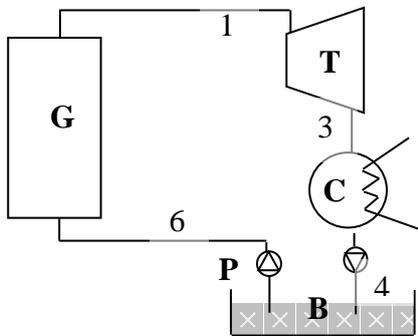


Etude d'une turbine à vapeur

Le schéma ci-dessous donne les éléments d'une turbine à vapeur utilisée pour produire du travail.



- G : générateur de vapeur
à pression constante
- Tv : turbine adiabatique
- C : condenseur (pression constante et eau non sous-refroidie)
- B : Bâche d'alimentation à Pa
(réservoir d'eau)
- P : pompe eau liquide

Les conditions amont de la turbine sont : $P_1=14$ bars et $T_1=300$ °C,

La pression en aval de la turbine est 0.06 bar et $T=36$ °C.

L'alimentation en eau de la chaudière est réalisée grâce à une bâche contenant de l'eau à la pression atmosphérique Pa. Deux pompes P à eau sont utilisées, une pour amener les condensats issus du condenseur à $P=Pa=1$ bar, l'autre pour injecter l'eau dans le générateur.

On définit l'efficacité adiabatique de détente par $N_{det} = W_u/W_u^{isen}$, où W_u est le travail utile réellement fourni et W_u^{isen} le travail utile fourni au cours d'une détente isentropique.

La valeur de N_{det} est égale à 0.8

Toutes les propriétés thermodynamiques sont lues sur le diagramme (h,s) joint sauf l'enthalpie de l'eau liquide qui est calculée par $h_{eau,liq}(kJ/kg)=4.18*t$ (°C).

Le travail de compression de toutes les pompes liquides dans ce devoir sera toujours négligé et on supposera que l'enthalpie de l'eau liquide ne varie à travers ces pompes.

1°) déterminer les points 1, 4 et 6 du circuit (Température, Pression et enthalpie).

Placer sur le diagramme le point 3^{isen} atteint en sortie de turbine si la détente est isentropique.

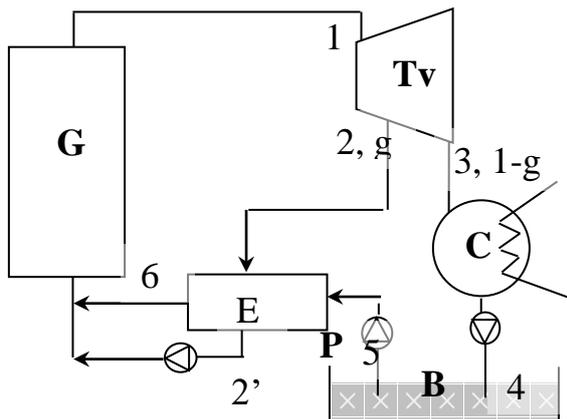
En déduire le travail massique w_u^{isen} .

Calculer le travail utile fourni w_u (par kg de vapeur). En déduire l'enthalpie du point 3 et le placer sur le diagramme (h,s).

Calculer le rendement de l'installation.

2°) Etude la turbine avec soutirage et échangeur

Pour améliorer l'installation, on effectue un soutirage de la vapeur au cours de la détente dans la turbine. Cette vapeur est ensuite utilisée pour préchauffer l'eau rentrant dans le générateur comme cela est indiqué dans le schéma ci-dessous.

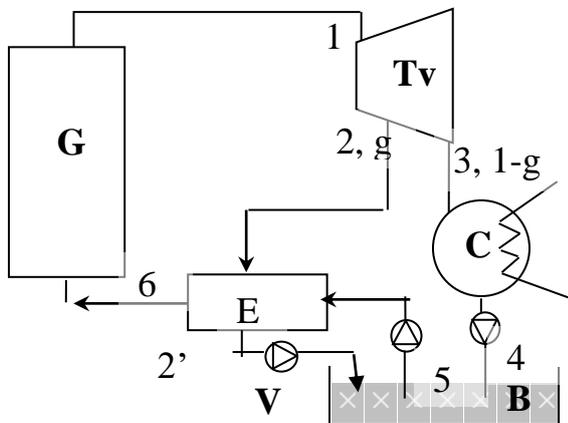


- E : échangeur (sans perte)
- g : fraction du débit massique total,
en %, qui est soutiré en 2
- Pression de soutirage $P_2= 3$ bar
- La turbine à vapeur est la même qu'au 1°),
donc les points 1 et 3 sont les mêmes.

- 2°-1) Donner les valeurs des points (1-3-4-5) du circuit et les reporter dans le tableau joint.
- 2°-2) On suppose que la détente dans la turbine (1-2-3) est représentée par un segment de droite sur le graphe (h,s). Déterminer le point 2 sur ce graphe.
L'eau qui sort de l'échangeur en 2' est liquide à la température de changement d'état. Déterminer le point 2' et finir de remplir le tableau.
- 2°-3) à l'aide du bilan d'énergie sur l'échangeur, calculer la valeur de g.
- 2°-4) Calculer le travail utile fourni w_u (par kg de vapeur) et le rendement de l'installation.
Comparer au cas où il n'y a pas de soutirage de vapeur.
- 2°-5) L'installation est conçue pour délivrer sur la turbine une puissance de 25 MW.
Calculer le débit de vapeur avec ou sans soutirage. Conclusion ?

3°) Variante de la turbine avec soutirage.

Un variante de l'installation précédente consiste à injecter les condensats en sortie de l'échangeur dans la bache d'alimentation grâce à une vanne de détente parfaite (sans perte d'enthalpie) comme cela est indiqué dans le schéma ci-dessous. La bache est donc un mélangeur dans lequel rentre l'eau en 2' et en 4 et d'où il ressort l'eau dans les conditions 5



V : vanne de détente isenthalpe
g : la fraction du débit massique total, soutiré en 2, reste la même que précédemment.
Pression de soutirage $P_2 = 3$ bars

grâce à deux bilans d'énergie, Calculer l'enthalpie h_6 en sortie de l'échangeur. En déduire la température de l'eau en 6.

Calculer le rendement de cette nouvelle installation et comparer aux deux cas précédents.

Réponses

- 1°) $P_1 = 14$ bar, $T_1 = 300^\circ\text{C}$, $h_1 = 3040$ kJ/kg (lu sur le diagramme)
 $P_3 = 0.06$ bar, $T_3 = 30^\circ\text{C}$, $h_3 = 2320$ kJ/kg (lu sur le diagramme)
 $P_4 = 1$ bar, $T_4 = 36^\circ\text{C}$, $h_4 = 150,5$ kJ/kg
 $P_6 = 14$ bar, $T_6 = T_4 = 36^\circ\text{C}$, $h_6 = h_4 = 150,5$ kJ/kg
 $w_u^{\text{isen}} = -900$ kJ/kg, $w_u = -720$ kJ/kg, $r = -W_u/Q_c = 24,9\%$, $h_3 = 2320$ kJ/kg
- 2°-2) $P_2 = 3$ bar, $T_2 = 170^\circ\text{C}$ (lu sur le diagramme), $h_2 = 2800$ kJ/kg (lu sur le diagramme)
 $P_2' = 3$ bar, $T_2' = 135^\circ\text{C}$ (lu sur le diagramme), $h_2 = 564,3$ kJ/kg
- 2°-3) $g = (h_6 - h_5)/(h_2 - h_5) = 0.156$ (rappel : pour 1kg/s d'eau dans le circuit)
- 2°-4) $w_u = g(h_2 - h_1) + (1-g)(h_3 - h_1) = -645$ kJ/kg
 $r = -W_u/Q_c = 26,1\%$, meilleur que sans soutirage
- 2°-5) débit massique dans le circuit avec soutirage = 38,7 kg/s
débit massique dans le circuit sans soutirage = 34,7 kg/s
Si soutirage, Plus de vapeur dans le générateur, installation plus grande.
- 3°) Bilan échangeur : $g(h_2 - h_2') = (h_6 - h_5)$
Bilan bache/mélangeur : $g h_2' + (1-g) h_4 = h_5$
 $h_6 = 564$ kJ/kg même point que dans le 2°), $T_6 = 135^\circ\text{C}$
 $w_u = 645$ kJ/kg même valeur que précédemment
 $r = -W_u/Q_c = 26,1\%$ même rendement que précédemment