

Garder un rover martien au chaud

Terminale spécialité Physique-Chimie · Transferts thermiques et refroidissement

1. Modes de transfert

- Entre le Soleil et Mars, il s'agit d'un **rayonnement** : une onde électromagnétique peut transporter de l'énergie à travers le vide.
- Dans l'air brassé par le ventilateur, il s'agit d'une **convection forcée** : l'énergie est transportée par le déplacement du fluide.
- À travers les panneaux solides, il s'agit de **conduction** : l'énergie se propage dans la matière sans déplacement macroscopique de celle-ci.

2. Température d'équilibre radiatif

Mars intercepte le rayonnement solaire sur un disque d'aire πR_M^2 et n'en absorbe que la fraction $1 - a$. La puissance absorbée vaut donc

$$P_{\text{abs}} = I_M(1 - a)\pi R_M^2.$$

La planète émet par toute sa surface sphérique, d'aire $4\pi R_M^2$:

$$P_{\text{émise}} = \sigma T^4 \times 4\pi R_M^2.$$

À l'équilibre, ces deux puissances sont égales. Après simplification de πR_M^2 ,

$$I_M(1 - a) = 4\sigma T^4,$$

d'où

$$T = \left(\frac{I_M(1 - a)}{4\sigma} \right)^{1/4} = \left(\frac{586,2 \times 0,7500}{4 \times 5,670 \times 10^{-8}} \right)^{1/4}.$$

On obtient

$$T = 209,8 \text{ K} \simeq 210 \text{ K}.$$

3. Albédo et atmosphère

Avec $a' = 0,3000$,

$$T' = \left(\frac{I_M(1 - a')}{4\sigma} \right)^{1/4} = \left(\frac{586,2 \times 0,7000}{4 \times 5,670 \times 10^{-8}} \right)^{1/4} = 206,2 \text{ K}.$$

L'augmentation de l'albédo réduit la fraction de rayonnement absorbée et abaisse ici la température d'équilibre d'environ

$$\Delta T \simeq -3,6 \text{ K.}$$

Une atmosphère ne se contente toutefois pas de réfléchir une partie du rayonnement solaire. Des gaz peuvent aussi absorber le rayonnement infrarouge émis par le sol et en réémettre une partie vers celui-ci. Cet effet de serre modifie le bilan radiatif sans se résumer à une variation d'albédo.

4. Choix du panneau isolant

Le flux thermique reçu par le compartiment à travers le panneau vaut

$$\phi = \frac{T_{\text{ext}} - T}{R_{\text{th}}}.$$

Il est négatif puisque le compartiment cède de l'énergie. Le chauffage doit compenser la valeur absolue $|\phi|$.

Pour $e = 3,0 \text{ cm}$:

$$R_{\text{th},3} = \frac{0,0300}{1,40 \times 10^{-2} \times 2,20} = 0,974 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}, \quad |\phi_3| = \frac{63,0}{0,974} = 64,7 \text{ W.}$$

La puissance totale demandée à la batterie serait donc $64,7 + 25,0 = 89,7 \text{ W}$, soit pendant douze heures :

$$E_3 = 89,7 \times 12,0 = 1,08 \text{ kWh.}$$

Cette valeur dépasse $0,800 \text{ kWh}$: le panneau de $3,00 \text{ cm}$ ne convient pas.

Pour $e = 5,0 \text{ cm}$:

$$R_{\text{th},5} = \frac{0,0500}{1,40 \times 10^{-2} \times 2,20} = 1,62 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}, \quad |\phi_5| = \frac{63,0}{1,62} = 38,8 \text{ W.}$$

La consommation totale devient

$$E_5 = (38,8 + 25,0) \times 12,0 = 0,766 \text{ kWh.}$$

Elle reste inférieure à l'énergie disponible. Il faut donc retenir

$$\boxed{\text{le panneau d'aérogel de } 5,00 \text{ cm.}}$$

La marge, environ $0,034 \text{ kWh}$, est faible dans ce modèle simplifié.