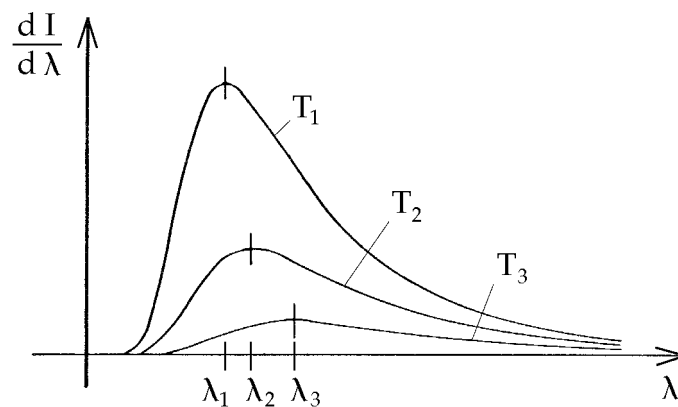


**A. Questions**

1. Si tel était le cas, on observerait que l'énergie (chaleur) pourrait passer sans apport de travail extérieur, d'une surface de température  $T_1$  à une autre surface de température  $T_2 > T_1$ , ce qui est parfaitement impossible !
2. L'égalité :  $a + r + t = 1$  respecte la loi de conservation de l'énergie.
3. Tout rayonnement (UV, visible, IR, etc.) est susceptible de chauffer un corps. Le spectre du rayonnement solaire présente un maximum pour la longueur d'onde  $\lambda = 0,56 \mu\text{m}$  (cf. polycopié page 4.24). On sait (cf. polycopié page 4.25) que la plus grande partie de la puissance du rayonnement solaire est comprise entre les longueurs d'onde  $\lambda / 4$  et  $4 \cdot \lambda$ , soit entre  $0,14$  et  $2,24 \mu\text{m}$ .

4.

Spectres de 3 corps noirs tels que  $T_1 > T_2 > T_3$ 

On voit que si la température  $T$  augmente, la longueur d'onde  $\lambda$  de la position du maximum du spectre diminue (loi de Wien).

Les courbes qui représentent les spectres à différentes températures sont imbriquées les unes dans les autres. Elles ne se croisent pas.

**B. Problèmes****Problème 1 :**

Un rayonnement incident sur une surface de verre est en partie réfléchi, en partie absorbé et en partie transmis. On a donc pour chaque longueur d'onde  $\lambda$  la relation suivante :

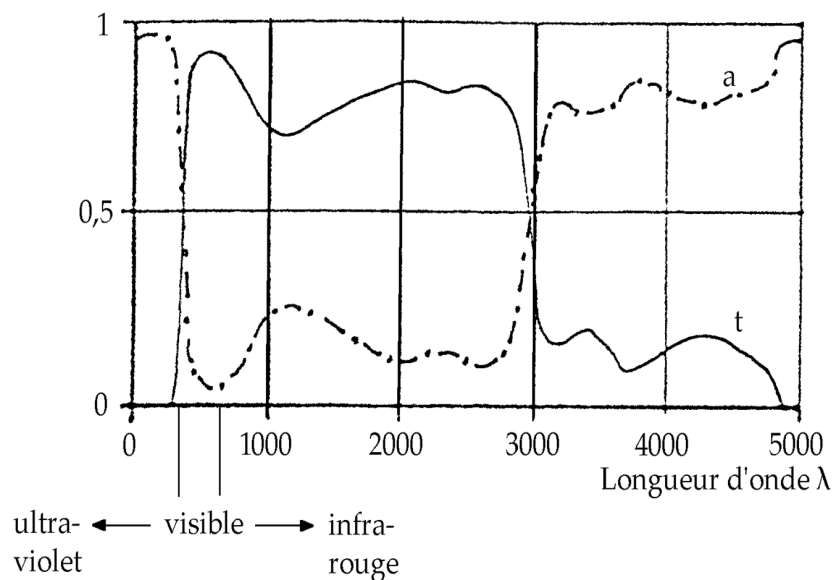
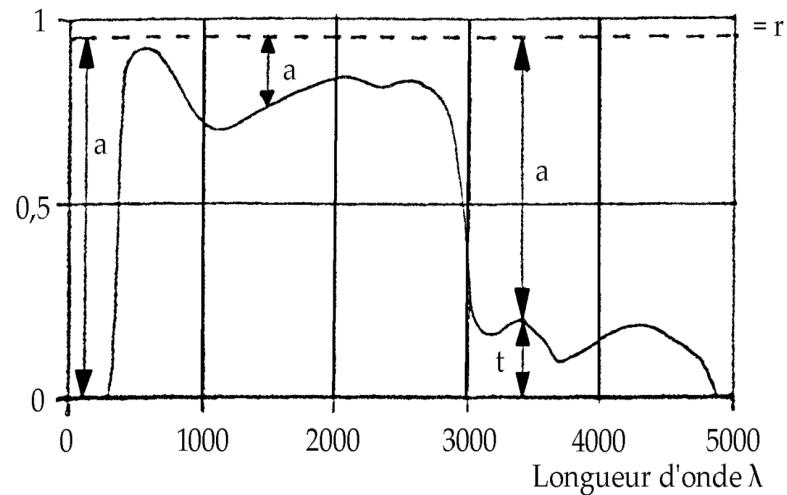
$$r(\lambda) + a(\lambda) + t(\lambda) = 1 \text{ pour tout } \lambda$$

où :  $r$  = coefficient de réflexion,  $a$  = coefficient d'absorption et  $t$  = coefficient de transmission.

On peut donc calculer  $a(\lambda)$  en fonction de  $r(\lambda)$  et  $t(\lambda)$  :

$$a(\lambda) = 1 - t(\lambda) - r(\lambda)$$

On a  $t(\lambda)$  donné sur le graphe et  $r(\lambda) = 0,08$  pour toutes les longueurs d'onde. À partir de la figure suivante, on peut facilement déduire la fonction  $a(\lambda)$  (cf. deuxième figure ci-dessous).



On remarque donc que le verre laisse passer (transmet) la plus grande partie du spectre du rayonnement solaire ( $\lambda$  compris entre 200 et 2'500 nm) et qu'il absorbe le rayonnement infrarouge émis par les surfaces à température ambiante ( $\lambda > 3'000$  nm).

Le verre absorbe également les rayons ultraviolets ( $\lambda < 200$  nm) ce qui explique pourquoi on ne bronze pas derrière une fenêtre.

**Problème 2 :**

Pour atteindre une température d'équilibre, il est nécessaire que le flux incident de rayonnement solaire (sous forme lumineuse et de courte longueur d'onde) soit compensé par le flux émis par le globe (sous forme de rayonnement infrarouge de plus grande longueur d'onde).

Ces deux flux peuvent être aisément déterminés, en l'absence d'effet de serre, qui dans la réalité « piège » et « retient » une bonne partie du rayonnement infrarouge émis (absorption par la vapeur d'eau et d'autres gaz atmosphériques).

Le flux d'énergie incident  $J_1$  est fonction de la section présentée par le globe au rayonnement solaire ; celle-ci représente un disque de surface égal à  $\pi \cdot R^2$  ( $R = 6'370$  km qui est le rayon terrestre). En ne prenant en compte que le rayonnement absorbé, c'est à dire non-réfléchi par le globe, on obtient :

$$J_1 = (1 - 0.30) \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 1'367 = 1.2 \cdot 10^{17} \text{ W}$$

Le flux d'énergie émis  $J_2$  est donné, en première approximation, par la loi du « corps noir » (loi de Stefan-Boltzman). Il vaut, si l'on suppose que toute la surface du globe participe à cette émission :

$$J_2 = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \sigma \cdot T_G^4 = 4 \cdot \pi \cdot (6'370 \cdot 10^3)^2 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot T_G^4 = 2.9 \cdot 10^7 \cdot T_G^4$$

On obtient, en égalant  $J_1$  et  $J_2$ , la température d'équilibre en l'absence d'effet de serre, qui vaut :

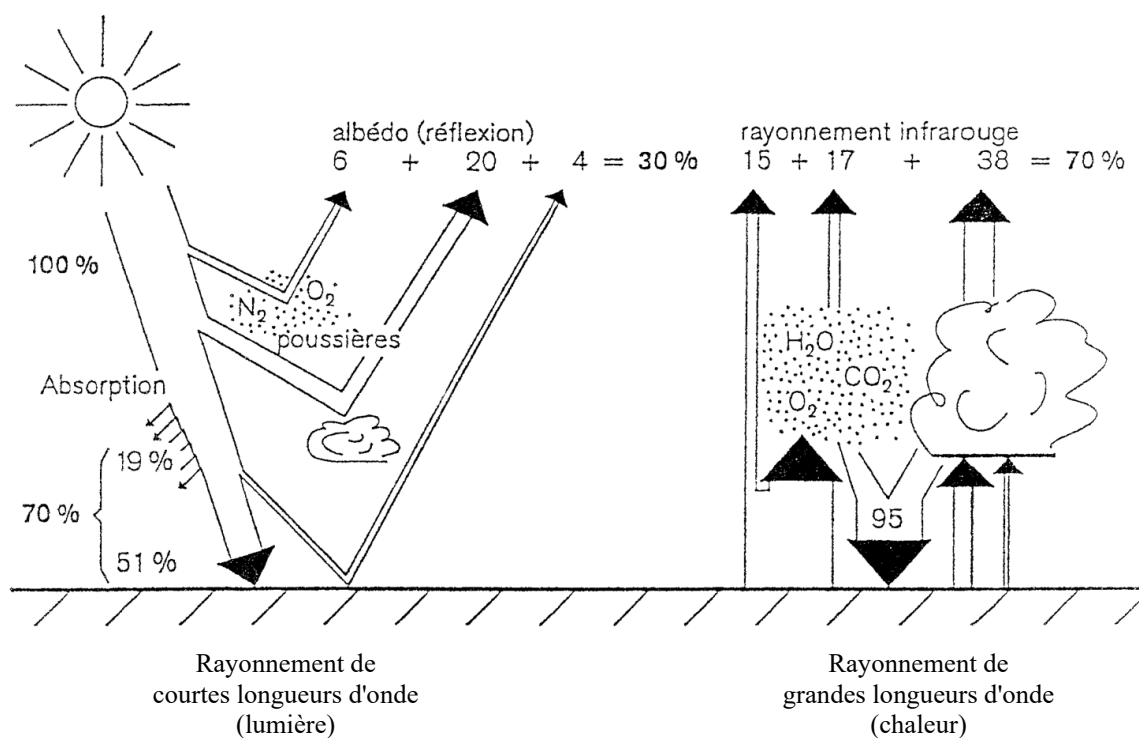
$$T_G = \sqrt[4]{\frac{1.2 \cdot 10^{17}}{2.9 \cdot 10^7}} = \sqrt[4]{4.1 \cdot 10^9} = 253.6 \text{ K}$$

soit une température de  $-20$  °C environ.

Dans la mesure où la température moyenne réelle du globe est de  $+15$  °C, on s'aperçoit ainsi que l'effet de serre dû à l'atmosphère terrestre, permet d'accroître la température de surface du globe de :

$$15 - (-20) = 35^\circ \text{C}$$

Sans ce dernier, existence de la vie sur Terre serait tout simplement impossible. La figure suivante, pourtant schématique, illustre la complexité de ces mécanismes, qui ont lieu dans les courtes longueurs d'onde (rayonnement solaire incident) et dans les grandes longueurs d'onde (rayonnement infrarouge émis par le globe).



Source : F. Gassmann, *Effet de serre*, Georg Éd., 1996.

L'augmentation tangible de l'effet de serre, due à l'activité humaine (émission de CO<sub>2</sub>, de méthane et de fréons), est source de grandes polémiques aujourd'hui.