# Devoir surveillé – Transferts thermiques : flux, résistance et loi de Newton

Conduction, convection et rayonnement ; flux thermique et résistance thermique d'une paroi ; parois en série et en parallèle ; bilan thermique du système Terre-atmosphère et effet de serre ; loi phénoménologique de Newton et évolution de la température d'un système.

Durée : 120 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Spécialité Physique-Chimie Terminale

Nom : _____ Date : _____ Note : _____ / 20

*Tous les calculs doivent figurer sur la copie. Les résultats seront donnés sous la forme la plus simple possible.*

## Exercice 1 – L'isolation d'une toiture ★★ *(4 pts)*

Une toiture de 68 m$^2$ est isolée par 24 cm de laine de conductivité thermique $\lambda = 0{,}041$ W·m$^{-1}$·K$^{-1}$. On rappelle $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$ ; l'intérieur est à 19,5 °C, l'extérieur à $-3{,}5$ °C ; régime stationnaire ; 1 kWh $= 3{,}6 \times 10^6$ J.

a) Calculer la résistance thermique de l'isolant.

b) Calculer le flux thermique qui traverse la toiture.

c) Calculer l'énergie transférée vers l'extérieur en 30 jours, en joules puis en kilowattheures.

d) Déterminer l'épaisseur de laine qui ramènerait le flux à 200 W dans les mêmes conditions.

## Exercice 2 – Simple ou double vitrage ? ★★ *(4 pts)*

Une baie vitrée de 15,0 m$^2$ est formée de deux vitres de 4,0 mm ($\lambda_{\text{verre}} = 1{,}05$ W·m$^{-1}$·K$^{-1}$) séparées par une lame d'air de 16 mm ($\lambda_{\text{air}} = 0{,}026$ W·m$^{-1}$·K$^{-1}$). On rappelle $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$. Intérieur à 19 °C, extérieur à 2 °C.

a) Calculer la résistance thermique d'une vitre, puis celle de la lame d'air.

b) En déduire la résistance thermique de la baie vitrée, en justifiant l'opération effectuée.

c) Calculer le flux thermique qui la traverse.

d) Calculer le flux qui traverserait une seule vitre de 4,0 mm. Expliquer le rôle de la lame d'air, puis pourquoi un double vitrage réel isole moins bien que ce calcul ne le prévoit.

## Exercice 3 – Au soleil, dans l'espace ★★★ *(4 pts)*

À la distance Terre-Soleil, dans l'espace, une surface placée face au Soleil reçoit 1 361 $\mathrm{W\cdot m^{-2}}$. On étudie des objets de température uniforme, qui émettent dans l'infrarouge comme des corps noirs. Loi de Stefan-Boltzmann : un corps noir de température absolue $T$ émet par unité de surface $p = \sigma T^4$, avec $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}$ $\mathrm{W\cdot m^{-2}\cdot K^{-4}}$.

a) Une sphère noire, de rayon $r$, absorbe tout le rayonnement solaire qu'elle reçoit. Écrire, en régime stationnaire, l'égalité entre puissance absorbée et puissance émise, puis calculer sa température.

b) On peint la sphère en blanc : elle renvoie 80 % du rayonnement solaire, mais émet toujours comme un corps noir. Calculer sa nouvelle température.

c) Une plaque noire est placée face au Soleil ; sa face arrière est parfaitement isolée, si bien qu'elle ne rayonne que par sa face avant. Calculer sa température.

d) La puissance reçue par unité de surface varie comme l'inverse du carré de la distance au Soleil. À quelle distance du Soleil, exprimée en multiple de la distance Terre-Soleil, la sphère noire serait-elle à 273 K ?

## Exercice 4 – Le refroidissement d'une sonde ★★ *(4 pts)*

Une sonde en acier de masse 0,140 kg, de capacité thermique massique $c = 470$ $\mathrm{J\cdot kg^{-1}\cdot K^{-1}}$ et de surface $S = 1{,}20 \times 10^{-2}$ $\mathrm{m^2}$, chauffée à 210 °C, refroidit ensuite dans l'air à 25 °C, avec $h = 32$ $\mathrm{W\cdot m^{-2}\cdot K^{-1}}$ ; sa température est supposée uniforme. Loi de Newton : le flux cédé à l'air vaut $\Phi = hS\,(T - T_{ext})$.

a) Établir l'équation différentielle vérifiée par la température $T(t)$ de la sonde.

b) Exprimer puis calculer la constante de temps du refroidissement.

c) Sachant que $T(t) = T_{ext} + (T_0 - T_{ext})\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$, calculer la température de la sonde au bout de 4,0 min.

d) Déterminer l'instant où la sonde atteint 60 °C. Expliquer pourquoi on ne pouvait pas obtenir ce résultat par proportionnalité à partir de la question précédente.

## Exercice 5 – Une bouteille qui se réchauffe ★★★ *(4 pts)*

Une bouteille de boisson de capacité thermique $C = 1{,}05 \times 10^{3}$ $\mathrm{J\cdot K^{-1}}$ échange avec l'air selon la loi de Newton, avec $hS = 0{,}42$ $\mathrm{W\cdot K^{-1}}$. Sortie du réfrigérateur à 8,0 °C, elle est posée dans une pièce à 23,0 °C. On admet que $T(t) = T_{ext} + (T_0 - T_{ext})\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$.

a) Calculer la constante de temps $\tau = \dfrac{C}{hS}$, et le flux reçu par la bouteille à l'instant où on la pose.

b) Calculer sa température au bout de 20,0 min.

c) Déterminer la durée au bout de laquelle elle atteint 18,0 °C.

d) Un élève écrit $T(t) = T_0\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$. Donner deux raisons pour lesquelles cette expression est nécessairement fausse ici.

*Bon courage !*

*Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).*