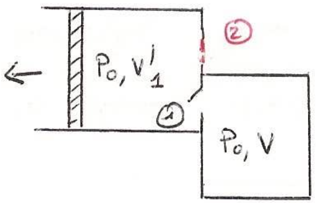
Ex 5 Pompe isotherme

1) Au début du 1er coup de pompe, la soupape ② se ferme et la soupape ① s'ouvre.



Le système à considérer est l'air contenu dans le réservoir et dans le corps de la pompe.

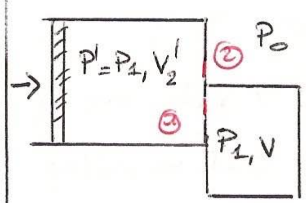
Variables d'état :
- pression P_0
- volume $V + V'_1$
- température T.

Le volume V' passe de V'_1 à V'_2, càd que le volume total du système augmente de $V+V'_1$ à $V+V'_2$.

Le système est fermé et la température constante donc la pression diminue et passe de P_0 à P_1

avec $P_1 (V+V'_2) = P_0 (V + V'_1)$.

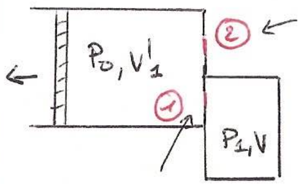
Le volume V' passe ensuite de V'_2 à V'_1 (diminue). La soupape ① se ferme. Initialement la soupape ② est fermée car $P_0 > P'$.



Le gaz contenu dans la pompe est comprimé à T constante : $V' \downarrow$ et $P' \uparrow$.

Lorsque P' atteint P_0 la soupape 2 s'ouvre, l'air dans la pompe est expulsé, V' diminue jusqu'à V'_1 et $P' = P_0$

Début du 2ème coup de pompe :



la soupa se ferme ($V' \downarrow$)

fermée au début du coup de compe car $P_1 < P_0$

La pression P' dans la pompe diminue. Lorsqu'elle atteint P_1 la soupape ① s'ouvre. La soupape ② reste fermée.

À nouveau le système est l'air contenu ds la pompe et le réservoir.

Soit n le nombre de moles contenues dans la pompe et le réservoir :

on a $n = n_{pompe} + n_{réservoir}$

$$= \frac{P_1 V}{RT} + \frac{P_0 V'_1}{RT}$$

À la fin du mouvement de la pompe la pression vaut P_2 et le volume $V'_2 + V$

$\Rightarrow P_2 (V'_2 + V) = nRT = P_1 V + P_0 V'_1$

Ensuite $V' \downarrow$, la soupape ① se ferme. La pression dans le réservoir est

$$P_2 = \frac{P_1 V + P_0 V'_1}{V + V'_2}.$$

On montre par récurrence qu'à la fin du $n^{ème}$ coup de pompe :

$$P_{n+1} = \frac{P_n V + P_0 V'_1}{V + V'_2}$$

2) À la limite $P_{lim}(\cancel{V} + V'_2) = \cancel{P_{lim} V} + P_0 V'_1$

$$P_{lim} = P_0 \frac{V'_1}{V'_2}$$

le volume résiduel V'_1 de la pompe empêche P_{lim} d'atteindre 0 (vide parfait)

3) $P_{n+1} - P_{lim} = \dfrac{(P_n - P_{lim})V}{V'_2 + V}$

→ suite géométrique de raison $\dfrac{V}{V'_2 + V}$ et de premier terme $P_0 - P_{lim}$.

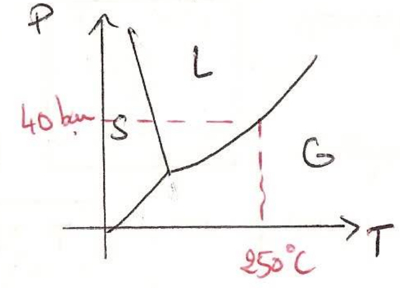
$$P_n - P_{lim} = \left(\frac{V}{V + V'_2}\right)^n (P_0 - P_{lim})$$

$P_n - P_{lim} \to 0$ qd $n \to +\infty$

car $\dfrac{V}{V + V'_2} < 1$.

Ex 6 : changements d'état de l'eau

(*) Pour que de l'eau existe sous forme liquide à 250°C la pression doit être supérieure à 40 bar.



À une profondeur h :

$P = P_0 + \rho g h$

$\rho = 10^3 \ kg.m^{-3}$

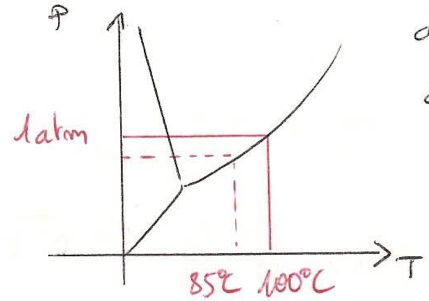
$g = 10 \ m.s^{-2}$

si $h = 10$ m alors $\rho g h = 10^5$ Pa $= 1$ bar.

La pression augmente d'un bar tous les 10 m. À 400 m de profondeur la pression est supérieure à 40 bar.

Au fond des océans (profondeur de plusieurs kilomètres) la pression sera encore plus grande.

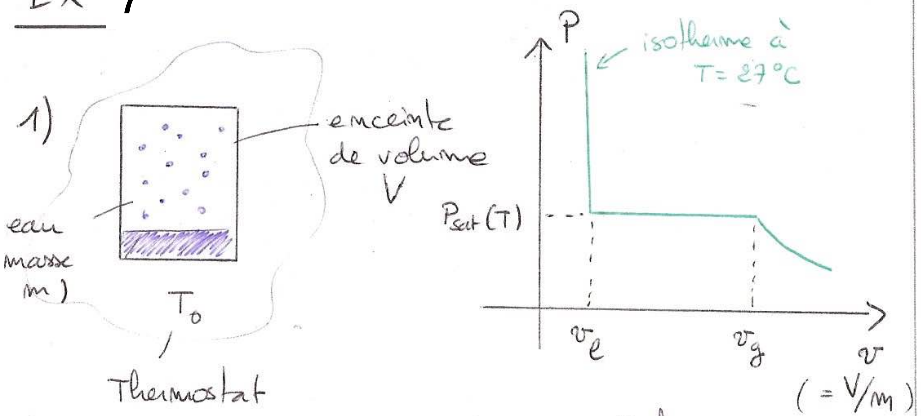
(*) La pression de l'air diminue avec l'altitude, ce qui abaisse la température d'ébullition de l'eau liquide.



(*) La pression de vapeur saturante augmente avec la température. La qté de matière de vapeur d'eau que peut absorber l'atmosphère augmente avec la température.

Ex 7

1)



$m = 1g = 10^{-3}$ kg.

2) On utilise le diagramme de Clapeyron de l'eau.

· Le volume massique de l'eau enfermée dans l'enceinte est $v_{eau} = \frac{V}{m}$.

Si $v_{eau} > v_g$ alors toute l'eau est sous forme gazeuse. Si $v_\ell < v_{eau} < v_g$ alors le système est dans un équilibre diphasé (liquide - vapeur).

Pour $V = 100$ L $= 0,1$ m^3 et $m = 1g = 10^{-3}$ kg

alors $v_{eau} = \frac{0,1}{0,001} = \frac{10^{-1}}{10^{-3}} = 100$ m^3/kg

$v_{eau} > v_g$ <u>donc l'eau est sous forme gazeuse.</u>

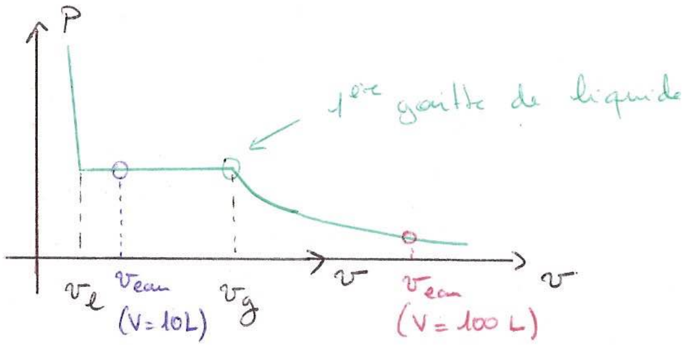
Pour $V = 10$ L alors $v_{eau} = \frac{10^{-2}}{10^{-3}} = 10$ m^3/kg

$v_\ell < v_{eau} < v_g$ donc <u>l'eau est</u> dans un eq. <u>diphasé</u>

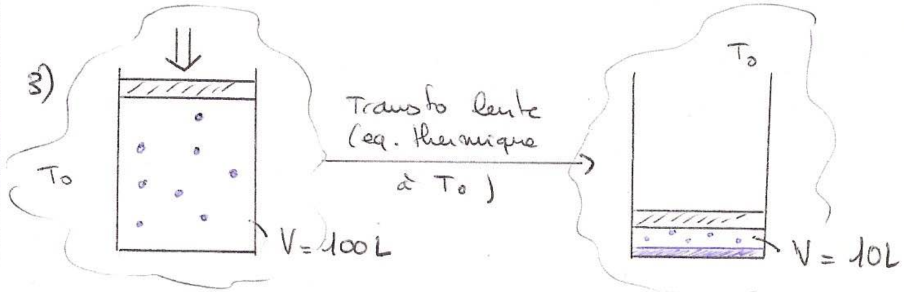
On utilise la règle des moments pour trouver les titres en liquide et vapeur x_ℓ et x_g

$$x_\ell = \frac{v_g - v_{eau}}{v_g - v_\ell} = \frac{38,754 - 10}{38,754 - 0,00100035} = \underline{0,74}.$$

$$x_v = 1 - x_\ell = \underline{0,26}.$$



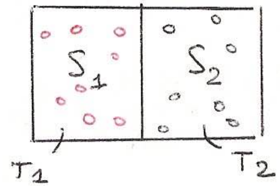
3)



La première goutte apparait lorsque $v_{eau} = v_g$

soit $V = m v_{eau} = m v_g = 10^{-3} \times 38,7$ m^3 $= \underline{38,7 \text{ L}}$

Ex 9 Mélange de 2 gaz.



$S_1 = \{ n_1$ moles d'Ar $\}$

$S_2 = \{ n_2$ moles de $N_2 \}$.

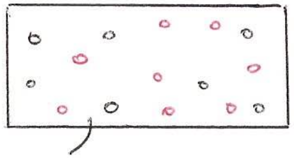
1) Ar : GP monoatomique. $U_{1,i} = \frac{3}{2} n_1 R T_1$

N_2 : GP diatomique. $U_{2,i} = \frac{5}{2} n_2 R T_2$

$S = S_1 \cup S_2 \longrightarrow \underline{U_i = U_{1,i} + U_{2,i} = \frac{3}{2} n_1 R T_1 + \frac{5}{2} n_2 R T_2}$

(additivité de U).

2) On enlève la paroi.



T_f

Pas d'interactions entre les 2 gaz :

$$U_f = U_{1,f} + U_{2,f}$$
$$= \frac{3}{2} n_1 R T_f + \frac{5}{2} n_2 R T_f$$

Les parois st des isolants thermiques parfaits, l'énergie interne se conserve *

$$\Delta U = U_f - U_i = 0 \iff T_f = \frac{\frac{3}{2} n_1 \cancel{R} T_1 + \frac{3}{2} n_2 \cancel{R} T_2}{\frac{3}{2} n_1 \cancel{R} + \frac{5}{2} n \cancel{R}}$$

3) A.N. $n_1 = 1\,mol = n_2$

$$T_f = \frac{\frac{3}{2} \times 320 + \frac{5}{2} \times 400}{\frac{3}{2} + \frac{5}{2}} = \frac{960 + 2000}{8} = 370\ K$$

4) $P_f = (n_1 + n_2) R T_f / V$

A.N. $P_f = 2 \times 8{,}31 \times 370 / 20 \times 10^{-3} = 3{,}07$ bar

* D'après le 1er principe appliqué au système $\Delta U = W + Q$ et $W = 0$ (isochore) et $Q = 0$ (adiabatique)

3

$$P_{Ar} = \frac{n_1 R T_f}{V} = \frac{1}{2} P_f = 1{,}035 \text{ bar}$$

$$P_{N_2} = \frac{n_2 R T_f}{V} = \frac{1}{2} P_f = 1{,}035 \text{ bar}.$$

car $n_1 = n_2$