SEANCE TD 6 - 1S1

La dernière fois : calorimétrie

ECHANGES DE CHALEUR

Q ← Transformation intégrale

δQ ← Transformation infinitésimale

$$Q = \int_{E.I.}^{E.F.} \delta Q$$

$$\delta Q = \begin{cases} C_v \, dT & \text{pour une transformation isochore} \\ C_p \, dT & \text{pour " " isobare} \end{cases}$$

CHALEUR SENSIBLE (chgt de temp.)

où $\begin{cases} C_v = \left(\dfrac{\partial U}{\partial T}\right)_V \\ C_p = \left(\dfrac{\partial H}{\partial T}\right)_P \end{cases}$

CAPACITES CALORIFIQUES = CHALEUR SPECIFIQUE

$\delta Q = L$ chaleur latente pour changement phase

Les échange d'énergie existent pour des systèmes simples s'opèrent via les échanges :

→ de chaleur (TD2)

→ de travail (des forces de pression)

Concernant les échanges de travail, il s'agit du même travail que celui abordé au lycée :

S : $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{l}$

STD-2D : $W = \vec{F} . L . \cos \theta$

En thermo, le travail est celui des forces de pression :

$F = -P_{ext} S$ où $\begin{cases} S \text{ est la surface} \\ P_{ext} \text{ est la pression} \end{cases}$

En effet. P_{ext} peut être tantôt la valeur de la pression du système (transformation quasi statique, soit $P_{ext} = P$), tantôt une autre valeur supposée constante à déterminer dans un exercice (transformation brutale ou irréversible).

La dualité Q / δQ est préservée ici-aussi.

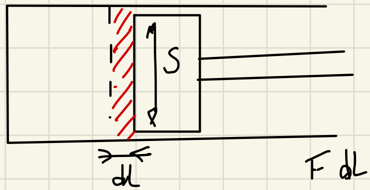
$$W \longleftarrow W = \int \delta W \longleftarrow \delta W$$

ce n'est pas une ~~différentielle totale~~ exacte

W (comme Q) est une grandeur de transformation (par opposition à une grandeur d'état)

En résumé : $\delta W = -P_{ext}\, dV$ où $P_{ext} = \begin{cases} P & (Q.S.) \\ P_{ext} & (\text{brutale}) \text{ à déterminer} \end{cases}$

$dV = S\, dL$



$$F\, dL = (-P_{ext} S)\, dL = -P_{ext} \underbrace{(S dL)}_{= dV} = -P_{ext}\, dV$$

EXERCICE 1

Très lentement = transformation quasi-statique

(1) On prendra donc $P_{ext} = P$.

$n = 1$ mol

$P(V - b) = nRT$

E.I. : $(V_i, T_i) = (2V_0, T_0)$

E.F. : $(V_f, T_f) = (V_0, T_0)$

Transformation isotherme

$$\delta W = -P_{ext}\, dV \underset{Q.S.}{=} -P\, dV$$

$$\boxed{W = \int_{E.I.}^{E.F.} \delta W = \int_{E.I.}^{E.F.} (-P\, dV) = -\int_{E.I.}^{E.F.} P\, dV}$$

Peut-on exprimer P comme fonction de V

RAPPEL : $I = \int_a^b f(x)\, dx$

$$W = -\int_{EI}^{EF} P(V)\, dV \ ?$$

$$P(V-b) = nRT$$

$\Rightarrow P = \dfrac{nRT}{V-b}$ c'est à dire qu'on a exprimé P comme une fonction de deux variables : V et T.

On utilise la deuxième hypothèse c'est à dire le fait que la transformation est isotherme : $T = T_0$

$\Rightarrow P = \dfrac{nRT_0}{V-b}$ qui est bien une fonction d'une seule variable : $P(V)$

On en déduit. $W = -\int_{V_i}^{V_f} P(V)\, dV$

$$= -\int_{2V_0}^{V_0} \frac{nRT_0}{V-b}\, dV$$

$$= -(nRT_0) \int_{2V_0}^{V_0} \frac{1}{V-b}\, dV$$

où l'intégrale prend la forme :

$$\int \frac{1}{x-b}\, dx = \Big[\ln(x-b) \Big]_{-}^{-}$$

On en déduit $W = -(nRT_0) \Big[\ln(V-b) \Big]_{2V_0}^{V_0}$

$$\Rightarrow \quad W = -nRT_0 \left[\ln(V_0 - b) - \ln(2V_0 - b) \right]$$

$$= -nRT_0 \ln\left(\frac{V_0 - b}{2V_0 - b}\right)$$

$$\boxed{W = nRT_0 \ln\left(\frac{2V_0 - b}{V_0 - b}\right)}$$

$$\ln(ab) = \ln a + \ln b$$

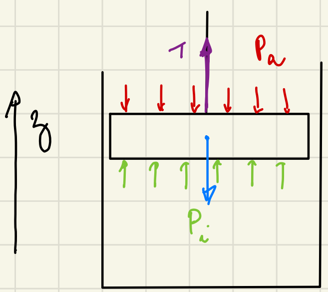
$$\ln\left(\frac{1}{a}\right) = -\ln a$$

$$\ln(a^n) = n \ln a$$

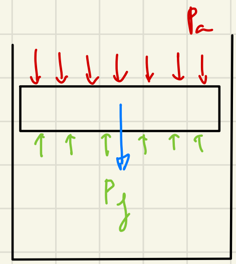
---

(2)

ETAT INITIAL



ETAT FINAL



FORCES EN PRESENCE ?

Pression du gaz dans l'enceinte
Pression du gaz dans l'atmosphère
Poids du piston
Tension du fil : $T = mg$

Pression du gaz dans l'enceinte
Pression du gaz dans l'atmosphère
Poids du piston

On réalise un bilan de force :

PFS ($\vec{a} = \vec{0}$) :

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}$$

$$\vec{0} = \sum \vec{F}$$

$$P_i S - P_a S \underbrace{- mg + T}_{=0} = 0 \qquad\qquad P_f S - P_a S - mg = 0$$

$$\Leftrightarrow P_i S - P_a S = 0 \qquad\qquad \Leftrightarrow P_f S = P_a S + mg$$

$$\Leftrightarrow P_i - P_a = 0 \qquad\qquad \Leftrightarrow \boxed{P_f = P_a + \frac{mg}{S}}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{P_i = P_a}$$

La force de pression de pression extérieure (la pression "vue" par le gaz dans l'enceinte) est donc :

AVANT : $P_i = P_a$

APRÈS : $P_f = P_a + \frac{mg}{S}$

QS → $P_{ext} = P$ où P varie entre P_i et P_f + détail transformation

brutale → P_{ext} = constante à déterminer $= P_i$ ou P_f

"On coupe le fil"

On choisit de modéliser P_{ext} par une constante, P_f, puisque pour que l'état final soit un état d'équilibre, l'équilibre mécanique $P_{ext} = P_f$ doit être atteint

$$\boxed{P_{ext} = P_f = P_a + \frac{mg}{S}}$$

$$W = \int_{EI}^{EF} (-P_{ext})\, dV = -\int_{EI}^{EF} P_{ext}\, dV$$

$$= -\int_{V_i}^{V_f} \left(P_a + \frac{mg}{S}\right) dV = -\left(P_a + \frac{mg}{S}\right) \int_{V_i}^{V_f} 1 \times dV$$

$$= -\left(P_a + \frac{mg}{S}\right) [V]_{V_i}^{V_f}$$

$$\Rightarrow W = -\left(P_a + \frac{mg}{S}\right)(V_f - V_i)$$

$$\Rightarrow \boxed{W = \left(P_a + \frac{mg}{S}\right)(V_i - V_f)}$$

---

3. Diatherme = qui laisse passer la chaleur

$\downarrow$

équilibre thermique entre le système et l'extérieur (égalité des températures)

$T_1 = T_0$

(température $T = T_0$ tout au long de la transformation

PAROIS DIATHERMES
TRANSFORMATION QS $\Rightarrow T = T_a \Rightarrow$ TRANSFORMAT° ISOTHERME

GAZ PARFAIT

$\cancel{P(V-b) = nRT}$ 1

P_1

P_2

Bilan PFS

$V_i = V_0$

$PV = nRT$

V_2

$W = -\int P\, dV$ où $P(V)$