

## Evolution thermique et transformation physique

Attention ! Dans ce chapitre, les systèmes subissant des évolutions ne seront que des espèces chimiques pures (pas de mélange) dans toutes les phases ; de plus, la pression sera toujours maintenue constante (mais pas forcément égale à la pression atmosphérique).

### I Action d'un apport d'énergie sur une espèce chimique

#### 1) Notion de transfert thermique

Attention à toujours bien définir le système étudié dans *chaque question* des exercices. C'est la première chose à bien présenter et à bien se représenter.  
Le système étudié va pouvoir échanger de l'énergie avec ce qu'on appelle le « milieu extérieur » ou « extérieur » du système.

	cas où le milieu extérieur apporte de l'énergie (positive) au système, par exemple 3 J	cas où le milieu extérieur capte de l'énergie (positive) au système, par exemple 8 J
schématisation du transfert thermique Q	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;">extérieur</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;">système</div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;">extérieur</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;">système</div> </div>
Signe de Q		
comment varie l'énergie E du système ?		
signe de la variation d'énergie du système ΔE		
Lien entre Q et ΔE		

En physique, une fois qu'on a défini un système, on parlera toujours désormais de l'énergie qu'il reçoit de l'extérieur, appelée transfert thermique, qui est une grandeur algébrique (c'est-à-dire soit ..... soit .....). Il faut alors interpréter correctement cette valeur.  
En appelant Q le transfert thermique algébrique reçu par le système et E l'énergie de ce système, on trouve ainsi dans les deux cas le fait que  
Il faut ensuite interpréter correctement cette égalité suivant le signe de Q :  
Q = + 3 J signifie que .....  
Q = - 8 J signifie que .....

#### 2) Cas de deux systèmes en contact l'un de l'autre et isolés de l'extérieur et généralisations à n systèmes

On considère deux systèmes qui peuvent échanger de l'énergie entre eux **mais pas avec l'extérieur**. On note Q le transfert thermique (algébrique) reçu par le système 1 de la part du système 2 et Q' le transfert thermique (algébrique) reçu du système 2 de la part du système 1. Schéma correspondant :



Si l'un reçoit par exemple 5 J, .....  
Que peut-on dire de Q et Q' ? .....  
On écrit plus directement : .....

En généralisant, pour n (sous)systèmes qui échangent de l'énergie uniquement les uns avec les autres, en notant Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> etc. leurs transferts thermiques algébriques, on peut écrire directement (et on utilisera cela en permanence) :  
.....  
C'est une conséquence du principe de conservation de l'énergie (cf partie 4 sur l'énergie du programme)

### 3) Quelle est la conséquence d'un transfert thermique sur une espèce chimique pure ?

On observe soit un ..... (§II)

Condition :

Ou on observe un ..... (§III)

Condition :

Ou les deux mais l'un après l'autre.

Dans le cas où plusieurs systèmes peuvent échanger de l'énergie les uns entre les autres, ces échanges cesseront complètement lorsque la température sera la ..... On dit alors qu'on .....

Dans les exercices, il faut essayer de prévoir, avant les calculs, à peu près cette température finale qui est souvent l'inconnue à trouver.

## II Cas du changement de température

### 1) Les différentes possibilités

On considère un système particulier correspondant à une espèce chimique pure, sous une pression donnée, recevant un transfert thermique  $Q$ .

	$Q > 0$	$Q < 0$
Comparaison $T_i$ et $T_f$		
Signe de $\Delta T$		
Comparaison état physique $i$ et état physique $f$		
Comparaison des énergies $E_i$ et $E_f$ du système		
Signe de $\Delta E$		

### 2) Capacité massique

On veut faire passer un échantillon d'une espèce chimique pure d'un état initial de température  $T_i$  à un état final de température  $T_f$ . Il faut donc que cet échantillon reçoive un transfert thermique  $Q$ .

$Q$  dépend de

$Q$  se met ainsi sous la forme :

$c_m$  est appelée capacité thermique massique, c'est une grandeur qui dépend de l'espèce considérée uniquement (en première approximation) et qui est positive :

Exemples :

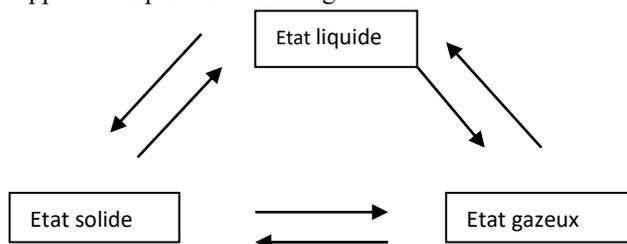
espèce	$c_m$ ( $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ )
Eau (l)	$4,18 \cdot 10^3$
Ethanol (l)	$2,48 \cdot 10^3$
Benzène (l)	$1,83 \cdot 10^3$
Cuivre (s)	$3,9 \cdot 10^2$
Fe (s)	$4,6 \cdot 10^2$

Interprétation des valeurs de capacité thermique massique :

### III Cas du changement d'état

#### 0) Rappel sur les changements d'état

Une espèce chimique pure, sous une pression donnée, passe d'un état physique n°1 à un état physique n°2 à température ..... et invariable appelée température de changement d'état.



Ces températures de changement d'état, pour une pression donnée, sont des caractéristiques de l'espèce étudiée

Exemple :  
 eau sous pression atmosphérique (environ  $1.10^5$  Pa) :  
 Eau sous une pression de  $2.10^4$ Pa : la température d'ébullition chute à  $60^\circ\text{C}$ .  
 Ethanol sous pression atmosphérique :  $-117^\circ\text{C}$   $79^\circ\text{C}$   
 Dioxyde de carbone sous pression atmosphérique  $-78^\circ\text{C}$

#### 1) Les différentes possibilités

On considère un système particulier correspondant à une espèce chimique pure, sous une pression donnée, recevant un transfert thermique  $Q$  et qui subit un changement d'état (possible que si on est à la température du changement d'état). Tout est relatif, dans le tableau suivant, au système entier comportant éventuellement deux phases physiques de la même espèce chimique.

	$Q > 0$	$Q < 0$
Comparaison $T_i$ et $T_f$		
Signe de $\Delta T$		
Comparaison état physique $i$ et état physique $f$		
Comparaison des énergies $E_i$ et $E_f$ du système		
Signe de $\Delta E$		

Remarque : il peut arriver que la valeur de  $Q$  soit trop faible pour faire passer entièrement le système de l'état physique 1 à l'état physique 2. Dans ce cas, on trouvera dans l'état final une partie du système qui sera passé dans l'état physique 2, le reste étant toujours dans l'état physique 1. Exemple : un glaçon de 8 g fond au soleil...

#### 2) Energie massique de changement d'état

On veut faire passer un échantillon d'une espèce chimique pure d'un état initial *entièrement dans un état physique 1*, à un état final *entièrement dans un état physique 2*, la température ne variant pas (étant égale à celle du changement d'état). Il faut donc que cet échantillon reçoive un transfert thermique  $Q$ .

$Q$  dépend de

$Q$  se met ainsi sous la forme :

$L$  est appelée énergie massique de changement d'état, c'est une grandeur qui dépend de l'espèce considérée uniquement (en première approximation) et qui est positive pour  $L_{\dots\dots\dots}$ ,  $L_{\dots\dots\dots}$ , et  $L_{\dots\dots\dots}$  mais négative pour ..... car .....

Exemples :

espèce	$L_{\text{fusion}} (\text{J.kg}^{-1})$	$L_{\text{solidif}} (\text{J.kg}^{-1})$	$L_{\text{vaporisation}} (\text{J.kg}^{-1})$
dioxygène	$1,4.10^4$		$2,1.10^5$
eau	$3,3.10^5$		$2,3.10^6$
Carbone diamant	$8,8.10^6$		$6,0.10^7$

Interprétation des valeurs des énergies massiques :

### 3) Détermination de l'énergie massique de fusion de la glace $L_{\text{fusion, glace}}$

Les deux élèves les plus gourmands de la 1ereS6 attendent l'été avec impatience pour savourer les glaçons aromatisés au soleil.  $E_A$  explique à  $E_B$  que la sensation de frais provient du fait que la bouche doit transmettre de l'énergie  $Q_A$  au glaçon pour lui permettre de passer de la température du réfrigérateur à la température de  $0^\circ\text{C}$  au moment où il commence à fondre.  $E_B$  lui indique que c'est surtout le passage de glace à liquide du glaçon qui provoque cette sensation de frais correspondant au transfert  $Q_B$ . Arriverez-vous à les départager ?

*Données :*

Capacité thermique massique de l'eau solide ou glace :

$$c_{\text{glace}} = 2,10 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

Capacité thermique massique de l'eau liquide :

$$c_{\text{eau,liq}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

La capacité de fusion de la glace notée  $L$  pour simplifier est à déterminer expérimentalement (voir a)

Chaque sucette glacée a une masse de 20 g. Elle peut être assimilée à l'espèce pure eau en première approximation.



#### a) Détermination de $L$

##### i) Matériel

Calorimètre (dewar) récipient permettant de limiter les transferts thermiques entre son intérieur et son extérieur, thermomètre, balance, papier absorbant, papier alu, éprouvette, cristalliseur ou bassine, pince, glaçons, eau.

##### ii) Protocole

(\*) On veut obtenir quelques glaçons à  $0^\circ\text{C}$  alors qu'ils sortent du réfrigérateur à  $-18^\circ\text{C}$ . Proposer sur feuille un protocole afin de les obtenir à  $0^\circ\text{C}$  rapidement. Le professeur mettra en place le dispositif. On notera  $T_{\text{eau glace } i} = 0^\circ\text{C}$

- Verser  $m_{\text{eau liq, } i} = 200 \text{ g}$  dans le calorimètre. Placer le couvercle et relever la température une fois que celle-ci s'est stabilisée.  $T_{\text{eau liq } i} =$
- Essuyer 3 ou 4 glaçons sur le papier absorbant, déterminer très rapidement leur masse  $m_{\text{eau glace, } i}$  puis les introduire très rapidement dans le calorimètre. Pourquoi très rapidement ?
- Agiter doucement et continuellement et observer l'évolution de la température de l'eau dans le calorimètre. Noter sa valeur  $T_{\text{eau liq } f}$  une fois que tous les glaçons sont fondus et que la température est devenue homogène dans le calorimètre.

##### iii) Détermination guidée de $L$

On considère les deux sous-systèmes (aller relire les paragraphes précédents du cours) suivants : l'eau liquide initialement de masse 200 g (système 1) et l'eau sous forme de glaçons initialement (système 2)

(\*) Quel est le signe du transfert thermique  $Q_1$  reçu par le système 1 au cours de l'expérience ?

(\*) Quel est le signe du transfert thermique  $Q_2$  reçu par le système 2 au cours de l'expérience ?

(\*) Système 1 : après avoir bien visualisé le passage de l'état initial à l'état final de ce système, donner l'expression littérale de  $Q_1$  en fonction des données de l'énoncé et de l'expérience, notamment de  $c$ .

Système 2 : on va décomposer l'évolution du système 2 en deux parties :

- Pendant la première, les glaçons fondent à température constante de  $0^\circ\text{C}$ . Déterminer l'expression littérale  $Q_2'$  du transfert thermique reçu par le système pendant cette première partie en fonction des données et notamment  $L$ . (Réponse  $Q_2' = m_{\text{eau, glace, } i} * L$  car toute la masse  $m_{\text{eau, glace, } i}$  passe de l'état solide à l'état liquide)

- Dans la seconde partie, l'eau qui est devenue liquide s'échauffe jusqu'à la température finale.

(\*) Déterminer l'expression du transfert  $Q_2''$  reçu par le système pendant cette seconde partie en fonction des données.

(\*) Quel lien existe entre  $Q_2$ ,  $Q_2'$  et  $Q_2''$  ? Quel lien existe entre  $Q_1$  et  $Q_2$  ?

(\*) En déduire une relation entre  $m_{\text{eau liq } i}$ ,  $m_{\text{eau glace } i}$ ,  $c$ ,  $T_{\text{eau liq } i}$ ,  $T_{\text{eau liq } f}$ ,  $T_{\text{eau glace } i}$  et  $L$ .

(\*) En déduire l'expression littérale complète de  $L$ .

Déterminer la valeur de  $L$  en TP.

#### b) Validation

Qui des deux élèves a raison ? Votre preuve devra être particulièrement bien menée et présentée.