

Série de TD N°2 Premier principe de la thermodynamique

Exercice 1 :

1. Un calorimètre contient 100g d'eau à 18°C, On y verse 80 g d'eau à 60°C. Quelle serait la température d'équilibre si la capacité calorifique du calorimètre et de ses accessoires était négligeable.
2. La température d'équilibre est en fait 35,9°C. Calculer la valeur de la capacité calorifique du calorimètre et de ses accessoires. En déduire la masse en eau μ équivalente au calorimètre.
3. On considère de nouveau le calorimètre qui contient 100 g d'eau à 18°C. On y plonge un morceau de cuivre de masse 20g initialement placé dans l'eau en ébullition, la température d'équilibre s'établit à 19,4°C. Calculer la capacité thermique massique du cuivre.
4. L'état initial étant encore le même : dans le calorimètre contenant 100 g d'eau à 18°C, on y introduit un glaçon de masse 25 g à la température de -25°C provenant d'un congélateur. Quelle est la température d'équilibre.

Données: Chaleur massique de l'eau liquide $c_e=4,185 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Chaleur massique de la glace $c_g=2,09 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Chaleur latente de fusion de la glace $L_f= 334 \text{ J.g}^{-1}$.

Exercice 2 :

- 1) Calculer le travail reçu par une mole de gaz parfait, enfermé dans un cylindre à piston lors d'une compression isotherme ($T=500\text{K}$), faisant passer sa pression de $P_1=1\text{atm}$ à $P_2= 10 P_1$ dans les deux cas suivant :
 - a- On comprime le gaz de façon réversible
 - b- On exerce brutalement sur le gaz une pression extérieure $P_{\text{ext}}=P_2$
- 2) Peut-on représenter ces deux transformations sur le diagramme (P,V) ?

Exercice 3 :

Une demi mole d'air considéré comme gaz parfait subit les transformations réversibles suivantes :

- Une compression isochore qui amène le gaz de l'état A à l'état B ;
- Une Détente isotherme de l'état B à l'état C ;
- Une Détente adiabatique de l'état C à l'état D ;
- Un refroidissement isobare de l'état D à l'état A,

1) Compléter le tableau ci dessous en calculant les variables V_A , T_D , V_C et P_C .

Etats	Température T(K)	Pression P (Pa)	Volume V (l)
Etat A	300	$1,5 \cdot 10^5$	
Etat B		$3,5 \cdot 10^5$	
Etat C	700		
Etat D			15,9

- 2) Représenter le cycle sur le diagramme de Clapeyron (P,V)
- 3) Exprimer puis calculer en Joules les grandeurs travail (W), la chaleur (Q), la variation de l'énergie interne (ΔU) et la variation de l'enthalpie (ΔH) pour les transformations subies ainsi que pour le cycle. Discuter le signe de W_{cycle}
- 4) Calculer le rendement du cycle ?

Données : $R=8,31 \text{ J/mol.K}$ $=0,082 \text{ l.atm/mol.K}$. $\gamma=1,4$

Exercice 4 :

Une mole d'oxygène subit une détente adiabatique réversible de l'état (1) caractérisé par $P_1=10$ atm, $V_1= 1$ L à l'état (2) caractérisé par $P_2= 1$ atm avec $\gamma =1,4$.

- 1) a- Déterminer la température T_2 et le volume V_2 .
b- Calculer le travail de cette transformation.
- 2) On exerce sur le gaz une pression extérieure $P_{ext} = P_2 = 1$ atm. Établir l'expression du travail pour cette transformation.

Exercice supplémentaire :

I) Un glaçon de 36g à la température de -5°C est plongé dans 108g d'eau à 60°C .

- 1) Montrer en comparant la chaleur nécessaire à la fusion totale de la glace à la chaleur contenue dans l'eau chaude que le glaçon fond totalement ?
- 2) Calculer la température finale (à l'équilibre) de l'eau
- 3) Calculer la quantité de chaleur nécessaire pour vaporiser cette eau de la température d'équilibre jusqu'à 150°C

II) Un morceau de fer de masse $m_1 = 500$ g est sorti d'un congélateur à la température $\Theta_1 = -30^\circ\text{C}$. Il est plongé dans un calorimètre, de capacité thermique négligeable, contenant une masse $m_2 = 200$ g d'eau à la température initiale $\Theta_2 = 4^\circ\text{C}$.

-Déterminer l'état final d'équilibre du système (température finale, masse des différents corps présents dans le calorimètre).

III) Calculer la quantité de chaleur qu'il faut fournir à un corps de masse 1 kg initialement à la température de 25°C pour élever sa température jusqu'à 90°C sous la pression atmosphérique, en considérant les corps suivants :

- a) fonte : $C_p=0,46$ J/g.K b) CO : $C_p= 1,71-492 T^{-1} +16. 10^4 T^{-2}$ J/g.K

Données:

Chaleur massique de l'eau liquide $c_e=4,185$ J.g⁻¹.K⁻¹. Chaleur massique de la glace $c_g=2,09$ J.g⁻¹.K⁻¹.
Chaleur latente de solidification de la glace $L_{sol}= -334$ J.g⁻¹. Enthalpie de vaporisation de l'eau à 100°C
 $\Delta H_{vap(H_2O)}^\circ=540$ cal/g

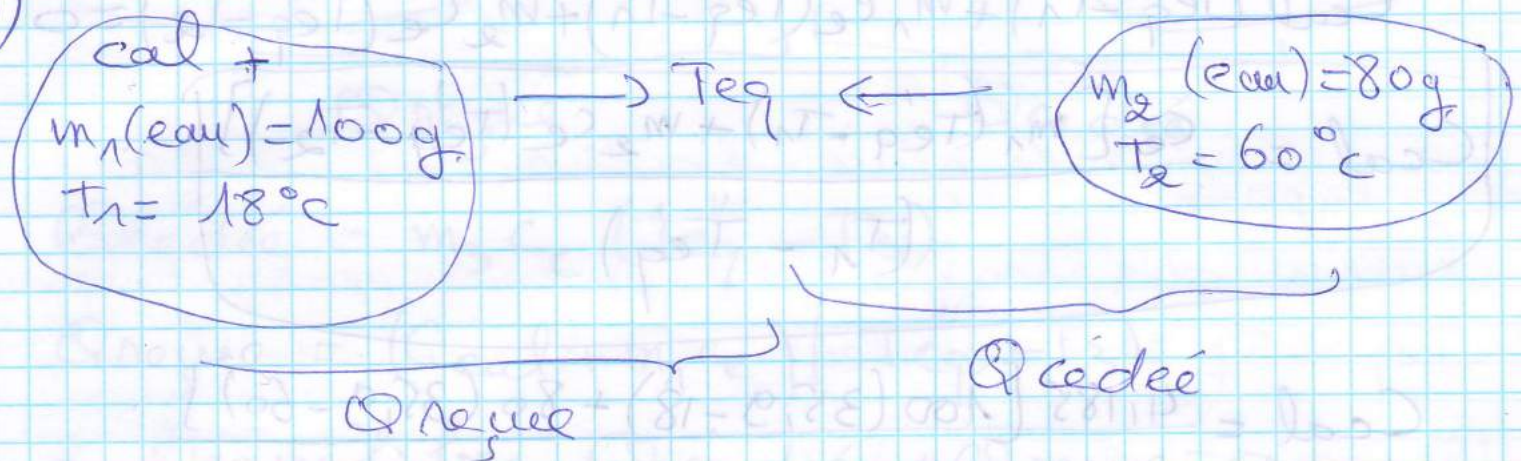
2023

Corrigé de la série N°2

Premier principe de la
Thermodynamique.

Exo 1:

1)



à l'équilibre : $Q_{\text{cedée}} + Q_{\text{regue}} = 0$

$$Q_{\text{cedée}} = m_2 c_e (T_{\text{eq}} - T_2)$$

$$Q_{\text{regue}} = m_1 c_e (T_{\text{eq}} - T_1) \quad (\text{capacité calorifique du calorimètre et de ses accessoires est négligée}).$$

$$m_1 c_e (T_{\text{eq}} - T_1) + m_2 c_e (T_{\text{eq}} - T_2) = 0$$

$$T_{\text{eq}} = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2}$$

A.N: $T_{\text{eq}} = \frac{100 \cdot 18 + 80 \cdot 60}{180} = 36,66^\circ\text{C}$

2) Calcul de la capacité calorifique du calorimètre

$$Q_{\text{cédé}} = m_2 c_e (T'_{\text{eq}} - T_2) \quad T'_{\text{eq}} = 35,9^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{reçue}} = C_{\text{cal}} (T'_{\text{eq}} - T_1) + m_1 c_e (T'_{\text{eq}} - T_1)$$

à l'équilibre :

$$C_{\text{cal}} (T'_{\text{eq}} - T_1) + m_1 c_e (T'_{\text{eq}} - T_1) + m_2 c_e (T'_{\text{eq}} - T_2) = 0$$

$$C_{\text{cal}} = \frac{c_e [m_1 (T'_{\text{eq}} - T_1) + m_2 c_e (T'_{\text{eq}} - T_2)]}{(T_1 - T'_{\text{eq}})}$$

$$C_{\text{cal}} = \frac{4,185 [100 (35,9 - 18) + 80 (35,9 - 60)]}{18 - 35,9}$$

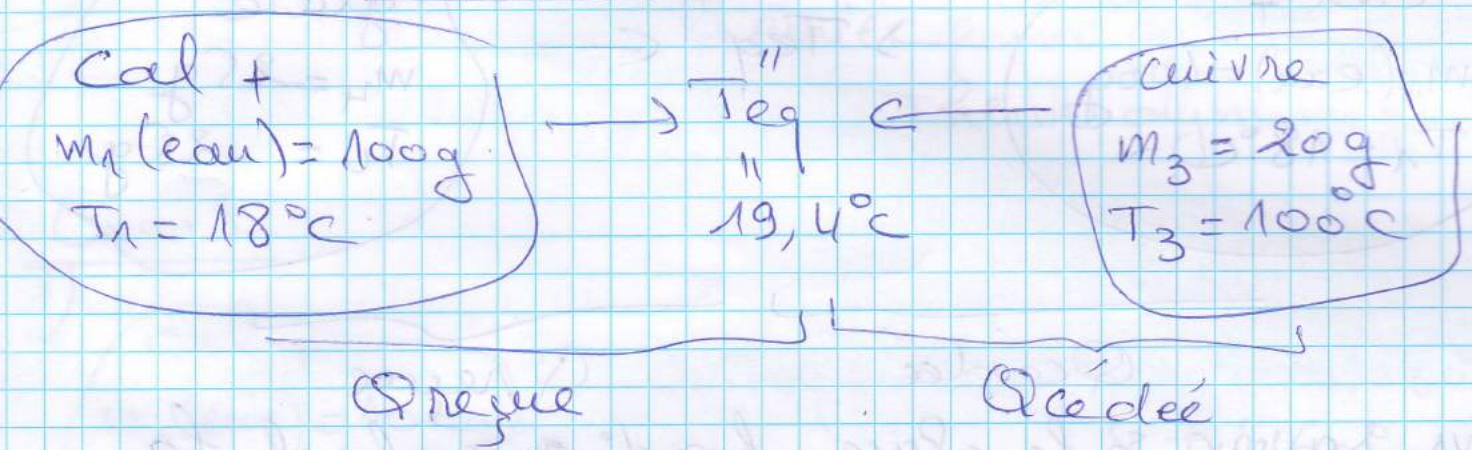
$$C_{\text{cal}} = 32,26 \text{ J/K}$$

- valeur en eau (μ) :

$$\mu \cdot c_e = C_{\text{cal}} \Rightarrow \mu = \frac{C_{\text{cal}}}{c_e}$$

$$\mu = \frac{32,26}{4,185} = 7,7 \text{ g}$$

3) Calcul de la capacité thermique massique du cuivre



$$Q_{\text{cédée}} = m_3 c_c (T_{\text{ég}}'' - T_3)$$

$$Q_{\text{regue}} = (C_{\text{cal}} + m_1 c_e) (T_{\text{ég}}'' - T_1)$$

à l'équilibre: $Q_{\text{cédée}} + Q_{\text{regue}} = 0$

$$m_3 c_c (T_{\text{ég}}'' - T_3) + (C_{\text{cal}} + m_1 c_e) (T_{\text{ég}}'' - T_1) = 0$$

$$c_c = \frac{(C_{\text{cal}} + m_1 c_e) (T_{\text{ég}}'' - T_1)}{m_3 (T_3 - T_{\text{ég}}'')}$$

$$c_c = \frac{(32,26 + 100,4 \cdot 1,88) (19,4 - 18)}{20 (100 - 19,4)}$$

$$c_c = 0,39 \text{ J/gK}$$

4) calcul de la T_{eq} :

$$\begin{aligned} \text{cal +} \\ m_1(\text{eau}) = 100\text{g} \\ T_1 = 18^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\longrightarrow T_{eq} \longleftarrow$$

$$\begin{aligned} \text{glace} \\ m_4 = 25\text{g} \\ T_4 = -25^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$Q_{cédée}$

$Q_{reçue}$

Pour savoir si la glace fond : on calcule la chaleur disponible (Q_{disp}) en supposant que $T_{eq} = T_f$ et la chaleur nécessaire sans fusion

$$\begin{aligned} Q_{disp} &= (C_{cal} + m_1 c_e) (T_f - T_1) \\ &= (32,26 + 100 \cdot 4,185) (0 - 18) \end{aligned}$$

$$Q_{disp} = -8113,68 \text{ J}$$

$$\begin{aligned} Q_{nécessaire} &= m_3 c_g (T_f - T_4) \\ &= 25 \cdot 2,09 (0 + 25) = \end{aligned}$$

$$Q_{nec} = 1306,25 \text{ J}$$

$$|Q_{disp}| > |Q_{nec}| \Rightarrow \text{La glace fond}$$

La glace fond-elle en entier ?

$$Q_{\text{fusion totale}} = m_3 c_g (T_f - T_4) + m_3 L_f$$

$$Q_{\text{fusion Tot}} = 9656,25 \text{ J}$$

$$|Q_{\text{fusion totale}}| > |Q_{disp}| \Rightarrow \text{La glace ne fond}$$

$T_{eq} = T_f$

$T_{eq} = T_f$ on calcul alors la
masse de la glace fondue (m_f)

$$Q_{cedé} + Q_{reçue} = 0$$

$$(C_{cal} + m_1 c_e)(T_{eq} - T_1) + m_f L_f + m_4 c_g(T_{eq} - T_4) = 0$$

$$m_f = \frac{-[(C_{cal} + m_1 c_e)(T_{eq} - T_1) + C_4 m_g(T_{eq} - T_4)]}{L_f}$$

$$m_f = \frac{[C_{32,26} + 100 \cdot 4,185](18) + 25 \cdot 2,09(-25)]}{334}$$

$$m_f = 20,38 \text{ g}$$

la masse de glace restante est

$$m_r = 4,62 \text{ g}$$

Exo 1. Partie 04

$$m_1 = m_{\text{glace}} = 25 \text{ g}$$

$$T_1 = 18^\circ \text{C}$$

$$m_2 = m_{\text{glace}} = 25 \text{ g}$$

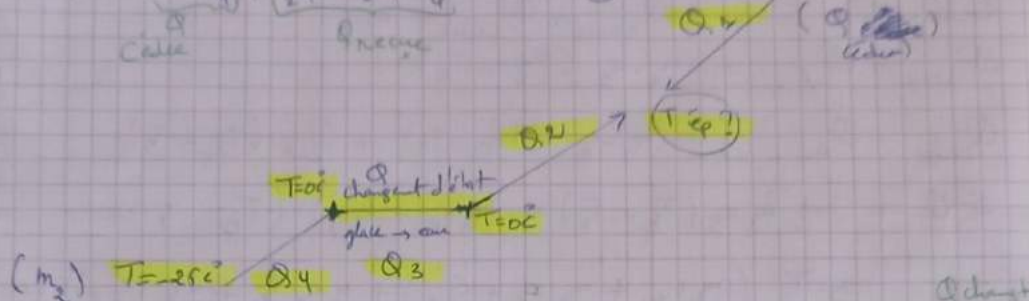
$$T_2 = T_{\text{glace}} = -25^\circ \text{C}$$

Temp ?

Donc : Calorimétrie $\Rightarrow \Sigma Q = 0 \Rightarrow Q_{\text{reçue}} + Q_{\text{céde}} = 0$

Donc : Le bilan thermique s'écrit :

$$\Sigma Q = 0 \Rightarrow Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0 \quad (I)$$



$$(I) \Rightarrow Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0 \Rightarrow \underbrace{m_1 c_e (T_{\text{ép}} - T_1)}_{Q_1} + \underbrace{m_2 c_e (T_{\text{ép}} - T_2)}_{Q_2} + \underbrace{L_f m_2}_{Q_3} + \underbrace{m_2 c_g (T_{\text{ép}} - T_2)}_{Q_4} = 0$$

$$\Rightarrow m_1 c_e T_{\text{ép}} - m_1 c_e T_1 + L_f m_2 - m_2 c_g T_2 + m_2 c_g T_{\text{ép}} = 0$$

$$\Rightarrow T_{\text{ép}} (m_1 c_e + L_f + m_2 c_g) = T_1 (m_1 c_e + L_f) - m_2 c_g T_2$$

$$\Rightarrow T_{\text{ép}} = \frac{(m_1 c_e + L_f) T_1 - m_2 c_g T_2}{m_1 c_e + L_f + m_2 c_g} \quad A.N. \Rightarrow T_{\text{ép}} = -2,77^\circ \text{C}$$

$T_{\text{ép}} = -2,77^\circ \text{C}$? $\rightarrow$ Ce résultat est faux car à cette T° et sous la pression atmosphérique, l'eau pure est à l'état solide. Donc on comprend que la glace ne fondra pas totalement et la température d'équilibre du système est $T_{\text{ép}} = 0^\circ \text{C}$. Donc on aura :

$$\Sigma Q = 0 \Rightarrow Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$\Rightarrow (m_1 c_e + L_f) (T_{\text{ép}} - T_1) + m_2 c_g (T_{\text{ép}} - T_2) = 0$$

$$\text{Donc : } Q_2 = \underbrace{m_2}_{\text{fondue}} L_f = -Q_1 - Q_3$$

$$Q_2 = \underbrace{m_2}_{\text{fondue}} L_f = - (m_1 c_e + L_f) (T_{\text{ép}} - T_1) + m_2 c_g (T_{\text{ép}} - T_2)$$

$$\Rightarrow Q_2 = m_2 L_f = - [100 \times 4,18 + 32,26] (-25) - [25 \times 2,09 (25)]$$

$$\Rightarrow Q_2 = m_2 L_f = - (-9104,18) - (+1306,25) = 6797,93$$

$$\text{Donc : } m_{\text{fondue}} \neq m_{\text{totale}} = \frac{6797,93}{(334)} = 20,35 \text{ g}$$

$$\text{La masse qui reste (glace)} = 25 - 20,35 = 4,64 \text{ g}$$

Exercice 9° (compression isotherme)

$$\delta W = -P_{\text{ext}} dV \Rightarrow \int_{V_1}^{V_2} \delta W = W = \int_{V_1}^{V_2} -P_{\text{ext}} dV$$

a) compression isotherme réversible :

La Pression $P_{\text{ext}} = P_{\text{int}}$ du gaz $= \frac{nRT}{V}$

$$W_{12} = - \int_{V_1}^{V_2} P_{\text{int}} dV = - \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV \quad (\text{avec } T = \text{cst})$$

$$W = -nRT \int \frac{dV}{V} = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Pour une T-isotherme : $PV = \text{cst} \Leftrightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2$

on obtient $\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow W_{\text{rev}} = -nRT \ln \frac{P_1}{P_2}$

A.N : $W_{\text{rev}} = -1 \cdot 8,31 \cdot 500 \ln \frac{1}{10} = 9567,24 \text{ J}$

$W > 0$ le système (gaz) reçoit du Travail
il s'agit en effet d'une compression

b) compression isotherme irréversible :

$$W_{\text{irr}} = - \int_{V_1}^{V_2} P_{\text{ext}} dV \quad \text{La } P_{\text{ext}} = P_2 = P_{\text{final}} = \text{cst}$$

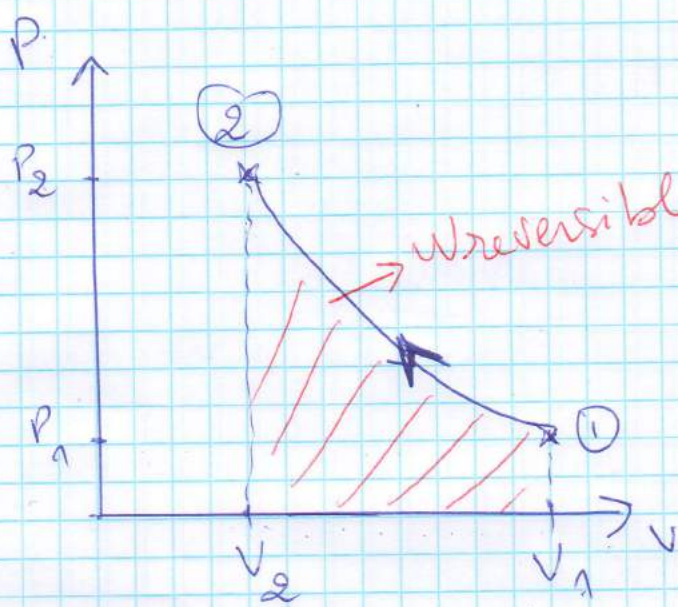
$$= -P_2 \int_{V_1}^{V_2} dV = -P_2 (V_2 - V_1)$$

$$W_{\text{irr}} = -P_2 (V_2 - V_1) = -P_2 V_2 \left(1 - \frac{V_1}{V_2} \right)$$

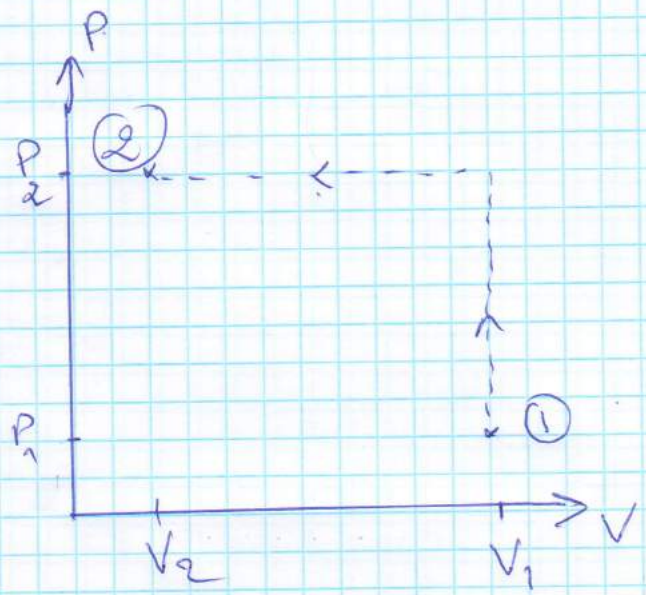
$$W_{\text{irr}} = -nRT \left(1 - \frac{P_2}{P_1} \right)$$

A.N : $W_{\text{irr}} = -1 \cdot 8,31 \cdot 500 \left(1 - \frac{10}{1} \right) = 37395 \text{ J}$

La compression irréversible demande beaucoup plus de Travail ($w_{irr} > w_{rev}$).



(a) T. reversible



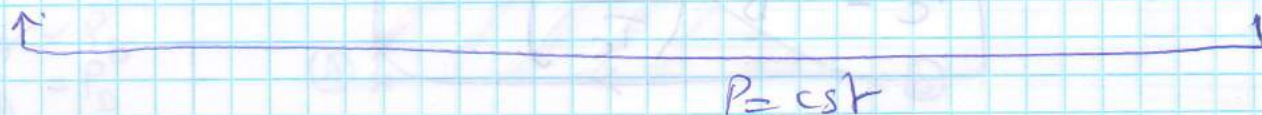
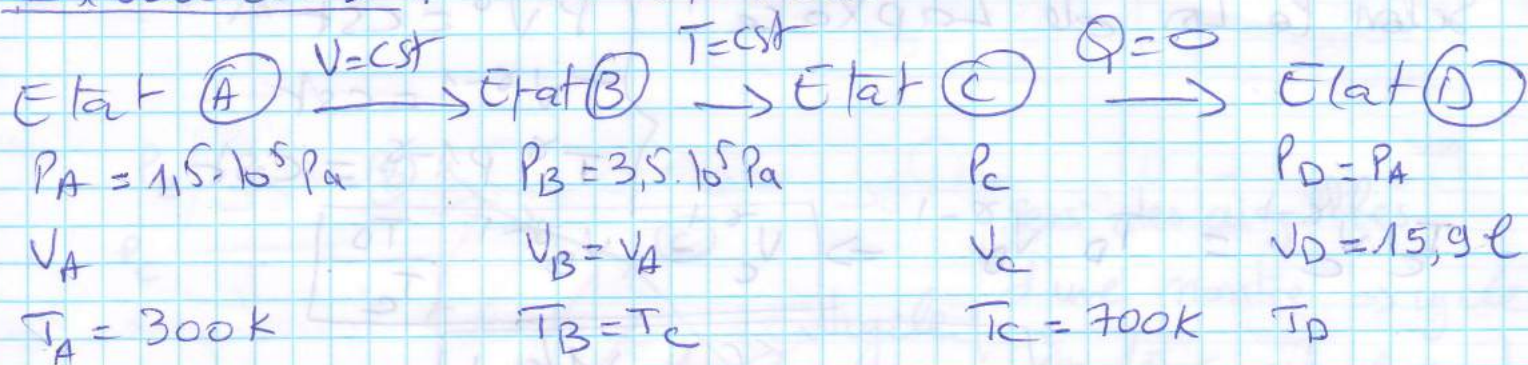
(b) T. irreversible

Diagramme de Clapeyron (P. V)

(a) T. reversible : à chaque instant le gaz est en équilibre et on connaît les valeurs de P et V. la représentation de la Transformation sur le diagramme (P. V) est possible.

(b). T. irreversible : le gaz n'est en équilibre qu'à l'état ① et ②. les variables P et V ne sont pas connues entre l'état initial et final. on a donc que 2 points pour représenter la T. irreversible (l'état ① et l'état ② seulement).

Exercice 3 : $n = 0,5 \text{ mole}$.



1) Calcul des variables d'état :

① $P_A V_A = n R T_A \Rightarrow \boxed{V_A = \frac{n R T_A}{P_A}}$

$$V_A = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 300}{1,5 \cdot 10^5} = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 8,31 \text{ l.}$$

$\boxed{V_A = 8,31 \text{ l}}$

② à l'état (D): $P_D V_D = n R T_D \Rightarrow \boxed{T_D = \frac{P_D \cdot V_D}{n R}}$

ou selon la loi de Gay-Lussac ($P=\text{cst}$) de l'état (D) à l'état (A): $\frac{V}{T} = \text{cst} \Rightarrow \frac{V_D}{T_D} = \frac{V_A}{T_A}$

donc $\boxed{T_D = T_A \frac{V_D}{V_A}}$

ou : $P_A V_A = n R T_A$ et $P_D V_D = n R T_D$

$$\Rightarrow \frac{P_A V_A}{P_D V_D} = \frac{n R T_A}{n R T_D} \Leftrightarrow \frac{V_A}{V_D} = \frac{T_A}{T_D} \Rightarrow \boxed{T_D = T_A \frac{V_D}{V_A}}$$

$$T_D = 300 \cdot \frac{15,9}{8,31} \Rightarrow \boxed{T_D = 574 \text{ K}}$$

8

$$E \text{ lat } (C) \rightarrow E \text{ lat } (D) : Q = Q_{AD}$$

Selon la loi de Laplace :

$$\begin{cases} P V^\gamma = \text{cst} \\ T V^{\gamma-1} = \text{cst} \\ T^\gamma P^{1-\gamma} = \text{cst} \end{cases}$$

$$T_c V_c^{\gamma-1} = T_D V_D^{\gamma-1} \Rightarrow V_c^{\gamma-1} = V_D^{\gamma-1} \frac{T_D}{T_c}$$

on obtient :

$$V_c = V_D \left(\frac{T_D}{T_c} \right)^{1/\gamma-1}$$

A.N :

$$V_c = 15,9 \left(\frac{574}{700} \right)^{1/\gamma-1} \Rightarrow V_c = 9,68 \text{ l.}$$

Calcul de P_c :

$$P_c V_c = n R T_c \Rightarrow P_c = \frac{n R T_c}{V_c}$$

ou :

Selon la loi de Boyle - Mariotte : $P_B V_B = P_c V_c$

$$P_c = P_B \frac{V_B}{V_c}$$

$$\text{ou } P_c V_c^\gamma = P_D V_D^\gamma \Rightarrow P_c = P_D \left(\frac{V_D}{V_c} \right)^\gamma$$

A.N : $P_c = 3,5 \cdot 10^5 \cdot \frac{8,31}{9,68} = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$$P_c = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

2) calcul de C_p et C_v :

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \Rightarrow C_p = \gamma C_v$$

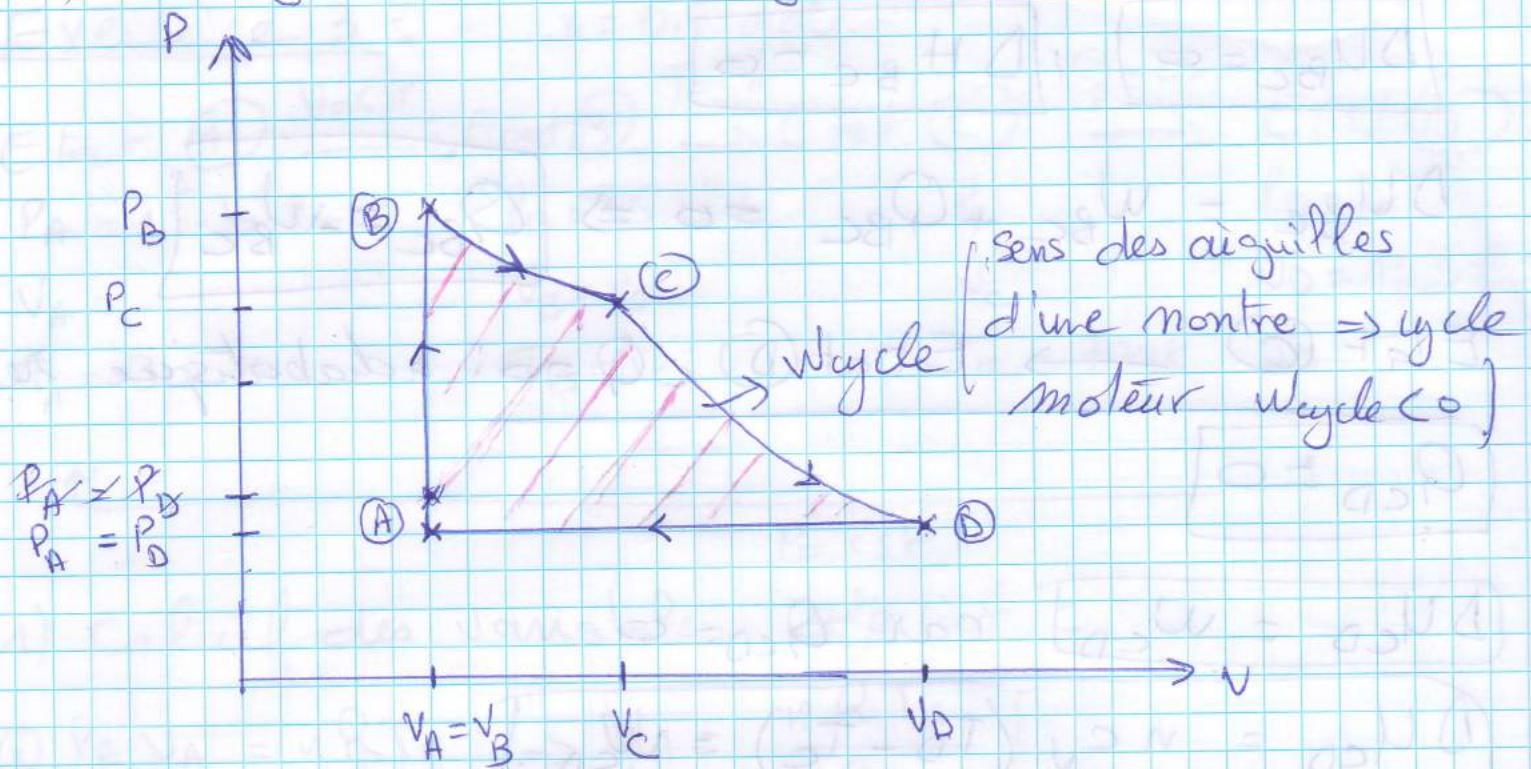
$$C_p - C_v = R \Rightarrow \gamma C_v - C_v = R \Rightarrow C_v = \frac{R}{\gamma-1}$$

$$C_p = \frac{\gamma R}{\gamma-1} ; C_v = 20,77 \text{ J/mol K}$$

$$C_p = 29,088 \text{ J/mol K.}$$

(9)

3) Diagramme Clapeyron (P, V)



4) Calcul de w , Q , DU et DH 's

de l'état (A) $\xrightarrow{V=\text{cst}}$ Etat (B) :

$$w_{AB} = - \int P_{\text{ext}} dV = 0 \quad (dV=0 \text{ car } V=\text{cst})$$

$$DU_{AB} = \cancel{w_{AB}} + Q_{AB} \quad \text{selon le 1er principe}$$

$$\boxed{DU_{AB} = Q_{AB}} \quad \boxed{w_{AB} = 0}$$

$$\boxed{DU_{AB} = n C_V (T_B - T_A)}$$

$$DH_{AB} = n C_P (T_B - T_A) = n \gamma C_V (T_B - T_A)$$

$$\boxed{DH_{AB} = \gamma DU_{AB}}$$

$\times$ Etat (B) $\rightarrow$ Etat (C) : $T=\text{cst}$

$$w_{BC} = - \int_{V_B}^{V_C} P_{\text{ext}} dV = - \int_{V_B}^{V_C} P_{\text{int}} dV = - \int_{V_B}^{V_C} \frac{nRT}{V} dV$$

$$\boxed{w_{BC} = - n R T_B \ln \frac{V_C}{V_B}}$$

10

$$\Delta U_{BC} = n C_V (T_C - T_B) = 0 \quad (T = \text{cste})$$

$$\boxed{\Delta U_{BC} = 0} \quad , \quad \boxed{\Delta H_{BC} = 0}$$

$$\Delta U_{BC} = W_{BC} + Q_{BC} = 0 \Rightarrow \boxed{Q_{BC} = -W_{BC}}$$

Etat (C) $\longrightarrow$ Etat (D) : $Q = 0$ | adiabatique rev

$$\boxed{Q_{CD} = 0}$$

$$\boxed{\Delta U_{CD} = W_{CD}} \text{ car } Q_{CD} = 0.$$

$$\boxed{\Delta U_{CD} = n C_V (T_D - T_C) = W_{CD}}$$

$$\text{ou } \boxed{W_{CD} = \frac{P_D V_D - P_C V_C}{\gamma - 1} = \Delta U_{CD}}$$

$$\text{et } \boxed{\Delta H_{CD} = \gamma \Delta U_{CD}}$$

Etat (D) $\xrightarrow{P = \text{cste}}$ Etat (A) (isobare) :

$$W_{DA} = - \int_{V_D}^{V_A} P_D dV = -P_D (V_A - V_D)$$

$$\boxed{W_{DA} = -P_A (V_A - V_D)}$$

$$Q_{DA} = Q_P = n C_P (T_A - T_D) = \Delta H_{DA} = \gamma \Delta U_{DA}$$

$$\boxed{\Delta U_{DA} = n C_V (T_A - T_D)}$$

$$\boxed{\Delta H_{DA} = Q_{DA} = \gamma \Delta U_{DA}}$$

11

Transformation	$W(J)$	$Q(J)$	$\Delta U(J)$	$\Delta H(J)$
A vers B isochore	0	4154	4154	5815,6
B vers C isotherme	-443,84	443,84	0	0
C vers D adiabatique	-1308,51	0	-1308,51	-1831,91
D vers A isobare	+1138,5	-3983,68	-2845,49	-3983,68
cycle	-613,8	614,16	0	0

$$\Delta U_{\text{cycle}} = Q_{\text{cycle}} + W_{\text{cycle}}$$

$$\text{avec } \begin{cases} Q_{\text{cycle}} = 614,16 \\ W_{\text{cycle}} = -613,8 \end{cases} \Rightarrow Q_{\text{cycle}} + W_{\text{cycle}} = 0$$

$\Rightarrow \Delta U_{\text{cycle}} = 0$ donc le 1^{er} principe (d'équivalence) est vérifié.

u) calcul du rendement:

$$\eta = \frac{|W_{\text{cycle}}|}{Q_{\text{reçue}}} = \frac{614}{Q_{AB} + Q_{BC}} \quad 12$$

$$= \frac{614}{4154 + 443,84} = 0,13$$

$$\eta = 13\%$$

Exercice 4: $n = 1 \text{ mole}$. $\gamma = 1.4$
 1) détente adiabatique réversible

Etat (1) $\longrightarrow$ Etat (2)

$$P_1 = 10 \text{ atm}$$

$$V_1 = 1 \text{ l}$$

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

$$V_2 = ?$$

calcul de T_2 et V_2 :

$$P_2 V_2^\gamma = P_1 V_1^\gamma \Rightarrow V_2 = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1/\gamma} V_1$$

$$V_2 = \left(\frac{10}{1} \right)^{1/1.4} \times 1 = 5.18 \text{ l}$$

$$P_1^{1-\gamma} T_1^\gamma = P_2^{1-\gamma} T_2^\gamma \Rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1-\gamma/\gamma}$$

$$T_2 = 1211.9 \left(\frac{10}{1} \right)^{1-1.4/1.4} \Rightarrow T_2 = 63.13 \text{ K}$$

tel que:

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{nR} = \frac{10 \cdot 1}{0.082} = 1211.9 \text{ K}$$

$$W_{\text{rev}} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1}$$

$$= \frac{1.013 \cdot 10^5 \cdot 5.18 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 1.013 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}}{0.4}$$

$$W_{\text{rev}} = -1220.675$$

13

2) Detente adiabatique irreversible

$$P_{\text{ext}} = P_2 = 1 \text{ atm.}$$

selon le 1^{er} principe: $\Delta U = w + q$ ~~$q = 0$~~

$$\Delta U = w \Leftrightarrow \boxed{C_v (T_2 - T_1) = -P_2 (V_2 - V_1)}$$

$$C_v (T_2 - T_1) = -P_2 \left(\frac{RT_2}{P_2} - \frac{RT_1}{P_1} \right)$$

$$C_v (T_2 - T_1) = -P_2 R \left(\frac{T_2}{P_2} - \frac{T_1}{P_1} \right)$$

$$C_v T_2 + R T_2 = C_v T_1 + R T_1 \frac{P_2}{P_1}$$

$$T_2 (C_v + R) = T_1 \left(C_v + R \frac{P_2}{P_1} \right)$$

$$\boxed{T_2 = T_1 \frac{\left(C_v + R \frac{P_2}{P_1} \right)}{(C_v + R)}}$$

$$T_2 = 90,55 \text{ K.}$$

$$w_{\text{irr}} = C_v (T_2 - T_1) = 20,78 (90,55 - 121,9)$$

$$\boxed{w_{\text{irr}} = -651,6 \text{ J}}$$

lors d'une détente $|w_{\text{rev}}| > |w_{\text{irr}}|$
on recupere moins de Travail lors d'une
T. irreversible.

14