

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS

SCIENCES PHYSIQUES – U. 22

SESSION 2013

—————
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).

Tout autre matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 4 pages, numérotées de 1/4 à 4/4.

BTS FLUIDES ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENTS		Session 2013
Sciences physiques – U. 22	Code : FEE2SC	Page : 1/4

I – POMPE À CHALEUR AIR-AIR (8 pts)

Les questions sont indépendantes.

On étudie une pompe à chaleur air-air. Le but de l'exercice est de déterminer son efficacité à chauffer un local. Cette machine thermique fonctionne avec une source froide (extérieur du local) dont la température est $\theta_A = -8\text{ }^\circ\text{C}$. La source chaude est constituée par l'intérieur du local dont la température est $\theta_B = +20\text{ }^\circ\text{C}$.

Dans cette machine, une quantité de matière d'air, n , décrit le cycle suivant.

A \rightarrow B : compression adiabatique réversible ; la température évolue de θ_A à θ_B .

B \rightarrow C : compression isotherme.

C \rightarrow D : détente adiabatique réversible.

D \rightarrow A : détente isotherme.

Chaque état du système est caractérisé par sa pression P , son volume V et sa température T (en kelvin).

Dans toute cette étude, l'air est considéré comme un gaz parfait.

Données

Au point A :

- température : $T_A = 265\text{ K}$;
- pression : $P_A = 1,50 \times 10^5\text{ Pa}$;
- volume : $V_A = 0,800\text{ m}^3$.

Au point B :

- température : $T_B = 293\text{ K}$.

Au point C :

- pression : $P_C = 3,50 \times 10^5\text{ Pa}$;
- capacité thermique molaire à volume constant : $C_V = 20,8\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
- constante des gaz parfaits $R = 8,31\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
- coefficient adiabatique $\gamma = 1,40$;
- relation de Laplace pour une transformation adiabatique et réversible : $TV^{\gamma-1} = \text{constante}$.

1. Montrer que la quantité de matière d'air est égale à $n = 54,5\text{ mol}$.
2. Montrer que le volume d'air dans l'état B est $V_B = 0,62\text{ m}^3$.
3. On donne la pression de l'air dans l'état B, $P_B = 2,13 \times 10^5\text{ Pa}$. Calculer le volume d'air dans l'état C, V_C .
4. Tracer l'allure du diagramme de Clapeyron (P , V) de ce cycle, en indiquant les états A, B, C et D ainsi que le sens de parcours du cycle.
5.
 - a) Donner la valeur de la quantité de chaleur reçue par l'air lors de l'évolution A \rightarrow B, Q_{AB} .
 - b) Justifier que le travail reçu par l'air lors de l'évolution A \rightarrow B est donné par la relation $W_{AB} = nC_V(T_B - T_A)$.
 - c) Calculer la valeur de W_{AB} .

6.

a) Montrer que le travail reçu par l'air lors de l'évolution B → C s'exprime par la relation :

$$W_{BC} = -nRT_B \ln \frac{V_C}{V_B}.$$

b) Calculer la valeur du travail W_{BC} .

c) En déduire, à l'aide du premier principe de la thermodynamique, la quantité de chaleur échangée par l'air avec le milieu extérieur lors de l'évolution B → C, Q_{BC} . Que signifie le signe de Q_{BC} ?

7. On note Q_{DA} la quantité de chaleur échangée par l'air avec le milieu extérieur lors de l'évolution D → A :

a) Exprimer l'efficacité e de cette machine en fonction de Q_{BC} et W_{cycle} , travail reçu par l'air au cours du cycle.

b) En utilisant le premier principe de la thermodynamique, exprimer l'efficacité e de cette machine en fonction de Q_{BC} et Q_{DA} .

c) On montre que l'efficacité peut s'écrire : $e = \frac{T_B}{T_B - T_A}$. Faire l'application numérique à partir de cette expression.

d) Que signifie la valeur numérique trouvée ?

II – DOSAGE D'UNE SOLUTION AQUEUSE D'HYDROXYDE DE SODIUM (4 pts)

Dans une entreprise de traitement de l'eau, un bidon ancien est retrouvé. D'après l'étiquette, il contient une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$) de pH = 9,7.

Le technicien désire vérifier la valeur du pH indiquée sur l'étiquette ; pour cela il dose 200,0 mL de cette solution par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_a = 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume d'acide versé à l'équivalence vaut $V_E = 15,8 \text{ mL}$.

Les questions sont indépendantes.

Donnée : produit ionique de l'eau : $K_e = [HO^-] \times [H_3O^+] = 1,0 \times 10^{-14}$.

1. Cette solution est-elle acide ou basique ? Justifier.

2. En supposant son pH égal à 9,7, comme indiqué sur l'étiquette, calculer les concentrations molaires en ions oxonium, H_3O^+ et en ions hydroxyde, HO^- attendues pour cette solution.

3.

a) Écrire l'équation de la réaction de dosage.

b) Déterminer la concentration, C_b , de la solution d'hydroxyde de sodium contenue dans le bidon.

c) En déduire la valeur du pH. L'indication portée sur l'étiquette est-elle toujours correcte ?

4. Pour utiliser cette solution, qui malgré tout reste trop concentrée, le technicien la dilue dans une grande quantité d'eau :

a) Comment évolue le pH ?

b) Vers quelle limite tend-il ?

BTS FLUIDES ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENTS		Session 2013
Sciences physiques – U. 22	Code : FEE2SC	Page : 3/4

III – INSTALLATION ÉLECTRIQUE D'UN ATELIER (8 pts)

L'étude porte sur l'installation électrique d'un atelier.

A. Étude du réseau de l'installation

Le réseau triphasé 230 V / 400 V ; 50 Hz alimente cet atelier dont l'installation comprend :

- 9 lampes à incandescence identiques et purement résistives dont les caractéristiques sont : 100 W - 230 V ;

- 1 moteur asynchrone triphasé M_1 de caractéristiques :

puissance utile $P_u = 7,5 \text{ kW}$; rendement $\eta = 0,80$; facteur de puissance $\cos \varphi_1 = 0,68$;

- 1 moteur asynchrone triphasé M_2 de caractéristiques :

puissance électrique active absorbée $P_{M_2} = 3,0 \text{ kW}$; facteur de puissance $\cos \varphi_2 = 0,75$.

Tous ces appareils sont répartis sur les différentes phases de manière à ce que le système soit équilibré.

1. Indiquer, en justifiant, comment coupler une lampe sur ce réseau.

2. Recopier et compléter le tableau suivant :

	9 lampes	Moteur M_1	Moteur M_2	Installation
Puissance active				$P_T = 13,3 \text{ kW}$
Puissance réactive				$Q_T = 12,8 \text{ kVAr}$

3.

a) Vérifier que la puissance apparente S_T de l'installation vaut 18,4 kVA.

b) Calculer la valeur efficace de l'intensité I du courant en ligne.

c) Calculer le facteur de puissance de l'installation.

d) Quel est l'intérêt d'avoir un facteur de puissance élevé ? Proposer une solution pour améliorer le facteur de puissance.

B. Étude du moteur asynchrone M_1

La plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé M_1 de l'installation est donnée ci-dessous :

230 V / 400 V $\cos \varphi_1 = 0,68$ $P_u = 7,5 \text{ kW}$ 1440 tr.min ⁻¹ 50 Hz Rendement 80 %
--

Ce moteur est alimenté par le réseau triphasé 230 V / 400 V ; 50 Hz.

1. Préciser la fréquence de synchronisme n_s du moteur et le nombre de paires de pôles p . Calculer le glissement g .

2. Exprimer littéralement, puis calculer le moment du couple utile T_u en fonctionnement nominal.