



## Chapitre B4 – L'énergie interne



### Se positionner (une ou plusieurs bonnes réponses)

1. La fusion est le changement d'état qui correspond :
  - ① au passage de l'état solide à l'état gazeux
  - ② au passage de l'état solide à l'état liquide
  - ③ au passage de l'état liquide à l'état gazeux
2. Le passage de l'état liquide à l'état gazeux est :
  - ① la liquéfaction
  - ② la vaporisation
  - ③ l'évaporation
3. On peut chauffer de l'eau en la remuant :
  - ① Vrai
  - ② Faux
4. Lorsqu'on prend à pleine main un gobelet en plastique ou un verre (en verre...), on n'a pas la même sensation thermique.
  - ① le gobelet est plus chaud
  - ② le verre est plus chaud
  - ③ le gobelet en plastique et le verre sont à la même température
5. Dans une pièce à température ambiante, on peut chauffer de l'eau dans une casserole et ne pas faire augmenter la température de l'eau :
  - ① vrai
  - ② faux
6. Dans un sauna où la température varie selon la hauteur, la température est plus élevée...
  - ① au plafond
  - ② au sol
  - ③ à mi-hauteur
7. Pour refroidir une bouteille d'eau (fermée) avec un sac de glaçons, on a intérêt à mettre le sac :
  - ① en haut de la bouteille
  - ② en bas de la bouteille
  - ③ sur le côté de la bouteille
  - ④ peu importe
8. Quand on dit qu'un pull est chaud (il faut donc le porter quand il fait froid), cela signifie :
  - ① qu'il donne de l'énergie à la personne qui le porte
  - ② qu'il réfléchit bien l'énergie dégagée par le corps humain
  - ③ qu'il diminue le transfert d'énergie vers l'extérieur



## Activité 1 – Que mesure la température ?

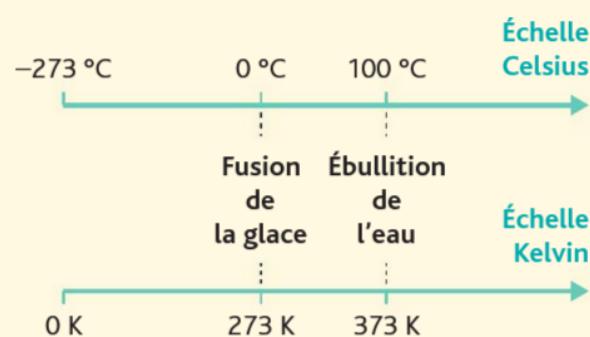
La température d'une substance caractérise le degré d'agitation des particules (atomes, molécules) qui la constituent. Plus la température est élevée, plus le mouvement des particules est rapide et désordonné.

- Que devrait donc valoir la température si les particules ne bougeaient plus ?

Pourtant, à 0 °C, les particules de l'air continuent à bouger (c'est d'ailleurs la même chose pour l'eau). L'unité qui permet d'indiquer par une température l'immobilité des particules est le **kelvin** (symbole K).

- L'échelle **Celsius** est utilisée dans la vie courante :
  - la température est notée  $\theta$  ;
  - unité : **degré Celsius** (°C).
- L'échelle **Kelvin** est utilisée uniquement par les scientifiques :
  - la température est notée  $T$  ;
  - unité : **kelvin** (K) ;
  - l'absence d'agitation thermique (particules immobiles) correspond au zéro absolu :  $T = 0 \text{ K}$ .
- Les deux échelles sont liées par la relation :

$$0 \text{ } T(\text{K}) = \theta(\text{°C}) + 273$$



- La température corporelle vaut environ 310 K. La convertir en °C.
- La température d'un congélateur est de -11 °C. La convertir en K.

### Pour s'entraîner

- Convertir les températures suivantes en kelvin.
  - 30°C
  - 10 °C
  - 250°C
  - 5 000 °C
- Convertir les températures suivantes en °C
  - 100 K
  - 450 K
  - 1 K
  - 5 000 K

## Activité 2 – Comment mesurer la température ?

À partir des documents ci-contre, répondre aux questions.

- Pourquoi utilise-t-on différents liquides dans les thermomètres à dilatation de liquide ?
- Indiquer l'avantage majeur des thermistances par rapport aux autres thermomètre électriques.
- Indiquer l'avantage du thermomètre à infrarouge par rapport aux autres thermomètres.
- Indiquer précisément, à l'aide de ce que vous savez de l'énergie, ce que mesure réellement un thermomètre à infrarouge.

### Doc. 1 Thermomètre à dilatation de liquide

Un thermomètre est un instrument utilisé afin de mesurer la température.

Au fil des siècles, différentes propriétés physiques des matériaux ont été exploitées afin de concevoir des thermomètres de plus en plus performants.

Le fonctionnement des **thermomètres à dilatation de liquide** repose sur la dilatation d'un liquide (mercure, alcool, pentane, etc.).

Le thermomètre est constitué d'un réservoir rempli du liquide thermométrique, surmonté d'un canal capillaire de section faible et régulière, se terminant par une ampoule de sécurité.

Liquide	Domaine d'utilisation (°C)
Pentane	-200 à 20
Éthanol	-110 à 75
Mercure	-38 à 650
Mercure - Gallium	0 à 1 000



### Doc. 2 Thermomètre électrique

Les **thermomètres électriques** utilisent des sondes de température exploitant différents principes physiques.

#### • Thermocouple

Si on accolé les extrémités de deux fils métalliques de natures différentes et que l'on élève la température de cette jonction, il apparaît une tension aux extrémités restées libres.

**Plage d'utilisation :** -40 à 1 600°C en fonction de l'association de métaux.

#### • Thermomètre à résistance de platine

La résistance électrique du platine varie en fonction de la température.

**Plage d'utilisation :** -200 à 850°C

#### • Thermistance

La résistance des thermistances varie avec la température. Elles sont constituées d'un matériau semi-conducteur d'oxyde métallique.

**Plage d'utilisation :** -270 à 2 600°C en fonction de sa composition.

### Doc. 3 Thermomètre infrarouge

Si la température d'un objet est supérieure au zéro absolu de 0 K (-273,149°C), il émet un rayonnement naturel qui dépend de sa température.

Une partie de ce rayonnement émis est le rayonnement infrarouge.

Les **thermomètres infrarouges** déterminent la température d'un objet à partir du rayonnement infrarouge émis par cet objet, sans nécessiter de contact direct.

**Plage d'utilisation :** -65 à 1 800°C en fonction du modèle.





## Activité 3 – Stockage d'énergie par simple élévation de température

Un matériau qui est plus chaud que son environnement fournit de l'énergie par transfert thermique.

- Citer une application de ce phénomène.

Nous cherchons dans cette activité à comparer la capacité de différents matériaux à accumuler de l'énergie thermique et à pouvoir la restituer à leur environnement.

### Principe

Pour cela, on effectue une étude de l'énergie thermique apportée à 250 mL d'eau (à la température ambiante) par différents matériaux chauffés à la même température :  $\theta = 80^\circ\text{C}$ .

Afin d'étudier les échanges d'énergie thermique entre 2 corps, on utilise un calorimètre : il s'agit d'une enceinte fermée et isolée du milieu extérieur. Ainsi, les matériaux placés dans le calorimètre n'échangent quasiment pas d'énergie avec le milieu extérieur.

Chaque groupe dispose d'un seul matériau se trouvant dans un bain-marie à environ  $\theta=80^\circ\text{C}$ .

- Proposer un paramètre du matériau qui va influencer la capacité à stocker l'énergie.

### Protocole expérimental

- Verser 250mL d'eau du robinet dans le vase du calorimètre.
  - Noter la température initiale du système (calorimètre + eau) :  $\theta_i (\text{ }^\circ\text{C}) = \dots \dots \dots$
  - Récupérer votre échantillon chauffé en utilisant le gant de protection.
  - Introduire l'échantillon délicatement dans l'eau du calorimètre (en le faisant glisser pour éviter les projections d'eau).
  - Introduire le thermomètre et agiter délicatement jusqu'à atteindre l'équilibre thermique (c'est-à-dire lorsque la température se stabilise).
  - Noter la température finale du système :  $\theta_f (\text{ }^\circ\text{C}) = \dots \dots \dots$
  - Compléter le tableau ci-dessous à l'aide des résultats des autres binômes
  - Sortir l'échantillon et le meser :  $m = \dots \dots \dots$
- La variation de température est-elle la même pour les différents groupes ?
  - Des échantillons de masses différentes mais de même matériau accumulent-ils la même «quantité» d'énergie thermique ?
  - Des échantillons de même masse mais de matériaux différents accumulent-ils la même «quantité» d'énergie thermique ?
  - Classer sur l'axe ci-dessous les différents matériaux en fonction de leur capacité à accumuler de l'énergie, pour une masse donnée.

Accumulation  
thermique →

### Une nouvelle grandeur...

La capacité thermique massique  $c$  d'un matériau correspond à l'énergie nécessaire (en J) pour éléver de  $1^\circ\text{C}$  la température de 1kg de ce matériau. Plus la capacité  $c$  est élevée, plus la quantité d'énergie stockée lors d'une élévation de  $1^\circ\text{C}$  est grande.

- Chercher en ligne les valeurs pour les matériaux utilisés. Les valeurs confirment-elles les résultats des différents groupes ?

Matériau						
Masse						
Variation de température						



## Activité 4 – Différentes façons de faire un transfert thermique

Vous disposez du **paragraphe C du modèle** qui décrit les 3 modes de transfert thermique.

- Dans chacune des situations suivantes, indiquer par quel mode (conduction, convection ou rayonnement) l'énergie est majoritairement transférée à l'aliment cité. S'il n'est pas indiqué, préciser la nature du milieu.

Situation	Milieu assurant le transfert thermique	Mode de transfert principal
❶ En Sicile, les tomates sont placées en plein Soleil pour être cuites et séchées.	Air	
❷ Les résistances chauffantes d'un four assurent la cuisson du poulet placé à l'intérieur.	L'air dans le four	
❸ Ce même poulet pourra être réchauffé à l'aide d'un four à micro-ondes.		
❹ Faire bouillir de l'eau dans une casserole. Plonger ensuite des pommes de terre pour les cuire.	Métal de la casserole Eau de cuisson Pommes de terre	
❺ Parasol chauffant  Bien que peu écologiques car très énergivores, les parasols chauffants se multiplient sur les terrasses des restaurants et même chez les particuliers. 	Air	

- L'air chaud étant moins dense que l'air froid (donc il monte), justifier l'intérêt de placer le chauffage au sol (document ci-contre). Indiquer le mode de transfert thermique principal dans ce cas.

Le chauffage au sol, consistant à poser des tuyaux dans lesquels circule de l'eau chaude, apporte un confort de vie non négligeable.



- Dans un self, pourquoi est-il absurde, énergétiquement, de poser les canettes initialement à température ambiante sur une plaque réfrigérée pour les refroidir ? Indiquer le mode de transfert qui va avoir lieu dans ce cas.

- Compléter le tableau suivant :

Mode de transfert thermique	Convection	Conduction	Rayonnement
Avec ou sans déplacement de matière ?			
Besoin d'un milieu matériel ?			



## Activité 5 – L'énergie interne

Vous disposez du **paragraphe D du modèle** qui indique ce que représente l'**énergie interne**. Dans chacune des situations ou objets proposés ci-dessous, de l'énergie est stockée (le système qui stocke est souligné).

Attribuer chaque représentation à une forme de stockage, en indiquant les numéros des situations dans la bonne cas. On choisira **une des 4 formes** de stockage même lorsque plusieurs formes sont présentes, en choisissant celle qu'on considère prédominante.

	1. Du <u>vent</u> fait tourner une éolienne.		2. Un ballon est rempli d' <u>hélium</u> .
	3. Un bidon est rempli d' <u>essence</u> .		4. Un <u>plongeur</u> s'apprête à sauter d'un plongeoir de 10 m.
	5. Un <u>radiateur</u> chauffe une pièce.		6. Un <u>cycliste sur son vélo</u> se déplace à vitesse constante sur une route horizontale.
	7. De <u>l'eau</u> est retenue dans un barrage.		8. Un stère de <u>bois</u> est rangé devant un chalet.

	Cinétique	Potentielle
Énergie macroscopique		
Énergie microscopique		

**Énergie interne**



## Activité 6 – Faire fondre des glaçons, combien ça coûte en énergie ?

Lorsqu'on fait bouillir de l'eau pour faire cuire des pâtes, on doit maintenir un apport d'énergie (on doit « chauffer ») pour maintenir l'ébullition : on chauffe alors que l'eau reste à 100°C.

Cela illustre qu'un changement d'état liquide → gaz (donc une vaporisation) nécessite de l'énergie. C'est aussi le cas pour un changement d'état solide → liquide (fusion) : par exemple il faut apporter de l'énergie pour faire **fondre des glaçons**.

1. Selon vous, lorsque des glaçons fondent dans une boisson, quel est le système qui apporte l'énergie nécessaire ?
2. Que peut-on dire dans ce cas de la variation d'énergie de la boisson et quelle est la conséquence sur sa température ?

On cherche dans cette activité à **estimer à l'aide d'une expérience l'énergie massique de la fusion de l'eau** (cf paragraphe F du modèle) : il s'agit de l'énergie nécessaire pour faire fondre un kilogramme de glace. On ne va pas faire fondre un kilogramme mais quelques glaçons dont il faudra connaître la masse.

### Principe de l'expérience

On va faire fondre dans une masse connue d'eau à température ambiante des glaçons de masse connue également. L'énergie nécessaire à la fonte des glaçons peut être déterminée en faisant un bilan d'énergie. C'est l'eau qui va donner l'essentiel de l'énergie. On peut connaître l'énergie fournie par l'eau grâce à la capacité thermique massique de l'eau liquide.

Mais cette énergie donnée par l'eau va aussi servir à réchauffer l'eau fondu. Et le calorimètre, qui évite les pertes, va lui aussi refroidir un peu : il faudra en tenir compte.

On peut traduire ces échanges d'énergie par une relation qui indique que la somme des énergies échangées par l'ensemble {glaçons+eau+calorimètre} est nulle (l'énergie se conserve).

Cette relation peut s'écrire :

$$\Delta U_{\text{eau}} + \Delta U_{\text{eau fondu}} + Q + \Delta U_{\text{calo}} = 0$$

$\Delta U_{\text{eau}}$  est la variation d'énergie interne de l'eau initialement à température ambiante.

$\Delta U_{\text{eau}}$  est la variation d'énergie interne de l'eau liquide qui vient des glaçons, qui est passée de 0°C à la température finale.

Q est l'énergie nécessaire à la fonte des glaçons.

$\Delta U_{\text{calo}}$  est la variation d'énergie interne du calorimètre (qui s'est un peu refroidit).

**ATTENTION, certaines de ces variations sont négatives : c'est le cas si le système perd de l'énergie.**

On va noter les différentes grandeurs de la façon suivante :

$m_{\text{eau}}$  : masse de l'eau liquide au départ à température ambiante

$m_{\text{glaçons}}$  : masse des glaçons, au départ à température 0°C (pour ceci il faudra attendre qu'ils fondent un peu en surface)

$\theta_{\text{ambiante}}$  : la température ambiante, donc la température initiale de l'eau mais aussi du calorimètre.

$\theta_{\text{finale}}$  : la température finale lorsque tous les glaçons auront fondu.

$c_{\text{eau}}$  : capacité thermique massique de l'eau liquide. Donnée :  $4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot {}^\circ\text{C}^{-1}$

C : capacité thermique du calorimètre. Donnée :  $C = 30 \text{ J} \cdot {}^\circ\text{C}^{-1}$ .

La variation  $\Delta U_{\text{calo}}$  a pour expression  $\Delta U_{\text{calo}} = Cx(\theta_f - \theta_i)$

### Protocole

- Introduire dans un bêcher préalablement taré un volume approximatif de 300 mL d'eau à température ambiante. Relever la masse :  $m_{\text{eau}} = \dots \dots \dots$
- Mettre cette eau dans le calorimètre.
- Mesurer la température de l'eau :  $\theta_{\text{ambiante}} = \dots \dots \dots$
- Prendre 6 glaçons, les poser sur un papier absorbant. Une fois qu'ils semblent commencer à fondre, c'est qu'ils sont à 0°C. Peser alors ces glaçons en les mettant dans un bêcher préalablement taré, noter leur masse puis les mettre dans le calorimètre.  $m_{\text{glaçons}} = \dots \dots \dots$
- Fermer le calorimètre, agiter régulièrement puis relever la température de l'eau de temps en temps.
- Lorsque la glace a complètement fondu, noter la valeur de la température :  $\theta_{\text{finale}} =$

**Exploitation**

1. Pour résumer les variations de température, compléter le tableau ci-dessous, avec des symboles puis avec des valeurs.

	Eau	Eau fondu	Calorimètre
Température initiale (symbole)		X	
Température initiale (valeur)		0°C	
Température finale (symbole)			
Température finale (valeur)			

2. Donner l'expression de  $\Delta U_{\text{eau}}$  et indiquer son signe.  
Calculer sa valeur (faire le calcul).
3. Donner l'expression de  $\Delta U_{\text{eau fondu}}$  et indiquer son signe.  
Calculer sa valeur (faire le calcul).
4. Donner l'expression de  $\Delta U_{\text{calo}}$  et indiquer son signe.  
Calculer sa valeur (faire le calcul).
5. En déduire la valeur de  $Q$ .
6. À l'aide de la relation du paragraphe F du modèle, calculer la valeur de  $L$ , énergie massique de fusion de l'eau.
7. La valeur de référence est  $L = 334 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Commenter votre résultat.