QCM diffusion thermique

1 – **Réponse B** : signe – fondamental, traduit un transfert se faisant des zones les plus chaudes vers les plus froides.

$[\|\vec{j}_{th}\|] = W.m^{-2}$

$[\|\vec{grad}\, T\|] = K.m^{-1}$ $\Rightarrow [\lambda] = W.K^{-1}.m^{-1}$

Réponse D.

2 – Le flux thermique (puissance thermique) traversant une surface S est par définition $\Phi = \iint \vec{j}_{th}.\vec{dS}$

$\|\vec{j}_{th}\|$ représente donc une puissance thermique surfacique

Réponse C.

3 – Φ = puissance thermique traversant S.

$[\Phi] = W$ **Réponse B.**

4 – $\frac{\partial T}{\partial t} = D_{th} \Delta T$ $D_{th} = \frac{\lambda}{\rho c}$

$[D_{th}] = m^2.s^{-1}$

Réponses A, D.

5 – En travaillant en ordre de grandeur avec l'eq précédente.

On a :

$\frac{\partial T}{\partial t} \sim \frac{T^*}{\tau}$ τ tps caractéristique

$\Delta T \sim \frac{T^*}{L^2}$

$\Rightarrow \frac{T^*}{\tau} \simeq \frac{D_{th}}{L^2} T^* \Rightarrow \boxed{\tau \sim \frac{L^2}{D_{th}}}$

$\tau = 364\ s$ $\tau \simeq 6$ minutes

Réponse C

6 – **B – D –**

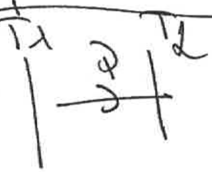
La continuité du flux thermique aux interfaces est vérifiée même si le régime n'est pas stationnaire

7 – **A –** Le flux thermique dépendra de la section considérée

D –

Réponses A – D

Question 8 :



$R_{th} = \dfrac{T_1 - T_2}{\Phi}$

Réponse B

Question 9 :

Réponse B

10 –

$P_c = hS(T_f - T_1)$

A sens.

Réponse A.

11 – $\boxed{R_{cc} = \dfrac{T_f - T_1}{P_{cc}} = \dfrac{1}{hS}}$.

Réponses B et C

12 – La résistance thermique d'une barre de longueur L_i, de section S_i et de conductivité λ vérifie

$R_{th_i} = \dfrac{1}{\lambda}\dfrac{L_i}{S_i}$ $\Phi_i = \dfrac{T_1 - T_2}{R_{th_i}}$.

Barres 1 et 2 : $L_1 = L_2$
$S_2 > S_1$

$R_{th_1} > R_{th_2} \Rightarrow \Phi_1 < \Phi_2$

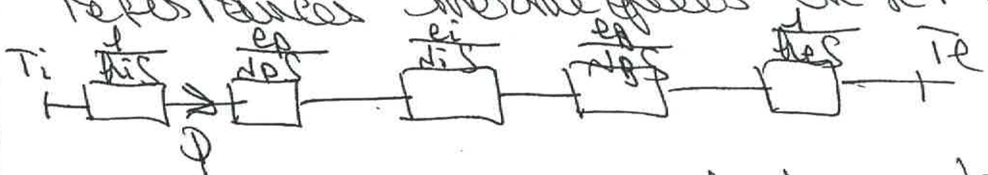
Barres 2 et 3 : $S_2 = S_3$
$L_2 > L_3$

$R_{th_2} > R_{th_3} \Rightarrow \Phi_2 < \Phi_3$.

D'où $\Phi_1 < \Phi_2 < \Phi_3$

Réponse A.

13 – Le mur est équivalent à 5 résistances thermiques en série



La résistance équivalente est la somme des résistances d'où la réponse D

14 –

$\vec{j}_{th} = -\lambda \dfrac{dT}{dr} \vec{u}_r$

Le flux thermique étant conservatif

$\phi = -\lambda \dfrac{dT}{dr} 2\pi r^2$ indépendant de r.

$-dT = \dfrac{\phi}{2\pi\lambda} \dfrac{dr}{r^2}$

$T_i - T_e = \dfrac{\phi}{2\pi\lambda}\left(\dfrac{1}{R} - \dfrac{1}{R+e}\right)$

$= \dfrac{\phi}{2\pi\lambda} \dfrac{e}{R(R+e)}$

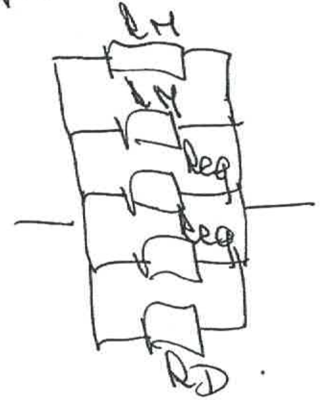
$$\boxed{R_D = \frac{1}{2\pi\lambda} \frac{e}{R(R+e)}}$$

réponse C

15 – Un mur vitré est équivalent à la mise en parallèle des résistances R_M et R_V

$R_{eq} = \dfrac{R_V R_M}{R_M + R_V}$

Les résistances thermiques des 4 murs et du dôme sont en parallèles.



Réponse B

16 – 1er principe appliqué à la pièce

$C\, dT_i = P_{th\,reçue}\, dt$

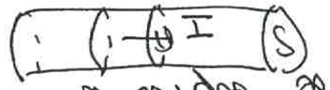
$C \dfrac{dT_i}{dt} = P + \dfrac{T_e - T_i}{R}$

$$\boxed{RC \frac{dT_i}{dt} + T_i = T_e + RP}$$

Réponse A.

(7)

17 –



$x \quad x+dx \quad x$

$\vec{j}_{th} = j_{th}(x)\,\vec{u}_x = -\lambda \frac{dT}{dx}\vec{u}_x$.

La puissance volumique créée par effet Joule vaut $p_\sigma = \frac{j^2}{\gamma}$ or

$j = \frac{I}{S}$ $\quad p_\sigma = \frac{I^2}{\gamma S^2}$

On effectue un bilan de puissance sur le volume compris entre x et $x+dx$.

En posant $\phi(x) = j_{th}(x) S$

$$\phi(x) - \phi(x+dx) + p_\sigma S\,dx = 0$$

$$-\frac{d\phi}{dx}dx + p_\sigma S\,dx = 0$$

$$-\frac{dj_{th}}{dx} + p_\sigma = 0$$

$$\lambda \frac{d^2T}{dx^2} + p_\sigma = 0$$

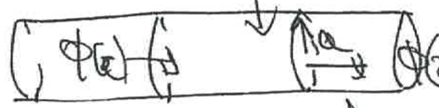
$$\lambda \frac{d^2T}{dx^2} + \frac{I^2}{\gamma S^2} = 0$$

$$\boxed{\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{I^2}{\gamma \lambda S^2} = 0}$$

Réponse D.

(8)

18 –



$T_0 \quad d\Phi_{cc}$

$\phi(x) \quad x \quad x+dx$

Bilan sur la tranche de barre située entre x et $x+dx$.

Soit $\phi(x) = j_{th}(x)\,\pi a^2 = -\lambda \frac{dT}{dx}\pi a^2$

le flux thermique conductif traversant la section de la barre située à l'abscisse x

$d\Phi_{cc}(x)$ = flux conducto-convectif reçu par la longueur dx.

$$d\Phi_{cc}(x) = h 2\pi a\,dx\,(T_0 - T(x))$$

En régime stationnaire :

$$\sum P_{th\,entrantes} = 0$$

$$\phi(x) - \phi(x+dx) + d\Phi_{cc}(x) = 0$$

$$-\frac{d\phi}{dx}dx + 2\pi a h (T_0 - T(x))dx = 0$$

$$\lambda \frac{d^2T}{dx^2}\pi a^2 + 2\pi a h (T_0 - T(x)) = 0$$

$$\frac{d^2T}{dx^2} - \frac{2h}{\lambda a}(T(x) - T_0) = 0$$

Réponse B.

9 - $T(x) = A\exp\left(-\sqrt{\boxed{\frac{2h}{\lambda a}}}\,x\right) + B\exp\left(-\sqrt{\frac{2h}{\lambda a}}\,x\right)$
$+ T_0$.

$B = 0$ car T ne peut diverger quand $x \to \infty$

$T(0) = T_1 = A + T_0$

$T(x) = (T_1 - T_0)\exp\left(-\sqrt{\boxed{\frac{2h}{\lambda a}}}\,x\right) + T_0$

10

QKO → 1 En régime stationnaire, bilan ~~comp~~ sur le volume compris entre les 2 cylindres de rayons r et $r+dr$, de longueur L.

$\sum P_{th}$ entrantes $= 0$.

$\Phi(r) - \Phi(r+dr) = 0$

$j_{th}(r)\, 2\pi r L = j_{th}(r+dr)\, 2\pi (r+dr) L$

D'où $\boxed{j_{th}(r)\, r = j_{th}(r+dr)\,(r+dr)}$

Réponse D.

2 – $\dfrac{d\Phi}{dr} = 0$

$\dfrac{d}{dr}\left(r\, j_{th}(r)\right) = 0 = \dfrac{d}{dr}\left(r \times \left(-K \dfrac{dT}{dr}\right)\right)$

$\Rightarrow \boxed{\dfrac{d\left(r \dfrac{dT}{dr}\right)}{dr} = 0}$

3 – $r \dfrac{dT}{dr} = A$

$\dfrac{dT}{dr} = \dfrac{A}{r}$

$T(r) = A \ln(r) + B$

11

$T(r = R_1) = T_1 = A \ln(R_1) + B$

$T(r = R_2) = T_2 = A \ln(R_2) + B$

$A = \dfrac{T_2 - T_1}{\ln\left(\dfrac{R_2}{R_1}\right)}$ $\quad B = T_1 - \dfrac{T_2 - T_1}{\ln\left(\dfrac{R_2}{R_1}\right)} \ln(R_1)$

$\boxed{T(r) = T_1 + \dfrac{T_2 - T_1}{\ln\left(\dfrac{R_2}{R_1}\right)} \ln\left(\dfrac{r}{R_1}\right)}$ Réponse C

4 – $P_{th} = -K \dfrac{dT}{dr} 2\pi r L$

$\boxed{P_{th} = 2\pi K L \dfrac{T_1 - T_2}{\ln\left(\dfrac{R_2}{R_1}\right)}}$ Réponse D

5 – $R_{th} = \dfrac{T_1 - T_2}{P_{th}} \Rightarrow \boxed{R_{th} = \dfrac{\ln\left(\dfrac{R_2}{R_1}\right)}{2\pi K L}}$

Réponse A.

6 – Réponse C

7 – $P_{cc} = 2\pi R_2 h L (T_2 - T_0) \Rightarrow \boxed{R_c = \dfrac{1}{2\pi R_2 L h}}$

Réponse B –

8 – $R_{tot} = R_{th} + R_c$ rep A.

$P_{th} = \dfrac{T_1 - T_0}{R_{tot}}$ rep C