Solarisation d'une piscine hors sol

Bac 2022 Nouvelle-Calédonie Jour 2 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

A.1 Montrer que le transfert thermique Q_1 reçu par l'eau de la piscine pendant les 12 h d'ensoleillement est proche de 6×10^7 J.

Données utiles $P_{S1} = 170\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; $S = 8{,}0\ \text{m}^2$; $\Delta t = 12\ \text{h}$

La puissance surfacique est une puissance par unité de surface : le bassin reçoit la puissance $P_1 = P_{S1} \times S$.

L'énergie reçue pendant la durée Δt est $Q_1 = P_1 \times \Delta t = P_{S1} \times S \times \Delta t$, avec $\Delta t = 12 \times 3600 = 4{,}32 \times 10^4$ s.

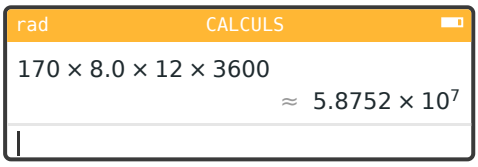
$$Q_1 = 170 \times 8{,}0 \times 4{,}32 \times 10^4 = 5{,}9 \times 10^7\ \text{J}$$

$\boxed{Q_1 = 5{,}9 \times 10^7\ \text{J} \approx 6 \times 10^7\ \text{J}, \text{ valeur attendue.}}$

PIÈGE
Laisser la durée en heures : des watts multipliés par des heures donnent des wattheures, pas des joules. Il faut convertir 12 h en secondes.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $S = 8{,}0\ \text{m}^2$, la donnée la moins précise. La durée « 12 h » fixe le cadre de l'étude et ne limite pas la précision.

À LA CALCULATRICE



A.2 Énoncer le premier principe de la thermodynamique.

Pour un système fermé, macroscopiquement au repos, la variation d'énergie interne entre deux états est égale à la somme du travail W et du transfert thermique Q échangés avec le milieu extérieur.

$\boxed{\Delta U = W + Q}$

COMPRENDRE
W et Q sont algébriques : positifs s'ils sont reçus par le système, négatifs s'ils sont cédés. C'est un bilan de conservation de l'énergie.

A.3 À l'aide de ce principe, déterminer l'augmentation $\Delta\theta_1$ de la température de l'eau de la piscine.

Données utiles $Q_1 = 5{,}9 \times 10^7$ J (A.1) ; $\rho_{eau} = 1000\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $c_{eau} = 4180\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $h = 1{,}3$ m ; $S = 8{,}0\ \text{m}^2$

Système {eau de la piscine}, fermé et au repos. Il ne reçoit aucun travail ($W = 0$) et son seul échange thermique est Q_1 : le premier principe donne $\Delta U = Q_1$.

L'eau est incompressible : $\Delta U = m_{eau}\, c_{eau}\, \Delta\theta_1$, avec $m_{eau} = \rho_{eau} \times V = \rho_{eau} \times h \times S$.

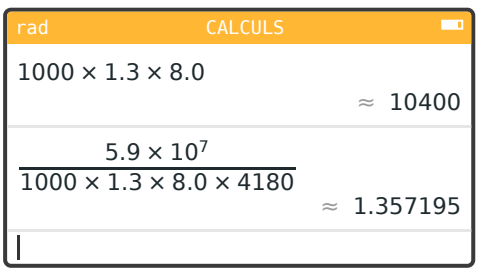
$$\Delta\theta_1 = \frac{Q_1}{\rho_{eau}\, h\, S\, c_{eau}} = \frac{5{,}9 \times 10^7}{1000 \times 1{,}3 \times 8{,}0 \times 4180}$$

$\boxed{\Delta\theta_1 = 1{,}4\ ^\circ\text{C}}$

COMPRENDRE
Un écart de température a la même valeur en kelvins et en degrés Celsius : inutile d'ajouter 273,15. La masse d'eau est de 10 400 kg, d'où un échauffement modeste.

MÉTHODE
Échauffement d'un liquide : 1) définir le système ; 2) premier principe avec $W = 0$; 3) $\Delta U = m\, c\, \Delta\theta$; 4) isoler la grandeur cherchée avant de passer aux valeurs.

À LA CALCULATRICE



A.4 En fin de journée l'eau est à environ 24 °C et, la nuit, l'air ambiant descend vers 15 °C. Justifier que l'eau de la piscine se refroidit au cours de la nuit.

Un transfert thermique se fait spontanément du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. Ici $\theta_{eau} = 24\ ^\circ\text{C} > \theta_{air} = 15\ ^\circ\text{C}$: l'eau cède de l'énergie à l'air.

Pour le système {eau}, $Q < 0$ et $W = 0$, donc $\Delta U = Q < 0$: son énergie interne diminue.

L'eau cède de l'énergie thermique à l'air, plus froid : sa température baisse pendant la nuit.

COMPRENDRE
Le transfert se poursuit tant qu'un écart de température existe ; il s'arrêterait à l'équilibre thermique, lorsque l'eau et l'air sont à la même température.

A.5 Proposer une solution simple pour éviter les déperditions thermiques.

Recouvrir le bassin d'une bâche isolante pendant la nuit : elle limite les échanges thermiques entre l'eau et l'air.

COMPRENDRE
La surface libre est la principale zone d'échange avec l'air, notamment par évaporation.

B.1 Identifier le mode de transfert thermique qui explique que le matériau des tapis se réchauffe, puis celui qui explique que l'eau qui circule dans les tapis se réchauffe.

Le matériau des tapis, de couleur noire, absorbe le rayonnement solaire : il s'échauffe par **rayonnement**.

L'eau est en contact avec la paroi des tuyaux, plus chaude qu'elle : l'énergie traverse la paroi et lui est transmise par **conduction**.

Tapis : rayonnement. Eau dans les tuyaux : conduction, au contact de la paroi chaude.

PIÈGE
Citer la convection pour le tapis. Elle suppose un fluide en mouvement : elle intervient seulement ensuite, quand l'eau qui circule emporte l'énergie vers le bassin.

COMPRENDRE
Le rayonnement est le seul mode qui se propage dans le vide, donc le seul possible entre le Soleil et la Terre. La conduction exige un contact, sans déplacement de matière.

B.2 Déterminer la puissance thermique incidente P_i du rayonnement solaire qui arrive sur un seul tapis.

Données utiles $P_{S1} = 170\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; tapis carré de côté $a = 1{,}2$ m

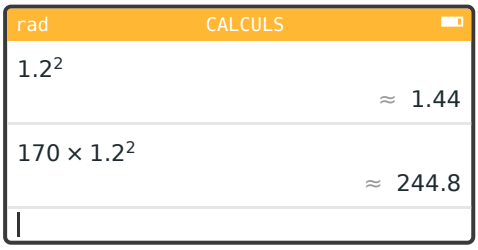
Surface d'un tapis : $S_t = a^2 = 1{,}2^2 = 1{,}44\ \text{m}^2$.

$$P_i = P_{S1} \times S_t = 170 \times 1{,}44$$

$P_i = 2{,}4 \times 10^2$ W (valeur non arrondie : 245 W)

PIÈGE
Utiliser la surface du bassin, $8{,}0\ \text{m}^2$, au lieu de celle du tapis, ou oublier d'élever le côté au carré.

À LA CALCULATRICE



B.3 Déterminer la puissance thermique P_u fournie par ce tapis à l'eau.

Données utiles $\eta = 0{,}21$; $P_i = 245$ W (B.2, valeur non arrondie)

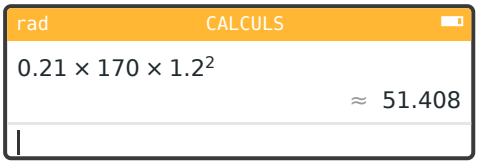
Par définition du rendement, $\eta = \dfrac{P_u}{P_i}$, donc $P_u = \eta \times P_i$.

$$P_u = 0{,}21 \times 245$$

$$\boxed{P_u = 51 \text{ W}}$$

MÉTHODE
Dans un calcul enchaîné, reprendre la valeur non arrondie de la question précédente et n'arrondir que le résultat final.

À LA CALCULATRICE



B.4 La saison dure 3 mois, avec 12 h de chauffage solaire par jour, et un tapis coûte 20 euros. Indiquer si l'achat des tapis recommandés est amorti en fin de saison, par comparaison avec le coût d'un chauffage électrique.

Données utiles $P_u = 51$ W (B.3) ; $h = 1{,}3$ m ; $S = 8{,}0$ m^2 ; 1 kWh coûte 0,16 euro ; tableau du nombre de tapis recommandé

Nombre de tapis. $V = h \times S = 1{,}3 \times 8{,}0 = 10{,}4$ m^3. Comme $8 \leq V \leq 12$, le tableau recommande 3 tapis : l'investissement est de $3 \times 20 = 60$ euros.

Énergie fournie à l'eau en une saison. En prenant 3 mois de 30 jours : $\Delta t = 3 \times 30 \times 12 = 1080$ h. Les trois tapis fournissent la puissance $3\,P_u$:

$$E = 3\,P_u \times \Delta t = 3 \times 0{,}0514 \times 1080 = 1{,}7 \times 10^2 \text{ kWh}$$

Coût avec un chauffage électrique. En supposant que le chauffage électrique transmet à l'eau toute l'énergie qu'il consomme, il faudrait payer $167 \times 0{,}16 = 27$ euros.

$27 \text{ euros} < 60 \text{ euros}$: l'achat des tapis n'est pas amorti en une saison ; il le sera au cours de la troisième ($60 \div 27 \approx 2{,}3$).

PIÈGE
Raisonner avec un seul tapis, ou comparer des joules à des euros. Les hypothèses (mois de 30 jours, chauffage électrique sans pertes) doivent être écrites : la démarche est évaluée.

MÉTHODE
Pour une énergie en kWh, multiplier directement des kilowatts par des heures : on évite le détour par les joules et la conversion $1 \text{ kWh} = 3{,}6 \times 10^6$ J.

À LA CALCULATRICE

