

Université de Med Boudiaf M'sila
Faculté de Technologie
Département de Génie Electrique

Année Universitaire 2025/2026
Option Hydrogène vert vecteur d'énergie
Master 1^{ère} Année

TD 3 : Conversion thermique.

Ex 01 :

Énoncé : Soit un cycle Brayton ouvert (air parfait) alimentant un alternateur. Données :

- Débit massique d'air : $\dot{m}=25,0 \text{ kg/s}$.
- Température ambiante $T_1=288,0 \text{ K}$.
- Pression ambiante $P_1=1,013 \text{ bar}$
- Rapport de pression du compresseur $r_p=12$,
- Rendement isentropique compresseur $\eta_c=0,86$
- Rendement isentropique turbine $\eta_t=0,88$
- Température d'entrée turbine (T) $T_3=1100,0 \text{ K}$.
- Air : $c_p=1,005 \text{ kJ/kg}$ \ $\gamma=1,4$

Questions :

1. Calculer la température isentropique de sortie compresseur T_{2s} puis la température réelle T_2 .
2. Calculer le travail spécifique du compresseur $W_c \text{ (kJ/kg)}$.
3. Calculer la température isentropique de sortie turbine T_{4s} puis le travail spécifique réel de la turbine W_t .
4. Calculer le travail net spécifique W_{net} la puissance nette $P_{net} \text{ (kW)}$ et le rendement thermique simple $\eta_{th} \text{ (en \%)}$, en prenant $q_{in}=c_p(T_3-T_2)$

Ex 02:

Énoncé : Soit un cycle Rankine avec réchauffé (single réchauffé). Données :

- Pression chaudière haute : $P_1=120$. Température vapeur turbine entrée : $T_1=550 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Après première turbine (HP) vapeur détendue vers un réchauffeur puis réchauffée à $T_{reheat}=520 \text{ }^\circ\text{C}$ à $P_2=30 \text{ bar}$ (entrée turbine LP).
- Pression condenseur : $P_{cond}=0,05 \text{ bar}$.
- Rendement isentropique turbines (HP et LP) : $\eta_t=0,88$.
- Travail pompe négligeable pour les ordres de grandeur (ou $w_{pump}=15 \text{ kJ/kg}$).

- Enthalpies (donné ou à interpoler) : pour simplifier on prend les valeurs tabulées suivantes (approx) :
 - $h_1=3460$ kJ/kg (vapeur superchauffée 120 bar, 550 °C)
 - Après détente HP isentropique $h_{2s}=3200$ kJ/kg
 - Après détente LP isentropique $h_{4s}=2100$ kJ/kg
 - Enthalpie eau avant chaudière (sortie pompe) $h_5=420$ kJ/kg
 - Enthalpie vapeur après réchauffage $h_3=3420$ kJ/kg

Questions :

1. Calculer les travaux isentropiques et réels des turbines (HP et LP) : $W_{t,HP}$ $W_{t,LP}$.
2. Calculer le travail net spécifique w_{net} et le rendement thermique η_{th} en prenant $q_{in}=(h_1-h_5) + (h_3-h_2)$ (énergie fournie dans la chaudière + réchauffeur).
3. Si la centrale doit fournir $P_{net}=100$ MW , déterminer le débit massique $\dot{m}$ (kg/s).

Ex 03 :

Soit un cycle combiné (Baryton +Rankine) ayant les données suivantes :

- Débit massique d'air entrant : $\dot{m}'=25,0$ kg/s
- Température ambiante $T_1=300,0$ K
- Rapport de compression $r_p=10$
- Température entrée turbine (T) $T_3=1400,0$ K
- Rendement isentropique du compresseur $\eta_c=0,85$
- Rendement isentropique de la turbine $\eta_t=0,88$
- c_{pc} de l'air (approx.) $=1005$ J/(kg·K)
- $\gamma=1,4$ (air parfait)
- Pouvoir calorifique inférieur (LHV) du combustible : $43,0 \times 10^6$ J/kg
- Fraction de chaleur récupérée par le générateur de vapeur : 70%
- Rendement électrique effectif du cycle vapeur (Rankine) à partir de la chaleur récupérée : 35%

On demande de calculer ;

Partie 1 : Cycle de Baryton

1. La température T_2 à la sortie du compresseur ;
2. La température T_4 à la sortie de la turbine ;
3. Le travail net spécifique du cycle de Baryton ;
4. La puissance mécanique-électrique nette de la turbine à gaz ;
5. La quantité de chaleur fournie à la chambre de combustion (par Kg d'air) ;
6. Le débit massique du combustible utilisé ;

7. Le rendement du cycle de Baryton.

Partie 2 : Cycle de Rankine

1. La puissance disponible dans les gaz d'échappement ;
2. La puissance récupérée par le générateur de vapeur ;
3. LA puissance de la vapeur récupérée par la turbine à vapeur,
4. La puissance du cycle combiné et son rendement