

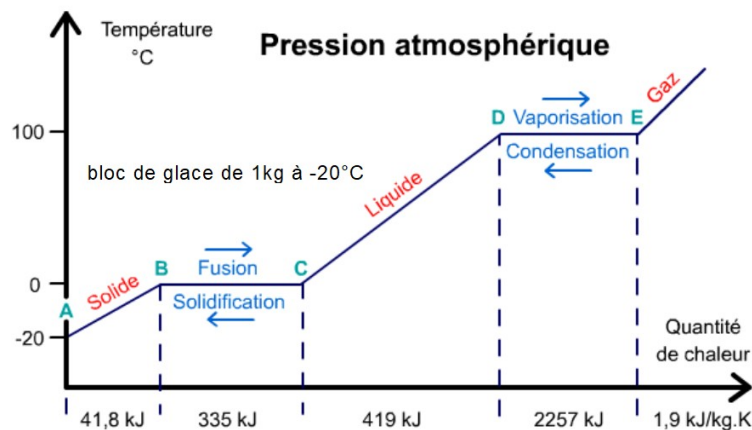
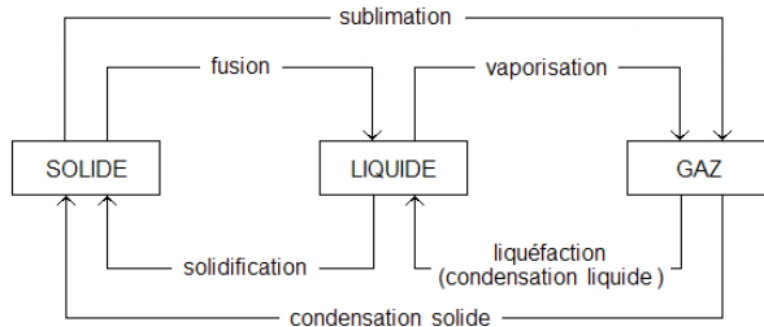
Changement d'état lors d'un échange d'énergie

Il arrive qu'un transfert d'énergie thermique fasse changer l'état d'un corps.
Un corps peut se trouver sous 3 états différents : **l'état liquide, l'état solide et l'état gazeux.**

Chaque changement d'état porte un nom bien précis :

- Le passage de l'état solide à l'état liquide se nomme **la fusion** et à l'inverse, le passage de l'état liquide à l'état solide se nomme **la solidification**.
- Le passage de l'état gazeux à l'état solide se nomme **la condensation** et à l'inverse le passage de l'état solide à l'état gazeux se nomme **la sublimation**.
- Le passage de l'état liquide à l'état gazeux se nomme **la vaporisation** et à l'inverse le passage de l'état gazeux à l'état liquide se nomme **liquéfaction**.

Les changements d'états sont résumés dans l'image qui suit :



La chaleur Q (en joule) mise en jeu dans un transfert thermique permet de :

- Chauffer le Système
- Le faire changer d'état

Énergie nécessaire pour chauffer un corps.

C : capacité calorifique massique (en $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)

$$Q = m \cdot c \cdot (\theta_f - \theta_i)$$

Énergie de changement d'état

$$Q_L = m \cdot L$$

L est la chaleur Latente massique en (J/kg)

Exercice N°1

1. Complète le second tableau en indiquant l'état physique du corps aux températures données. Indique *S* si le corps est solide, *L* si le corps est liquide et *G* si le corps est gazeux.

Substances	Température de fusion (°C)	Température d'ébullition (°C)
Alcool	- 117	78
Fer	1538	2861
Mercure	- 39	357
Or	1064	2856
Plomb	327	1749

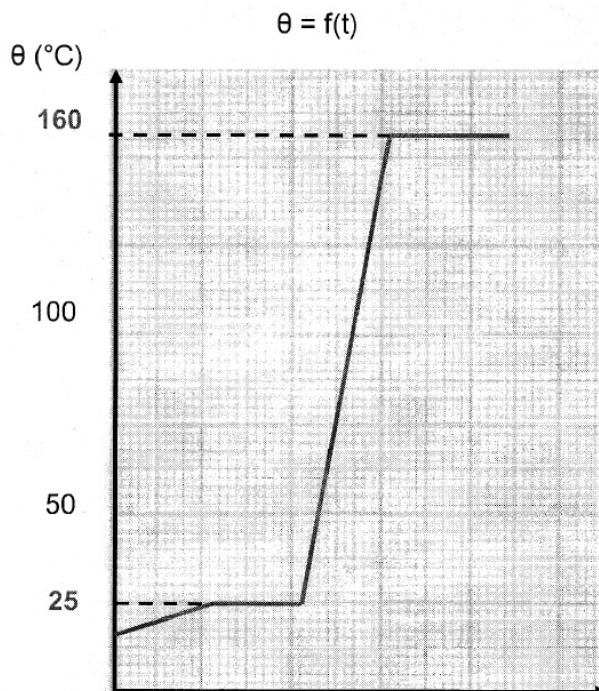
Matière	- 50 °C	100°C	500°C	1000°C	2000°C	3000°C
Alcool						
Mercure						
Plomb						
Or						

Exercice N°2

Changements d'état

Le graphe ci-contre représente l'évolution de la température en fonction du temps lorsqu'on chauffe du cyclohexanol, un alcool polaire de formule $C_6H_{11} - OH$.

- Interprétez le graphique en précisant l'état physique de cet alcool sur chacune des portions du graphe.
- Quelles interactions assurent la cohésion du cyclohexanol à 20 °C ? Expliquez.
- Les propositions suivantes sont-elles exactes ?
 - À la température de 25 °C, l'agitation des molécules croît pendant toute la durée de chauffage.
 - À la température de 170 °C, il n'existe plus de liaison hydrogène entre les molécules.



Exercice N°3

Au café, le serveur réchauffe 250 mL de lait en y injectant de la vapeur d'eau à 120°C. Le lait, initialement à la température de 18,0°C, est réchauffé à 60,0°C. On suppose que les transferts thermiques se font uniquement entre le lait et la vapeur d'eau et que toute la vapeur injectée devient liquide et se refroidit à 60,0°C.

On considère que le lait a la même capacité thermique massique que l'eau liquide.

On se propose de répondre à la question : *quelle masse m de vapeur d'eau faut-il injecter ?*

1. Calculer l'énergie Q_1 que doit recevoir, sous forme de chaleur, le lait pour s'échauffer de 18,0°C à 60,0°C.
2. Exprimer, en fonction de la masse m de vapeur d'eau injectée :
 - 2.1. l'énergie Q_2 que peut fournir cette vapeur en se refroidissant jusqu'à 100°C ;
 - 2.2. l'énergie Q_3 que peut fournir cette vapeur en devenant liquide ;
 - 2.3. l'énergie Q_4 que peut fournir l'eau liquide formée en se refroidissant de 100°C à 60,0°C.
3. À l'aide d'un bilan des échanges énergétiques, calculer la masse m de vapeur d'eau à injecter dans le lait.

Données :

- Chaleur latente de vaporisation de l'eau : $L_{\text{vap}} \approx 2\,250 \text{ kJ.kg}^{-1}$.
- Capacité thermique massique de la vapeur d'eau : $c_{\text{vapeur}}(\text{eau}) \approx 2,0 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.
- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{\text{liquide}}(\text{eau}) \approx 4,0 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.

Exercice N°4

Pour recouvrir un pendentif d'une fine couche d'or, un bijoutier doit vaporiser le précieux métal dans une enceinte sous pression réduite. Le métal solide doit d'abord fondre, puis se vaporiser, pour ensuite se déposer sur le pendentif.

Cet exercice étudie l'énergie de la vaporisation du métal sous pression réduite et à pression atmosphérique.

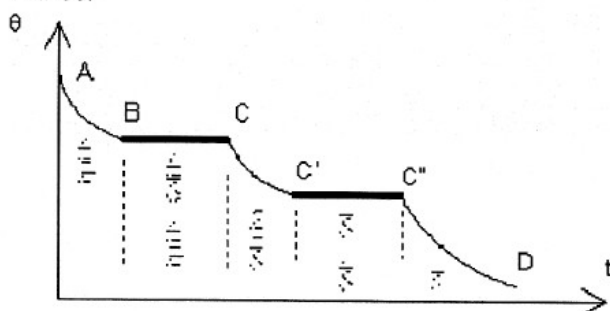
1. Placer sur un axe les températures de changements d'état, et l'état physique de l'or, sous pression réduite. *Faire de même, sur un autre axe, pour les changements d'état à pression atmosphérique.*
2. Calculer l'énergie thermique Q_1 à fournir, sous forme de chaleur, pour chauffer 0,100 g d'or de la température $\theta_1 = 24,0^\circ\text{C}$ jusqu'à sa température de fusion, sous pression réduite.
3. Calculer l'énergie thermique Q_2 à fournir, sous forme de chaleur, pour faire fondre cette masse d'or solide à cette température de fusion.
4. Calculer l'énergie thermique Q_3 à fournir, sous forme de chaleur à la pression réduite, pour chauffer 0,100 g d'or liquide de la température de fusion jusqu'à la température de vaporisation.
5. Calculer l'énergie thermique Q_4 à fournir, sous forme de chaleur à la pression réduite, pour vaporiser cette masse d'or liquide en restant à cette température.
6. En déduire l'énergie thermique minimale Q_{min} à fournir, sous forme de chaleur à la pression réduite, pour vaporiser 0,100 g d'or pris à l'état solide à 24,0°C.
7. En suivant une démarche analogue, calculer l'énergie thermique Q nécessaire pour vaporiser, sous la pression atmosphérique, la même masse d'or métallique initialement solide à 24,0°C.
8. Formuler une hypothèse quant aux deux intérêts de l'enceinte « sous vide » pour ce bijoutier.

Données pour l'or

- Température de fusion : $\theta_{\text{fusion}} = 1\,064^\circ\text{C}$.
- Températures de vaporisation :
 - « sous vide » : $\theta_1 \text{ vaporisation} = 1\,132^\circ\text{C}$; sous pression atmosphérique : $\theta_2 \text{ vaporisation} = 2\,856^\circ\text{C}$.
- Capacité thermique massique de l'or à l'état solide : $C_m = 129 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.
- Capacité thermique massique de l'or à l'état liquide : $C'_m = 168 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.
- Chaleur latente de fusion de l'or solide : $L_{\text{fus}} = 64,9 \text{ kJ.kg}^{-1}$.
- Chaleur latente de vaporisation de l'or liquide : $L_{\text{vap}} = 1\,650 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

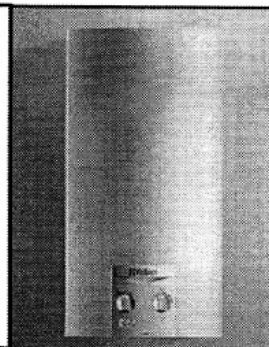
Exercice N°5

1. Nommer les différents changements d'états physiques de la matière (liquide, solide, gaz)
2. Expliquer au niveau microscopique la différence entre l'état liquide et l'état solide.
3. On donne d'évolution de la température d'un composé inconnu en fonction du temps. Commenter cette courbe.



Les chauffe-eau instantanés alimentent une douche ou un évier en étant raccordé sur un mélangeur. Ils fournissent 3,5 L d'eau à 40°C par minute (avec eau froide à 15°C)

Puissance 6 kW (26 A) 230 V.
L/H/P : 14,4 x 23,5 x 8 cm
1,7 kg



4. En utilisant les données de la notice descriptive ci-contre :
 - 4.1. Calculer la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer les 3,5 L d'eau dans les conditions indiquées.
Donnée : $C_{\text{eau}} = 4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
 - 4.2. En déduire la puissance correspondante et comparer celle-ci à la valeur indiquée sur la notice.

Données :

Energie échangée : $E = m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} (T_f - T_i)$ avec T : température

Puissance $P = E / \Delta t$ (t : temps en seconde)

Exercice N°6

Pour réaliser une fondue savoyarde, vous chauffez une masse $m_v = 0,82 \text{ kg}$ de vin blanc dans un caquelon en fonte grâce à un brûleur à alcool, ici de l'éthanol.

On considère que l'énergie libérée par l'éthanol sert unique à chauffer le caquelon + le vin blanc et à vaporiser l'éthanol.

Données :

Énergie de combustion de l'éthanol $\Delta E_c = 29,7 \text{ kJ.g}^{-1}$

Énergie massique de changement d'état de l'éthanol : $L_{\text{éb}} = 926 \text{ J.g}^{-1}$

Capacité thermique du caquelon : $C_q = 2,0 \text{ kJ.}^\circ\text{C}^{-1}$

Capacité thermique massique du vin : $c_v = 4,18 \text{ J.g}^{-1}.\text{C}^{-1}$

Formules à utiliser selon les unités des capacités massiques thermiques ou non :

$$\Delta E = C \times \Delta \theta \quad (1)$$

$$\Delta E = m \times c \times \Delta \theta \quad (2)$$

1) Que représente $\Delta \theta$ dans les expressions (1) et (2) ?

2) Justifiez le choix de l'expression (1) pour calculer l'énergie reçue par le caquelon à partir des unités.

3) Justifiez le choix de l'expression (2) pour calculer l'énergie reçue par le vin à partir des unités.

4) Exprimez (pas de calcul) l'énergie utilisée pour vaporiser la masse m_{ol} de l'éthanol.

5) Exprimez (pas de calcul) la conservation d'énergie dans cette situation.

6) Justifiez l'égalité de ces deux expressions : $\Delta E_c (\text{J.g}^{-1}) = \Delta E_c (\text{J.mol}^{-1}) / M$

M étant la masse molaire de l'éthanol.

7) L'énergie de combustion est exprimée par la relation $\Delta E(\text{combustion}) = m_{\text{ol}} \times \Delta E_c (\text{J.g}^{-1})$, exprimez et calculez la masse minimale d'éthanol nécessaire.

Données : températures initiale et finale $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ $\theta_f = 90^\circ\text{C}$

8) Pourquoi le terme « minimale » est-il employé dans la question précédente ?