Diagnostic d'une maison

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

1.1 Montrer que l'intensité sonore maximale pour que la maison soit au calme est $I_{max} = 1{,}0 \times 10^{-8}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Données utiles $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; échelle des niveaux sonores : sensation « calme » jusqu'à 40 dB

Sur l'échelle des niveaux sonores, la sensation reste « calme » tant que le niveau ne dépasse pas $L_{max} = 40$ dB.

Le niveau d'intensité sonore est défini par $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$, d'où $I = I_0 \times 10^{L/10}$.

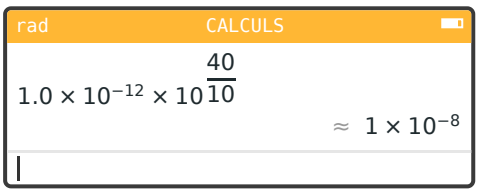
$$I_{max} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{40/10} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{4}$$

$I_{max} = 1{,}0 \times 10^{-8}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, valeur attendue.

PIÈGE
La relation entre L et I n'est pas rappelée dans le sujet : elle est à connaître. Le niveau L est en décibels, l'intensité I en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$: ne pas les confondre.

MÉTHODE
Pour isoler I : diviser par 10, puis appliquer la fonction 10^x, réciproque du logarithme décimal. On obtient $I/I_0 = 10^{L/10}$.

À LA CALCULATRICE



1.2 Déterminer si la distance d entre l'éolienne et la maison est suffisante pour que la maison soit au calme.

Données utiles $P = 0{,}50$ W ; $I = \frac{P}{4\pi d^2}$; $I_{max} = 1{,}0 \times 10^{-8}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ (1.1) ; figure 1 avec son échelle de 500 m

La maison est au calme si $I \leqslant I_{max}$, soit $\frac{P}{4\pi d^2} \leqslant I_{max}$, donc si $d \geqslant d_{min}$ avec :

$$d_{min} = \sqrt{\frac{P}{4\pi\, I_{max}}} = \sqrt{\frac{0{,}50}{4\pi \times 1{,}0 \times 10^{-8}}} = 2{,}0 \times 10^{3}\ \text{m}$$

Mesures sur la figure 1 : le segment éolienne-maison mesure 8,0 cm et l'échelle indique 1,5 cm pour 500 m.

$$d = \frac{8{,}0}{1{,}5} \times 500 = 2{,}7 \times 10^{3}\ \text{m}$$

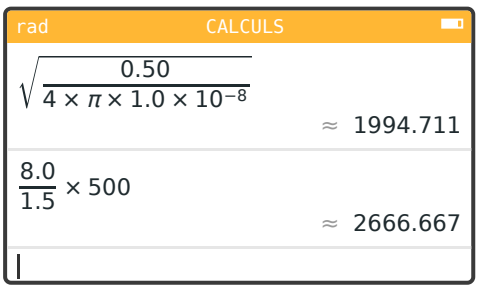
$d = 2{,}7\ \text{km} > d_{min} = 2{,}0\ \text{km}$: la distance est suffisante, la maison reste au calme.

PIÈGE
Oublier la racine carrée, ou conclure sans comparaison chiffrée. Mesurer de croix à croix, pas entre les mots « éolienne » et « maison ».

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme P, I_{max} et les longueurs mesurées à la règle. Les longueurs en cm dépendent de l'impression du sujet ; seul leur rapport compte.

MÉTHODE
Autre démarche possible : calculer l'intensité reçue à 2,7 km, soit $I = 5{,}6 \times 10^{-9}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, et constater qu'elle est inférieure à I_{max} (niveau voisin de 37 dB).

À LA CALCULATRICE



2.1 Associer à chacune des trois propriétés le nom du mode de transfert thermique correspondant.

Propriété 1 (de proche en proche dans un milieu matériel, sans transport de matière) : **conduction**.

Propriété 2 (sans milieu matériel nécessaire, sans transport de matière) : **rayonnement**.

Propriété 3 (déplacement macroscopique de matière dans un fluide) : **convection**.

1 : conduction ; 2 : rayonnement ; 3 : convection.

COMPRENDRE
Le rayonnement est le seul mode qui se propage dans le vide : c'est ainsi que l'énergie du Soleil atteint la Terre. La convection exige un fluide en mouvement.

2.2 Calculer la résistance thermique de la toiture $R_{th(toit)}$ et en déduire que le flux thermique moyen à travers le toit en hiver vaut $\Phi_{toit} = 7{,}1 \times 10^2$ W.

Données utiles $S = 115\ \text{m}^2$; laine de chanvre : $e_1 = 100$ mm, $\lambda_1 = 0{,}042\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; tuile : $e_2 = 40$ mm, $\lambda_2 = 0{,}60\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $T_i = 19\ ^\circ\text{C}$; $T_e = 4{,}0\ ^\circ\text{C}$

La toiture comporte deux couches de même surface S ; leurs résistances thermiques s'ajoutent :

$$R_{th(toit)} = \frac{e_1}{\lambda_1 S} + \frac{e_2}{\lambda_2 S}$$

$$R_{th(toit)} = \frac{100 \times 10^{-3}}{0{,}042 \times 115} + \frac{40 \times 10^{-3}}{0{,}60 \times 115} = 2{,}1 \times 10^{-2}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

Flux thermique à travers le toit : $\Phi_{toit} = \dfrac{T_i - T_e}{R_{th(toit)}}$

$$\Phi_{toit} = \frac{19 - 4{,}0}{2{,}1 \times 10^{-2}} = 7{,}1 \times 10^2\ \text{W}$$

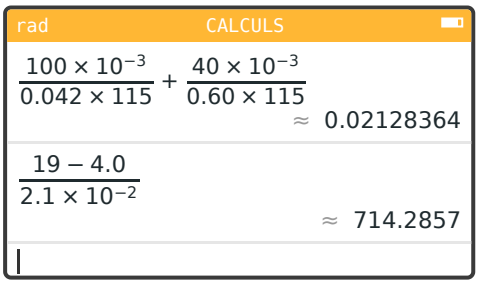
$R_{th(toit)} = 2{,}1 \times 10^{-2}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ et $\Phi_{toit} = 7{,}1 \times 10^2$ W, valeur attendue.

PIÈGE
Les épaisseurs sont données en millimètres : les convertir en mètres. Un écart de température a la même valeur en °C et en K : aucune conversion à faire pour $T_i - T_e$.

COMPRENDRE
La valeur de l'énoncé s'obtient avec $R_{th(toit)}$ arrondie. Sans arrondi intermédiaire, on trouve $7{,}0 \times 10^2$ W : l'écart, de l'ordre de 1 %, reste compatible avec deux chiffres significatifs.

COMPRENDRE
La laine de chanvre assure à elle seule 97 % de la résistance du toit : la tuile, mince et bien plus conductrice, n'isole presque pas.

À LA CALCULATRICE



2.3 En estimant que le chauffage représente 60 % de la consommation d'énergie annuelle, déterminer la classe énergétique de cette maison.

Données utiles $\Phi_{toit} = 7{,}1 \times 10^2$ W (2.2) ; figure 3 : $\Phi_{murs} = 743$ W, $\Phi_{sol} = 66{,}8$ W, $\Phi_{portes+vitres} = 123$ W ; surface habitable $100\ \text{m}^2$; chauffage 120 jours par an ; figure 2 : classes énergétiques

Flux thermique total sortant de la maison :

$$\Phi_{total} = \Phi_{toit} + \Phi_{murs} + \Phi_{sol} + \Phi_{portes+vitres}$$

$$\Phi_{total} = 7{,}1 \times 10^2 + 743 + 66{,}8 + 123 = 1{,}64 \times 10^3 \text{ W}$$

La puissance moyenne du chauffage lui est égale : $P_{ch} = 1{,}64$ kW.

Durée annuelle de chauffage : $\Delta t = 120 \times 24 = 2{,}88 \times 10^3$ h.

Énergie annuelle de chauffage : $E_{ch} = P_{ch} \times \Delta t = 1{,}64 \times 2{,}88 \times 10^3 = 4{,}73 \times 10^3$ kWh.

Le chauffage représente 60 % du total : $E_{tot} = \dfrac{E_{ch}}{0{,}60} = \dfrac{4{,}73 \times 10^3}{0{,}60} = 7{,}9 \times 10^3$ kWh.

Par mètre carré habitable : $\dfrac{E_{tot}}{S_{hab}} = \dfrac{7{,}9 \times 10^3}{100} = 79\ \text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$.

Cette valeur est comprise entre 51 et 90 (figure 2).

Consommation d'environ $79\ \text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$: la maison est en **classe B**.

PIÈGE

Multiplier par 0,60 au lieu de diviser : le chauffage n'est qu'une partie de la consommation totale, qui est donc plus grande. Diviser par la surface habitable ($100\ \text{m}^2$), pas par celle des murs ou du toit.

COMPRENDRE

Question à prise d'initiative : toute démarche cohérente est valorisée. La classe se lit sur la figure 2 du sujet ; les seuils de l'étiquette officielle actuelle sont différents.

MÉTHODE

Travailler en kW et en heures donne directement des kWh, unité de l'étiquette : la conversion en joules ($1\ \text{kWh} = 3{,}6 \times 10^6$ J) est alors inutile.

À LA CALCULATRICE

