DEVOIR MAISON N°2

Thermodynamique T2 T3

- **A rendre le VENDREDI 12 DECEMBRE 2025**

<u>Problème N°1 : Recherche de l'état final d'un système</u> (Problème ouvert)

Dans un calorimètre de valeur en eau $\mu = 20$g, dont les parois sont parfaitement adiabatiques et initialement à $\theta_2 = 20$°C, on introduit une masse $m_1 = 0,12$kg de glace à $\theta_1 = 0$°C, une masse $m_2 = 0,26$kg d'eau liquide à $\theta_2 = 20$°C et une masse $m_3 = 0,1$kg de vapeur d'eau à $\theta_3 = 100$°C.

La pression est constante et égale à 1atm.

Décrire l'état final du système.

Données : Chaleur latente de fusion de la glace à 0°C : $L_f = 334,8\text{kJ.kg}^{-1}$
Chaleur latente de vaporisation de l'eau à 100°C : $L_v = 2260\text{kJ.kg}^{-1}$
Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_l = 4,185\text{kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

- *Il sera nécessaire de faire une hypothèse sur l'état final, puis valider cette hypothèse (ou non) après résolution.*

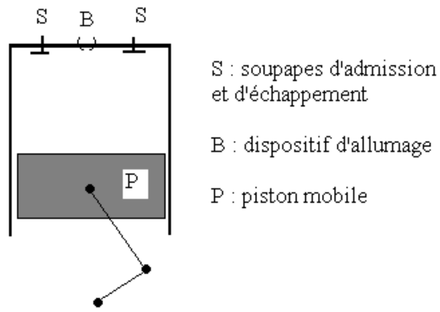
PROBLEME N°2 : ETUDE D'UN MOTEUR A ESSENCE

Nous nous proposons d'étudier le fonctionnement d'un moteur de Clio. Il s'agit d'un moteur à combustion interne à allumage par bougies, alimenté par de l'essence. On se limite à l'étude de l'un des cylindres du moteur.

Tableau 1 : données techniques sur un véhicule Renault Clio IV (modèle essence, version 0.9 energy zen eco2 99g)

Cylindrée	$V_{max} - V_{min}$ = 900 cm^3
Puissance W)	90 chevaux au régime de 5250 tours par minute (1 cheval = 735
Émission de CO_2	99 g·km^{-1}
Consommation moyenne	4,3 L pour 100 km
Injection d'octane à chaque cycle	$V_{oct} = 9,2.10^{-5}$ L

Afin de simplifier le problème, on suppose que le moteur étudié est constitué d'un seul cylindre dont le schéma en coupe est représenté ci-dessous :



Les contraintes de fabrication et d'utilisation imposent de **ne pas dépasser une pression de 50 bars dans le cylindre.**

Document N°2 : Cycle thermodynamique décrit par le fluide pour modéliser le moteur à essence

- (O) $\rightarrow$ (A) : Phase d'admission. Le mélange gazeux est constitué d'air et d'essence. Il est admis de façon isobare à la pression P_A dans le cylindre fermé par un piston. La soupape d'admission est refermée.

À chaque tour de cycle, le système gazeux dans le cylindre subit les transformations suivantes, supposées réversibles :

- (A) $\rightarrow$ (B) compression adiabatique ;
- (B) $\rightarrow$ (C) une étincelle provoque la combustion instantanée et isochore de toute l'essence ;
- (C) $\rightarrow$ (D) détente adiabatique ;
- (D) $\rightarrow$ (A) transformation isochore (la pression chute à cause de l'ouverture du cylindre vers l'extérieur).
- (A) $\rightarrow$ (O) : refoulement isobare des gaz vers l'extérieur à la pression P_A. C'est l'échappement.

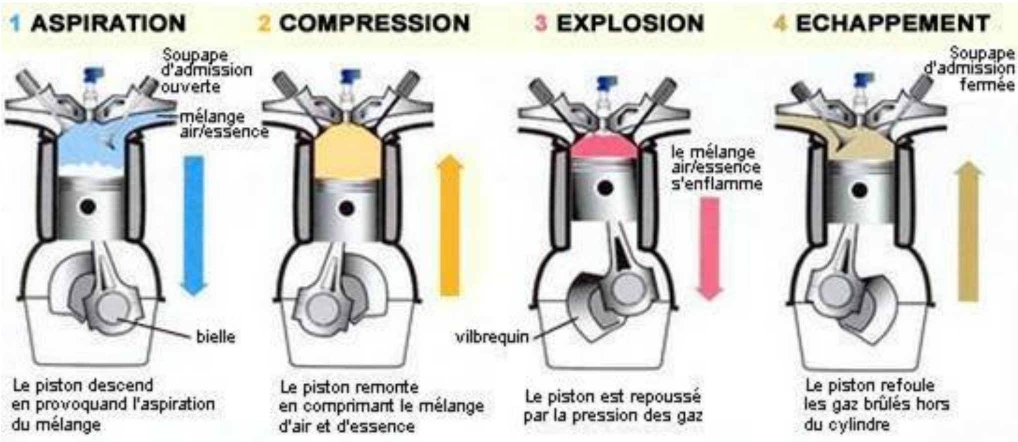
Les étapes d'admission et de refoulement se compensent et on raisonnera donc sur le système fermé effectuant le « cycle » ABCD, cycle dit « de Beau de Rochas » ou de « Otto ». On supposera donc constant le nombre n total de moles gazeuses, correspondant à la quantité admise dans l'état A.

Le transfert thermique de l'étape BC est dû à la combustion « interne » du mélange gazeux admis ; dans une approche simplifiée, on admet que la quantité de gaz n'est pas modifiée par la combustion interne, et on néglige l'influence de l'octane liquide initialement introduit sur les états atteints en A, B, C et D.

Le gaz est assimilé à un air diatomique de composition constante, supposé se comporter comme un gaz parfait, pour lequel les capacités thermiques **molaires** respectivement à pression et volume constants $C_{p,m}$ et $C_{v,m}$ sont constantes, de rapport isentropique $\gamma = \frac{C_{p,m}}{C_{v,m}}$ = 1,4.

On prendra pour la constante des gaz parfaits $R \approx 8$ J.K^{-1}.mol^{-1}.

Les transformations seront considérées comme **mécaniquement réversibles**



Aide aux calculs : $10^{0,4} = 2,5$ $10^{1,4} = 25$

L'état initial (A) est caractérisé par : $P_A = 1{,}0$ bar, $V_A = V_{max} = 1000$ cm^3 et $T_A = 300$ K.

On notera plus généralement (P_i, V_i, T_i) les caractéristiques de chaque état *i.*

1. Représenter l'allure de ce cycle dans un diagramme de Watt (P, V) (sans détermination précise des valeurs de pression et de volume). S'agit-il d'un cycle moteur ou récepteur (justifier brièvement) ?

2. En tenant compte des données techniques, calculer $V_{min} = V_B$ puis le « taux de compression » correspondant au coefficient $\alpha = \frac{V_{max}}{V_{min}}$.

3. Exprimer la température T_B et la pression P_B après la compression adiabatique réversible en fonction de α, et de T_A ou P_A. En déduire les valeurs numériques de T_B et P_B.

Soit Q_1 l'énergie thermique apportée mise en jeu dans l'étape BC.

4. Exprimer Q_1 en fonction de n, $C_{v,m}$, T_B et T_C. Préciser le signe de cette grandeur. Dans quel sens s'effectue le transfert thermique ?

5. Soit, de la même manière, Q_2 le transfert thermique mis en jeu dans l'étape DA. Exprimer Q_2 en fonction de n, $C_{v,m}$, T_A et T_D.

6. Montrer que le travail W reçu au cours du cycle A-B-C-D peut s'écrire : $W = -Q_1 - Q_2$.

On donne l'expression du rendement $\eta_{théo}$ de la machine : $\eta_{théo} = -\frac{W}{Q_1}$.

7. A partir de l'étude du cycle effectuée ci-dessus, exprimer le rendement théorique $\eta_{théo}$ en fonction de Q_1 et Q_2, puis en fonction de T_A, T_B, T_C et T_D.

8. Montrer qu'il peut être exprimé en fonction de α et γ selon l'expression suivante :

$$\eta_{théo} = 1 - \alpha^{1-\gamma}$$

Effectuer l'application numérique pour $\eta_{théo}$.