

Contrôle B Transferts thermiques

Parois en série, exploitation d'une courbe, bilan radiatif planétaire

Durée : 1 h · calculatrice autorisée · 4 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : /20

★ CONSIGNES

Toute réponse est justifiée ; une expression littérale est attendue avant chaque application numérique ; unités et chiffres significatifs adaptés. Formulaire : paroi plane : $R_{th} = \frac{e}{\lambda S}$ et $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$ • loi de Newton : $\Phi = h S (T_{ext} - T)$, de solution $T(t) = T_{ext} + (T_0 - T_{ext}) e^{-t/\tau}$ avec $\tau = \frac{m c}{h S}$.

Exercice 1 Questions de cours

4 pts ●●○

- 1.1** Indiquer si chaque affirmation est vraie ou fausse et justifier en une phrase.
- a) Le flux thermique traversant une paroi plane est proportionnel à son épaisseur.
 - b) En régime permanent, le flux thermique est le même à travers chacune des couches d'un mur composé.
 - c) D'après la loi de Newton, un corps chaud atteint exactement la température ambiante au bout d'une durée finie.
- 1.2** Donner l'unité de λ et celle de h , puis montrer par une analyse dimensionnelle que $\tau = \frac{m c}{h S}$ est homogène à une durée.
- 1.3** La laine de verre est constituée à plus de 95 % d'air : pourquoi ne remplace-t-on pas les 20 cm de laine d'un mur par 20 cm d'air ?

Exercice 2 Le double vitrage, couche par couche

6 pts ●●○

Le vitrage de la figure 1 a une surface $S = 1,80 \text{ m}^2$. Il est constitué de deux lames de verre d'épaisseur 4,0 mm ($\lambda_{\text{verre}} = 1,00 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) séparées par une lame d'air de 15 mm ($\lambda_{\text{air}} = 0,026 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). L'intérieur est à 20°C , l'extérieur à 0°C .

- 2.1** Calculer la résistance thermique de chacune des trois lames, celle de l'ensemble du vitrage, puis le flux thermique traversant la fenêtre.
- 2.2** Calculer l'écart de température aux bornes de chaque lame, puis les températures des faces B et C . Que peut-on dire d'une lame de verre prise isolément ?
- 2.3** Calculer le flux que ce modèle prévoit pour un simple vitrage (une seule lame de 4,0 mm). Ce résultat est manifestement excessif : quel phénomène négligé ici limite en réalité les échanges près de chaque face ?
- 2.4** La lame d'air est remplacée par de l'argon ($\lambda = 0,016 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). Calculer le nouveau flux thermique, puis le pourcentage de pertes évitées.

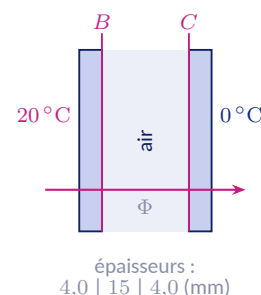


Figure 1 — Coupe du double vitrage

Exercice 3 Une canette qui se réchauffe

6 pts ●●●●

Une canette de $m = 0,33 \text{ kg}$ de boisson, assimilée à de l'eau, est sortie du réfrigérateur et posée sur une table. Un capteur enregistre sa température (figure 2). Sa surface d'échange vaut $S = 3,3 \times 10^{-2} \text{ m}^2$.

■ **DONNÉES** $c_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

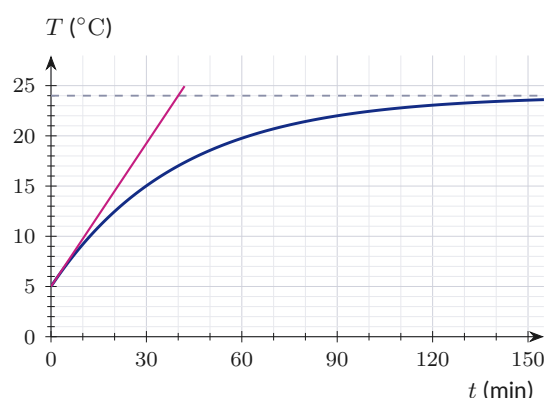


Figure 2 — Réchauffement de la boisson

- 3.1 Déterminer graphiquement la température initiale de la boisson et celle de la pièce. Justifier que l'on peut encore utiliser la loi de Newton, bien que le système se réchauffe.
- 3.2 Déterminer le temps caractéristique τ par deux méthodes graphiques différentes, en expliquant chacune, puis en déduire la valeur du coefficient h , avec son unité.
- 3.3 L'incertitude-type vaut $u(h) = 1,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ et une table donne $h_{\text{réf}} = 15,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Calculer l'écart normalisé $z = \frac{|h - h_{\text{réf}}|}{u(h)}$ et conclure (compatibilité si $z < 2$).
- 3.4 Calculer la température de la boisson 2 h après sa sortie, puis l'énergie qu'elle a reçue.
- 3.5 Déterminer la durée au bout de laquelle la boisson atteint 20°C .

Exercice 4 Vénus, la planète étouffée

4 pts ●●●○

Vénus reçoit du Soleil un flux surfacique $S_V = 2\,601 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ mesuré perpendiculairement aux rayons ; son épaisse couche nuageuse lui donne un albédo très élevé, $a = 0,77$.

■ **DONNÉES** $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ • $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$

- 4.1 Calculer le flux surfacique moyen absorbé, c'est-à-dire la puissance absorbée rapportée à l'aire totale de la surface de la planète. Justifier le facteur 4 utilisé.
- 4.2 En déduire la température d'équilibre T_V qu'aurait Vénus sans effet de serre, en kelvins et en degrés Celsius.
- 4.3 La température mesurée au sol est de 737 K : calculer la puissance surfacique rayonnée par le sol vénusien et la comparer au flux de la question 4.1, puis comparer l'effet de serre de Vénus à celui de la Terre (255 K d'équilibre, 288 K en réalité).
- 4.4 Si la couche nuageuse s'amincissait et que l'albédo tombait à $0,70$, quelle serait la nouvelle température d'équilibre ? Commenter l'effet de l'albédo sur le bilan radiatif d'une planète.
- 4.5 La Terre reçoit un flux surfacique de $1\,361 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ et a un albédo $a = 0,30$: calculer le flux surfacique moyen qu'elle absorbe. Bien que Vénus soit plus proche du Soleil, comment expliquer que sa température d'équilibre soit *inférieure* à celle de la Terre ?