



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

**Campagne 2009**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

# BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS

## SCIENCES PHYSIQUES – U. 22

SESSION 2009

—  
**Durée : 2 heures**  
**Coefficient : 2**  
—

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

**Document à rendre avec la copie :**

- Document annexe.....page 6/6

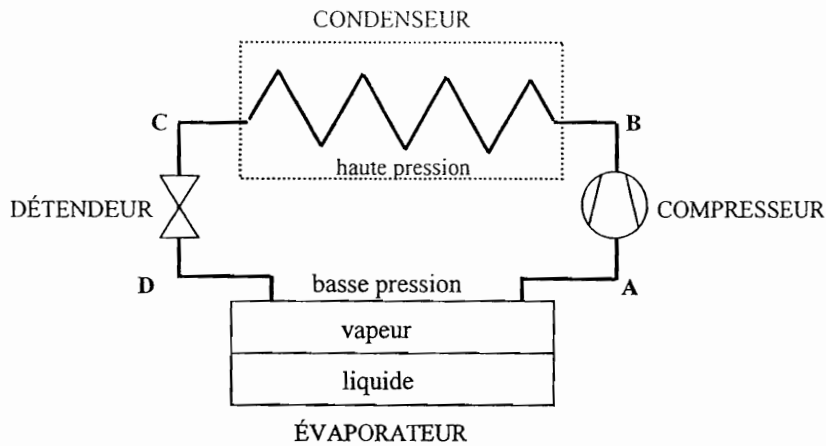
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet comporte 6 pages, numérotées de 1/6 à 6/6.

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS		Session 2009
Sciences physiques – U. 22	FEE2SC	Page : 1/6

## 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  $L = -143 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .
- 6) On donne l'enthalpie massique du liquide saturé à la pression  $p_1 = 1,51$  bars et à la température  $T_1 = 243 \text{ K}$  :  $h_{\text{liq}} = 173 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .
  - 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 :  $V_{\text{eau}} = 10 \text{ m}^3$ .

#### Donnée

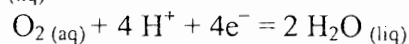
Constante d'autoprotolyse de l'eau  $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HO}^-] = 10^{-14}$  à 25 °C.

- 1) L'eau de la cuve a un pH de 5,2.  
Calculer la concentration molaire en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  et  $\text{HO}^-$ .
- 2) Calculer la quantité de matière d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  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  $\text{H}_3\text{O}^+$  et  $\text{HO}^-$ .
- 4) La cuve est à l'air libre et se corrode.  
Citer un agent responsable de la corrosion du fer.

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 :



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  $R_\theta$  alimentée par un générateur de courant (principe **figure 2a**, montage à étudier **figure 2b**, page 6/6).

Pour des températures  $\theta$  comprises entre  $-50\text{ °C}$  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<sup>ère</sup> 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  $R_\theta$  ?

5) Montrer que la tension  $V_\theta$  aux bornes du capteur peut s'écrire :  $V_\theta = -0,10 - 4,0 \times 10^{-4} \theta$ .  
En déduire les valeurs de  $V_\theta$  pour  $\theta = 0\text{ °C}$  et pour  $\theta = 100\text{ °C}$ .

## 2<sup>ème</sup> 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  $V_{\text{mesure}}$  proportionnelle à la température  $\theta$  ; 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  $V_{\text{mesure}} = -\frac{R_4}{R_3} (V_d + V_\theta)$ .

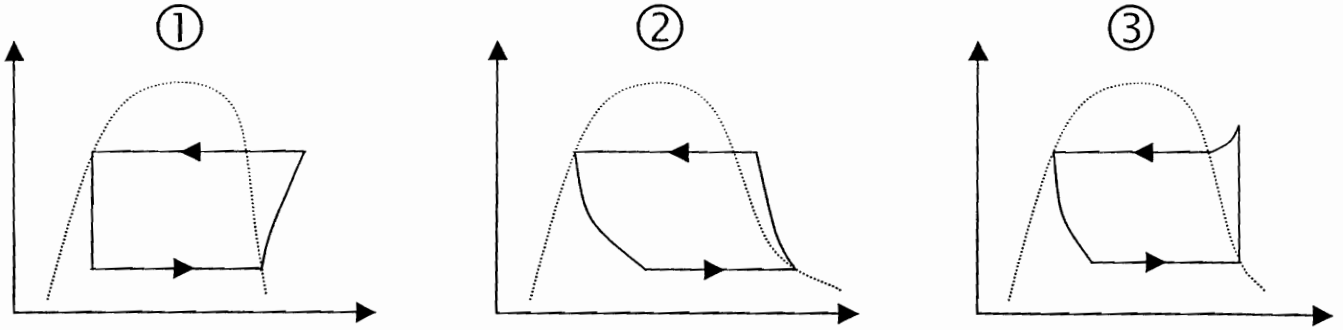
1) On fixe  $V_d = 0,10 \text{ V}$ .

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  $\theta = 100 \text{ }^\circ\text{C}$  ?

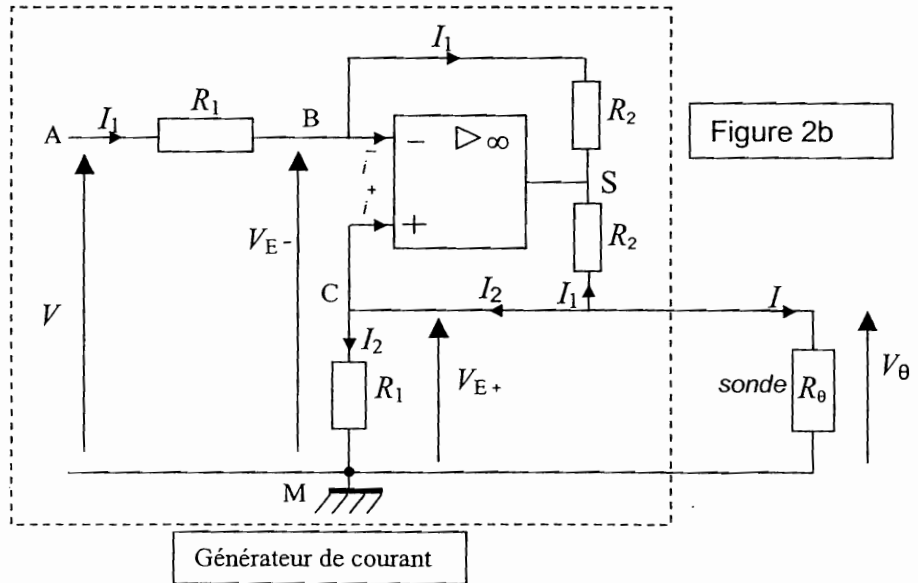
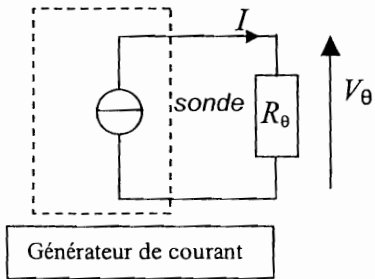
**DOCUMENT ANNEXE**  
 (à rendre avec la copie)

**Figure 1**



**Figure 2**

**Figure 2a**



**Figure 3**

