

Bien que chaque gaz à effet de serre ait une action sensiblement différente des autres (leurs spectres étant différents), nous venons de voir que le principe de leurs effets est le même pour tous. Il a ainsi été introduit la mesure de la masse d'équivalent CO₂ (ou CO₂éq) pour ramener les émissions de chaque gaz à effet de serre aux émissions de CO₂ qui présenteraient le même potentiel de réchauffement global : on parle alors d'" émissions carbone " .

Partie II - Émissions carbone d'une voiture thermique

Dans son sixième rapport d'évaluation, le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) estime à 56 gigatonnes d'équivalent CO₂ les émissions annuelles mondiales. Sur ce total, environ 15 % sont imputées au secteur des transports (routier, aérien et maritime).

Au cours de cette deuxième partie, nous nous intéresserons au transport routier responsable de plus de la moitié de ces émissions.

II.1 - Fonctionnement de la voiture thermique

On s'intéresse au fonctionnement d'une voiture Clio de la marque Renault dont les caractéristiques sont données dans le **document 1**.

Document 1 - Caractéristiques techniques d'une Renault Clio

Moteur	
Carburant	Essence
Cylindrée (cm ³)	898
Rapport de compression	9,5:1
Puissance maximale (ch)	90
Couple maximal (N · m)	140
Performances	
Vitesse maximale (km · h ⁻¹)	178
0 - 100 km · h ⁻¹ (s)	12,1
Carburant	
Consommation à 100 km · h ⁻¹ (L/100 km)	10
Volume du réservoir (L)	45

Tableau 1 - Caractéristiques de la voiture

Source : www.renaultgroup.com

On définit le rapport volumétrique comme le rapport $\delta = \frac{V_h}{V_b}$ et la cylindrée comme le volume total admis par l'ensemble des cylindres du moteur lors de la phase d'admission.

Le moteur à essence de cette voiture utilise un mélange air-essence modélisé par un cycle thermodynamique de Beau de Rochas.

Ce cycle est constitué des phases successives suivantes :

- $0 \rightarrow 1$: admission isobare et isotherme du mélange dans la chambre de combustion jusqu'au point mort haut de volume V_h . La quantité de matière de mélange admise sera notée n_e ;
- $1 \rightarrow 2$: compression adiabatique réversible du mélange vers le point mort bas de volume V_b où le mélange est porté à une température de 614 K ;
- $2 \rightarrow 3$: combustion isochore du mélange qui atteint une température de 1 800 K ;
- $3 \rightarrow 4$: détente adiabatique réversible du mélange jusqu'au point mort haut où le mélange descend à une température de 879 K ;
- $4 \rightarrow 1$: ouverture de la soupape modélisée par un refroidissement isochore jusqu'à la température ambiante de 300 K ;
- $1 \rightarrow 0$: éjection isobare et isotherme du mélange jusqu'au point mort bas.

Pour simplifier l'étude, on assimile le mélange air-essence à un système fermé constitué d'une quantité de matière n_e d'un gaz parfait diatomique de coefficient isentropique γ , hors étapes d'admission et d'éjection. On notera {GP} ce système.

On note respectivement W , Q_c et Q_f , le travail reçu par le système de la part du rotor du moteur, le transfert thermique reçu par le système de la part de la source chaude et le transfert thermique reçu par le système de la part de la source froide sur un cycle. On note également d'un indice i , toute variable d'état associée à l'état i .

Q28. Identifier les sources chaude et froide, et donner leurs températures.

Q29. Donner, en justifiant, les signes de Q_f , Q_c et de W .

Q30. Représenter le cycle dans le diagramme de Watt (P , V). Commenter le sens de parcours du cycle représenté.

II.2 - Étude théorique du rendement

Q31. Rappeler la relation de Mayer reliant les capacités thermiques à volume constant C_v et à pression constante C_p de {GP}.

Q32. En déduire les expressions de ces capacités thermiques en fonction de n_e , γ et de R , la constante des gaz parfaits.

Q33. Exprimer Q_{23} , le transfert thermique reçu par {GP} lors de la phase $2 \rightarrow 3$, en fonction notamment des températures T_2 et T_3 .

Q34. Exprimer Q_{41} , le transfert thermique reçu par {GP} lors de la phase $4 \rightarrow 1$, en fonction notamment des températures T_1 et T_4 .

Q35. En déduire une expression du rendement du moteur η en fonction des températures T_1 , T_2 , T_3 et T_4 .

Q36. Exprimer la température T_4 en fonction de T_3 , V_b , V_h et de γ .

Q37. Exprimer la température T_1 en fonction de T_2 , V_b , V_h et de γ .

Q38. En déduire l'expression de η en fonction de δ et de γ .

L'application numérique donne $\eta = 0,59$. On utilisera cette valeur pour la suite.

Q39. Établir l'expression du rendement de Carnot η_c associé à ce cycle. Faire l'application numérique et commenter.