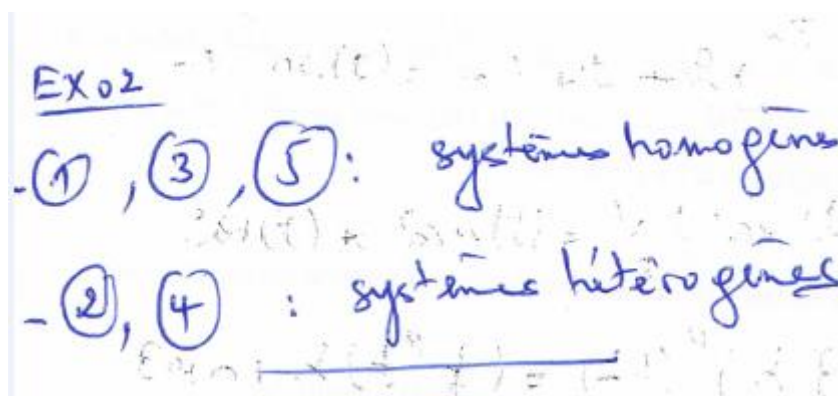
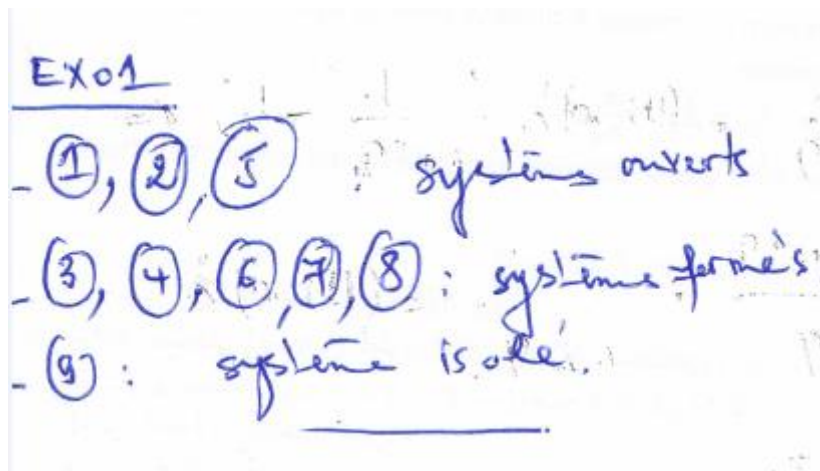


## Solution de la série 01



### Exo 4:

- Longueur: mètre (m), micron ( $\mu\text{m}$ ), angström ( $\text{Å}$ ), millimètre (mm), nanomètre (nm)
- Énergie: électronvolt (eV), joule (J), calorie (cal), kilocalorie (kcal)
- masse: kilogramme (kg), gramme (g), tonne (t)
- Temps: seconde (s), minute (min)
- pression: atmosphère (atm), pascalle (Pa), bar (bar), torr (torr)
- Volume: mètre cube ( $\text{m}^3$ ), litre (l)
- Températures: Kelvin (K), degré celsius ( $^{\circ}\text{C}$ )

• longueur:  $1 \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$ ,  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$

$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ,  $1 \text{ \mu m} = 10^{-6} \text{ m}$ .

• Energie:  $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ,

$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$ ,  $1 \text{ kcal} = 4180 \text{ J}$

• masse:  $1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$ ,  $1 \text{ tonne} = 10^3 \text{ kg}$ .

• Temps:  $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$

• pression:  $1 \text{ atm} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ ,  $1 \text{ torr} = 133.3 \text{ Pa}$ .

• volume:  $1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3$ .

• température:  $1^\circ \text{C} = 1 \text{ K}$   
mais l'origine n'est pas la

même Quel:

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$$

---

Exos = 1 - 1.000 - 2.100

La pression  $p$  de la colonne  
de mercure de la tube sur  
le mercure de la cuve est

$$p = \frac{m \cdot g}{S} = \boxed{\rho g h}$$

pour qu'il ait l'équilibre  
statique il faut que

$$p = \rho g h = 1 \text{ atm}$$

$$\text{d'où: } h = \frac{1,013 \cdot 10^5}{13590 \cdot 9,81}$$

$$= \boxed{0,760 \text{ m}}$$

Ex 06

$$1- \delta Q = -\frac{RT}{P} dp + C_p(T) dT$$

$$= A(T, P) dp + C_p(T) dT$$

si  $\delta Q$  est DTE alors:

$$\frac{\partial A}{\partial T} = \frac{\partial C_p}{\partial P} \quad \text{or}$$

$$\frac{\partial A}{\partial T} = -\frac{R}{P} \quad \text{et} \quad \frac{\partial C_p}{\partial P} = 0$$

d'où  $\delta Q$  n'est pas DTE.

$$2- ds = f(T) \delta Q \Rightarrow$$

$$ds = -\frac{RT}{P} f(T) dp + C_p(T) f(T) dT$$

$$(4) ds \text{ DTE} \Rightarrow \frac{\partial}{\partial T} \left( -\frac{RT}{P} f(T) \right) = \frac{\partial}{\partial P} (C_p f(T))$$

$$\Rightarrow \frac{df}{f} + \frac{dT}{T} = 0 \Rightarrow \boxed{f(T) = \frac{a}{T}}$$

### EX 07

C.N de température et de pression

$$T_0 = 273,15 \text{ K} \text{ et } p_0 = 1 \text{ atm} \\ (1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}) \quad p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

le volume molaire d'un gaz  
ds le C.N et.

$$V_m = 22,414 \text{ l/mol}$$

alors en appliquant l'éq  
d'état du g.p on trouve:

$$R = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 22,414 \cdot 10^{-3}}{273,14} = \boxed{8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

ou bien:

$$R = \frac{1 \cdot 22,414}{273,14} = \boxed{0,082 \text{ l} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$= \boxed{1,987 \text{ cal} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 2 \text{ cal} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$1 \text{ l} \cdot \text{atm} = \frac{8,314}{0,082} = \boxed{101,325 \text{ J}}$$

$$= \frac{1,987}{0,082} = \boxed{24,22 \text{ Cal}}$$

### Ex 08

$$f(p, v, T) = 0 \Rightarrow df = 0 \Rightarrow$$

$$\left(\frac{\partial f}{\partial T}\right)_{v,p} dT + \left(\frac{\partial f}{\partial v}\right)_{T,p} dv + \left(\frac{\partial f}{\partial p}\right)_{v,T} dp = 0 \quad (1)$$

or  $f(p, v, T) = 0$  donne aussi:

$$dp = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v dT + \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T dv \quad (2)$$

$$\text{et } dv = \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T dp \quad (3)$$

(1) et (2) et (3) donnent:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = - \frac{\left(\frac{\partial f}{\partial T}\right)_{v,p}}{\left(\frac{\partial f}{\partial p}\right)_{v,T}} = \frac{1}{\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_v} \quad (4)$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p = - \frac{\left(\frac{\partial f}{\partial v}\right)_{T,p}}{\left(\frac{\partial f}{\partial p}\right)_{v,T}} \quad (5)$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T = - \frac{\left(\frac{\partial f}{\partial p}\right)_{T,v}}{\left(\frac{\partial f}{\partial v}\right)_{T,p}} = \frac{1}{\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T} \quad (6)$$

$$(4) \times (5) \times (6) \Rightarrow \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_v = -1$$

en tenant compte des définitions de  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\chi_T$  on aura:

$$\boxed{\frac{\alpha}{\beta \chi_T} = 1} \quad (7)$$

2-a- le g.p. vérifie l'équation d'état:

$$pV = nRT$$

on trouve facilement que:

$$\alpha = \beta = \frac{1}{T} \quad \text{et} \quad \chi_T = \frac{1}{p}$$

② on peut aisément vérifier la relation (7).

2-b. pour le gaz d'équation d'état

$$p(V - nb) = nRT$$

on démontre que :

$$\alpha = \frac{nR}{pV}, \quad \beta = \frac{1}{T}, \quad \chi_T = \frac{nRT}{p^2V}$$

on retrouve lui aussi la relation

(7).

3-

La relation (4) donne :

$$\beta = \frac{\alpha}{p \chi_T} \Rightarrow \frac{1}{p} \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V = \frac{1}{T} \frac{\alpha}{\chi_T}$$

$$\Rightarrow \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V = \frac{\alpha}{\chi_T}$$

à volume constant nous avons :

$$\left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V = \frac{dp}{dT} \Rightarrow dp = \frac{\alpha}{\chi_T} dT$$

par intégration nous obtenons :

$$\Delta p = \frac{\alpha}{\chi_T} \Delta T \quad \text{avec } \Delta T = 1K \Rightarrow$$

$$\Delta p = \frac{\alpha}{\chi_T} = \frac{18 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-6}} \text{ atm} = \boxed{60 \text{ atm}}$$



### EX9

On applique l'équation d'état  
du g.p. ce qui donne:

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \Rightarrow V_f = \frac{T_f}{T_i} \frac{P_i}{P_f} V_i$$

$$\text{A.N.: } V_f = \frac{273,15}{273,15+22} \cdot \frac{752}{760} \cdot 8,2 = \boxed{7,5 \text{ l}}$$

### EX10

1. Transformation isochore entre l'hiver et  
l'été  $\Rightarrow \frac{P_h}{T_h} = \frac{P_e}{T_e} \Rightarrow P_e = \frac{T_e}{T_h} P_h$

$$\text{A.N.: } P_e = \frac{309,15}{268,15} \cdot 2 = \boxed{2,3 \text{ atm}}$$

2. variation relative:

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{P_e - P_h}{P_h} = \frac{0,3}{2} = \boxed{15\%} \quad (3)$$

variation importante qui nécessite  
l'ajustement de p en été.

### Exo 11

En appliquant l'équation d'état

du g.p on obtient :

$$V_A = \frac{n_A R T_A}{P_A} = \frac{\frac{m_A}{M_A} R T_A}{P_A} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,082 \cdot 290,15}{6}$$

$$\Rightarrow V_A = 371,75 \text{ L}$$

de m on trouve :

$$V_B = \frac{n_B R T_B}{P_B} = \frac{200 \cdot 0,082 \cdot 320,15}{15}$$

$$\Rightarrow V_B = 359,03 \text{ L}$$

$$\text{donc: } V_E = V_A + V_B = 725,78 \text{ L}$$

$$n_E = 200 + 93,75 = 293,75 \text{ mol}$$

on utilise de nouveau l'éq d'état

mais avec dans l'état final

(par le mélange) :

$$P_T V_E = n_T R T_T \Rightarrow P_T = \frac{n_T R T_T}{V_E}$$

$$\text{ce qui donne: } \left. \begin{array}{l} P_T = 9,96 \text{ atm} \\ \approx 10 \text{ atm} \end{array} \right\}$$

### EX 12:

1. Calcul des nb de mols  $n_{CO_2}$  et  $n_{O_2}$ :

de l'eq d'état de l'É. i on tire:

$$n_{CO_2} = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{4.3}{0.082 \cdot 273.15} = \boxed{0.536 \text{ mol}}$$

$$n_{O_2} = \frac{P_2 V_2}{RT_2} = \frac{6 \times 1}{0.082 \cdot 273.15} = \boxed{0.268 \text{ mol}}$$

d'où:  $x_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}}{n_T} = 0.66 \approx \frac{2}{3}$  (4)

$$x_{O_2} = 1 - 0.66 = 0.33 \approx \frac{1}{3}$$

Calcul de la pression totale  
de mélange?

$$P_T V_T = n_T R T_1 \Rightarrow P_T = \frac{0.804 \cdot 0.082 \cdot 273.15}{4}$$

$$\Rightarrow P_T = \boxed{4.5 \text{ atm}}$$

donc:  $P_1 = x_{CO_2} P_T = \boxed{3 \text{ atm}}$

$$P_2 = x_{O_2} P_T = \boxed{1.5 \text{ atm}}$$

$$M_o = \frac{m_{\text{mél}}}{V_{\text{mél}}} = \frac{M_{CO_2} n_{CO_2} + M_{O_2} n_{O_2}}{V_T}$$

$$= \frac{32,16}{4} = \boxed{8,04 \text{ g/l}}$$

Req: on peut calculer  $P_1^l$  et  $P_2^l$   
à partir de:  $P_1^l V_T = n_{CO_2} RT_1$   
 $P_2^l V_T = n_{O_2} RT_1$

$$\text{et } P_T = P_1^l + P_2^l.$$

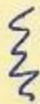
3 -  $P_T$  à  $15^\circ \text{C}$ :

$$V = \text{cte} \Rightarrow \frac{P_T^l}{T^l} = \frac{P_T}{T} \Rightarrow$$

$$P_T^l = \frac{T^l}{T} \cdot P_T = \frac{288,15}{273,15} \cdot 4,5 = \boxed{4,7 \text{ atm}}$$

$n_0 = n$  car le volume ne

change pas.



fin

# Solution de la série 02

Exo 1

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273,15$$

$^{\circ}C \rightarrow K$

alors :  $T_1(K) = -269 + 273,15 = \boxed{4,15 K}$

$$T_2(K) = 100 + 273,15 = \boxed{373,15 K}$$

$$T_3(K) = 0 + 273,15 = \boxed{273,15 K}$$

donc :

$$\begin{aligned} -269^{\circ}C &\longleftrightarrow 4,15 K \\ +100^{\circ}C &\longleftrightarrow 373,15 K \\ 0^{\circ}C &\longleftrightarrow 273,15 K \end{aligned}$$

$K \rightarrow ^{\circ}C$

$$t(^{\circ}C) = T(K) - 273,15$$

alors :  $t_1(^{\circ}C) = 1230 - 273,15 = 956,85^{\circ}C$

$$t_2(^{\circ}C) = 298 - 273,15 = 24,85^{\circ}C \approx 25^{\circ}C$$

$$t_3(^{\circ}C) = 0 - 273,15 = -273,15^{\circ}C$$

donc :

$$\begin{aligned} 1230 K &\longleftrightarrow 956,85^{\circ}C \\ 298 K &\longleftrightarrow 24,85^{\circ}C \\ 0 K &\longleftrightarrow -273,15^{\circ}C \end{aligned}$$

### Exo2

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273,15 \Rightarrow dT = dt$$

alors  $\Delta T = \Delta t \Rightarrow \boxed{1K = 1^{\circ}C}$

e.à.d l'unité et la m<sup>1</sup> dans les échelles. Pour distinguer les échelles l'unité sur l'échelle Celsius est appelée °C et celle de l'échelle absolue le kelvin.

### Exo3

1- La relation entre  $\theta$  la température en ° Römer et  $t$  (°C) est linéaire

alors :

$$\theta(^{\circ}\text{Römer}) = At + B$$

et comme les pts fixes sont

$$0^{\circ}\text{Römer} \longrightarrow -17,77^{\circ}\text{C}$$

$$60^{\circ}\text{Römer} \longrightarrow 100^{\circ}\text{C}$$

alors :

$$0 = A \cdot (-17,77) + B$$

$$60 = A \cdot 100 + B$$

d'où :

$$A = 0,509 \approx 0,51$$

$$B = 9,05$$

alors :

$$\theta(^{\circ}\text{Rd}) = 0,51t(^{\circ}\text{C}) + 9,05$$

2- L'échelle de Réaumur fut élaborée en 1702. En 1714 Fahrenheit reprit le travail de Réaumur en remplaçant l'alcool par du mercure

et le zéro fixe ; la température, par le mélange  
Zero

50% sel + 50% de glace

et la graduation 96

pour température du

corps humain (cette

valeur fut portée à 98,6°F)

~

fin.

Exo 4:

L'échelle centésimale est déf par:

$$\theta = \frac{R(t) - R(0)}{R(100) - R(0)} \cdot 100$$

$$\Rightarrow \theta(t) = \frac{t(a + bt)}{a + 100b}$$

pour  $t = 50^\circ$  on trouve:

$$\theta = \frac{50(393 \cdot 10^{-3} + 6 \cdot 10^{-7} \cdot 50)}{(393 \cdot 10^{-3} + 6 \cdot 10^{-7} \cdot 100)} = \boxed{49,62}$$

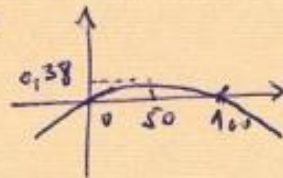
l'écart est:

$$t - \theta = 50 - 49,62 = \boxed{0,38}$$

pour  $t$  quelconque on a:

$$\Delta = t - \theta = t - \frac{t(a + bt)}{a + 100b}$$

$$= \frac{b}{a + 100b} t (100 - t)$$



$$\frac{d\Delta}{dt} = \frac{b}{a + 100b} (100 - 2t) \Rightarrow \frac{d\Delta}{dt} = 0 \Rightarrow t = 50^\circ$$

$$\frac{d\Delta}{dt} = \frac{b}{a + 100b} (100 - 2t) \Rightarrow \frac{d\Delta}{dt} = 0 \Rightarrow t = 50^\circ$$

donc l'écart est max pour  $0 < t < 100$

est en pt  $t = 50^\circ$ . c-à-d  $\Delta = 0,38$



### Exos

on note la température mesurée par le thermomètre à mercure par  $\theta$ .  
étant donné que  $\theta$  est une échelle affine

alors:

$$\theta = at + b \quad t(^{\circ}\text{C})$$

donc au pt de congélation ( $0^{\circ}\text{C}$ )

$$-2 = a \times 0 + b \Rightarrow b = -2$$

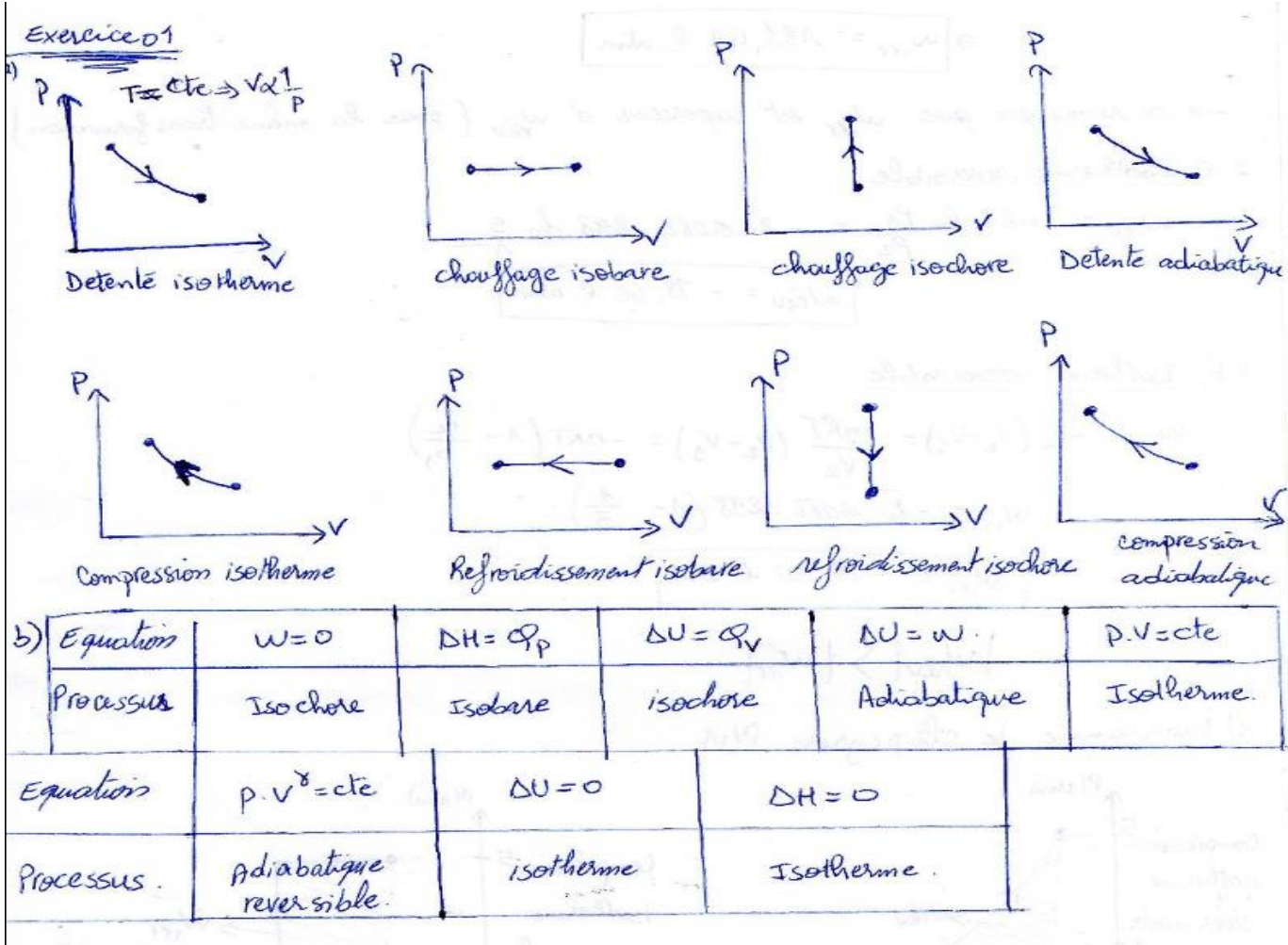
au pt d'ébullition.

$$103 = a \times 100 + b \Rightarrow a = 1,05$$

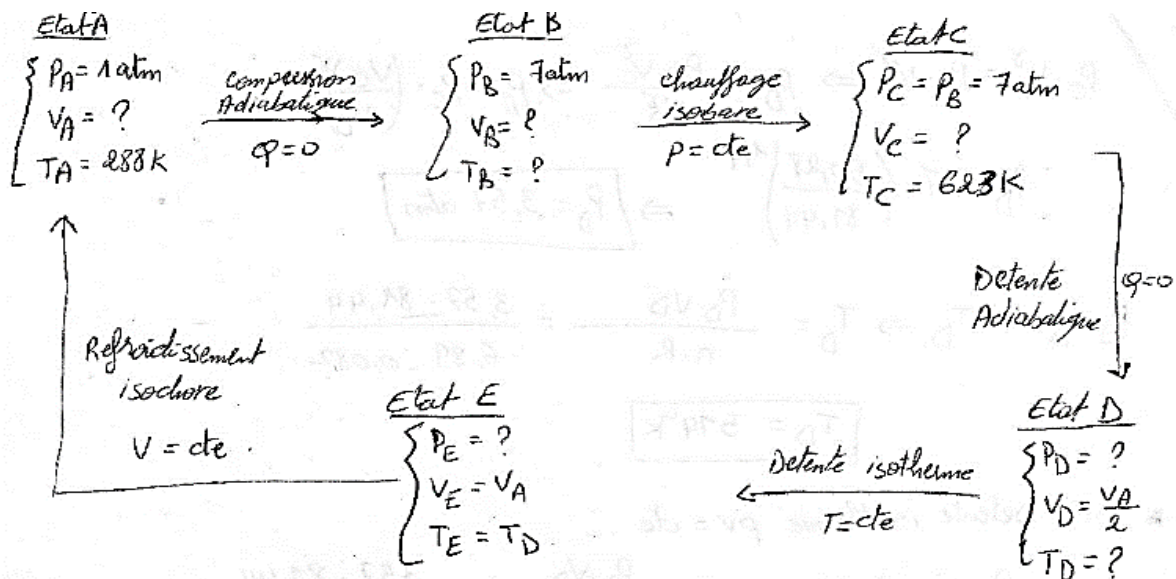
$$\text{alors: } \theta = 1,05t - 2$$

pour  $\theta = 70$  on trouve :  $t = 68,57^{\circ}\text{C}$

# Solution de la série 03



## Exercice 2 :



1) calcul des coordonnées  $P, V, T$  à la fin de chaque transformation

• la quantité de la matière :  $n = \frac{m}{M} = \frac{200}{29 \text{ g/mol}} = 6,89 \text{ mol}$

•  $P_A \cdot V_A = nRT_A \Rightarrow V_A = \frac{nRT_A}{P_A} = \frac{6,89 \cdot 0,082 \cdot 283}{1} = \boxed{162,87 \text{ L} = V_A}$

→ AB: transformation adiabatique =  $pV^\gamma = \text{cte}$ .

$$\Rightarrow P_A \cdot V_A^\gamma = P_B \cdot V_B^\gamma \Rightarrow V_B^\gamma = \frac{P_A \cdot V_A^\gamma}{P_B} \Rightarrow V_B = \sqrt[\gamma]{\frac{P_A \cdot V_A^\gamma}{P_B}}$$

$$V_B = \left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \cdot V_A = \left(\frac{1}{7}\right)^{\frac{1}{1,4}} \cdot 162,87$$

$$\boxed{V_B = 40,57 \text{ L}}$$

$$P_B \cdot V_B = nRT_B \Rightarrow T_B = \frac{P_B \cdot V_B}{nR} = \frac{7 \cdot 40,57}{6,89 \cdot 0,082} \Rightarrow \boxed{T_B = 502,65 \text{ K}}$$

→ BC: chauffage isobare  $P = \text{cte} \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{cte}$ .

$$\Rightarrow \frac{V_B}{T_B} = \frac{V_C}{T_C} \Rightarrow V_C = \frac{V_B \cdot T_C}{T_B} = \frac{40,57 \cdot 623}{502,65} \Rightarrow \boxed{V_C = 50,28 \text{ L}}$$

→ CD Détente Adiabatique  $pV^\gamma = \text{cte}$

$$P_C \cdot V_C^\gamma = P_D \cdot V_D^\gamma \Rightarrow P_D = \frac{P_C \cdot V_C^\gamma}{V_D^\gamma} \Rightarrow P_D = P_C \cdot \left(\frac{V_C}{V_D}\right)^\gamma$$

$$P_D = 7 \cdot \left(\frac{50,28}{81,44}\right)^{1,4} \Rightarrow \boxed{P_D = 3,57 \text{ atm}}$$

$$P_D \cdot V_D = nRT_D \Rightarrow T_D = \frac{P_D \cdot V_D}{n \cdot R} = \frac{3,57 \cdot 81,44}{6,89 \cdot 0,082}$$

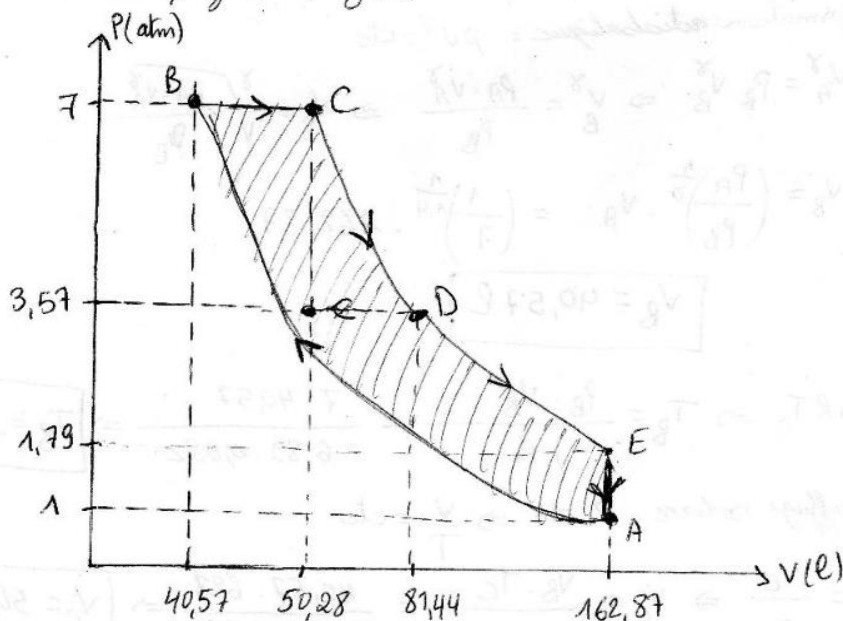
$$\boxed{T_D = 514^\circ\text{K}}$$

→ DE Détente isotherme  $pV = \text{cte}$ .

$$P_D \cdot V_D = P_E \cdot V_E \Rightarrow P_E = \frac{P_D \cdot V_D}{V_E} = \frac{3,57 \cdot 81,44}{162,87}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_E = 1,79 \text{ atm}}$$

2) Diagramme de Clapeyron  $P=f(V)$



3/ calcul du travail total  $w_{\text{cycle}}$ .

$$w_{\text{cycle}} = w_{AB} + w_{BC} + w_{CD} + w_{DE} + w_{EA} = 0$$

$$\bullet w_{AB} = \frac{P_B V_B - P_A V_A}{\gamma - 1} = \frac{7 \cdot 40,57}{1,4 - 1} \Rightarrow w_{AB} = 302,8 \text{ l} \cdot \text{atm}$$

$$\bullet w_{BC} = -P(V_C - V_B) = -7(50,28 - 40,57) = -67,97 \text{ l} \cdot \text{atm} = w_{BC}$$

$$\bullet w_{CD} = \frac{P_D V_D - P_C V_C}{\gamma - 1} = \frac{(3,57 \cdot 81,44) - (7 \cdot 50,28)}{1,4 - 1} \Rightarrow w_{CD} = -153,05 \text{ l} \cdot \text{atm}$$

$$\bullet w_{DE} = -pV \ln \frac{V_E}{V_D} = -3,57 \cdot 81,44 \ln \frac{162,87}{81,44} \Rightarrow w_{DE} = -201,5 \text{ l} \cdot \text{atm}$$

$$\bullet w_{EA} = 0 \Rightarrow w_{\text{cycle}} = -119,72 \text{ l} \cdot \text{atm}$$

**Exercice 3 :**

1. On considère un gaz, que l'on peut assimiler à un gaz parfait occupant un volume de 8 L, à 27°C sous 1 atm.

a. Nous avons une transformation isotherme :  $T_1 = T_2 = 27^\circ\text{C}$  :

$$\text{De la loi des gaz parfait : } P_1 V_1 / RT_1 = P_2 V_2 / RT_2$$

$$P_1 / P_2 = V_1 / V_2 \text{ D'où } P_2 = P_1 V_1 / V_2 = 1 \times 8 / 5$$

$$P_2 = 1,6 \text{ atm}$$

b. Calcul de Q et W :

$$dU = nC_V dT \text{ Or } T = \text{Cte} \Rightarrow dU = 0$$

$$dQ = -dW \Rightarrow Q = -W$$

$$W = - \int_{V_1}^{V_2} P dV = - P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$W = -1 \times 8 \ln \frac{5}{8} = 376 \text{ Joule}$$

$$W = -Q = -376 \text{ Joule}$$

c. Calcul de d'énergie interne et d'enthalpie :

$$dU = nC_V dT$$

$$dH = nC_P dT$$

$$\Delta H = \Delta U = 0 \text{ Car } T = \text{Cte}$$

2. Le gaz est comprimé réversiblement et de manière adiabatique jusqu'à ce que volume soit 5 L ;

soit. Calcul de la pression finale :

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow P_2 = P_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 1 \left( \frac{8}{5} \right)^{1,4}$$

$$P_2 = 1,93 \text{ atm}$$

Température finale

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 300 \left( \frac{8}{5} \right)^{0,4}$$

$$T_2 = 362 \text{ } ^\circ\text{K}$$

b. Calcul du travail :

Transformation adiabatique :  $Q = 0$

$$dU = dQ + dW = dW$$

$$dU = nC_V dT = dW$$

$$W = - \int_{T_1}^{T_2} nC_V dT = - nC_V(T_2 - T_1) = \frac{P_1 V_1}{RT_1} C_V (T_2 - T_1)$$

$$W = 421,47 \text{ Joule}$$

c.  $W = \Delta U$

$$\Delta U = 421,47 \text{ Joule}$$

### Exercice 05 :

#### 1. Détente isotherme et réversible :

a) Température finale du gaz :  $T_2 = T_1 = 298 \text{ K}$  transformation isotherme.

b) Variation de l'énergie interne du gaz pendant la détente isotherme :

$$\Delta U = 0 \text{ transformation isotherme}$$

c) Travail effectué par le gaz pendant la détente isotherme :

$$W_{rev} (1 \rightarrow 2) = - \int_1^2 P_{ext} dV = - \int_1^2 P_{gaz} dV = - \int_1^2 \frac{nRT}{V} dV = -nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = -P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$W_{rev} = - \int_1^2 P_1 dV = nRT \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$W_{rev} = 8,31 \cdot 298 \ln 1/5$$

$$W_{rev} (1 \rightarrow 2) = -3985,6 \text{ J}$$

d) Quantité de chaleur  $Q$  mise en jeu pendant la détente isotherme :  $\Delta U = Q + W$

$$Q = -W \text{ puisque } \Delta U = 0$$

$$Q (1 \rightarrow 2) = 3985,6 \text{ J}$$

e) Variation d'enthalpie du gaz pendant la détente isotherme :  $H = U + PV \Rightarrow dH = dU + d(PV)$

$$\text{Or } d(PV) = 0 \text{ (détente isotherme)} \Rightarrow \Delta H = 0$$

#### 2. Détente isotherme et irréversible

a) Température finale du gaz est :  $T_2 = T_1 = 298 \text{ K}$  (transformation isotherme).

b) Variation de l'énergie interne du gaz pendant la détente isotherme irréversible :

$$\Delta U = 0 \text{ transformation isotherme.}$$

c) Travail effectué par le gaz pendant la détente isotherme irréversible:

$$W_{irrev} (1 \rightarrow 2) = - \int_1^2 P_{ext} dV = - \int_1^2 P_{gaz} dV = - \int_1^2 P_{final} dV$$

$$= -P_{final} \int_1^2 dV = -P_2 (V_2 - V_1)$$

$$W_{irrev} (1 \rightarrow 2) = -P_2 (RT/P_2 - RT/P_1)$$

$$W_{irrev} (1 \rightarrow 2) = -1981 \text{ J}$$

d) Quantité de chaleur  $Q$  mise en jeu pendant la détente isotherme irréversible :  $\Delta U = Q + W$

$$Q = -W \text{ puisque } \Delta U = 0$$

$$Q = 1981 \text{ J}$$

e) Variation d'enthalpie du gaz pendant la détente isotherme irréversible :  $\Delta H = 0$  (détente isotherme)

#### 3. Détente adiabatique réversible

a) Température finale du gaz :

$$dU = C_V dT = \delta W + \delta Q \text{ car } \delta Q = 0$$

$$C_v dT = -PdV = -\frac{RT}{V} dV \text{ pour une mole}$$

$C_v dT = -(C_p - C_v) T dV/V$  car pour un gaz parfait  $C_p - C_v = R$  et  $\gamma = C_p/C_v$

$$dT/T = -((C_p - C_v)/C_v) dV/V = (1 - \gamma) dV/V$$

$$dT/T = (1 - \gamma) dV/V$$

$$TV^{\gamma-1} = \text{constante} \quad (PV/R)V^{\gamma-1} = \text{constante}$$

$$PV^\gamma = R \text{ constante} \Rightarrow PV^\gamma = \text{constante.}$$

**b)** En remplaçant  $V$  par  $\frac{RT}{P}$ , dans l'expression  $PV^\gamma$ , nous obtenons :

$$P_1^{1-\gamma} T_1^\gamma = P_2^{1-\gamma} T_2^\gamma$$

$$\text{Soit } T_2 = T_1 (P_1/P_2)^{1-\gamma/\gamma}$$

Pour le gaz monoatomique, nous avons :  $C_v = 3R/2$  et  $C_p = 5R/2 \Rightarrow \gamma = 5/3$

$$T_2 = T_1 (P_1/P_2)^{0.4} = 156,5K$$

**c)** La variation de l'énergie interne pour la détente adiabatique réversible est :

$$\Delta U = C_v (T_2 - T_1)$$

$$\Delta U = 3/2(156,5 - 298) \cdot 8,31 = -1764 \text{ J.mol}^{-1}$$

**d)** La quantité de chaleur pour la détente adiabatique réversible est :  $Q = 0$

**e)** Le travail mis en jeu pendant pour la détente adiabatique réversible

est :  $\Delta U = W$

$$W = -1764 \text{ J.mol}^{-1}$$

**f)** La variation d'enthalpie pour la détente adiabatique réversible est :

$$\Delta H = C_p (T_2 - T_1)$$

$$\Delta H = -2940 \text{ J.mol}^{-1}$$

#### 4. Détente adiabatique irréversible

**a)** Température finale du gaz:

$$\delta Q = 0 \Rightarrow dU = \delta W \Rightarrow C_v dT = -PdV$$

$$C_v (T_2 - T_1) = -P_2(V_2 - V_1) = -P_2 R (T_2/P_2 - T_1/P_1)$$

$$\Rightarrow T_2 = 203K \text{ (} T_{\text{irr}} > T_{\text{rev}} \text{)}$$

**b)** La variation de l'énergie interne pour la détente adiabatique irréversible est :  $\Delta U = C_v (T_2 - T_1)$

$$\Delta U = 3/2 \cdot 8,31 (203 - 298) = -1184 \text{ J.mol}^{-1}$$

**c)** La quantité de chaleur pour la détente adiabatique irréversible est :  $Q = 0$

**d)** Travail mis en jeu pour la détente adiabatique réversible :  $\Delta U = W + Q$ ,  $Q = 0$

$$\Delta U = W \Rightarrow W = -1184 \text{ J.mol}^{-1}$$

**e)** La variation d'enthalpie pour la détente adiabatique réversible est :  $\Delta H = C_p (T_2 - T_1)$

$$\Delta H = -1974 \text{ J.mol}^{-1}$$



### **CORRECTION DE L' EXERCICE 5 : Détermination de la capacité thermique d'un calorimètre:**

1. • Le système froid  $S_1$ : {l'eau froide}. La température va passer de  $\theta_1 = 18^\circ\text{C}$ ,  $m_1 = 250 \text{ g}$  à  $\theta_e = ?$

Ce système  $S_1$  va capter une quantité de chaleur  $Q_1 > 0$ .

Quantité de chaleur captée par l'eau froide:  $Q_1 = m_1 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_1)$ .

- Système 2 chaud  $S_2$ : {eau chaude}  $\theta_2 = 80^\circ\text{C}$ ;  $m_2 = 300 \text{ g}$ . Température finale :  $\theta_e = ?$

Ce système  $S_2$  va perdre une quantité de chaleur  $Q_2 < 0$ .

Quantité de chaleur cédée par l'eau chaude:  $Q_2 = m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2)$ .

- Le système {eau + calorimètre} est isolé:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \text{ soit } m_1 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_1) + m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2) = 0$$

$$\text{On tire } \theta_e : \theta_e = \frac{m_1 \cdot \theta_1 + m_2 \cdot \theta_2}{m_1 + m_2} \quad \text{A.N. : } \theta_e = \frac{250 \cdot 10^{-3} \cdot 18 + 300 \cdot 10^{-3} \cdot 80}{250 \cdot 10^{-3} + 300 \cdot 10^{-3}} = 51,8^\circ\text{C} \quad \boxed{\theta_e = 51,8^\circ\text{C}}$$

2. • Le système froid  $S_1$ : {l'eau froide + calorimètre et ses accessoires}.  $Q_1 > 0$ .

Quantité de chaleur captée par l'eau froide et le calorimètre:  $Q_1 = (m_1 \cdot c_e + C) \cdot (\theta_e - \theta_1)$ .

- Système 2 chaud  $S_2$ : {eau chaude}  $\theta_2 = 80^\circ\text{C}$ ;  $m_2 = 300 \text{ g}$ . Température finale :  $\theta_e = 50^\circ\text{C}$

Ce système  $S_2$  va perdre une quantité de chaleur  $Q_2 < 0$ .

Quantité de chaleur cédée par l'eau chaude:  $Q_2 = m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2)$ .

- Le système {eau + calorimètre} est isolé:  $Q_1 + Q_2 = 0$

$$(m_1 \cdot c_e + C) \cdot (\theta_e - \theta_1) + m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2) = 0$$

$$C \cdot (\theta_e - \theta_1) = -m_1 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_1) - m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2) = 0 \quad \text{On tire C :}$$

$$C = \frac{-m_1 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_1) - m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2)}{\theta_e - \theta_1} = \frac{m_1 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_1) + m_2 \cdot c_e \cdot (\theta_e - \theta_2)}{\theta_1 - \theta_e}$$

$$\text{A.N. : } C = \frac{250 \cdot 10^{-3} \cdot 4185 \cdot (50 - 18) + 300 \cdot 10^{-3} \cdot 4185 \cdot (50 - 80)}{18 - 50} = 130,8 \text{ J.K}^{-1}$$

$$\boxed{C = 130,8 \text{ J.K}^{-1}}$$

EX06

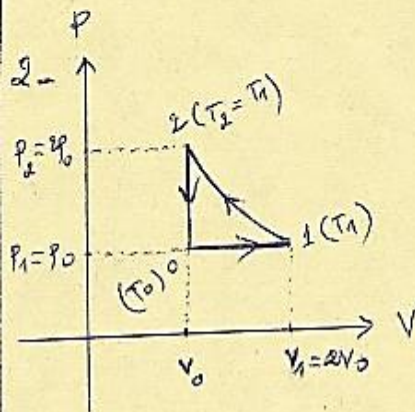
$$1a - \frac{V_0}{T_0} = \frac{2V_0}{T_1} \Rightarrow T_1 = 2T_0$$

$$\text{avec: } P_0 V_0 = RT_0 \Rightarrow T_0 = 336,8 \text{ K}$$

$$\text{donc: } T_1 = 2T_0 = 673,6 \text{ K}$$

$$1b - P_2 V_0 = RT_1 = 2P_0 V_0 \Rightarrow P_2 = 2P_0$$

$$\text{donc: } P_2 = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$



$$3 - W_1 = -P_0(V_1 - V_0) = -P_0 V_0 = -2800 \text{ J}$$

$$Q_1 = \Delta H_1 = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} (T_1 - T_0) = \frac{\gamma}{\gamma - 1} P_0 V_0 = 9800 \text{ J}$$

$$W_2 = - \int_{V_1}^{V_0} P dV = - \int_{V_1}^{V_0} \frac{RT_1}{V} dV = -RT_1 \ln \frac{V_0}{V_1}$$

$$\Rightarrow W_2 = RT_1 \ln \left( \frac{V_1}{V_0} \right) = 2P_0 V_0 \ln 2 = 3881,6 \text{ J}$$

$$Q_2 + W_2 = \Delta U_{12} = 0 \quad \text{car } T_1 = T_1 = T_2$$

$$Q_2 = -W_2 = -3881,6 \text{ J}$$

$$W_3 = 0 \quad (V = \text{cte})$$

$$Q_3 = \Delta U_{20} = \frac{R}{\gamma - 1} (T_0 - T_1) = - \frac{P_0 V_0}{\gamma - 1}$$

$$\Rightarrow Q_3 = -7000 \text{ J}$$

4 - On vérifie facilement que

$$\Delta U = \Delta U_{01} + \Delta U_{12} + \Delta U_{20} = 0$$

$$\text{et } \Delta H = \Delta H_{01} + \Delta H_{12} + \Delta H_{20} = 0$$