

Épreuve de physique du B.T.S. de 1997

On étudie un cycle frigorifique au cours duquel un fluide frigorigène décrit successivement les transformations suivantes :

- le compresseur aspire une vapeur très faiblement humide (composition massique en vapeur $x = 0,975$) du fluide à la pression $p_1 = 100,5$ kPa (état 1) et la comprime, de manière adiabatique et réversible, jusqu'à la pression $p_2 = 846,0$ kPa (état 2) ;
- la vapeur est alors envoyée dans un condenseur où, à pression constante p_2 , elle se refroidit puis se condense complètement (état 3) ;
- le liquide obtenu passe dans le détendeur où il subit une détente isenthalpique jusqu'à la pression $p_4 = p_1$, ce qui provoque une vaporisation partielle (la composition massique en vapeur est $x = 0,36$) ;
- enfin, ce mélange liquide-vapeur arrive dans l'évaporateur où le liquide s'évapore presque complètement pour retrouver l'état initial 1.

Données concernant le fluide :

- $\gamma = 1,20$;
- $r = 68,7 \text{ J.kg}^{-1} . \text{K}^{-1}$;
- capacité thermique massique à l'état liquide :

$$c_1 = 0,920 \text{ J.kg}^{-1} . \text{K}^{-1} ;$$

- diagramme $T(\text{K}) = f(s)$ (voir feuille jointe- à rendre avec la copie)

(s : entropie massique en $\text{kJ.kg}^{-1} . \text{K}^{-1}$) (T : température en K)

- tableau : pression (k Pa) d'équilibre liquide-vapeur en fonction température $T(\text{K})$

T (K)	243	253	263	273	283	293	298	303	308	313	318	323
p (kPa)	100,5	151	219,1	308,6	423	566,7	650,8	743,4	846	958,2	1081	1215

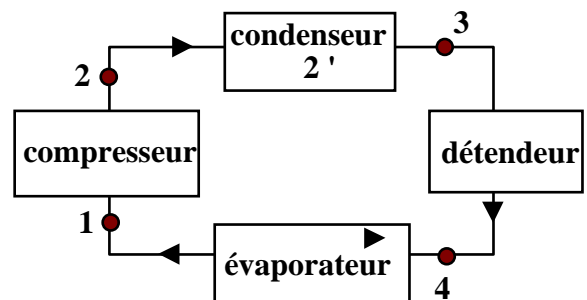
Remarque : dans les questions 2, 3, 4, les calculs seront effectués pour 1 kg de fluide.

1° question : La température critique est déterminée par le maximum de la courbe qui figure sur le diagramme fourni en annexe.

- a) Déterminer sa valeur.
- b) Tracer l'isotherme critique.
- c) Donner la signification de la température critique et la justifier à l'aide des tracés précédents.

2° question :

- a) Déterminer la température T_1 de la vapeur humide aspirée puis calculer la température T_2 en fin de compression.



- b) Calculer la capacité thermique massique à pression constante c_p du fluide.
- c) Calculer le travail massique fourni par le compresseur qu'on pourra assimiler à la variation d'enthalpie d'un kg du fluide à l'état vapeur entre T_1 et T_2 .
- d) Sachant que l'on donne l'entropie massique dans l'état 1 ($s_1 = 4,78 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), placer le point 1 représentatif de l'état 1 dans le diagramme (T, s) et tracer l'évolution $(1 \rightarrow 2)$.

3° question :

- a) Déterminer la température $T_{2'}$ à laquelle la vapeur se condense, sous la pression p_2 .

Placer le point 2' sur le diagramme.

Placer le point 3 sur le diagramme.

Tracer les évolutions $(2 \rightarrow 2')$ et $(2' \rightarrow 3)$ dans le diagramme (T, s) .

- b) Déterminer graphiquement l'entropie du gaz aux points 2' et 3.
- c) Calculer la quantité de chaleur $q_{2 \rightarrow 3}$ échangée par le fluide entre l'état 2 et l'état 3.

4° question :

- a) Préciser l'entropie du point 4 et placer ce point sur le diagramme.
- b) Déterminer la composition massique x_4 de la vapeur dans le mélange liquide vapeur au point 4.
- c) Calculer la quantité de chaleur $q_{4 \rightarrow 1}$ absorbée par le fluide dans l'évaporateur.
- d) Le cycle frigorifique précédent est mis en oeuvre dans un réfrigérateur ou dans une pompe à chaleur.
- Définir et calculer, dans chacun des cas, l'efficacité.

ANNEXE (à compléter et à rendre avec la copie)

