Randonnée en montagne

Bac S 2017 Polynésie (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Indiquer le sens du transfert thermique à travers le matelas lorsque le randonneur est allongé, puis décrire la conduction thermique à l'échelle microscopique.

Données utiles température du sol : 15 °C ; température de la peau : 33 °C

Un transfert thermique se fait spontanément du corps chaud vers le corps froid. La peau (33 °C) est plus chaude que le sol (15 °C) : l'énergie traverse le matelas du randonneur vers le sol.

À l'échelle microscopique, les entités de la face chaude du matelas sont plus agitées que celles de la face froide. Par chocs et interactions entre voisines, cette agitation thermique se communique de proche en proche à travers la mousse, sans déplacement de matière.

Transfert du **randonneur vers le sol** ; conduction : agitation thermique transmise de proche en proche, sans transport de matière.

PIÈGE
Oublier « sans déplacement de matière » : c'est ce qui distingue la conduction de la convection. Dire que « le froid monte du sol » est faux : seule l'énergie se déplace, du chaud vers le froid.

1.2.1 Parmi les quatre valeurs proposées pour la surface S du randonneur au contact du matelas, choisir celle qui est correctement estimée et justifier.

Données utiles matelas : 193 cm × 62 cm ; valeurs proposées : $0{,}005\ \text{m}^2$; $0{,}05\ \text{m}^2$; $0{,}5\ \text{m}^2$; $5\ \text{m}^2$

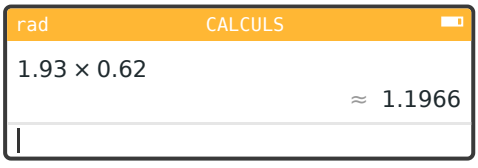
Surface du matelas : $S_{\text{matelas}} = 1{,}93 \times 0{,}62 = 1{,}2\ \text{m}^2$.

La surface de contact est forcément inférieure à celle du matelas : $5\ \text{m}^2$ est exclu. Un corps allongé (environ 1,7 m de long sur 0,3 m de large en contact) couvre une bonne partie du matelas, à peu près la moitié : $0{,}05\ \text{m}^2$ et $0{,}005\ \text{m}^2$ sont beaucoup trop petits.

$S = 0{,}5\ \text{m}^2$

MÉTHODE
Pour choisir un ordre de grandeur, encadrer : ici la surface du matelas donne un majorant, et un rectangle « longueur du corps × largeur en contact » donne l'estimation.

À LA CALCULATRICE



1.2.2 Calculer le flux thermique φ traversant le matelas « Sleepy ».

Données utiles $\lambda = 0{,}03\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $e = 1{,}1$ cm ; $S = 0{,}5\ \text{m}^2$ (1.2.1) ; températures : 33 °C et 15 °C

$\varphi = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$ avec $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$, donc $\varphi = \dfrac{\lambda S \Delta T}{e}$.

Écart de température : $\Delta T = 33 - 15 = 18\ ^\circ\text{C} = 18\ \text{K}$; épaisseur : $e = 1{,}1 \times 10^{-2}$ m.

$$\varphi = \frac{0{,}03 \times 0{,}5 \times 18}{1{,}1 \times 10^{-2}} = 24{,}5\ \text{W}$$

$\varphi \approx 25\ \text{W}$, soit $2 \times 10^1\ \text{W}$ avec un seul chiffre significatif

PIÈGE
Laisser l'épaisseur en centimètres : le flux serait cent fois trop petit. Inutile en revanche de convertir les températures : un écart a la même valeur en °C et en K.

COMPRENDRE
λ et S n'ont qu'un chiffre significatif : le résultat n'est qu'un ordre de grandeur, 2×10^1 W. On garde 24,5 W pour la comparaison qui suit.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.03 \times 0.5 \times (33 - 15)}{1.1 \times 10^{-2}} \approx 24.54545$$

1.2.3 Le flux traversant le matelas « Randy », dans les mêmes conditions, est de 40 W. Quel matelas isole le mieux ? Justifier.

Données utiles $\varphi_{\text{Sleepy}} \approx 25$ W (1.2.2) ; $\varphi_{\text{Randy}} = 40$ W

Pour un même écart de température, le meilleur isolant est celui que traverse le flux thermique le plus faible : le randonneur perd alors moins d'énergie chaque seconde.

$\varphi_{\text{Sleepy}} \approx 25 \text{ W} < \varphi_{\text{Randy}} = 40 \text{ W}$

Le matelas **« Sleepy »** possède les meilleures capacités d'isolation thermique.

COMPRENDRE

Comme $\varphi = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$ avec le même ΔT, un flux plus faible signifie une résistance thermique plus grande : c'est elle qui mesure la qualité de l'isolation.

2.1 Montrer que la hauteur h du précipice et la durée de chute t_C sont liées par $h = \dfrac{1}{2} g\, t_C^2$.

Données utiles axe Oy vertical vers le bas ; à $t = 0$: $y_0 = 0$, pierre lâchée ; frottements négligeables

Système {pierre}, de masse m ; référentiel terrestre supposé galiléen. Sans frottements, la seule force est le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$. Sur l'axe Oy dirigé vers le bas : $a_y = g$.

Comme $a_y = \dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}$: $v_y(t) = g\,t + C_1$. La pierre est lâchée sans vitesse initiale : $v_y(0) = 0$, donc $C_1 = 0$ et $v_y(t) = g\,t$.

Comme $v_y = \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}$: $y(t) = \dfrac{1}{2} g\,t^2 + C_2$. Or $y(0) = y_0 = 0$, donc $C_2 = 0$ et $y(t) = \dfrac{1}{2} g\,t^2$.

La pierre touche le fond à la date t_C, où $y(t_C) = h$:

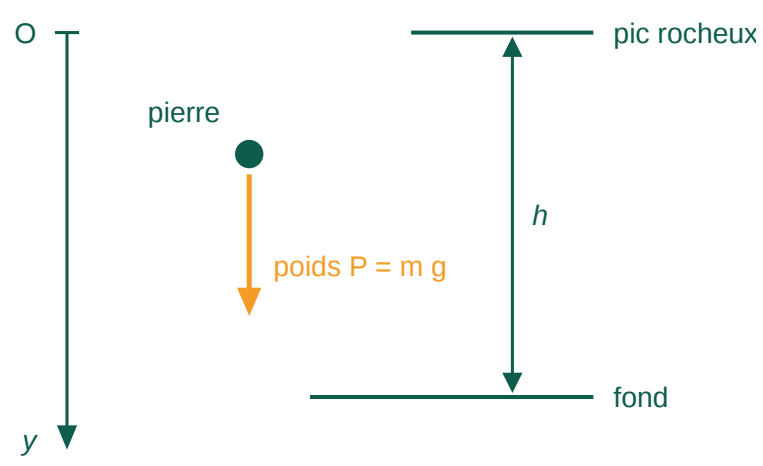
$$h = \frac{1}{2} g\, t_C^2$$

PIÈGE

Écrire $a_y = -g$ par habitude. Ici l'axe pointe vers le bas, comme $\vec{g}$: la projection est positive.

MÉTHODE

Toujours le même enchaînement : système, référentiel, bilan des forces, deuxième loi, projection, puis deux primitives. Chaque constante se détermine aussitôt avec la condition initiale correspondante.



2.1 · Chute de la pierre : axe, force et hauteur

2.2.1 En négligeant la durée de propagation du son, estimer la hauteur h du précipice.

Données utiles durée mesurée : 5,2 s ; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

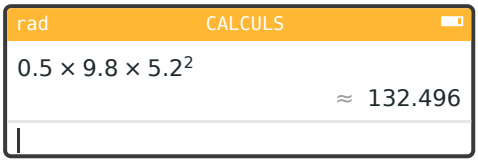
Si le son arrive instantanément, la durée mesurée est la durée de chute : $t_C = 5{,}2$ s.

$$h = \frac{1}{2}\,g\,t_C^2 = \frac{1}{2}\times 9{,}8\times 5{,}2^2 = 132\ \text{m}$$

$h = 1{,}3\times 10^2$ m

COMPRENDRE
g et la durée ont deux chiffres significatifs : le résultat aussi, d'où l'écriture $1{,}3\times 10^2$ m plutôt que 132 m.

À LA CALCULATRICE



2.2.2 L'hypothèse de la question 2.2.1 est-elle justifiée ? Justifier par une application numérique. Avec cette hypothèse, la hauteur calculée est-elle plus grande ou plus petite que la hauteur réelle ?

Données utiles $v_{\text{son}} = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $h = 132$ m (2.2.1) ; durée mesurée : 5,2 s

Durée mise par le son pour remonter le précipice :

$$\Delta t_{\text{son}} = \frac{h}{v_{\text{son}}} = \frac{132}{340} = 0{,}39\ \text{s}$$

Cela représente $\dfrac{0{,}39}{5{,}2} \approx 7{,}5\ \%$ de la durée mesurée, soit plusieurs fois la précision du chronométrage (0,1 s) : l'hypothèse n'est pas justifiée.

La durée mesurée est la somme de la durée de chute et de celle du retour du son : la chute dure en réalité moins de 5,2 s, environ $5{,}2 - 0{,}39 = 4{,}8$ s. Comme h augmente avec t_C, la hauteur calculée est surestimée : avec 4,8 s, $h_{\text{réelle}} \approx \dfrac{1}{2}\times 9{,}8\times 4{,}8^2 = 1{,}1\times 10^2$ m.

$\Delta t_{\text{son}} = 0{,}39$ s n'est pas négligeable devant 5,2 s ; la hauteur calculée ($1{,}3\times 10^2$ m) est **plus grande** que la hauteur réelle (environ $1{,}1\times 10^2$ m).

PIÈGE
Répondre « négligeable » ou « non » sans calcul : l'énoncé exige une application numérique, et une comparaison chiffrée à la durée mesurée.

COMPRENDRE
Le calcul de Δt_{son} utilise la hauteur surestimée : c'est une approximation suffisante. Le calcul exact, $\sqrt{\dfrac{2h}{g}} + \dfrac{h}{v_{\text{son}}} = 5{,}2$ s, donne $h \approx 1{,}2\times 10^2$ m, toujours inférieure à la valeur trouvée.

À LA CALCULATRICE

