

TRAVAIL - TD SÉANCE 4

CALORIMETRIE

Échanges de chaleur donnent lieu

→ Changement de température (chaleur sensible)

→ Changement de phase (chaleur latente)

Changement de température

Énergie interne : $U(T, V)$

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T dV$$

$= C_V$: capacité calorifique à volume constant

Lors d'une transformation **isochore**, les échanges de chaleur s'écrivent :

$$\left. \begin{array}{l} \begin{array}{c} T_2 \\ \uparrow \\ T_1 \end{array} \\ \begin{array}{l} \delta Q = C_V dT \\ Q = \int_{T_1}^{T_2} \delta Q \end{array} \end{array} \right\} \text{Isochore}$$

Enthalpie : $H(T, p)$

$$dH = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p dT + \left(\frac{\partial H}{\partial p} \right)_T dp$$

$= C_p =$ Capacité calorifique à pression constante

Pour une transformation isobare, les échanges de chaleur s'écrivent

Etat 1
↗
Etat 2

$$\delta Q = C_p dT$$
$$Q = \int \delta Q = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

Dans le cas où C_v ou C_p sont constants.

→ isochore : $Q = \int_{T_1}^{T_2} C_v dT = C_v (T_2 - T_1)$

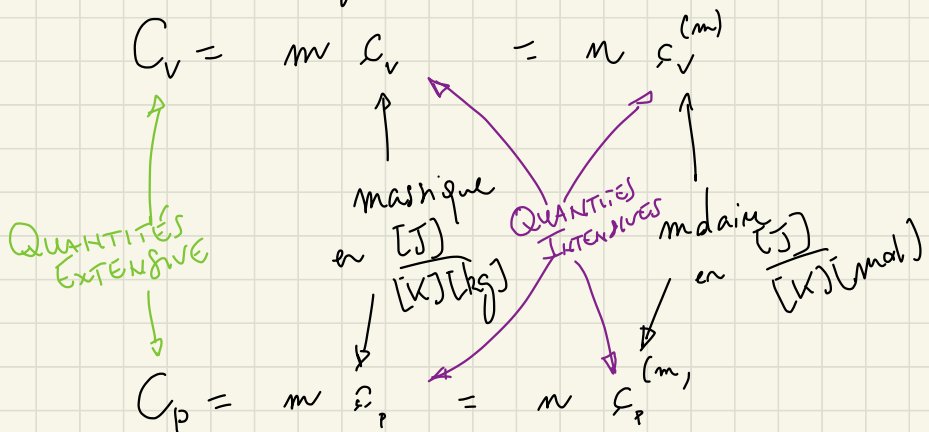
→ isobare : $Q = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT = C_p (T_2 - T_1)$

Unités

$$C_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v \propto \frac{[J]}{[K]}$$

$$C_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p \propto \frac{[J]}{[K]}$$

Versions massiques et molaire :



Notation : quelle est la différence entre les chaleurs reçues δQ et Q ?

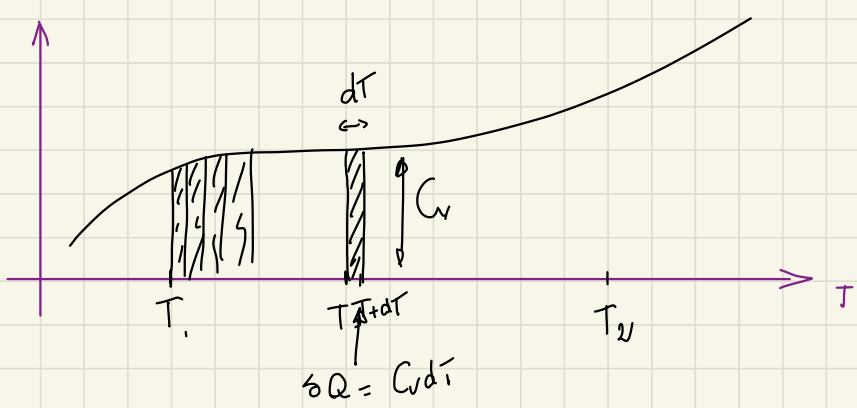
$$Q = \int \delta Q$$

δQ : forme linéaire = une chaleur reçue lors d'une transformation infinitésimale

→ isochore : supposons que la température varie entre T et $T + dT$, alors la chaleur échangée est $\delta Q = C_v dT$

la forme n'est pas exacte
 = Q n'est pas une grandeur d'état
 mais une
 GRANDEUR DE TRANSFORMATION

Transformation isochore C_V



$$Q = \int_{T_1}^{T_2} C_V dT = \int \delta Q$$

EXERCICE 6

grandeur massique (intensive) $C_p(T)$

TRANSFORMATION ISOBARE :

$$C_p(T) = A_0 - \frac{A_1}{T} + \frac{A_2}{T^2} \quad \text{en } J/K/g$$

Units: $J/g/K$, J/g , $J/K/g$

$$\begin{cases} \delta Q = m C_p(T) dT \\ Q = \int m C_p(T) dT \end{cases}$$

(1) $n = 1 \text{ mol} \Rightarrow m = M n$

masse molaire = $12 \text{ g/mol} + 16 \text{ g/mol}$
 $= 28 \text{ g/mol}$

$m = 28 \text{ g}$

(2) $Q = \int m \left(A_0 - \frac{A_1}{T} + \frac{A_2}{T^2} \right) dT$

$$= m A_0 \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T} dT - m A_1 \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T} dT + m A_2 \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T^2} dT$$

$$\text{on } \begin{cases} T_1 = 27 + 273,15 = 300,15 \text{ K} \\ T_2 = 127 + 273,15 = 400,15 \text{ K} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow Q &= m A_0 [T]_{T_1}^{T_2} - m A_1 [\ln T]_{T_1}^{T_2} + m A_2 \left[-\frac{1}{T} \right]_{T_1}^{T_2} \\ &= m A_0 (T_2 - T_1) - m A_1 (\ln T_2 - \ln T_1) \\ &\quad + m A_2 \left(-\frac{1}{T_2} + \frac{1}{T_1} \right) \end{aligned}$$

$$Q = 3716 \text{ J}$$

EXERCICE 3

ETAT LIQUIDE

$$\begin{aligned} m &= 1 \text{ kg} \\ T_1 &= 17^\circ \text{C} \\ P_0 &= 1 \text{ atm} \end{aligned}$$

Etat initial

Q_1

Etat intermédiaire 1

ETAT LIQUIDE

$$\begin{aligned} m &= 1 \text{ kg} \\ T_0 &= 0^\circ \text{C} \\ P_0 &= 1 \text{ atm} \end{aligned}$$

Q_2

ETAT SOLIDE

$$\begin{aligned} m &= 1 \text{ kg} \\ T_0 &= 0^\circ \text{C} \\ P_0 &= 1 \text{ atm} \end{aligned}$$

ETAT SOLIDE

$$\begin{aligned} m &= 1 \text{ kg} \\ T_2 &= -10^\circ \text{C} \\ P_0 &= 1 \text{ atm} \end{aligned}$$

Etat final

Q_3

Etat intermédiaire 2

Q_1 et Q_3 vont s'exprimer via un échange de chaleur sensible

Q_2 via un échange de chaleur latente.

$$Q_2 = -m L_f$$

Chaleur latente
de fusion

$$\begin{aligned} Q_1 &= \int_{T_1}^{T_0} m C_e dT \\ &= m C_e \int_{T_1}^{T_0} 1 dT \\ &= m C_e [T]_{T_1}^{T_0} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_3 &= \int_{T_0}^{T_2} m C_s dT \\ &= m C_s \int_{T_0}^{T_2} 1 dT \\ &= m C_s [T]_{T_0}^{T_2} \end{aligned}$$

$$Q_1 = m C_e (T_0 - T_1)$$

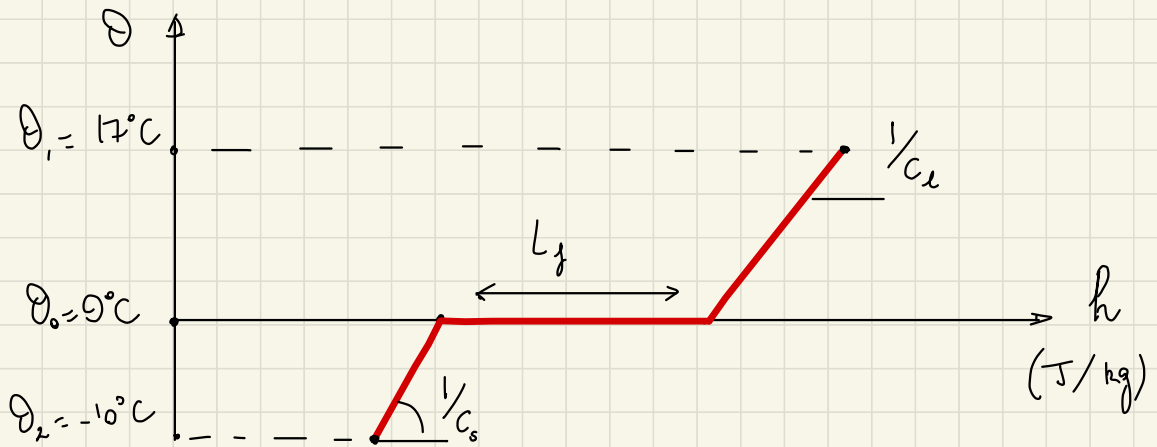
$$Q_3 = m C_s (T_2 - T_0)$$

La chaleur perdue à la masse est la chaleur

cédée par cette dernière : $-(Q_1 + Q_2 + Q_3)$

(par convention, Q_1 , Q_2 et Q_3 sont des chaleurs reçues par le système, c'est à dire la masse d'eau ici)

$$\text{A.N: } -(Q_1 + Q_2 + Q_3) = 427 \text{ kJ}$$



EXERCICE 4

$m_1 = 150\text{g}$ SOLIDE $T_1 = 0^\circ\text{C}$	$m_2 = 500\text{g}$ LIQUIDE $T_2 = 50^\circ\text{C}$
----------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

Soit la glace fond
entièrement
(T à déterminer)

EXERCICE 4

(à la maison)

Soit la glace fond
partiellement
($T = 0^\circ\text{C}$ et l'inconnue
est la quantité de glace
restante)

EXERCICE 5
(mercredi)

A	B
$m_1 = 150g$	$m_2 = 500g$
SOLIDE	LIQUIDE
$T_1 = 0^\circ C$	$T_2 = 50^\circ C$

A	B
$m_1 + m_2 = 650g$	
LIQUIDE	
T_1 à déterminer	

ETAT INITIAL

①

A	B
$m_1 = 150g$	$m_2 = 500g$
LIQUIDE	LIQUIDE
$T_1 = 0^\circ C$	$T_3 = ?$

ETAT FINAL

②

Sous-système A

ETAT INTERMEDIAIRE

$$Q_1^A = (\text{chaleur latente})$$

$$Q_1^B = (\text{chaleur sensible})$$

$$Q_2^A = (\text{chaleur sensible})$$

c_s ou c_e ?

$$Q_2^B = (\text{chaleur sensible})$$

$$(Q^A + Q^B = 0 \Rightarrow (Q_1^A + Q_2^A) + (Q_1^B + Q_2^B) = 0)$$

T_3 va disparaître

Ne rester qu'une équation par T

A résoudre