

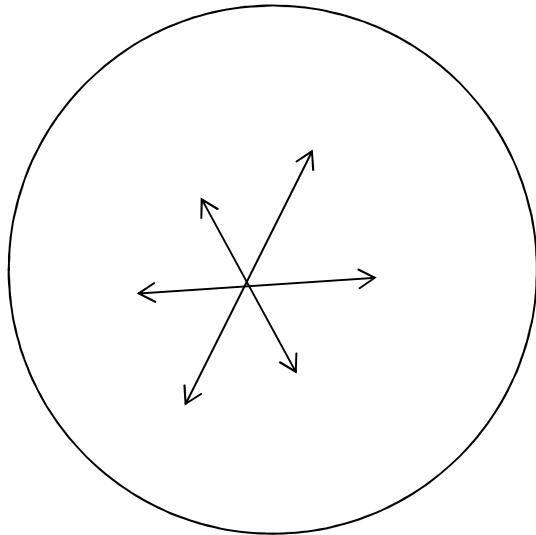
Eléments de calorimétrie

Richard Saurel

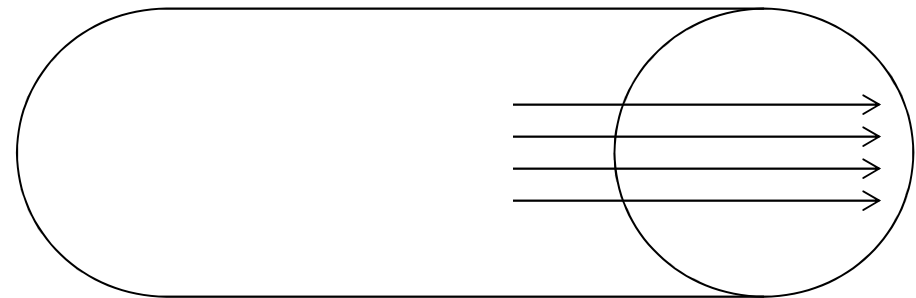
Notion de température (1)

- La température T d'un corps est une propriété globale d'un système (à l'opposé de propriétés locales telles que la vitesse par exemple).
- La température n'est donc définissable que pour une ensemble de molécules.
- La température a une origine microscopique. C'est une mesure de l'agitation cinétique moyenne des molécules qui composent le système.

Ne pas confondre avec l'énergie cinétique due au transport des molécules dans un écoulement:



Agitation moléculaire → température



Mouvement moyen dans une
conduire → énergie cinétique

Notion de température (2)

- La température possède un zéro absolu en deçà duquel la température ne peut descendre:

$$0 \text{ K} = - 273,15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$$

Il est plus au moins facile de faire augmenter la température d'un corps. Ceci dépend justement de la substance, comme nous le verrons plus loin.

Notion de chaleur

En chauffant un corps, sa température augmente.

On a donc communiqué quelque chose qui n'est pas **matériel**.

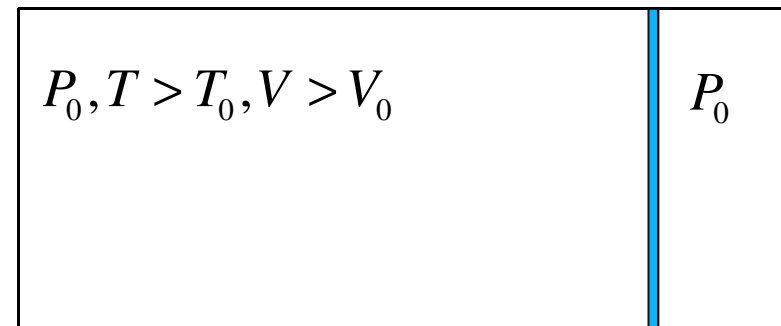
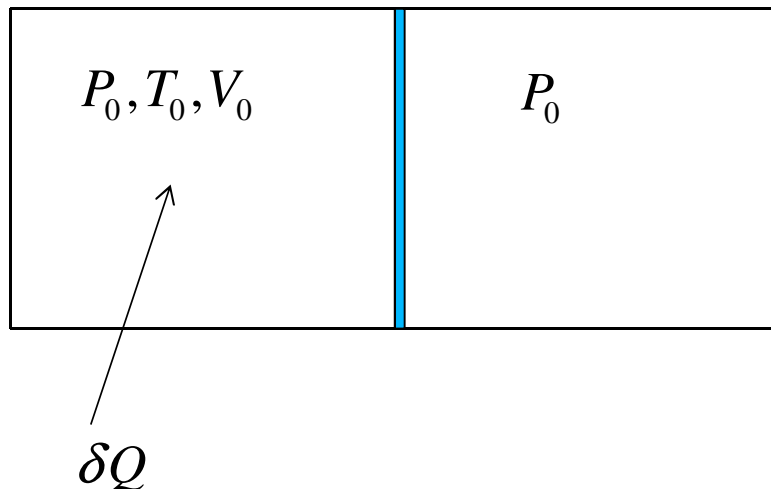
Aucune matière n'a été transférée et pourtant un changement s'est opéré.

On notera δQ la chaleur transmise d'une source **chaude** à un corps **froid** (toujours dans le sens chaud \rightarrow froid).

Deux corps en contact échangent de la chaleur jusqu'à atteindre une température d'équilibre.

Chaleur \rightarrow travail

- Si on chauffe un gaz en lui transmettant de la chaleur T augmente mais aussi P .
- Si on laisse le gaz pousser un piston, celui-ci se déplacera jusqu'à ce que la pression soit celle de l'extérieur.



$$\Delta W = -P_0 \Delta V = -P_0 (V - V_0) < 0$$

(travail perdu pour le système)
(gagné pour l'utilisateur)

Chaleur spécifique

- Certains corps sont plus difficiles à chauffer que d'autres. Certains corps sont plus efficaces que d'autres pour stocker de l'énergie.

$$\Delta Q = m C \Delta T$$

C = *chaleur spécifique* = *capacité calorifique*

C est généralement assez constant sur de plages de températures importantes (plusieurs centaines de degrés)

Quelques chaleurs spécifiques

<i>Elément</i>	<i>C(J / kg / K)</i>
<i>Al</i>	902
<i>Cu</i>	384
<i>Hg</i>	138
<i>Ag</i>	238
<i>Eau liquide</i>	4180
<i>Fe</i>	443
<i>Au</i>	129
<i>S(s)</i>	731
<i>H₂(liquide)</i>	13125
<i>He(liquide)</i>	5183

Les liquides ont en général des capacités calorifiques bien supérieures à celles des solides:
Molécules plus 'mobiles', plus aptes au stockage d'énergie.

Chaleur latente et changement de phase

- Solide → Liquide
 - Liquide → Gaz
- Etc.

On fournit à un bocal d'eau ouvert contenant 1 litre une quantité de chaleur de 1 kcal (1 cal = 4,18 J). La température augmente de 1K.

On renouvelle l'opération et la température continue à augmenter.

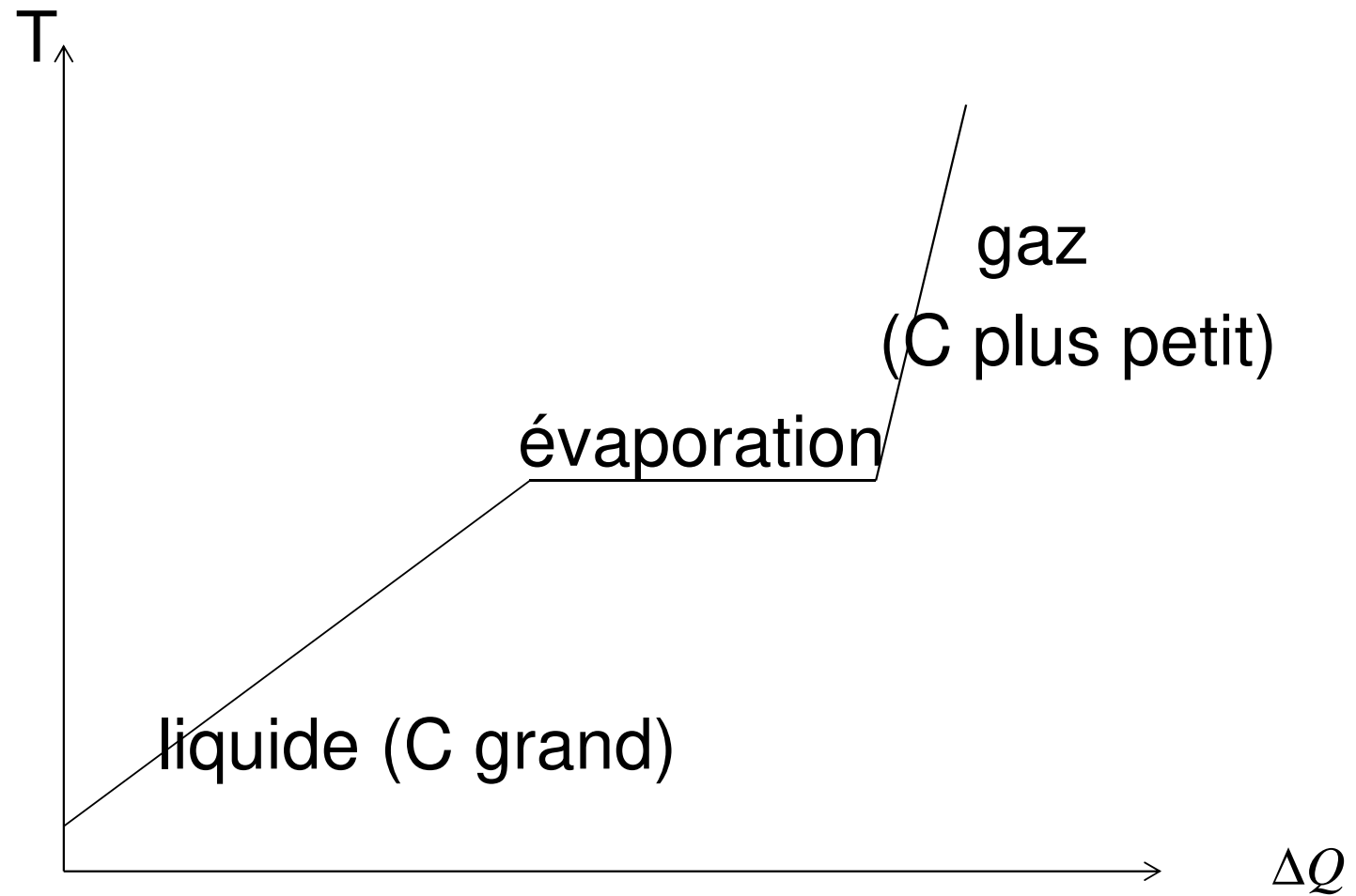
Arrivé à 100°C, on ajoute encore de la chaleur mais la température d'augmente plus.

A la place de la vapeur apparait.

Il faut ajouter $2.2 \cdot 10^6 \text{ J / kg}$ pour évaporer toute l'eau liquide.

Au delà, la vapeur augmentera en température si on continue à ajouter de la chaleur.

Évolution caractéristique



Expansion linéaire des solides (dilatation)

- On chauffe un barreau de solide et on mesure son allongement en fonction de la température

$$\frac{\Delta L}{L_0} \sim \Delta T \Rightarrow \Delta L \sim L_0 \Delta T \Rightarrow \Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

α coefficient de dilatation linéaire

<i>Substance</i>	<i>$\alpha(10^{-6} K^{-1})$</i>
<i>Al</i>	24
<i>Cu</i>	14
<i>Verre</i>	4–9
<i>Quartz</i>	0.4
<i>Acier</i>	12

Dilatation de surfaces et volumes

$$S = L_1 L_2$$

et

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \Rightarrow L - L_0 = \alpha L_0 \Delta T \Rightarrow L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\text{Donc } S = L_{01} (1 + \alpha \Delta T) L_{02} (1 + \alpha \Delta T) \cong L_{01} L_{02} (1 + 2\alpha \Delta T)$$

car $\alpha^2 \Delta T^2$ est négligeable

Pour les volumes

$$V = V_0 (1 + 3\alpha \Delta T)$$

Mesures de quantité de matière

- N nbe de particules, atomes ou molécules
- n nbe de moles = N/N_{Avogadro}

$$N_{\text{Avogadro}} = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ part / mole}$$

- **Masse** $m = n\hat{M}$ avec \hat{M} la masse molaire

<i>Substance</i>	\hat{M} (kg / mol)
<i>H₂O</i>	$18 \cdot 10^{-3}$
<i>H₂</i>	$2 \cdot 10^{-3}$
<i>C</i>	$12 \cdot 10^{-3}$
<i>N</i>	$14 \cdot 10^{-3}$