Applications directes

AD 1. Moteur réel

1. Pour un moteur, le rendement est le rapport du travail produit sur le transfert thermique fourni par la source chaude :
$$r = \frac{|W|}{Q_c} = \frac{500}{1500} \quad \Rightarrow \quad \boxed{r = 33\%}$$
Pour la machine de Carnot fonctionnant entre les mêmes températures :
$$r_C = 1 - \frac{T_F}{T_c} = 1 - \frac{400}{650} \quad \Rightarrow \quad \boxed{r_C = 38\%}$$
2. Sur un cycle, la variation d'entropie est nulle ; compte tenu des différentes transformations, cette variation s'écrit également :
$$0 = \Delta S = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_F}{T_f} + S^c \quad \Rightarrow \quad S^c = -\frac{Q_c}{T_c} - \frac{Q_F}{T_F}$$
On déterminer le transfert thermique Q_F à l'aide du premier principe appliqué sur un cycle :
$$0 = \Delta U = W + Q_c + Q_F \quad \Rightarrow \quad Q_F = -W - Q_c = -(-500) - 1500 = -1000 \text{ J}$$
Pour l'application numérique, il faut prendre garde au fait que $W < 0$, le travail est cédé à l'extérieur, on obtient $Q_F < 0$, le transfert thermique est cédée à la source froide.

Et finalement pour l'entropie créée :
$$S_c = -\frac{Q_c}{T_c} - \frac{Q_F}{T_F} = \frac{-1500}{650} + \frac{1000}{400} \quad \Rightarrow \quad \boxed{S_c = 0,19 \text{ J.K}^{-1}}$$

AD 2. Rendement d'un cycle

1. Appliquons l'équation des gaz parfaits en A et en B :
$$p_0 \times 2V_0 = RT_A = RT_0 \quad \text{et} \quad p_0 V_0 = RT_B$$
On en déduit : $\boxed{T_B = T_0/2}$
La transformation entre C et A est adiabatique et réversible , la loi de Laplace s'applique pour un gaz parfait :
$$T_C V_C^{\gamma-1} = T_A V_A^{\gamma-1} \quad \text{soit} \quad \boxed{T_C = T_A \left(\frac{V_A}{V_C}\right)^{\gamma-1} = 2^{\gamma-1} T_0}$$
2. La détente s'effectue à haute pression et la compression à plus basse pression ; sur un cycle le gaz cède un travail à l'extérieur, il s'agit donc d'un <u>moteur</u>.
Le gaz est en contact avec la source froide entre A et B donc $Q_{AB} = Q_F$ (la diminution de volume à pression constante s'accompagne d'une diminution de température) ; le gaz est en contact avec la source chaude entre B et C et donc $Q_{BC} = Q_c$ (le contact avec la source chaude entraîne à volume constant une augmentation de pression).
Pour un moteur, on sait que le rendement est donné par :
$$\boxed{\eta = \frac{-W}{Q_c} = \frac{Q_F + Q_c}{Q_c} = 1 + \frac{Q_{AB}}{Q_{BC}}}$$
3. La transformation AB est une transformation isobare, le transfert thermique s'identifie à la variation d'enthalpie, selon :
$$Q_{AB} = \Delta H_{AB} = \frac{R\gamma}{\gamma - 1}(T_B - T_A)$$
La transformation BC est une transformation isochore, le transfert thermique s'identifie à la variation d'énergie interne, selon :
$$Q_{BC} = \Delta U_{BC} = \frac{R}{\gamma - 1}(T_C - T_B)$$
On en déduit le rendement :
$$\boxed{\eta = 1 + \frac{\gamma(T_B - T_A)}{T_C - T_B}}$$
On utilise alors $T_A = T_0$, $T_B = T_0/2$ et $T_C = 2^{\gamma-1}T_0$ pour en déduire :
$$\boxed{\eta = 1 - \frac{\gamma}{2^\gamma - 1} = 0,15}$$
4. Le gaz est chauffé jusqu'à $T_C = 2^{\gamma-1}T_0$ qui constitue la température de la source chaude et refroidi jusqu'à $T_B = T_0/2$, température de la source froide ; le rendement de Carnot est donné par :
$$\boxed{\eta_{max} = 1 - \frac{T_F}{T_c} = 1 - \frac{T_B}{T_C} = 1 - \frac{1}{2^\gamma} = 0,62}$$