

**BREVET DE TECHNICIEN**

**SUPÉRIEUR**

**DOMOTIQUE**

**ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES**

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée

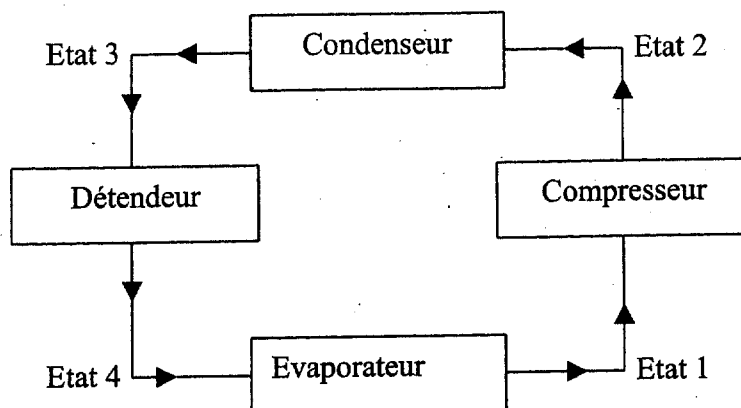
La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies

**IMPORTANT** : Ce sujet comporte 3 pages numérotées de 1/3 à 3/3 + la page de présentation.  
Assurez-vous qu'il est complet.

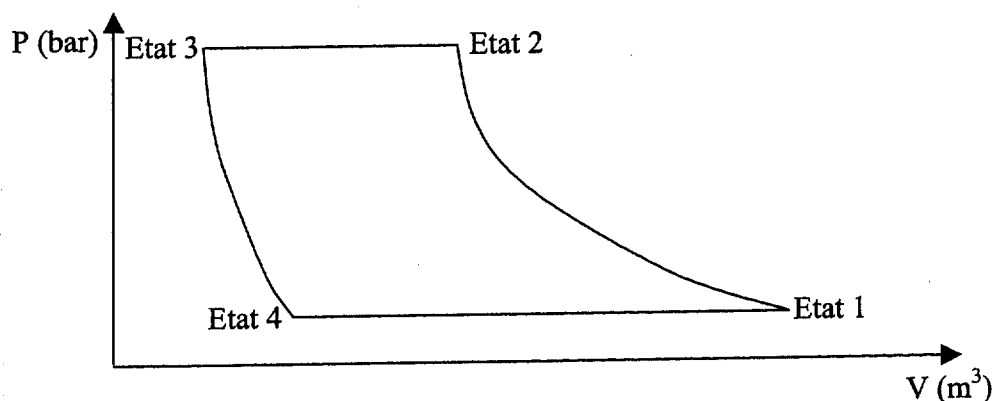
S'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous en remettra un autre exemplaire.

## I - Thermodynamique (9 points)

Dans une machine frigorifique dont le schéma de principe est donné **Figure 1**, une masse  $m$  de fluide frigorigène subit le cycle de transformations successives suivant le diagramme **Figure 2** (les échelles n'ont pas été respectées) :



**Figure 1**



**Figure 2**

- Le compresseur amène la vapeur saturée sèche de l'état 1 ( $\theta_1 = -10\text{ °C}$ ,  $P_1 = 3,5\text{ bars}$ ) à l'état 2 ( $\theta_2 = 40\text{ °C}$ ,  $P_2 = 9,1\text{ bars}$ ) selon une compression isentropique.
- Le condenseur permet à la vapeur d'atteindre la température de changement d'état puis de se liquéfier totalement (état 3) selon un refroidissement isobare.
- Le détendeur permet au fluide d'atteindre l'état 4 ( $P_4 = P_1$  et  $\theta_4 = \theta_1$ ) ; au cours de cette transformation on considère que le fluide n'échange ni chaleur ni travail avec le milieu extérieur, et on admet que son enthalpie reste constante.
- Le vaporisateur permet au fluide de revenir à son état initial (état 1).

### Données:

Enthalpies massiques dans les différents états :

$$h_1 = 401\text{ kJ.kg}^{-1} \quad h_2 = 428\text{ kJ.kg}^{-1} \quad h_3 = h_4 = 224\text{ kJ.kg}^{-1}$$

Chaleur latente de vaporisation du fluide dans le condenseur :  $L_V = 188\text{ kJ.kg}^{-1}$

Chaleur massique (ou capacité calorifique massique) de la vapeur à pression constante :

$$c_p = 0,800\text{ kJ.(kg.K)}^{-1}$$

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 1/3

On rappelle que pour une transformation isobare  $\Delta h = Q$ .

I-1 Calculer la quantité de chaleur  $Q_E$  échangée par 1 kg de fluide au niveau de l'évaporateur.

I-2

I-2.1 Calculer la quantité de chaleur  $Q_C$  échangée par 1 kg de fluide au niveau du condenseur.

I-2.2 La température du changement d'état dans le condenseur est notée  $\theta$ .

Détailler les échanges thermiques entre les états 2 et 3. En déduire l'expression littérale de  $Q_C$  en fonction de  $c_p$ ,  $\theta$ ,  $\theta_2$  et  $L_v$ .

I-2.3 Calculer la valeur de  $\theta$ .

I-3

I-3.1 En utilisant le premier principe de la thermodynamique, montrer que le travail reçu par 1 kg de fluide au cours du cycle est  $W = h_2 - h_1$ .

I-3.2 Déterminer le coefficient d'efficacité frigorifique  $e$  du cycle.

I-3.3 Le travail reçu par le fluide est fourni par le compresseur.

Déterminer la puissance du compresseur sachant que le débit massique du fluide est  $q_m = 0,10 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ .

## II – Electricité (6 points)

La température de la machine frigorifique est contrôlée par une régulation fonctionnant en tout ou rien, conformément à la figure 3. Le relais commande le compresseur.

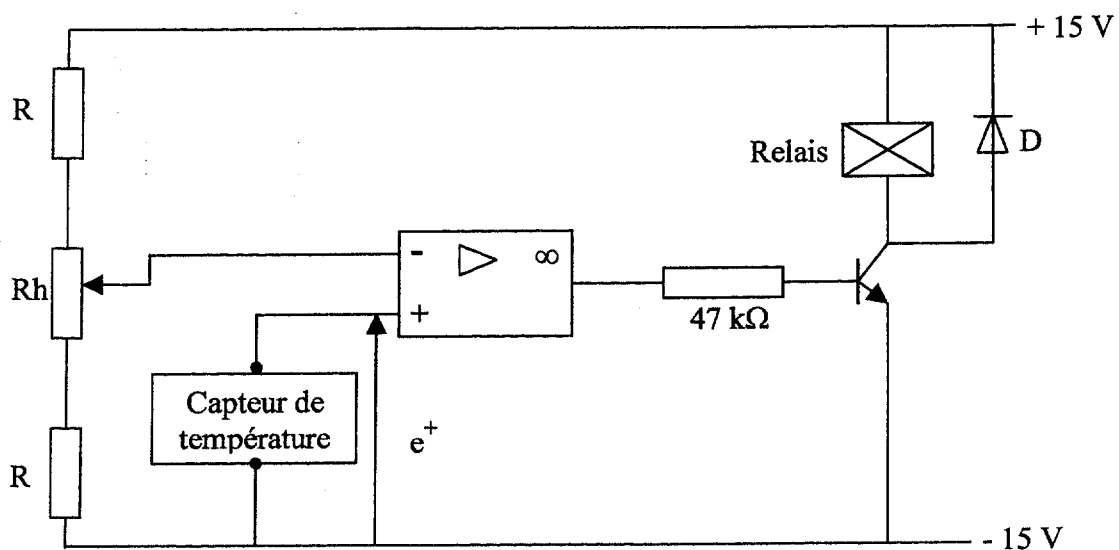


figure 3

Un capteur de température impose une tension  $e^+$  à l'entrée non inverseuse telle que dans l'intervalle  $-30 \text{ °C}$  et  $+30 \text{ °C}$ ,  $e^+ = 0,1 \times \theta$  (où  $\theta$  représente la température exprimée en  $\text{°C}$  et  $e^+$  le potentiel de l'entrée non inverseuse exprimé en volt).

II-1 Quel est le rôle du potentiomètre  $R_h$ ? En l'absence des résistances  $R$ , les valeurs limites

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 2/3

de potentiel du curseur sont-elles compatibles avec le capteur de température utilisé.

Justifier la réponse et conclure.

II-2 Pourquoi faut-il utiliser une diode D mise en parallèle aux bornes du relais ?

II-3 Quel est le mode de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel ?

II-4 On part d'une situation dans laquelle l'intérieur de la machine frigorifique est à une température initiale de 20 °C.

Rh permet de faire varier le potentiel  $e^-$ , dans l'intervalle  $-3,5 \text{ V} < e^- < +3,5 \text{ V}$  On règle la position de Rh afin d'évoluer vers un état de régime dans lequel la température moyenne est de  $-10 \text{ °C}$ .

II-4.1 A quelle valeur de tension  $e^-$  correspond cette consigne ?

II-4.2 Sachant que le compresseur fonctionne quand le relais est alimenté, montrer que le montage proposé fonctionne correctement.

### III - Chimie ( 5 points)

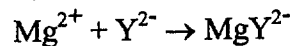
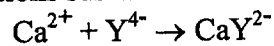
La dureté totale d'une eau dépend de la concentration en ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ .

Cette concentration, notée C, est exprimée en millimoles par litre ( $\text{mmol.L}^{-1}$ ).

Le titre hydrotimétrique français TH est alors donné par  $\text{TH} = 10 \times \text{C}$  ; TH s'exprime en °Français.

Les eaux courantes ont un titre hydrotimétrique inférieur à 50. Quand une eau à un titre hydrotimétrique élevé (supérieur à 30) elle est qualifiée de dure.

Le dosage des ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  s'effectue par une solution d'EDTA symbolisé par  $\text{Y}^{4-}$  en milieu basique selon les équations de réactions suivantes :



La fin du dosage est repérée grâce à la présence de noir ériochrome qui donne une coloration violette en présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  et prend une teinte bleue lorsque les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  sont en totalité sous forme  $\text{CaY}^{2-}$  et  $\text{MgY}^{2-}$ .

On dose  $V = 50 \text{ cm}^3$  d'une eau du robinet par une solution d'EDTA à  $C_1 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . L'équivalence est obtenue après avoir versé  $V_1 = 12,8 \text{ cm}^3$  d'EDTA.

III-1 Quelle est la couleur de la solution en fin de dosage ?

III-2 Quelle est la concentration C de la solution ?

III-3 Quelle est le titre hydrotimétrique de cette eau?  
Que peut-on en conclure ?

III-4 La feuille d'analyse d'eau fournie par la mairie donne les concentrations suivantes :

$\text{Ca}^{2+}$  :  $72 \text{ mg.L}^{-1}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  :  $18,6 \text{ mg.L}^{-1}$

Ces données sont-elles compatibles avec la valeur de C trouvée à la question III-2 ?

Données Ca : 40,1      Mg : 24,3 (masses molaires en  $\text{g.mol}^{-1}$ )

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 3/3