

SCIENCES PHYSIQUES

Durée: 3 h

L'usage d'une calculatrice est autorisé pour cette épreuve.

PHYSIQUE

MACHINE A VAPEUR

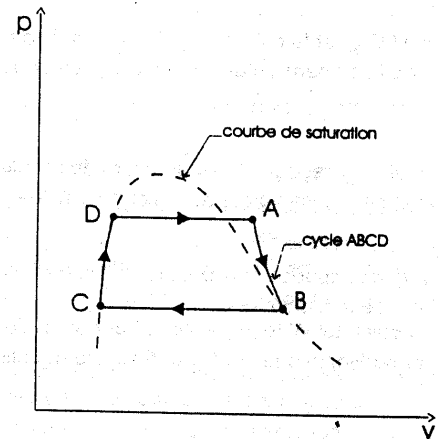
Dans une machine à vapeur, une mole d'eau contenue dans un cylindre fermé décrit de manière quasistatique, le cycle ABCD représenté dans le diagramme de Clapeyron de la figure 1 (traits pleins). On a tracé en outre, la courbe de saturation (traits pointillés). L'évolution AB est adiabatique. L'évolution CD a lieu le long de la courbe de saturation. Au cours de l'évolution CD, on néglige le travail W_{CD} et la chaleur Q_{CD} reçus par l'eau. Les évolutions BC et DA sont isobares. Au cours de l'évolution BC, l'eau reçoit algébriquement une chaleur Q_{BC} d'une source froide dont la température est égale à $T' = 373$ K. Au cours de l'évolution DA, l'eau reçoit algébriquement une chaleur Q_{DA} d'une source chaude dont la température est égale à $T'' = T_A$.

FIGURE 1

NB : l'arc CD est commun au cycle ABCD et à la courbe de saturation.

Données :

État	A	B	C	D
P (bar)	20	1	1	20
T (K)	?	373	373	485



Chaleur latente molaire de vaporisation (ou enthalpie molaire de vaporisation) de l'eau $L_{373} = 46,8$

$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ à la température $T' = 373$ K

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

1. Indiquer sous quelle forme (liquide, vapeur, mélange liquide-vapeur) se trouve l'eau dans chacun des états A, B, C, D.

2. Indiquer, en justifiant la réponse, le signe du travail W reçu par l'eau au cours d'un cycle ABCD.

3.1. Établir les relations (1) et (2)

$$W + Q_{BC} + Q_{DA} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{Q_{BC}}{T'} + \frac{Q_{DA}}{T''} \leq 0 \quad (2)$$

$$r = \frac{|W|}{Q_{DA}}$$

3.2. On définit le rendement thermodynamique de la machine par r . Dédurre des relations (1) et (2) que r est inférieur à un rendement maximum r_C (théorème de Carnot) et exprimer le rendement de Carnot r_C en fonction des températures T' et T'' .

4. L'évolution AB est une transformation adiabatique et réversible. Au cours de cette évolution, la vapeur d'eau est assimilée à un gaz parfait de capacité calorifique molaire à volume constant $C_{vm} = 41,40$

$$\gamma = \frac{C_{pm}}{C_{vm}} = 1,20$$

$\text{J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ et de coefficient isentropique

4.1. Vérifier que ces données numériques sont compatibles avec la relation de Mayer pour un gaz parfait.

4.2. Calculer la température T_A .

4.3. Calculer le travail W_{AB} reçu par l'eau au cours de l'évolution AB. Quelle est la signification du signe de W_{AB} ?

5. Calculer le travail W_{BC} et la chaleur Q_{BC} reçus par l'eau au cours de l'évolution BC. On négligera le volume molaire de l'eau dans l'état C devant sa valeur dans l'état B où l'eau est assimilée à un gaz parfait.

6. Calculer le travail W_{DA} reçu par l'eau au cours de l'évolution DA. On négligera le volume molaire de l'eau dans l'état D devant sa valeur dans l'état A où l'eau est assimilée à un gaz parfait.

7.1. Le travail W_{CD} est supposé négligeable. À l'aide du diagramme de Clapeyron, justifier brièvement et qualitativement cette hypothèse.

7.2. Calculer le travail total W reçu par l'eau pour un cycle ABCD, puis la chaleur Q_{DA} . Calculer les rendements thermodynamiques r et r_C définis à la question 3.2. Les comparer et commenter.