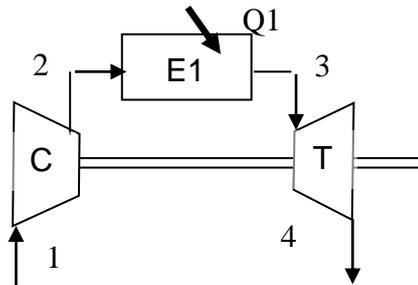


### Cycles Turbine Gaz

le gaz est de l'air que l'on assimile à un gaz parfait dont la capacité calorifique  $c_p$  est constante.

#### LE CYCLE IDEAL DE BRAYTON

Le schéma ci-dessous donne les éléments d'une turbine utilisée pour produire du travail. La compression et la détente sont adiabatiques et réversibles. Les échanges de chaleurs se font à pression constante.



C compresseur  
 T Turbine  
 E1 Echangeur  
 $P_1 = P_4 = 1 \text{ atm}$   
 $T_3 = 1150 \text{ K}$  et  $T_1 = 300 \text{ K}$

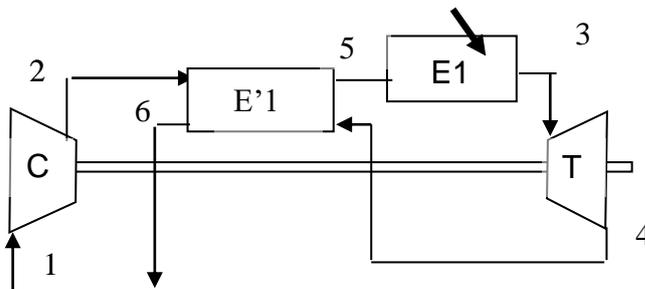
1°-a) donner, pour l'unité de masse, l'allure d'un cycle sur le diagramme  $(P,v)$  et  $(T,s)$ .

1°-b) Calculer le rendement théorique  $\eta_{théo} = -W_{net} / Q_1$  de cette installation en fonction de  $r$ , le rapport des pressions  $P_2/P_1$ , et de  $\gamma = c_p/c_v$ . ( $W_{net}$  est le travail récupéré sur l'arbre de la turbine)

A.N. : calculer  $\eta_{théo}$  pour  $\gamma = 1,4$ ,  $r = 8$

#### LE CYCLE AVEC REGENERATION

La température à la sortie de la turbine est élevée et supérieure à la température de sortie du compresseur. On utilise donc le gaz chaud à la sortie de la turbine pour préchauffer le gaz en sortie du compresseur.



2°-a) On suppose que cette installation a les caractéristiques idéales de la turbine étudiée au 1°. L'échangeur E'1 est parfait,  $T_5 = T_4$  et  $T_6 = T_2$ .

Donner l'allure du cycle sur un diagramme  $(T,s)$ .

Donner la nouvelle valeur du rendement  $\eta_{théo}$  en fonction de  $T_1$ ,  $T_3$ ,  $r$  et  $\gamma$ .

Faire l'application numérique avec les données du 1°)

2°-b) L'échangeur E'1 n'est pas parfait. Son efficacité est donnée par

$$\varepsilon = \frac{h_5 - h_2}{h_4 - h_2},$$

et elle est égale à 0,8. Calculer la valeur numérique du rendement  $\eta_{réel}$  de l'installation.

## LE CYCLE AVEC COMPRESSION BI-ETAGEE AVEC REFROIDISSEMENT ET UNE DETENTE A DEUX ETAGES AVEC RECHAUFFE DES GAZ

On utilise une compression à deux étages avec un refroidissement ainsi qu'une détente à deux étages avec une réchauffe:

Pour la compression :

- les deux compresseurs sont identiques et ils ont même taux de compression,
- le taux de compression total est de  $P_2/P_1=8$
- les deux compressions sont isentropiques
- la température des gaz après refroidissement  $T_{2r}$  est égale à la température des gaz en entrée du premier compresseur  $T_1$  et il n'y a pas de pertes de charge dans l'échangeur

Pour la détente :

- les deux turbines sont identiques et ont même rapport de pression à la détente,
- Les deux détente sont isentropiques
- la température des gaz après la réchauffe  $T_{4r}$  est égale à la température des gaz en entrée de la première turbine  $T_3$  et il n'y a pas de pertes de charge dans l'échangeur

Pour l'échange interne : l'échangeur  $E'1$  est parfait.

3°-a) Calculer les valeurs numériques des pressions intermédiaires  $P_{1r}$  et  $P_{3r}$  montrer que  $T_{1r}=T_2$  et  $T_{3r}=T_4$ .

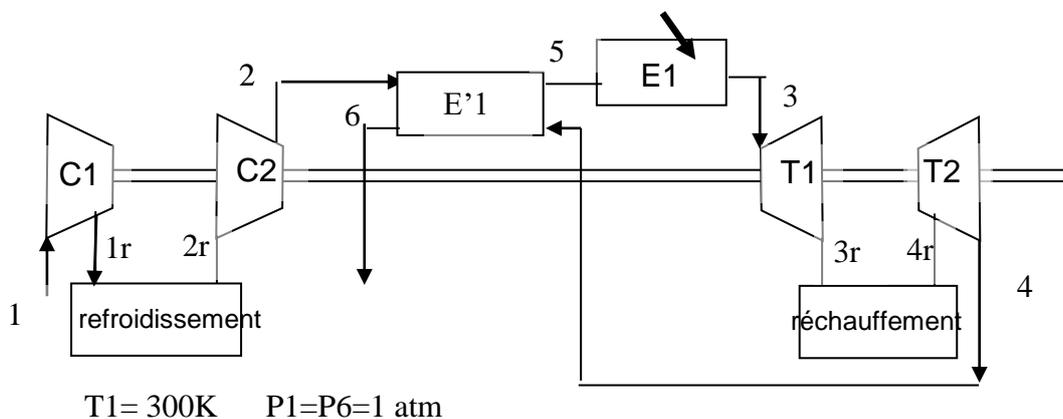
A. N. : Calculer les valeurs de  $T_2$  et  $T_4$ , avec  $T_1=300K$ ,  $T_3=1150K$  et  $\gamma=1,4$ .

donner, pour l'unité de masse, l'allure d'un cycle sur le diagramme  $(T,s)$ .

indiquer sur ce diagramme les sens des échanges avec l'extérieure (chaleur et travail utile).

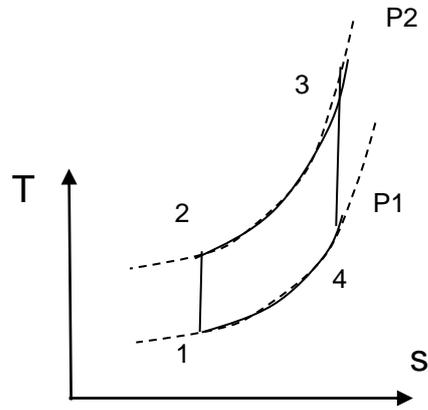
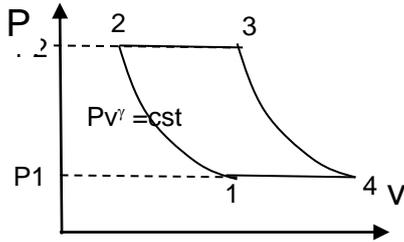
3°-b) Calculer la valeur théorique du rendement global de l'installation en fonction de  $r=P_2/P_1$ ,  $T_1$ ,  $T_3$  et  $\gamma$ .

faire l'application numérique



# Réponses

1°-a)

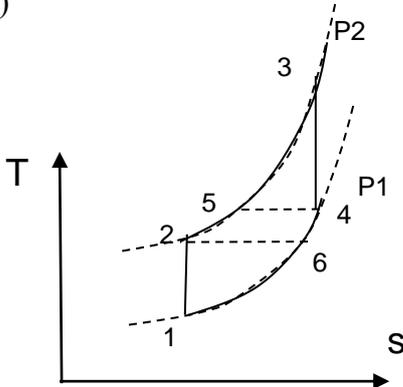


1°-b)  $W_{net} = - [(h_3-h_4) - (h_2-h_1)]$ ,  $Q_1 = h_3-h_2$

Pour un gaz parfait  $h = c_p T + cst$  :  $\eta_{théo} = 1 - (T_4 - T_1) / (T_3 - T_2)$ .

Pour une transformation adiabatique réversible  $P^{1-\gamma} T^\gamma = cst \implies \eta_{théo} = 1 - r^{(1-\gamma)/\gamma} = 0,448$

2°-a)



$W_{net} = - [(h_3-h_4) - (h_2-h_1)]$ ,  $Q_1 = h_3-h_5$  et  $h_5 = h_4$

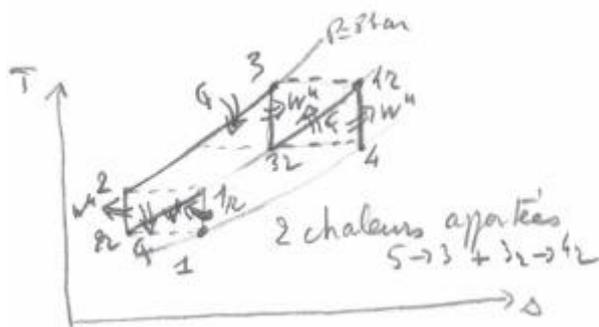
$\eta_{théo} = 1 - (T_2 - T_1) / (T_3 - T_4)$

$\eta_{théo} = 1 - T_1 / T_3 r^{(\gamma-1)/\gamma} = 0,527$

2°-b)  $T_5$  n'est plus égale à  $T_4$ ,  $T_5 = \varepsilon(T_4 - T_2) + T_2 = 616,5K$

$\eta_{réel} = 0,509$

3°-a)



$P_{2r}/P_1 = (P_2/P_1)^{1/2}$ ,  $P_{3r}/P_4 = (P_3/P_4)^{1/2}$

$T_{1r}/T_1 = (P_2/P_1)^{(\gamma-1)/\gamma}$ ,  $T_{2r}/T_2 = (P_2/P_1)^{(\gamma-1)/\gamma}$ ,  $T_{1r}/T_1 = T_{2r}/T_2$

or  $T_{2r} = T_1 \implies T_{1r} = T_2$

même raisonnement pour les détentes :  $T_{3r} = T_4$

$T_{1r} = 403,8 K$  et  $T_{3r} = 854,4 K$

3°-b)  $\eta_{bi-étagé} = 1 - T_1 / T_3 r^{(\gamma-1)/2\gamma} = 0,649$