

Changements d'état et énergie

Cours de sciences physiques - niveau 2de

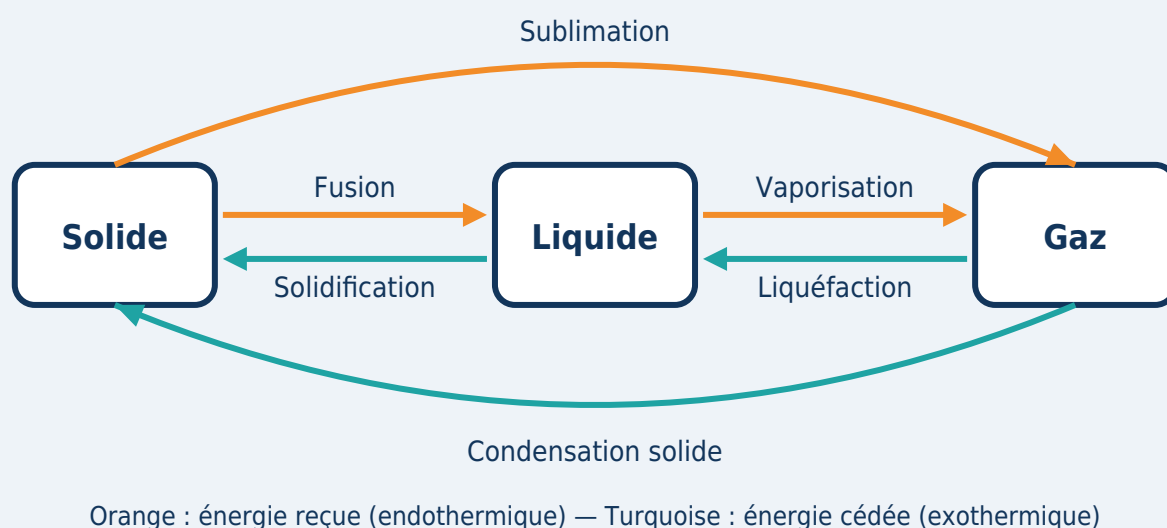
Ensuite, un glaçon fond dans ta main, l'eau d'une casserole bout, la buée recouvre une vitre : ces **changements d'état** semblent anodins, mais ils échangent beaucoup d'**énergie**. Par ailleurs, il faut par exemple 7 fois plus d'énergie pour vaporiser un kilogramme d'eau que pour le faire passer de 0 °C à 100 °C. Voyons comment décrire et calculer ces transformations physiques.

L'essentiel : Un changement d'état met en jeu un transfert d'énergie sans modifier la nature des molécules. L'énergie échangée vaut $Q = m \times L$, en joules, avec L l'énergie massique de changement d'état en J/kg. Pour fondre 1 kg de glace à 0 °C, il faut environ 334 kJ, et la température reste à 0 °C pendant la fusion.

Puis, ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Les trois états et les six changements d'état

Ainsi, un corps pur peut exister sous trois états physiques : **solide**, **liquide** et **gaz**. Quand les conditions changent (température, pression), il peut passer d'un état à un autre : c'est un **changement d'état**. C'est une **transformation physique** : l'espèce chimique ne change pas, seule l'organisation des entités (molécules, atomes ou ions) est modifiée. Puis l'eau reste de l'eau, de la glace à la vapeur.



Les six changements d'état : les trois transformations vers un état moins ordonné sont endothermiques, les trois transformations inverses sont exothermiques.

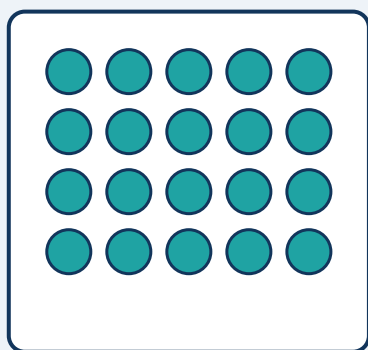
Changement	Passage	Exemple
Fusion	solide → liquide	un glaçon qui fond
Solidification	liquide → solide	de l'eau qui gèle
Vaporisation	liquide → gaz	ébullition, évaporation
Liquéfaction	gaz → liquide	buée sur une vitre froide
Sublimation	solide → gaz	le diode, la neige carbonique
Condensation solide	gaz → solide	le givre

VOCABULAIRE

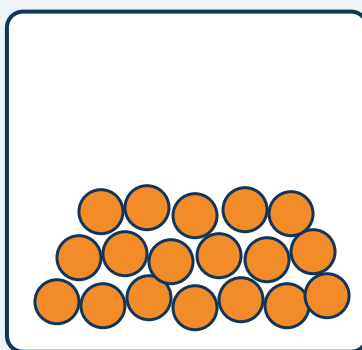
Par ailleurs, l'**équation d'un changement d'état** s'écrit avec l'état physique entre parenthèses : (s) solide, (l) liquide, (g) gaz. Par exemple, la fusion de la glace : $\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$; la vaporisation de l'éthanol : $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{g})$.

Ce qui change à l'échelle des entités

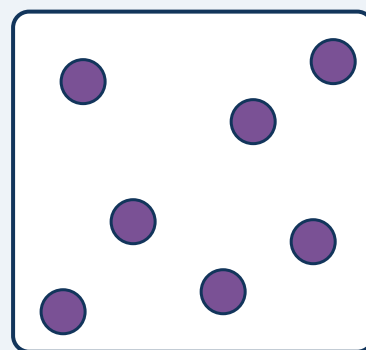
De plus, dans un **solide**, les entités sont serrées et rangées de façon ordonnée ; elles ne font que vibrer. Ensuite, dans un **liquide**, elles restent en contact mais se déplacent les unes par rapport aux autres : le désordre apparaît. Puis dans un **gaz**, elles sont très éloignées et se déplacent librement. Passer du solide au gaz demande donc de vaincre les interactions qui maintiennent les entités ensemble, ce qui coûte de l'énergie.



Solide : ordonné et serré



Liquide : désordonné et serré



Gaz : désordonné et espacé

Modèle des entités dans les trois états : plus l'état est désordonné, plus l'énergie interne de la matière est élevée.

Changements d'état et transferts d'énergie

Donc, un changement d'état met en jeu un transfert d'énergie, appelé **transfert thermique**, entre le système et le milieu extérieur.

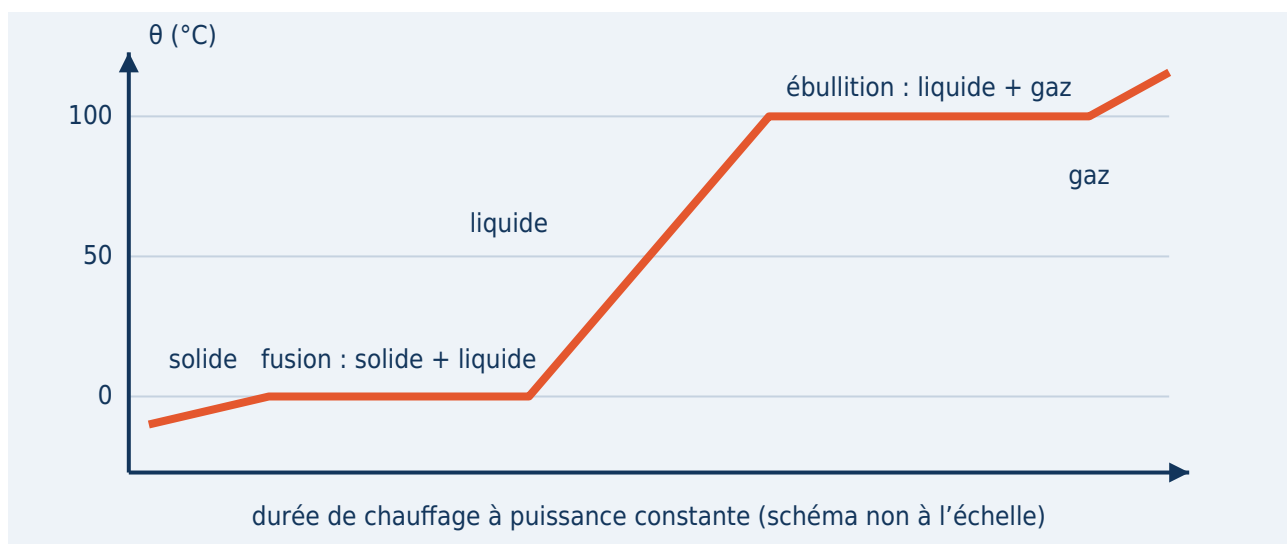
PROPRIÉTÉ

Enfin, une transformation qui **reçoit** de l'énergie du milieu extérieur est dite **endothermique** : fusion, vaporisation, sublimation. De plus, une transformation qui **cède** de l'énergie au milieu extérieur est dite **exothermique** : solidification, liquéfaction, condensation solide.

Voilà pourquoi l'alcool déposé sur la peau donne une sensation de froid : en s'évaporant, il prélève de l'énergie à la peau. À l'inverse, de l'eau qui gèle libère de l'énergie, ce qui protège un peu les fruits des arbres lors d'une gelée tardive quand on les asperge.

La température pendant un changement d'état

Ensuite, quand on chauffe de la glace à pression constante, la température monte, puis s'arrête à 0 °C pendant toute la fusion : on observe un **palier de température**. Même chose à 100 °C pendant l'ébullition. L'énergie reçue ne sert plus à augmenter la température, elle sert à changer l'état de la matière.



Courbe de chauffage de l'eau pure : deux paliers, à 0 °C (fusion) et 100 °C (ébullition).

PROPRIÉTÉ

Puis, pour un **corps pur**, la température reste **constante** pendant le changement d'état, à pression donnée. Ensuite, un **mélange** (eau salée, alcool dilué) ne présente pas de palier net : sa température varie pendant le changement d'état.

Ainsi, les températures de changement d'état sont des caractéristiques de chaque corps pur, sous la pression atmosphérique normale. Par ailleurs, elles servent à les identifier.

Corps pur	Fusion θ_{fus} (°C)	Ébullition $\theta_{\text{éb}}$ (°C)
Eau	0	100
Éthanol	-114	78
Acétone	-95	56

Mercure	-39	357
Fer	1 538	2 861

L'énergie échangée : $Q = m \times L$

L'énergie nécessaire pour changer d'état une masse m de corps pur, à température constante, est proportionnelle à cette masse. Puis le coefficient de proportionnalité est l'**énergie massique de changement d'état** L , propre au corps et au changement considérés.

FORMULE À RETENIR

$$Q = m \times L$$

Q : énergie échangée en joules (J) ; m : masse en kilogrammes (kg) ; L : énergie massique de changement d'état en J/kg. Ensuite, pour une transformation exothermique, l'énergie cédée vaut $Q = m \times L$ en valeur absolue.

Par ailleurs, pour l'eau : énergie massique de fusion $L_{\text{fus}} = 3,34 \times 10^5 \text{ J/kg}$; énergie massique de vaporisation $L_{\text{vap}} = 2,26 \times 10^6 \text{ J/kg}$. Puis la même valeur sert pour la transformation inverse, mais l'énergie est alors cédée.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Énergie pour fondre 250 g de glace à 0 °C : $m = 0,250 \text{ kg}$; $Q = 0,250 \times 3,34 \times 10^5 = 8,35 \times 10^4 \text{ J}$, soit 83,5 kJ. Énergie pour vaporiser 200 g d'eau à 100 °C : $Q = 0,200 \times 2,26 \times 10^6 = 4,52 \times 10^5 \text{ J}$. Avec une bouilloire de puissance $P = 2\,000 \text{ W}$, la durée vaut $t = Q \div P = 4,52 \times 10^5 \div 2\,000 = 226 \text{ s}$, soit 3 min 46 s.

L'énergie échangée : $Q = m \times L$ (suite)

De plus, lorsque la température varie sans changement d'état, l'énergie nécessaire est donnée par $Q = m \times c \times \Delta T$, où c est la capacité thermique massique (pour l'eau liquide : $4,18 \times 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$). Par exemple, chauffer 0,500 kg d'eau de 20 °C à 100 °C demande $Q = 0,500 \times 4\,180 \times 80 = 1,67 \times 10^5 \text{ J}$, alors que vaporiser ensuite cette même masse demande $0,500 \times 2,26 \times 10^6 = 1,13 \times 10^6 \text{ J}$, soit environ 6,8 fois plus.

ERREUR FRÉQUENTE

Ne pas confondre **température** et **énergie** : pendant un palier, la température ne change pas mais l'énergie échangée est considérable. Autre piège : écrire les masses en grammes dans $Q = m \times L$ alors que L est en J/kg ; convertis toujours m en kilogrammes.

L'essentiel à retenir

- Donc, les six changements d'état : fusion, solidification, vaporisation, liquéfaction, sublimation, condensation solide ; ce sont des transformations physiques.
- Fusion, vaporisation et sublimation sont endothermiques ; les transformations inverses sont exothermiques.
- Enfin, pour un corps pur, la température est constante pendant le changement d'état (palier) ; pas de palier pour un mélange.
- θ_{fus} et $\theta_{\text{éb}}$ permettent d'identifier un corps pur.
- $Q = m \times L$ avec Q en J, m en kg, L en J/kg.
- Eau : $L_{\text{fus}} = 3,34 \times 10^5 \text{ J/kg}$ et $L_{\text{vap}} = 2,26 \times 10^6 \text{ J/kg}$.

Tout le chapitre « Énergie de changement d'état » en seconde

- Les exercices : Énergie de changement d'état
- Le corrigé des exercices : Énergie de changement d'état
- Le TP : Énergie de changement d'état
- Le corrigé du TP : Énergie de changement d'état
- Le QCM : Énergie de changement d'état

Chapitre précédent : Mesures, incertitudes et chiffres significatifs (cours)

Chapitre suivant : Isotopes et transformations nucléaires (cours)

Retrouve aussi tous les cours de sciences physiques en seconde et le programme complet de sciences physiques en seconde.