UNIVERSITE MOHAMED 1ER
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE
OUJDA

FILIERE: SMP
SEMESTRE S4
ANNEE : 2013-2014

EXAMEN DU MODULE DE PHYSIQUE VI, DE LA SESSION ORDINAIRE
EPREUVE DE THERMODYNAMIQUE 2 : 14 JUIN 2014
Durée : 1h30

Documents non autorisés, calculatrices non programmables et non graphiques autorisés. Téléphones portables éteints. Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la numérotation de la question posée. Une grande attention sera apportée à la clarté de la rédaction et à la présentation des résultats. Les deux exercices sont indépendants.

Exercice I :(10 points) **Diagramme de Raveau : (Représentation de Q_1 en fonction de Q_2)**

On considère une machine thermique, fonctionnant entre deux sources de température T_1 et T_2 ($T_1>T_2$). L'agent thermique subissant un cycle de transformations, a priori quelconques (réversibles ou pas) échange :

- du travail W avec le milieu extérieur,
- de la chaleur Q_2 avec la source froide, de température T_2,
- de la chaleur Q_1 avec la source chaude, de température T_1.

1°) a- En utilisant le premier principe, donner une relation liant : W, Q_1 et Q_2. 0,5P.

b- Après avoir rappelé le signe de W pour les cycles moteurs et récepteurs, tracer dans le plan (Q_1, Q_2) la droite $Q_1 = - Q_2$, séparant ces deux types de machines. On indiquera clairement les deux zones. 0,5

2°) a- Démontrer, en utilisant le second principe, l'inégalité de Clausius :

$$\frac{Q_1}{T_1}+\frac{Q_2}{T_2}\leq 0$$

0,5P

On indiquera dans quel cas on a l'égalité et l'inégalité stricte.

b- L'inégalité précédente définit deux zones dans le plan (Q_1, Q_2) : une zone interdite par le second principe et une zone autorisée. Tracer qualitativement la droite séparant les deux zones et hachurer la zone où se trouvent les machines thermiques interdites par le second principe. 0,5

3°) a- Rappeler par des schémas, le principe de fonctionnement d'un moteur thermique ditherme et d'un réfrigérateur thermique ditherme. On précisera ce qui joue le rôle de la source froide et de la source chaude et on indiquera le signe des grandeurs W, Q_1 et Q_2.

b- Indiquer sur le plan (Q_1, Q_2) où se trouvent les moteurs thermique (zone à dénoter M) et les réfrigérateurs (zone à dénoter R) autorisés par le second principe.

4°) On rappelle que l'efficacité du réfrigérateur $\left(e_{frigo}\right)$ est définie par : $e_{frigo}=\frac{Q_2}{W}$

a- Exprimer e_{frigo} en fonction des chaleurs Q_1 et Q_2 uniquement.

b- Dans le cas réversible, exprimer e_{frigo} en fonction de T_1 et T_2 uniquement.

c- À température intérieure du réfrigérateur constante, montrer que l'efficacité est plus faible en été. Calculer la valeur de l'efficacité pour un réfrigérateur maintenu à 5°C dans une température ambiante de 20°C.

5°) Dans le cas irréversible, montrer que : $e_{frigo} < \dfrac{T_2}{T_1 - T_2}$

En déduire l'expression de W_{min}, le travail minimal à fournir pour faire passer de la chaleur Q_2 d'un corps froid vers un corps chaud. ~~Comparer le résultat en utilisant l'énoncé de Clausius.~~

Exercice II :(10 points) **Mélange eau glace, eau liquide**

On mélange à pression atmosphérique, une masse $m_1 = 0.1$kg de glace de température $t_0 = 0°C$ et une masse $m_2 = 0.1$kg d'eau de température $t_2 = 57°C$.

1°) Quel sont les états finaux envisageables ?

2°) Déterminer la température d'équilibre t_f en supposant que l'état final envisagé est de l'eau liquide à une température supérieur à 0°C. Est-il possible alors que le système soit dans cet état envisagé ? Quel serait alors l'état final du système ?

3°) Déterminer la quantité x de glace qui s'est transformé en eau.

4°) Calculer la variation de l'entropie $\Delta S = \Delta S_{eau} + \Delta S_{glace}$ de l'univers.

مكتبة التعاضدية

On donne :

- Chaleur massique de l'eau $C_e = 4180$ Joules/kg °K
- Chaleur de fusion de la glace $L_f = 333.10^3$ Joules/kg.

Fin

Solution de l'examen Thermodynamique. – S.O. – S.M.P. – S4 (14 Juin 2014)

مكتب التعاضدية

Exercice 1 : Diagramme de RAVEAU

1°/ a-/

1er Principe $\longrightarrow W + Q_1 + Q_2 = 0$ (0,5

b°/

$\Rightarrow W < 0 \Rightarrow$ Le cycle est moteur.

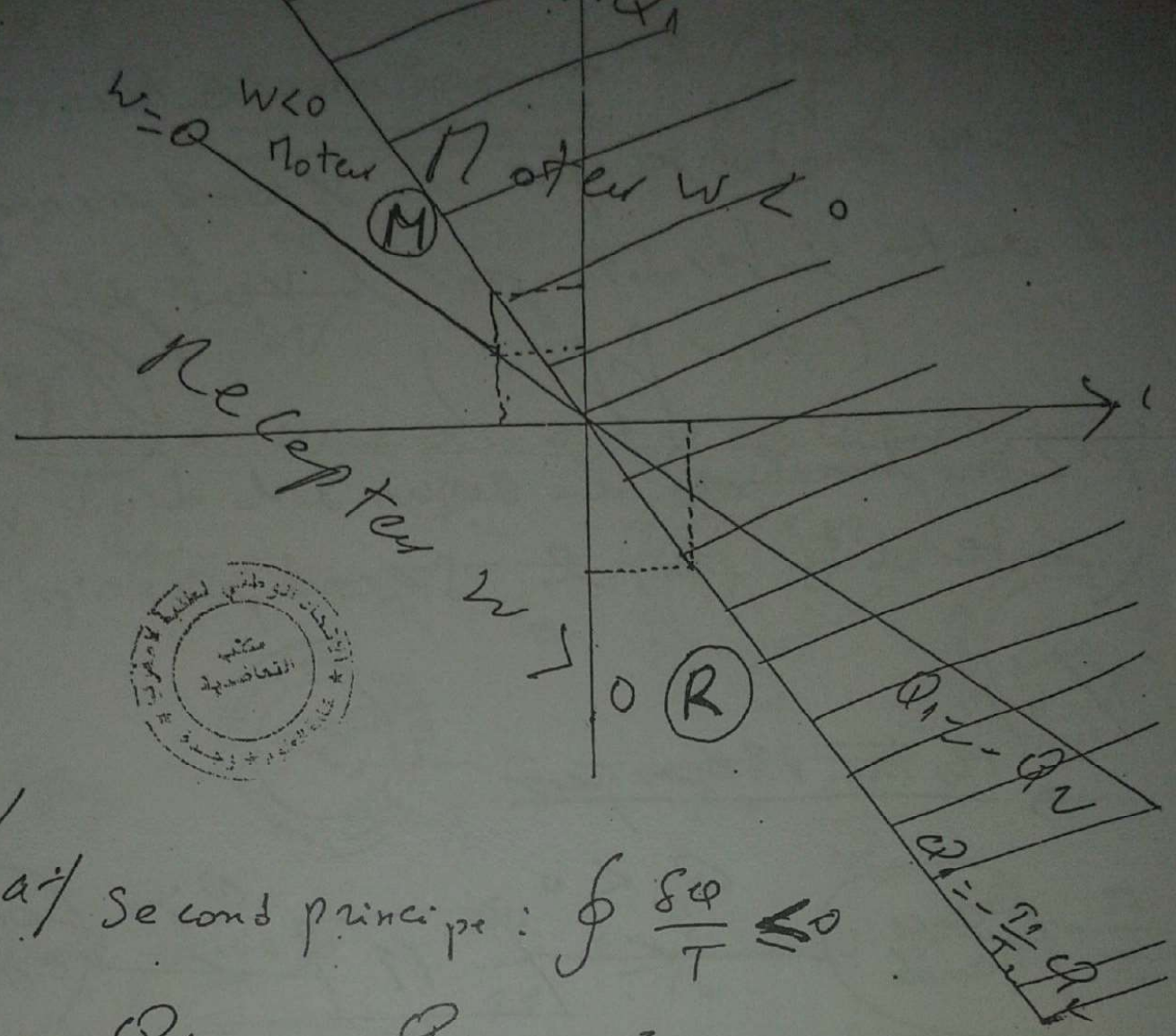
$W = -(Q_1 + Q_2) < 0 \Rightarrow \underline{Q_1 + Q_2 > 0}$ (0,5

$\Rightarrow W > 0 \Rightarrow$ le cycle est recepteur.

$W = -(Q_1 + Q_2) > 0 \Rightarrow \underline{Q_1 + Q_2 < 0}$ (0,5

Pour $W = 0 \Rightarrow Q_1 = -Q_2 =$ droite qui represente la frontière dans le plan (Q_1, Q_2) entre les cycles moteurs et les cycles recepteurs.

Voir figure sur la page suivante : (0,5 P)



2°/ a-/ Second principe : $\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$

$$\Rightarrow \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$$

$$\begin{cases} \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0 & \text{cycle reversible} \\ \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} < 0 & \text{cycle irreversible.} \end{cases}$$

1

b/ $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0 \Rightarrow Q_1 \leq -\frac{T_1}{T_2} Q_2$

$\Rightarrow$ la droite $Q_1 = -\frac{T_1}{T_2} Q_2$ sépare deux

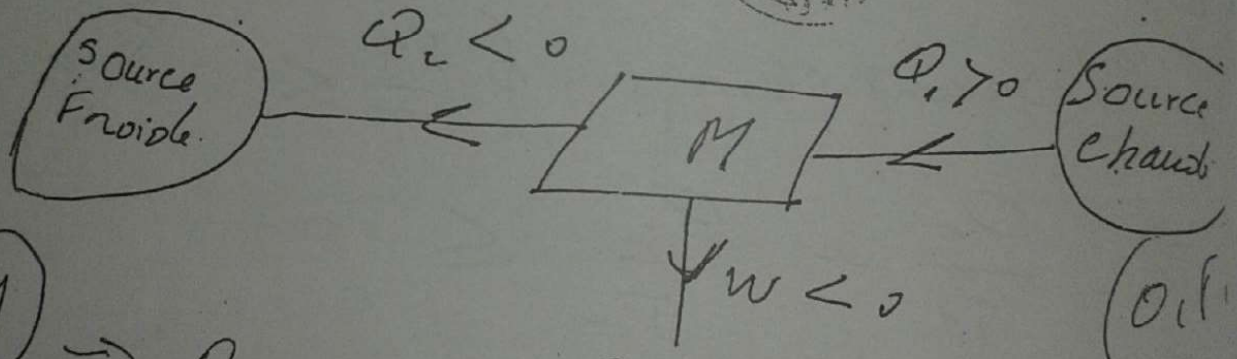
Zones dans le diagramme de Raveau :
l'une autorisée par le second principe
l'autre interdite par le second principe
(voir figure)

1P

(Zone hachurée, au dessus de la droite W
interdite par le second principe)

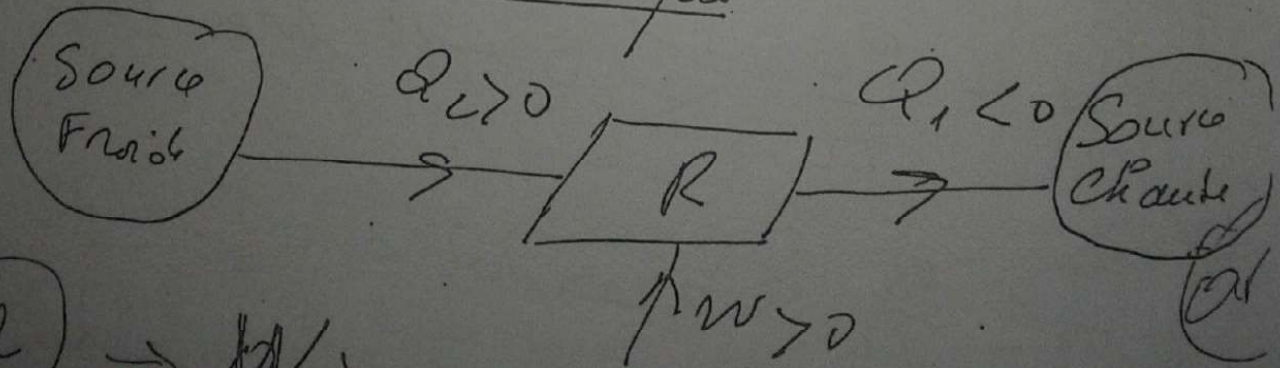
3°/ a/

→ Moteur thermique



M ⇒ $Q_1 > 0$ et $\left| \begin{array}{l} Q_2 < 0 \\ W < 0 \end{array} \right.$ Voir figure

→ Réfrigérateur thermique



R ⇒ $W > 0$ et $\left| \begin{array}{l} Q_2 > 0 \\ Q_1 < 0 \end{array} \right.$ Voir figure

(c'est supposée indépendante de la temp... et la chaleur ...
x.

b-/ b°/ → voir figure (1P)

4°/ $e_{frigo} = \frac{Q_2}{W}$

a°/ on a $W + Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow W = -(Q_1 + Q_2)$

$\Rightarrow e_{frigo} = -\frac{Q_2}{Q_1 + Q_2}$ (1,5P)

b°/ $e_{frigo} = -\frac{Q_2}{Q_1 + Q_2} = -\frac{1}{1 + \frac{Q_1}{Q_2}}$

Second principe : $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0 \Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = -\frac{T_1}{T_2}$

$\Rightarrow \boxed{e_{frigo} = -\frac{1}{1 - \frac{T_1}{T_2}} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}}$ (0,5P)

REVERSIBLE

c°/ Temperature interieur $= T_2 = cte$

$e_{frigo} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$ En été $T_1 \nearrow$

$\Rightarrow T_1 - T_2 \nearrow \Rightarrow e_{frigo} \searrow$

L'efficacité du réfrigérateur diminue
⇒ il est plus coûteux en énergie de faire fonctionner le réfrigérateur. (0,5)

$T_2 = 5°C = 278,15K$; $T_1 = 20°C = 293,15°K$

$$\boxed{e_{frigo} = \frac{278,15}{15} = 18,54}$$ (0,5)

5°/

$$e_{frigo} = -\frac{1}{1+\frac{Q_1}{Q_2}} \quad \text{et} \quad \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} < 0$$

$$\Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} < -\frac{T_1}{T_2} \Rightarrow 1+\frac{Q_1}{Q_2} < 1-\frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \underbrace{\frac{-1}{1+\frac{Q_1}{Q_2}}}_{e_{frigo}} < \frac{-1}{1-\frac{T_1}{T_2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{e_{frigo} < \frac{T_2}{T_1-T_2}}$$ (1P)

Pour Q_1 donnée, l'efficacité maximale

est : $e_{max} = \frac{Q_2}{W_{min}} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$

$$\boxed{W_{min} = \frac{Q_2 (T_1 - T_2)}{T_2}}$$

1P

مكتبة الشعاعدية

Exercice 2

1°/ Les états finaux envisageables :

→ glace + eau liquide en équilibre à 0°c (1)

→ eau liquide à $0 < t_f < 57°c$ (1)

2°/ si $0 < t_f < 57°c$

$$m_1 L_F + m_1 c_e (t_f - t_0) + m_2 c_e (t_f - t_2) = 0 \quad (1)$$

$$\Rightarrow m_1 L_F + m_1 c_e t_f + m_2 c_e t_f - m_2 c_e t_2 = 0$$

$$m_1 L_F - m_2 c_e t_2 = - t_f c_e (m_1 + m_2)$$

$$\Rightarrow t_f = \frac{m_2 c_e t_2 - m_1 L_F}{c_e (m_1 + m_2)} =$$

on a : $m_2 = m_1$

$$\Rightarrow t_f = \frac{c_e t_2 - L_F}{2 c_e}$$

$$\Rightarrow t_f = \frac{4180 \times 57 - 333.10^3}{2 \times 4180} = -11,3\ °C$$

$t_f < 0$ ne convient pas avec l'hypothèse que l'état final est de l'eau à $t_f > 0$

$\Rightarrow$ L'état final est de l'eau glace en équilibre avec de l'eau liquide à $0\ °C$

1P

3°/ $x L_F + m_2 c_e (\theta - t_2) = 0$ 1P

$$x L_F = m_2 c_e t_2 \Rightarrow x = \frac{m_2 c_e t_2}{L_F}$$

A.N $x = \frac{0,1 \times 4180 \times 57}{333.10^3} = 71,55.10^{-3}\ Kg$

$$\boxed{x = 0,07155\ Kg}$$ 1P

(c est supposé

Exe

Soi

où

1°)

que

2°)

3°)

U=

C2

4°) $\Delta S = \Delta S_{eau} + \Delta S_{glace}$

ΔS_{eau} ?

m_2 eau, $t_i = 57°C$ ⟶ m_1 eau, $t_0 = 0°C$

$$dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{m_2 C_e \, dT}{T}$$

$$\Rightarrow \Delta S_{eau} = m_2 C_e \int_{T_2}^{T_0} \frac{dT}{T} \quad \text{avec} \quad T_2 = 330K, \; T_0 = 273K$$

$$\Delta S_{eau} = m_1 C_e \ln \frac{T_0}{T_2} = -m_2 C_e \ln\left(\frac{T_2}{T_0}\right)$$

$$\Delta S_{eau} = -0{,}1 \times 4180 \ln\left(\frac{330}{273}\right)$$

1P

$$\Delta S_{eau} = -79{,}26 \text{ Joule/°K}$$

$$\Delta S_{glace} = \frac{m L_f}{T_0} = \frac{0{,}07155 \times 333.10^3}{273}$$

1P

$$\Delta S_{glace} = 87{,}28 \text{ Joule/°K}$$

$$\Delta S = \Delta S_{eau} + \Delta S_{glace} = 8{,}02 \text{ Joule/°K}$$

$\Delta S > 0$ (T. irreversible)

1P

30