



## THERMODYNAMIQUE

### Formules

- L'**énergie interne** d'un **système** est la somme des énergies cinétiques et des interactions fondamentales de toutes les particules microscopiques qui le constituent.
- La **température** d'un **corps** est une grandeur liée à l'agitation interne de ses constituants microscopiques. Elle s'exprime en degrés Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) ou en Kelvin ( $K$ ).

$$T(K) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

- Le transfert thermique par **conduction** se fait de proche en proche, il n'y a pas de déplacement de matière.
- Le transfert thermique par **convection** se fait par des mouvements de matière (courants de convection) au sein d'un gaz ou d'un liquide. Ce mode de transfert ne concerne pas les solides.
- Un transfert thermique peut également se faire par **rayonnement**. Dans ce cas, le transfert thermique s'effectue par l'intermédiaire d'une onde électromagnétique.

$$Q = m \times c_{\text{corps}} \times \Delta T$$

- ❖  $c$  est la **capacité thermique massique**, c'est une caractéristique d'un matériau, qui indique la quantité **d'énergie** nécessaire pour chauffer  $1\text{ kg}$  de ce matériau de  $1\text{ K}$ . Elle est notée  $c$  et s'exprime en  $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ .
- ❖  $Q$  est la quantité d'énergie en  $J$ .
- ❖  $\Delta T$  est la différence de température entre l'état initial et l'état final, en  $K$ .
- ❖  $m$  est la masse, en  $\text{kg}$ .

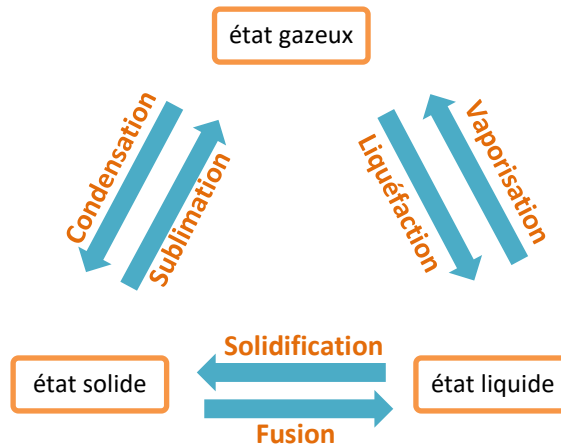
$$Q = L \times m$$

- ❖  $Q$  est la quantité d'énergie en  $J$ .
- ❖  $L$  est la **chaleur latente**, ou **l'énergie massique de changement d'état**, en  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ . C'est l'énergie nécessaire pour changer l'état de  $1\text{ kg}$  d'un corps.
- ❖  $m$  est la masse, en  $\text{kg}$ .





Les différents changements d'état :



$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

- ❖  $Q$  est la quantité d'énergie en  $J$ .
- ❖  $\Delta t$  est le temps écoulé entre l'état initial et l'état final, en  $s$ .
- ❖  $\Phi$  est flux thermique entre deux milieux de températures différentes, il correspond au transfert thermique par unité de temps entre les deux milieux. Il est donc assimilable à une puissance, en watt ( $W$ ).

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

- ❖  $R_{th}$  est la résistance thermique de la paroi, qui correspond à la tendance qu'à la paroi à s'opposer au transfert thermique, en  $K \cdot W^{-1}$ .
- ❖  $\Delta T$  est la différence de température entre l'état initial et l'état final, en  $K$ .
- ❖  $\Phi$  est flux thermique, en watt ( $W$ ).

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

- ❖  $R_{th}$  est la résistance thermique de la paroi, qui correspond à la tendance qu'à la paroi à s'opposer au transfert thermique, en  $K \cdot W^{-1}$ .
- ❖  $\lambda$  est la conductivité thermique, en  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ .
- ❖  $S$  est la surface, en  $m^2$ .
- ❖  $e$  est l'épaisseur, en  $m$ .

*Aucune reproduction, même partielle, autres que celles prévues à l'article L 122-5 du code de la propriété intellectuelle, ne peut être faite de ce support sans l'autorisation expresse de l'autrice.*





Exercices

EXERCICE 1

Un radiateur en fonte, de masse  $m = 120 \text{ kg}$ , reçoit de l'énergie par l'intermédiaire de l'eau qui circule à l'intérieur. Sa température passe de  $20^\circ\text{C}$  à  $60^\circ\text{C}$ .

- 1) Quelle est la quantité d'énergie  $Q$ , emmagasinée par le radiateur en fonte ?
- 2) On suppose que ce radiateur cède les  $\frac{3}{4}$  de l'énergie emmagasinée. Quelle sera alors sa température finale ?

Donnée : Capacité thermique massique de la fonte :  $c = 544 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

EXERCICE 2

On souhaite transformer  $m = 500 \text{ g}$  d'eau liquide en glace.

- 1) A quelle température se fait ce changement d'état ?
- 2) Lors de ce changement d'état, quel type de liaisons deviennent effectives ?
- 3) Quelle est l'énergie nécessaire pour réaliser ce changement d'état ?

Donnée : Energie massique de solidification de l'eau :  $L = -334 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ .

EXERCICE 3

Mike Horn, célèbre aventurier-explorateur, a tenté la traversée de l'océan Arctique à ski en 2019. Lors d'une pause bien méritée, il a souhaité faire fondre de la glace pour préparer un thé. Distrait par un ours polaire, toute la glace qu'il avait mis à chauffer s'est évaporée. Calculer l'énergie nécessaire pour faire évaporer  $m = 250 \text{ g}$  de glace à une température initiale de  $\theta_i = -23^\circ\text{C}$ .

Données :

Capacités massiques thermiques :

$$c_{\text{H}_2\text{O} (l)} = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$c_{\text{H}_2\text{O} (s)} = 1970 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$c_{\text{H}_2\text{O} (g)} = 2090 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Chaleurs latentes :

$$L_{vap} = 2257 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$L_{fus} = 334 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$





## EXERCICE 4

Calculer le flux thermique dans les situations suivantes :

- 1) Une quantité de chaleur  $Q = 750 \text{ kJ}$  est échangée à travers une paroi en  $1\text{h}15$ .
- 2) La différence de température entre deux faces d'une paroi de résistance  $R_{th} = 5,3 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$  est de  $17^\circ\text{C}$ .
- 3) La différence de température entre deux faces d'une épaisseur de laine de mouton de  $1,0 \text{ m}^2$  ( $\lambda = 0,035 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) de  $5,0 \text{ cm}$  est de  $17^\circ\text{C}$ .

Pour plus d'exercices accompagnés de leurs corrigés, n'hésitez pas à commander l'un des packs disponibles sur ce site, dans l'onglet [Commander](#).

“

Aucune reproduction, même partielle, autres que celles prévues à l'article L 122-5 du code de la propriété intellectuelle, ne peut être faite de ce support sans l'autorisation expresse de l'auteur.

”





Corrigés

EXERCICE 1

Un radiateur en fonte, de masse  $m = 120 \text{ kg}$ , reçoit de l'énergie par l'intermédiaire de l'eau qui circule à l'intérieur. Sa température passe de  $20^\circ\text{C}$  à  $60^\circ\text{C}$ .

- 1) Quelle est la quantité d'énergie  $Q$ , emmagasinée par le radiateur en fonte ?

$$Q = m \times c \times \Delta T = 120 \times 544 \times (60 + 273 - (20 + 273)) = 2,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

- 2) On suppose que ce radiateur cède les  $\frac{3}{4}$  de l'énergie emmagasinée. Quelle sera alors sa température finale ?

$$Q_{\text{cédée}} = -\frac{3}{4} \times Q_i = -\frac{3 \times 2,6 \cdot 10^6}{4} = -1,95 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$Q_{\text{cédée}} = m \times c \times (T_f - T_i)$$

$$T_f - T_i = \frac{Q_{\text{cédée}}}{m \times c}$$

$$T_f = \frac{Q_{\text{cédée}}}{m \times c} + T_i = \frac{-1,95 \cdot 10^6}{120 \times 544} + (60 + 273) = 303 \text{ K} = 30^\circ\text{C}$$

Donnée : Capacité thermique massique de la fonte :  $c = 544 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

EXERCICE 2

On souhaite transformer  $m = 500 \text{ g}$  d'eau liquide en glace.

- 1) A quelle température se fait ce changement d'état ?

Ce changement d'état se fait à  $0^\circ\text{C}$ .

- 2) Lors de ce changement d'état, quel type de liaisons deviennent effectives ?

Ce sont les liaisons hydrogènes, aussi appelées ponts hydrogènes.





3) Quelle est l'énergie nécessaire pour réaliser ce changement d'état ?

$$Q = L \times m = -334 \times 500 = -1,67 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Donnée : Energie massique de solidification de l'eau :  $L = -334 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ .

### EXERCICE 3

Mike Horn, célèbre aventurier-explorateur, a tenté la traversée de l'océan Arctique à ski en 2019. Lors d'une pause bien méritée, il a souhaité faire fondre de la glace pour préparer un thé. Distrait par un ours polaire, toute la glace qu'il avait mis à chauffer s'est évaporée. Calculer l'énergie nécessaire pour faire évaporer  $m = 250 \text{ g}$  de glace à une température initiale de  $\theta_i = -23^\circ\text{C}$ .

Données :

Capacités massiques thermiques :

$$c_{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} = 4\,180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

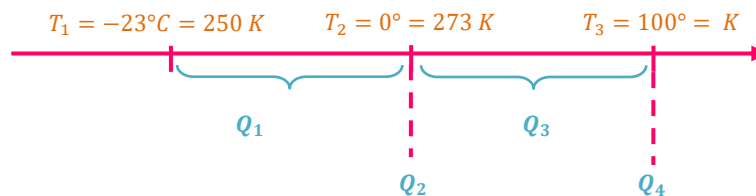
$$c_{\text{H}_2\text{O}(\text{s})} = 1\,970 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$c_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})} = 2\,090 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Chaleurs latentes :

$$L_{\text{vap}} = 2\,257 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$L_{\text{fus}} = 334 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$



$$m = 250 \text{ g} = 0,250 \text{ kg}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_1 = m \times c_{\text{H}_2\text{O}(\text{s})} \times (\Delta T) = 0,250 \times 1970 \times 23 = 11\,327,5 \text{ J}$$

$$Q_2 = L_{\text{fus}} \times m = 334 \times 0,250 = 83,5 \text{ J}$$

$$Q_3 = m \times c_{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \times (\Delta T) = 0,250 \times 4\,180 \times 100 = 104\,500 \text{ J}$$

$$Q_4 = L_{\text{vap}} \times m = 2\,257 \cdot 10^3 \times 0,250 = 564\,250 \text{ J}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 11\,327,5 + 83,5 + 104\,500 + 564\,250 = 6,80 \cdot 10^5 \text{ J}$$





**EXERCICE 4**

Calculer le flux thermique dans les situations suivantes :

- 1) Une quantité de chaleur  $Q = 750 \text{ kJ}$  est échangée à travers une paroi en 1h15.

$$1 \text{ h } 15 \text{ min} = 75 \text{ min} = 75 \times 60 \text{ s} = 4\,500 \text{ s}$$

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{750 \cdot 10^3}{4500} = 167 \text{ W}$$

- 2) La différence de température entre deux faces d'une paroi de résistance  $R_{th} = 5,3 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$  est de  $17^\circ\text{C}$ .

Une différence de température de  $17^\circ\text{C}$  est aussi une différence de température de  $17 \text{ K}$ .

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{17}{5,3} = 3,2 \text{ W}$$

- 3) La différence de température entre deux faces d'une épaisseur de laine de mouton de  $1,0 \text{ m}^2$  ( $\lambda = 0,035 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) de  $5,0 \text{ cm}$  est de  $17^\circ\text{C}$ .

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S} = \frac{0,050}{0,035 \times 1,0} = 1,4 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{17}{1,4} = 12 \text{ W}$$

Pour plus d'exercices accompagnés de leurs corrigés, n'hésitez pas à commander l'un des packs disponibles sur ce site, dans l'onglet **Commander**.

“

Aucune reproduction, même partielle, autres que celles prévues à l'article L 122-5 du code de la propriété intellectuelle, ne peut être faite de ce support sans l'autorisation expresse de l'autrice.

”

