

Corrigé de l'EC8: Moteur de scooter

Énoncé

Nous considérerons un piston de moteur de scooter se déplaçant entre deux positions extrêmes délimitant des volumes v et $V > v$. L'air est supposé se comporter comme un gaz parfait de coefficient $\gamma = 1,4$.

Le moteur considéré fonctionne en deux temps :

- * 1^e temps : compression adiabatique réversible $A \rightarrow B$ puis combustion isochore $B \rightarrow C$
- * 2nd temps : détente adiabatique réversible $C \rightarrow D$ puis échappement des gaz et admission simultanée d'un nouveau mélange $D \rightarrow A$, la transformation étant supposée isochore.

Les propriétés thermodynamiques des étapes sont décrites dans le tableau ci-dessous :

Étape	A	B	C	D
P (bar)	1	6	25,9	4,3
V (cm ³)	68,5	19	19	68,5
T (K)	300	499	2156	1293

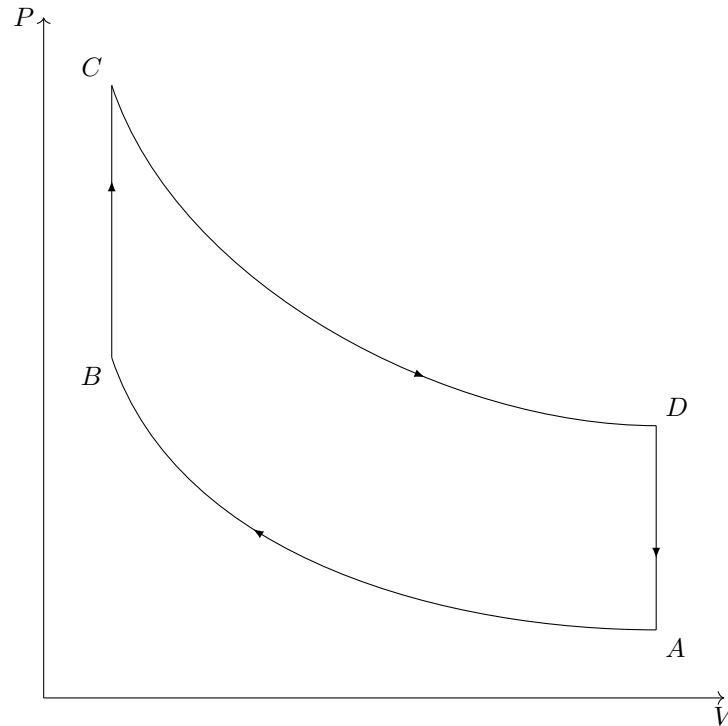
1. Représenter le cycle dans un diagramme de Clapeyron.
2. Exprimer la quantité de matière n d'air impliqué dans un cycle. Réaliser l'application numérique.
3. Donner les expressions du travail mécanique lors de chaque étape du cycle puis total lors du cycle. Réaliser l'application numérique.
4. En déduire la puissance du moteur à vitesse maximale. Commenter.
5. Déterminer le rayon du cylindre.
6. Déterminer la quantité de CO_2 émise par le moteur pour une utilisation d'une heure à vitesse maximale. Commenter.

Fiche technique :

- Vitesse maximale $V_s = 45 \text{ km.h}^{-1}$ à 7000 tours.min⁻¹
- Puissance maximale $\mathcal{P}_m = 4,40 \text{ kW}$ à la vitesse maximale
- Cylindrée $C = V - v = 49,5 \text{ cm}^3$
- Course du piston $d = 39,2 \text{ mm}$
- Pouvoir énergétique du carburant : $PCS = 30 \text{ kJ.cm}^{-3}$
- Consommation aux 100km à la vitesse maximale : $Conso = 3,1 \text{ L}$
- Rendement énergétique : $\eta = 38\%$
- Taux de compression $a = \frac{V}{v} = 3,6$
- La consommation d'un litre d'essence produit environ 2,3kg de CO_2 .

Correction

- 1.



2. Le gaz étant supposé parfait, on a $PV = nRT$.

Donc $n = \frac{P_A V_A}{RT_A} = 2,75 \text{ mmol}$.

3. Les transformations $B \rightarrow C$ et $D \rightarrow A$ sont isochores, or $\delta W = -P_{ext}dV = 0$.

Donc $W_{B \rightarrow C} = W_{D \rightarrow A} = 0$.

Les transformations $A \rightarrow B$ et $C \rightarrow D$ sont adiabatiques, donc $Q = 0$.

D'après le premier principe, on a $dU = \delta W + \delta Q = \delta W$.

Or, le gaz étant supposé parfait, on a, d'après la première loi de Joule, U ne dépend que de T donc $\Delta U = C_V \Delta T$.

Donc $\delta W = dU = \frac{nR}{\gamma-1} dT$.

En intégrant, on a finalement, $W_{A \rightarrow B} = \frac{nR}{\gamma-1} (T_B - T_A)$ et $W_{C \rightarrow D} = \frac{nR}{\gamma-1} (T_D - T_C)$.

On a donc $W_{A \rightarrow B} = 11,3 \text{ J}$ et $W_{C \rightarrow D} = -48,9 \text{ J}$.

Finalement $W_{cycle} = W_{A \rightarrow B} + W_{C \rightarrow D} = -37,6 \text{ J}$.

4. À vitesse maximale, le moteur tourne à 7000 tours, soit cycle, par minute.

La durée d'un cycle est donc $T = \frac{60}{7000} = 8,57 \text{ ms}$.

La puissance du moteur à vitesse maximale est donc $\mathcal{P} = \frac{|W_{cycle}|}{T} = 4390 \text{ W}$.

On trouve bien une valeur proche de la valeur de la puissance maximale $\mathcal{P}_m$.

5. Posons S la surface du cylindre, on a $S = \pi r^2$.

Donc $C = V - v = Sd = \pi r^2 d$.

Donc $r = \sqrt{\frac{C}{\pi d}} = 2,0 \text{ cm}$.

6. Le puissance thermique obtenue par combustion lorsque le scooter roule à vitesse maximale est $\mathcal{P}_{th} = \frac{\mathcal{P}_m}{\eta} = 11,6 \text{ kW}$.

L'énergie consommée pendant une heure d'utilisation du scooter à vitesse maximale est alors $E_{conso} = \mathcal{P}_{th} \times 1h$ (la puissance étant supposée constante).

Le pouvoir énergétique du carburant étant l'énergie récupérée par unité de volume de combustible lors de sa combustion, le volume de carburant consommé pendant une heure est alors $V_{car} = \frac{P_{th} \times 1h}{PCS} = 1390 \text{cm}^3 = 1,39\text{L}$.

La consommation d'un litre d'essence correspondant à l'émission 2,3kg de CO_2 , l'utilisation du scooter à vitesse maximale pendant 1h produit donc 3,2kg de CO_2 .

Une voiture moyenne produit environ 110g de CO_2 par kilomètre parcouru (source Ademe), pour faire les 45km parcourus à la vitesse maximale par le scooter, elle émet donc 4,95kg de CO_2 .

La valeur est plus élevée, ce qui n'est pas étonnant, la voiture est plus lourde et plus volumineuse que le scooter, il faut donc plus d'énergie pour la faire avancer.