

CORRECTION EXAMEN FINAL

EXERCICE 1

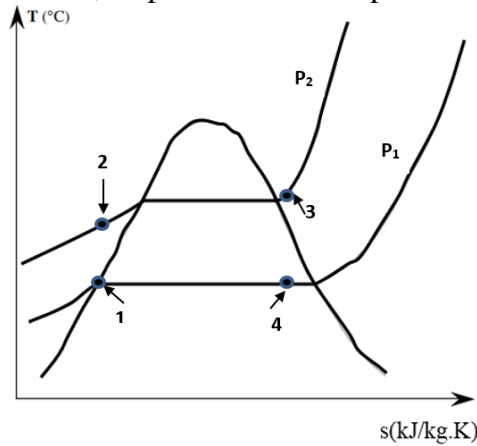
Le cycle de Hirn est un cycle de Rankine avec une surchauffe. Il comporte les transformations suivantes :

- 1-2 Compression isentropique de l'eau liquide de $P_1 = 10 \text{ kPa}$ à $P_2 = 2 \text{ MPa}$ dans la pompe.
- 2-3 Chauffage puis vaporisation à pression constante P_2 , dans la chaudière.
- 3-4 Détente isentropique de la pression P_2 à la pression P_1 , dans la turbine.

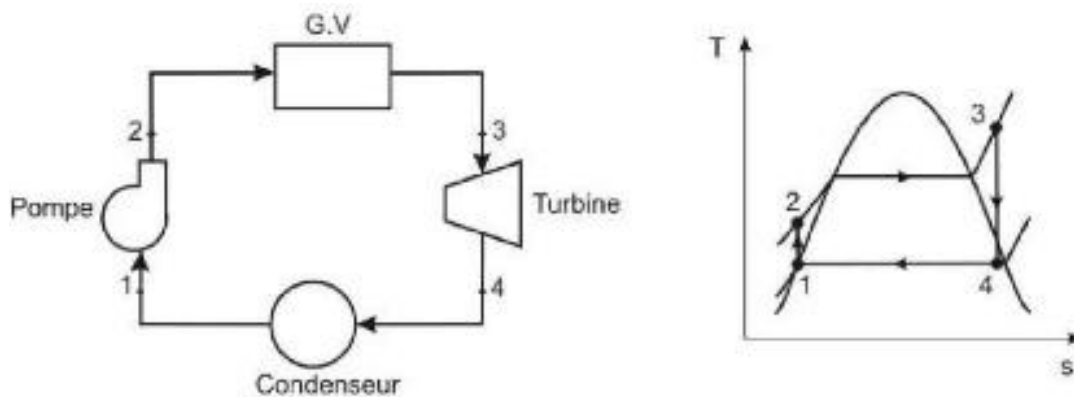
La vapeur est sèche à l'entrée de la turbine, représentée par le point 3 sur le diagramme entropique (T, S) ci-joint.

4-1 Condensation dans le condenseur à la pression P_1 et à la température T_1 constantes, jusqu'à l'état liquide saturé.

À la sortie de la chaudière, le fluide, au point 3 a une température $T_3 = 300 \text{ °C}$.



1. Représenter le schéma de principe de cette installation vapeur, en indiquant le sens de parcours du fluide et en numérotant la position du fluide aux entrées et sorties des différents éléments (chaudière, condenseur, pompe, turbine).



2. Donner la nature de l'eau (liquide ou vapeur) du cycle sur le diagramme entropique (coordonnée T - s) joint aux points 1,2,3 et 4.

- 1 : *Liquide saturé*
- 2 : *Liquide comprimé*
- 3 : *Vapeur surchauffée*
- 4 : *Mélange Vapeur-liquide*

3. En utilisant les données des tables thermodynamiques ci jointes de l'eau, déterminer les enthalpies massiques par kg (en kJ/kg) du fluide aux points 1 et 3 (h_1 et h_3)

$$h_1 \text{ à } P_1 = 10 \text{ kPa ; liquide saturé} \quad \text{donc} \quad h_1 = 191.83 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 \text{ à } P_2 = 2 \text{ MPa ; vapeur surchauffée} \quad \text{donc} \quad h_3 = 3023.5 \text{ kJ/kg}$$

Table thermodynamique de vapeur et liquide saturé

| P (kPa) | h_{liquide} (kJ/kg) | h_{vapeur} (kJ/kg) | s_{liquide} (kJ/kg.K) | s_{vapeur} (kJ/kg.K) |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 10 | 191.83 | 2584.7 | 0.6493 | 8.1502 |
| 2000 | 908.79 | 2799.5 | 2.4474 | 6.3409 |

Table thermodynamique de vapeur surchauffée

| $P = 10 \text{ kPa}$ | | | $P = 2 \text{ MPa}$ | | |
|----------------------|-------------|---------------|---------------------|-------------|---------------|
| T (°C) | h (kJ/kg) | s (kJ/kg.K) | T (°C) | h (kJ/kg) | s (kJ/kg.K) |
| 300 | 307.5 | 9.2813 | 300 | 3023.5 | 6.7664 |

4. En négligeant le travail de la pompe, déduire l'enthalpie h_2 (en kJ/kg).

$$h_2 = h_1 = 191.83 \text{ kJ/kg}$$

5. En utilisant le titre de vapeur x , calculer l'enthalpie au point 4 (h_4 en kJ/kg)

$$x = \frac{h_4 - h_{1\text{liq}}}{h_{4\text{vap}} - h_{1\text{liq}}} = \frac{s_3 - s_{1\text{liq}}}{s_{4\text{vap}} - s_{1\text{liq}}} = \frac{6.7664 - 0.6493}{8.1502 - 0.6493} = 0.81$$

$$h_4 = x(h_{4\text{vap}} - h_{1\text{liq}}) + h_{1\text{liq}} = 0.81(2584.7 - 191.83) + 191.83 = 2130.05 \text{ kJ/kg}$$

6. Calculer la quantité de chaleur Q_{23} échangée dans la chaudière entre le milieu extérieur (en kJ/kg)

$$Q_{23} = h_3 - h_2 = 3023.5 - 191.83 = 2831.67 \text{ kJ/kg}$$

7. Calculer le travail W_{43} effectué par la turbine (en kJ/kg)

8.

$$W_{34} = h_3 - h_4 = 3023.5 - 2130.05 = 893.45 \text{ kJ/kg}$$

9. Calculer le rendement thermique du cycle.

$$\rho = \frac{W_{34}}{Q_{23}} = \frac{893.45}{2831.67} = 0.31$$

9. On remarque que le rendement est faible

10. On peut l'améliorer

En augmentant la valeur de la température à la sortie de la chaudière T3 jusqu'à la valeur maximale

En chauffant la valeur une deuxième fois après la sortie de la turbine