جامعة باتنة
كلية الهندسة
قسم علوم و تقنيات (ل م د)
2018-2017

كيمياء 2

السلسلة الثالثة

التمرين الأول:

أ. مثل على مخطط كلابيرون P(V) كلا من التحولات التالية:

1) تمدد أو انضغاط متساوي درجة الحرارة (إيزوثارم), 2) تسخين أو تبريد متساوي الضغط (إيزوبار).

3) تسخين أو تبريد متساوي الحجم (إيزوكور), 4) تمدد أو انضغاط كضوم (أدياباتيك).

ب. ماهو نوع التحول الذي تعبر عنه المعادلات الآتية:

1) $W = 0$, 2) $\Delta H = Q$, 3) $\Delta U = Q$, 4) $\Delta U = W$.

5) $P.V = Cte$, 6) $P.V^{\gamma} = Cte$, 7) $\Delta U = 0$, 8) $\Delta H = 0$.

التمرين الثاني:

1) أحسب العمل الناتج عن ضغط 2mol من الأكسجين باعتباره غاز مثالي, عند درجة حرارة ثابتة (T=25°C), و المتواجد ابتدائيا عند الضغط الجوي P_1=1atm إلي غاية P_2=5atm و هذا بطريقتين: أ) عكوسة و ب) لا عكوسة.

2) عند التوازن الميكانيكي نقوم بالخفض البطيء للضغط حتي العودة إلى الضغط الجوي. أحسب العمل المنجز من طرف الغاز علما أن درجة الحرارة تبقى ثابتة. إذا تمت هذه العملية بصورة سريعة, فماهي قيمة العمل المنجز في هذه الحالة.

3) مثل كلا من هذه التحولات على مخطط كلابيرون P(V) مبرزا عليها قيم العمل بيانيا .

التمرين الثالث:

نخضع كتلة من الهواء (200g, M=29g/mol, γ=1.4) تتواجد ابتدائيا عند درجة حرارة T_A=15°C و ضغط P_A=1atm, لسلسلة من التحولات العكوسة و المتتالية :

أ) انضغاط كضوم AB (أدياباتيكي) حتى P_B=7atm.

ب) تسخين متساوي الضغط BC (إيزوبار) حتى درجة الحرارة T_C=350°C.

ج) تمدد أدياباتيكي CD حتى نصف الحجم الابتدائي.

د) تمدد متساوي درجة الحرارة DE (إيزوثارم) حتى الحجم الابتدائي.

هـ) تبريد متساوي الحجم EA (إيزوكور) حتى درجة الحرارة الابتدائية.

1. أحسب الإحداثيات (P, V, T) عند نهاية كل تحول.
2. مثل التطور الشامل للغاز على مخطط كلابيرون P=f(V).
3. أحسب العمل الذي يقدمه الغاز خلال هذه الحلقة.

التمرين الرابع:

نخضع كمية من غاز مثالي إلى دورة عكوسة مؤلفة من ثلاثة تحولات تتلقي خلالها الجملة عملا قدره W_{cycle}=230cal :

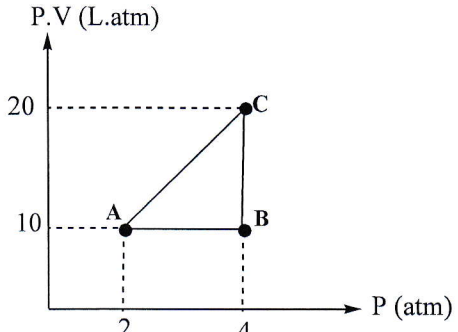
1. تحول عند حجم ثابت (AB) تمنح فيه الجملة للوسط الخارجي كمية من الحرارة قدرها 900cal.
2. تحول عند ضغط ثابت (BC) تمتص خلاله الجملة كمية من الحرارة قدرها 1500cal.
3. تعود الجملة إلى الحالة الابتدائية مع الإبقاء علي درجة الحرارة ثابتة خلال هذا التحول (CA).

أ) مثل هذه التحولات على مخطط كلابيرون P(V).

ب) أحسب لكل مرحلة و للحلقة قيمة W, Q, ΔU, ΔH.

التمرين الخامس:

يخضع غاز مثالي (Cp= 5R/2) لحلقة من التحولات الممثلة على المخطط المقابل.

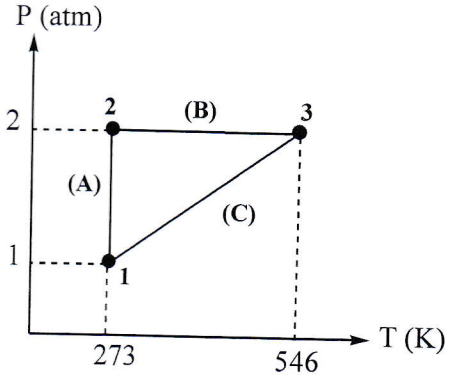


1. استنتج من المخطط نوع التحولات AB, BC, CA.
2. أوجد الإحداثيات (P, V) للنقاط A, B, C.
3. أحسب لكل مرحلة و للحلقة قيمة W, Q, ΔU, ΔH في الحالات التالية:
   أ- كل المراحل عكوسة.
   ب- كل المراحل غير عكوسة.

التمـرين السادس:

يخضع 1 مول من غاز مثالي لثلاث تحولات عكوسة A, B, C و الممثلة على المخطط P(T) .

1. مثل هذه التحولات على مخطط كلابيرون P(V).
2. اتمم الجدول الاتي:



التحول	W (Cal)	Q (Cal)	ΔU (Cal)	ΔH (Cal)
A	378	....	....	....
B	....	1352.75	....	....
C	....	....	-810	....
الحلقة	....	....	....	....

Université de Batna
Faculté de Technologie
Dpt des Sciences et Techniques LMD
Chimie 2

2017-2018

Série de TD N°3

Exercice 1:

A. Représenter les transformations suivantes sur des diagrammes de Clapeyron P(V):
1) Détente ou compression isotherme, 2) Chauffage ou refroidissement isobare.
3) Chauffage ou refroidissement isochore, 4) Détente ou compression adiabatique.

B. Quel est le type de transformations que l'on peut exprimées par les équations suivantes:
1) $W=0$, 2) $\Delta H=Q$, 3) $\Delta U=Q$, 4) $\Delta U=W$.
5) $P.V=Cte$, 6) $P.V^{\gamma}=Cte$, 7) $\Delta U=0$, 8) $\Delta H=0$.

Exercice 2:

1) Calculer le travail échangé au cours de la compression isotherme de 2mol d'oxygène (assimilé à un gaz parfait) depuis la pression P_1=1atm jusqu'à P_2=5atm à la température T=25°C, si cette transformation s'effectue de manière a) réversible, b) irréversible.

2) Après l'équilibre mécanique, on diminue la pression de façon très lente pour revenir à la pression atmosphérique. Calculer le travail effectué par le gaz à la même température. Si cette opération est réalisée très rapidement, quel est dans ce cas, le travail échangé avec le milieu extérieur.

3) Représenter toutes ces transformations sur des diagrammes de Clapeyron P(V) en exposant graphiquement la valeur du travail échangé dans chaque cas.

Exercice 3:

On fait subir une masse d'air de 200g (M=29g/mol, γ=1.4) qui se trouve initialement a une température T_A=15°C et sous une pression P_A=1atm, a une succession de transformations réversibles:

a) Compression adiabatique AB jusqu'à P_B=7atm.
b) Chauffage isobare BC jusqu'à la température T_C=350°C.
c) Détente adiabatique CD jusqu'à la moitié du volume initial.
d) Détente isotherme DE jusqu'au volume initial.
e) Refroidissement isochore EA jusqu'à la température initiale.

1) Déterminer les paramètres d'état du gaz (P, V, T) a la fin de chaque transformation.
2) Représenter l'évolution globale du gaz su un diagramme de Clapeyron P(V).
3) Calculer le travail fourni par le gaz au cours de ce cycle.

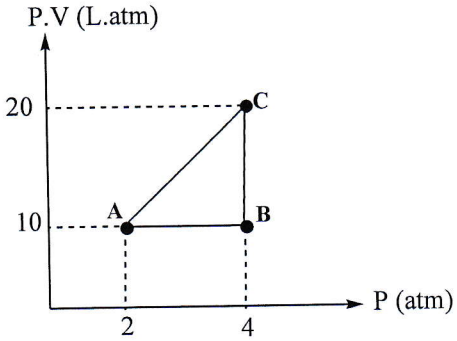
Exercice 4:

On fait subir une quantité d'un gaz parfait à un cycle de réversible constitué de trois transformations dans lesquelles le système reçoit un travail global W_{cycle}=230cal:
1) transformation isochore (AB) avec une perte de chaleur de 900cal.
2) transformation isobare (BC) avec un gain de chaleur de 1500cal.
3) le système revient à l'état initial par un processus à température constante (CA).

a) Représenter les trois processus dans un diagramme de Clapeyron P(V).
b) Calculer W, Q, ΔH, ΔU pour chaque transformation et pour le cycle.

Exercice 5:

On fait subir un gaz parfait (CP=5R/2) à un cycle de trois transformations réversibles représentées sur le diagramme ci-contre:



1) Déduire du diagramme la nature des processus: AB, BC, CA.

2) Déterminer les coordonnées (P,V) relatives aux états A, B, C.

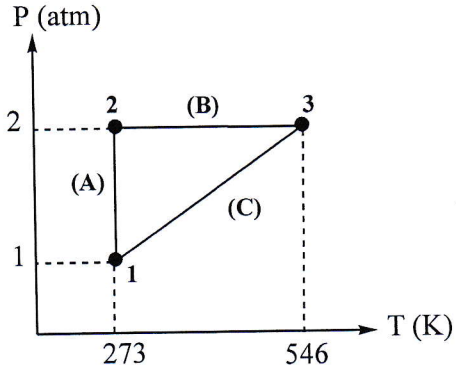
3) Calculer pour chaque transformation et pour le cycle la valeur de W, Q, ΔU, ΔH dans le cas ou :

a) tous les processus sont réversibles

b) tous les processus sont irréversibles.

Exercice 6:

1mole d'un gaz parfait est soumise à trois processus réversibles A, B, C figurés sur le diagramme P(T).



1) Représenter ces transformations sur le diagramme de Clapeyron P(V).

2) Compléter le tableau suivant:

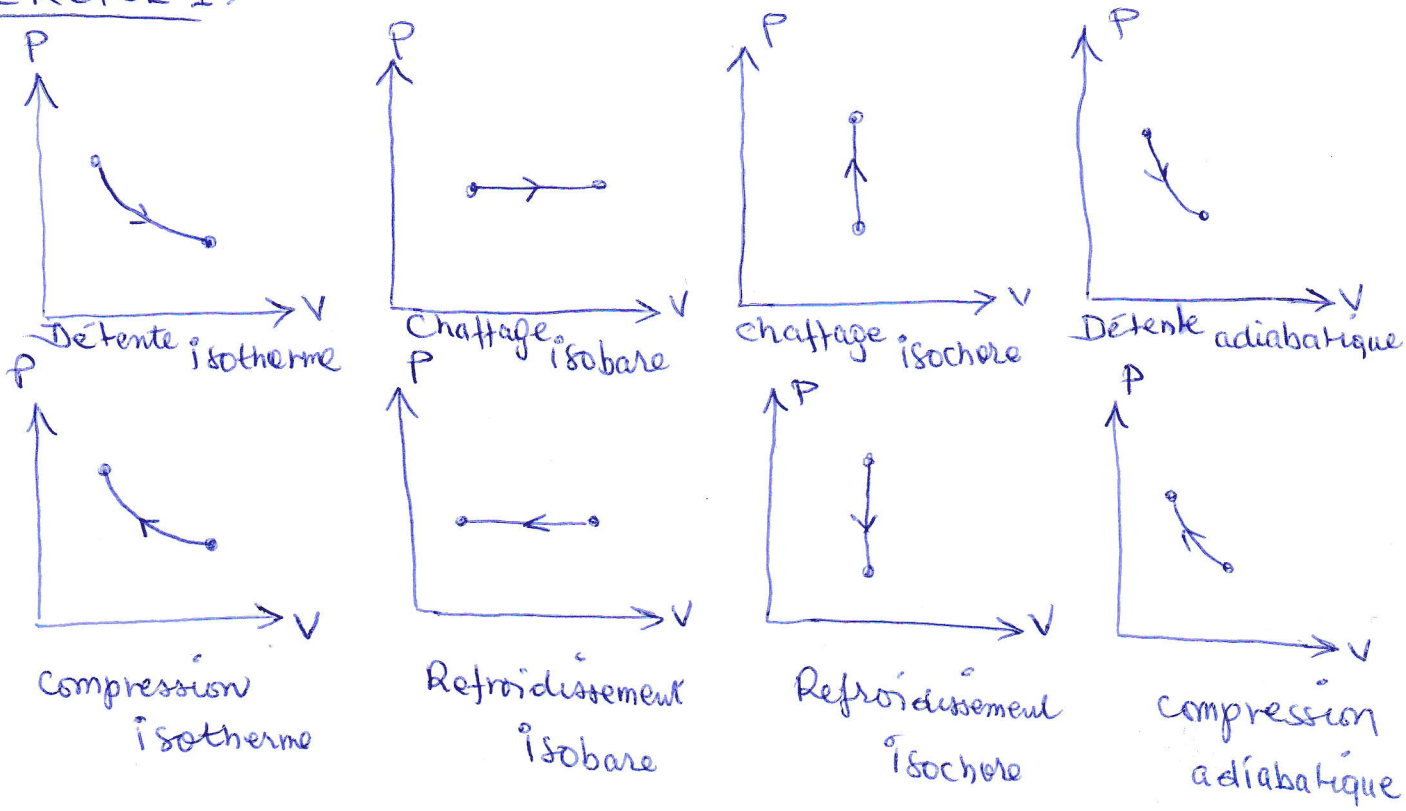
Processus	W (Cal)	Q (Cal)	ΔU (Cal)	ΔH (Cal)
A	....	....	378	....
B	....	1352.75	....	....
C	-810	....	....	....
Cycle	....	....	....	....

Univ. Batna 2
LMD-ST
CHIMIE 2

2017 - 2018

SERIE DE TD N°3

EXERCICE 1 :



b)

Equation	$W=0$	$\Delta H = Q$	$\Delta U = Q$	$\Delta U = W$	$P.V = cte$
Processus	Isochore	Isobare	Isochore	Adiabatique	Isotherme

Equation	$P.V^{\gamma} = cte$	$\Delta U = 0$	$\Delta H = 0$
Processus	Adiabatique réversible	Isotherme	Isotherme

EXERCICE 2 :

1.a) Isotherme réversible =

$$W_{rév} = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = -nRT \ln \frac{P_1}{P_2} = -2 \cdot 0{,}082 \cdot 298 \ln \frac{1}{5}$$

$$\Rightarrow \boxed{W_{rév} = 78{,}66 \text{ l.atm.}}$$

1.b) Isotherme irréversible =

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

avec : $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$

A.N : $W_{irr} = -nRT\left(1 - \frac{P_2}{P_1}\right) = -2 \cdot 0{,}082 \cdot 298\left(1 - \frac{5}{1}\right)$

$$\Rightarrow \boxed{W_{irr} = 195{,}49 \ l\,atm}$$

→ On remarque que W_{irr} est supérieur à $W_{rév}$ (et ce pour la même transformation).

2-a) Isotherme réversible

$$W_{rév} = -nRT \ln \frac{P_1}{P_2} = -2 \cdot 0{,}082 \left(\ln \frac{5}{1}\right) \cdot 298$$

$$\boxed{W_{rév.} = -78{,}66 \ l.atm}$$

2-b) Isotherme irréversible

$$W_{irr.} = -P_2(V_2 - V_1) = -\frac{nRT}{V_2}(V_2 - V_1) = -nRT\left(1 - \frac{P_2}{P_1}\right)$$

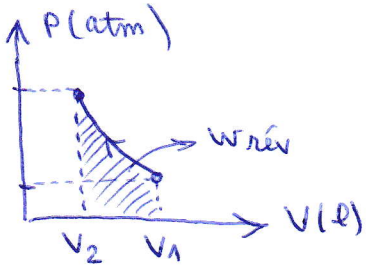
$$= -2 \cdot 0{,}082 \cdot 298\left(1 - \frac{1}{5}\right)$$

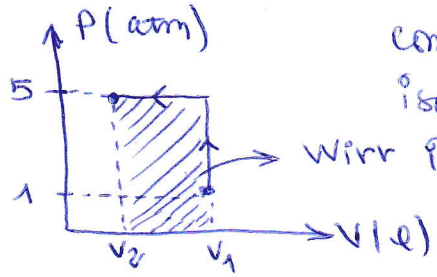
$$\boxed{W_{irr.} = -39{,}10 \ l.atm}$$

→ $|W_{rév.}| > |W_{irr.}|$

3. Diagrammes de Clapeyron : P (V)

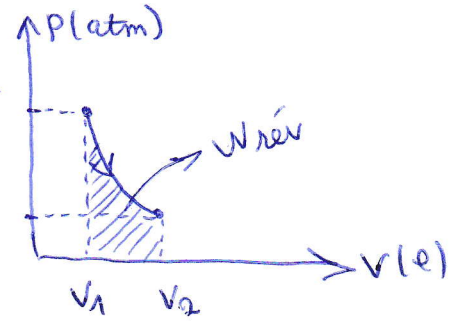
Compression isotherme réversible :

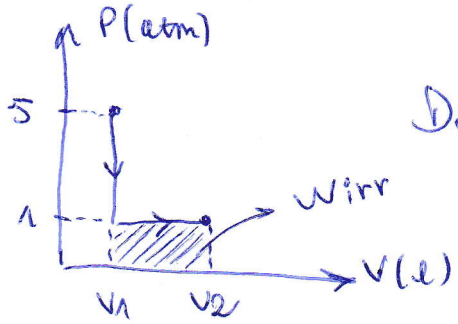




Compression isotherme irréversible

Détente isotherme réversible :





Détente isotherme irréversible

EXERCICE 3:

$\begin{cases} P_A = 1\,atm \\ V_A = ? \\ T_A = 288°K \end{cases}$ Etat A $\xrightarrow[(Q=0)]{\text{Compression adiabatique}}$ $\begin{cases} P_B = 7\,atm \\ V_B = ? \\ T_B = ? \end{cases}$ Etat B $\xrightarrow[(P=cte)]{\text{Chauffage isobare}}$ $\begin{cases} P_C = P_B = 7\,atm \\ V_C = ? \\ T_C = 623°K \end{cases}$ Etat C

Refroidissement isochore $(V=cte)$ $\uparrow$

$\begin{cases} P_E = ? \\ V_E = V_A \\ T_E = T_D \end{cases}$ Etat E $\xleftarrow[(T=cte)]{\text{Détente isotherme}}$ $\begin{cases} P_D = ? \\ V_D = V_A/2 \\ T_D = ? \end{cases}$ Etat D $\leftarrow$ Detente adiabatique

1. Calcul des coordonnées P, V, T à la fin de chaque transformation :

- La quantité de la matière : $n = \frac{m}{M} = \frac{200g}{29\,g/mol} = 6{,}89\,mol.$
- $P_A V_A = n R T_A \Rightarrow V_A = \frac{n R T_A}{P_A} = \frac{6{,}89 \cdot 0{,}082 \cdot 288}{1} = \boxed{162{,}87\,l.}$
- AB : Transformation adiabatique : $PV^{\gamma} = cte$

$$\Rightarrow P_A \cdot V_A^{\gamma} = P_B \cdot V_B^{\gamma}$$

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

$$\Rightarrow V_B = \sqrt[\gamma]{\frac{P_A \cdot V_A^{\gamma}}{P_B}} = \left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \cdot V_A$$

AN: $V_B = \left(\frac{1}{7}\right)^{\frac{1}{1{,}4}} \cdot 162{,}87\,l$

$$\boxed{V_B = 40{,}57\,l}$$

- $P_B V_B = n R T_B \Rightarrow T_B = \frac{P_B V_B}{n R} = \frac{7 \cdot}{6{,}89 \cdot 0{,}082} = \boxed{502{,}65\,°K}$
- BC : Chauffage isobare : $P = cte \Rightarrow \frac{V}{T} = cte$

$$\Rightarrow \frac{V_B}{T_B} = \frac{V_C}{T_C} \Rightarrow V_C = \frac{V_B}{T_B} \cdot T_C$$

3. Calcul du travail total W_{cycle} :

$$W_{cycle} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DE} + \overset{=0}{W_{EA}}$$

- $W_{AB} = \dfrac{P_B V_B - P_A V_A}{\gamma - 1} = \dfrac{(7 \times 40{,}57) - (1 \times 162{,}87)}{1{,}4 - 1} = 302{,}8 \text{ l.atm}$

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

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

- $W_{DE} = -PV \ln \dfrac{V_E}{V_D} = -3{,}57 \cdot 81{,}44 \cdot \ln \dfrac{162{,}87}{81{,}44} = -201{,}5 \text{ l.atm}$

- $W_{EA} = 0$

$$\Rightarrow \boxed{W_{cycle} = -119{,}72 \text{ l.atm.}}$$

EXERCICE 4 :

$$\text{Etat A} \xrightarrow[(V=cte)]{\text{Isochore}} \text{Etat B} \xrightarrow[(P=cte)]{\text{Isobare}} \text{Etat C} \xrightarrow{\text{Isotherme } (T=cte)} \text{Etat A}$$

1) Processus isochore : (AB)

$W_{AB} = 0$ et $Q_{AB} = \Delta U_{AB} = -900$ cal

2) Processus isobare : (BC)

$Q_{BC} = 1500$ cal

$\Delta H_{BC} = Q_{BC} = 1500$ cal

3) Processus isotherme : (CA)

$\Delta U_{CA} = \Delta H_{CA} = 0$

	AB	BC	CA	Cycle
W	0	-600	830	230
Q	-900	1500	-830	-230
ΔU	-900	900	0	0
ΔH	-1500	1500	0	0

* Calcul de ΔH_{AB}, W_{BC}, ΔU_{BC}, W_{CA} et Q_{CA} :

- $\Delta U_{cycle} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA} = 0$

$\Rightarrow$ $\boxed{\Delta U_{BC} = 900 \text{ cal}}$ $\Rightarrow$ $\boxed{W_{BC} = \Delta U_{BC} - Q_{BC} = -600 \text{ cal}}$

- $\Delta H_{cycle} = \Delta H_{AB} + \Delta H_{BC} + \Delta H_{CA} = 0$

$\Rightarrow$ $\boxed{\Delta H_{AB} = -1500 \text{ cal}}$

- $W_{cycle} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} = 230 \text{ cal}$ $\Rightarrow$ $\boxed{W_{CA} = 830 \text{ cal}}$

$\Rightarrow$ $\boxed{Q_{CA} = -830 \text{ cal}}$

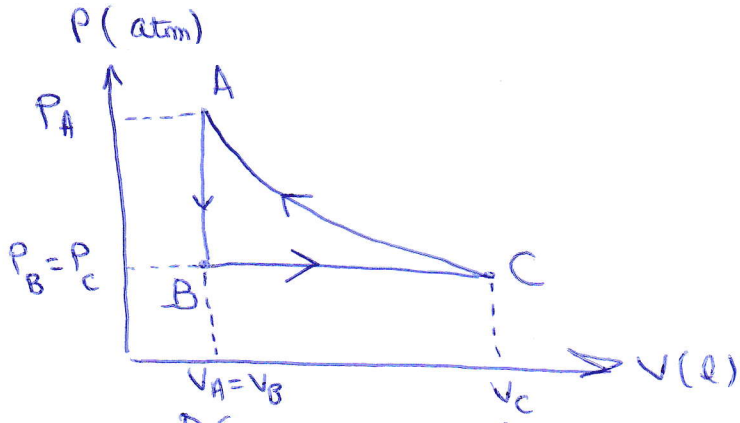


Diagramme de Clapeyron

EXERCICE 5 :

1. D'après le diagramme : $\begin{cases} (AB) : \text{ compression isotherme } \{P.V = cte\} \\ (BC) : \text{ Processus isobare } \{P = cte\} \\ (CA) : \text{ Processus isochore } \{V = cte\} \end{cases}$

2. Calcul des coordonnées (P, V) des états A, B et C :

A : $\begin{cases} P_A V_A = 10 \text{ l atm} \\ P_A = 2 \text{ atm} \end{cases}$ $\Rightarrow$ $\boxed{V_A = 5 \text{ l}}$

B : $\begin{cases} P_B V_B = 10 \text{ l atm} \\ P_B = 4 \text{ atm} \end{cases}$ $\Rightarrow$ $\boxed{V_B = 2{,}5 \text{ l}}$

C : $\begin{cases} P_C V_C = 20 \text{ l atm} \\ P_C = 4 \text{ atm} \end{cases}$ $\Rightarrow$ $\boxed{V_C = 5 \text{ l}}$

3. W, Q, ΔU et ΔH pour tres les transformations et pour le cycle :

a) Compression isotherme ; T = cte

$$\Delta U_{AB} = \Delta H_{AB} = 0$$

$$W_{AB} = -nRT \ln \frac{V_B}{V_A} = -P_A V_A \ln \frac{V_B}{V_A} = 6,93 \text{ l.atm}$$

$$\Rightarrow Q_{AB} = -W_{AB} = -6,93 \text{ l atm}$$

b) Chauffage isobare ; P = cte

$$W_{BC} = -P_B (V_C - V_B) = -10 \text{ l atm.}$$

$$\Delta H_{BC} = Q_{BC} = nC_p (T_C - T_B) = \frac{C_p}{R} (nRT_C - nRT_B)$$

$$= \frac{5}{2} (P_C V_C - P_B V_B)$$

$$= 25 \text{ l atm.}$$

$$\Delta U_{BC} = \frac{3}{2} (P_C V_C - P_B V_B) = 15 \text{ l.atm}$$

c) Refroidissement isochore ; V = cte

$$W_{CA} = 0$$

$$Q_{CA} = \Delta U_{CA} = \frac{3}{2} (P_A V_A - P_C V_C) = -15 \text{ l.atm}$$

$$\Delta H_{CA} = \frac{5}{2} (P_A V_A - P_C V_C) = -25 \text{ l.atm.}$$

d) Pour le cycle ; $\begin{cases} W_{cycle} = -3,07 \text{ l.atm} \\ Q_{cycle} = 3,07 \text{ l.atm} \\ \Delta U_{cycle} = \Delta H_{cycle} = 0 \end{cases}$

4. Dans le 2ème cas, où tres les transformations sont irreversibles, il n'y aura aucun changement par rapport à la question précédente sauf pour le processus isotherme

$$W_{AB} = -P_{finale} (V_B - V_A) = -P_B (V_B - V_A) = 10 \text{ l.atm}$$

$$\Rightarrow Q_{AB} = -10 \text{ l.atm}, \quad \Delta U_{AB} = \Delta H_{AB} = 0$$

pour le cycle : $W_{cycle} = 0$, $Q_{cycle} = 0$, $\Delta U_{cycle} = \Delta H_{cycle} = 0$

EXERCICE 6 :

1) Transformation A : Isotherme : $P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow V_1 = 2V_2$ / $V_1 = 22,4\,\ell$

$\Rightarrow V_2 = 11,2\,\ell$

2) Transformation B : Isobare : $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow V_3 = 22,4\,\ell$

Alors : 1 (1 atm, 22,4 ℓ) , 2 (2 atm, 11,2 ℓ) , 3 (2 atm, 22,4 ℓ)

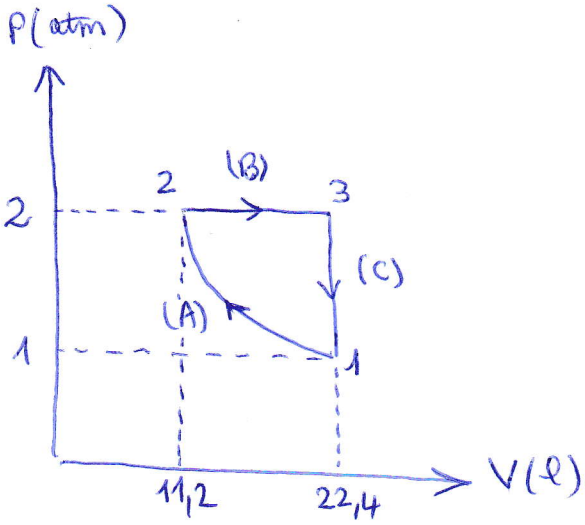


Diagramme de Clapeyron

Processus	W	Q	ΔU	ΔH (en cal)
1 → 2 (A)	378	-378	0	0
2 → 3 (B)	-542,75	1352,75	810	1352,75
3 → 1 (C)	0	-810	810	-1352,75
Le cycle	-164,75	164,75	0	0

A.N: $V_C = \frac{40,57\ \ell}{502,65\ °K} \times 623\ °K \Rightarrow \boxed{V_C = 50,28\ \ell}$

- CD : Détente adiabatique : $P.V^{\gamma} = cte.$

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

A.N:

$$P_D = 7\ atm. \left(\frac{50,28}{81,44}\right)^{1,4}$$

$$\boxed{P_D = 3,57\ atm}$$

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

$$\boxed{T_D = 514\ °K}$$

- DE : Détente isotherme : $P.V = cte$

$$\Rightarrow P_D V_D = P_E V_E \Rightarrow P_E = \frac{P_D . V_D}{V_E}$$

A.N: $P_E = \frac{3,57 . 81,44}{162,87} \Rightarrow \boxed{P_E = 1,79\ atm}$

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