

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR DOMOTIQUE

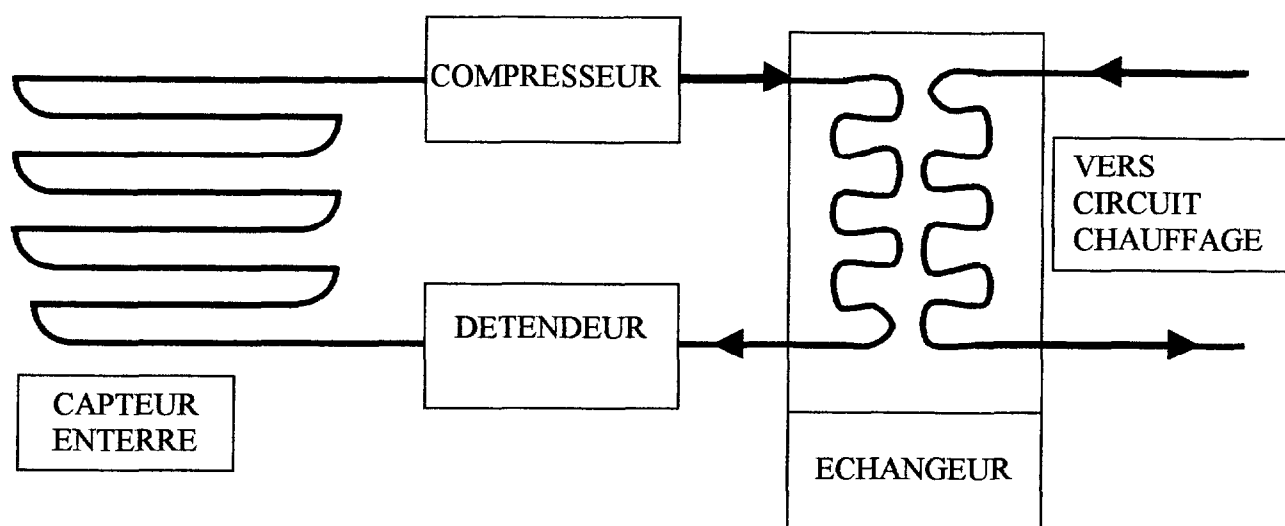
La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée
Un document-réponse est à rendre avec la copie

PHYSIQUE

UTILISATION D'UNE POMPE A CHALEUR POUR LE CHAUFFAGE INDIVIDUEL

I. Utilisation d'une pompe à chaleur (PAC) (8 points)

On réalise un chauffage individuel à l'aide d'une PAC. L'installation schématisée ci-dessous comporte un compresseur, un détendeur et deux serpentins qui sont les sièges des échanges thermiques.

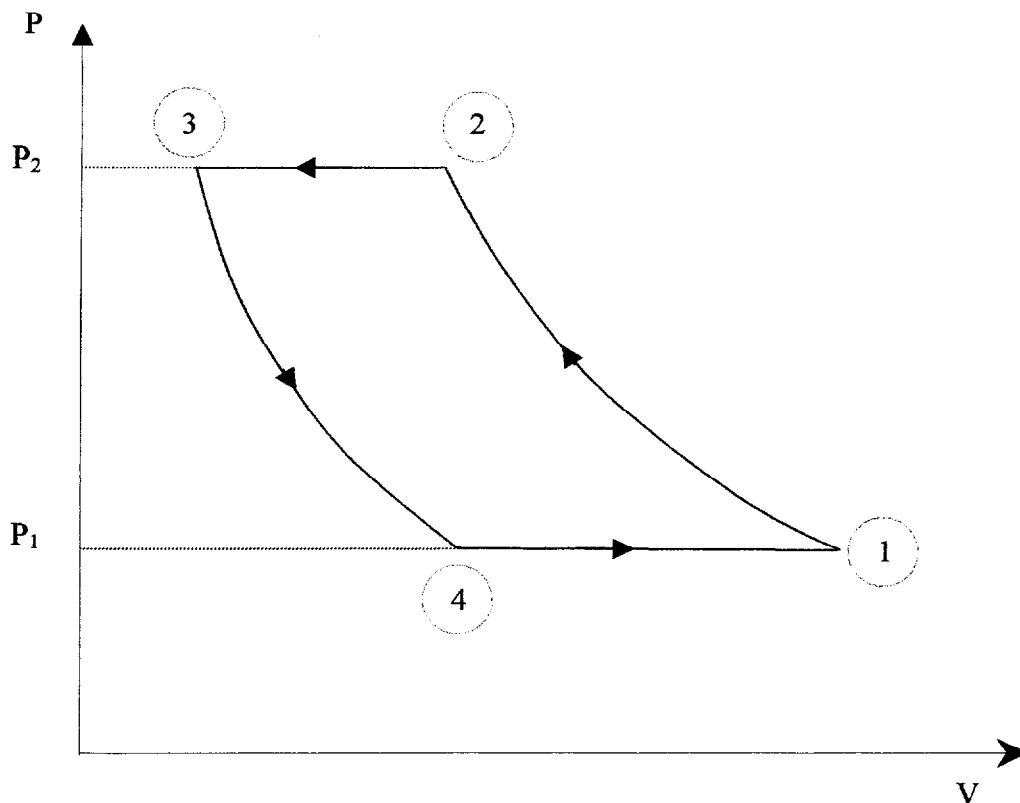


La température du sous-sol est de 10°C .

Le fluide caloporteur est de l'air, assimilé à un gaz parfait

On étudie les transformations réversibles de 1 kg d'air décrivant le cycle suivant :

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2003
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 1/6



Description du cycle :

- 1-2 Dans le compresseur, la compression est adiabatique et la pression passe de $P_1 = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$ à $P_2 = 15 \times 10^5 \text{ Pa}$. La température, quant à elle passe de $T_1 = 283 \text{ K}$ à T_2 .
- 2-3 Dans le serpentin, au contact du circuit de chauffage, le refroidissement est isobare et la température passe de T_2 à $T_3 = 323 \text{ K}$.
- 3-4 Dans le détendeur, la détente est adiabatique, la pression passant de $P_3 = P_2$ à $P_4 = P_1$, la température passant de T_3 à T_4 .
- 4-1 Dans le serpentin enterré dans le sous-sol, le réchauffement est isobare, la température augmentant jusqu'à la température T_1 .

On donne:

constante des gaz parfaits $R = 8,32 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

capacité thermique massique de l'air à pression constante: $c_p = 1,0 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

rapport des capacités thermiques massiques de l'air, à pression constante et à volume

constant: $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,40$

relation des gaz parfaits : $P.V = n.R.T$

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2003
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 2/6

On rappelle que lors d'une transformation adiabatique réversible d'un gaz parfait, les relations liant les trois paramètres pression P, température T et volume V sont :

$$P \cdot V^\gamma = \text{constante}$$

$$P^{1-\gamma} \cdot T^\gamma = \text{constante}$$

$$V^{\gamma-1} \cdot T = \text{constante}$$

On rappelle que la quantité de chaleur échangée pour un fluide passant de la température T_1 à la température T_2 au cours d'une transformation isobare est donnée par la relation $Q_p = mc_p(T_2 - T_1)$.

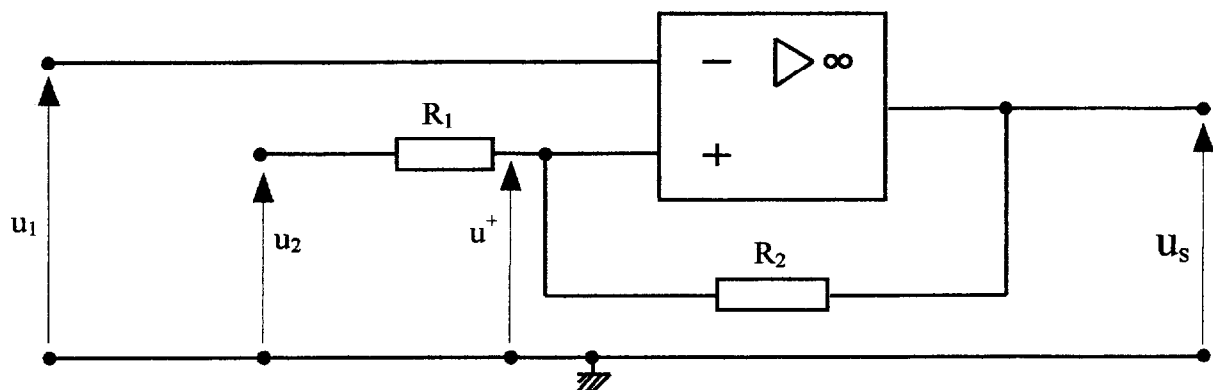
On rappelle que l'efficacité théorique d'une machine théorique est $e = \left| \frac{Q_c}{W} \right|$ ou $\left| \frac{Q_f}{W} \right|$ selon la machine.

- I.1. Montrer que $T_2 = 413 \text{ K}$ et que $T_4 = 221 \text{ K}$
- I.2. Calculer les quantités de chaleur Q_{12} , Q_{23} , Q_{34} et Q_{41} , échangées par une masse d'air de 1 kg au cours de chacune des transformations.
- I.3. Énoncer le premier principe de la thermodynamique pour un cycle.
En déduire le travail W reçu par la masse de 1 kilogramme d'air au cours du cycle.
- I.4. On désigne par e l'efficacité théorique de la pompe à chaleur au cours du cycle.
 - I.4.1 Calculer e
 - I.4.2 Sachant que les pertes moyennes thermiques de la maison sont de 13 kW, et que la puissance utile du compresseur est de 10 kW, calculer le temps de fonctionnement de la pompe au cours d'une journée.

II. Régulation électronique de la température de l'échangeur (7 points)

Un capteur électronique permet d'obtenir une tension $u_1 = 0,1 \cdot \theta_3$ dans laquelle θ_3 est la température de l'échangeur exprimée en $^\circ\text{C}$ tandis que la tension u_1 est exprimée en volts. Le but de la régulation est de maintenir cette température θ_3 entre 45°C et 55°C .

On utilise le montage électronique de la figure suivante :



BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2003
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 3/6

L'amplificateur opérationnel est considéré comme idéal.
Les tensions de saturation de l'amplificateur opérationnel sont :

$$+V_{\text{sat}} = +14 \text{ V} \text{ et } -V_{\text{sat}} = -14 \text{ V}$$

Données :

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 27 \text{ k}\Omega$$

u_2 est une source de tension réglable dont la valeur est fixée à $u_2 = 5,19 \text{ V}$.

II.1.1. Démontrer que l'expression littérale de la tension u^+ de l'entrée non inverseuse en fonction de R_1 , R_2 , u_2 et u_S est $u^+ = \frac{1}{R_1 + R_2} (R_1 u_S + R_2 u_2)$

II.1.2. Faire l'application numérique dans le cas où $u_S = +V_{\text{sat}}$

II.1.3. Faire l'application numérique dans le cas où $u_S = -V_{\text{sat}}$

II.2. Etude du démarrage

II.2.1. La température de l'échangeur est de 20°C .
Quelle est la valeur de u_1 ? Quelle est la valeur de u_S ?

II.2.2. A la mise sous tension la pompe à chaleur se met en marche.
Comment évolue la température θ_3 ? Comment évolue u_1 ?

II.3. Etude du fonctionnement

II.3.1. Que se passe-t-il lorsque la température θ_3 atteint 55°C ? Que devient alors la tension u_S ?
Quel doit être le rôle de la tension u_S sur la pompe ?

II.3.2. La température se met alors à chuter. Pour quelle valeur de u_1 la pompe se remet -elle en route ? Quelle est alors la température de l'échangeur ?

II.3.3. Faire la représentation graphique du cycle d'hystérésis u_S en fonction de θ_3 .

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2003
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 4/6

CHIMIE

Partie Chimie sur 5 points

A rédiger sur une feuille séparée . Joindre le document comportant la courbe

On se propose de déterminer l'alcalinité d'une eau industrielle. Pour ceci on réalise le dosage pH-métrique de 50 mL d'eau par une solution d'acide chlorhydrique telle que $[H_3O^+] = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$. Les résultats des différentes mesures ont permis de tracer la courbe ci-jointe. On admettra que l'alcalinité était due à la seule base faible HCO_3^- (ion hydrogéo-carbonate ou ion bicarbonate).

III.1. Déterminer graphiquement :

III.1.1. Les coordonnées du point d'équivalence.

III.1.2. Déterminer le pK_a du couple acide/base conjuguée concerné. On rappelle que $pK_a = pH$ à la demi-neutralisation.

III.2. Ecrire l'équation de la réaction de dosage puis calculer $[HCO_3^-]$ en mol.L^{-1} puis en g.L^{-1} .

III.3. Le titre alcalimétrique complet (T.A.C) d'une eau s'exprimant par le même nombre que le volume exprimé en mL d'une solution acide telle que $[H_3O^+] = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ nécessaire pour doser 100 mL d'eau, déterminer le T.A.C de l'eau étudiée.

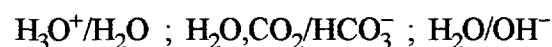
Données :

$$m_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$m_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$m_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$$

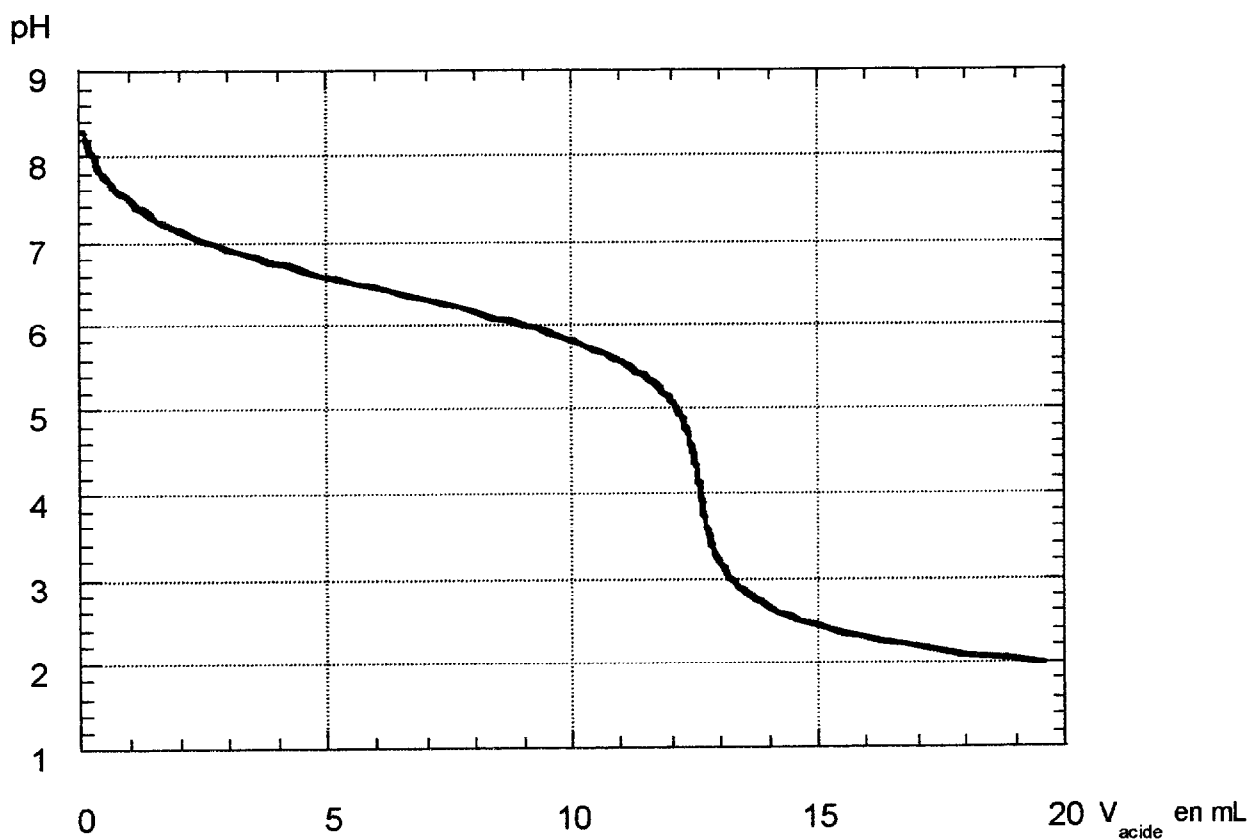
On donne les couples acide-base :



BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2003
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		5/6

Document à compléter et à rendre avec la copie de chimie

Dosage de l'alcalinité d'une eau par une solution chlorhydrique
à 0.1 mol/L



BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2003
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 6/6