SÉANCE 4 - GROUPE 2

CALORIMÉTRIE
(ÉCHANGE DE CHALEUR)

GRANDEUR DE TRANSFORMATION

Q

↑

Transformations intégrales

$$\left(\text{Ex : } T_1 \to T_2 \right)$$

δQ

Forme différentielle totale exacte

↑

Transformations infinitésimale

$$\left(\text{Ex : } T \longrightarrow T + dT \right)$$

$$Q = \int \delta Q$$

Ces échanges donnent lieu à deux phénomènes physiques :

→ Changement de température = CHALEUR SENSIBLE

→ Changement de phase = CHALEUR LATENTE

Chaleur sensible

ÉNERGIE INTERNE

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

$$= C_V = \text{capacité calorifique à volume constant}$$

Pour une transformation isochore : $\boxed{\delta Q = C_V \, dT}$

ENTHALPIE $\quad H(T, P) \longrightarrow dH = \left(\dfrac{\partial H}{\partial T}\right)_P dT + \left(\dfrac{\partial H}{\partial b}\right)_T dP$

$= C_p =$ capacité calorifique
à pression constante

Pour une transformation isobare :

$$\delta Q = C_p\, dT$$

Ces coefficients sont des quantités extensives (c'est
à dire qu'elles dépendent de la taille du système)

$$\begin{array}{ccccc}
C_V &=& m\, C_V &=& n\, C_V^{(m)} \\
C_p &=& m\, C_p &=& n\, C_p^{(m)}
\end{array}$$

GRANDEURS
INTENSIVES

en J/K $\qquad$ en J/K/kg $\qquad$ en J/K/mol

Chaleur latente

Transformation isotherme.

$$Q = m\, L$$

$\nwarrow$ kg

$\underset{J}{\nearrow}$

$\searrow$ J/kg

EXERCICE 6

$$Q = \int \delta Q$$

$$= \int_{T_1}^{T_2} m \, c_p(T) \, dT \qquad \text{au} \begin{cases} T_1 = 27 + 273,15 \\ \quad = 300,15 \, k \\ T_2 = 400,15 \, k \end{cases}$$

avec $\quad c_p(T) = A_0 - \dfrac{A_1}{T} + \dfrac{A_2}{T^2}$

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} m \left(A_0 - \frac{A_1}{T} + \frac{A_2}{T^2} \right) dT$$

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

$$= m A_0 \left[T \right]_{T_1}^{T_2} - m A_1 \left[\ln T \right]_{T_1}^{T_2} + m A_2 \left[-\frac{1}{T} \right]_{T_1}^{T_2}$$

$$= m A_0 \left(T_2 - T_1 \right) - m A_1 \left[\ln(T_2) - \ln(T_1) \right]$$

$$\qquad\qquad\qquad\qquad + m A_2 \left(-\frac{1}{T_2} + \frac{1}{T_1} \right)$$

$$m = M \, n = \left(\underset{\underset{C}{\uparrow}}{12} + \underset{\underset{O}{\uparrow}}{16} \right) \times 1 = 28 \, g$$

$$\left(\int_a^b f'(x) \, dx = \left[f(x) \right]_a^b = f(b) - f(a) \right)$$

EXERCICE 3

ÉTAT INITIAL

$m = 1 \, kg$
LIQUIDE
$T_1 = 17°C$
$P_0 = 1 \, atm$

ÉTAT FINAL

$m = 1 \, kg$
SOLIDE
$T_2 = -10°C$
$P_0 = 1 \, atm$

Q_1 SENSIBLE

Q_3 SENSIBLE

ÉTAT INTERMÉDIAIRE 1
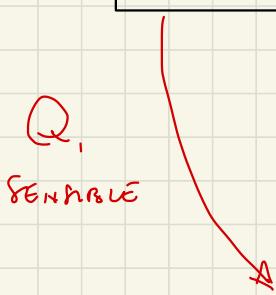
$m = 1 \, kg$
LIQUIDE
$T_0 = 0°C$
$P_0 = 1 \, atm$

Q_2 LATENTE

ÉTAT INTERMÉDIAIRE 2

$m = 1 \, kg$
SOLIDE
$T_0 = 0°C$
$P_0 = 1 \, atm$
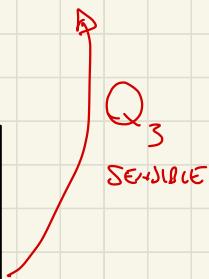
$\boxed{Q_2 = - m \, L_f}$

$\left(L_f : \text{CHALEUR LATENTE de fusion} \right)$

$$Q_1 = \int_{T_1}^{T_0} m \, c_l \, dT$$

$$Q_3 = \int_{T_0}^{T_2} m \, c_s \, dT$$

$$Q_1 = m \ c_\ell [T]_{T_1}^{T_0} \qquad\qquad Q_3 = m \ c_s \ [T]_{T_0}^{T_2}$$

$$Q_1 = m \ c_\ell (T_0 - T_1) \qquad\qquad Q_3 = m \ c_s (T_2 - T_0)$$

La quantité de chaleur prélevée à la masse
d'eau : $- (Q_1 + Q_2 + Q_3)$

(par convention Q_1, Q_2 et Q_3 sont des chaleurs

reçues).

On trouve la valeur . $427 \ kJ$

moins raide

$\theta \ (^\circ C)$

$17^\circ C$

plus
raide
car $c_s < c_\ell$
donc $1/c_s > 1/c_\ell$

$c_s < c_\ell$
$1/c_\ell$

L_f

$1/c_\ell$

$0^\circ C$

$h \ (kJ/k)$

$1/c_s$

$-10^\circ C$
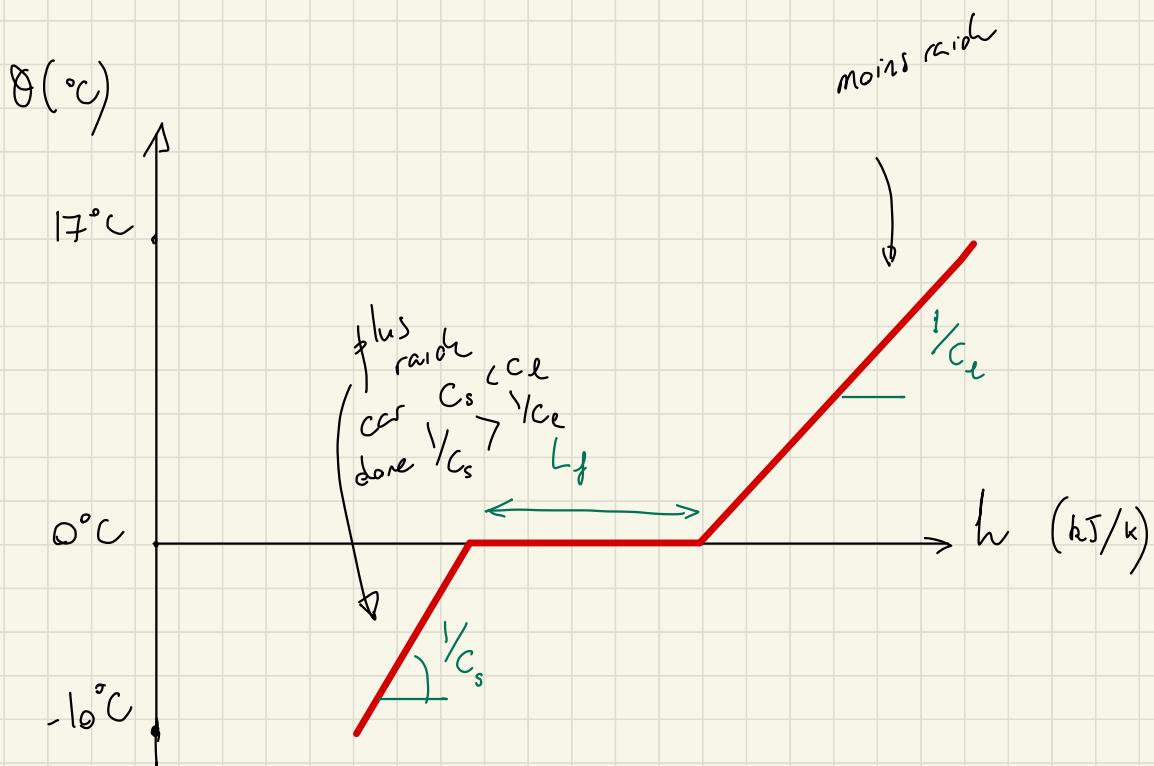
EXERCICE 4   (pression atmosphérique)

$m_1 = 150g$	$m_2 = 500g$
$T_1 = 0°C$	$T_2 = 50°C$
SOLIDE	LIQUIDE
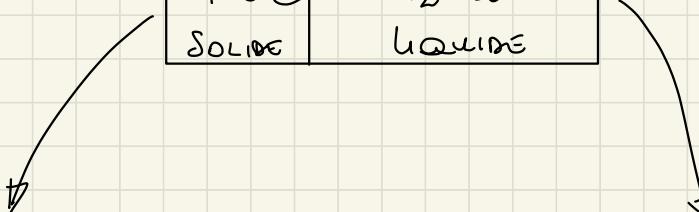
CHANGEMENT D'ÉTAT COMPLET ?

Température finale ?
(tout liquide)

EXERCICE 4

CHANGEMENT D'ÉTAT PARTIEL ?

Mélange eau liquide + solide
=> 0°C

Composition ?

EXERCICE 5