entre le local supérieur et l'extérieur (figure 4) est égal à 54 watts par degré d'écart entre la température intérieure et la température extérieure. Pour maintenir la température à 20°C dans ce local, alors que la température extérieure est égale à -5°C, la puissance de ce plancher chauffant est-elle suffisante ? Sinon, quelle doit être la puissance du chauffage d'appoint (radiateur par exemple) qui permettra de maintenir dans ces conditions, en régime permanent, la température intérieure constante de 20°C ?

Données : Capacité thermique massique de l'eau : 4 185 $J.kg^{-1}K^{-1}$
Conductivité thermique du béton : 1,75 $W.m^{-1}.K^{-1}$
Conductivité thermique de l'isolant: 0,04 $W.m^{-1}.K^{-1}$
Conductivité thermique du plâtre: 0,35 $W.m^{-1}.K^{-1}$
La résistance thermique d'échange superficiel ($1/h_j$) vaut :
0,09 $m^2.K.W^{-1}$ pour un flux de chaleur ascendant,
0,17 $m^2.K.W^{-1}$ pour un flux de chaleur descendant.

CORRECTION :

PARTIE ELECTRICITE

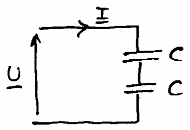
1- a)



$\underline{I} = \dfrac{\underline{U}}{\underline{Z}_c} = jC\omega\,\underline{U}$ d'où la valeur efficace

$\boxed{I = |\underline{I}| = C\omega U}$ A.N. $\boxed{I = 1{,}667\ A}$ (1,666615)

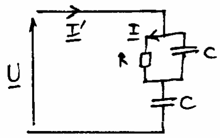
1- b)



$\underline{Z}_{eq} = 2\,\underline{Z}_c$ d'où $\boxed{I = \dfrac{C\omega U}{2}}$

A.N. $\boxed{I = 0{,}833\ A}$ (0,833307)

2)



$$\underline{Z}_{eq} = \frac{\underline{Z}_c R}{\underline{Z}_c + R} + \underline{Z}_c = \frac{R}{jRC\omega + 1} + \frac{1}{jC\omega}$$

$$= \frac{jRC\omega + 1 + jRC\omega}{jC\omega(1 + jRC\omega)}$$

d'où l'admittance équivalente $\underline{Y} = \dfrac{1}{\underline{Z}_{eq}} = \dfrac{jC\omega - RC^2\omega^2}{1 + 2jRC\omega} = \dfrac{C\omega(j - RC\omega)}{1 + 2jRC\omega}$

$\Rightarrow \underline{I}' = \underline{Y}\,\underline{U} = \dfrac{C\omega(j - RC\omega)}{1 + 2jRC\omega}\,U$

Or $R = Z_c = \dfrac{1}{C\omega}$ $(= 3000{,}09\ \Omega)$ $\Rightarrow RC\omega = 1$

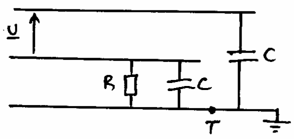
d'où $\underline{I}' = \dfrac{C\omega(j-1)}{1+2j}\,U$

courant dans R ? diviseur de courant $\Rightarrow \underline{I} = \dfrac{\underline{Z}_c}{\underline{Z}_c + R}\,\underline{I}'$

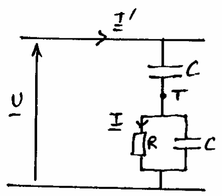
$$I = |\underline{I}| = \left|\frac{\underline{Z}_c}{\underline{Z}_c + R}\right| |\underline{I}'| = \frac{Z_c\,C\omega U}{\sqrt{Z_c^2 + R^2}}\sqrt{\frac{1^2 + (-1)^2}{1^2 + 2^2}} = \frac{Z_c\,C\omega U}{Z_c\sqrt{2}}\sqrt{\frac{2}{5}}$$

$$\boxed{I = \frac{C\omega U}{\sqrt{5}}}$$

3)



$\equiv$



$R = 3000\ \Omega$ et $\dfrac{1}{C\omega} = 3000{,}09\ \Omega$

$\Rightarrow RC\omega \approx 1$ Nous sommes dans les conditions de la question 2)

donc $I = \dfrac{C\omega U}{\sqrt{5}}$ $\boxed{I = 0{,}745\ A}$

PARTIE ENERGETIQUE

1) Exprimons la chaleur échangée par le fluide

$Q = \mathcal{P} t$ or $Q = \Delta U$ car V cst

$Q = m c_v \Delta T$ $m = \rho V$

débit $q_v = \frac{V}{t}$

$\Rightarrow Q = \rho q_v t c_v \Delta T = \mathcal{P} t$

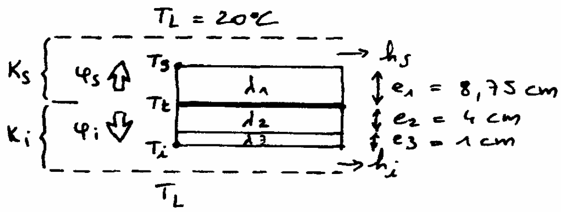
d'où $\boxed{q_v = \frac{\mathcal{P}}{\rho c_v \Delta T}}$

A.N. $q_v = \frac{1000}{1000 \times 4185 \times 2} = 1{,}19 . 10^{-4} \ m^3.s^{-1}$

$= 1{,}19 . 10^{-4} \times 1000 \times 60 \ \ell.min^{-1}$

$= 7{,}168 \ \ell.min^{-1}$

$\boxed{q_v = 7{,}17 \ \ell.min^{-1}}$

2) 

a) φ_s, φ_i ? $\Phi = k S \Delta T$ donc $\varphi = K \Delta T = k(T_t - T_L)$

$\varphi_s = K_s \Delta T$

avec $K_s = \left(\frac{1}{h_s} + \frac{e_1}{\lambda_1}\right)^{-1}$ (paroi multicouche)

$\Rightarrow \boxed{\varphi_s = \left(\frac{1}{h_s} + \frac{e_1}{\lambda_1}\right)^{-1}(T_t - T_L)}$ A.N. $\boxed{\varphi_s = 50 \ W.m^{-2}}$

$\varphi_i = K_i (T_t - T_L)$ avec $K_i = \left(\frac{1}{h_i} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}\right)^{-1}$

$\boxed{\varphi_i = \left(\frac{1}{h_i} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}\right)^{-1}(T_t - T_L)}$ A.N. $\boxed{\varphi_i = 5{,}84 \ W.m^{-2}}$

b) T_s, T_i ?

$\varphi_s = h_{c_1}(T_t - T_s)$ avec $\frac{1}{h_{c_1}} = R_{\theta_1} S = \frac{e_1}{\lambda_1}$

$\Rightarrow T_t - T_s = \varphi_s \times \frac{1}{h_{c_1}} = \varphi_s \frac{e_1}{\lambda_1}$

$\boxed{T_s = T_t - \varphi_s \frac{e_1}{\lambda_1}}$ A.N. $\boxed{T_s = 24{,}5 °C}$

de même $\varphi_i = h_{c_{23}}(T_t - T_i)$

avec $\frac{1}{h_{c_{23}}} = \frac{1}{h_{c_2}} + \frac{1}{h_{c_3}} = \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}$

$T_t - T_i = \varphi_i \times \frac{1}{h_{c_{23}}}$

$\boxed{T_i = T_t - \varphi_i \left(\frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}\right)}$ A.N. $\boxed{T_i = 21 °C}$ (20,99)

3) local supérieur

Le flux thermique vers l'extérieur peut s'exprimer par

$\Phi_e = K_e S \,\Delta T = K_e S (T_L - T_e)$

on donne $K_e S = 54 \text{ W.K}^{-1}$ A.N. $\boxed{\Phi_e = 1350 \text{ W}}$

le flux thermique provenant du plancher vaut

$\Phi_S = \varphi_S \times S$ pb: S ?

Utilisons les données de la question 1). La puissance $\mathcal{P} = 1 \text{ kW}$ est cédée par le fluide aux locaux supérieur et inférieur de telle sorte que $\mathcal{P} = (\Phi_S + \Phi_i) = (\varphi_S + \varphi_i) S$

on en déduit donc $S = \dfrac{\mathcal{P}}{\varphi_S + \varphi_i}$ (A.N. pour vérifier cohérence $S \simeq 18 \text{ m}^2$)

d'où $\boxed{\Phi_S = \dfrac{\varphi_S}{\varphi_S + \varphi_i} \mathcal{P}}$ A.N. $\boxed{\Phi_S = 895 \text{ W}}$ (895,415)

Le bilan $\Phi = \Phi_e - \Phi_S = 455 \text{ W}$ montre qu'un flux thermique de 455 W quitte le local supérieur

$\Rightarrow T_L \searrow$

on ajoute un chauffage d'appoint de puissance $\boxed{\mathcal{P} = 455 \text{ W}}$