

Rayonnement thermique

I Interaction rayonnement-matière

I.1 Réflexion, transmission, absorption

I.2 Le modèle du corps noir

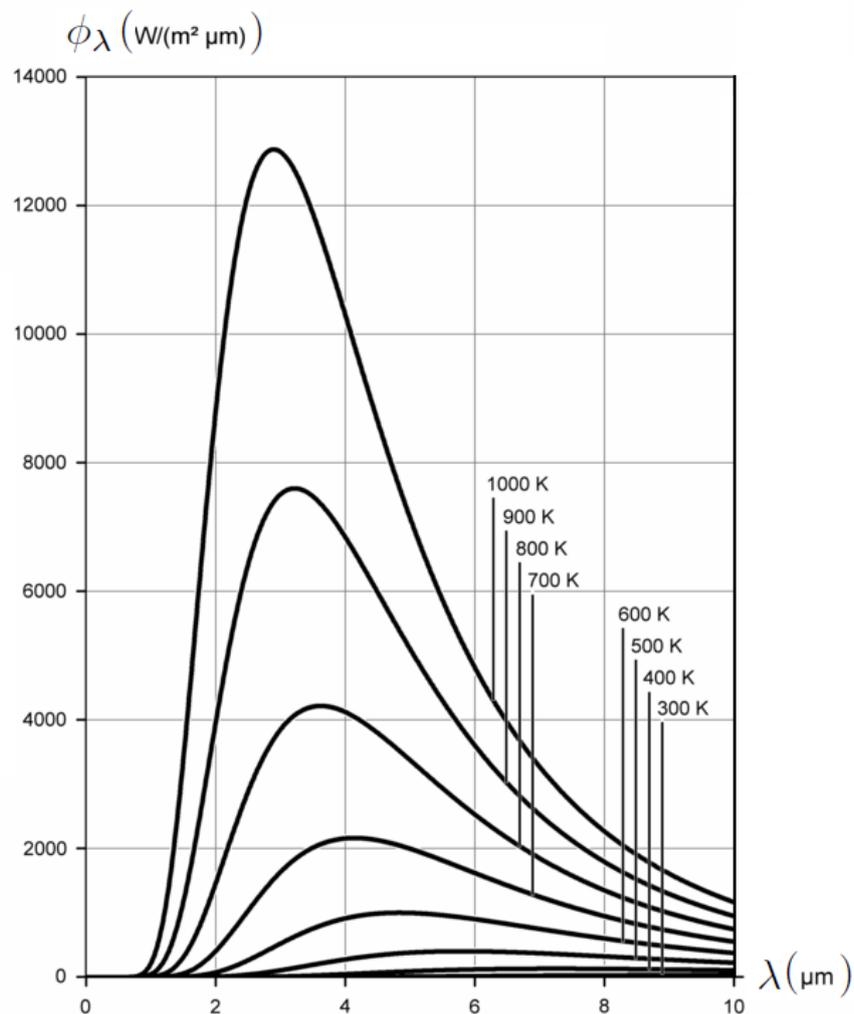
II Le rayonnement d'équilibre thermique

II.1 Définitions

II.2 Loi de Planck

La densité spectrale de puissance surfacique émise s'exprime, en termes de longueur d'onde, par

$$\varphi_{\lambda}(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1}$$



Deux cas limites peuvent être envisagés

— aux faibles longueurs d'onde $\lambda \ll \frac{hc}{k_B T}$; il reste

$$u_\lambda(\lambda, T) \simeq \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} e^{-\frac{hc}{\lambda k_B T}}$$

— aux grandes longueurs d'onde $\lambda \gg \frac{hc}{k_B T}$; alors

$$e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1 \simeq \frac{hc}{\lambda k_B T}$$

Il reste

$$u_\lambda(\lambda, T) \simeq \frac{2\pi k_B T c}{\lambda^4}$$

II.3 Loi du déplacement de Wien

La longueur d'onde λ_m pour laquelle φ_λ est maximale est telle que

$$\lambda_m T = \frac{hc}{k_B x_0} \text{ soit, numériquement } \lambda_m T \simeq 3.10^{-3} \text{ m.K}$$

II.4 Loi de Stefan

La puissance surfacique rayonnée par un corps noir pour la totalité du domaine spectral est

$$\phi = \sigma T^4 \text{ où } \sigma = \frac{2\pi^5 k_B^4}{15h^3 c^2} \text{ est la constante de Stefan}$$

Numériquement, $\sigma = 5,67.10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$.

III Bilan radiatif, effet de serre

III.1 Température de la Terre sans atmosphère

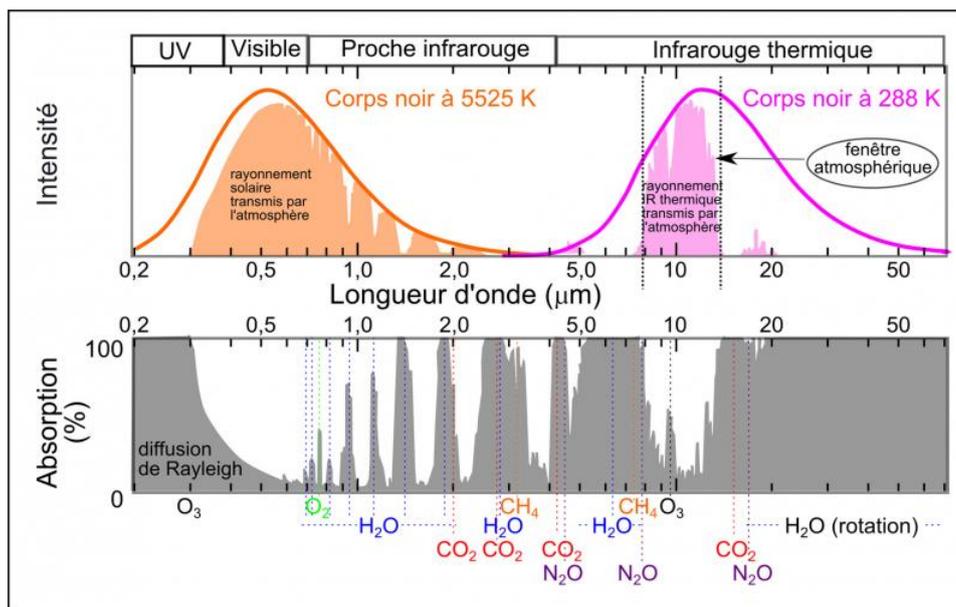
On assimile le Soleil et la Terre à deux corps noirs. On note T_S la température de surface du Soleil, R_S son rayon, R_T le rayon de la Terre et d la distance Terre-Soleil.

Objectif : déterminer la température de surface T_T de la Terre en l'absence d'atmosphère.

Données : $T_S = 5,8 \cdot 10^3$ K, $R_S = 7,0 \cdot 10^5$ km, $R_T = 6,4 \cdot 10^3$ km, $d = 1,44 \cdot 10^8$ km.

1. Exprimer le flux total Φ_S émis par le Soleil en fonction de sa température.
2. Exprimer la portion de ce flux reçue par la Terre : Φ_T .
3. Écrire une relation traduisant l'équilibre thermique de la Terre et en déduire sa température de surface.
4. Que vaut la température de surface si on prend en compte un albédo moyen de 0,3 ?

III.2 Avec l'atmosphère



On reprend le modèle précédent en considérant l'atmosphère qu'on supposera transparente dans le domaine du visible/UV (rayonnement solaire) et absorbante dans le domaine des infrarouges (rayonnement terrestre). On notera Φ_a le flux émis par chaque face de l'atmosphère, Φ_T celui reçu de la part du Soleil au niveau de la Terre et Φ_e celui émis par la Terre.

1. Écrire une relation traduisant l'équilibre thermique de la Terre, et une pour l'atmosphère.
2. En déduire une relation entre Φ_T et Φ_S .
3. En déduire la température de surface de la Terre.

