

Devoir Maison (A Rendre Avant le 5 Février 2021)

Matière : Thermodynamique

Parcours M.I.P.C.

L'attention est attirée sur le fait que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entrent pour une part importante dans l'appréciation des copies. La présentation de la copie est aussi un élément non négligeable dans l'évaluation du travail fourni.

EXERCICE : 1

La pompe à chaleur (PAC en abrégé) est destinée à assurer le chauffage d'une masse d'eau liquide contenue dans une citerne à partir d'une source de chaleur externe (l'air, le sol ou l'eau) dont la température est inférieure à celle du système à chauffer. La PAC est un matériel qui permet de réaliser un transfert thermique d'un milieu froid vers un milieu chaud, c'est-à-dire inverse du sens naturel.

Pour réaliser ce transfert « inverse », une dépense d'énergie est nécessaire, elle correspond à un échange de travail W fourni par un compresseur à un fluide caloporteur, c'est-à-dire un corps capable de s'écouler et qui permet d'échanger de l'énergie avec les sources chaude et froide. Ce fluide, au contact de la source froide extérieure (air, sol ou eau), absorbe de l'énergie qu'il restitue ensuite lors de son contact avec la source chaude, c'est-à-dire l'eau à chauffer. On fait donc décrire une série de transformations au fluide qui le ramènent, périodiquement, dans un état initial. On parle de « cycle thermodynamique ».

Dans les PAC à condensation, l'absorption et la restitution d'énergie par le fluide reposent sur le changement d'état de celui-ci.

-Son évaporation (passage du fluide de l'état liquide à l'état gazeux dans l'évaporateur) permet l'absorption d'énergie lors du contact avec la source froide extérieure, l'échange d'énergie est noté Q_F ;

-Sa condensation (passage du fluide de l'état gazeux à l'état liquide dans le condenseur) permet la restitution d'énergie lors du contact avec l'eau à chauffer, l'échange d'énergie est noté Q_C .

On veut échauffer une masse d'eau liquide $m = 1000 \text{ Kg}$ contenue dans une citerne de $T_1 = 10^\circ \text{C}$ à $T_3 = 40^\circ \text{C}$ sous la pression atmosphérique (On rappelle la capacité thermique massique à pression

constante de l'eau $C_p = 4180 J.K^{-1}.Kg^{-1}$). A cet effet, on utilise une pompe à chaleur fonctionnant réversiblement entre cette masse d'eau et un lac à une température constante, égale à $T_2 = 10^0C$.

- 1) Qu'entend-on par l'expression « sens naturel » pour un transfert thermique ? Qu'en est-il dans le cas de la pompe à chaleur ?
- 2) Indiquer sur un schéma simple le positionnement des composants d'une PAC et justifier le sens de circulation du fluide caloporteur dans ce cas d'utilisation.
- 3) Exprimer les quantités de chaleur Q_F et Q_C échangées durant l'échauffement de l'eau de la température T_1 à la température T_3 .
- 4) Déterminer le travail fourni par le milieu extérieur quand l'eau de la citerne a atteint la température T_3 . Faire l'application numérique.
- 5) Calculer la variation d'entropie de la source froide.
- 6) Définir puis calculer l'efficacité thermodynamique $\mathcal{E}_{PAC}$ de la PAC.
- 7) Quel est l'intérêt du point de vue économique d'une PAC ?

EXERCICE : 2

Le moteur à explosion est un moteur à combustion interne dont l'allumage est commandé par éclateurs (bougies). Il fonctionne suivant le cycle de Beau de Rochas ou de cycle d'Otto. Ce cycle peut se décomposer en quatre transformations thermodynamiques consécutives subies par un mélange air carburant initialement admis dans une chambre de combustion via une soupape d'admission.

- ✓ Une compression isentropique du mélange $(1 \rightarrow 2)$
 - ✓ Une explosion du mélange à volume constant $2 \rightarrow 3$
 - ✓ Une détente isentropique du mélange $(3 \rightarrow 4)$
 - ✓ Une chute de pression du mélange à volume constant due à l'ouverture d'une soupape d'échappement $(4 \rightarrow 1)$
- P_i, V_i, T_i , respectivement la pression, le volume et la température du mélange aux points i variant de 1 à 4.
- Q_{23} , le transfert thermique(ou chaleur échangée) mis en jeu dans l'étape $2 \rightarrow 3$.
- Q_{41} , le transfert thermique(ou chaleur échangée) mis en jeu dans l'étape $4 \rightarrow 1$.
- W , le travail total échangé au cours du cycle complet.

- C_V et C_P , respectivement les capacités calorifiques molaires isochore et isobare du mélange

$$\left(\gamma = \frac{C_P}{C_V} \right).$$

- η le rendement du moteur.

On considère le mélange air carburant comme un système thermodynamique fermé assimilable à **une mole de gaz parfait**.

- 1) Identifier sur le cycle les quantités de chaleur et travaux échangées et leurs signes, et écrire le bilan thermique sur un cycle.
- 2) Définir le rendement η du moteur. Exprimer η en fonction de T_1 , T_2 , T_3 et T_4 .
- 3) Déterminer les expressions des rapports $\frac{T_2}{T_1}$ et $\frac{T_3}{T_4}$ en fonction de $K = \frac{V_1}{V_2}$ (taux de compression du cycle) et γ .
- 4) En déduire l'expression de η en fonction de K et γ .
- 5) Comment η varie-t-il en fonction de K . Commenter.
- 6) Application numérique : pour $\gamma = 1.5$ et $K = 9$, calculer η .
- 7) Déterminer la variation d'entropie du système au cours des quatre transformations constituant le cycle. En déduire la variation d'entropie du système au cours d'un cycle. Conclure.
- 8) Représenter le cycle dans le diagramme entropique (T, S) .

