

EXERCICE 1

Dans un cycle de Stirling, le fluide de masse $m=2,9$ g, assimilé à un gaz parfait diatomique ($\gamma=1,4$), de masse molaire $M=29$ g, subit une évolution cyclique réversible ABCD, constituée de deux portions isothermes AB et CD séparées par deux portions isochores BC et DA.

Les températures et les pressions aux points A et C sont respectivement : $T_A=290$ K, $P_A=1$ bar, $T_C=1450$ K et $P_C=40$

bar. Le taux de compression $\alpha = \frac{V_A}{V_C} = 8$.

- 1) Déterminer les pressions inconnues.
- 2) Représenter le cycle dans le diagramme P,V .
- 3) Calculer le travail et la chaleur reçus par le gaz sur chaque portion du cycle.
- 4) Les échanges thermiques au cours des évolutions isochores se font à l'aide d'un régénérateur interne à la machine. Les seuls échanges thermiques avec l'extérieur se font lors des étapes isothermes. En déduire le rendement du cycle et commenter.

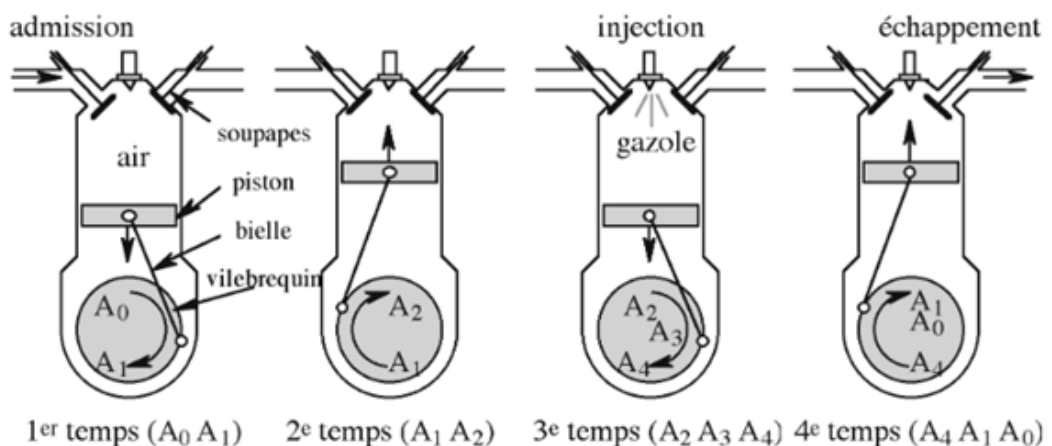
REMARQUE : Le scepticisme vis-à-vis des grandes inventions ne date pas d'aujourd'hui. La preuve en est apportée ci-dessous. Les réticences proviennent, comme souvent, de personnes très éminentes qui redoutent de remettre en cause leur "vérité" : *Un pasteur écossais présente à la Faculté de Londres un moteur que personne ne comprend. Face à lui : Watt, sa notoriété et son moteur à vapeur. Stirling donne néanmoins un exemplaire de son moteur à la faculté. Un peu plus tard, il finit à la cave.*

Soixante-dix ans plus tard, Lord Kelvin qui faisait du rangement, tombe dessus. Il le prend dans son labo, le répare et réfléchit. Associant ce moteur à l'ouvrage de Carnot, il en comprend le fonctionnement, mieux il l'explique ! Il fonde ainsi le deuxième principe de la thermodynamique. peut être grâce à Robert Stirling, qui sait ? (infos BBC Londres dans le film " l'Echec du moteur Stirling")

EXERCICE 2

Le moteur d'un véhicule automobile au gazole est un moteur atmosphérique qui fonctionne par autoallumage (sans bougie) du carburant. Le fonctionnement de ce moteur est décomposé ci-dessous :

- 1^{er} temps : il s'agit de l'admission de l'air (A_0A_1) dans le cylindre à pression constante (pression atmosphérique). Le piston, entraîné par le vilebrequin descend en aspirant l'air à pression constante.
- 2^e temps : le cylindre étant fermé, la compression adiabatique et réversible (A_1A_2) de l'air est réalisée grâce à la remontée du piston.
- 3^e temps : la détente ($A_2A_3A_4$), que l'on décomposera en deux parties dans le cycle thermodynamique (voir ci-dessous), constitue le temps moteur où la combustion se produit à pression sensiblement constante (A_2A_3) et où les gaz se détendent ensuite de façon adiabatique et réversible, entraînant le piston vers le bas en entraînant le vilebrequin.
- 4^e temps : l'échappement ($A_4A_1A_0$). Le système thermodynamique constitué par les gaz brûlés est ramené à la pression initiale (A_4A_1). Les gaz sont ensuite refoulés par la remontée du piston.



On considèrera que toutes les étapes sont réversibles. On considère également que :

- l'air est assimilé à un gaz parfait de masse molaire $M=29 \text{ g.mol}^{-1}$, caractérisé par $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1.4$
- la quantité de carburant injectée est faible devant la quantité d'air et la combustion ne modifie pas cette quantité d'air, autrement dit que le gaz circulant dans ce moteur sera considéré comme un système fermé constitué d'une même quantité d'air tout au long du cycle.

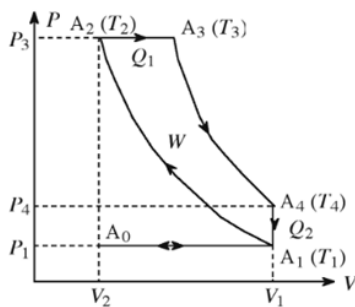
1) Etude générale du cycle :

En début de compression (point A_1), l'air est admis dans le moteur à la pression $p_1=1 \text{ bar}$ et à la température $T_1=293$

K. Le taux de compression (rapport volumétrique $\frac{V_1}{V_2}$) est $a=15$ et le taux de détente (rapport volumétrique $\frac{V_1}{V_3}$) est

$b=5$. On en déduit que $\frac{V_3}{V_2} = 3$.

- Déterminer puis calculer la pression p_2 et la température T_2 en fin de compression. (point A_2)
- Déterminer puis calculer les températures T_3 et T_4 en début et fin de détente (points A_3 et A_4) ainsi que la pression p_4 .
- Déterminer puis calculer les transferts thermiques molaires, (c'est-à-dire calculés pour une mole de gaz), $Q_{1,m}$ et $Q_{2,m}$ échangés entre une mole de gaz constituant le système thermodynamique et le milieu extérieur lors des transformations (A_2A_3) pour $Q_{1,m}$ et (A_4A_1) pour $Q_{2,m}$.
- Déterminer puis calculer le travail molaire $W_{T,m}$ échangé par une mole de ce système lors d'un cycle ($A_1A_2A_3A_4A_1$).
- Déterminer puis calculer r_{moteur} le rendement de ce moteur.



2) Etude de la combustion :

- La cylindrée du moteur (volume total maximal des cylindres du moteur) est $V_1=2 \text{ L}$. Déterminer le nombre de moles d'air impliqué dans chaque cycle et en déduire le transfert thermique Q_1 échangé par le système thermodynamique pendant la phase de combustion (A_2A_3). Faire l'application numérique.
- Le transfert thermique obtenu par la combustion d'un kilogramme de carburant est $q=46,8.10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$. En déduire la masse de carburant, $m_{carburant}$, utilisée à chaque cycle. Faire l'application numérique.
- A une vitesse $v=130 \text{ km.h}^{-1}$, le vilebrequin tourne à 3000 tr.min^{-1} . Sachant qu'un cycle correspond à deux aller-retour du piston, c'est-à-dire deux tours de vilebrequin, déterminer la durée τ d'un cycle et la distance d parcourue par le véhicule pendant ce cycle. Faire l'application numérique.
- En déduire la consommation de carburant c en litres aux 100 km de ce véhicule à cette vitesse. La masse volumique du carburant (gazole) est $\rho = 0,8 \text{ kg.L}^{-1}$.

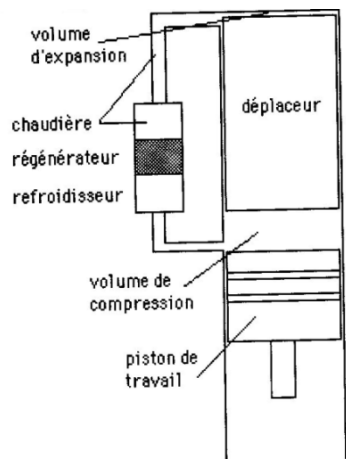


Schéma d'un moteur Stirling

