

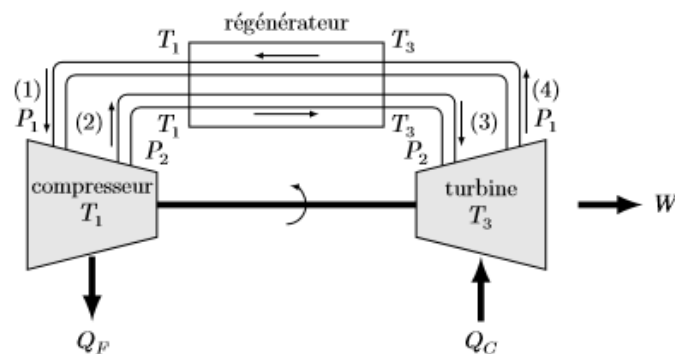


## CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

### Thermodynamique

Le cycle d'Ericsson, utilisé dans des moteurs à air destinés à la propulsion navale est constitué ainsi :

- Étape (1 → 2) : compression isotherme dans le compresseur (Cp). L'air est maintenu à la température  $T_1$  dans le compresseur où il passe de l'état (1) ( $P_1, T_1$ ) à l'état (2) ( $P_2, T_1$ ) avec  $P_2 > P_1$ . Ce faisant, il cède à l'extérieur le transfert thermique  $Q_P$ .
- Étape (2 → 3) : l'air pénètre ensuite dans le régénérateur où il passe de l'état (2) ( $P_2, T_1$ ) à l'état (3) ( $P_2, T_3$ ), chauffé de manière isobare par une contre-circulation d'air chaud (cf. étape 4 → 1) provenant de la turbine (ce chauffage ne coûte donc rien).
- Étape (3 → 4) : détente isotherme dans la turbine (Tb). L'air est maintenu à la température  $T_3$ , bien que détendu dans la turbine. Il y reçoit donc un transfert thermique  $Q_C$  (coûteux, celui-là). Il passe de l'état (3) ( $P_2, T_3$ ) à l'état (4) ( $P_1, T_3$ ).
- Étape (4 → 1) : l'air revient à l'état l'état (1) ( $P_1, T_1$ ) après passage dans le régénérateur où il est refroidi, en réchauffant le flux l'air qui y circule en sens inverse (cf. étape 2 → 3).



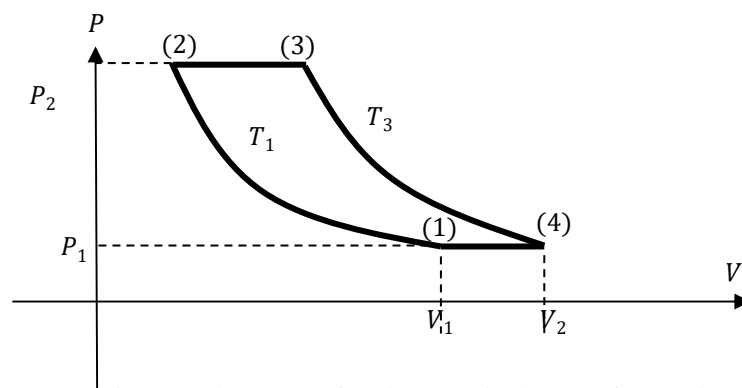
On supposera que le cycle est mécaniquement réversible. L'air est assimilé à un gaz parfait de coefficient  $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1,4$ .

1. Représenter le cycle dans un diagramme de Watt ( $P, V$ ) en précisant son sens de parcours.
2. Définir et exprimer le rendement en fonction de  $T_1$  et  $T_3$ . Commenter le résultat obtenu.
3. Que peut-on en déduire quant à l'entropie créée au cours du cycle ? Est-ce surprenant ?
4. La source froide est l'océan, de température  $T_1 = 7^\circ\text{C}$ , la chaudière du navire se comporte comme une source chaude de température  $T_3 = 627^\circ\text{C}$ . Le moteur développe une puissance de 500 kW. Quelle est la puissance fournie par la chaudière ?



Corrigé

1) Le diagramme de Clapeyron (et non de Watt qui représente  $P(V_{reacteur})$ ) :



On peut appliquer le 1<sup>e</sup> principe des systèmes en écoulement à chaque étape du cycle afin de prendre en compte directement du travail de transvasement :

$$\Delta h_{1-2} = w_{1-2} + q_F = 0$$

$$w_{1-2} = -q_F = \int_{(1)}^{(2)} v dP = \frac{RT_1}{M} \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \text{ et } q_c = -\frac{RT_3}{M} \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

On trouve alors le rendement :

$$\eta = \frac{-w}{q_c} = \frac{q_c + q_f}{q_c} = 1 + \frac{q_f}{q_c} = 1 - \frac{T_1}{T_3}$$

On retrouve le rendement du moteur de Carnot ! Ce qui est logique car on effectue ici une cogénération de l'énergie (analogue à un moteur de Stirling)

Sur un cycle :  $\Delta s = 0 = s_e + s_c$  avec  $s_e = \sum \frac{q_i}{T_i} = \frac{q_c}{T_3} + \frac{q_f}{T_1} = 0$  donc  $s_c = 0$  : pas de dégradation de l'énergie, pas de création de l'entropie !

$$\eta = \frac{-P_u}{\dot{Q}_c} = 1 - \frac{T_1}{T_3} \text{ Don } \dot{Q}_c = -T_3 \frac{P_u}{T_3 - T_1} = (627 + 273) \times \frac{500}{(620)} \approx 726 \text{ kW}$$