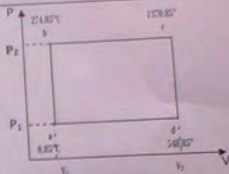


Ex.1 6 pts

On considère la transformation réversible, suivant le chemin a-b-c-d-a comme s'est illustré sur la figure ci-contre. Considérons  $C_p$  et  $C_v$  indépendantes de la température et valent  $10 \text{ Jk}^{-1}$  et  $8 \text{ Jk}^{-1}$ .

a- Déterminer la quantité  $\int \frac{dQ}{T} = \sigma$  pour chaque processus élémentaire. En appliquant le deuxième principe de la thermodynamique, dire que signifie la somme des ces flux ?



Ex.2 7 pts

Un rayonnement est en équilibre, à  $T$  à l'intérieur d'un cylindre de volume  $V$  fermé par un piston mobile sans frottement. Ce rayonnement a une énergie  $U = u \cdot V$ , et la densité d'énergie  $u$  ne dépend que de la température  $T$ . la pression qui règne dans l'enceinte est  $P = u/3$ .

a- trouver la relation  $u(T)$  en fonction de  $T$  de deux manières : i- par l'application de la relation de Helmholtz  $U = F - T \frac{\partial F}{\partial T} \Big|_V$ , ii- par application de la relation  $\frac{\partial U}{\partial V} \Big|_T = T \frac{\partial P}{\partial T} \Big|_V - P$ .

b- les parois sont parfaitement non absorbantes. On réalise une compression réversible du rayonnement. Montrer que la compression est isentropique et établir la relation  $TV^n = \text{Cte}$  où  $n$  est une constante à déterminer. En déduire la température  $T_2$  finale de la compression. application numérique  $T_1 = 1000 \text{ K}$  et  $(V_2/V_1) = 2$ .

Ex.3 7 pts

On désire déterminer l'effet de la pression d'entrée de la turbine sur la performance d'un cycle de Rankine à vapeur d'eau. La vapeur entre dans la turbine à  $350^\circ\text{C}$  et en sort à  $10 \text{ kPa}$ . Calculer le rendement thermique du cycle et la teneur en eau de la vapeur à la sortie de la turbine pour des pressions d'entrée de  $1 \text{ MPa}$ , de  $3.5 \text{ MPa}$ , de  $6 \text{ MPa}$ , de  $10 \text{ MPa}$  et pour une vapeur saturée. Tracer un graphique du rendement thermique en fonction de la pression d'entrée de la turbine pour la température d'entrée donnée et pour la pression d'échappement donnée.

T.1

Données thermodynamiques : variante 1

$P=5 \text{ kPa}$ ,  $v_f=0.001005 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $h_f=137.82 \text{ kJ/kg}$ ,  $h_{fg}=2423.7 \text{ kJ/kg}$ ,  $s_f=0.4764 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ,  $s_{fg}=7.9187 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$P=10 \text{ kPa}$ ,  $v_f=0.00101 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $h_f=191.83 \text{ kJ/kg}$ ,  $h_{fg}=2392.8 \text{ kJ/kg}$ ,  $s_f=0.6493 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ,  $s_{fg}=7.5009 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$P=50 \text{ kPa}$ ,  $v_f=0.00103 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $h_f=340.49 \text{ kJ/kg}$ ,  $h_{fg}=2305.4 \text{ kJ/kg}$ ,  $s_f=1.0910 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ,  $s_{fg}=6.5029 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$P=100 \text{ kPa}$ ,  $v_f=0.001043 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $h_f=417.46 \text{ kJ/kg}$ ,  $h_{fg}=2258.0$ ,  $s_f=1.3026 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ,  $s_{fg}=6.0568 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$(P=3.5 \text{ MPa}, 350^\circ\text{C}) : h=3104 \text{ kJ/kg}$ ,  $s=6.6579 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

Données thermodynamiques : variante 2

$P=10 \text{ kPa}$ ,  $v_f=0.00101 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $h_f=191.83 \text{ kJ/kg}$ ,  $h_{fg}=2392.8 \text{ kJ/kg}$ ,  $s_f=0.6493 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ,  $s_{fg}=7.5009 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$(P=1 \text{ MPa}, 350^\circ\text{C}) : h=3157.7 \text{ kJ/kg}$ ,  $s=7.3011 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$(P=3.5 \text{ MPa}, 350^\circ\text{C}) : h=3104 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ,  $s=6.6579 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$(P=6 \text{ MPa}, 350^\circ\text{C}) : h=3043 \text{ kJ/kg}$ ,  $s=6.3335 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$(P=10 \text{ MPa}, 350^\circ\text{C}) : h=2923.4 \text{ kJ/kg}$ ,  $s=5.9443 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

(vap saturée,  $350^\circ\text{C}$ ) :  $h_g=2563.9 \text{ kJ/kg}$ ,  $s_g=5.2112 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ,  $P_{\text{sat}}=16.513 \text{ MPa}$ .

Données thermodynamiques : variante 3

$P=10 \text{ kPa}$ ,  $v_f=0.00101 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $h_f=191.83 \text{ kJ/kg}$ ,  $h_{fg}=2392.8 \text{ kJ/kg}$ ,  $s_f=0.6493 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ,  $s_{fg}=7.5009 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$(P=3.5 \text{ MPa}, \text{vapeur saturée}) : h=h_g=2803.4 \text{ kJ/kg}$ ,  $s=s_g=6.1253 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$(P=3.5 \text{ MPa}, 350^\circ\text{C}) : h=3104 \text{ kJ/kg}$ ,  $s=6.6579 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$(P=3.5 \text{ MPa}, 500^\circ\text{C}) : h=3450 \text{ kJ/kg}$ ,  $s=7.1572 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$(P=3.5 \text{ MPa}, 800^\circ\text{C}) : h=4143.7 \text{ kJ/kg}$ ,  $s=7.9134 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$