

1 Transfert thermique lors d'un changement d'état

► Transfert thermique

Le **transfert thermique** Q est l'énergie échangée sous forme de chaleur par une espèce chimique. Il est exprimé en joule (J).

Si l'espèce chimique reçoit de l'énergie par transfert thermique, le transfert thermique est **positif** ($Q > 0$).

Si l'espèce chimique libère de l'énergie par transfert thermique, le transfert thermique est **négatif** ($Q < 0$) (FIG. 1).

► Changements d'état endothermiques et exothermiques

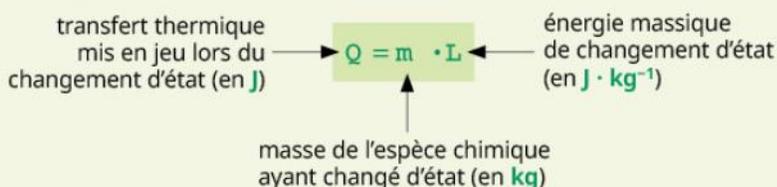
Certains **changements d'état** d'une espèce chimique nécessitent un **apport d'énergie** par transfert thermique (Q positif), ils sont **endothermiques**.

D'autres **changements d'état** de la même espèce chimique **libèrent de l'énergie** par transfert thermique (Q négatif), ils sont **exothermiques**.

EXEMPLE La vaporisation de l'eau nécessite un apport d'énergie par transfert thermique, elle est endothermique (FIG. 2).

► Énergie massique de changement d'état

Le transfert thermique Q mis en jeu lors d'un changement d'état est lié à la **masse** m de l'espèce chimique qui change d'état et à l'**énergie massique** L du **changement d'état** de l'espèce considérée.



L'énergie massique de changement d'état L dépend de l'espèce chimique considérée et du changement d'état (FIG. 3). Elle correspond à la quantité d'énergie nécessaire pour qu'un kilogramme de l'espèce chimique change d'état sous une pression donnée.

Pour un changement d'état endothermique, le transfert thermique Q et l'énergie massique L sont positifs alors que pour un changement d'état exothermique, le transfert thermique Q et l'énergie massique L sont négatifs (FIG. 4).

EXEMPLE Le transfert thermique mis en jeu lors de la vaporisation de 650 g d'eau est :

$$Q = m \cdot L_{\text{vap}} = 650 \times 10^{-3} \times 2,3 \times 10^6 = 1,5 \times 10^6 \text{ J}$$

Pour une même espèce chimique, deux changements d'états inverses ont des énergies massiques opposées.

EXEMPLE Pour l'éthanol, sous pression atmosphérique : $L_{\text{vap}} = 8,6 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ et $L_{\text{liq}} = -8,6 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$. La vaporisation d'un kilogramme d'éthanol nécessite $8,6 \times 10^5 \text{ J}$, elle est endothermique, tandis que sa liquéfaction libère $8,6 \times 10^5 \text{ J}$, elle est exothermique.

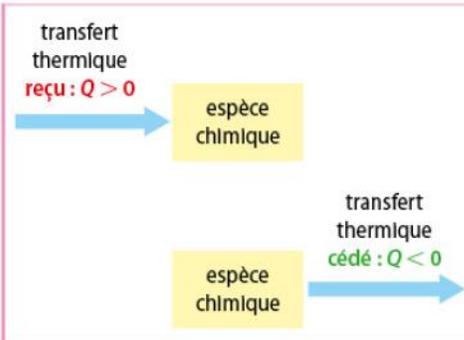


FIG. 1 Convention de signes du transfert thermique Q .



FIG. 2 La vaporisation de l'eau est endothermique.

Espèce chimique	L_{fus} (en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$)	L_{vap} (en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Dioxygène	$1,4 \times 10^4$	$2,1 \times 10^5$
Eau	$3,3 \times 10^5$	$2,3 \times 10^6$
Carbone diamant	$8,8 \times 10^6$	$6,0 \times 10^7$
Éthanol	$1,1 \times 10^5$	$8,6 \times 10^5$

FIG. 3 Valeurs des énergies massiques de fusion L_{fus} et de vaporisation L_{vap} de quelques espèces chimiques sous pression atmosphérique.

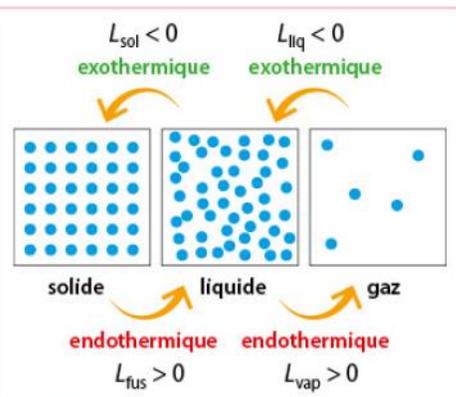


FIG. 4 Caractère endothermique et exothermique des changements d'état (sol : solidification ; liq : liquéfaction ; fus : fusion ; vap : vaporisation.)

Dans un réfrigérateur (FIG. 5), un fluide effectue un cycle pendant lequel il subit deux changements d'état inverses l'un de l'autre. Lors de sa vaporisation endothermique, le fluide absorbe de l'énergie à l'intérieur du réfrigérateur par transfert thermique. Puis lors de sa liquéfaction exothermique, le fluide cède cette énergie à l'extérieur par transfert thermique. Le principe des climatiseurs et des pompes à chaleur est similaire.

2 Transfert thermique lors d'une transformation chimique

► Transformations chimiques endothermiques et exothermiques

Un système chimique est un ensemble d'espèces chimiques susceptibles de réagir entre elles. Une transformation chimique peut modifier l'énergie que possède le système chimique.

Si au cours d'une transformation chimique, le système chimique **absorbe de l'énergie** par transfert thermique, la **transformation est endothermique**.
Au contraire, si le système **libère de l'énergie** par transfert thermique, la **transformation est exothermique**.

EXEMPLE Les combustions sont des transformations chimiques exothermiques (FIG. 6).

La dissolution du chlorure d'ammonium dans l'eau est endothermique.

Parfois, le transfert thermique libéré par un système, siège d'une transformation chimique exothermique, s'accompagne d'un dégagement d'énergie sous d'autres formes telles que le passage d'un courant électrique, la mise en mouvement ou l'apparition de lumière (FIG. 6).

► Variation de température du système, siège d'une transformation chimique

Au cours d'une transformation chimique **endothermique**, la **température** du système chimique **diminue**. Au cours d'une transformation chimique **exothermique**, la **température** du système **augmente**.

La mesure de la variation de température du système chimique lors d'une transformation chimique permet de déterminer son caractère endothermique ou exothermique.

► Influence de la masse de réactif limitant

La transformation chimique se poursuivant jusqu'à l'épuisement du réactif limitant, la masse de celui-ci influe sur la quantité d'énergie absorbée ou libérée par le système, donc sur sa variation de température.

Plus la **masse de réactif limitant** est grande, plus l'**énergie** mise en jeu et la **variation de température** sont importantes.

EXEMPLE La réaction chimique dont l'équation est donnée ci-dessous est endothermique :



Si l'hydrogencarbonate de sodium $\text{NaHCO}_3 (\text{s})$ est le réactif limitant, plus sa masse initiale est importante, plus la température finale du système sera faible.

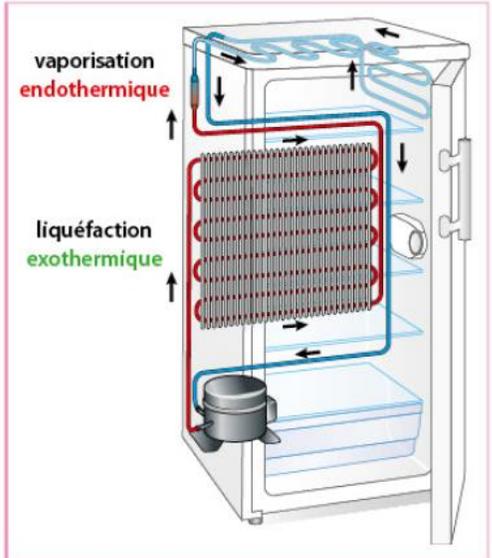


FIG. 5 Fonctionnement d'un réfrigérateur.



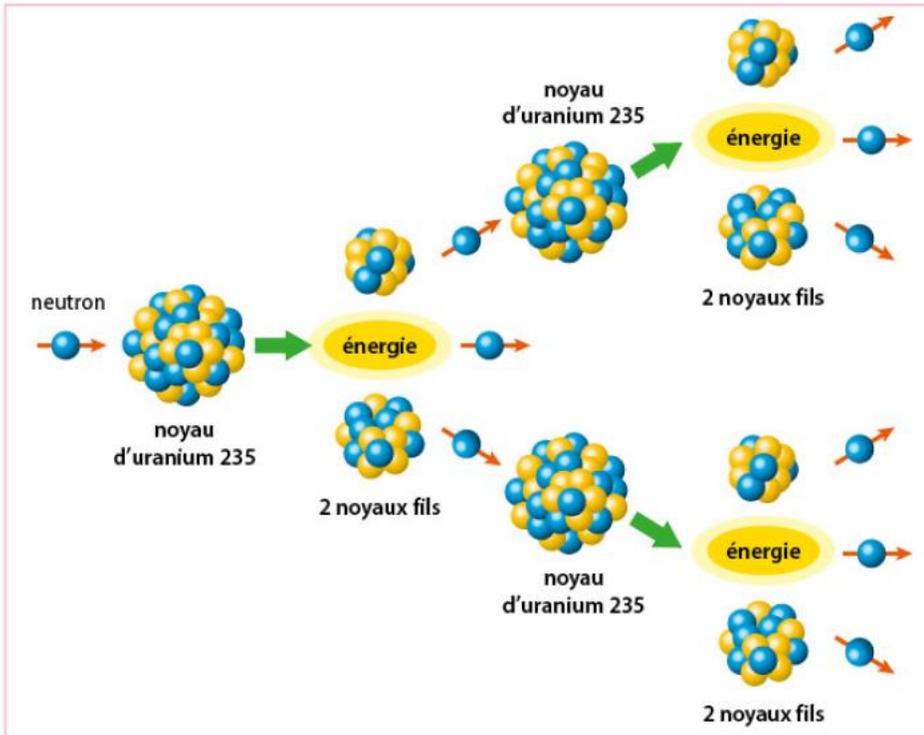
FIG. 6 La combustion du gaz propane est exothermique, il y a dégagement de chaleur et de lumière.

3 Énergie libérée par une transformation nucléaire

► Transformations nucléaires dans les centrales nucléaires

Une **centrale nucléaire** produit de l'électricité grâce à l'énergie dégagée par la **fission** de noyaux d'uranium 235.

Un neutron est projeté sur le noyau d'un atome d'uranium 235 qui se scinde en 2 noyaux fils en libérant une grande quantité d'énergie et des neutrons capables à leur tour de provoquer la fission d'autres noyaux d'uranium : il s'agit de réactions en chaîne (FIG. 7).



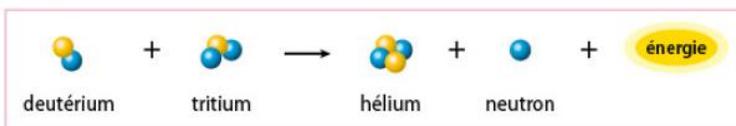
EXEMPLE Ces deux équations de fission de l'uranium 235 sont possibles :



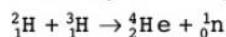
► Transformations nucléaires dans le Soleil

L'énergie libérée par le **Soleil** provient de réactions de **fusion** nucléaire.

Au cœur du Soleil, la forte densité et la température dépassant 15 millions de degrés Celsius permettent à deux noyaux légers de fusionner en libérant une grande quantité d'énergie (FIG. 8).



EXEMPLE Fusion dans le Soleil de 2 noyaux isotopes de l'hydrogène :



À masse égale, l'énergie libérée par les réactions de fusion nucléaire est environ dix millions de fois supérieure à la combustion du pétrole, et environ cent fois supérieure à celle des réactions de fission nucléaire.

APPROFONDISSEMENT SCIENTIFIQUE

En 1905, Albert Einstein énonce l'équivalence entre masse et énergie.

Une transformation nucléaire libère de l'énergie car la masse des noyaux et particules produites est inférieure à celle des noyaux et particules ayant subi la transformation nucléaire. Cette perte de masse est à l'origine de l'énergie libérée : la masse ne disparaît pas, elle se transforme en énergie.

FIG. 7 Réactions en chaîne de fission de l'uranium 235 dans une centrale nucléaire.

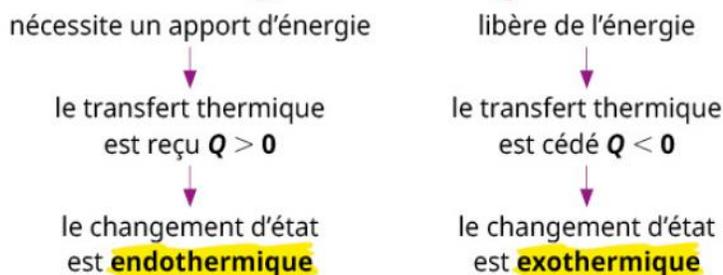
FIG. 8 Fusion dans le Soleil de deux noyaux isotopes de l'hydrogène.

1 Transfert thermique lors d'un changement d'état

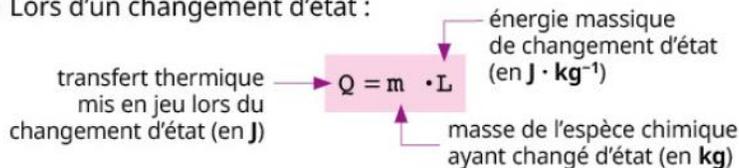
► Un **transfert thermique Q** est l'énergie échangée sous forme de chaleur par une espèce chimique. Il est exprimé en joule (J). Son signe est fixé par convention :



► Pour une espèce chimique, un **changement d'état** :



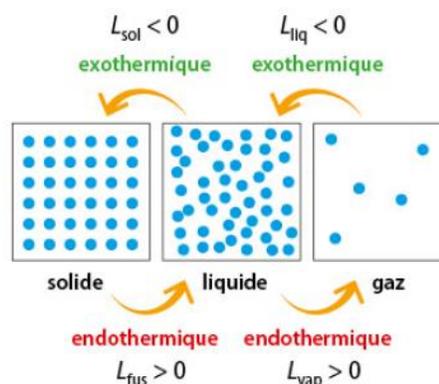
► Lors d'un changement d'état :



► L'**énergie massique de changement d'état L** dépend de l'espèce chimique considérée et du changement d'état.

Par exemple, pour l'eau :
 $L_{\text{vaporisation}} = 2,3 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

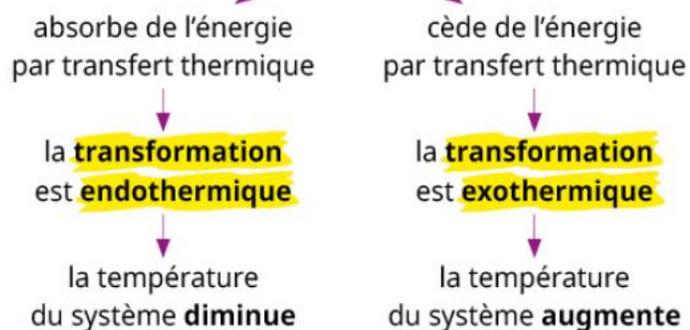
La vaporisation d'un kilogramme d'eau qui nécessite $2,3 \times 10^6 \text{ J}$ est **endothermique** tandis que sa liquéfaction qui libère $2,3 \times 10^6 \text{ J}$ est **exothermique**.



2 Transfert thermique lors d'une transformation chimique

► Une transformation chimique modifie l'énergie que possède le système chimique.

► Au cours de la transformation, le système chimique :

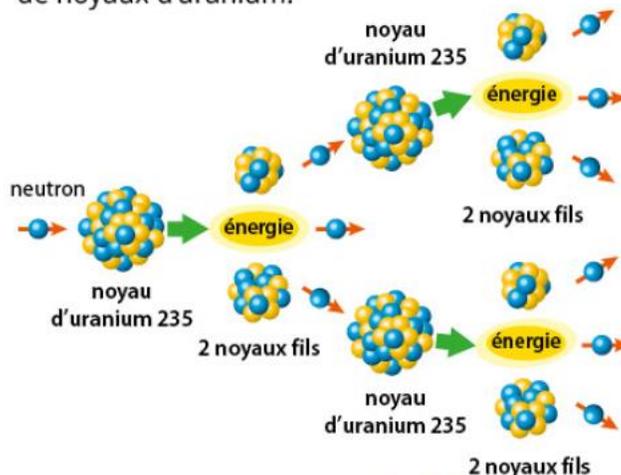


Par exemple, une combustion est une transformation chimique exothermique.

► Plus la **masse de réactif limitant** est grande, plus l'énergie mise en jeu et la variation de température sont importantes.

3 Énergie libérée par une transformation nucléaire

► Une **centrale nucléaire** produit de l'électricité grâce à l'énergie dégagée par la **fission** de noyaux d'uranium.



► L'énergie libérée par le **Soleil** provient de réactions de **fusion** nucléaire.

