TH4

TLB MtE 1 Transfert thermique

1. Citer un procédé de cuisson dans lequel l'aliment reçoit un transfert thermique majoritairement
– par ~~induction~~, conduction
– par convection,
– par rayonnement.

2. On cuit un oeuf en le plongeant dans une casserole d'eau bouillante. Quel est le mode de transfert thermique dominant pour le système {oeuf}, pour le système {oeuf + eau} et pour le système {jaune d'oeuf},

① conduction : cuisson dans une casserole : le contenu de la casserole reçoit un transfert thermique conductif par l'intermédiaire de la casserole.

convection : cuisson à la vapeur (ou au bain-marie mais dans ce cas la conduction est aussi importante).
⇒ l'aliment reçoit un transfert thermique de la vapeur chaude en mouvement.

rayonnement : cuisson au four, au barbecue
émission de photons par les corps chauds (résistance du four, braise) qui sont absorbés par les aliments.

② {oeuf} : transfert thermique convectif (eau en mouvement).
{oeuf + eau} : transfert thermique conductif
{jaune d'oeuf} : transfert thermique conductif.

(TH 4)

TLB 2 Différents chemins suivis

On considère deux moles de dioxygène, gaz supposé parfait. On suppose que l'on peut faire passer de l'état initial A (P_A, V_A, T_A) à l'état final B ($P_B = 3P_A, V_B, T_B = T_A$) par trois chemins distincts quasistatiques et mécaniquement réversibles :

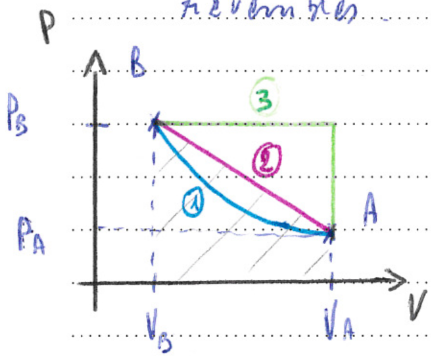
- ◇ chemin (1) transformation isotherme.
- ◇ chemin (2) transformation représentée par une droite en diagramme de Watt (P, V).
- ◇ chemin (3) transformation composée d'une isochore puis d'une isobare.

1. Quelle propriété doivent présenter les transformations pour pouvoir être représenté dans le diagramme de Watt. Représenter les trois chemins dans le diagramme de Watt.

2. Calculer dans chaque cas les travaux mis en jeu en fonction de T_A . A.N. : $T_A = 300$ K .

① Les paramètres d'état P et V doivent être défini au cours de chaque transformation
⇒ les transformations doivent être quasistatiques.

De plus, pour pouvoir calculer le travail reçu par le gaz, les transformations doivent être quasistatiques mécaniquement réversibles. Ainsi $\forall t \quad P = P_{ext}$.



② Transformation isotherme : $\delta W = -P_{ext}\,dV$

$\delta W \overset{QSMR}{=} -P\,dV \overset{GP}{=} -\dfrac{nRT}{V}\,dV \overset{T_A = cte}{=} -nRT_A \dfrac{dV}{V}$

$W_1 = -nRT_A \ln\left(\dfrac{V_B}{V_A}\right)$ GP : $P_A V_A = nRT_A = P_B V_B$

$W_1 = -nRT_A \ln\left(\dfrac{P_A}{P_B}\right)$ $\boxed{W_1 = nRT_A \ln 3}$

$W_1 > 0$.

* Droite : soit on cherche l'éq. de la droite et on intègre, soit on calcule directement l'aire du trapèze.

$W_2 = P_A(V_A - V_B) + \dfrac{1}{2}(P_B - P_A)(V_A - V_B)$

$W_2 = \dfrac{1}{2}(V_A - V_B)(P_B + P_A)$ or $P_B = 3P_A$

$V_B = \dfrac{1}{3}V_A = \dfrac{1}{3}\dfrac{nRT_A}{P_A}$

$W_2 = \dfrac{1}{\cancel{2}} \times \dfrac{\cancel{2}}{3} V_A \times 4P_A = \boxed{\dfrac{4}{3} nRT_A = W_2} > 0$

* isochore + isobare $W_3 = P_B(V_A - V_B)$

$W_3 = 3P_A \times \dfrac{2}{3}V_A = 2nRT_A$

$\boxed{W_3 = 2nRT_A > 0}$

AN
$W_1 = 5{,}5$ kJ
$W_2 = 6{,}6$ kJ
$W_3 = 10$ kJ

(TH4)

Ex 1 Liquide : Travail des forces pressantes

De l'eau liquide dans les conditions (P_0, V_0, T_0) subit une transformation quasi-statique, son volume restant infiniment voisin de V_0. Les coefficients thermoélastiques χ_T et α et de l'eau sont connus et supposés constants.

1. Justifier l'expression du travail élémentaire sous la forme $\delta W = V_0 P(\chi_T . \mathrm{d}P - \alpha . \mathrm{d}T)$.

2. Préciser le travail échangé par l'eau avec le milieu extérieur lors des transformations suivantes :

2.1. transformation isochore ;

2.2. transformation quasistatique et isobare (on exprimera W en fonction de α, P_0, V_0, T_0 et T_1 la température atteinte) ;

2.3. transformation quasistatique et isotherme (on exprimera W en fonction de χ_T, V_0 , P_0 et P_1 la pression atteinte).

1) Question HP : On suppose les transformations quasistatiques et mécaniquement réversibles.

Le volume du liquide dépend de la température et de la pression : $V(T, P)$.

$$dV = \left.\frac{\partial V}{\partial P}\right|_T . dP + \left.\frac{\partial V}{\partial T}\right|_P . dT \Rightarrow \frac{dV}{V} = \underbrace{\left.\frac{1}{V}\frac{\partial V}{\partial P}\right|_T}_{-\chi_T} . dP + \underbrace{\left.\frac{1}{V}\frac{\partial V}{\partial T}\right|_P}_{\alpha} . dT$$

d'où $dV = V(\alpha\, dT - \chi_T\, dP)$ et $V = V_0 + dV$ (le volume reste proche de V_0).

$$dV = (V_0 + \cancel{dV})\underbrace{(\alpha\, dT - \chi_T\, dP)}_{\text{ordre 1}}$$

↳ on travaille au 1er ordre

× Travail élémentaire $\boxed{\delta W = -P_{ext} . dV \overset{QSMR}{=} -P\, dV = V_0 P(\chi_T\, dP - \alpha\, dT)}$

2.1) Isochore : $W = 0$

2.2) QSMR Isobare $dP = 0$ $\quad \delta W = -V_0 P_0\, \alpha\, dT \quad \boxed{W = -\alpha V_0 P_0 (T_1 - T_0)}$

2.3) QSMR et isotherme $dT = 0$ $\quad \delta W = V_0 P \chi_T\, dP$

$$\boxed{W = \int_{P_0}^{P_1} \chi_T V_0 P\, dP = \frac{1}{2}\chi_T V_0 (P_1^2 - P_0^2) = W}$$

TH4

Ex 3 Gaz de Van der Waals

On considère un gaz réel obéissant à l'équation de Van der Waals :

$$\left(P + \frac{a}{V_m^2}\right)(V_m - b) = RT$$

1. Calculer le travail reçu par une mole de gaz au cours d'une transformation isotherme à T_0 faisant passr le gaz de V_{m1} à V_{m2}.

2.1. Donner une expression approchée de ce travail aux faibles densités ($b \ll v_m$). on mettra en évidence dans le résultat le terme correctif par rapport au travail qui serait reçu par le gaz parfait correspondant.

2.2. En déduire qu(il existe une température, appelée température de Mariotte pour laquelle le gaz réel se comporte comme un gaz parfait.

2.3. Vérifier que pour cette température, l'isotherme correspondante dans le diagramme d'Amagat admet une tangente horizontale.

① Transf. isotherme supposée méca. réversible

$$P = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2}$$

$$W_m = \int -P_{ext}\, dV = -\int\left(\frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V_m^2}\right) dV$$

$$W_m = RT_0 \ln\left(\frac{V_{m1} - b}{V_{m2} - b}\right) - a\left(\frac{1}{V_{m2}} - \frac{1}{V_{m1}}\right)$$

② On se place aux faibles densités : $b \ll V_m$

On va faire un développement limité :

$$\frac{V_{m1} - b}{V_{m2} - b} = \frac{V_{m1}}{V_{m2}} \times \frac{1 - b/V_{m1}}{1 - b/V_{m2}} \quad \text{avec} \quad \frac{b}{V_{m1}} \ll 1 \text{ et } \frac{b}{V_{m2}} \ll 1$$

on a alors : $\ln \dfrac{V_{m1} - b}{V_{m2} - b} = \ln\left(\dfrac{V_{m1}}{V_{m2}}\right) + \left[\ln\left(1 - \dfrac{b}{V_{m1}}\right) - \ln\left(1 - \dfrac{b}{V_{m2}}\right)\right]$

or $\ln(1+x) \simeq x \quad x \ll 1$

d'où $\ln\left(\dfrac{V_{m1} - b}{V_{m2} - b}\right) \simeq \ln\left(\dfrac{V_{m1}}{V_{m2}}\right) + b\left[\dfrac{1}{V_{m2}} - \dfrac{1}{V_{m1}}\right]$

On en déduit l'expression du travail en factorisant par $\frac{1}{V_{m2}} - \frac{1}{V_{m1}}$

$$\boxed{W_m = \underbrace{RT_0 \ln\left(\frac{V_{m1}}{V_{m2}}\right)}_{\text{Travail reçu par un GP}} + \underbrace{(RT_0 b - a)\left(\frac{1}{V_{m2}} - \frac{1}{V_{m1}}\right)}_{\text{Terme correctif.}}}$$

② 2 – Le gaz réel se comporte comme un GP (en terme de travail !) si on annule le terme correctif.

Température de Mariotte = $\boxed{T_0 = \frac{a}{Rb}}$

② 3 – Diagramme d'Amagat : on trace PV_m en fonction de P.

L'équation d'état du gaz de Van der Waals nous donne :

$$PV_m = \frac{RT V_m}{V_m - b} - \frac{a}{V_m}$$

On se place toujours aux faibles densités

$$PV_m = \frac{RT}{1 - b/V_m} - \frac{a}{V_m} \simeq RT\left(1 + \frac{b}{V_m}\right) - \frac{a}{V_m}$$

DL

$$PV_m = RT + \frac{1}{V_m}(RTb - a)$$

A la température de Mariotte T_0 telle que $RT_0 b - a = 0$

on a $\underline{PV_m = RT_0}$ ⇒ l'isotherme admet donc une tangente horizontale aux faibles densités.