Bilan radiatif

1. Déterminer la puissance totale P_S rayonnée par le Soleil

On applique la loi de Stefan. Pour un élément de surface $d\Sigma$ à la surface du soleil, la puissance vaut :

$$dP_S = \varphi_{rad}\, d\Sigma = \sigma T_S^4\, d\Sigma$$

En intégrant :

$$P_S = 4\pi R_S^2 \sigma T_S^4$$

2. Déterminer la puissance totale P_T absorbée par la Terre et le flux surfacique $\varphi_{S\to T}$

Pour déterminer la puissance totale P_T absorbée par la Terre, on calcule la fraction du rayonnement solaire capté par la Terre. Le soleil émet un rayonnement isotrope et donc uniforme de rayon d_{TS}. La Terre capte la fraction du rayonnement correspondant à la surface qu'elle occupe sur cette sphère ramenée à la surface totale de la sphère soit la fraction :

$$\frac{\pi R_T^2}{4\pi d_{TS}^2} = \frac{R_T^2}{4 d_{TS}^2}$$

La Terre réfléchit une fraction A (albédo) de la puissance totale qu'elle reçoit.

$$P_T = P_S(1-A)\frac{R_T^2}{4 d_{TS}^2} = \frac{(1-A)\pi R_S^2 R_T^2 \sigma T_S^4}{d_{TS}^2}$$

On déduit le flux surfacique :

$$\varphi_{S\to T} = \frac{P_T}{4\pi R_T^2} \simeq 0,24\ kW.m^{-2}$$

3. On suppose que la surface de la Terre est à l'équilibre thermique. Calculer la valeur de la surface

Si on suppose que la surface de la Terre est à l'équilibre, toute la puissance absorbée par la Terre est rayonnée. En utilisant la loi de Stefan on a :

$$4\pi R_T^2 \sigma T_T^4 = P_T$$

Donc : $T_T = T_S(1-A)^{1/4}\sqrt{\dfrac{R_S}{2 d_{TS}}} \simeq 2,6.10^2\ K < 0°C$ ce qui ne correspond pas.

On doit prendre en compte l'atmosphère.

4. En réalité, l'atmosphère absorbe la totalité du rayonnement terrestre mais est transparente à la totalité du rayonnement solaire en première approximation. De la même manière, en première approximation, la Terre absorbe la totalité du rayonnement émis par l'atmosphère. On suppose que l'atmosphère

st à l'équilibre thermique, à la température T_a. On négligera l'épaisseur de l'atmosphère devant le rayon de la Terre. Effectuer le bilan radiatif pour les deux systèmes {surface de la Terre + atmosphère} et {surface de la Terre}, déterminer les expressions de T_a et T_T.

On commence par effectuer un bilan radiatif pour le système {surface de la terre + atmosphère}. La puissance reçue par ce système est la puissance émise par le Soleil vers la Terre P_T. Par ailleurs, la puissance rayonnée par la Terre étant totalement absorbée par l'atmosphère, la seule puissance rayonnée et perdue par ce système est la puissance rayonnée par l'atmosphère qui vaut $4\pi R_T^2 \sigma T_a^4$. Avec la loi de Stefan :

$$4\pi R_T^2 \sigma T_a^4 = \frac{(1-A)\pi R_S^2 R_T^2 \sigma T_S^4}{d_{TS}^2}$$

La température est donc : $T_a = T_S (1-A)^{1/4} \sqrt{\frac{R_S}{2 d_{TS}}} \simeq 2,6 \cdot 10^2\ K$

On procède de même pour le système {surface de la Terre}. La puissance reçue par ce système est la somme des puissances reçues de la part du Soleil et de l'atmosphère.

$$P_T + 4\pi R_T^2 \sigma T_a^4$$

À l'équilibre thermique, cette puissance est égale à la puissance rayonnée par la Terre soit :

$$4\pi R_T^2 \sigma T_T^4 = 4\pi R_T^2 \sigma T_a^4 + \frac{(1-A)\pi R_S^2 R_T^2 \sigma T_S^4}{d_{TS}^2} = 8\pi R_T^2 \sigma T_a^4$$

D'où l'on tire : $T_T = 2^{1/4} T_a \simeq 3,0 \cdot 10^2\ K$

Ce qui est plus raisonnable mais trop élevé ≈ 17°C normalement

→ T atmosphère pas homogène
→ atmosphère pas transparente et n'absorbe pas totalement.

$\varphi_T = 2 \varphi_{S \to T}$