Corrigés des exercices

Tableau des capacités exigibles par exercice

Capacité exigible	5 minutes chrono	Exercices résolus	Exercices rapides	Appliquer	S'entraîner	Objectif bac et Vers le supérieur
Citer les différentes contributions microscopiques à l'énergie interne d'un système	1			12, 14		
Prévoir le sens d'un transfert thermique	3	8, 9, 24		14, 25	28, 29	43
Distinguer, dans un bilan d'énergie, le terme correspondant à la variation d'énergie du système des termes correspondant à des transferts d'énergie entre le système et l'extérieur		9, 24	10	22, 25	29, 34, 35, 38, 40	43
Exploiter l'expression de la variation d'énergie interne d'un système incompressible en fonction de sa capacité thermique et de la variation de sa température pour effectuer un bilan énergétique	2	24	11	12, 13, 14	34, 35, 37, 40	43
Caractériser qualitativement les trois modes de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement	5	26	15, 16	17	30, 31, 32	43, 44
Exploiter la relation entre le flux thermique, résistance thermique et écart de température, l'expression de la résistance thermique étant donnée.	4, 6	8, 26	19	20, 27	28, 36	44
Effectuer un bilan quantitatif d'énergie pour estimer la température terrestre moyenne, la loi de Stefan-Boltzmann étant donnée.					33, 39	
Discuter qualitativement l'influence de l'albédo et de l'effet de serre sur la température terrestre moyenne	7		18	21, 23	39, 42	
Effectuer un bilan d'énergie pour un système incompressible échangeant de l'énergie par un transfert thermique modélisé à l'aide de la loi de Newton fournie. Etablir l'expression de la température du système en fonction du temps.				22	41	
√MESURE ET INCERTITUDES Exploiter une série de mesures, discuter de l'influence du protocole et/ou évaluer une incertitude-type pour comparer des résultats.				13	40	
√MATHS Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants avec un second membre constant.				22	41	

Exercices 1 à 7

Corrigés dans le manuel.

8 Exploiter la relation du flux thermique · APPLICATION

Calcul du flux thermique : $\Phi = \dfrac{T_1 - T_2}{R_{th}}$.

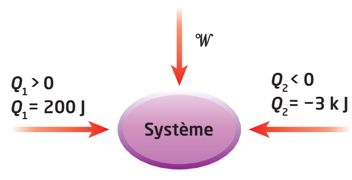
A. N. : $\Phi = \dfrac{(20 - 0)\ \text{K}}{50 \times 10^{-3}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}} = 4 \times 10^3\ \text{W}$.

Calcul du transfert thermique : $Q = \Phi \times \Delta t$.

A. N. : $Q = 4 \times 10^3\ \text{W} \times 24\ \text{h} = 4 \times 10^3\ \text{W} \times 24 \times 3\,600\ \text{s} = 3 \times 10^8\ \text{J}$.

9 Réaliser un bilan d'énergie · APPLICATION

a.



b. D'après le premier principe appliqué au système :

$\Delta \mathscr{U} = Q1 + Q2 + \mathscr{W}$.

Or $\Delta \mathscr{U} = 0$, donc $\mathscr{W} = -Q_1 - Q_2$.

A. N. : $\mathscr{W} = 200\ \text{J} - (-3{,}0 \times 10^3)\ \text{J} = 2{,}8\ \text{kJ}$.

10 GRAND ORAL Présentation réalisée en classe.
Il s'agit de vérifier que les élèves ont bien compris la distinction entre les notions d'énergie totale, d'énergie interne, de travail et de transfert thermique. Cet exercice peut également être l'occasion de vérifier la compréhension de la notation Δ et d'insister sur l'intérêt du choix du système et des états initiaux et finaux.

11 D'après les données, la capacité thermique massique de l'eau est environ deux fois plus grande que celle de l'huile. Or, d'après la formule $\Delta\mathcal{U} = m \times c \times \Delta T$, plus un matériau possède une capacité thermique élevée, plus il est capable de stocker, et donc plus tard restituer, de l'énergie. Il est donc préférable de choisir l'eau dans les installations énergétiques qui ont pour but de transférer de l'énergie.
Cet exercice permet de discuter de la signification physique de la capacité thermique massique afin de donner du sens à cette grandeur.

12 Déterminer une variation d'énergie interne

Corrigé dans le manuel.

13 Calculer une capacité thermique

Corrigé dans le manuel.

14 Évaluer une variation de température

Cet exercice permet de manipuler la formule de la variation d'énergie interne d'un système tout en revenant sur la signification microscopique de l'énergie interne.

a. Lors de l'activation du dispositif, un transfert d'énergie a lieu de la boisson vers le liquide. Ainsi, l'énergie interne de la boisson diminue. Microscopiquement, cela se traduit par une diminution de l'énergie cinétique, donc de la vitesse des molécules présentes dans la boisson.

b. $\Delta T = \dfrac{\Delta\mathcal{U}}{m \times c} = \dfrac{\Delta\mathcal{U}}{\rho \times V \times c}$.

A. N. : $\Delta T = \dfrac{12 \times 10^3 \text{ J}}{1{,}0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} \times 33 \times 10^{-2} \text{ L} \times 4{,}2 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}}$
$= 8{,}7$ K.

La variation de température est significative et la boisson est bien refroidie.

15 GRAND ORAL Présentation réalisée en classe.
Cet exercice est l'occasion de vérifier en début de séance que les connaissances vues au cours d'une séance précédente ont bien été assimilées et de réexpliquer les caractéristiques des différents modes de transferts thermiques si besoin.

16 Cet exercice permet de vérifier que les trois modes de transferts thermiques sont connus et différenciés.

17 Analyser un mode de transfert thermique

Corrigé dans le manuel.

18 GRAND ORAL Présentation réalisée en classe.
Cette présentation doit permettre de faire le lien entre le flux solaire absorbé par le système {Terre ; atmosphère} et la température moyenne de la surface terrestre en s'appuyant sur des valeurs chiffrées d'albédo.

19 Cet exercice permet de faire une première application numérique de flux et de résistance thermique, en insistant sur les unités des différentes grandeurs. La connaissance du lien entre résistance thermique d'une paroi et flux à travers cette dernière n'est pas exigible et apparaît par conséquent dans les données p. 372 du manuel.

$\Phi = \dfrac{Q}{\Delta t}$ et $R_{\text{th}} = \dfrac{T_A - T_B}{\Phi}$.

A.N. : $\Phi = \dfrac{36 \times 10^3 \text{ J}}{3\,600 \text{ s}} = 10$ W.

$R_{\text{th}} = \dfrac{(25+273)\text{ K} - (5+273)\text{ K}}{10 \text{ W}} = 2{,}0 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$.

20 Calculer des flux thermiques

Cet exercice permet de réaliser une application numérique de flux à travers une paroi. Il peut être utilisé pour discuter l'égalité entre une variation de température exprimée en °C ou en K.

$\Phi = \dfrac{\theta_i - \theta_e}{R_{\text{th}}}$.

A.N. : $\Phi = \dfrac{(20+273)\text{ K} - (5+273)\text{ K}}{3{,}3 \times 10^{-3} \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}} = 4{,}5 \times 10^3$ W.

$Q = \Phi \times \Delta t$.

A. N. : $Q = 4{,}5 \times 10^3 \text{ W} \times 24 \times 3\,600 \text{ s} = 3{,}9 \times 10^8$ J.

21 Étudier l'effet de serre et l'albédo

S'AUTOÉVALUER

Corrigé dans le manuel.

22 Apprendre à rédiger

Corrigé dans le manuel.

23 Construire une carte mentale

La construction de cette carte mentale permet aux élèves de s'approprier sous un autre format le bilan radiatif réalisé dans l'Activité 3.

24 Bilan énergétique

Corrigé dans le manuel.

25 Bilan énergétique d'un réfrigérateur ·

APPLICATION

Cet exercice est l'occasion de vérifier que la notion de transfert algébrique d'énergie est comprise.

a. Par convention, le travail $\mathcal{W}$ et le transfert thermique Q sont comptés positivement s'ils s'effectuent du milieu extérieur vers le système, et négativement dans le cas contraire. Ici, le système reçoit du travail pour prélever de l'énergie à l'air intérieur et la restituer à l'extérieur. Ainsi, $Q_F > 0$, $Q_C < 0$ et $\mathcal{W}_e > 0$

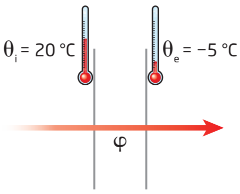
b. D'après le premier principe appliqué sur le système {fluide frigorigène}, $\Delta\mathcal{U} = \mathcal{W}_e + Q_F + Q_C$.
Or, $\Delta\mathcal{U} = 0$. D'où $\mathcal{W}_e = -Q_F - Q_C$.
A.N. : $\mathcal{W}_e = -11{,}8 + 13{,}9 = 2{,}1$ kJ.

26 Confort thermique d'un matelas

Corrigé dans le manuel.

27 Résistance thermique d'une paroi · APPLICATION

a.



b. $R_{th} = \dfrac{\theta_i - \theta_e}{\Phi}$.

A. N. : $R_{th} = \dfrac{(20+273)\ \text{K} - (-5+273)\ \text{K}}{600\ \text{W}} = 4{,}2\times10^{-2}\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$.

28 Chaud ou froid ?

Cet exercice permet de faire la relation entre flux et sensation corporelle, ce qui permet de donner un sens concret à la notion de flux et de résistance thermique.

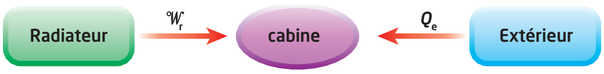
a. Le flux est inversement proportionnel à la résistance thermique. Le flux entre la main et la plaque de verre sera donc 30 fois supérieur à celui entre la main et le plateau en bois.

b. Les deux objets sont à l'équilibre thermique dans la pièce, ils sont tous les deux à la température de 20 °C. La main de l'élève étant à une température supérieure, un transfert spontané d'énergie s'effectue donc de la main vers l'objet dans les deux cas. Le flux entre la main et le verre étant 30 fois plus grand, la perte d'énergie vers le verre est plus rapide et la plaque semble donc plus froide.

29 Bilan d'énergie dans un sauna

Cet exercice permet de s'assurer de la compréhension du caractère algébrique des transferts d'énergie et de sa signification physique.

a. Le système reçoit de l'énergie du radiateur pour compenser les pertes vers l'extérieur. Ainsi, $\mathcal{W}_r > 0$ et $Q_e < 0$.



b. Le premier principe appliqué au système {cabine} donne $\Delta\mathcal{U} = \mathcal{W}_r + Q_e$.

c. A. N. : $\Delta\mathcal{U} = 12\times10^6 - 13\times10^6 = -1\times10^6$ J.
Le radiateur ne permet pas de compenser les pertes énergétiques. En effet, la variation d'énergie interne est négative, ce qui signifie que le système cède de l'énergie.

30 In English please

Cet exercice permet de discuter de l'influence de l'albédo d'une surface dans un autre cadre que l'étude du système {Terre ; atmosphère}.

a. Sur le schéma sont représentés :
– la convection autour du mur (flèches courbes rouges et bleues) ;
– le rayonnement du mur (flèches en vague en partant du mur).
Il y a également des transferts d'énergie par conduction, même s'ils ne sont pas représentés, à la fois dans les vitres et dans le mur lui-même.

b. Les surfaces noires ont un albédo très faible, le rayonnement est alors quasiment intégralement absorbé pour ensuite être diffusé dans la pièce à chauffer.

31 Retour sur la vidéo-débat

Il s'agit ici de vérifier, une fois le cours fait, que les élèves ont bien compris les caractéristiques permettant d'identifier un mode de transfert thermique.
Le fer à repasser transfert de l'énergie par conduction.
Le ventilateur transfert de l'énergie par convection.
La lampe transfert de l'énergie par rayonnement.

32 Glaçons en été

Cet exercice peut être l'occasion de discuter de la modélisation des échanges entre un système et l'extérieur par les différents modes de transferts thermiques simultanément. Ainsi, on peut introduire une résistance thermique pour la conduction, pour la convection et le rayonnement et comparer qualitativement leur valeur dans le cas étudié.
Le glaçon est initialement à une température de 0 °C. Il y a donc un transfert d'énergie spontanée du glaçon vers l'extérieur. Plus le milieu extérieur fournit de l'énergie au glaçon, plus ce transfert est rapide.
Mettre un torchon épais limite l'apport d'énergie de l'extérieur au glaçon par rayonnement et par convection, ce qui permet de le conserver plus longtemps.

33 Température de surface d'une planète

Corrigé dans le manuel.

34 Fonctionnement d'une bouilloire

Il s'agit d'un exercice complet utilisant à la fois le premier principe et la variation d'énergie interne d'un liquide. Cela permet également de discuter de l'hypothèse faite sur la conversion du travail électrique en transfert thermique.

a. En supposant que l'intégralité de l'énergie électrique sert à chauffer l'eau : $Q_1 = P \times \Delta t$.

A. N. : $Q_1 = 1{,}5\times10^3\ \text{W} \times 180\ \text{s} = 2{,}7\times10^5$ J.

b. $\Delta\mathcal{U} = m \times c_{eau} \times \Delta T$.

A. N. : $\Delta\mathcal{U} = 700\times10^{-3}\ \text{kg} \times 4{,}18\times10^3\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1} \times (100-20)\ \text{K}$
$= 2{,}3\times10$ J.

c. Le premier principe appliqué au système {eau} donne $\Delta\mathcal{U} = Q_1 + Q_2$ d'où $Q_2 = \Delta\mathcal{U} - Q_1$.

A. N. : $Q_2 = 2{,}3\times10^5 - 2{,}7\times10^5 = -0{,}4\times10^5$ J.
La valeur est négative, donc le système cède de l'énergie à l'extérieur, ce qui semble cohérent.

35 Valeur en eau d'un calorimètre

Il s'agit d'un exercice classique demandant plus d'aisance calculatoire. Il permet d'introduire les méthodes expérimentales utilisées en calorimétrie et faire avancer la réflexion des élèves sur la façon dont se construisent les modèles : d'abord en partant de l'hypothèse la plus simple, puis en affinant pour faire correspondre au mieux théorie et observations.

a. $\Delta\mathcal{U}_{\text{froide}} = m_1 c_{\text{eau}} \Delta\theta_1 = m_1 c_{\text{eau}}(\theta_f - \theta_1)$.

$\Delta\mathcal{U}_{\text{chaude}} = m_2 c_{\text{eau}} \Delta\theta_2 = m_2 c_{\text{eau}}(\theta_f - \theta_2)$.

$$\Delta\mathcal{U}_{\text{chaude+froide}} = \Delta\mathcal{U}_{\text{froide}} + \Delta\mathcal{U}_{\text{chaude}} = (m_1 + m_2)c_{\text{eau}}\theta_f - m_1 c_{\text{eau}}\theta_1 - m_2 c_{\text{eau}}\theta_2.$$

b. Le système {eau froide ; eau chaude} étant supposé isolé, $\Delta\mathcal{U}_{\text{chaude+froide}} = 0$.

D'où $\theta_f = \dfrac{m_1 c_{\text{eau}}\theta_1 + m_2 c_{\text{eau}}\theta_2}{(m_1+m_2)c_{\text{eau}}} = \dfrac{m_1\theta_1 + m_2\theta_2}{(m_1+m_2)}$.

A. N. : $\theta_f = \dfrac{95\ \text{g} \times 20\ °\text{C} + 71\ \text{g} \times 50\ °\text{C}}{95 + 71\ \text{g}} = 33\ °\text{C}$.

c. La mesure donne une température finale plus faible que celle calculée en supposant le système parfaitement isolé. Cette hypothèse était donc fausse.

d. Le calorimètre est supposé à la température θ_1. Soit le système S : {eau froide ; eau chaude ; calorimètre} supposé isolé. La variation d'énergie interne de S est :

$\Delta\mathcal{U}_s = m_1 c_{\text{eau}}(\theta_f - \theta_1) + m_2 c_{\text{eau}}(\theta_f - \theta_2) + C_{\text{calorimètre}}(\theta_f - \theta_1)$

où $C_{\text{calorimètre}} = \mu c_{\text{eau}}$ par définition.

Alors $C_{\text{calorimètre}} = \dfrac{m_1 c_{\text{eau}}(\theta_1 - \theta_f) + m_2 c_{\text{eau}}(\theta_2 - \theta_f)}{(\theta_f - \theta_1)}$ et

$\mu = \dfrac{C_{\text{calorimètre}}}{c_{\text{eau}}} = \dfrac{m_1(\theta_1 - \theta_f) + m_2(\theta_2 - \theta_f)}{(\theta_f - \theta_1)}$.

A. N. :

$$C_{\text{calorimètre}} = \frac{95 \times 10^{-3}\ \text{kg} \times 4{,}18 \times 10^3\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1} \times (20 - 31{,}3)\ \text{K}}{(31{,}3 - 20)\ \text{K}} + \frac{71 \times 10^{-3}\ \text{kg} \times 4{,}18 \times 10^3\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1} \times (50 - 31{,}3)\ \text{K}}{(31{,}3 - 20)\ \text{K}}.$$

$C_{\text{calorimètre}} = 94\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}$.

$\mu = \dfrac{94\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}}{4{,}18 \times 10^3\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}} = 2{,}2 \times 10^{-2}\ \text{kg} = 22\ \text{g}$.

36 Confort thermique d'un igloo

Il s'agit d'un exercice permettant de tester les élèves sur la compréhension de la notion d'équilibre entre des flux entrant et sortant. Il permet également de faire travailler la manipulation de formule littérale de façon plus poussée.

a. L'expression entre guillemets signifie que le transfert thermique entre un Inuit et l'extérieur est de 0,5 MJ en une heure. Ainsi, le flux thermique entre l'Inuit et l'extérieur est de 0,56 MJ · h⁻¹ soit $\Phi_{\text{Inuit}} = 1{,}4 \times 10^2\ \text{W}$.

b. Pour que l'igloo ne refroidisse pas au cours de la nuit, il faut que le flux thermique généré par les trois Inuits compense les pertes avec l'extérieur soit $\Phi_{\text{pertes}} = 3 \times \Phi_{\text{Inuit}}$. Or, les pertes se font par conduction à travers l'igloo, d'où $\Phi_{\text{pertes}} = \dfrac{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}}}{R_{\text{th}}}$.

Ainsi, $R_{\text{th}} = \dfrac{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}}}{3 \times \Phi_{\text{Inuit}}}$.

A. N. : $R_{\text{th}} = \dfrac{20 - (-40)}{3 \times 1{,}4 \times 10^2} = 1{,}4 \times 10^{-1}\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$.

c. Après manipulation, on trouve $e = R_0\left(\dfrac{1}{1 - 2\pi R_{\text{th}} R_0 \lambda_{\text{th}}} - 1\right)$.

A. N. :

$$e = 1\ \text{m} \times \left(\frac{1}{1 - 2\pi \times 1{,}4 \times 10^{-1}\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1} \times 1\ \text{m} \times 0{,}25\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}} - 1\right)$$

$= 3 \times 10^{-1}\ \text{m}$.

L'ordre de grandeur d'une trentaine de centimètres semble cohérent par rapport à la photo.

37 Huile de baleine HISTOIRE DES SCIENCES

Il s'agit d'un exercice permettant de travailler l'appropriation d'information et la mise en équation à partir d'une description. Il permet de revenir sur l'importance de la rigueur de la rédaction lorsque de nombreuses variables ne sont pas nommées dans un sujet.

a. Les parties réécrites sont indiquées en rouge ci-dessous.

« Lorsqu'on mêle ensemble deux quantités égales en masse d'eau et d'huile de blanc de baleine à des températures différentes, l'eau à 100 °C, par exemple, et l'huile de baleine à 50 °C, on doit naturellement s'attendre à trouver que la température de ce mélange, après l'avoir agité, sera celle moyenne de 75 °C [...]. [Mais expérimentalement, elle] sera de 83 °C ; l'eau n'a par conséquent perdu que 17 °C, tandis que l'huile en a gagné 33. [...] *Pour un même apport d'énergie, l'augmentation de la température de l'eau étant de 1 °C, celle d'une masse égale d'huile de baleine sera de 2 °C.* »

b. Soit m la masse de chaque liquide, θ_1 la température initiale de l'eau et θ_2 la température initiale de l'huile. Le système {eau ; huile de baleine} est supposé isolé.

Ainsi, $\Delta\mathcal{U}_{\text{eau+huile}} = \Delta\mathcal{U}_{\text{eau}} + \Delta\mathcal{U}_{\text{huile}} = mc_{\text{eau}}(\theta_f - \theta_1) + mc_{\text{huile}}(\theta_f - \theta_2) = 0$.

D'où : $c_{\text{huile}} = \dfrac{c_{\text{eau}}(\theta_1 - \theta_f)}{(\theta_f - \theta_2)}$.

A.N. : $c_{\text{huile}} = \dfrac{4{,}18 \times 10^3\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}(100\ \text{K} - 83\ \text{K})}{(83 - 50)\ \text{K}}$

$= 2{,}15\ \text{kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$.

c. Le rapport entre les deux capacités thermiques massiques est approximativement de 2, ce qui permet d'expliquer la variation de température deux fois plus grande pour l'huile.

38 ✱ Rendement d'un moteur thermique idéal

Cet exercice permet d'utiliser le premier principe sur un cycle, il s'agit d'un cas typique qui permet de faire le lien entre la thermodynamique et l'industrie, ce qui peut être l'occasion de faire un aparté d'histoire des sciences sur la genèse de cette discipline.

a. Le système reçoit de l'énergie de la source chaude et cède de l'énergie à la source froide afin de fournir un travail. D'où $\mathcal{W} < 0$, $Q_f < 0$ et $Q_c > 0$.

b. Ici, l'énergie utile est le travail fourni à l'extérieur. L'énergie dépensée est Q_C. Le travail étant négatif, on retrouve bien $\eta = -\frac{\mathcal{W}}{Q_C}$.

c. D'après le premier principe de la thermodynamique appliqué au fluide au cours d'un cycle, $\Delta\mathcal{U} = \mathcal{W} + Q_C + Q_f = 0$. D'où $\mathcal{W} = -Q_C - Q_f$.

Ainsi, $\eta = \frac{Q_C + Q_f}{Q_C} = 1 + \frac{Q_f}{Q_C}$.

d. En supposant $\frac{Q_C}{T_C} + \frac{Q_f}{T_f} = 0$, alors $\frac{Q_f}{Q_C} = -\frac{T_f}{T_C}$ et donc $\eta = 1 - \frac{T_f}{T_C}$.

A. N. : $\eta = 1 - \frac{300}{3\,000} = 0{,}90$, soit 90 %.

e. La source froide étant l'air ambiant, plus la source chaude a une température élevée, plus le rendement est grand.

39 ✱ Bilan thermique de la Terre et de son atmosphère

Cet exercice reprend la démonstration du cours permettant de déterminer la température terrestre moyenne. Il paraît important d'insister sur la notion d'équilibre radiatif.

a. La condition d'équilibre radiatif donne $\varphi_S = \varphi_D + (1-\alpha)\varphi_E + \frac{\alpha}{2}\varphi_E$

soit $\varphi_S = \varphi_D + \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)\varphi_E$.

b. $\varphi_E = \frac{(1-A)}{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}\varphi_S$.

c. $T_T = \left(\frac{(1-A)}{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)\sigma}\varphi_S\right)^{1/4}$.

A. N. : $T_T = \left(\frac{(1-0{,}3)}{\left(1-\frac{0{,}75}{2}\right)\times 5{,}67\times 10^{-8}}\varphi_S\right)^{1/4} = 288\ \text{K} = 15\ °\text{C}$.

d. Plus la concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère augmente, plus le rayonnement émis par la Terre est absorbé par l'atmosphère, donc α augmente.

e. D'après la relation de la réponse **c.**, plus α augmente plus la température augmente et plus A est grand plus l'albédo est élevé, plus la température est faible.

40 ✱✱ Capacité thermique

DIFFÉRENCIATION

Cet exercice est rédigé de manière à préparer les élèves à l'épreuve écrite du baccalauréat pour laquelle ils n'ont pas d'ordinateur pour compléter ou exécuter le programme. Les questions portent sur l'interprétation et l'explication de lignes de codes, ou sur la proposition de lignes de codes sans qu'il soit nécessaire d'exécuter le code pour conclure.

Le fichier du code en format .py n'est pas nécessaire, mais il est disponible sur le site **sirius.nathan.fr** et dans le manuel numérique pour pouvoir se l'approprier et le réutiliser dans d'autres circonstances.

a. Le premier principe appliqué au système {fer ; calorimètre ; eau} :

$$\Delta\mathcal{U}_{\text{système}} = \Delta\mathcal{U}_{\text{eau}} + \Delta\mathcal{U}_{\text{fer}} + \Delta\mathcal{U}_{\text{calorimètre}}$$
$$= \left(mc_{\text{eau}} + m_f c_{\text{fer}} + C\right)\left(\theta_f - \theta_0\right) = P\Delta t.$$

D'où $c_{\text{fer}} = \frac{P\Delta t}{m_f\left(\theta_f - \theta_0\right)} - \frac{\left(C + mc_{\text{eau}}\right)}{m_f}$.

A.N. : $c_{\text{fer}} = \frac{350 \times 30\ \text{J}}{140\times 10^{-3}(34{,}8-20)\ \text{kg}\cdot\text{K}}$

$$-\frac{\left(226\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1} + 100\times 10^{-3}\ \text{kg}\times 4{,}18\times 10^{3}\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\right)}{140\times 10^{-3}\ \text{kg}}$$

$= 468\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$.

b. L'extrait de programme Python permet de tracer l'histogramme d'une série de mesures de la capacité thermique massique du fer réparties en cinq colonnes, et d'afficher la valeur moyenne ainsi que l'incertitude-type associées à la série de mesures.

c. $\frac{\left|c_{\text{fer,mes}} - c_{\text{fer,réf}}\right|}{u\left(c_{\text{fer,mes}}\right)} = 1{,}4$. Le quotient étant inférieur à 2, la mesure peut être considérée comme compatible avec la valeur de référence.

41 ✱✱ Combinaison de plongée

Cet exercice reprend la démonstration de la loi de Newton vue dans la Synthèse des activités. Il permet aux élèves de s'exercer sur la résolution d'équation différentielle.

a. Application du premier principe au système {plongeur sans combinaison} : $\mathrm{d}\mathcal{U} = P_{\text{th}}\mathrm{d}t - \Phi_{cc}\mathrm{d}t$.

b. Le système étant condensé, la variation de son énergie interne ne dépend que de sa variation de température, $\mathrm{d}\mathcal{U} = mc\mathrm{d}\theta$.

Donc : $mc\mathrm{d}\theta = P_{\text{th}}\mathrm{d}t - hS(\theta(t) - \theta_{\text{eau}})\mathrm{d}t$.

D'où $\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} + \frac{hS}{mc}\theta = \frac{hS\theta_{\text{eau}}}{mc} + \frac{P_{\text{th}}}{mc}$. On retrouve bien l'expression donnée avec $\tau = \frac{mc}{hS}$.

c. On reconnaît une équation différentielle du premier ordre de temps caractéristique $\tau = \frac{mc}{hS}$ qui admet pour solution :

$$\theta(t) = \left(\theta_0 - \theta_{\text{eau}} - \tau\frac{P_{\text{th}}}{mc}\right)e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_{\text{eau}} + \tau\frac{P_{\text{th}}}{mc}.$$

d. On cherche l'instant pour lequel $\theta(t) = 36°\text{C}$.

En isolant t on obtient $t = -\tau\ln\left[\frac{\theta(t) - \theta_{\text{eau}} - \frac{P_{\text{th}}}{hS}}{\theta_0 - \theta_{\text{eau}} - \frac{P_{\text{th}}}{hS}}\right]$.

A. N. :

- sans combinaison :

$$t = -\frac{80\times 3{,}5\times 10^{3}}{100\times 1}\ln\left(\frac{36 - 4 - \frac{200}{100\times 1}}{37 - 4 - \frac{200}{100\times 1}}\right) = 92\ \text{s},$$

soit environ 1,5 minute.

- avec combinaison :

$$t = -\frac{80\times 3{,}5\times 10^{3}}{8\times 1}\ln\left(\frac{36 - 4 - \frac{200}{8\times 1}}{37 - 4 - \frac{200}{8\times 1}}\right) = 4{,}7\times 10^{3}\ \text{s},$$

soit environ 78 minutes.

42 Capter l'attention d'un auditoire lors d'une présentation orale

GRAND ORAL

Possibilité de mise en œuvre de l'exercice : les élèves peuvent visionner des vidéos différentes afin de mettre ensuite en commun les astuces identifiées (métaphores filées, interaction avec l'auditoire, gestuelle, maîtrise du discours, etc.).

Ensuite chaque élève prend une seule de ces astuces pour l'utiliser dans sa présentation orale. L'utilisation de la vidéo de l'étape 2 peut être utile pour construire le discours. Il est également possible de s'appuyer sur la démarche mise en œuvre dans l'Activité 3.

43 Étude énergétique d'une centrale nucléaire

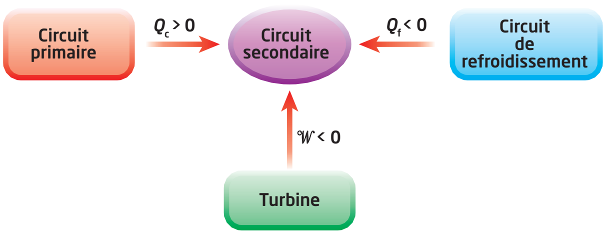
1. a. L'énergie fournie chaque seconde par le réacteur primaire est $\frac{P_e}{\eta}$.

A. N. : $\frac{P_e}{\eta} = 2{,}7$ GJ.

Cette énergie est transférée à l'eau du circuit primaire par rayonnement.

b. D'après les Données, il est préférable de travailler avec de l'eau liquide car sa capacité thermique massique est supérieure à celle de la vapeur d'eau.
De plus, travailler à haute pression permet de s'assurer que l'eau reste à l'état liquide malgré la hausse de température tout en augmentant sa capacité thermique massique.

2. a.



b. Au cours d'un cycle, la variation d'énergie interne du système {eau du circuit secondaire} est nulle.

c. L'application du premier principe au système {eau du circuit secondaire} donne $\Delta\mathcal{U} = \mathcal{W} + Q_F + Q_C = 0$.
Or, d'après la réponse **1.a.**, $Q_C = 2{,}7$ GJ. Le travail cédé par le circuit secondaire à la turbine en une seconde est $\mathcal{W} = -900$ MJ.
D'où $Q_F = -1{,}8$ GJ.
Le flux thermique entre le circuit secondaire et le circuit de refroidissement est bien égal à 1,8 GW.

3. L'énergie fournie aux 60m³ d'eau chaque seconde est de 1,8 GJ. Alors, $\Delta\mathcal{U}_{eau} = mc_{eau}(\theta_s - \theta_e)$.

D'où $\theta_s = \theta_e + \frac{\Delta\mathcal{U}}{\rho \times V \times c_{eau}}$.

A.N. : $\theta_s = 19 + \frac{1{,}8 \times 10^9 \text{ J}}{1{,}0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} \times 60 \times 10^3 \text{ L} \times 4{,}18 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}}$
$= 26$ °C.

44 Bien choisir son matelas de camping

RÉSOLUTION DE PROBLÈME DIFFÉRENCIATION

Cet exercice est l'occasion de remarquer que le concept de résistance thermique est important dans de nombreux domaines. La définition fournie dans le cours est générale et s'applique pour toutes les utilisations, mais chaque domaine utilise des unités et des définitions différentes (*R*-value pour les matelas, Ug ou Uw pour les vitrages, etc.)

1. Question préliminaire

Le flux thermique entre le campeur et l'extérieur doit être inférieur à 100 W pour qu'il n'ait pas froid. Le **DOC. 2** précise que les $\frac{2}{3}$ des échanges se font avec le sol. Le flux thermique maximal entre le campeur et le sol doit donc être d'environ 70 W.
Le choix est fait de travailler en ordre de grandeur. La valeur de 100 W fournie dans le **DOC. 3** étant elle-même un ordre de grandeur qui dépend de nombreux paramètres biologiques.

2. Problème

Étape 1 : calcul de la résistance thermique de l'ensemble du matériel du campeur
Résistance thermique des vêtements : $R_{th,vêt} = 0{,}05$ m²·K·W⁻¹.
Résistance thermique du sac de couchage : ce dernier est compressé sous le campeur ce qui réduit de 85 % sa résistance thermique $R_{th,sac} = 0{,}60 \times (1 - 0{,}85) = 0{,}09$ m²·K·W⁻¹.
Résistance thermique du matelas : $R_{th,matelas} = \frac{2}{6} = 0{,}3$ m²·K·W⁻¹.

Résistance thermique de l'ensemble :
$R_{th,tot} = R_{th,vêt} + R_{th,sac} + R_{th,matelas} = 0{,}4$ m²·K·W⁻¹.
La surface de contact entre le campeur et le sol étant de 1 m², la résistance thermique de la paroi à laquelle le flux thermique passe vaut $R_{th} = 0{,}4$ K·W⁻¹.

Étape 2 : calcul du flux thermique
La température du corps du campeur est supposée normale $T_C = 37$ °C. Le sol est supposé être à la température $T_S = -5$ °C, température atteinte la nuit au mois de mai en Laponie.

$\Phi = \frac{T_C - T_S}{R_{th}}$.

A. N. : $\Phi = \frac{310 \text{ K} - 268 \text{ K}}{0{,}4 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}} = 105$ W.

D'après les résultats obtenus, le flux thermique entre le campeur et le sol est trop grand et le campeur risque donc d'avoir froid. Cependant, l'étude reste très simplifiée. Par exemple, l'influence de la couche d'air emprisonnée dans le sac de couchage n'est pas prise en compte mais peut avoir un intérêt isolant.

45 Rendement d'une bouilloire

Fiches-guides à télécharger sur **sirius.nathan.fr**

Matériel (par binôme)
– balance
– bécher
– thermomètre
– chronomètre
– bouilloire

Cet ÉCE permet de réaliser un bilan d'énergie sur un système qui reçoit du travail électrique.