EXERCICES Appliquer le cours

Du microscopique au macroscopique (§1 du cours)

14. Visualiser des entités microscopiques
a. Microscope à effet tunnel.
b. Microscope à force atomique.

15. Évaluer des ordres de grandeurs
Le nombre d'entités dans 200 g de paraffine est :

$$N = \frac{m \times N_A}{M} = \frac{200 \times 6{,}02 \times 10^{23}}{320} = 3{,}76 \times 10^{23}$$

L'ordre de grandeur est 10^{23} entités.
Le nombre d'entités dans 2 L d'eau liquide est :

$$N = \frac{\rho \times V \times N_A}{M} = \frac{1{,}0 \times 2 \times 10^{3} \times 6{,}02 \times 10^{23}}{18} = 6{,}7 \times 10^{25}.$$

L'ordre de grandeur est 10^{26} entités.

Énergie interne d'un système (§2 du cours)

16. Utiliser ses connaissances
a. Le type de transfert thermique prédominant dans le cuivre métallique est la conduction.
b. En prenant garde à la concordance des unités, la variation d'énergie interne du morceau de cuivre est égale à :
$\Delta\mathcal{U} = m \times c_m \times (T_c - T_a) = 0{,}450 \times 386 \times 70 = 1{,}2 \times 10^{4}$ J.

17. Comparer un résultat

a. Pour chauffer l'eau du bain de 15 °C à 37 °C, il faut lui apporter un transfert thermique égal à sa variation d'énergie interne.

On tient compte de la conversion :

1 m^3 = (1 m)^3 = (10 dm)^3 = 10^3 dm^3 = 10^3 L pour déduire m = 200 kg.

On applique la relation adaptée aux systèmes condensés pour en déduire :

$Q = \Delta\mathcal{U} = m \times c_{eau} \times \Delta T = 200 \times 4\,180 \times 22 = 1{,}8 \times 10^7$ J.

b. La température de l'eau a augmenté donc l'énergie interne aussi : l'agitation des molécules d'eau augmente tout comme leur énergie cinétique.

c. L'énergie délivrée par une ampoule est égale à :

$\mathcal{E} = \mathcal{P} \times \Delta t$. Ainsi une ampoule peut briller avec une telle énergie pendant une durée égale à :

$$\Delta t = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{P}} = \frac{1{,}8 \times 10^7}{60} = 3{,}0 \times 10^5 \text{ s} = 3{,}5 \text{ jours.}$$

Conclusion : pour faire des économies d'énergie, il faut éteindre les éclairages non nécessaires, mais il est encore plus important de limiter le nombre de bain et de chauffer moins d'eau !

Transferts thermiques (§3 du cours)

18. Interpréter des transferts thermiques

a. Les deux systèmes sont : {radiateur} et {air de la chambre}.

b. Le transfert thermique se fait essentiellement par convection au sein de l'air. L'énergie dissipée par le radiateur peut avoir pour origine la conduction s'il est électrique.

c. Le transfert thermique se fait spontanément de la partie la plus chaude à la partie la plus froide, soit du {radiateur} vers l'{air de la chambre}.

19. Effectuer un raisonnement scientifique

Rosa a raison, les glaçons vont se réchauffer moins vite si on les met dans une écharpe en laine qui joue le rôle d'isolant thermique : en effet, la résistance thermique élevée de l'écharpe en laine permet de diminuer le flux thermique entre l'air et les glaçons et donc d'augmenter la durée de fonte de ces glaçons.

Flux thermiques et bilan d'énergie (§4 du cours)

20. Exploiter la relation du flux thermique

a. On applique la formule pour le verre :

$$\Phi = \frac{\lambda \times S}{e} \times \Delta T = \frac{1{,}2 \times 2{,}0}{5{,}0 \times 10^3} \times 20 = 9{,}5 \times 10^3 \text{ W}$$

b. Le même calcul pour le béton donne :

$$\Phi = \frac{\lambda \times S}{e} \times \Delta T = \frac{1{,}4 \times 20}{2{,}0 \times 10^{-2}} \times 20 = 2{,}8 \times 10^4 \text{ W}$$

21. Effectuer un bilan énergétique

a. Un système fermé est un système n'échange pas de matière avec l'extérieur. Ce système est condensé si la matière étudiée est liquide ou solide.

b. La variation de l'énergie totale d'un système $\Delta\mathcal{E} = \Delta\mathcal{E}_m + \Delta\mathcal{U}$ est égale à la somme des travaux échangés avec l'extérieur autres que ceux des forces conservatives $\mathcal{W}$ et du transfert thermique Q échangé avec le milieu extérieur :

$$\Delta\mathcal{E} = \Delta\mathcal{E}_m + \Delta\mathcal{U} = Q + \mathcal{W}$$

avec toutes les grandeurs exprimées en joules (J).

c. La variation d'énergie interne de ce système est égale à :

$$\Delta\mathcal{U} = m \times c \times \Delta T$$

De plus, si on considère que ce système est immobile :

$$\Delta\mathcal{E} = \Delta\mathcal{U} = Q + \mathcal{W}$$

d. Si le système est fermé :

$$\Delta\mathcal{U} = Q + \mathcal{W} = 0$$

Alors pour un système condensé, on en déduit ;

$$\Delta T = \frac{\Delta\mathcal{U}}{m \times c} = 0$$

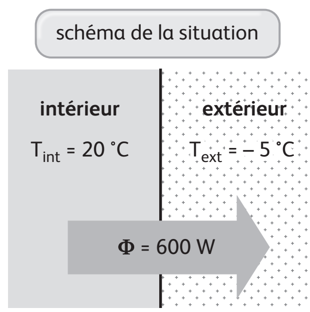
Si le système n'échange plus d'énergie, ni par transfert thermique, ni par travail des forces non conservatives avec l'extérieur, sa température est constante. Le système est à l'équilibre thermique.

EXERCICES S'entraîner

22. Exercice résolu dans le manuel

23. Application de l'exercice résolu

1.



2. On calcule la résistance thermique :

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{\Phi} = \frac{20 - (-5)}{600} = 4{,}2 \times 10^{-2} \text{ K·W}^{-1}$$

24. Exercice résolu dans le manuel

25. Application de l'exercice résolu

1. On isole $\mathcal{W}_e$ dans la formule de l'énoncé :

$\mathcal{W}_e = Q_c - Q_f = 13{,}9 - 11{,}8 = 2{,}1$ kJ.

2. Pour un réfrigérateur, afin de mieux refroidir l'intérieur, on veut optimiser le transfert thermique issu de la source froide Q_f. L'énergie électrique consommée est $\mathcal{W}_e$. On en déduit le coefficient de performance :

$$\eta = \frac{Q_f}{\mathcal{W}_e} = \frac{11{,}8}{2{,}1} = 5{,}6.$$

Encore une fois, ce coefficient est supérieur à 1.

26. **Apprendre à rédiger**

> COMPÉTENCES : **Connaître, s'approprier, analyser, réaliser, valider.**

a. Si on ne tient pas compte des frottements, l'énergie totale du système {bille} est conservée : $\mathscr{E}_i = \mathscr{E}_f$ et son énergie interne $\mathscr{U}$ est constante au cours du temps, par conséquent $\mathscr{E}_m$ aussi.

Comme $\mathscr{E}_{mi} = \mathscr{E}_{ci} + \mathscr{E}_{ppi} = \frac{1}{2} mv_0^2$ (car la bille est à une altitude nulle à l'instant initial) et $\mathscr{E}_{mf} = \mathscr{E}_{cf}\ mgh_0$ (car la vitesse de la bille est nulle lorsque la bille a atteint son altitude maximale), on trouve que :

$$\frac{1}{2} mv_0^2 = mgh_0 \Rightarrow h_0 = \frac{v_0^2}{2g}$$

Remarque : en négligeant les frottements, on peut directement affirmer que l'énergie mécanique du système $\mathscr{E}_m = \mathscr{E}_c + \mathscr{E}_{pp}$ est conservée.

b. Si on tient compte des frottements, l'énergie totale du système {bille} n'est pas conservée : $\mathscr{E}_i > \mathscr{E}_f$ et son énergie interne $\mathscr{U}$ varie au cours du temps car une partie de l'énergie mécanique perdue se dissipe dans l'air ambiant et l'autre partie chauffe la bille. Pour cette exercice, on suppose que ces deux pertes se font à part égale. La variation d'énergie mécanique est égale au travail des forces de frottements. Ce travail est à l'origine de la perte d'altitude, on trouve donc :

$$\mathscr{W}(\vec{f}_{\text{frottements}}) = \Delta\mathscr{E}_m = mg(h_0 - h)$$

D'après la modélisation choisie, la moitié de cette énergie mécanique perdue sert au réchauffement de la balle, d'où : $\Delta\mathscr{U} = \frac{mg(h_0 - h)}{2}$. Comme la bille est un système condensée, on sait également que $\Delta\mathscr{U} = m \times c \times \Delta T$.

On en déduit :

$$m \times c \times \Delta T = \frac{mg(h_0 - h)}{2} \Rightarrow \Delta T = \frac{g(h_0 - h)}{2c}$$

c. En effectuant les applications numériques, et en prenant garde aux unités, on trouve que :

$$h_0 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{10^2}{2 \times 9{,}81} = 5{,}1 \text{ m et } \Delta T = \frac{g(h_0 - h)}{2c} = 1{,}2 \times 10^{-3} \text{ K}$$

ce qui est insignifiant.

27. **S'auto-évaluer**

• Le système total est {Aluminium + Fer + Eau}. Ce système est calorifugé.

• Les échanges thermiques se font des sous-systèmes de température plus élevée vers ceux de température plus basse soit : un transfert Q_1 de l'aluminium et du fer vers l'eau, et un transfert Q_2 de l'aluminium vers le fer.

• Comme le système est calorifugé, on sait que sa variation d'énergie interne est nulle et qu'il va évoluer vers la température finale T_f.

• Comme tous les sous-systèmes sont condensés, on peut écrire :

$$\Delta\mathscr{U}_{\text{total}} = m_{\text{alu}} \times c_{\text{alu}} \times (T_f - T_1) + m_{\text{fer}} \times c_{\text{fer}} \times (T_f - T_2) + m_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} \times (T_f - T_3) = 0$$

d'où :

$$T_f = \frac{m_{\text{alu}} \times c_{\text{alu}} \times T_1 + m_{\text{fer}} \times c_{\text{fer}} \times T_2 + m_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} \times T_3}{m_{\text{alu}} \times c_{\text{alu}} + m_{\text{fer}} \times c_{\text{fer}} + m_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}}} = 33\ °\text{C}$$

On en déduit :

$Q_1 = \Delta\mathscr{U}_{\text{eau}} = m_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} \times (T_f - T_3) = 15$ kJ

et

$Q_2 = \Delta\mathscr{U}_{\text{fer}} = m_{\text{fer}} \times c_{\text{fer}} \times (T_f - T_2) = 1{,}7 \cdot 10^{-1}$ kJ

28. **Radiateur et transfert thermique**

> COMPÉTENCES : **Connaître, réaliser.**

a. On calcule la variation d'énergie interne en notant que la capacité thermique du radiateur n'est pas massique mais totale. On obtient :

$\Delta\mathscr{U} = (\rho_{\text{eau}} \times V \times c_{\text{eau}} + C_{\text{radiateur}}) \times (\theta_2 - \theta_1)$

$= (15 \times 4{,}18 \times 10^3 + 2{,}63 \times 10^4) \times (23 - 18) = 4{,}45 \times 10^5$ J

b. Le bilan de transfert thermique nous amène à écrire :

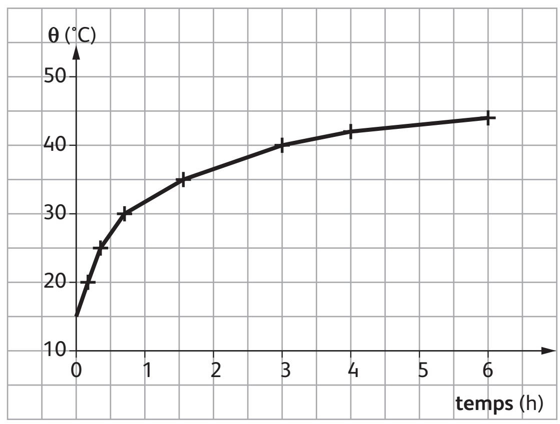
$P \times \Delta t = Q = \Delta\mathscr{U}$ d'où $\Delta t = \frac{\Delta\mathscr{U}}{P} = 2{,}5 \times 10^2$ s soit environ 4 minutes et 10 secondes.

29. **Douche solaire**

> COMPÉTENCES : **Connaître, s'approprier, réaliser, analyser.**

1. a. Transfert thermique par rayonnement (électromagnétique).

b. *Évolution de la température en fonction du temps*



2. a. La température de l'eau lors de la mise en fonctionnement est 15 °C. Celle au bout de 5 h 30 est de 43 °C, elle est déterminée par lecture graphique.

b. On utilise : $\Delta\mathscr{U} = m \times c \times \Delta t$.

A. N. : $\Delta\mathscr{U} = 20 \times 4{,}18 \times (43 - 15) = 2{,}3 \times 10^3$ kJ.

30. ★ **In English Please**

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, réaliser, valider.**

1. La conservation de l'énergie mécanique permet d'affirmer que la variation d'énergie potentielle au cours de la chute correspond exactement à l'augmentation de l'énergie cinétique du sucre, soit $\Delta\mathscr{E}_c = -\Delta\mathscr{E}_{pp} = mgh$.

L'énergie cinétique initiale étant nulle, on en déduit qu'à la surface du café, l'énergie cinétique vaut :

$$\mathscr{E}_c = \frac{1}{2} mv^2 = mgh.$$

2. a. Comme l'énergie cinétique est supposée être transférée thermiquement intégralement au sucre, sous forme d'énergie interne, on en déduit :
$\Delta\mathcal{U}_{sugar} = m_{sugar} \times c_{sugar} \times \Delta T = mgh$

b. Pour que le sucre ne refroidisse pas le café, il doit atteindre la même température que celui-ci lors de l'impact, soit 50 °C, soit dans notre cadre d'hypothèses :
$h = \dfrac{c_{sugar} \times \Delta T}{g}$ soit après application numérique, en prenant garde aux unités : $h = 1{,}5$ km.
c. Ce résultat montre que ça serait absurde de procéder ainsi. Il apparaît difficile de viser correctement la tasse de cette hauteur.
On a par ailleurs négligé les frottements sur le sucre (critique de la conservation de l'énergie mécanique dans première phase) et le choc avec le café génère un transfert d'énergie cinétique au fluide café mis en mouvement. Celui-ci est éjecté de la tasse.

31. ★ Résistance thermique

> COMPÉTENCES : **Connaître, réaliser, analyser.**

a. De la même manière que la résistance $R_{élec}$ d'un conducteur ohmique permet de relier la tension (différence de potentiel) à l'intensité du courant le traversant par la loi d'Ohm $U = R_{élec} \times I$, la résistance thermique R_{th} entre deux points permet de relier la différence de température au flux thermique par la relation $\Delta T = R_{th} \times \Phi$.
b. En interprétant les données de l'énoncé, on trouve :

$$R_{élec} = \frac{e}{\lambda S}.$$

c. La résistance thermique R_{th} entre deux points permet de relier la différence de température au flux thermique par la relation $\Delta T = R_{th} \times \Phi$.

Par analogie : $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$.

Attention, ici $e = L$.
d. La résistance thermique vaut $R_{th} = 6{,}6 \times 10^{-5}\,\Omega$. La résistance thermique vaut $R_{élec} = 10\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$.
e. Le flux thermique est donné par la relation
$\Phi = \dfrac{\Delta T}{R_{th}} = \dfrac{80}{(10)} = 7{,}6$ si on calcule avec les valeurs non-arrondies.

32. ★ Utilisation d'un calorimètre

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, réaliser, valider.**

a. Les différents systèmes en contact sont : {la masse d'eau froide}, {la masse d'eau chaude} et {le calorimètre}.
b. Avant le mélange, le calorimètre et la masse d'eau froide sont à la même température $\theta_1 = 10$ °C. Après le mélange, la température de l'ensemble évolue vers une valeur unique $\theta_f = 30$ °C.
c. La variation d'énergie interne de l'ensemble est nulle puisqu'il n'y a aucun échange avec l'extérieur, soit $\Delta\mathcal{U}(\text{ensemble}) = 0$.
d. $\Delta\mathcal{U}(\text{ensemble}) = 0 = \Delta\mathcal{U}(\text{eau froide}) + \Delta\mathcal{U}(\text{eau chaude}) + \Delta\mathcal{U}(\text{calorimètre})$

Comme l'eau est toujours liquide, on en déduit :
$\Delta\mathcal{U}(\text{ensemble}) = 0 = m_1 \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_1) + C_{calo} \times (\theta_f - \theta_1) + m_2 \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_2)$.
On en déduit :

$$C_{calo} = m_1 \times c_{eau} \times \left(\frac{\theta_2 - \theta_f}{\theta_f - \theta_1}\right) - m_1 \times c_{eau} \text{ et}$$

$$\mu = \frac{C_{calo}}{c_{eau}} = m_2 \times \left(\frac{\theta_2 - \theta_f}{\theta_f - \theta_1}\right) - m_1 = 12 \text{ g}.$$

Cette valeur permet de remplacer dans les calculs les caractéristiques du calorimètre par une masse virtuelle d'eau. On ne réfléchit donc plus qu'en termes d'échanges entre sous-systèmes constitués de masses d'eau.

33. ★ Isolation simple, double, triple vitrage

> COMPÉTENCES : **Analyser, réaliser, valider.**

a. On utilise les formules en lien avec la résistance thermique : $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda S}$ et $\Phi = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$.

Les résistances thermiques des double et triple vitrages se déterminent en ajoutant les résistances thermiques des éléments les constituant (verre + air + verre).

Simple vitrage	$R_{th}(\text{verre}) = 8{,}3 \times 10^{-4}\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$	$\phi = 3{,}0 \times 10^4$ W
Double vitrages	$R_{th} = 2R_{th}(\text{verre}) + R_{th}(\text{air}) = 0{,}12\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$	$\phi = 2{,}2 \times 10^2$ W
Triple vitrages	$R_{th} = 3R_{th}(\text{verre}) + 2R_{th}(\text{air}) = 0{,}23\ \text{K}\cdot\text{W}^{-1}$	$\phi = 1{,}1 \times 10^2$ W

Remarque : les calculs sont effectués sans arrondir les résultats intermédiaires.
b. La configuration la plus isolante est bien celle du triple vitrage. Le flux thermique est réduit d'un facteur 300 en comparaison d'un simple vitrage.

34. Bouclier thermique

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, communiquer.**

Lorsqu'un engin spatial pénètre dans l'atmosphère terrestre lors de son retour sur terre, sa structure est soumise à des frottements très importants. La température du matériau externe peut atteindre plus de 1 600 °C. Ce matériau externe porte bien son nom de bouclier thermique. C'est un matériau composite qui doit être très résistant mécaniquement et thermiquement. Il est constitué de tuiles réfractaires positionnées de façon stratégique sur la face exposée de l'engin.
Lorsqu'un problème survient, la situation peut être dramatique. Des dégâts sur le bouclier thermique peuvent conduire à la destruction de l'engin spatial. L'une des ressources évoque le cas de la navette spatiale américaine Columbia qui explosa en vol en 2003. Les conclusions de l'enquête évoquent une destruction localisée du bouclier thermique par un objet s'étant détaché de la navette.

Les solutions futures de bouclier thermique doivent présenter deux avantages :
– la mise en place simplifiée : les tuiles actuelles sont de petites tailles ce qui peut générer des défauts aux jointures lors de la pose ;
– l'inspection systématique simplifiée.
Il est difficile et laborieux d'inspecter une multitude de tuiles.
Finalement, le projet « Shingle » semble proposer une solution intéressante. Des tuiles de plus grandes tailles (1 m^2), encadrées dans une structure permettant l'installation sans problème de jointure.
Ce projet est développé par le CNES et participe à l'élaboration de l'engin spatial du futur PRE-X.

EXERCICES Objectif BAC

Les fiches-guides permettant d'évaluer ces exercices par compétences sont disponibles sur le site :
sirius.nathan.fr/sirius2017

35. LE SAUNA

> COMPÉTENCES : **S'approprier, réaliser, analyser, valider, communiquer.**

1. a. Les flèches représentent les mouvements de convection de l'air (remarque : la force motrice de ces mouvements est la poussée d'Archimède).
b. Le document 2 indique que le poêle est adapté au sauna de volume compris entre 8,0 et 15,0 m³. Or la pièce décrite dans l'énoncé a un volume de $2 \times 2 \times 3 = 12$ m^3 ce qui prouve que le poêle est adapté aux besoins du particulier.
2. a. On souhaite connaître l'épaisseur de béton $e_{\text{béton}}$ ayant la même résistance thermique que l'épaisseur $e_{\text{sapin}} = 5{,}0$ cm, pour une même surface S. On en déduit $R_{\text{th,sapin}} = R_{\text{th,béton}}$ et avec l'expression du document 3 :

$$\frac{e_{\text{sapin}}}{\lambda_{\text{sapin}} \times S} = \frac{e_{\text{béton}}}{\lambda_{\text{béton}} \times S}.$$

D'où l'épaisseur équivalente $e_{\text{béton}} = \dfrac{\lambda_{\text{béton}}}{\lambda_{\text{sapin}}} \times e_{\text{sapin}}$ ce qui donne après application numérique $e_{\text{béton}} = 58$ cm. Une paroi en béton doit être plus de dix fois plus épaisse pour isoler autant qu'une paroi en sapin.
b. L'énergie délivrée par le poêle vaut $\mathscr{E} = \mathscr{P} \times \Delta t$.
D'après l'hypothèse elle sert intégralement à chauffer les pierres en stéatite, soit $\mathscr{E} = \Delta\mathscr{U}$.
Or ces pierres constituent un système condensé :
$\Delta\mathscr{U} = m \times c \times \Delta T$.
D'où la relation $\Delta t = \dfrac{m \times c \times \Delta T}{\mathscr{P}}$, ce qui donne après application numérique $4{,}4 \times 10^2$ s soit environ 7 minutes et 20 secondes.
c. D'après la notice, le préchauffage dure entre 40 et 70 minutes ce qui invalide l'hypothèse de la question précédente. La puissance du poêle n'est pas intégralement utilisée pour le chauffage des pierres en stéatite. Elle sert également à chauffer toute la pièce (air, murs, etc.).

36. RÉSOLUTION DE PROBLÈME

Isoler pour faire des économies

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, réaliser.**

On commence par évaluer le flux thermique à travers la paroi dans chacun des cas, en commençant par évaluer la résistance thermique.
Premier cas : sans isolation

$$R_{\text{th1}} = R_{\text{th,brique}} = \frac{e}{\lambda_{\text{brique}} \times S} = \frac{0{,}20}{0{,}67 \times 60} = 5{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1},$$

ce qui permet de calculer le flux

$$\Phi_1 = \frac{\Delta T}{R_{\text{th1}}} = \frac{20}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 4{,}0 \times 10^{-3} = 4{,}0\ \text{kW}.$$

Deuxième cas : isolation par le polystyrène

$$R_{\text{th,polystyrène}} = \frac{e'}{\lambda_{\text{polystyrène}} \times S} = \frac{0{,}04}{0{,}033 \times 60} = 2{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$R_{\text{th2}} = R_{\text{th1}} + R_{\text{th,polystyrène}} = 2{,}5 \times 10^{-2}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \Rightarrow \Phi_2 = \frac{\Delta T}{R_{\text{th2}}}$$
$$= 8{,}0 \times 10^2\ \text{W} = 0{,}80\ \text{kW}$$

Troisième cas : isolation par l'air
Ces flux se traduisent par une dépense électrique. En faisant l'hypothèse d'un mois de 30 jours donc 30 fois 24 heures, on en déduit les dépenses énergétiques correspondantes.
• Premier cas :
$4{,}0 \times 30 \times 24 = 2{,}9 \times 10^3$ kWh
soit un coût de $2{,}9 \times 10^3 \times 0{,}10 = 290$ €.
• Deuxième cas :
$0{,}80 \times 30 \times 24 = 5{,}7 \times 10^2$ kWh
soit $5{,}7 \cdot 10^2 \times 0{,}10 = 57$ € soit une économie de 233 € par rapport au premier cas.
• Troisième cas :
$0{,}65 \times 30 \times 24 = 4{,}7 \times 10^2$ kWh
soit $4{,}7 \cdot 10^2 \times 0{,}10 = 47$ € soit une économie de 243 € par rapport au premier cas (mais c'est plus difficile donc plus coûteux à construire).

37. ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS

Étude d'une installation thermique

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, réaliser, communiquer.**

L'énoncé mentionne qu'il faut subvenir aux besoins de 75 campeurs qui consomment 50 litres d'eau chaude par jour, et les données indiquent qu'un ballon d'eau chaude contient 750 L, ce qui permet d'alimenter $\dfrac{750}{50} = 15$ campeurs. Il faut donc $\dfrac{75}{15} = 5$ ballons pour 75 campeurs.
Le chauffage de ces $750 \times 5 = 3\,750$ L d'eau nécessite une énergie de $\Delta\mathscr{U} = \rho_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} \times V \times \Delta T = 7{,}50 \times 10^8$ J.

Analyse des documents à la lumière du problème posé

• Le document 1 est une présentation générale d'un chauffe-eau solaire : ce dernier capte l'énergie solaire (rayonnement), qui fournit un transfert thermique au liquide caloporteur qui se met en mouvement grâce à la convection pour à son tour fournir un transfert thermique à l'eau du ballon par conduction via le serpentin de cuivre. Ces informations servent surtout à comprendre le fonctionnement du dispositif.

• Le document 2 présente l'énergie solaire maximale reçue par jour en France : on constate qu'à Valence, elle s'élève à 4,2 kWh·m^2.

• Le document 3 présente les deux implantations possibles : la première implantation est orientée plein Est (90° par rapport à l'axe Nord-Sud) sur un toit incliné à 60°. La seconde implantation est orientée à 15° Sud-Ouest (15° par rapport à l'axe Nord-Sud, à mesurer avec un rapporteur sur la figure qui est à l'échelle) sur un toit incliné à 30°.

• Le document 4 donne le rendement d'un capteur solaire en fonction de son orientation et de son inclinaison. C'est ce dernier qui permet de trancher entre les deux implantations. En effet, à 90° Ouest, pour une inclinaison de 60°, le rendement est à la limite entre 60 et 70 %. Le document permet cette précision.

La même lecture pour 15° Sud montre que sur un toit incliné à 30°, le rendement d'un capteur vaut 100 %. D'où le choix de l'implantation 2.

Il s'agit, une fois l'implantation 2 choisie, de savoir combien de panneaux seront nécessaires.

Avec un rendement de 100 %, un panneau peut capter l'énergie $e = 4{,}2 \times 10^3 \times 2{,}7 \times 3\,600 = 4{,}1 \times 10^7$ J.

Pour chauffer les 5 ballons il faudra utiliser $\dfrac{\Delta \mathcal{U}}{e} = 18{,}4$ panneaux (donc 19 pour assurer de l'eau chaude pour le camping plein) si le toit peut accueillir tous ces panneaux.

Exemple de synthèse :

Pour fournir 50 L d'eau chaude à 15 campeurs, il faut apporter aux 15 × 50 = 750 L d'eau un transfert thermique de $Q = \Delta \mathcal{U} = \rho_{eau} \times c_{eau} \times V \times \Delta T = 7{,}50 \cdot 10^8$ J.

À Valence, on peut espérer récupérer 4,2 kWh·m^2 par jour, soit pour un panneau solaire de surface $S = 2{,}7$ m^2 : $4{,}2 \times 10^3 \times 2{,}7 \times 3\,600 = 4{,}1 \times 10^4$ kJ ou après conversion $4{,}1 \times 10^7$ kJ.

Il faut alors choisir l'implantation des panneaux : la première possibilité présente un rendement entre 60 et 70 % alors que la seconde présente un rendement de 100 %. On privilégiera alors cette solution si c'est possible techniquement.

Il faudra alors, en supposant que toute l'énergie solaire soit transférée à l'eau, évaluer le nombre de panneaux nécessaires : $\dfrac{7{,}50 \times 10^8}{4{,}1 \times 10^7} = 18{,}3$ panneaux soit 19 panneaux pour assurer le confort de tous le campeurs.