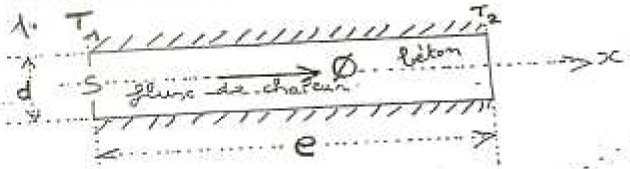
Echanges thermiques

TRANSFERT CONDUCTIF

1 étude du béton — on applique la loi de Fourier

1.

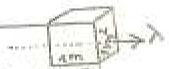


$$\phi = -\lambda \cdot \frac{(T_2 - T_1) \cdot S}{e} = \lambda \cdot \frac{(T_1 - T_2) \cdot S}{e}$$

2. a) $\boxed{\lambda = \frac{\phi \cdot e}{(T_1 - T_2) \cdot S}}$ — λ : $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$; ϕ : W ; e : m ; S : m^2 ; $T_1 - T_2$: K

$\lambda \simeq 1{,}75\ W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

flux de chaleur qui traverse une épaisseur de 1 m de béton pour un écart de 1 °C (1 K) et 1 m² de section



$\boxed{\varphi = \phi : S}$ ($W \cdot m^{-2}$) ; $S = \pi \frac{d^2}{4}$

$$\varphi = \frac{\lambda (T_1 - T_2)}{e}$$

b) $\varphi \simeq 466{,}7\ W \cdot m^{-2}$

c) conductance thermique surfacique U ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

flux de chaleur traversant une épaisseur de béton e de 1 m² de surface pour 1 °C (1 K) d'écart entre les 2 ambiances.

$$\boxed{U = \frac{\varphi}{T_1 - T_2}} \qquad \boxed{U = \frac{\lambda}{e}}$$

$U \simeq 11{,}67\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

$$\frac{\varphi}{\Delta T} = \frac{\lambda}{e} \ ; \quad \frac{\varphi}{T_1 - T_2} = \frac{\lambda}{e}$$

$\frac{\lambda}{e}$ → ne dépend que du matériau

$\frac{\varphi}{\Delta T}$ → ne dépend que des conditions expérimentales.

d) résistance thermique surfacique r ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$)

$$\boxed{r = \frac{1}{U} = \frac{T_1 - T_2}{\varphi} = \frac{e}{\lambda}}$$

$\boxed{r = \frac{\Delta T}{\varphi}}$

$r \simeq 0{,}086\ m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

e) ! résistance thermique (pour la section S) R ($K \cdot W^{-1}$)

$$R = \frac{r}{S} \qquad R = \frac{T_1 - T_2}{\phi}$$

$R \simeq 43{,}5\ K \cdot W^{-1}$

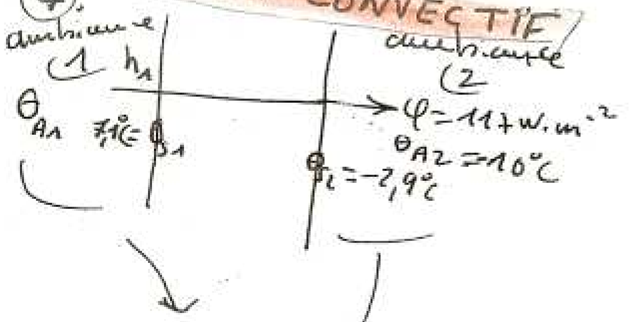
2 $\varphi = \frac{\Delta\theta}{r} = \frac{\Delta\theta}{\frac{e}{\lambda}}$; $\varphi = \frac{\Delta\theta \cdot \lambda}{e}$; $\varphi = 350\ W \cdot m^{-2}$

$\phi = \varphi \cdot S$; ϕ : 5407,5 W ($\simeq$ 5,41 kW)

3 W : $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$; (λ) $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ → $kg \cdot m \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$; (φ) $W \cdot m^{-2}$ → $kg \cdot s^{-3}$; (r) $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ → $kg^{-1} \cdot s^3 \cdot K$; (U) → $kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$ $\left(\frac{1}{r}\right)$; (R) $K \cdot W^{-1}$ → $kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3 \cdot K$

TRANSFERT CONVECTIF

4



a) $\Delta\theta = \frac{\varphi}{h_1} = \theta_{A1} - \theta_{S1}$

b) $r_1 = \frac{1}{h_1} \simeq 0{,}111\ m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$; $\theta_{A1} = \frac{\varphi}{h_1} + \theta_{S1} \simeq 20\ °C$

c) $h_2 = \frac{\varphi}{\Delta\theta} = \frac{\varphi}{\theta_{S2} - \theta_{A2}}$; $h_2 \simeq 16{,}5\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

$r_2 = \frac{1}{h_2}$; $r_2 \simeq 0{,}06\ m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

d) $R_1 = \frac{r_1}{S}$; $R_1 \simeq 7{,}11 \cdot 10^{-3}\ K \cdot W^{-1}$ $\left(\frac{1}{h_1 \cdot S}\right)$

$R_2 = \frac{r_2}{S}$; $R_2 \simeq 3{,}93 \cdot 10^{-3}\ K \cdot W^{-1}$ $\left(\frac{1}{h_2 \cdot S}\right)$

TRANSPERT RADIATIF (rayonnement)

1. soleil

1) $\boxed{P = \Delta m . c^2}$ $\simeq 3{,}6.10^{26}$ W … puissance émise par le soleil.

2) « corps noir »

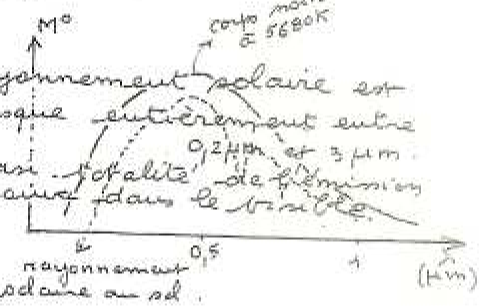
a) $\boxed{M^\circ = \frac{P}{S}}$ $\simeq 5{,}92.10^{+7}$ $W.m^{-2}$

$(S = 4\pi R^2)$

b) $M^\circ = \sigma^\circ . T^4$ $\boxed{T = \sqrt[4]{\frac{M^\circ}{\sigma^\circ}}}$ $T \simeq 5680$ K (5407 °C)

c) $\boxed{\lambda_{max} = \frac{2898.10^{-6}}{T}}$ $\lambda_{max} \simeq 0{,}5 \mu m$ (500nm) … le rayonnement solaire est émis presque entièrement entre 0,2 µm et 3 µm.

la quasi totalité de l'émission se trouve dans le visible.



3) au sol

a) $\boxed{p = \frac{P}{2.10^9}}$ $\simeq 1{,}8.10^{17}$ W puissance interceptée par la terre.

b) $\boxed{p_0 = 0{,}7 . p}$ puissance réelle reçue par la terre.

c) $\boxed{\frac{p_0}{S} = \varphi_0}$ $\varphi_0 \simeq 250$ $W.m^{-2}$ puissance reçue par 1 m² de la terre (en moyenne)

4) corps noir $S = 1 m^2$ $\Phi_0 = 1000 W$ … puissance reçue pour un ciel bleu, un soleil zénithal et une surface de 1 m² placée normalement au rayonnement.

a) $T = \left(\frac{\Phi_0}{\sigma_0 . S}\right)^{1/4} \simeq 364 K \simeq 91°C$

b) $\lambda_{max} = 2898.10^{-6} / T \simeq 8.10^{-6} m$ (8µm) c) Infra Rouge lointain.

2. effet de serre

le corps noir reçoit au total : $\Phi_0 + \frac{\Phi'}{2}$

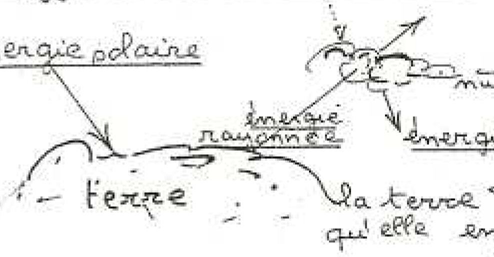
il cède : Φ'

à l'équilibre thermique :

$\boxed{\Phi' = \Phi_0 + \Phi'/2}$ $\Phi' = 2 . \Phi_0 = 2000 W$ pour $S = 1 m^2$

$T = \left(\frac{\Phi'}{\sigma^\circ . S}\right)^{1/4} \simeq 433 K$ soit $160°C$

l'effet de serre sur terre



… et que dire de l'éventuelle disparition de la couche d'ozone qui laisse passer de trop l'énergie solaire

elle peut être la cause d'un échauffement.

la terre « rayonne » pratiquement autant d'énergie qu'elle en reçoit … sinon il y aurait échauffement … !

la fonction chlorophylienne assure la régénération du dioxygène O_2 à partir du CO_2

3.

$T_1 = 410\,K$ $\qquad M_1 = \sigma \cdot T_1^4 \simeq 1602{,}8\ W.m^{-2}$

T_2 le corps noir reçoit 90% de M venant du soleil et 20% des rayonnements qu'il émet

$$M = 0{,}9 \cdot M_1 + 0{,}2 \cdot (0{,}9 \cdot M_1) = (0{,}9 + 0{,}18) \cdot M_1 \simeq 1{,}08 \cdot M_1 \simeq 1731\ W.m^{-2}$$

$$M = \sigma \cdot T_2^4$$

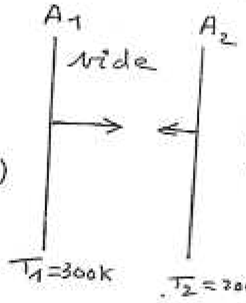
$$T_2 = \left(\frac{M}{\sigma}\right)^{0{,}25} \simeq 418\,K$$

4.

1)

$459{,}4\ W.m^{-2} \simeq M_1 = \sigma \cdot T_1^4$

$M_1 \cdot S = P_1$ (pour $1\,m^2$)

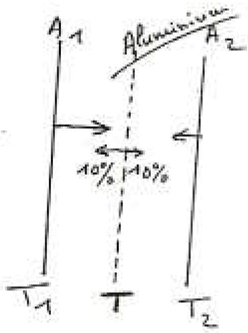


$M_2 = \sigma \cdot T_2^4 \simeq 90{,}75\ W.m^{-2}$

P_2 (pour $1\,m^2$) $\qquad P_2 = M_2 \cdot S$

$$\Delta P = P_1 - P_2 \simeq 368{,}65\ W$$

2)



$$M = 0{,}1 \cdot (M_1 + M_2)$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{M}{\sigma}} \simeq 176{,}5\,K$$

3)

$$\Delta P' = P_1 - P$$

puissance rayonnée par une face de la feuille d'aluminium

$P = M \cdot S/2$ ($S = 1\,m^2$) $= 27{,}5\ W$

5.

$$\lambda = \frac{2{,}898 \cdot 10^{-3}}{T} \simeq 9348\ nm$$

corps humain
37°C
(310K)

6) 1) Rendement $= \frac{\Phi_e}{P}$ $\Phi_e = 0{,}05 \cdot P$

$\Phi_e = 7{,}5\ W$

2) $M_e = \frac{\Phi_e}{S}$ (S cylindrique $= S \cdot \ell =$ π.d.l) M = $4{,}77 \cdot 10^{4}$ W.m^{-2}

$M_e = \sigma \cdot T^4$

$\sigma = \eta \cdot \sigma_0 = 0{,}21 \cdot (5{,}672 \cdot 10^{-8})$

(la source n'est pas un corps noir) $T = \sqrt[4]{\frac{M_e}{\eta \cdot \sigma_0}}$ $T \approx$ 587,1 K

3) $\lambda_{max} = \frac{2898 \cdot 10^{-6}}{T}$ $\lambda_{max} \approx$ $5 \cdot 10^{-9}$ m (5 nm)