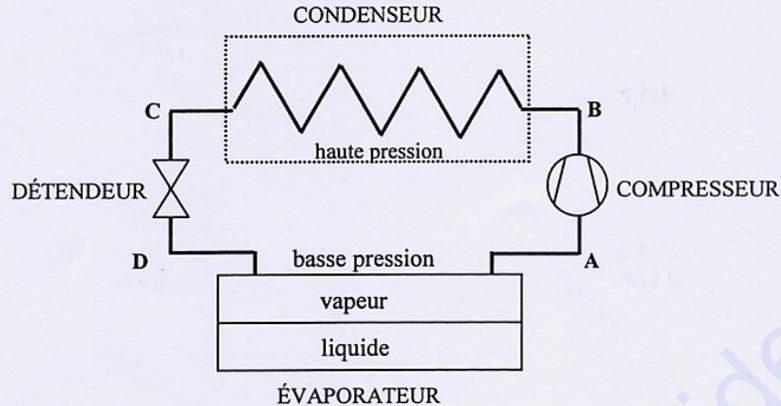


A – THERMODYNAMIQUE (8 POINTS)

Principe d'une machine frigorifique

On réalise une machine frigorifique réversible dont le schéma simplifié est donné ci-dessous :



Le fluide frigorigène subit les transformations réversibles suivantes :

- en A, la vapeur saturée, est à la température $T_1 = 243 \text{ K}$ et à la pression $p_1 = 1,51 \text{ bars}$. Elle est comprimée adiabatiquement jusqu'à la pression $p_2 = 5,67 \text{ bars}$ (trajet A-B sur le schéma **ci-dessus**). On note T_2 la température du fluide en B.
- La vapeur sèche subit une transformation isobare dans le condenseur jusqu'à liquéfaction totale (trajet B-C).
- En C, le fluide est à l'état de liquide saturé à la température $T_3 = 293 \text{ K}$. Il est détendu de manière isenthalpique jusqu'à la pression p_1 (trajet C-D).
- Enfin, le fluide entre dans l'évaporateur où le liquide restant se transforme en vapeur saturée à la température $T_1 = 243 \text{ K}$ (trajet D-A).

Données

Le fluide dans son état gazeux se comporte comme un gaz parfait.

Rapport des chaleurs massiques $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,2$.

Capacité thermique massique à pression constante du gaz : $c_p = 480 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Point	A	B	C	D
$T \text{ (K)}$	$T_1 = 243 \text{ K}$	T_2	$T_3 = 293 \text{ K}$	$T_1 = 243 \text{ K}$
$p \text{ (bar)}$	1,51	5,67	5,67	1,51
$h \text{ (kJ.kg}^{-1}\text{)}$	338	h_B	219	h_D

- 1) Sur la **figure 1** du document annexe (page 6/6, à rendre avec la copie), choisir les couples de grandeurs (p, v) ; (p, h) et (T, s) adaptés à chaque graphe et placer les grandeurs sur les axes correspondants.

Placer les points A, B, C et D sur chacun des trois graphes.

- 2) La pression de la vapeur sèche à la sortie du compresseur est $p_2 = 5,67$ bars.
Montrer que la température T_2 du fluide en fin de compression est égale à 303 K.
- 3) En utilisant le premier principe de la thermodynamique, établir l'expression du travail massique fourni par le compresseur au fluide (travail de transvasement) en fonction de c_p , des températures T_1 et T_2 puis faire l'application numérique.
- 4) En déduire la valeur de l'enthalpie massique du fluide au point B.
- 5) Exprimer littéralement la quantité de chaleur massique cédée par le fluide, entre les points B et C, en fonction de c_p , T_2 , T_3 et L (chaleur latente de liquéfaction à la température T_3).
Faire l'application numérique en prenant $L = -143$ kJ.kg⁻¹.
- 6) On donne l'enthalpie massique du liquide saturé à la pression $p_1 = 1,51$ bars et à la température $T_1 = 243$ K : $h_{liq} = 173$ kJ.kg⁻¹.
 - a) Déterminer l'enthalpie massique du fluide au point D.
 - b) Déterminer le titre vapeur x_v en ce point.
- 7) Exprimer l'efficacité de ce système réfrigérant en fonction des enthalpies massiques h_A , h_B et h_D .
Faire l'application numérique.

B – CHIMIE (5 POINTS)

Corrosion d'une cuve en acier

On recueille les eaux de ruissellement dans une cuve en acier (alliage de fer).
Elle contient un volume d'eau : $V_{\text{eau}} = 10$ m³.

Donnée

Constante d'autoprotolyse de l'eau $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HO}^-] = 10^{-14}$ à 25 °C.

- 1) L'eau de la cuve a un pH de 5,2.
Calculer la concentration molaire en ions H_3O^+ et HO^- .
- 2) Calculer la quantité de matière d'ions H_3O^+ présents dans l'eau.
- 3) On souhaite neutraliser l'eau de la cuve en ajoutant de la soude.
 - a) Quelle est la valeur du pH de l'eau après neutralisation ?
 - b) Écrire l'équation de la réaction de neutralisation entre les ions H_3O^+ et HO^- .
- 4) La cuve est à l'air libre et se corrode.
Citer un agent responsable de la corrosion du fer.

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS		Session 2009
Sciences physiques – U. 22	FEE2SC	Page : 3/6

- 5) Écrire la demi-équation électronique du couple $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$.
- 6) L'eau de la cuve contient du dioxygène dissous.
La demi-équation électronique du couple $\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{liq})$ s'écrit :

$$\text{O}_2(\text{aq}) + 4 \text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2 \text{H}_2\text{O}(\text{liq})$$
Donner l'équation chimique de la réaction entre le dioxygène dissous dans l'eau et le fer.
- 7) Citer une méthode de protection de la cuve contre la corrosion.

C – ÉLECTRICITÉ (7 POINTS)

Un capteur de température

Le capteur de température est constitué par une résistance R_θ alimentée par un générateur de courant (principe **figure 2a**, montage à étudier **figure 2b**, page 6/6).

Pour des températures θ comprises entre -50 °C et $+100\text{ °C}$, la résistance du capteur est donnée par la relation $R_\theta = R_0(1 + \alpha.\theta)$ avec $R_0 = 100\ \Omega$ et $\alpha = 4,0 \times 10^{-3}\text{ °C}^{-1}$.

Dans tout le problème, les amplificateurs opérationnels sont parfaits, ils fonctionnent en régime linéaire ; ainsi : $V_{E^+} = V_{E^-} = V_\theta$; $i^- = i^+ = 0$; $V_{\text{SAT}^+} = +15\text{ V}$ et $V_{\text{SAT}^-} = -15\text{ V}$.

1^{ère} partie : étude du générateur de courant

Le capteur est traversé par un courant d'intensité I constante, produit par un générateur de courant. Le montage est représenté sur la **figure 2b** du document annexe page 6/6.

On donne $R_1 = 1,0\text{ k}\Omega$, $R_2 = 10,0\text{ k}\Omega$ et $V = 1,0\text{ V}$. Les deux résistances R_2 sont traversées par des courants ayant la même intensité (représentée par I_1 sur le schéma).

- 1) Exprimer I_1 en fonction de V , V_{E^-} et R_1 .
- 2) Exprimer I_2 en fonction de V_{E^+} et R_1 .
- 3) En déduire que l'intensité I du courant dans la sonde a pour expression : $I = -\frac{V}{R_1}$.
Calculer sa valeur numérique.
- 4) Quel est l'intérêt de maintenir l'intensité I constante dans la résistance R_θ ?
- 5) Montrer que la tension V_θ aux bornes du capteur peut s'écrire : $V_\theta = -0,10 - 4,0 \times 10^{-4} \theta$.
En déduire les valeurs de V_θ pour $\theta = 0\text{ °C}$ et pour $\theta = 100\text{ °C}$.

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS		Session 2009
Sciences physiques – U. 22	FEE2SC	Page : 4/6

2^{ème} partie : obtention d'une tension proportionnelle à la température

Le montage est représenté sur la **figure 3** du document annexe page 6/6.

On veut obtenir une tension V_{mesure} proportionnelle à la température θ ; soit $V_{\text{mesure}} = K \cdot \theta$.

On donne : $R_3 = 1,0 \text{ k}\Omega$ et V_d est une tension continue ajustable.

On rappelle que $V_\theta = -0,10 - 4,0 \times 10^{-4} \theta$.

La tension de sortie du montage représenté sur la **figure 3** a pour expression $V_{\text{mesure}} = -\frac{R_4}{R_3} (V_d + V_\theta)$.

- 1) On fixe $V_d = 0,10 \text{ V}$.
Montrer que $V_{\text{mesure}} = K \cdot \theta$ et donner l'expression de K en fonction de la résistance R_4 .
- 2) Quelle valeur doit avoir R_4 pour obtenir une tension de sortie $V_{\text{mesure}} = 10 \text{ V}$ à la température $\theta = 100 \text{ }^\circ\text{C}$?