6 Interpréter des transferts thermiques

Un radiateur est installé dans une chambre. Lorsque la température θ_c de l'air de la chambre atteint 19 °C, le thermostat du radiateur arrête le chauffage. Sa température θ_r est alors égale à 60 °C.

a. Définir les différents systèmes.

b. Quel est le type de transfert thermique entre les systèmes définis ?

c. Dans quel sens s'établit le transfert thermique entre les systèmes définis ?

7 Définir le type de transfert thermique

Un morceau de cuivre, pris à température ambiante $\theta_a = 20$ °C, est chauffé à $\theta_c = 90$ °C.

a. Quel est le type de transfert thermique à l'intérieur du morceau de cuivre ?

b. Calculer la variation d'énergie interne du morceau de cuivre.

Capacité thermique du morceau de cuivre $C_{Cu} = 173{,}7\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}$.

8 Exploiter la relation du flux thermique

a. Quel est le flux thermique à travers un simple vitrage dont la surface a une aire $S = 2{,}0\ \text{m}^2$, d'épaisseur $e = 5{,}0$ mm, lorsqu'il fait 0,0 °C à l'extérieur et 20 °C à l'intérieur ?

b. Quel est le flux thermique à travers un mur de béton dont la surface a une aire $S = 20\ \text{m}^2$, d'épaisseur $e = 20$ cm lorsqu'il fait 0 °C à l'extérieur et 20 °C à l'intérieur ?

Conductivités thermiques (en $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) du verre $\lambda_{verre} = 1{,}2$ et du béton utilisé $\lambda_{béton} = 1{,}4$.

9 Calculer une résistance thermique

a. Calculer la résistance thermique d'un mur de brique dont la surface a une aire $S = 15\ \text{m}^2$ et d'épaisseur $e = 10$ cm.

b. Calculer la résistance thermique d'un mur de même aire, composé de 10 cm de brique, 30 cm de parpaing et 2,0 cm de plâtre.

Conductivités thermiques (en $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) :
$\lambda_{brique} = 0{,}67$; $\lambda_{plâtre} = 0{,}8$; $\lambda_{parpaing} = 1{,}15$.

COMPÉTENCES GÉNÉRALES

10 Effectuer un calcul

Un ballon de baudruche est gonflé à l'hélium gazeux. Il est lâché dans une chambre où la température est $\theta = 20$ °C. La pression dans le ballon est $P = 1{,}02 \times 10^5$ Pa. Le diamètre du ballon de baudruche, assimilé à une sphère, est $D = 20$ cm.

a. Quelle est la température du gaz dans le ballon à l'équilibre thermique ?

b. Calculer le volume du ballon.

c. Sachant que le volume d'une mole d'hélium gazeux dans les conditions de l'expérience est $V = 24$ L, déduire la quantité de matière d'hélium puis le nombre d'atomes d'hélium dans le ballon.

Donnée : le volume d'une sphère de rayon r est $\frac{4}{3}\pi r^3$.

11 Effectuer un raisonnement scientifique

Pour préparer un apéritif en plein air, Rosa et Hugo cherchent une astuce pour conserver les glaçons le plus longtemps possible une fois sortis du réfrigérateur.
Rosa propose à Hugo d'entourer les glaçons dans une écharpe en laine. Hugo pense au contraire que les glaçons vont se réchauffer plus vite si on les met dans une écharpe en laine et qu'il vaut mieux les laisser à l'air libre.
Qui a raison ? Justifier la réponse.

12 Comparer un résultat

a. Calculer l'énergie nécessaire pour chauffer, par transfert thermique, 200 litres d'eau d'un bain, de 15 °C à 37 °C.

b. Combien de temps une ampoule de 60 W peut-elle briller avec cette énergie ?

c. Que peut-on en conclure au sujet des économies d'énergie ?

Données : masse volumique de l'eau $\rho_{eau} = 10^3\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; capacité thermique de l'eau $C_{eau} = m \times 4180\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}$.

13 Effectuer un calcul

Le flux thermique par conduction à travers un mur dont la surface a une aire $S = 20\ \text{m}^2$ et d'épaisseur $e = 20$ cm, vaut $\Phi = 210$ W. La température d'un côté de ce mur est $\theta_1 = 22$ °C et la température de l'autre côté est $\theta_2 = 8{,}0$ °C.

a. Calculer la conductivité thermique λ_{mur} du matériau constituant le mur.

b. Quel est le matériau composant ce mur ?

Conductivités thermiques (en $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) :
$\lambda_{bois\ de\ sapin} = 0{,}15$; $\lambda_{placoplâtre} = 0{,}46$; $\lambda_{béton} = 1{,}4$.

14 Restituer ses connaissances

On considère un système condensé fermé de capacité thermique C qui reçoit un transfert mécanique $\mathcal{W}$ et un transfert thermique Q de l'extérieur. Sa température varie de ΔT.

a. Qu'est-ce qu'un système condensé fermé ?

b. Effectuer un bilan énergétique de ce système condensé fermé.

c. Exprimer la variation d'énergie interne de ce système en fonction des données de l'exercice.

d. Désormais, le système n'échange plus d'énergie, ni par transfert mécanique ni par transfert thermique, avec l'extérieur.
En déduire la valeur de la variation de température ΔT. Conclure.

18 Douche solaire

Compétences générales *Réaliser et exploiter un graphique*

On s'intéresse au fonctionnement d'une douche solaire que l'on peut trouver dans les campings en plein air. Elle permet de prendre une douche chaude lorsque l'ensoleillement est suffisant. Les informations suivantes sont relatives à une douche solaire contenant 20 kg d'eau.

Douche solaire au camping.

1. Principe de la douche solaire

a. Citer le mode de transfert thermique impliqué dans le chauffage de l'eau d'une douche solaire.

b. Tracer la courbe de la température de l'eau de la douche solaire en fonction du temps.

θ (°C)	15	20	25	30	35	40	42	44
Temps (h)	0	0,15	0,30	0,70	1,6	3,0	4,0	6,0

2. Fonctionnement de la douche solaire

a. Indiquer la température de l'eau lors de la mise en fonctionnement de la douche solaire, puis après 5 h et 30 min au soleil.

b. Calculer l'énergie absorbée par les 20 kg d'eau après avoir passé 5 h et 30 min au soleil.

Donnée : capacité thermique de l'eau de la douche solaire pleine $C = 8{,}36 \times 10^4\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}$.

19 Radiateur et transfert thermique

Compétence générale *Effectuer un calcul*

On considère un radiateur de puissance électrique $P = 1800$ W. Le volume d'eau contenu dans ce radiateur est de 15 L.

a. Calculer la variation d'énergie interne du système {eau + radiateur} lors de l'élévation de la température de $\theta_1 = 18\ °\text{C}$ à $\theta_2 = 23\ °\text{C}$.

b. On suppose que toute l'énergie électrique est convertie en transfert thermique.
Calculer la durée Δt de fonctionnement de ce radiateur pour passer de 18 °C à 23 °C. Exprimer ce résultat en secondes.

Donnée
Capacité thermique du système : $C_{\text{système}} = 8{,}9 \times 10^4\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}$.

20 Le lac Léman

Compétence générale *Effectuer un calcul*

En 1891, le lac Léman en Suisse a gelé sur une épaisseur $e = 1{,}0$ cm sur toute l'aire de sa surface $S = 580\ \text{km}^2$.

a. Calculer la masse de glace formée.

b. Sachant qu'un kilogramme de glace a besoin de 335 kJ pour fondre, quelle est l'énergie nécessaire pour faire fondre toute cette glace, l'eau du lac restant à 0 °C ?

c. La puissance surfacique du rayonnement solaire est $\frac{P}{S} = 340\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. Le lac absorbe 10 % du rayonnement solaire. Quel est le temps nécessaire à la « débâcle » (fonte totale de la glace) ?

d. Quel serait le coût de cette énergie si elle était facturée à 10 centimes d'euros le kWh ?

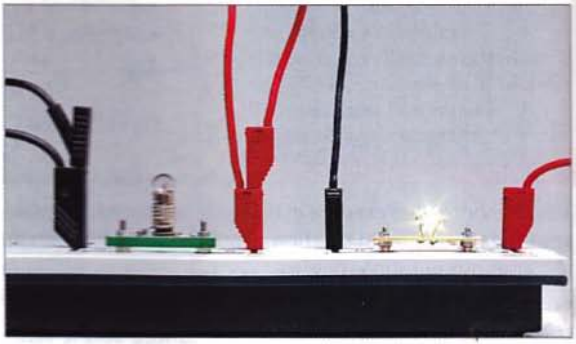
Masses volumiques (en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) : $\rho_{\text{glace}} = 917$, $\rho_{\text{eau}} = 10^3$.

Le lac Léman gelé en 1891.

21 Diode et énergie

Compétence générale *Restituer ses connaissances*

La photographie ci-dessous montre le montage d'une diode électroluminescente (DEL) et d'une ampoule à filament de tungstène, alimentées par un générateur électrique délivrant la même énergie à chaque lampe (même puissance P).



a. Sous quelle forme est convertie l'énergie électrique reçue par la diode électroluminescente ?

b. Sous quelle forme est convertie l'énergie électrique reçue par l'ampoule à filament de tungstène ?

c. Expliquer pourquoi les ampoules à filament de tungstène sont aujourd'hui retirées du marché pour être remplacées progressivement par, notamment, des diodes électroluminescentes ?

d. À l'aide d'une recherche si nécessaire, expliciter les principaux avantages et inconvénients des diodes électroluminescentes, des ampoules fluo-compactes et des ampoules halogène « haute-efficacité » qui remplacent aujourd'hui les ampoules à filament de tungstène pour éclairer nos habitations.

22 ✱ Freinage d'urgence et énergie interne

Compétence générale *Effectuer un raisonnement scientifique*

On étudie l'augmentation de température des plaquettes de frein d'une moto lors d'un freinage brutal. La masse totale de la moto et de son conducteur est de 160 kg. La vitesse en début de freinage est de 36 $km \cdot h^{-1}$.

a. Calculer, en joule, l'énergie cinétique $\mathscr{E}_c$ que possède la moto avant de freiner.

b. Au cours du freinage, on admet que toute l'énergie cinétique $\mathscr{E}_c$ de la moto est transférée thermiquement aux freins, en particulier aux plaquettes de frein. Elles sont en céramique de carbone de capacité thermique $C = 39\ J \cdot K^{-1}$.

Calculer l'augmentation de température des plaquettes.

c. Préciser si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses :
– lors du freinage, l'énergie cinétique de la moto se conserve ;
– lors du freinage, l'énergie cinétique de la moto diminue ;
– lors du freinage, le mode de transfert de l'énergie cinétique de la moto est dû à un travail mécanique.

23 ✱ Résistance thermique

Compétence générale *Effectuer un raisonnement scientifique*

On considère une tige en aluminium de longueur $L = 50$ cm, de section $S = 2{,}0\ cm^2$. Cette tige, enrobée par un isolant supposé parfait, a ses extrémités maintenues respectivement à 80 °C et 0 °C.

a. Rappeler l'analogie conduisant à la définition de la résistance thermique R_{th} à partir de celle de la résistance électrique $R_{élec}$.

b. La résistance $R_{élec}$ d'un fil conducteur est proportionnelle à sa longueur L et inversement proportionnelle à sa section S. Le coefficient de proportionnalité est l'inverse de la conductivité électrique γ du matériau.

Écrire la relation donnant $R_{élec}$.

c. Donner la définition de la résistance thermique et compléter l'analogie de la question **a.**

d. Déterminer R_{th} et $R_{élec}$ du dispositif.

e. Calculer le flux thermique à travers la tige.

Données pour l'aluminium :
– conductivité thermique $\lambda = 239\ W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$;
– conductivité électrique $\gamma = 3{,}3 \times 10^7\ \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$.

24 Science in English

Everybody likes a nice hot cup of coffee. The problem is when you put sugar into your cup, you cool down your coffee. The sugar's temperature is something like 20 °C, your coffee's temperature is 50 °C. Let's try to find a solution to this problem. You can decide to let your sugar fall down into your cup from a height h.

1. Première phase : la chute

En considérant que l'énergie mécanique du sucre se conserve, déterminer l'expression de l'énergie cinétique $\mathscr{E}_c$ du sucre lorsqu'il va toucher le café.

2. Deuxième phase : l'impact

a. En supposant que l'énergie cinétique du sucre est intégralement transférée thermiquement à celui-ci au moment de l'impact avec le café, calculer la variation d'énergie interne du sucre lors de cet impact.

b. En déduire la hauteur nécessaire pour que le sucre ne refroidisse pas le café, sans tenir compte de l'échange d'énergie dû à la dissolution du sucre.

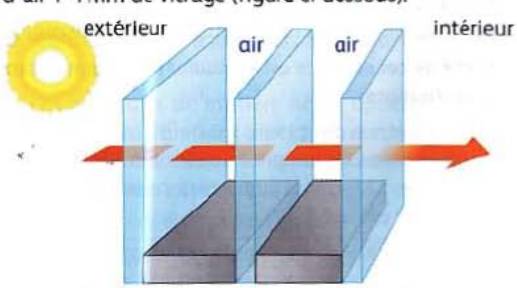
c. Commenter le résultat et critiquer les hypothèses des deux phases.

Données : $g = 9{,}81\ m \cdot s^{-2}$; $C_{sugar} = 2{,}5\ J \cdot K^{-1}$; $m_{sugar} = 5{,}0$ g.

25 ✱ Isolation simple, double, triple vitrages

Compétence générale *Effectuer un calcul*

L'objectif de cet exercice est de réaliser une étude comparée des fenêtres à multivitrages. La température de la pièce à isoler est de $\theta_{pièce} = 20°$ C, tandis que la température extérieure est $\theta_{ext} = -5$ °C. Les configurations de vitrage les plus connues sont celles du simple, du double et du triple vitrage. Dans cet exercice, les fenêtres utilisées dans les différentes configurations sont identiques.
– Dans la configuration A, on considère une fenêtre constituée d'un simple vitrage de 4 mm de verre.
– La configuration B est plus moderne et propose un double vitrage composé de la sorte : 4 mm de vitrage + 12 mm d'air + 4 mm de vitrage.
– La configuration C est un triple vitrage composé de la sorte : 4 mm de vitrage + 12 mm d'air + 4 mm de vitrage + 12 mm d'air + 4 mm de vitrage (figure ci-dessous).



a. Calculer la résistance thermique et le flux thermique de chaque configuration.

b. Quelle est la configuration la plus isolante pour l'habitation ?

Données : conductivités thermiques (en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) du verre $\lambda_{verre} = 1{,}2$; de l'air $\lambda_{air} = 0{,}0262$;
aire de la surface des fenêtres $S = 4\ m^2$.