chap 15 : Rayonnement thermiq

Les corps chauffés émettent un rayonnem^t électromagnétique

I - Le modèle du corps noir

↳ sys capable d'absorber tt le rayonnem^t qu'il reçoit.

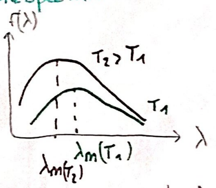
→ Densité spectrale :

Pr un corps noir à la T° T uniforme :

φ : flux surfaciq émis

$d\varphi_\lambda = F(\lambda)\, d\lambda$: flux surfaciq émis ds la bande spectrale $[\lambda, \lambda + d\lambda]$

↑ densité spectrale.



Rq : * $F(\lambda) = \dfrac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \times \dfrac{1}{\exp\left(\dfrac{hc}{k_B T \lambda}\right)^{-1}}$

* $d\varphi_\lambda = F(\lambda)\, d\lambda = G(\lambda)\, d\nu$ ← freq

* $d\lambda = \dfrac{-c}{\nu^2}\, d\nu$

* soleil = corps noir (5780 K)

→ Loi de Wien :

$F(\lambda)$ passe par un max en λm tq :

$$\boxed{\lambda m . T = cst \approx 3.10^3\, \mu m.K}$$

On a alors :

$T(soleil) = 5780K \Rightarrow \lambda m(sol) \approx 0{,}5\mu m$ (visible)

$T(homme) \approx 300K \Rightarrow \lambda m(hom) \approx 10\mu m$ (IR)

Les étoiles bleues st les plus chaudes.

→ Loi de Stefan :

$\varphi = \int_0^{+\infty} F(\lambda)\, d\lambda$ (air sous la courbe)

Pr un corps noir : $\boxed{\varphi = \sigma T^4}$ ← sigma

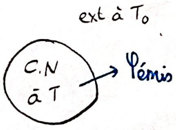
σ = cst de Stefan
$= 5{,}67.10^{-8}\, W.m^{-2}.K^{-4}$

Rq : pr un corps "gris" : $\varphi = \varepsilon \sigma T^4$ ← $0 \le \varepsilon \le 1$

ε : émissivité

II - Applications

→ Corps noir dans un rayonnem^t ext



$\varphi_{reçu\, CN} = -\varphi_{émis} + \varphi_{absorbé}$
$= -\sigma T^4 + \sigma T_0^4$
$= \sigma (T_0^4 - T^4)$

1er principe de la thermodynamiq au CN, de capacité thermiq C :

$dH = \delta Q_{reçu\, CN}$

$CdT = \varphi_{reçu\, CN}\, S\, dt$

$Cdt = \sigma (T_0^4 - T^4)\, S\, dt$

Si on a $T_0 \approx T$, on fait un DL :

$T = T_0 + \Delta T$ avec $|\Delta T| \ll T_0$

$T_0^4 - T^4 = T_0^4 - (T_0 + \Delta T)^4$
$= T_0^4 - T_0^4\left(1 + \dfrac{\Delta T}{T_0}\right)^4$
$\overset{DL}{=} \cancel{T_0^4} - T_0^4\left(\cancel{1} + 4\dfrac{\Delta T}{T_0}\right)$

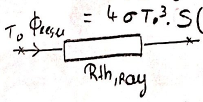
$T_0^4 - T^4 = -4 T_0^3 \Delta T$

On a donc :

$\Phi_{reçu\, CN} = \varphi_{reçu\, CN} . S = \sigma (T_0^4 - T^4) . S$

$= -4\sigma T_0^3 \Delta T . S$

$= -4\sigma T_0^3 (T - T_0) . S$
$= 4\sigma T_0^3 . S (T_0 - T)$



avec $R_{th,ray} = \dfrac{1}{4\sigma T_0^3 S}$

D'après le 1er principe :

$C \dfrac{dT}{dt} = \varphi_{reçu}\, S$

$C \dfrac{dT}{dt} = -4\sigma T_0^3 S (T - T_0)$

$\dfrac{d(T - T_0)}{dt} + \underbrace{\dfrac{4\sigma T_0^3 S}{C}}_{1/\tau} (T - T_0) = 0$ (T_0 : cst)

Solu° : $T(t) - T_0 = A e^{-t/\tau}$
$= (T(0) - T_0) e^{-t/\tau}$

→ Rayonnem^t solaire

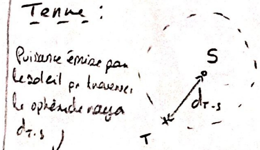
* Puissance solaire

$P = \varphi . S$

$P_s = \sigma T_s^4 \times 4\pi R_s^2 = 4.10^{26}\, W$

↳ émis par le soleil

* flux surfaciq solaire au nv de la Terre :



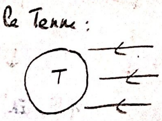
$P_s = \varphi_s 4\pi d_{T.S}^2 \Rightarrow \varphi_s = \dfrac{P_s}{4\pi d_{T.S}^2}$

$\varphi_s = 1{,}4\, kW.m^{-2}$

Puissance reçue par la Terre :

$P_T = \varphi_s\, \pi R_T^2$

↳ surface apparente ⇒ disq de rayon R_T



$P_T = 1{,}8.10^8\, GW$

* T° moyenne sur Terre.

Equilibre therm de la Terre :

$$\Phi_{reçu} = \Phi_{émis}$$

Terre = CN à la T° T_T

$$\Phi_T = \sigma T_T^4 \, 4\pi R_T^2$$

$$\varphi_S \cancel{\pi} R_T^2 = \sigma T_T^4 \, 4\cancel{\pi} \cancel{R_T^2}$$

$$\frac{P_S}{4\pi d_{T.S}^2} = \sigma T_T^4 \, 4$$

$$\frac{\cancel{\sigma} T_S^4 \cancel{4\pi} R_S^2}{\cancel{4\pi} d_{T.S}^2} = \cancel{\sigma} T_T^4 . 4$$

$$\Rightarrow T_T^2 = \frac{T_S^2 R_S}{d_{T.S} . 2}$$

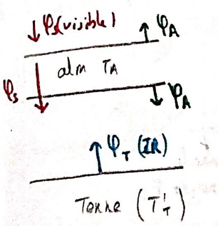
$$T_T = T_S \sqrt{\frac{R_S}{d_{T.S}.2}} = 280K$$

$T_T \sim 7°C$ trop faible.

* Effet de serre

atm quasi-transparente au rayonnem^t solaire (visible)

atm CN pr l'IR



bilan termique pour la Terre :

$$\varphi_S + \varphi_A = \varphi_T$$

bilan ——————— d'atm :

$$\cancel{\varphi_S} + \varphi_T = \cancel{\varphi_S} + 2\varphi_A$$

$\varphi_A = \frac{\varphi_T}{2}$ donc $\varphi_S + \frac{\varphi_T}{2} = \varphi_T$

donc $\boxed{\underset{\sigma T_T'^4}{\underset{\parallel}{\varphi_T}} = 2\varphi_S}$

cas précédent : $\sigma T_T^4 = \varphi_S$

donc $T_T'^4 = 2 T_T^4$

$$T_T' = T_T (2)^{1/4}$$

$$T_T' = 330K \sim 50°C \text{ trop gd}$$

Améliora° possible : atm réfléchie une partie de φ_S : Albédo : $A \approx 30\%$