



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

**Campagne 2012**

# BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS

## SCIENCES PHYSIQUES – U. 22

SESSION 2012

—  
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 :**

- Annexe A.....page 5/5

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet comporte 5 pages, numérotées de 1/5 à 5/5.

BTS FLUIDES ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENTS	Session 2012
Sciences physiques – U. 22	Code : FEE2SC Page : 1/5

Au sein de chaque exercice, les questions sont largement indépendantes

## Refroidissement d'une saumure (8 points)

Afin de refroidir une saumure on utilise une machine frigorifique dont le fluide est l'ammoniac R717.

L'allure du cycle thermodynamique dans le diagramme  $(\log(P), h)$ , subi par un kilogramme d'ammoniac est représentée **figure 1 sur l'annexe A (page 5/5, à rendre avec la copie)**.

$P$  est la pression absolue et  $h$  l'enthalpie massique du fluide.

La transformation AB est réversible.

### **Description du cycle :**

Au point A, à la sortie de l'évaporateur, la vapeur saturante est sèche.

Le fluide subit :

- une compression isentropique AB (représentée par un segment de droite pour simplifier sur le cycle) ;
- un refroidissement isobare de la vapeur BC ;
- une condensation complète CD ;
- une détente isenthalpique DE ;
- une vaporisation EA de la phase liquide présente au point E.

**Rappel :** sous la courbe de saturation, isotherme et isobare sont confondus.

Le tableau **figure 2 de l'annexe A (page 5/5, à rendre avec la copie)** est partiellement rempli.

1. Au regard du cycle **figure 1 – annexe A**, de sa description et du rappel ci-dessus, compléter, sans justifier, les dix cases manquantes du tableau **figure 2 de l'annexe A**.

L'état du fluide pour la dernière ligne du tableau sera noté :

$L$  pour l'état liquide,  $v$  pour l'état vapeur,  $L + v$  pour un état diphasé liquide et vapeur.

2. En utilisant les valeurs numériques indiquées dans le **tableau figure 2**, montrer que la température au point B vaut  $T_B = 350$  K.

### **Données :**

- l'ammoniac est considéré dans cette question comme un gaz parfait ;
- pour une telle transformation, on pourra utiliser la relation  $T^\gamma \cdot P^{1-\gamma} = \text{constante}$  avec  $\gamma = 1,3$ ,  $\gamma$  étant le coefficient isentropique de l'ammoniac.

3. Vérifier par le calcul que la valeur numérique du travail de transvasement reçu par un kilogramme de fluide lors de la compression isentropique AB vaut  $W_{tr} = 191$  kJ.kg<sup>-1</sup>.

4.

a) En s'aidant du tableau **figure 2 de l'annexe A**, montrer que la quantité de chaleur reçue par un kilogramme d'ammoniac dans l'évaporateur vaut  $Q_{EA} = 1134$  kJ.kg<sup>-1</sup>.

b) La quantité de chaleur reçue par l'ammoniac doit être de  $90,0 \times 10^3$  kJ par heure pendant la phase d'évaporation, EA.

En déduire le débit massique  $D_m$  (en kg.h<sup>-1</sup>) d'ammoniac nécessaire pour assurer le refroidissement de la saumure, pendant cette phase (EA).

c) Calculer la puissance théorique absorbée  $P_{co}$  par le compresseur.

d) Définir le coefficient de performance (COP) de cette machine et montrer qu'il vaut environ  $\eta = 5,9$ .

5. Les caractéristiques du point F situé sur la courbe de saturation du diagramme **figure 1** sont :

$$P_F = 2,9 \text{ bar} ; \quad T_F = 263 \text{ K} \quad ; \quad h_F = 455 \text{ kJ.kg}^{-1}.$$

**Rappel** : Le titre  $x$  en vapeur d'un mélange liquide-vapeur d'un fluide est le pourcentage en masse de vapeur contenue dans un kilogramme de mélange (par exemple si  $x = 0,6$  alors 1,0 kg de fluide contient 0,6 kg de fluide à l'état vapeur et 0,4 kg de fluide à l'état liquide).

- Quel est l'état physique du fluide au point F ? Quel est le titre de la vapeur,  $x_F$  ?
- Quel est l'état physique du fluide au point A ? Quel est le titre de la vapeur,  $x_A$  ?
- On considère la vaporisation fictive FA. Calculer en  $\text{kJ.kg}^{-1}$  la valeur de la chaleur latente de vaporisation  $L_v$  de l'ammoniac à  $T = 263 \text{ K}$  et  $P = 2,9 \text{ bar}$ .
- On considère à  $263 \text{ K}$  la vaporisation EA.  
Exprimer  $Q_{EA}$  en fonction de  $x$  et de  $L_v$  et en déduire la valeur  $x$  du titre en vapeur du mélange au point E.

**Rappel** :  $Q_{EA} = 1134 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

## Analyse d'une eau de piscine (6 points)

On peut lire parmi les données figurant sur la feuille d'analyse d'une eau de piscine traitée au chlore :

$\text{pH} = 7,2$ ; « chlore actif » $t = 2,91 \text{ mg.L}^{-1}$ ; température : $\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .
--

Selon le vocabulaire utilisé par les professionnels, la dénomination « chlore actif » représente la somme des concentrations massiques des espèces chimiques chlorées participant à la désinfection de l'eau de la piscine. Ces espèces chimiques chlorées sont :

- l'acide hypochloreux de formule  $\text{HClO}$  de concentration massique  $t_1$ .
- les ions hypochlorite de formule  $\text{ClO}^-$  de concentration massique  $t_2$ .

On a donc selon les professionnels :  $t = t_1 + t_2$ .

1.

- Puisque la concentration massique du « chlore actif » dans cette eau de piscine est  $t = 2,91 \text{ mg.L}^{-1}$ , montrer que  $t_1 = 1,95 \text{ mg.L}^{-1}$  sachant que la proportion (% en masse) d'acide hypochloreux  $\text{HClO}$  est de 67 %.
- En déduire que, dans ces conditions,  $t_2$  vaut  $0,96 \text{ mg.L}^{-1}$ .

2. Calculer en mol/L les concentrations molaires en acide hypochloreux  $[\text{HClO}]$  et en ions hypochlorite  $[\text{ClO}^-]$ .

3. Dans cette eau de piscine, la réaction de l'acide hypochloreux avec l'eau se traduit par l'équation de réaction suivante :



La constante d'acidité associée au couple acido-basique  $\text{HClO}/\text{ClO}^-$  vaut à  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  :

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \times [ClO^-]}{[HClO]} = 3,16 \times 10^{-8}.$$

À partir de cette relation, calculer la valeur de la concentration molaire en ions  $H_3O^+$  et vérifier que l'on a bien  $pH = 7,2$ .

**Données** : masses molaires atomiques de quelques éléments chimiques, en  $g \cdot mol^{-1}$  :

H : 1,0 ; O : 16,0 ; Cl : 35,5

## MOTEURS ASYNCHRONE TRIPHASÉ (6 points)

*Pour faire circuler l'eau entre le bassin de la piscine et l'unité de traitement, on utilise une pompe entraînée par un moteur asynchrone triphasé.*

*La plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé comporte les indications suivantes :*

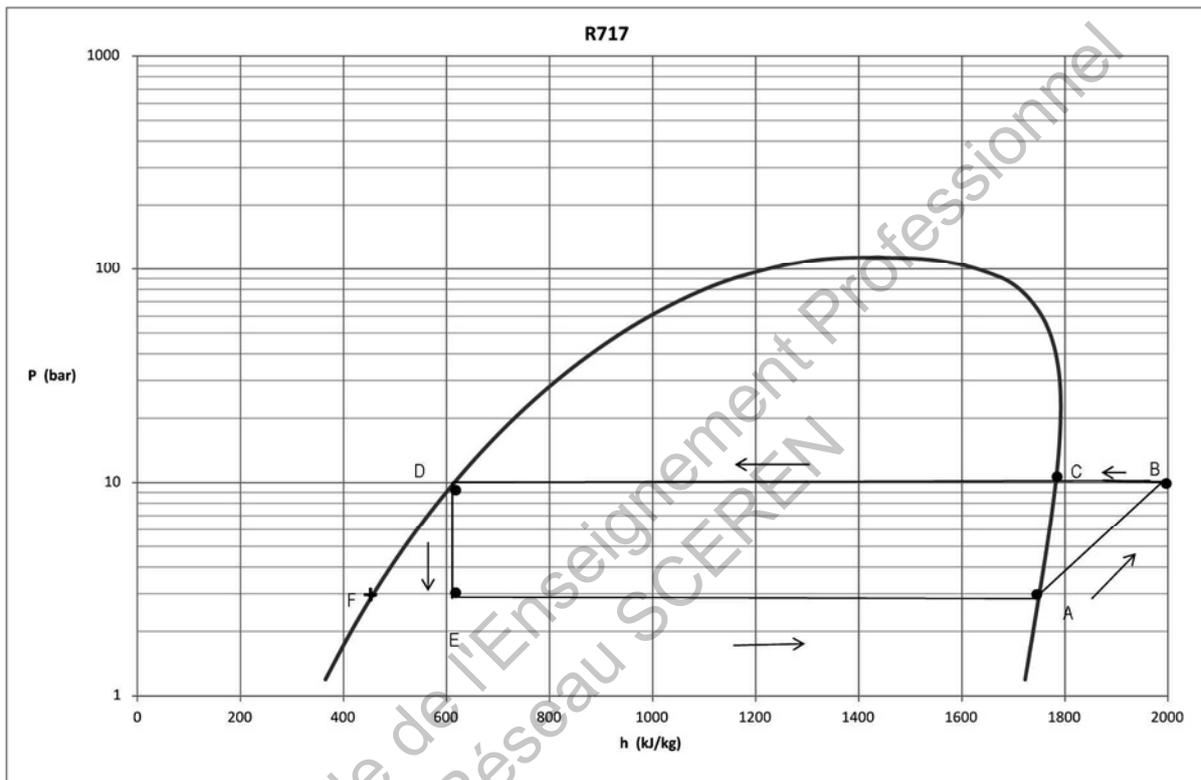
*400 V / 690 V ; 50 Hz ; puissance utile :  $P_u = 12,5 \text{ kW}$  ;  $\cos \varphi = 0,8$  ;  $n = 1450 \text{ tr/min}$ .*

*Ce moteur est utilisé sur un réseau triphasé : 230 V / 400 V ; 50 Hz.*

1. Quel est le couplage du moteur avec le réseau ?
2.
  - a) Quelle est la fréquence de synchronisme  $n_s$  du moteur ?
  - b) En déduire le nombre de paires de pôles  $p$  et le glissement  $g$ .
3. Sachant que l'impédance  $Z$  d'un enroulement est  $Z = 26 \Omega$ , calculer la valeur efficace de l'intensité,  $J$  dans un enroulement.
4. En déduire que la valeur efficace  $I$  de l'intensité du courant en ligne vaut environ  $I = 26,7 \text{ A}$ .
5.
  - a) Calculer la valeur de la puissance absorbée  $P_a$  par le moteur.
  - b) Calculer la valeur de son rendement  $\eta$  en fonctionnement nominal.
6. Calculer en fonctionnement nominal le moment du couple utile,  $T_u$ .

**Annexe A**  
**(à rendre avec la copie)**

**Figure 1**



**Figure 2**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>T (K)</b>	263	350	298		
<b>P (<math>\times 10^5</math> Pa)</b>	2,9	10			2,9
<b>h (kJ.kg<sup>-1</sup>)</b>	1749	1940	1782	615	
<b>État du fluide</b>					