

Corrigé de l'épreuve de physique B.T.S 99

Étude du réchauffage de l'eau d'une piscine

Première partie

1° question : La puissance électrique de la résistance chauffante est $P = 3 \text{ kW}$. Elle fonctionne pendant $\Delta t = 24 \text{ h} = 24 \times 3600 \text{ s}$; l'énergie Q reçue par l'eau du bassin s'écrit :

$$Q = P \times \Delta t$$

$$\text{A.N. : } Q = 259 \text{ MJ}$$

2° question : Le kilowatt-heure est une **unité d'énergie** !

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \times 3600 \text{ s} = 36 \cdot 10^5 \text{ J} \text{ soit } 3,6 \text{ MJ}$$

Le coût journalier (c) s'écrit : $c = \frac{Q}{3,6 \text{ MJ}} \times 0,65 \text{ F} \cong 46,80 \text{ F}$ (1 MJ = 10^6 J)

3° question : Soit $\Delta\theta$ l'augmentation de la température de l'eau du bassin au cours de la journée.

Le bassin contient $V = 100 \text{ m}^3$ d'eau.

Si l'on néglige tous les autres échanges énergétiques, l'énergie thermique reçue par l'eau s'écrit : $Q = \mu C V \Delta\theta$; on en déduit : $\Delta\theta = \frac{Q}{\mu C V}$ A.N. : $\Delta\theta = 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$

4° question : Soit V_r le volume d'eau renouvelée. Cette eau passe de la température θ_r à la température θ_b grâce à l'énergie thermique Q apportée par le chauffage électrique.

On écrit : $Q = V_r \mu C (\theta_b - \theta_r)$ soit $V_r = \frac{Q}{\mu C (\theta_b - \theta_r)}$ A.N. : $V_r \cong 5 \text{ m}^3$

Le taux τ de renouvellement de l'eau s'écrit alors : $\tau \cong \frac{5 \text{ m}^3}{100 \text{ m}^3} = \frac{1}{20}$

Le taux de renouvellement est conforme à la législation.

Seconde partie

1° question : Le cycle correspond à un **cycle récepteur** (description du cycle dans le sens direct dans le diagramme de Clapeyron comme dans le diagramme entropique !).

Une transformation adiabatique et réversible est isentropique.

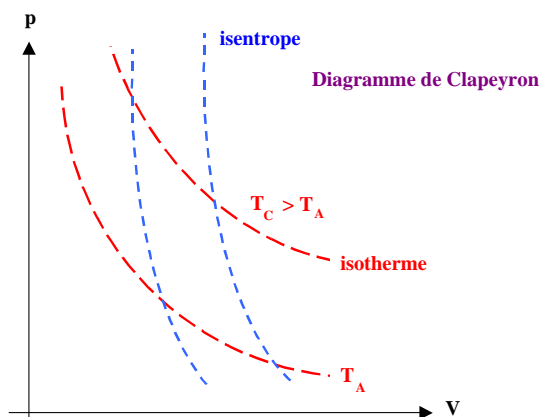


Diagramme de Clapeyron

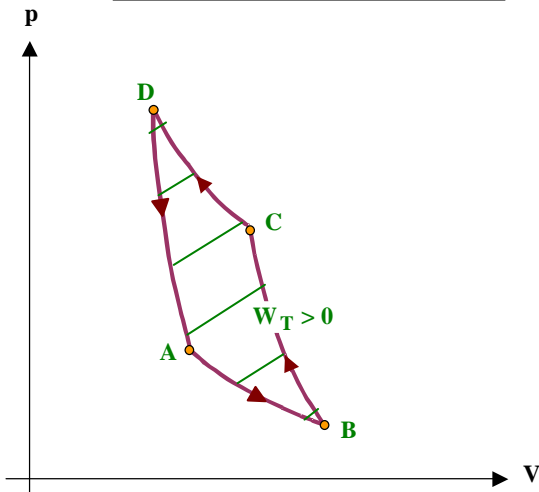
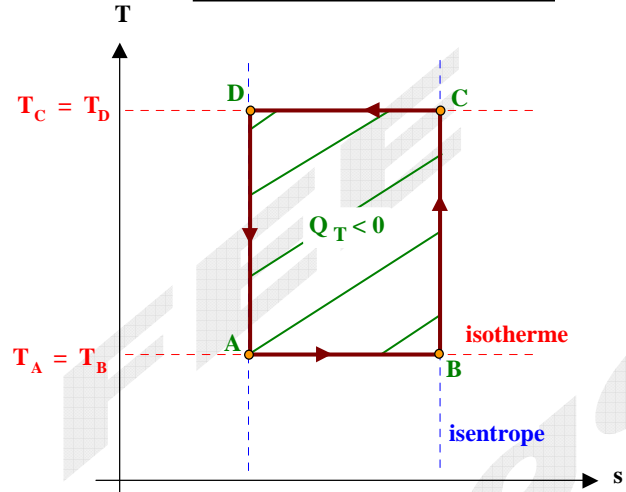


Diagramme entropique



2° question :

a) On applique le **Premier Principe** au fluide qui décrit le cycle : $(\Delta U)_{\text{cycle}} = W_T + Q_T$

W_T : travail total **reçu** par le fluide décrivant le cycle.

Q_T : énergie thermique totale **reçue** par le fluide au cours du cycle.

L'énergie interne U est une fonction d'état de sorte que l'on a : $(\Delta U)_{\text{cycle}} = 0$

Donc : $W_T + Q_T = 0$ soit : $W_T = -Q_T$

b)

➤ $Q_T = Q_{AB} + Q_{CD}$ car $Q_{BC} = Q_{DA} = 0$ avec :

□ $Q_{CD} < 0$ puisque le fluide **doit céder de la chaleur de la chaleur à la source chaude** (T_C) ; pour l'utilisateur de cette pompe à chaleur, la « recette » est donc constituée par la chaleur reçue par la source chaude soit $-Q_{CD}$.

□ $Q_{DA} > 0$ puisque le fluide doit recevoir de la chaleur de la part de la source froide (T_A).

Pour transférer de l'énergie thermique de la source froide vers la source chaude, le fluide doit recevoir le travail W_T de l'extérieur ; pour l'utilisateur de la pompe à chaleur, c'est la « dépense ».

Le coefficient de performance s'écrit donc : $\varepsilon = \frac{-Q_{CD}}{W_T}$ soit : $\varepsilon = \frac{Q_{CD}}{Q_{CD} + Q_{AB}} = \frac{1}{1 + \frac{Q_{AB}}{Q_{CD}}}$ (a)

➤ Le fluide subit au cours du cycle des transformations **réversibles**. Les échanges d'énergie thermique n'ont lieu qu'avec des sources **dont la température reste constante pendant le cycle**.

Dans ce cas, le **Second Principe** nous permet d'écrire : $(\Delta S)_{\text{cycle}} = \frac{Q_{AB}}{T_A} + \frac{Q_{CD}}{T_C}$

Comme l'entropie S est une fonction d'état, on a : $(\Delta S)_{\text{cycle}} = 0$.

On en déduit : $\frac{Q_{AB}}{Q_{CD}} = -\frac{T_A}{T_C}$ de sorte que l'expression (a) du coefficient de performance devient :

$$\varepsilon = \frac{1}{1 - \frac{T_A}{T_C}} \text{ ou, plus simplement : } \varepsilon = \frac{T_C}{T_C - T_A} \quad (\text{b})$$

c) *Application numérique* : $\varepsilon = 28,4$

Remarque : Cette valeur est très élevée ! Le cycle de Carnot est un cycle « idéal », guère réalisable dans la pratique.

3° question : L'énergie électrique fournie par le moteur, en un jour, est notée W ; l'énergie thermique reçue par l'eau se note Q (valeur déjà calculée dans la première partie du problème).

D'après ce qui précède, on a : $\frac{Q}{W} = 12$ (coefficient de performance)

On en déduit : $W = \frac{Q}{12} = 21,6 \text{ MJ}$

Le coût journalier (c') s'écrit : $c' = \frac{1}{12} \times \frac{Q}{3,6 \text{ MJ}} \times 0,65 \text{ F} \cong 3,90 \text{ F}$

Remarque : Le coût journalier est effectivement divisé par 12 ! L'entretien d'une pompe à chaleur est, malgré tout plus onéreux que l'entretien d'un circuit électrique ...