

**EXERCICE 1 : CENTRALE THERMIQUE**

Une centrale (sans alternateur) peut être considérée comme un moteur thermique où le fluide caloporteur (l'eau) décrit un cycle entre deux sources :

- une source chaude, qui est le cœur du réacteur, de température constante  $\theta_1 = 327^\circ\text{C}$ ;
- et une source froide, qui est l'eau d'un fleuve de température constante  $\theta_2 = 15^\circ\text{C}$

1. En prenant comme référence le fluide caloporteur, préciser, en les justifiant, les signes des quantités de chaleur  $Q_1$  et  $Q_2$  que l'eau échange avec les sources, ainsi que le signe du travail  $W$ .
2. Donner la définition du rendement thermique du cycle.
3. Établir l'expression du rendement thermique  $\eta_c$  du cycle de Carnot qui fonctionnerait entre les mêmes températures  $T_1$  et  $T_2$ . Calculer ce rendement  $\eta_c$ .
4. L'efficacité thermique  $\eta$  de la centrale n'est que 0.58 par rapport au rendement du cycle du Carnot. Calculer le rendement  $\eta$  de la centrale.
5. Le cœur de la centrale fournit une puissance thermique de 3000 MW. En déduire la puissance électrique fournie par la centrale.
6. Calculer la quantité de chaleur échangée, par seconde, avec la source froide.
7. L'élévation de la température de l'eau du fleuve ne doit pas excéder  $2^\circ\text{C}$ . Calculer le débit volumique  $\dot{v}$  minimal du fleuve.

Données : capacité thermique massique de l'eau  $c'_{eau} = 4185 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ;  $\rho_{eau} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

**EXERCICE 2 : MACHINE DE CARNOT**

On considère 1 kg d'air (considéré comme gaz parfait), subissant un cycle de Carnot ABCDA : AB et CD isothermes et BC et DA adiabatiques réversibles.

La température au point A est  $T_A = 300 \text{ K}$ . Les pressions du gaz dans les états A, B et C sont respectivement  $P_A = 1 \text{ bar}$ ,  $P_B = 3 \text{ bar}$ ,  $P_C = 9 \text{ bar}$ .

1. Calculer le rendement thermique du cycle des deux manières :
  - (a) en faisant le bilan thermique du cycle;
  - (b) à partir des températures extrêmes du cycle.
2. Calculer les variations d'entropie de l'air, au cours des quatre transformations du cycle.

Données : Masse molaire de l'air =  $29,1 \text{ g mol}^{-1}$ ;  $\gamma = 7/5$

**EXERCICE 3 : MOTEUR THERMIQUE À AIR**

Dans un moteur thermique à air, 1 kg d'air (gaz supposé parfait) décrit de façon réversible le cycle des transformations suivantes :

- une compression isotherme de l'état 1 ( $P_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $T_1 = 350 \text{ K}$ ) à l'état 2 ( $P_2 = 8 \text{ bar}$ );
- un échauffement isobare de l'état 2 à l'état 3 ( $T_3 = 1400 \text{ K}$ );
- une détente adiabatique de l'état 3 à l'état 4;
- et un refroidissement isobare de l'état 4 à l'état 1.

1. Calculer la capacité thermique molaire de l'air à pression constante. Puis sa capacité thermique massique à pression constante.

2. Déterminer les valeurs de la pression, la température et le volume dans les états 1, 2, 3 et 4.
3. Représenter le cycle étudié dans un diagramme de Clapeyron.
4. Quel est le rendement thermique  $\eta$  du cycle ? Le comparer au rendement thermique  $\eta_c$  du cycle de Carnot fonctionnant entre les mêmes températures extrêmes.

Données : Masse molaire de l'air :  $29,1 \text{ g mol}^{-1}$  ;  $R = 8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ;  $\gamma = 7/5$

<b>EXERCICE 4 : MOTEUR À EXPLOSION</b>
--

Le cycle théorique d'un moteur à explosion peut être assimilé au cycle des transformations suivantes :

- admission du mélange air-essence de l'état A à l'état B ( $T_B = 350 \text{ K}$ ,  $P_B = 1 \text{ bar}$ , et  $V_B = 2,00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ) ;
- compression adiabatique de l'état B à l'état C. On appelle taux de compression, le rapport  $\tau_c$  :

$$\tau_c = \frac{V_B}{V_C} = 8,4$$

- combustion du mélange gazeux à volume constant de l'état C à l'état D ( $T_D = T_C + 2000 \text{ K}$ )
- détente adiabatique de l'état D à l'état E ;
- refroidissement à volume constant de l'état E à l'état B ;
- échappement de l'état B à l'état A ( $P_A = P_B$  et  $V_A = V_C$ )

Un cycle représente donc 2 tours du moteur.

On admet qu'au cours d'un cycle BCDEB, le fluide est assimilable à un gaz parfait dont le nombre de moles reste constante au cours des transformations (combustion comprise).

1. Calculer la masse du mélange gazeux.
2. Déterminer les valeurs de la pression, volume et température dans les états B, C, D et E.
3. Représenter le cycle dans un diagramme de Clapeyron (PV).
4. Bilan thermodynamique
  - (a) Donner les expressions littérales puis calculer les travaux et les chaleurs échangés au cours de chaque transformation.
  - (b) Calculer le travail mis en jeu, au cours d'un cycle.
  - (c) Le moteur tourne à  $3000 \text{ tr min}^{-1}$  (soit 1500 admissions). Calculer la puissance théorique.
  - (d) Déterminer la quantité de chaleur reçue, par le mélange gazeux, au cours d'un cycle. Calculer le rendement.

Données : capacité thermique massique du fluide à pression constante  $c'_p = 1,0 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ; Masse molaire du fluide  $M = 29,1 \text{ g mol}^{-1}$  ;  $R = 8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ;  $\gamma = 1,4$