



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été numérisé par le Canopé de l'académie de Bordeaux  
pour la Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

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

# BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS

## SCIENCES PHYSIQUES – U. 22

SESSION 2014

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 (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999).

**Tout autre matériel est interdit.**

**Document à rendre avec la copie :**

- document-réponse.....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	Code : FEE2SC	Session 2014
Sciences physiques – U. 22		Page : 1/6

Ce sujet porte sur l'utilisation de l'eau dans le domaine énergétique.

Les trois parties sont indépendantes et les questions au sein de chaque exercice sont aussi largement indépendantes.

## I – Apport calorifique des eaux usées (8,5 points)

En moyenne, la température des eaux usées (provenant des douches, du lave-vaisselle, du lave-linge...) avoisine les 30°C. À l'aide d'une pompe à chaleur (pac), il est possible de récupérer l'énergie thermique de ces eaux usées pour alimenter la production d'eau chaude sanitaire.

L'étude porte sur le cas d'un restaurant d'entreprise équipé d'une « pac eau/eau », fonctionnant avec le fluide R134a, qui fournit une puissance de 50 kW au réseau d'eau chaude sanitaire.

Le R134a est un HFC de formule brute  $C_2H_2F_4$  et de masse molaire  $M = 102 \text{ g.mol}^{-1}$ .

On admet, pour l'exercice, qu'il se comporte, à l'état gazeux, comme un gaz parfait de coefficient adiabatique  $\gamma = c_p / c_v = 1,14$  (où  $c_p$  et  $c_v$  sont les capacités calorifiques massiques de l'air à pression constante et à volume constant). On donne la constante molaire  $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$ .

### A. Étude du fluide

1. On admet la relation  $r = R / M$  où  $r$  est la constante massique du gaz parfait.

Calculer la valeur de  $r$  en  $\text{J.kg}^{-1}.K^{-1}$  pour le R134a.

2. À l'aide de la relation de Mayer,  $r = c_p - c_v$ , et de la définition du coefficient de l'adiabatique  $\gamma = c_p / c_v$ , vérifier que la capacité thermique massique à pression constante,  $c_p$ , du R134a vaut environ  $c_p = 660 \text{ J.kg}^{-1}.K^{-1}$ .

### B. Étude énergétique

On simplifie l'étude du fonctionnement de la pompe à chaleur en proposant le cycle théorique suivant pour le R134a :

- de A à B : compression adiabatique réversible ;
- de B à C : transformation isobare dans le condenseur jusqu'à liquéfaction totale ;
- de C à D : détente isenthalpique ;
- de D à A : passage dans l'évaporateur où le liquide restant se transforme en vapeur saturée.

#### Données :

- en A : le fluide est à l'état de **vapeur saturée** à une pression  $p_A = 4,0 \text{ bar}$  et une enthalpie massique  $h_A = 401 \text{ kJ.kg}^{-1}$  ;
- en B : le fluide est à l'état de **vapeur** avec  $p_B = 13,2 \text{ bar}$ ,  $\theta_B = 53^\circ\text{C}$  et  $h_B = 430 \text{ kJ.kg}^{-1}$  ;
- en C : le fluide est à l'état de **liquide saturé** avec  $\theta_C = 50^\circ\text{C}$  et  $h_C = 271 \text{ kJ.kg}^{-1}$  ;
- en D : le fluide est dans un état **diphase liquide et vapeur** avec  $p_D = 4,0 \text{ bar}$ .

1. Tracer, sur le diagramme enthalpique (**document-réponse page 6/6, à rendre avec la copie**) le cycle suivi par le R134a, en précisant les quatre points A, B, C et D correspondant et en précisant le sens de parcours.

<b>BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS</b>		<b>Session 2014</b>
<b>Sciences physiques – U. 22</b>	<b>Code : FEE2SC</b>	<b>Page : 2/6</b>

2. À l'aide du tracé, estimer le titre massique en vapeur au point D.

3. On rappelle que, pour une compression adiabatique réversible, on peut utiliser la relation  $T^\gamma \cdot p^{1-\gamma} = \text{constante}$ .

À l'aide de cette relation, montrer que la température  $T_A$  du fluide à l'entrée du compresseur est égale à environ 282 K.

4.

a) Rappeler l'énoncé du premier principe de la thermodynamique appliqué à la variation d'enthalpie massique  $\Delta h$ .

b) En déduire l'expression du travail de transvasement  $w_{\text{TrAB}}$  reçu par un kilogramme de fluide lors de la compression adiabatique AB en fonction de  $c_p$ ,  $T_A$  et  $T_B$ .

c) Calculer  $w_{\text{TrAB}}$ .

d) Retrouver le résultat à l'aide des enthalpies  $h_A$  et  $h_B$ .

5. On donne le débit massique du R134a dans la pompe à chaleur,  $D_m = 0,32 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ .

En déduire la puissance  $P_{\text{comp}}$  que doit fournir le compresseur au fluide lors de la compression AB.

6.

a) En utilisant les valeurs numériques des enthalpies données dans l'énoncé, calculer l'énergie thermique  $q_{\text{BC}}$  reçue par un kilogramme de fluide dans le condenseur, entre les points B et C et justifier le signe de  $q_{\text{BC}}$ .

b) Vérifier que la puissance thermique,  $P_{\text{cond}}$ , fournie par la pompe à chaleur au niveau du condenseur est de l'ordre de 50 kW.

7. La pompe à chaleur étant utilisée pour alimenter en énergie le réseau d'eau chaude sanitaire, calculer le coefficient de performance théorique de l'installation, le COP, sachant que  $\text{COP} = P_{\text{cond}} / P_{\text{comp}}$ .

## II – Pompage de l'eau (6,5 points)

Afin d'amener l'eau à l'unité de traitement, le circuit est équipé d'une pompe permettant de faire varier le débit. La première partie de l'exercice porte sur les modèles de pompes utilisables et la seconde sur le bilan de puissance de la pompe choisie.

### A. Types de pompes

Compte-tenu du débit et des pressions envisagées, trois modèles de pompes peuvent être utilisés. On donne leurs caractéristiques nominales dans le tableau suivant :

	Type de moteur utilisé	Tension d'alimentation	Puissance consommée	Facteur de puissance
<b>Pompe n°1</b>	Moteur à courant continu	Continu 24 V	1,0 kW	
<b>Pompe n°2</b>	Moteur asynchrone monophasé	Monophasé 50 Hz ; 230 V	1,0 kW	$\cos\varphi = 0,7$
<b>Pompe n°3</b>	Moteur asynchrone triphasé	Triphasé 50 Hz 230 V / 400 V	1,0 kW	$\cos\varphi = 0,7$

1. Pour chaque modèle de pompe, calculer l'intensité  $I$  du courant en ligne absorbé en régime nominal.
2. L'installation devant pouvoir fonctionner à partir d'une batterie d'accumulateurs, quelle pompe choisit-on ?

### B. Bilan de puissance

On étudie le fonctionnement du moteur de la pompe n°1. Le moteur est un modèle à courant continu à excitation indépendante fournie par des aimants permanents. On donne pour le fonctionnement envisagé :

- intensité du courant dans l'induit :  $I = 40 \text{ A}$  ;
- résistance  $R$  de l'induit :  $R = 0,1 \Omega$  ;
- fréquence de rotation :  $n = 1500 \text{ tr.min}^{-1}$  ;
- puissance mécanique fournie :  $P_u = 700 \text{ W}$  ;
- l'ensemble des pertes autres que par effet Joule au niveau de l'induit :  $P_c = 100 \text{ W}$ .

1. Calculer le moment  $T_u$  du couple utile du moteur.
2. Donner le schéma électrique équivalent de l'induit du moteur. Indiquer la flèche tension  $U$  aux bornes de l'induit et le sens du courant d'intensité  $I$ .

3. Calculer la puissance  $P_j$  perdue par effet Joule.

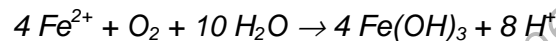
En déduire la puissance totale perdue au niveau de l'induit du moteur.

4. Calculer la puissance électrique absorbée et en déduire le rendement du moteur pour le fonctionnement envisagé.

### III – Déferrisation de l'eau (5 points)

Le fer est un oligo-élément indispensable à notre organisme, mais dont la présence dans l'eau peut avoir des conséquences organoleptiques (couleur, saveur, odeur...) et peut, sous certaines conditions, engendrer des problèmes au niveau de l'exploitation des réseaux. Pour les eaux destinées à la consommation humaine, la limite en fer total est fixée par l'arrêté du 11 janvier 2007 à  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Dans la majorité des eaux naturelles, le fer se présente sous forme dissoute en ions  $\text{Fe}^{2+}$  que l'on peut éliminer par oxydation avec le dioxygène de l'air (aération), puis précipitation selon l'équation globale suivante :



Le précipité  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  obtenu est ensuite séparé de l'eau par décantation ou filtration.

#### Données :

- masses molaires atomiques en  $\text{g.mol}^{-1}$  : H : 1,0 ; O : 16,0 ; Fe : 55,8 ;

- volume molaire du dioxygène dans les conditions de l'aération :  $V_m = 25 \text{ L.mol}^{-1}$ .

#### 1. Étude de la première étape du processus

La première étape du processus chimique décrit dans l'énoncé consiste à une oxydation.

a) Rappeler la définition d'une oxydation.

b) Donner la demi-équation électronique correspondant à l'oxydation des ions  $\text{Fe}^{2+}$  en ions  $\text{Fe}^{3+}$ .

#### 2. Étude de la réaction globale

On souhaite éliminer, par la technique décrite, une masse  $m = 1,0 \text{ g}$  d'ions  $\text{Fe}^{2+}$ .

a) À partir de l'équation de réaction donnée dans l'énoncé, montrer que la quantité de matière de dioxygène nécessaire pour éliminer les ions  $\text{Fe}^{2+}$  est  $n_{\text{O}_2} = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

b) En déduire la masse de dioxygène nécessaire  $m_{\text{O}_2}$ .

c) En déduire les volumes de dioxygène et d'air consommés (**rappel** : l'air est constitué en volume de 21 % de dioxygène).

Afin de traiter une eau présentant une concentration de  $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$  en  $\text{Fe}^{2+}$ , on utilise une unité de traitement ayant un débit d'eau de  $3,0 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ .

d) Montrer que la masse de précipité  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  formé par heure est environ  $m_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = 12 \text{ g}$ .

# DOCUMENT-RÉPONSE (À RENDRE AVEC LA COPIE)

