

Épreuve de physique (B.T.S. 1987)

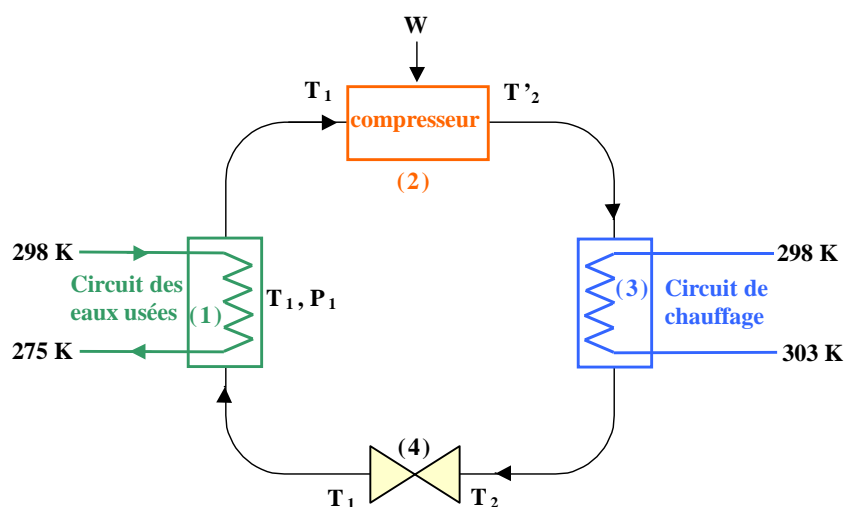
Une maison, bien isolée thermiquement, est chauffée par le sol grâce à un circuit d'eau chaude de 30 à 35 °C. L'énergie de chauffage : $2,1 \times 10^7$ kJ pour 180 jours, est tirée principalement de l'énergie thermique des eaux usées grâce à une **pompe à chaleur**.

Un chauffage électrique d'appoint est associé à la pompe à chaleur lorsque la température extérieure est trop basse.

La consommation en eau (eau froide + eau chaude) est de $0,7 \text{ m}^3$ par jour en moyenne. Les eaux usées domestiques disponibles, soit $0,7 \text{ m}^3$, sont stockées dans un bac : on admettra que leur température moyenne est de 25 °C.

La pompe à chaleur au R 22 comprend :

- un évaporateur (1)
- un compresseur (2)
- un condenseur (3)
- un détendeur (4)



Le R 22 décrit un cycle fermé : il subit une évaporation complète dans (1), une compression adiabatique dans (2), un refroidissement puis une condensation complète dans (3), une détente adiabatique et isenthalpique dans (4), avec :

T_1 : température du R 22 dans l'évaporateur : $T_1 = 273 \text{ K}$

P_1 : la pression de vapeur saturante correspondant à T_1 : $P_1 = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$

T'_2 : température à la sortie du compresseur

T_2 : température du R 22 à la sortie du condenseur : $T_2 = 305 \text{ K}$

P_2 : la pression de vapeur saturante correspondant à T_2 : $P_2 = 12,6 \times 10^5 \text{ Pa}$

L_v : chaleur latente de vaporisation du R 22

▪ à 0 °C $L_v = 206,74 \text{ kJ.kg}^{-1}$

▪ à 32 °C $L_v = 174,81 \text{ kJ.kg}^{-1}$

c : capacité thermique massique du R 22 liquide : $c = 1,318 \text{ kJ.kg}^{-1} . \text{K}^{-1}$

γ : rapport des capacités thermiques massiques du R 22 gazeux : $\gamma = 1,177$

A - Etude de la détente et de la vaporisation

1° question : Calculer la variation d'enthalpie, pour 1 kg de R 22 liquide, lorsqu'il passe, sans évaporation, de l'état (T_2, P_2) à l'état (T_1, P_1) .

On considère que pour la phase liquide le volume v est indépendant de la pression et de la température et que les produits Pv pour les deux états envisagés sont négligeables.

2° question : Exprimer la variation d'enthalpie, pour 1 kg de R 22, lorsque la fraction x se vaporise à la température T_1 .

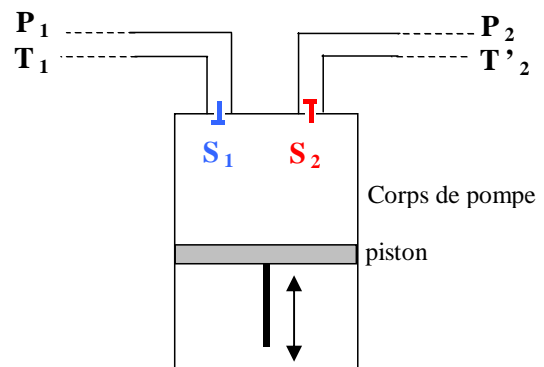
3° question : Calculer la fraction x de R 22 vaporisée dans le détendeur lors de la transformation isenthalpique entre les états (T_2, P_2) et (T_1, P_1) .

4° question : Au niveau de l'évaporateur, pour chaque kg de R 22 détendu, calculer la quantité de chaleur q_1 qui peut être échangée avec les eaux usées. On admettra que la fraction $(1 - x)$ liquide du R 22 subit, à l'intérieur de l'évaporateur, une vaporisation complète.

B - Etude de la compression

Le compresseur à piston comprend un cylindre muni de 2 soupapes S_1 et S_2 , le volume nuisible est nul.

- S_1 étant ouverte, S_2 fermée, le piston en position haute descend en aspirant un volume V_1 de gaz à l'état (T_1, P_1) .
- Les 2 soupapes étant fermées, le piston remonte et comprime le gaz de manière réversible et adiabatique jusqu'à ce qu'il atteigne l'état (T'_2, P_2) .
- S_1 fermée, S_2 ouverte, le piston achève sa course en rejetant le gaz à la pression P_2 .



S_1 : soupape d'admission
 S_2 : soupape de refoulement

1° question : Le R 22 "difluoromonochlorométhane" se comporte comme un gaz parfait; calculer sa constante r sachant que les masses molaires atomiques ont pour valeur (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$):

$$F : 19 \quad ; \quad H : 1 \quad ; \quad C : 12 \quad ; \quad Cl : 35,5 .$$

2° question : Calculer T'_2 .

3° question : Montrer que le travail effectué par le compresseur pour chaque kg de R 22 débité est égal à :

$$\frac{\gamma r}{\gamma - 1} (T'_2 - T_1)$$

C - Refroidissement et condensation

Le régime stationnaire étant atteint :

1° question : Calculer la quantité de chaleur q_2 échangée avec le circuit de chauffage, pour chaque kg de R 22 débité par le compresseur, à pression constante P_2 .

On prendra pour capacité thermique du R 22 gazeux : $c_p = 0,636 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Les candidats n'ayant pas trouvé T_2 prendront la valeur 313 K.

2° question : Vérifie-t-on le premier principe de la thermodynamique ? (la réponse comportera l'énoncé du principe).

D - Etude sur une journée

1° question : Quelle quantité de chaleur Q_1 , exprimée en kJ, peut-on prélever chaque jour aux eaux usées ? Quel est le signe de Q_1 ?

On donne : $c_{\text{eau}} = 4,185 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; la consommation d'eaux usées est de $0,7 \text{ m}^3$ par jour.

2° question : Quelle quantité de chaleur Q_2 est fournie chaque jour au circuit de chauffage ?

3° question : Quel pourcentage des besoins satisfait-on ?

4° question : Quel travail doit-on fournir chaque jour au compresseur ?

E - Bilan

Le compresseur est entraîné par un moteur électrique dont le rendement électromécanique est de 0,8.

1° question : Quelle est l'énergie consommée ?

2° question : Calculer le rapport :
$$\frac{\text{quantité de chaleur cédée au circuit de chauffage } Q_2}{\text{énergie électrique consommée par le moteur}}$$