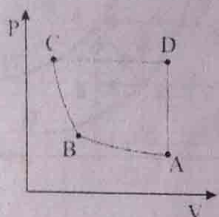


Fiche de TD #3

Exercice 1

Une mole d'un gaz, supposé parfait, subit une série de transformations réversibles représentées sur le diagramme de Clapeyron ci-dessous.

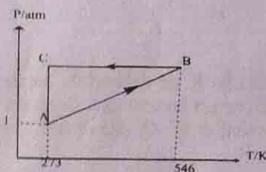
1. Si on admet que $T_C > T_B$, décrire la nature des quatre transformations représentées sur le diagramme (P-V).
2. Pour le cycle [ABCD] représenté ci-dessous, remplir le tableau suivant en prévoyant les signes des quantités (+, -, 0).



	ΔU	ΔH	W	Q
$A \rightarrow B$				
$B \rightarrow C$				
$C \rightarrow D$				
$D \rightarrow A$				
Cycle				

Exercice 2

La figure ci-dessous décrit le cycle de transformations réversibles successives qu'une mole d'un gaz (supposé parfait) a subi à partir de son état thermodynamique initial A

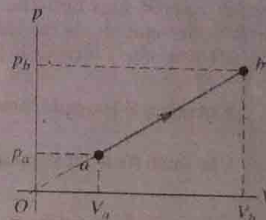


1. Donner la nature de ces transformations et représenter les sur un diagramme (P-V)
2. Calculer la chaleur et le travail échangés ainsi que les variations d'énergie interne et d'enthalpie du système pour chaque transformation et pour le cycle.

Exercice 3

Un gaz monoatomique supposé idéal subit une transformation allant de l'état a à l'état b le long d'un chemin représenté par une ligne droite dans le diagramme (P-V).

Si $V_a = 0,07000 \text{ m}^3$, $V_b = 0,1100 \text{ m}^3$, $P_a = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$ et $P_b = 1,40 \times 10^5 \text{ Pa}$, quelle est la quantité de chaleur échangée (absorbée ou dégagée) par le gaz au cours de ce processus?



Exercice 4

Une quantité d'un gaz parfait diatomique, dans les conditions initiales P_1 , V_1 , T_1 , décrit, d'une manière réversible, le cycle suivant:

- a. échauffement isochore jusqu'à la température T_2 ;
- b. détente, suivant une droite dans le diagramme (P,V), jusqu'à la pression $P_3 = P_1$ et le volume $V_3 = (4/3)V_1$;
- c. retour à l'état initial de manière isobare.

On donne: $P_1 = 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 1 \text{ m}^3$, $T_1 = 300 \text{ K}$, $T_2 = 600 \text{ K}$.

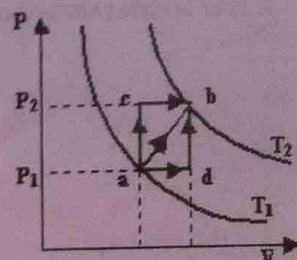
1. Déterminer les coordonnées P_1 , V_1 et T_1 à l'issue de chaque transformation. Reporter les résultats obtenus sur un tableau.
2. Représenter le cycle dans un diagramme de Clapeyron.
3. Calculer au cours des transformations successives les travaux (W) et quantités de chaleur (Q) échangés ainsi que les variations d'énergie interne (ΔU) et d'enthalpie (ΔH).

Exercice 5

Une mole d'un gaz parfait pour lequel $C_v = (5/2) R$ est pris dans les conditions du point **a** dans la figure ci-contre.

On lui fait décrire le chemin [ab] de 2 manières différentes :

- i. le trajet [acb];
- ii. le trajet [adb].



On donne : $P_2 = 2P_1$ et $V_2 = 2V_1$.

1. Déterminer la quantité de chaleur et le travail échangés par le gaz, dans chacun des 2 processus. Donner les réponses en fonction de R et T_1 .
2. Calculer l'énergie interne totale fournie au cours du cycle [acbda].

Exercice 6

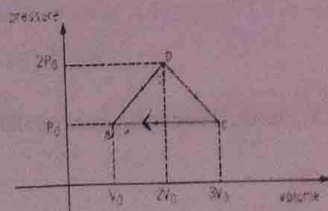
Un échantillon de 5,0 moles de CO_2 , initialement contenu dans un récipient de 15 L à 280 K, se détend de façon adiabatique face à une pression constante de 78,5 kPa jusqu'à occuper un volume multiplié par un facteur 4,0. Sachant que la capacité calorifique molaire de CO_2 à pression constante est de 37,11 J. $\text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, calculer W , Q , ΔU et ΔH . (la pression finale du gaz n'étant pas forcément 78,5 kPa).

Exercice 7

On considère un système composé de 3,0 moles de O_2 (assimilé à un gaz parfait) à 25 °C, dans un cylindre de section 22 cm^2 , sous 820 kPa. Le gaz se détend de façon adiabatique et irréversible face à une pression constante de 110 kPa. Sachant que la capacité calorifique molaire de O_2 à pression constante est de 29,4 J. $\text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, calculer W , Q , ΔU , ΔH ainsi que T lorsque le piston se déplace de 15 cm.

Exercice 8 (supplémentaire à remettre sous forme de devoir)

Une mole d'un gaz supposé parfait subit une série de transformations représentées sur le diagramme suivant :



a. Utiliser l'équation d'état des gaz parfaits et les données suivantes ($P_0 = 1,00 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, $V_0 = 1,00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$) pour déterminer la température du gaz aux points a, b, et c.

b. Déterminer pour chacune des trois étapes ainsi que pour le cycle complet les énergies échangées (W , Q , ΔU et ΔH)

Série 3

EXO 1

conservation de l'énergie interne :

$$dU = \delta W + \delta Q$$

U = Énergie interne ; fonction d'état.

dU = différentielle totale exacte.

loi de Joule : U et H ne dépendent que de T.

H : enthalpie

$$H = U + PV$$

$$dU = n C_v dT$$

$$dH = n C_p dT$$

$$\text{Relation de Mayer} : C_p - C_v = R$$

1/ Décrire la nature des transf.

Transformation C → D

P = cte ⇒ transf = isobare.

$$PV = nRT \rightarrow P_C V_C = nRT_C$$

$$P_D V_D = nRT_D$$

$$\Rightarrow \frac{P_C V_C}{P_D V_D} = \frac{T_C}{T_D} \Rightarrow \frac{V_C}{V_D} = \frac{T_C}{T_D}$$

$$\text{d'où : } T_D = \frac{T_C \cdot V_D}{V_C}$$

$$\text{On a : } V_D > V_C \Rightarrow \frac{V_D}{V_C} > 1 \Rightarrow T_D > T_C$$

⇒ Échauffement ou Chauffage.

Transf D → A

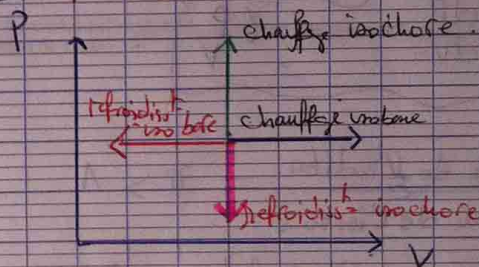
V = cte → transf = isochore.

$$\left. \begin{array}{l} P_D V_D = nRT_D \\ P_A V_A = nRT_A \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_D}{P_A} = \frac{T_D}{T_A}$$

$$\Rightarrow T_A = \frac{P_A T_D}{P_D}$$

$$P_A < P_D \Rightarrow \frac{P_A}{P_D} < 1 \Rightarrow T_A < T_D$$

⇒ Refroidissement



Transf = A → B et B → C

(hyperboles) :

Dans le diagramme (P, V), il existe deux Transformations dont les courbes sont hyperboles : ISOTHERME et ADIABATIQUE.

Comparaison des pentes :

2' isotherme :

$$\text{pente} = \frac{dP}{dV}$$

$$PV = nRT = \text{cte} = k$$

$$P = \frac{1}{V} k$$

$$\frac{dP}{dV} = -\frac{k}{V^2}$$

$$\Rightarrow \frac{dP}{dV} = -\frac{PV}{V^2} = -\frac{P}{V}$$

d'adiabatique:

adiab. reversible: $PV^\gamma = \text{cte} = c$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} ; C_p > C_v$$

$$\Rightarrow \gamma > 1$$

$$\Rightarrow P = \frac{C}{V^\gamma}$$

$$\frac{dP}{dV} = \frac{-C \cdot \gamma V^{\gamma-1}}{V^{2\gamma}} = -\frac{PV^\gamma \cdot \gamma V^{\gamma-1}}{V^{2\gamma}}$$

$$= -\frac{\gamma P V^{\gamma-1}}{V^{2\gamma}} = -\frac{\gamma P \cdot V^{\gamma} \cdot V^{-1}}{V^{2\gamma}}$$

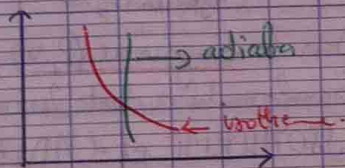
$$\frac{dP}{dV} = -\gamma \frac{P}{V}$$

Pente de l'adiba = $\gamma > 1$

Pente de l'isotherme

\Rightarrow l'adiabatique glisse plus rapidement que l'isotherme.

Exemple:



Dans notre exo:

A \rightarrow B = isotherme
B \rightarrow C = adiabatique

Compression

Comparaison de T_B et T_C :

B \rightarrow C = adiabatique reversible

$$P_B V_B^\gamma = P_C V_C^\gamma$$

$$\frac{n R T_B V_B^\gamma}{V_B} = \frac{n R T_C V_C^\gamma}{V_C}$$

$$\Rightarrow T_B V_B^{\gamma-1} = T_C V_C^{\gamma-1}$$

$$T_B = \frac{T_C V_C^{\gamma-1}}{V_B^{\gamma-1}}$$

$$T_B = T_C \left(\frac{V_C}{V_B} \right)^{\gamma-1}$$

$$V_C < V_B \Rightarrow \frac{V_C}{V_B} < 1 \text{ et } \gamma-1 > 0$$

$$\Rightarrow T_B < T_C$$

Cycle	A \rightarrow B	AU	ΔH	W	Q
A \rightarrow B	isotherme	0	0	$-nRT \ln \frac{V_C}{V_B}$ ≥ 0	$-W < 0$
B \rightarrow C	adiabate	$n C_v (T_C - T_B)$	$n C_p (T_C - T_B)$	$n C_v (T_C - T_B)$	0
C \rightarrow D	isotherme	$n C_v (T_D - T_C)$	$n C_p (T_D - T_C)$	$-P(V_D - V_C)$ $= -nR(T_D - T_C)$	$\Delta U - W = n C_v (T_D - T_C)$ $= n R (T_D - T_C) = n C_p (T_D - T_C)$
D \rightarrow A	adiabate	$n C_v (T_A - T_D)$	$n C_p (T_A - T_D)$	0	$n C_v (T_A - T_D)$

Wegde \Rightarrow Q_{cycle}
(principe d'équivalence).

- * Si $W_{\text{cycle}} < 0 \Rightarrow$ cycle moteur
- * Si $W_{\text{cycle}} > 0 \Rightarrow$ cycle Récepteur.

EXERC 21:

1) la nature des transformations:

$B \rightarrow C$: $P = \text{cte}$

transf. isobare \rightarrow refroidissement isobare

$C \rightarrow A$: $T = \text{cte}$.

transf. isotherme \rightarrow détente isotherme.

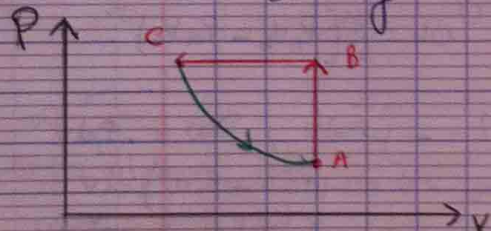
$A \rightarrow B$: droite de la forme $y = ax$

$$P = aT$$

et on a $PV = nRT$, $a = \text{cte}$.

$$\Rightarrow P = \frac{nR}{V} \cdot T \Rightarrow a \equiv \frac{nR}{V}$$

$a = \text{cte} \Rightarrow V = \text{cte} \Rightarrow$ transf. isochore



$$C_p - C_v = R \quad ; \quad \frac{C_p}{C_v} = \gamma$$

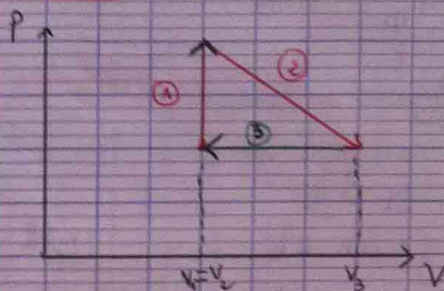
$$\Rightarrow \frac{C_p - C_v}{C_v} = \frac{R}{C_v}$$

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

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

De la graphie (P-T) le travail est la surface du triangle formé!

EXERC 4:



1) Les coordonnées:

Etat 1:

2

3

$$P_1 = 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_3 = 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_1 = 1 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 1 \text{ m}^3$$

$$V_3 = \frac{4}{3} \text{ m}^3$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 600 \text{ K}$$

$$T_3 = \frac{4}{3} T_1 = 400 \text{ K}$$

$$P_1 V_1 = nRT_1$$

$$P_2 V_2 = nRT_2$$

$$P_3 V_3 = nRT_3$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{isochore} \Rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Gas diatomique : $\gamma = \frac{1}{5} = 1,4$

$$C_p = \frac{7}{2} R = \frac{7R}{2}$$

$$C_v = \frac{5}{2} R = \frac{5R}{2}$$

Etat 2 \rightarrow 3 :

droite : $y = ax + b$

$$P = aV + b$$

$$\left. \begin{aligned} P_2 &= aV_2 + b \\ P_3 &= aV_3 + b \end{aligned} \right\}$$

$$(P_2 - P_3) = a(V_2 - V_3) \Rightarrow a = \frac{P_2 - P_3}{V_2 - V_3}$$

$$\Rightarrow a = -3 \cdot 10^5$$

$$b = 5 \cdot 10^5$$

$$P = -3 \cdot 10^5 V + 5 \cdot 10^5$$

$$W = - \int P dV = - \int (3 \cdot 10^5 V - 5 \cdot 10^5) dV$$

$$= 3 \cdot 10^5 \left[\frac{V^2}{2} \right]_{V_2}^{V_3} - 5 \cdot 10^5 \left[V \right]_{V_2}^{V_3}$$

$$W = -50000 \text{ J}$$

$$\Delta U = W + Q \Rightarrow Q = \Delta U - W$$

$$\Rightarrow Q = -116654,13 \text{ J}$$

Exo 3 :

la chaleur échangée :

Equation de la droite : $P = aV + b$

$$P_a = aV_a + b \quad (1)$$

$$P_b = aV_b + b \quad (2)$$

$$(2) - (1) = P_b - P_a = a(V_b - V_a)$$

$$a = \frac{P_b - P_a}{V_b - V_a} \Rightarrow a = 10^6$$

$$P_a = 10^6 V_a + b \Rightarrow b = 3 \cdot 10^4$$

$$P = 10^6 V + 3 \cdot 10^4$$

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow Q = \Delta U - W$$

$$\Delta U = n C_v dT \Rightarrow \Delta U = n C_v (T_b - T_a)$$

$$\Rightarrow \Delta U = n C_v \left(\frac{P_b V_b - P_a V_a}{R} \right)$$

$$\Delta U = \frac{C}{R} (P_b V_b - P_a V_a)$$

gaz monoatomique : $C_v = \frac{3}{2} R$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (P_b V_b - P_a V_a)$$

$$W = - \int P dV, \quad \partial W = -P dV$$

$$\Rightarrow \partial W = -(10^6 V + 3 \cdot 10^4) dV$$

$$= -10^6 V dV - 3 \cdot 10^4 dV$$

$$W = -10^6 \int V dV - 3 \cdot 10^4 \int dV$$

$$= -10^6 \left[\frac{V^2}{2} \right]_{V_a}^{V_b} - 3 \cdot 10^4 \left[V \right]_{V_a}^{V_b}$$

$$W = -10^6 \left(\frac{(0,11)^2}{2} - \frac{(0,07)^2}{2} \right) - 3 \cdot 10^4 (0,11 - 0,07)$$

$$W = -\frac{10^6}{2} (0,0121 - 0,0049) - 3 \cdot 10^4 (0,04)$$

$$W =$$

$$Q_{a \rightarrow b} = \frac{3}{2} (P_b V_b - P_a V_a) + \frac{10^6}{2} (V_b^2 - V_a^2) + 3 \cdot 10^4 (V_b - V_a)$$

$$Q_{a \rightarrow b} = 3 \cdot 10^4 \text{ J} = 30 \text{ kJ}$$

$Q > 0$ donc : il s'agit d'une chaleur absorbée!

EXO 2 = 5

La quantité de chaleur et le travail

$$P_2 = 2P_1, n = 1 \text{ mol}$$

$$V_2 = 2V_1$$

1^{er} Chemin a-c-b :

$$Q_{a \rightarrow c \rightarrow b} = Q_{a \rightarrow c} + Q_{c \rightarrow b}$$

$Q_{a \rightarrow c} \Rightarrow a \rightarrow c$ isochore ($v = cte, w = 0$)

$$Q = \Delta U = n C_v \Delta T$$

$$= C_v (T_c - T_a) = C_v$$

$$= \frac{5}{2} R \left(\frac{P_c V_c}{R} - T_1 \right)$$

$$= \frac{5}{2} R \left(\frac{P_2 V_1}{R} - T_1 \right)$$

$$= \frac{5}{2} R \left(\frac{2P_1 V_1}{R} - T_1 \right) = \frac{5}{2} R T_1$$

$Q_{c \rightarrow b} \Rightarrow c \rightarrow b$ isobare ($P = cte$)

$$Q = \Delta H = n C_p \Delta T$$

$$C_p - C_v = R \Rightarrow C_p = R + C_v = \frac{7}{2} R$$

$$Q_{c \rightarrow b} = n \frac{7}{2} R (T_b - T_c)$$

$$= \frac{7}{2} R \left(\frac{P_b V_b}{R} - 2T_1 \right) = \frac{7}{2} R \left(\frac{4P_1 V_1}{R} - 2T_1 \right)$$

$$= \frac{7}{2} R (4T_1 - 2T_1) = 7RT_1$$

$$Q_{a \rightarrow c \rightarrow b} = \frac{5}{2} RT_1 + 7RT_1 = RT_1 \left(\frac{5}{2} + 7 \right)$$

$$Q_{a \rightarrow c \rightarrow b} = \frac{19}{2} RT_1$$

2^{ème} Chemin a-d-b :

$$Q_{a \rightarrow d \rightarrow b} = Q_{a \rightarrow d} + Q_{d \rightarrow b}$$

a \rightarrow d isobare : $P = cte$

$$Q = \Delta H = n C_p \Delta T$$

$$= \frac{7}{2} R (T_d - T_a) = \frac{7}{2} R \left(\frac{P_d V_d}{R} - T_1 \right)$$

$$= \frac{7}{2} R \left(\frac{2P_1 V_1}{R} - T_1 \right)$$

$$= \frac{7}{2} R (2T_1 - T_1) \Rightarrow Q = \frac{7}{2} RT_1$$

d \rightarrow b : isochore ($v = cte, w = 0$)

$$Q = \Delta U = n C_v \Delta T = \frac{5}{2} R (T_b - T_d)$$

$$= \frac{5}{2} R \left(\frac{P_b V_b}{R} - 2T_1 \right)$$

$$= \frac{5}{2} R (4T_1 - 2T_1) \Rightarrow Q = 5RT_1$$

$$Q_{a \rightarrow d \rightarrow b} = \frac{7}{2} RT_1 + 5RT_1$$

$$Q_{a \rightarrow d \rightarrow b} = \frac{17}{2} RT_1$$

Le travail :

$$W_{a \rightarrow c \rightarrow b} = W_{a \rightarrow c} + W_{c \rightarrow b}$$

$$= W_{c \rightarrow b} = -P_2 (V_b - V_c)$$

$$= -2P_1 (2V_1 - V_1) = -2P_1 V_1$$

$$W = -2RT_1$$

$$W_{a \rightarrow d \rightarrow b} = W_{a \rightarrow d} + W_{d \rightarrow b} = W_{a \rightarrow d} = -P_1 (V_d - V_a)$$

$$= -P_1 (2V_1 - V_1) = -P_1 V_1$$

$$W = -RT_1$$

2) L'énergie interne totale (acheta)

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

$$= (W_{a \rightarrow c} + W_{c \rightarrow b} + W_{b \rightarrow d} + W_{d \rightarrow a}) + (Q_{a \rightarrow c} + Q_{c \rightarrow b} + Q_{b \rightarrow d} + Q_{d \rightarrow a})$$

$$W_{\text{cycle}} = -2RT_1 + RT_1 = -RT_1$$

$$Q_{\text{cycle}} = \frac{19}{2} RT_1 - \frac{17}{2} RT_1 = RT_1$$

$$\Delta U_{\text{cycle}} = -RT_1 + RT_1 = 0$$

Conclusion:

-travail et chaleur ne sont pas des fct d'état.

Ils dépendent du chemin suivi.

Par contre, l'énergie interne est une fct d'état. Elle ne dépend que de l'état initial et l'état final.

et dU = différentielle totale exacte.

EXO 1: ~~1~~

n = 3 mol.

gaz = O₂.

$$C_p = 20,45 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

22 cm³

Etat initial (1) ^{isobatique} _{inversible} Etat final (2)

$$P_1 = 820 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$P_2 =$$

$$T_1 = 298,15 \text{ K}$$

$$T_2 =$$

transf. adiab. ⇒ Q = 0 ⇒ ΔU = W.

$$W = - \int P dV$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 22 \times 15 = 330 \text{ cm}^3 = 330 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$W = -P \Delta V = -110 \cdot 10^3 \cdot 330 \cdot 10^{-6}$$

$$W = -36,3 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q_v = n C_v \Delta T$$

$$\Delta H = n C_p \Delta T$$

$$\frac{\Delta H}{\Delta U} = \frac{C_p}{C_v} = \gamma \Rightarrow \Delta H = \Delta U \cdot \gamma$$

$$\Delta H = \Delta U \cdot \frac{C_p}{C_v}$$

$$C_p - C_v = R \Rightarrow C_v = C_p - R$$

$$\Delta H = \Delta U \cdot \frac{C_p}{C_p - R} = -36,3 \left(\frac{28,4}{28,4 - 8,314} \right)$$

$$\Delta H = -50,61 \text{ J}$$

$$T_f = \frac{\Delta H + n C_p T_i}{n C_p} = \frac{\Delta H}{n C_p} + T_i$$

$$= \frac{-50,61}{3 \cdot 28,4} + 298,15$$

$$T_f = 297,58 \text{ K}$$

EXO 6:

n = 5 mol

$$V_1 = 15 \text{ L}$$

$$\Rightarrow V_2 = 4 V_1$$

$$T = 280 \text{ K}$$

$$C_p = 37,11 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Transf. adiab. ⇒ Q = 0

$$\Delta U = W = n C_v \Delta T = - \int P dV$$

$$W = -P(V_2 - V_1) = -P(4V_1 - V_1)$$

$$W = -P \cdot 3V_1 = -3PV_1$$

Devoir maison :

Exo 8^{es} 8 : Série 2 = 3

a/ La température du gaz :

a → b

* D'après le diagramme : (P-V).

$P = aV + b$: l'équation de la droite.

$$\begin{cases} P_a = aV_a + b \\ P_b = aV_b + b \end{cases} \Rightarrow P_a - P_b = a(V_a - V_b) \Rightarrow a = \frac{P_a - P_b}{V_a - V_b} = \frac{P_0 - 2P_0}{V_0 - 2V_0}$$

$$\Rightarrow a = \frac{-P_0}{-V_0} = \frac{P_0}{V_0} = \frac{10^6}{10^{-3}}$$

$$\Rightarrow a = 10^9$$

$$\Rightarrow P_0 = 10^9 V_0 + b \Rightarrow b = P_0 - 10^9 V_0 = 10^6 - 10^9 \times 10^{-3} = 10^6 - 10^6$$

$$\Rightarrow b = 0$$

$$\Rightarrow P = 10^9 V$$

On a un gaz parfait : $PV = nRT$: $n=1 \Rightarrow PV = RT$.

$$\Rightarrow 10^9 V = RT :$$

au point a :

$$10^9 V_0 = RT_0 \Rightarrow T_0 = \frac{10^9 V_0}{R} = \frac{10^9 \cdot 10^{-6}}{8,314} \Rightarrow T_a = 120,3 K$$

point b :

$$P_b V_b = R T_b \implies T_b = \frac{P_b V_b}{R} = \frac{2P_a \cdot 2V_a}{R} = 4 \frac{P_a V_a}{R} = 4 T_a$$

$$\implies T_b = 481,2 \text{ K}$$

b \rightarrow c

$$P = aV + b'$$

$$P_b = aV_b + b'$$

$$P_c = aV_c + b'$$

$$\implies P_b - P_c = a(V_b - V_c) \implies a = \frac{P_b - P_c}{V_b - V_c} = \frac{2P_0 - P_0}{2V_0 - 3V_0}$$

$$\implies a = \frac{P_0}{-V_0} = -\frac{10^6}{10^{-3}} = -10^9$$

$$\implies a = -10^9$$

$$P_b = -10^9 V_b + b' \implies b' = P_b + 10^9 V_b = 2P_0 + 10^9 \cdot 2V_0 = 2 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10^9 \cdot 10^{-3}$$

$$\implies b' = 4 \cdot 10^6$$

$$\implies P = -10^9 V + 4 \cdot 10^6$$

$$P_c V_c = R T_c \implies T_c = \frac{P_c V_c}{R} = \frac{P_0 \cdot 3V_0}{R} = 3 \frac{P_0 V_0}{R} = 3 T_a$$

$$\implies T_c = 360,9 \text{ K}$$

b/ Les énergies

le chemin a \rightarrow b :

$$W = - \int_{V_a}^{V_b} P dV = - \int_{V_a}^{V_b} 10^9 V dV = -10^9 \int_{V_a}^{V_b} V dV = -10^9 \left[\frac{V^2}{2} \right]_{V_a}^{V_b}$$

$$= -10^9 \left(\frac{V_b^2 - V_a^2}{2} \right) = -10^9 \left(\frac{4V_a^2 - V_a^2}{2} \right) = -10^9 \left(\frac{3V_a^2}{2} \right) = -\frac{3}{2} 10^9 \cdot 10^{-6}$$

$$\implies W = -1,5 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q_v = \int_{T_a}^{T_b} n C_v dT = \int_{T_a}^{T_b} C_v dT = C_v (T_b - T_a) = C_v (4T_a - T_a) = 3T_a C_v$$

$$\Rightarrow \Delta U = Q_v = 360,9 \cdot C_v \text{ J}$$

$$\Delta H = Q_p = \int_{T_a}^{T_b} C_p dT = C_p (T_b - T_a) = C_p (4T_a - T_a) = 3T_a C_p$$

$$\Rightarrow \Delta H = 360,9 \cdot C_p \text{ J} ; Q = \Delta U - W = 360,9 C_v + 1,5 \cdot 10^3$$

$$Q = (360,9 C_v + 1,5 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Le chemin $b \rightarrow c$:

$$W = - \int_{V_b}^{V_c} P dV = - \int_{V_b}^{V_c} -10^9 V dV + 4 \cdot 10^6 dV = 10^9 \int_{V_b}^{V_c} V dV + 4 \cdot 10^6 \int_{V_b}^{V_c} dV$$

$$= 10^9 \left[\frac{V^2}{2} \right]_{V_b}^{V_c} + 4 \cdot 10^6 [V_c - V_b]$$

$$= \frac{10^9}{2} [V_c^2 - V_b^2] + 4 \cdot 10^6 [V_c - V_b]$$

$$= \frac{10^9}{2} [9V_0^2 - 4V_0^2] + 4 \cdot 10^6 [3V_0 - 2V_0]$$

$$= \frac{10^9}{2} \cdot 5 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3$$

$$W = -2,5 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$Q_v = \Delta U = \int_{T_b}^{T_c} n C_v dT = C_v \int_{T_b}^{T_c} dT = C_v (T_c - T_b) =$$

$$\Delta U = Q_v = -120,3 \cdot C_v \text{ J}$$

$$\Delta H = \int_{T_b}^{T_c} n C_p dT = C_p \int_{T_b}^{T_c} dT = C_p (T_c - T_b) =$$

$$\Delta H = -120,3 C_p \text{ J} ; Q = \Delta U - W = -120,3 C_v + 2,5 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Le chemin b c → a:

Transformation isobare: $P = \text{cte}$.

$$P_a = P_c = P_0.$$

$$W = - \int P dV = - P_c \int_{V_c}^{V_a} dV = - P_0 (V_a - V_c) = - 10^6 (10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3})$$

$$W = - 10^6 \cdot (-2) \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{W = 2 \cdot 10^3 \text{ J}}$$

$$\begin{aligned} \Delta U = Q_v &= \int_{T_c}^{T_a} n C_v dT = \int_{T_c}^{T_a} C_v dT = C_v (T_a - T_c) = C_v (T_a - 3T_a) \\ &= C_v (-2T_a) = -2T_a C_v. \end{aligned}$$

$$\boxed{\Delta U = Q_v = -240,6 \cdot C_v \text{ J}}$$

$$\Delta H = Q_p = \int_{T_c}^{T_a} n C_p dT = C_p (T_a - T_c) = -2T_a \cdot C_p$$

$$\boxed{\Delta H = -240,6 \cdot C_p \text{ J}} \quad \boxed{Q = \Delta U - W = (-240,6 C_v - 2 \cdot 10^3) \text{ J}}$$

	W	Q	ΔU	ΔH
$a \rightarrow b$	$-1,5 \cdot 10^3$	$360,9 C_v + 1,5 \cdot 10^3$	$360,9 \cdot C_v$	$360,9 \cdot C_p$
$b \rightarrow c$	$-2,5 \cdot 10^3$	$-120,3 C_v + 2,5 \cdot 10^3$	$-120,3 C_v$	$-120,3 \cdot C_p$
$c \rightarrow a$	$2 \cdot 10^3$	$-240,6 C_v - 2 \cdot 10^3$	$-240,6 \cdot C_v$	$-240,6 C_p$
cycle	$(-1,5 - 2,5 + 2) \cdot 10^3$ $= -2 \cdot 10^3$	$\sum_i Q_i =$ $2 \cdot 10^3$	0	0