Fiche N°4-3-3
Énergie
Thermique

Transfert de Chaleur

1.1. Citer les trois modes de transfert thermique.

1.2. On chauffe l'eau du ballon de 15 °C à 65 °C (on néglige les pertes) :
- Calculer la durée nécessaire pour chauffer l'eau du ballon.
- Vérifier que la valeur de cette durée est cohérente avec les caractéristiques fournies pour le ballon par le fabriquant.

1.3. Perte d'énergie du ballon d'eau chaude

1.3.1. Montrer que le flux thermique à travers les parois du ballon entre l'eau du ballon à 65 °C et l'air extérieur à 20 °C a pour valeur Φ = 67 W.
1.3.2. En déduire la valeur de l'énergie perdue par le ballon en une journée. Exprimer le résultat en Wh.

1.4. En utilisant le résultat précédent, évaluer le coefficient de refroidissement Cr du ballon d'eau chaude sanitaire étudié. Le résultat est-il cohérent avec la donnée du fabriquant ?

1.5. La réglementation thermique RT2012 est-elle respectée pour ce ballon ?

1. Respect de la réglementation

1.1. Les trois modes de transferts thermiques sont **conduction, convection et rayonnement**.

1.2. La durée de chauffage se calcule à partir de la relation $E = P.\Delta t \Leftrightarrow \Delta t = \frac{E}{P}$ où P est la puissance du cumulus électrique et E l'énergie nécessaire pour chauffer les 200 L d'eau de 15°C à 65°C.
Cette énergie E est égale à la variation d'énergie interne de l'eau ΔU :
$E = \Delta U = m_{eau}.c_{eau}.\Delta T = \rho_{eau}.V_{eau}.c_{eau}.\Delta T$

Ainsi $\boxed{\Delta t = \frac{\rho_{eau}.V_{eau}.c_{eau}.\Delta T}{P}}$ (avec V_{eau} en m^3 car ρ_{eau} en kg.m^{-3})

$$\Delta t = \frac{1000 \times 200 \times 10^{-3} \times 4180 \times (65-15)}{2200} = 19000 \text{ s} = 5{,}28 \text{ h} = 5 \text{ h } 17 \text{ min}$$

On retrouve la même durée que celle indiquée pour le « temps de chauffe » par le fabriquant.

1.3.1. D'après l'énoncé : $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$ avec $R_{th} = \frac{e}{\lambda.S}$ donc $\boxed{\Phi = \frac{\Delta T.\lambda.S}{e}}$

$$\Phi = \frac{(65-20) \times 0{,}036 \times 2{,}9}{70 \times 10^{-3}} = 67 \text{ W}$$

On retrouve bien la valeur attendue.

1.3.2. Par définition du flux thermique (rappelée en français dans l'énoncé) : $\Phi = \frac{E_{transférée}}{\Delta t}$

Donc $\boxed{E_{transférée} = \Phi.\Delta t}$

En conservant la puissance en W et la durée en h, on obtient directement l'énergie en Wh :
$E_{transférée} = 67 \times 24 = 1{,}6 \times 10^3 \text{Wh}$

1.4. D'après la définition de la constante de refroidissement donnée dans l'énoncé (et son unité), il faut calculer l'énergie perdue (en Wh) par jour pour un volume de **1 L** d'eau et une différence de température de **1 K**, sachant qu'il y a proportionnalité entre l'énergie perdue et le volume d'eau ainsi qu'entre l'énergie perdue et la différence de température.

Transfert de Chaleur

D'après le résultat de la question 1.3.2., l'énergie perdue par jour pour **200 L** d'eau et une différence de température de 65-20=**45 K** est 1,6 x 10^3 Wh.
Ainsi l'énergie perdue par jour pour **1 L** d'eau et une différence de température de **1 K** est : $Cr = \frac{1{,}6 \times 10^3}{200 \times 45} = 0{,}18$ Wh.jour^{-1}.K^{-1}.L^{-1}.
Ce résultat est cohérent avec l'indication du fabriquant (exactement la même valeur)

1.5. D'après la règlementation, *Cr* doit être inférieure ou égale à $2 \times V^{\alpha}$ avec $\alpha = -0{,}4$.
$Cr(\max) = 2 \times 200^{-0.4} = 0{,}24$ Wh.jour^{-1}.K^{-1}.L^{-1}
La constante de refroidissement du ballon étudiée est inférieure à cette valeur limite donc le ballon respecte la réglementation RT2012.

Données :

- La loi de Wien permet de déterminer la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission d'un corps incandescent à partir de sa température de surface selon la formule :
  $\lambda_{max} \,.\, T = 2{,}898 \times 10^{-3}$ m.K (on rappelle que 0 °C = 273 K).

2.1. Vérifier que la plage spectrale de la caméra permet de mesurer la température de sortie du ballon.

2.2. Estimer une valeur approchée de la température à la sortie du ballon en justifiant la méthode utilisée.

2.3. Sur la photographie en niveaux de gris, chaque pixel est codé sur 8 bits. Calculer, en octets, la taille de cette image. Quelle serait la taille de cette même image si elle était en couleur ?

2.4. La caméra est équipée d'un dispositif de stockage externe (carte SD) de capacité 2 Gbit. Combien d'images en couleurs peut-il stocker ?

Ce résultat est-il cohérent avec les caractéristiques techniques de la caméra données par le constructeur ?

2. Mesure de température par rayonnement

2.1. La température de sortie attendue de l'eau à la sortie du ballon est 65°C ; d'après la loi de Wien, cette température correspond à une longueur d'onde (au maximum d'émissivité) de :

$$\lambda_{max} . T = 2{,}898 \times 10^{-3} \Leftrightarrow \boxed{\lambda_{max} = \frac{2{,}898 \times 10^{-3}}{T}}$$

$$\lambda_{max} = \frac{2{,}898 \times 10^{-3}}{(65 + 273)} = 8{,}57 \times 10^{-6}\text{m} = 8{,}57\ \mu\text{m}$$

Cette valeur est bien incluse dans la plage spectrale du détecteur (7,5 µm – 13 µm).

2.2. Sur la photo, la teinte du tuyau de sortie d'eau chaude est quasiment blanche ce qui correspond à une température proche des 65°C attendus d'après l'échelle de teintes donnée.
Remarque *: le sujet demandait d'estimer une valeur approchée de la température : il était donc inutile de chercher à faire un rapport d'échelle sur l'échelle de teintes.*

Transfert de Chaleur

2.3. Chaque photo possède 120 x 120 pixels, chacun occupant 8 bits soit 1 octet donc la taille numérique de chaque image est : $TN(1\ \text{image}) = 120 \times 120 = 14400$ octets.

Remarque *: le sujet fait la confusion classique entre définition et résolution d'une image.*

En couleur, chaque pixel occupe 3 octets (1 par composante RVB) donc chaque image occuperait $3 \times 14400 = 43200$ octets.

2.4. Chaque image couleur occupe 43200 octet soit $43200 \times 8 = 345600$ bits

La carte mémoire de capacité 2 Gbit peut donc stocker $\frac{2 \times 10^9}{345600} = 5787$ images

Ce résultat est du même ordre de grandeur que les 5000 images indiqué mais est tout de même 16 % au-dessus.