Introduction à la thermodynamique (1)

Exercice 1.

Système : He

a) Quantité de matière

Equation d'état $\boxed{n_0 = \frac{P_0 V_0}{RT_0} = \frac{10^5 \cdot 246\,10^{-3}}{8{,}31 \times (27+273)} = 10 \text{ mol}}$

b) Doublement de la pression

Enceinte A

Fermée : n_0 constant

Parois rigides : V_0 constant

Equation d'état : $\frac{n_0 R}{V_0} = \frac{P_0}{T_0} = \frac{2P_0}{T_A} \Rightarrow T_A = 2T_0 = 600\text{K}$

Il faut donc doubler la température en plongeant le récipient dans un bain thermostaté

Enceinte B

Fermée : n_0 constant

Thermostatée : T_0 constant

Equation d'état : $n_0 R T_0 = P_0 V_0 = 2P_0 V_B \Rightarrow V_B = \frac{V_0}{2} = 123\ell$

Il faut donc diviser le volume par 2 en poussant le piston.

Enceinte C

Rigide : V_0 constant

Thermostaté : T_0 constant

Equation d'état $\frac{RT_0}{V_0} = \frac{P_0}{n_0} = \frac{2P_0}{n_C} \Rightarrow n_C = 2n_0 = 20 \text{ mol}$

Il faut donc doubler la quantité de matière en injectant du gaz

c. Energie interne

L'helium est un gaz parfait monoatomique $U = n\frac{3}{2}RT$

D'où $U_0 = 37{,}4 \text{ kJ}$ $\quad U_B = U_0 = 34{,}4 \text{ kJ}$

$U_A = 74{,}8 \text{ kJ}$ $\quad U_C = 2U_0 = 74{,}8 \text{ kJ}$

Exercice 2

1. Quantite de matiere

Equation d'etat $n = \frac{PV}{RT} = \frac{10{,}0\,10^5 . 10{,}0 . 10^{-3}}{8{,}31 \times 300}$

$n = 4{,}01$ mol

---

2 Deplacement du piston

A l'equilibre $V_G = V_0 + Sx$

$V_D = V_0 - Sx$

Il y a equilibre mecanique $P_G = P_D$ à chaque instant

Les deux compartiments sont fermés $nR = cst$

$$\frac{V_0 + Sx}{T_G} = \frac{V_0 - Sx}{T_0}$$

D'où $T_0 (V_0 + Sx) = T_G (V_0 - Sx)$

ainsi $\boxed{x = \frac{T_G - T_0}{T_G + T_0} \frac{V_0}{S} = \frac{T_F - T_0}{T_F + T_0} \frac{V_0}{S} = 3{,}85 \text{ cm}}$

Exercice 3

1. Quantite de matiere initiale

Masse molaire $M = 2M_H + M_O = 18 g/mol$

Quantite de matiere $n_0 = \frac{m}{M} = 55,5 mol$

2. Temperature d'ebullition sous 1 bar

On utilise la formule proposée $t = \left(\frac{P_{sat}}{P_0}\right)^{1/4} 100 = 100°C$

(logique !)

3. Declanchement de la soupape

D'apres l'énoncé elle se declanche quand on a un écart de 1 bar avec l'exterieur $\Rightarrow$ $P = 2 bars$

C'est l'augmentation de la vapeur d'eau qui permet l'augmentation de la pression.

4. Nouvelle temperature

De meme $t' = \left(\frac{P'_{sat}}{P_0}\right)^{1/4} 100 = 119°C$

Si on augmente la pression et donc la temperature, les aliments seraient cuits plus vite mais on perdrait en qualité

5. Pression de l'air au declanchement

L'air est un gaz parfait.

- Dans les conditions initiales il est à la température $T_0 = 273 + 20 = 293 K$, sous une pression $P_0 = 1 bar$ et il occupe un volume $V_0 = 8 - 1 = 7 l$

on a donc $n_{air} = \frac{P_0 V_0}{R T_0} = 0,287 mol$

- Quand la soupape se declanche on a $T' = 391 K$

D'où $P_{air} = \frac{n_{air} R T'}{V_0} = 1,33 \cdot 10^5 Pa$

6. Quantité d'eau vaporisée

Pour l'ensemble $P_{TOT} = P_{air} + P_{eau} = 2 \text{ bar}$

Ainsi $P_{eau} = 0,67$ bar

La vapeur d'eau est un gaz parfait :

$$n_{eau,v} = \frac{P_{eau} V_0}{RT'} = 0,144 \text{ mol}$$

$$m_{eau,v} = 2,6 \text{ g}$$ ($\simeq$ 1/2 cuillère à café)

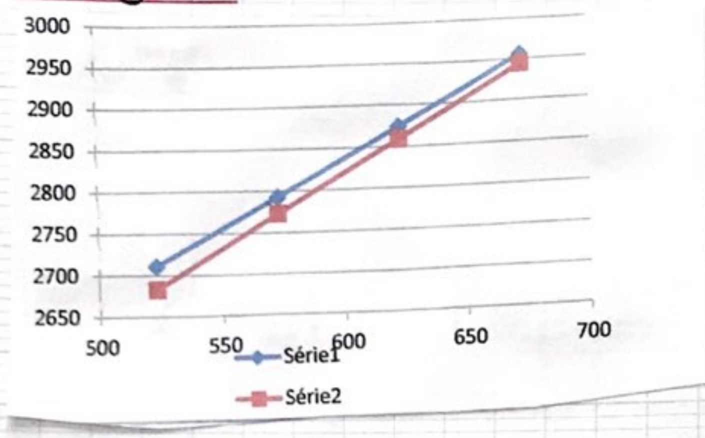
---

7. Le volume d'eau liquide

Il reste presque toute l'eau liquide.

Exercice 4.

1. U = f(T)



2. Gaz parfait

Dans les deux cas U est une fonction croissante de la température. Mais les deux courbes ne sont pas confondues, donc l'énergie interne dépend de la pression. U n'obeït pas à la première loi de Joule ce n'est pas un gaz parfait

3. La capacité thermique à volume constant

$C_v = \frac{\partial U}{\partial T}$ = pente de la droite

à 10 bar $c_v = 1,63\ J/g = 29\ J/mol$
à 20 bar $c_v = 1,74\ J/g = 31\ J/mol$
GP $C_v = \frac{5}{2}R = 21\ J/mol$

Exercice 5

Description de l'état initial :

	Réservoir	Récipient
	$V = 100L$	$v = 10l$
	$P_0 = 10 bar$	$p = 1 bar$
	$\theta_0 = 20°C$	$\theta_0 = 20°C$
Equation d'état	$n_R = \frac{P_0 V}{RT_0}$	$n' = \frac{pv}{RT_0}$

1. Ouverture du robinet

Un équilibre mécanique va se réaliser

on a alors $P_1 = P_T = \frac{n_T R T_0}{V + v}$

avec $n_T = n_R + n'$

d'où $\boxed{P_1 = \frac{P_0 V + pv}{v + V} = 9,2 bar}$

2. Nouvelle manipulation

En fermant le robinet on a avoir $n_{R1} = \frac{P_1 V}{RT_0}$

En ouvrant la soupape on va récupérer le même état dans le récipient

Donc de même $\boxed{P_2 = \frac{P_1 V + pv}{v + V} = 8,4 bar}$

3. n manipulations

on a alors $P_{n+1} = \frac{V P_n}{V + v} + \frac{pv}{V + v}$

$$= \frac{V}{V+v}\left(\frac{V}{V+v} P_{n-1} + \frac{pv}{v+V}\right) + \frac{pv}{V+v}$$

on peut montrer que $\lim_{n \to \infty} P_n = p = 1 bar$