Université Hassan II de Casablanca
Faculté des Sciences et Techniques de
Mohammedia
Année Universitaire : 2016-2017

8,00

20

نماذج امتحانات

EXEMPLE EXAMENS

THERMODYNAMIQUE

CORRIGER

BCG – S2

FSTM COPIE CENTRE

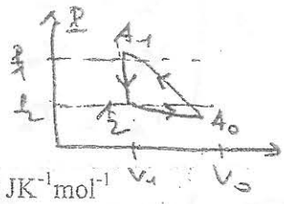
Thermodynamique

Nom :.....	Prénom :.....

Feuille à rendre à la fin de l'épreuve

Une mole de gaz parfait initialement dans l'état $A_0(P_0,V_0,T_0)$ subit un cycle de transformations réversibles suivantes :

- transformation adiabatique de l'état $A_0(P_0,V_0,T_0)$ à l'état $A_1(P_1,V_1,T_1)$
- transformation isochore de l'état $A_1(P_1,V_1,T_1)$ à l'état $A_2(P_2,V_2,T_2)$
- transformation isotherme de l'état $A_2(P_2,V_2,T_2)$ à l'état $A_0(P_0,V_0,T_0)$.



On donne $V_1=V_0/2$ $P_0=1,5atm$, $T_0=298°K$ et $\gamma=1,4$ $R=8,32\ JK^{-1}mol^{-1}$

1- Calculer V_1, P_1, P_2 , T_1 , T_2 et porter leurs valeurs dans le tableau ci-dessous en respectant les unités demandées

Variables d'état	état 1	état 2
Pression (Pa)	$P_1=P_0 2^\gamma = 3,96.10^5\ Pa$ (2)	$P_2=\frac{2T_0R}{V_0}=2P_0=3.10^5\ Pa$ (2)
Volume (m^3)	$V_1=\frac{V_0}{2}=\frac{1}{2}\frac{RT_0}{P_0}=8,27.10^{-3}\ m^3$ (2)	$V_2=V_1$ (isoth.) $=8,27.10^{-3}\ m^3$ (2)
Température (°K)	$T_1=\begin{cases}=T_0(2^{\gamma-1}\\ =\frac{P_1V_0}{2R}\end{cases}=393,2\ °K$ (2)	$T_2=T_0$ (isoth.) $=298\ °K$ (2)

2- Calculer en Joule :

- Pour la transformation adiabatique $A_0 \rightarrow A_1$: le travail $W_{0,1}$ et la quantité: $Q_{0,1}$
- Pour la transformation isochore $A_1 \rightarrow A_2$: le travail $W_{1,2}$ et la quantité: $Q_{1,2}$

Et porter leurs valeurs dans le tableau ci-dessous :

$W_{0,1}=\frac{P_1V_1-P_0V_0}{\gamma-1}=1980\ J$ $=-Q_{1,2}=+1980,16\ J$ (2) $=\frac{RT_1-RT_0}{\gamma-1}$	$Q_{0,1}=0$ car adia. (2)
$W_{1,2}=0$ car isochore (2)	$Q_{1,2}=\frac{R}{\gamma-1}(T_2-T_1)=-1980,16\ J$ (2)

$(W+Q)_{adia}=0 \Leftrightarrow (Q_{0,1}+Q_{1,2}+Q_{2,0}+W_{0,1}+W_{1,2}+W_{2,0})_{cycle}=0$

Feuille à rendre obligatoirement avec nom et prénom à la fin de l'épreuve

$W_{2,0}=-Q_{2,0}$ (isoth) $\Rightarrow (Q_{1,2}+W_{0,1})_{cycle}=0$

$\Rightarrow W_{0,1}=-Q_{1,2}$

2

I 2 2 1 BCG. 16/04/04

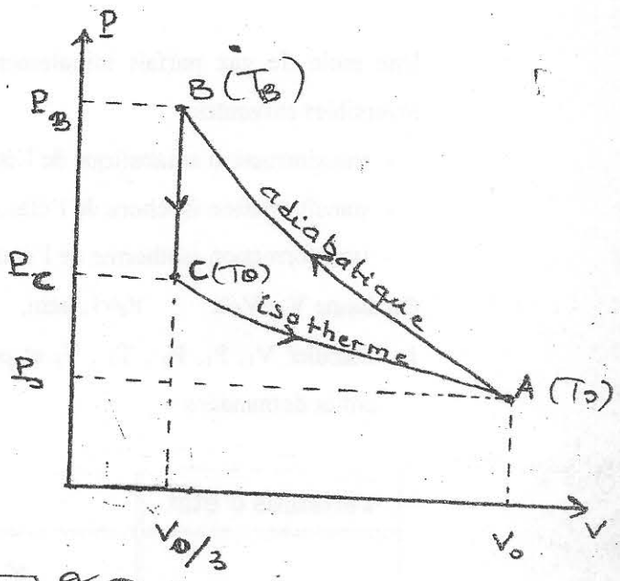
Durée 1h.

Ex. 1

Une mole de gaz parfait subit le cycle présente sur le diagramme suivant

Les variables d'état de l'état initial A sont :

$$A \begin{cases} P_A = P_0 \\ V_A = V_0 \\ T_A = T_0 \end{cases}$$



On donne $V_B = \frac{V_0}{3}$

$V_C = V_0/3$

- transf C → A est isotherme à T_0

1- Quelle est la nature de la transformation B → C ? isochore a (2)

2- Déterminer P_B et P_C en fonction de P_0 et γ $\left(\gamma = \frac{C_P}{C_V} > 0\right)$

$P_B = P_0 (3)^{\gamma}$ ✓ et $P_C = 3P_0$ ✓

3- Déterminer T_B en fonction de T_0 et γ

$T_B = T_0 \, 3^{\gamma-1}$ ✓

donner vos résultats sous forme :

état B $\begin{cases} P_B = P_0 (3)^{\gamma} \\ V_B = V_0/3 \\ T_B = T_0 (3)^{\gamma-1} \end{cases}$ (2) (2) (2)

état C $\begin{cases} P_C = 3P_0 \\ V_C = V_0/3 \\ T_C = T_0 \end{cases}$ ✓ (2)

4- montrer si T_B est supérieure ou inférieure à T_0

$T_B > T_0$ ✓

5- Déterminer W_{AB}, W_{BC} et W_{CA}

$W_{AB} = +RT_0 \ln 3$ (1)

$W_{BC} = 0$ (1)

$W_{CA} = -RT_0 \ln 3$ (1)

6- Déterminer Q_{AB}, Q_{BC} et Q_{CA}

$Q_{AB} = ?$ (1)

$Q_{BC} = \frac{R}{\gamma - 1} T_0 (3^{\gamma-1} - 1)$ (2)

$Q_{CA} = -W_{CA} = +RT_0 \ln 3$ (1)

x.2 : donner la définition de :

2 - 1 cycle

2 - 1 transformation adiabatique

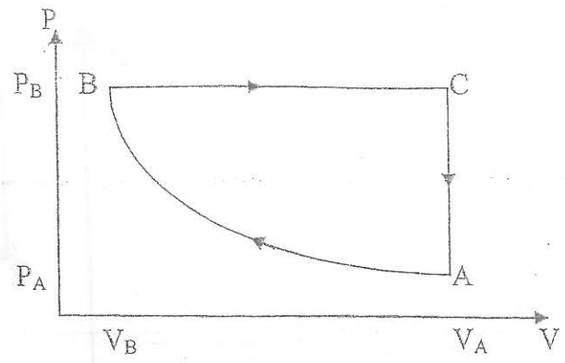
2 - 1 transformation isochore

Nom :	Prénom :

Noter vos résultats (expression et valeur numérique) dans le tableau ci-dessous

EX.1

Une mole de gaz parfait subit de manière réversible le cycle ABCA. La transformation AB est isotherme à la température 301 °K. En A la pression P_A = 1 atm. et en B la pression P_B = 5 atm.

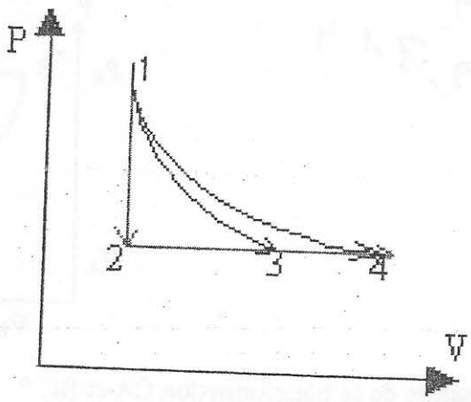


1- Quelle est la nature de la transformation CA et BC ?
2- Calculer V_A ; V_B ; V_C
3- Quelle la pression P_C
4- Calculer T_A , T_B et T_C
5- Calculer W_{AB} , W_{BC} , W_{CA} , Q_{AB} , Q_{BC} et Q_{CA}
6- Calculer W_{cycle}
7- Calculer la variation de l'énergie interne ΔU_{AB} , ΔU_{BC} et ΔU_{CA}
8- Calculer la variation de l'énergie interne du cycle ΔU_{Cycle}

CA Transf. isochore (1)	$W_{BC} = -P_B(V_B - V_B) = -10\ kJ$
CB Transf. inverse isobare (1)	$W_{CA} = 0$
$V_A = 25\ l = 25 \times 10^{-3}\ m^3$ (1)	$Q_{AB} = -W_{AB} = RT_A \ln\frac{V_B}{V_A} = -4\ kJ$
$V_B = 5\ l = 5 \times 10^{-3}\ m^3$ (1)	$Q_{BC} = C_p(T_C - T_B)$
$V_C = V_A = 25\ l = 25 \times 10^{-3}\ m^3$ (1)	$Q_{CA} = C_V(T_A - T_C)$
$P_C = P_B = 5\ atm = 5 \times 10^5\ Pa$ (1)	$W_{cycle} = W_{AB} + W_{BC} = -6\ kJ$
$T_A = 301\ K$ (1)	$\Delta U_{AB} = C_V(T_B - T_A) = W_{AB} + Q_{AB} = 0$
$T_B = T_A = 301\ K$ (1)	$\Delta U_{BC} = C_p(T_C - T_B)$
$T_C = 1505\ K$ (1)	$\Delta U_{CA} = C_V(T_A - T_C)$
$W_{AB} = -RT_A \ln\frac{V_B}{V_A} = 4\ kJ$	$\Delta U_{Cycle} = 0$

Nom :	Prénom :

Soit n moles de gaz parfait qui peut subir différentes transformations réversibles pour passer de l'état initial (1) à l'état final (4) de la façon suivante:



transformation : (1) ----> (4) isotherme

transformations : (1) ----> (2) + (2) ----> (4)

transformations (1) ----> (3) adiabatique + (3) ----> (4)

On donne: $C_V = 20{,}8$ J mol^{-1} K^{-1} ; $C_P = 29{,}12$ J mol^{-1} K^{-1}

Question : compléter le tableau ci-dessous en respectant les unités indiquées :

Variables d'état	état 1	état 2	état 3	état 4
Pression (Pa)	$P_1 = 1{,}6\ 10^5$	$P_2 = \underline{0{,}8\ 10^5}$ 2	$P_3 = \underline{0{,}8\ 10^5}$ 2	$P_4 = 0{,}8\ 10^5$
Volume (m^3)	$V_1 = 80 . 10^{-3}$	$V_2 = \underline{80 . 10^{-3}}$ 2	$V_3 = \underline{131} \cdot 10^{-3}$ X 6	$V_4 = 160 . 10^{-3}$
Température (°K)	$T_1 = 300$	$T_2 = \underline{150}$ X 6	$T_3 = 246$	$T_4 = \underline{300}$ 2

NB : tout résultat doit être justifié

12/8

Université Hassan II- Casablanca
Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia

Examen Partiel : Thermodynamique 1ère Année B.C.G.(2017) durée :1h

Questions de Cours : *(25min)*

a) Démontrer que, dans le cas d'une **transformation adiabatique réversible**, l'état du gaz est décrit, par l'équation de Laplace : $TV^{\gamma-1}=Cte$.

b) En déduire que cette équation peut aussi s'écrire sous la forme : $PV^{\gamma} = Cte$ ou encore $T^{\gamma}P^{1-\gamma} = Cte$.

c) Montrer, par un calcul direct, que le travail W échangé par le gaz parfait au cours de cette transformation faisant passer le gaz de l'état *(P1, V1, T1)* à l'état *(P2, V2, T2)* s'écrit :

$$W_{12} = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{\gamma - 1}$$

d) En déduire W_{12} en fonction de *n, R, γ, T1 et T2*.

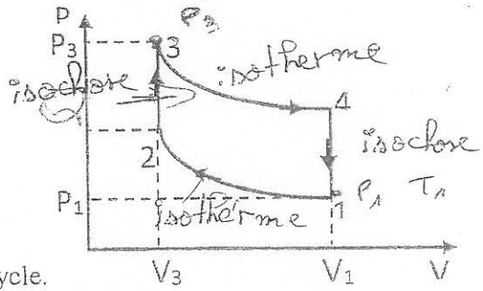
e) Quelle est la valeur de la variation d'entropie au cours de cette transformation ΔS?

Exercice : *(35min)*

Soit une machine utilisant comme fluide l'air assimilé à un gaz parfait diatomique. Cette machine fonctionne réversiblement selon le *cycle de Stirling* représenté sur la figure ci-après.

Le cycle est composé de deux isothermes 1→2 et 3→4 et de deux isochores 2→3 et 4→1 (voir figure)

- A l'état 1, la pression est $P_1=10^5$Pa et la température est $T_1=T=300K$.
- A l'état 3, la pression est $P_3=4.10^5$Pa et la température est $T_3=T'=600K$



1) Quel est le type de la machine ? justifiez.
2) Déterminer les quantités de chaleur Q_{12}, Q_{23}, Q_{34} et Q_{41} échangées par une mole de gaz au cours d'un cycle.
3) déterminer les expressions et les valeurs des travaux W_{12} et W_{34} échangés par une mole de gaz au cours du cycle ainsi que le travail W_{total}.
4) a- Déduire de ces résultats le rendement thermodynamique du cycle de Stirling.

b- Comparer ce rendement à celui que l'on obtiendrait si la machine fonctionnait selon le cycle de Carnot entre les mêmes sources de températures T et T'.

c- Conclure.

On donne : R=8.32(j/mol K), Cv=5/2R et γ=7/5.

Exercice II :

Le schéma montre le principe de chauffage d'une cabane par une pompe à chaleur qui fonctionne par un moteur de 2.5KW. On désire garder la température de la cabane à 25°C et qui perte la puissance calorifique P_p=12KW à l'atmosphère extérieur qu'est à la température de congélation. Quel est le coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur dans ce cas ?

+TD 3



Année 2017

Questions de Cours :

a) trans. adiabatique : $\delta Q = 0$

1er Principe : $dU = \delta W + \delta Q = 0$

* $dW = \delta W = -P dV$
* $dU = C_V dT$ (n = 1 mole, GP)

$\Rightarrow dU = dW \Leftrightarrow C_V dT = -P dV$

$\Leftrightarrow C_V dT + P dV = 0$ | $TV^{\gamma-1} = cste$

$P = \frac{RT}{V}$; $\left(C_V dT + RT \frac{dV}{V} = 0\right) \times \frac{1}{TC_V}$

$\frac{dT}{T} + \frac{R}{C_V} \frac{dV}{V} = 0$

on a : $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ et $C_p - C_V = R$

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

$(\gamma - 1) \frac{dV}{V} + \frac{dT}{T} = 0 \Rightarrow (\gamma - 1) \int \frac{dV}{V} + \int \frac{dT}{T} = 0$

$\Rightarrow (\gamma - 1) \ln V + \ln T + cste = 0$

$\Rightarrow \ln V^{\gamma-1} + \ln T = cste'$

$\Rightarrow \ln TV^{\gamma-1} = cste'$

(1) $\Rightarrow \boxed{TV^{\gamma-1} = cste''}$

* $V = \frac{RT}{P}$; $TV^{\gamma-1} = T\left(\frac{RT}{P}\right)^{\gamma-1} = \frac{R^{\gamma-1} T^{\gamma}}{P^{\gamma-1}} = cste$

(2) $\Rightarrow \boxed{T^{\gamma} P^{1-\gamma} = \frac{cste}{R^{\gamma-1}} = cste'}$

b) on remplace T ou V on obtient :

$T = \frac{PV}{R}$; $TV^{\gamma-1} = \frac{PV}{R} \cdot V^{\gamma-1} = cste$

$= \frac{PV^{\gamma}}{R} = cste \Rightarrow \boxed{PV^{\gamma} = cste'}$ (3)

c). Par un calcul direct montrer que :

$$W_{1\to 2} = -\int P\,dV = \int \frac{cste}{V^{\gamma}}\,dV \quad \left[\text{car } PV^{\gamma} = cste\right]$$

$$= -cste \int \frac{dV}{V^{\gamma}} = -cste \int V^{-\gamma} dV = -cste \left[\frac{1}{1-\gamma} V^{1-\gamma}\right]$$

$$= \frac{1}{\gamma-1}\left[cste\, V^{1-\gamma}\right]_1^2 = \frac{1}{\gamma-1}\left[cste\, V^{1-\gamma}\right]_1^2$$

$$= \frac{1}{\gamma-1}\left[PV^{\gamma}.V^{1-\gamma}\right]_1^2 = \frac{1}{\gamma-1}\left[P\right]$$

$$\boxed{W_{1\to 2} = \frac{1}{\gamma-1}\left(P_2V_2 - P_1V_1\right)}$$

d) $W_{1,2}$ en fonction de γ, n, R, T_1 et T_2 :

$$W_{1\to 2} = \frac{1}{\gamma-1}\left(nRT_2 - nRT_1\right) = \underline{\frac{nR}{\gamma-1}\left(T_2 - T_1\right)}$$

e) La variation d'entropie dans le cas d'une trans. adiab réversible. $\Delta S = S_2 - S_1$, $dS = \frac{\delta Q}{T}$ ($\delta Q = 0$ adiab réversible)

d'où, $\underline{\Delta S = 0}$ (trans adiab réver)

Exercice I — Cycle de Stirling

Etat 1 : ($P_1 = 10^5 P_a$, $T_1 = T = 300K$)

" 3 : ($P_3 = 4.10^5 P_a$, $T_3 = T' = 600K$)

* trans (1→2) et (3→4) : isothermes

* trans (2→3) et (4→1) : isochores

1) Le cycle présente un moteur car le sens est dans le sens des aiguilles d'une montre ($W < 0$)

2) Quantités de chaleur :

$$dQ = n c_v dT + \ell\, dV \quad (\ell = P, \text{ ou } P)$$

* $Q_{1\to 2}$ et $Q_{3\to 4}$ (isothermes $T = cste$)

$$dQ_{1\to 2} = n c_v \underbrace{dT}^{=0} + P\,dV$$

$$Q_{1\to 2} = \int_1^2 dQ_{1\to 2} = \int_1^2 P\,dV = \int_1^2 \frac{RT_1}{V} dV = RT_1 \ln\frac{V_2}{V_1} \quad (n = 1 \text{ mole})$$

$$= RT \ln\frac{V_3}{V_1} \quad \text{car } \frac{V_2}{T_1} = \frac{V_3}{T_2} = 1$$

$$Q_{3\to 4} = \int dQ_{3\to 4} = \int_3^4 RT_3 \frac{dV}{V} \; ; \; T_3 = T_4 = T'$$

$$Q_{3\to 4} = RT' \ln\frac{V_4}{V_3} = -RT' \ln\frac{V_1}{V_2}$$

$$Q_{2\to 2} = -RT \ln \frac{V_1}{V_3} \qquad Q_{1\to 2} = -RT \ln \left(\frac{P_3 T}{P_1 T} \right)$$

$P_1 V_1 = RT \Rightarrow V_1 = \frac{RT}{P_1}$

$P_3 V_3 = RT \Rightarrow V_3 = \frac{RT}{P_3}$

$$\frac{V_1}{V_3} = \frac{P_3}{P_1} \times \frac{T}{T}$$

$Q_{2\to 3}$ et $Q_{4\to 1}$ (isochores)

$Q_{1\to 3} = \int dQ_{2\to 3} = \int C_v dT + P dV^{=0}$ (car $V = cste$)

$Q_{2\to 3} = \int_2^3 C_v dT = C_v \int_2^3 dT = C_v (T_3 - T_2) = C_v (T' - T)$

$Q_{4\to 1} = \int_4^1 C_v dT = C_v (T_1 - T_4) = C_v (T - T')$

$Q_{2\to 3} = -Q_{4\to 1}$; $Q_{2\to 3} = \frac{5}{2} \times 8,32 \times (600 - 300) = 624$

$Q_{1\to 2} = 8,32 \times 300 \times \ln \left(\frac{4}{1} \times \frac{1}{2} \right) = -1730\,j$; $Q_{4\to 1} = -6$

$Q_{3\to 4} = 8,32 \times 600 \times \ln(2)$

$Q_{3\to 4} = 3460\,j$

3) Travaux $W_{1\to 2}$ et $W_{3\to 4}$:

$W_{2\to 3} = W_{4\to 1} = 0$ (car $V = cste$)

* $W_{1\to 2} = -\int_1^2 P dV = -Q_{1\to 2} = 1730\,j$

* $W_{3\to 4} = -\int_3^4 P dV = -Q_{3\to 4} = -3460\,j$

donc :

$W_{cycle} = W_{1\to 2} + W_{2\to 3}^{=0} + W_{3\to 4} + W_{4\to 1}^{=0}$

$W_{cycle} = 1730 - 3460$

$= -1730\,j < 0$

d'où le cycle presente un moteur

4) Le rendement du moteur

$e = \frac{-W_g}{\text{chaleur reçu}} = \frac{-W_g}{Q_{2\to 3}} = \frac{1730}{6240} = 0,27 \simeq 27\,\%$

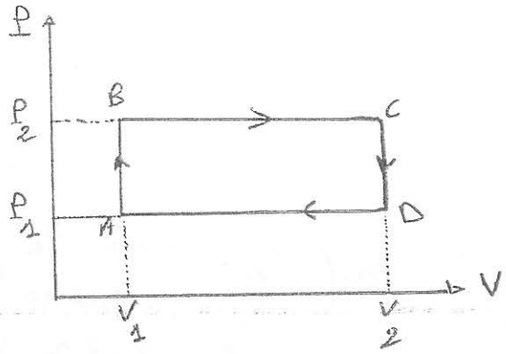
$e_{carnot} = -\frac{W}{Q_2}$ entre les deux sources de chaleur T et T'

Juin 2011

FSTM — Corrigé. Examen de thermodynamique
Module Phy - BCG

Exercice I :

- Diagramme de Clapeyron $P = f(V)$.



1) - Calculons les températures de chaque point du cycle (T_A, T_B, T_C, T_D)

T_A = ?

on applique la loi de gaz parfait.

$PV = nRT$

$\Rightarrow P_A V_A = RT$

or ($P_A = P_1$; $V_A = V_1$; $n = 1$ mole (d'une mole de gaz parfait) .

d'où $P_1 V_1 = R T_A$

$\Rightarrow$ $\boxed{T_A = \dfrac{P_1 V_1}{R}}$

A.N :

$$\begin{cases} P_1 = 10^5 \text{ Pa} \\ V_1 = 22,4.10^{-3} \text{ m}^3 \\ R = 8,31 \text{ J.Mol}^{-1}.\text{K}^{-1} \end{cases}$$

$$T_A = \frac{10^5 . 22,4.10^{-3}}{8,31} = 269,55 \text{ K}.$$

Mr MOUHSINE JKARI. Prof de cours de soutien universitaire en chimie
Tél: 0663 22 90 75

$T_B = ?$. Loi de gaz parfait.

. $P_B V_B = R T_B$

or ($P_B = P_2$, $V_B = V_1$).

$\Rightarrow P_2 V_1 = R T_B$

$\Rightarrow T_B = \frac{P_2 V_1}{R}$

A.N

$T_B = \frac{5.10^5 . 22,4.10^{-3}}{8,31}$

or ($P_2 = 5.10^5$ Pa
$V_1 = 22,4.10^{-3}$ m³
$R = 8,31$ J.mol⁻¹.K⁻¹

$\boxed{T_B = 1347,77 \text{ K}.}$

* Autre méthode :

$B \in (AB)$ et $(A \to B)$: Transformation isochore (Volume = cte)

d'où $PV = nRT$

$\Rightarrow \frac{T}{P} = \frac{V}{nR} = cst$

$\Rightarrow \frac{T_A}{P_A} = \frac{T_B}{P_B}$

$\Rightarrow T_B = T_A \times \frac{P_B}{P_A}$

($P_B = P_2 = 5.10^5$ Pa
$P_A = P_1 = 10^5$ Pa.
$T_A = 269,55$ K

A.N : $T_B = 269,55 \times \frac{5.10^5}{10^5} = 1347,77$ K.

$\boxed{T_B = 1347,77 \text{ K}}$

Pr. MOUHSINE JKARI.
Prof de cours de soutien universitaire en chimie. Tél: 0663229075

$T_C = ?$

$P_C V_C = R T_C$

or $\begin{cases} P_C = P_2 = 5.10^5 P_a \\ V_C = V_2 = 44,8.10^{-3} m^3 \end{cases}$

$\Rightarrow T_C = \dfrac{P_C V_C}{R} = \dfrac{P_2 V_2}{R}$

A.N : $T_C = \dfrac{5.10^5 . 44,8.10^{-3}}{8,31}$

$T_C = 2695,55 K.$

* Autre Méthode.

$C \in (BC)$ et $(B \to C)$: Transformation isobare ($P = C^{te}$).

$P V = nRT \Rightarrow \dfrac{T}{V} = \dfrac{P}{nR} = C^{te}$

d'où $\dfrac{T_B}{V_B} = \dfrac{T_C}{V_C} \Rightarrow T_C = T_B \times \dfrac{V_C}{V_B}$

or $\begin{cases} V_C = V_2 = 44,8.10^{-3} m^3 \\ V_B = V_1 = 22,4.10^{-3} m^3 \end{cases}$

$\Rightarrow T_C = T_B \times \dfrac{V_2}{V_1}$

A.N $T_C = 1347,77 \times \dfrac{44,8.10^{-3}}{22,4.10^{-3}} = 2695,55 K.$

$T_C = 2695,55 K$

$T_D = ?$

$P_D V_D = R T_D$.

$\Rightarrow T_D = \dfrac{P_D V_D}{R}$

Or $\begin{cases} P_D = P_A = 10^5 \text{ Pa} . \\ V_D = V_2 = 44,8 . 10^{-3} \text{ m}^3 \\ R = 8,31 \text{ J . Mol}^{-1} . \text{K}^{-1} . \end{cases}$

$\Rightarrow T_D = \dfrac{P_A . V_2}{R}$

A.N : $T_D = \dfrac{10^5 . 44,8 . 10^{-3}}{8,31}$

$\boxed{T_D = 539,1 \text{ K} .}$

2ème Méthode.

$D \in (AD) : (D \to A)$ Transf. isobare ($P = c^{te}$)

$\dfrac{T_A}{V_A} = \dfrac{T_D}{V_D}$

$\Rightarrow T_D = T_A \times \dfrac{V_D}{V_A}$

$\Rightarrow T_D = 269,77 . \dfrac{44,8 . 10^{-3}}{22,4 . 10^{-3}}$

$T_D = 539,1$

3ème Méthode.

$D \in (CD) : (C \to D)$ Transf. isochore ($V = c$

$\Rightarrow \dfrac{T_C}{P_C} = \dfrac{T_D}{P_D}$

$\Rightarrow T_D = T_C \times \dfrac{P_D}{P_C}$

$T_D = 269,55 \times \dfrac{10^5}{5 . 10^4}$

$\Rightarrow T_D = 539,1 .$

Mr. MOUHSINE JKani.
Prof de cours de soutien universitaire en chimie. Tél : 06 63 22 90 75

2). Calculons le travail de chacune des transformations du cycle.

* du Point A au point B, il y a une compression isochore ($V = cste$)

- Le travail $W_{A\to B} = ?$

$$\delta W_{AB} = -P\,dV$$

On intègre

$$W_{A\to B} = \int_A^B \delta W_{AB}$$

$$= -\int_A^B P\,dV$$

Or ($dV = 0$ car $V = cste$)

$$\Rightarrow \boxed{W_{A\to B} = 0\ J}$$

- Le travail W_{BC}.

* ($B\to C$) : Transformation isobare ($P = cste$).

$$\Rightarrow W_{B\to C} = -\int_B^C P_2\,dV$$

$$= -P_2\,[V]_{V_B}^{V_C}$$

$$= -P_2\,(V_C - V_B)$$

$$= -P_2\,(V_2 - V_1)$$

Or $\begin{cases} P_2 = 5.10^5\ Pa \\ V_C = V_2 = 44,8.10^{-3}\ m^3 \\ V_B = V_1 = 22,4.10^{-3}\ m^3 \end{cases}$

A.N :

$$W_{B\to C} = -5.10^5\,(44,8.10^{-3} - 22,4.10^{-3})$$

$$\boxed{W_{B\to C} = -11\,200\ J}$$

Mr. MOUHSINE JKani.
Prof de cours de soutien universitaire en chimie. Tél. 0663229075

- Le travail $W_{C\to D}$:

+ $(C \to D)$: Transformation isochore $(V = cste)$.

$$W_{C\to D} = -\int_C^D P\,dV$$

or $(dV = 0$ car $V = cste)$.

donc $\boxed{W_{C\to D} = 0\ J}$.

- Le travail W_{DA} : $(D \to A)$: Trans. isobare $(P = cste)$.

$$W_{D\to A} = -\int_D^A P_1\,dV$$

$$= -P_1 [V]_{V_D}^{V_A}$$

$$= -P_1 (V_A - V_D)$$

$$= -P_1 (V_1 - V_2)$$

or $\begin{cases} V_A = V_1 = 22,4.10^{-3}\ m^3 \\ V_D = V_2 = 44,8.10^{-3}\ m^3 \\ P_1 = 10^5\ Pa. \end{cases}$

A.N :

$$W_{DA} = -10^5 (22,4.10^{-3} - 44,8.10^{-3})$$

$$\boxed{W_{D\to A} = 2240\ J}.$$

(3) - La quantité de chaleur Q_{BC} échangée au cour de la transformation BC. Pour une mole $(n = 1\ mole)$.

- $(B \to C)$: Transformation isobare $(P = cste)$.

donc $Q_{BC} = \int_B^C C_p\,dT = C_p [T]_{T_B}^{T_C}$

$$= C_p (T_C - T_B).$$

Ir. MOUHSINE JKARI.
Prof de cours de soutien universitaire en chimie. Tél : 0663 22 90 75

or $\left(C_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} \right)$.

$$\Rightarrow \boxed{Q_{BC} = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} (T_C - T_B)}$$

(4). Travail du cycle W_{cycl}.

$$W_{cycl} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA}$$

$$= 0 + (-11200) + 0 + 2240$$

$$\boxed{W_{cycl} = -8960\,J}.$$

(5) - D'après Le Premier Principe.

on a $\Delta U_{cycl} = W_{cycl} + Q_{cycl} = 0$

$$\Rightarrow Q_{cycl} = -W_{cycl}$$

$$\Rightarrow \boxed{Q_{cycl} = 8960\,J}$$

(6) - D'après La première loi de Joule

on a

$$\Delta U_{A \to C} = U_C - U_A$$

$$= \int_{T_A}^{T_C} C_V \, dT$$

$$= C_V [T]_{T_A}^{T_C}$$

Mr. MOUHSINE JRAOUI.
Prof de cours de soutien universitaire en chimie. Tél: 0663 22 9075

Or $\left(C_v = \frac{R}{\gamma - 1} \right)$

$\Rightarrow \Delta U_{AC} = \frac{R}{\gamma - 1} (T_C - T_A)$

A.N

$\Delta U_{AC} = \frac{8,31}{1,4-1} (269,55 - 269,55)$

$\boxed{\Delta U_{AC} = 50400,15 \text{ J}}$

Exercice II :

1) - eau $\begin{cases} m_1 = 100\,g \\ t_1 = 40°C \end{cases}$ $\Longrightarrow$ $t_{f_1} = 28°C$ état final

calorimètre $\begin{cases} m_0 = 400\,g \\ t_0 = 21°C \end{cases}$

état initial

- La loi de calorimétrie s'écrit :

$\sum Q = 0$

$\Rightarrow Q_{cal} + Q_{eau} = 0$ (1)

Or $Q_{cal} = C_{cal} \Delta T = C_{cal} (t_{f_1} - t_0)$

$Q_{eau} = m_1 C_{eau} \Delta T = m_1 C_{eau} (t_{f_1} - t_1)$

(1) $\Leftrightarrow C_{cal} (t_{f_1} - t_0) + m_1 C_{eau} (t_{f_1} - t_1) = 0$

$C_{cal} = \frac{-m_1 C_{eau} (t_{f_1} - t_1)}{t_{f_1} - t_0}$

A.N :

$$C_{cal} = \frac{-200 \times 4,185 \,(28 - 40)}{28 - 22}$$

$$\boxed{C_{cal} = 837 \ J \cdot K^{-1}}$$

2) -

* $\varphi_{Platine}$: quantité de chaleur du Platine

$$\Rightarrow \varphi_{Plat} = m_2 \, C_{Plat} \, (t_{f_2} - t_2)$$

* $\varphi_{système}$: quantité de chaleur du système (eau + calorimètre)

$$\Rightarrow \varphi_{système} = (m_1 C_{eau} + C_{cal})(t_{f_2} - t_{f_1})$$

- La loi du calorimètre s'écrit :

$$\Sigma \varphi = 0$$

$$\Rightarrow \varphi_{Plat} + \varphi_{système} = 0$$

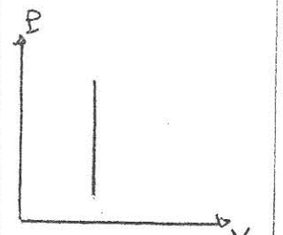
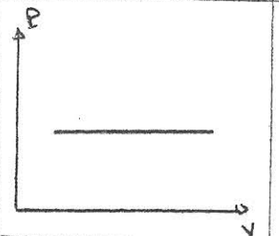
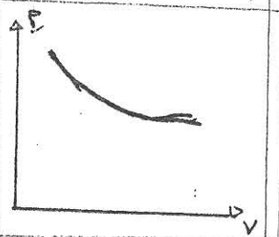
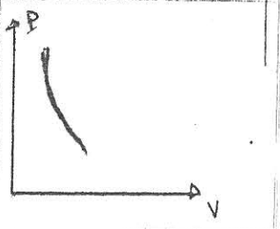
$$\Rightarrow m_2 C_{Plat} (t_{f_2} - t_2) + (m_1 C_{eau} + C_{cal})(t_{f_2} - t_{f_1}) = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{C_{Plat} = \frac{(m_1 C_{eau} + C_{cal})(t_{f_2} - t_{f_1})}{m_2 (t_{f_2} - t_2)}}$$

Bonne chance à tous.

Pr. MOUHSINE JKANI.
Prof de cours du Tourisme universitaire en chimie. Tél: 0663229075

- Résumés de thermodynamique 1

Transformation	diagramme de Clapeyron $P = f(V)$	Paramètre (T,P,V) $A \circ B = cte$	Travail W	Chaleur Q	Energie Interne ΔU
isochore $V = cte$		$\frac{T}{P} = cte$	$W = 0$	$Q = C_v (T_2 - T_1)$ $C_v = \frac{nR}{\gamma - 1}$	$\Delta U = C_v (T_2 - T_1)$
isobare $P = cte$		$\frac{T}{V} = cte$	$W = -P_1 (V_2 - V_1)$	$Q = C_p (T_2 - T_1)$ $C_p = \frac{n\gamma R}{\gamma - 1}$	$\Delta U = C_v (T_2 - T_1)$
isotherme $T = cte$		$PV = cte$	$W = -nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$	$Q = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$	$\Delta U = 0$
adiabatique $Q = 0$		$PV^\gamma = cte$ $TV^{\gamma-1} = cte$ $TP^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = cte$	$W = C_v (T_2 - T_1)$	$Q = 0$	$\Delta U = C_v (T_2 - T_1)$

Relations de Mayer

$C_p - C_v = nR$

$n = \frac{m}{M}$

$\begin{cases} C_v = \frac{nR}{\gamma - 1} \\ C_p = \frac{n\gamma R}{\gamma - 1} \\ \gamma = \frac{C_p}{C_v} \end{cases}$

رمضان مبارك سعيد وكل عام وأنتم بخير

للمزيد من المعلومات والمساعدة بريمي اه اتصال على الرقم 0663229075

Université Hassan II – FSTM Juin 2015

Examen de Thermodynamique

Module P222- BCG

(Durée : 1h 20mn)

Exercice 1 : (Questions indépendantes)

1) Un rail de chemin de fer en acier a 20m de long à 20°C.
Quel accroissement de longueur observe-t- on à 40 °C. On donne : $\alpha_{acier} = 1{,}2.10^{-5}\ K^{-1}$

2) Quelle est la longueur d'onde correspondant au maximum de l'intensité du rayonnement émis par une surface à 37°C. On donne : $\beta = 2{,}898\ .10^{-3}$ m. K

3) Une vitre de $1{,}4 m^2$ de surface est à une température de 10°C. Si la température extérieure est de 0°C, calculer le flux calorifique perdu par convection ?
Le coefficient q de la fenêtre est $4 W\ m^{-2}\ K^{-1}$.

Exercice 2 :

Une masse *m* d'un *gaz parfait* décrit un cycle ABCDA. Ce cycle est formé des quatre transformations réversibles suivantes :

- -Une compression adiabatique, AB, de $A(P_A,T_A,V_A)$ à $B(P_B,T_B,V_B)$.
- -Un échauffement isochore, BC, $C(P_C,T_C,V_C)$.
- -Une détente adiabatique, CD, $D(P_D,T_D,V_D)$.
- -Un refroidissement isochore, DA.

Données : c_p ; c_v ; $\gamma = 1.4 = c_p/c_v$

. $(V_A/V_B) = (V_D/V_C) = 12$

1) Tracer le cycle ABCDA dans le diagramme de Clapeyron.
2) S'agit-il d'un cycle moteur ? pourquoi ?
3) A partir de l'équation d'une adiabatique (PV^γ = cste), montrer que $TV^{\gamma-1}$ = cste .
4) Utiliser cette équation pour montrer que $(T_A/T_B) = (T_D/T_C)$
5) On pose $b = (T_A/T_B) = (T_D/T_C)$ calculer b.
6) Exprimer les quantités de chaleurs Q_{BC} et Q_{DA} en fonction des températures, de m et de c_v, indiquer leur signe.
7) En utilisant le premier principe de la thermodynamique donner l'expression du travail du cycle W_{cycle}.
8) Exprimer le rendement du cycle, η, en fonction de Q_{BC} et Q_{DA}.
9) En remplaçant Q_{BC} et Q_{DA} par leur expressions (question 6) exprimez le rendement en fonction des températures.
10) En utilisant le résultat de la question(5) exprimer T_A et T_D en fonction de T_B et T_C respectivement pour calculer le rendement de ce cycle.

Corrigé. Examen de Thermodynamique
Module P222. BCG

Juin 2015

Exercice 1:

1) - On a $\Delta L = \alpha . L . \Delta T$

où $\begin{cases} \Delta T = T_2 - T_1 = 40 - 20 = 20\,C \\ L = 20\ m. \\ \alpha = 1,2 . 10^{-5} . K^{-1} \end{cases}$

donc $\Delta L = 1,2 . 10^{-5} \times 20\,(40 - 20)$

$$\boxed{\Delta L = 4,8 . 10^{-3}\ m}$$

2) - La longueur d'onde correspondant au maximum de l'intensité du rayonnement émis est:

- on applique la loi de Wien.

$$\lambda_{max} = \frac{\beta}{T}$$

où $\begin{cases} \beta = 2,898 . 10^{-3}\ m.K. \\ T = 37 + 273 = 310\,K. \end{cases}$

donc $\lambda_{max} = \dfrac{2,898 . 10^{-3}}{310}$

$= 9,34 . 10^{-3}\ m$

$$\boxed{\lambda_{max} = 9,34\ \mu m}$$

3)- Le flux calorifique perdue par convection est:

On a :

$$H = q \cdot S \cdot \Delta T$$

avec $\begin{cases} q = 4\ W.m^{-2}.K^{-1} \\ S = 1{,}4\ m^2 \\ \Delta T = 10 - 0 = 10\ C^\circ \end{cases}$

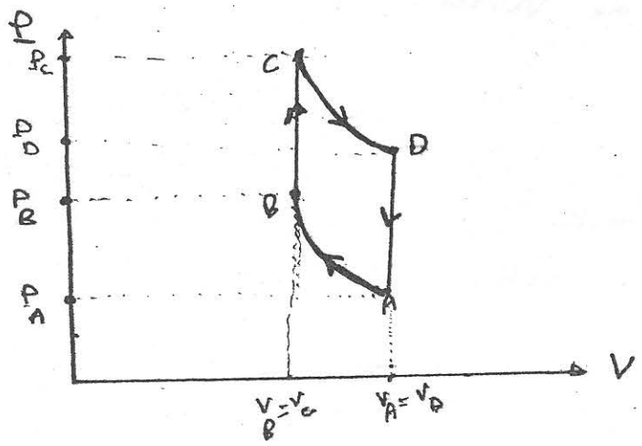
A.N

$$H = 4 \times 1{,}4 \cdot (10 - 0)$$

$$\boxed{H = 56\ W}$$

Exercice 2 :

1)- Diagramme de Clapeyron. $P = f(V)$.



2)-

- Le cycle est parcouru dans le sens horaire, l'intégrale $\int -P dv$ est donc négative. Le système fournit un travail et le cycle est Moteur.

3) - On montre que $T.V^{\gamma-1} = c^{te}$.

On a selon l'équation d'une adiabatique :

$$P V^{\gamma} = c^{te} \quad (1)$$

Pour un gaz parfait, on a $PV = nRT$

$$\Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \quad (2)$$

$(1) \Rightarrow \frac{nRT}{V} . V^{\gamma} = c^{te}$

$$\Rightarrow TV^{\gamma-1} = \frac{c^{te}}{nR} = c^{te}.$$

$$\boxed{TV^{\gamma-1} = c^{te}}$$

4) - On montre que

$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{T_D}{T_C}$$

On a $TV^{\gamma-1} = c^{te}$.

et $(A \to B)$: Transformation adiabatique

d'où $T_A V_A^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1} \Rightarrow \frac{T_A}{T_B} = \left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma-1}$ (1)

et aussi $(C \to D)$: Transformation adiabatique

d'où $T_C V_C^{\gamma-1} = T_D V_D^{\gamma-1} \Rightarrow \frac{T_D}{T_C} = \left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma-1}$ (2)

(3)

et $\begin{cases} V_A = V_D & \text{(Trans. isochore } v = c^{te}) \\ V_B = V_C & \text{(Trans. isochore } v = c^{te}) \end{cases}$

(1) et (2) $\Leftrightarrow$ $\boxed{\frac{T_A}{T_B} = \frac{T_D}{T_C}}$

5) - On calcul b.

On a. $b = \frac{T_A}{T_B} = \frac{T_D}{T_C}$

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

A.N

$b = \left(\frac{1}{12}\right)^{\gamma-1}$

$\boxed{b = 0,37}$

6) - L'expression des quantités de chaleurs Q_{BC} et Q_{DA}.

- $Q_{BC} = ?$.

$\delta Q_{BC} = m c_v dt + l dv$

Or (B→C) : Trans. isochore $\Rightarrow V = cst$

$\Rightarrow dV = 0$

$\rightarrow \delta Q_{BC} = m c_v dt$

$\Rightarrow Q_{BC} = \int \delta Q_{BC}$

$= \int_{T_B}^{T_C} m c_v dt$

$\boxed{Q_{BC} = m c_v (T_C - T_B) > 0}$

Pr - JKani MOUHSINE Cours de soutien Universitaire

Tél : 0663 22 90 75

$\varphi_{DA} = ?$

$\delta\varphi_{DA} = m c_v dt + P dV$

$v = cst \Rightarrow dV = 0$

$\Rightarrow \delta\varphi_{DA} = m c_v dt$

$\Rightarrow \varphi_{DA} = \int \delta\varphi_{DA}$

$= \int_{T_D}^{T_A} m c_v dt$

$$\boxed{\varphi_{DA} = m c_v (T_A - T_D) < 0}$$

7) - D'après le Premier Principe de la thermodynamique.

$\Delta U_{cycle} = \varphi_{cycle} + W_{cycle} = 0$.

$\Rightarrow W_{cycle} = -\varphi_{cycle}$

$= -(\varphi_{AB} + \varphi_{BC} + \varphi_{CD} + \varphi_{DA})$

Or $(\varphi_{AB} = \varphi_{CD} = 0$ (adiabatique)

$\Rightarrow$ $$\boxed{W_{cycle} = -(\varphi_{BC} + \varphi_{DA})}$$

8) - Rendement du cycle η.

$\eta = -\dfrac{W_{cycle}}{\varphi_{BC}}$

$$= \frac{q_{BC} + q_{DA}}{q_{BC}}$$

$$\boxed{\eta = 1 + \frac{q_{DA}}{q_{BC}}}$$

9)- On a

$$\eta = 1 + \frac{q_{DA}}{q_{BC}}$$

$$= 1 + \frac{mc(T_A - T_D)}{mc(T_C - T_B)}$$

$$\boxed{\eta = 1 + \frac{T_A - T_D}{T_C - T_B}}$$

10/ - On exprime T_A et T_D en fonction de T_B et T_C respectivement

On a $b = \frac{T_A}{T_B} = \frac{T_D}{T_C}$

$$\Rightarrow \begin{cases} T_A = b T_B \\ T_D = b T_C \end{cases}$$

et $\eta = 1 + \frac{T_A - T_D}{T_C - T_B}$

$$= 1 + \frac{bT_B - bT_C}{T_C - T_B}$$

$$\eta = 1 + \frac{b(T_B - T_C)}{T_C - T_B}$$

$$= 1 - b\frac{(T_C - T_B)}{T_C - T_B}$$

$$\eta = 1 - b$$

A.N $\quad \eta = 1 - 0,37 = 0,63$

$\eta = 63\ \%$

Bonne chance à tous.

Ir. J Kari MOUHSINE Cours de soutien universitaire

Tél: 06 63 22 90 75

(17)

Université Hassan II – FSTM Novembre 2012

Examen partiel de thermodynamique

Module P221- BCG

(Durée : 45mn)

Nom :
Prénom :

Questions de cours :

I- Répondre aux questions suivantes par oui ou non :

1°) Le système isolé est un système fermé .....

2°) Le système fermé est un système isolé .....

3°) Le système ouvert est un système qui échange avec le milieu extérieur de l'énergie uniquement.....

4°) Le système ouvert est un système qui échange avec le milieu extérieur de la matière.....

5°) Une transformation isobare est une transformation à V = constante.....

6°) Une transformation adiabatique est une transformation à Q = constante.....

7°) Une transformation isotherme est une transformation à T = constante.....

8°) Une transformation réversible est une transformation réelle.....

9°) La pression est une grandeur intensive.....

10°) La température est une grandeur extensive.....

II- Répondre aux questions suivantes :

a) Si le travail est reçu par le système, on le compte .....

b) Si la chaleur est cédée par le système, on la compte.....

c) L'unité internationale de la température est .....

d) Écrire la différentielle d'une fonction à deux variables f(x,y)..... ....

.....

c) Soit $dG = VdP - SdT$ une différentielle totale

-Quelles sont les variables indépendantes choisies pour exprimer G ?.....

-Identifier les dérivés partielles de la fonction G.....

Exercice 1 :

Un thermomètre à mercure gradué *linéairement* est plongé dans la glace fondante, le mercure affleure la division $n_0 = -2$, dans l'eau bouillante sous pression atmosphérique le mercure indique la division $n_{100} = 103$. Dans un bain d'eau tiède le mercure indique la division n = 70. En considérant « n » comme grandeur thermométrique

1) Définir la fonction 'f' tel que $t(°C) = f(n)$

2) Déterminer la température t du bain

Exercice 2

On veut réchauffer une masse m d'air(gaz parfait) enfermée dans un cylindre muni d'un piston mobile de T_1 à T_2 ($T_2 > T_1$) à *pression constante* ($P=P_1=P_2$).

1°) Rappeler l'équation d'état d'un gaz parfait et donner l'expression du travail effectué par le gaz au cours de cette transformation en fonction de n(nombre de moles), R, T_1 et T_2

2) Quelle est la quantité de chaleur absorbée au cours de cet échauffement (on note c_p chaleur spécifique à pression constante)

3) Ecrire le premier principe de la thermodynamique pour cette transformation