

<b>Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR</b>	<b>Session 2006</b>	
<b>Spécialité : MAINTENANCE ET APRES-VENTE AUTOMOBILE</b>	<b>Code : MAVPM</b>	
<b>Epreuve : E4 VERIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MECANISME</b>	<b>Durée : 6h</b>	<b>Coef. : 4</b>

## VÉRIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MÉCANISME

Le sujet est constitué de deux parties indépendantes relatives au même support : le moteur MCE-5.

**NOTA** : Le terme « **taux de compression variable** » (en anglais VCR : Variable Compression Ratio) est communément utilisé par les médias. Mais en réalité c'est le rapport volumétrique qui est variable. Nous utiliserons donc le terme de « **rapport volumétrique** » dans cette étude.

### Partie A : Étude thermodynamique

Comprend le texte du sujet :

- Travail demandé pages A1/A4 à A3/A4.
- Documents techniques page A4/A4.

### Partie B : Étude mécanique

Comprend le texte du sujet :

- Travail demandé pages B1/B9 à B7/B9.
- Documents réponse pages B8/B9 et B9/B9 à compléter et à joindre à la feuille de copie.

### Barème de notation :

#### Partie A : Étude thermodynamique sur 100 points

N°	1.1	1.2	1.3	1.4						
Poids	6	2	4	4						
N°	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7			
Poids	4	10	6	6	5	5	8			
N°	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10
Poids	2	2	4	4	6	4	4	4	6	4

#### Partie B : Étude mécanique sur 100 points

N°	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Poids	4	2	6	4	4	4
N°	2.1	2.2	2.3	2.4		
Poids	5	5	7	7		
N°	3.1	3.2	3.3	3.4		
Poids	4	4	6	6		
N°	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
Poids	4	10	6	4	4	4

**AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISÉ**

## Partie A : Étude thermodynamique

On souhaite montrer dans cette partie, l'intérêt du rapport volumétrique variable que ce soit d'un point de vue puissance mais aussi pollution.

Le moteur MCE-5 est un moteur essence atmosphérique, 4 temps à  $n=4$  cylindres.

- L'étude est faite au régime  $N=2400$  tr/min.
- Cylindrée totale :  $V=1484$  cm<sup>3</sup>.

Le mélange air+essence et les gaz brûlés sont assimilés à un gaz parfait.

- Exposant isentropique :  $\gamma = 1,4$  ; constante caractéristique massique  $r = 286$  J. K<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> et capacité thermique massique à volume constant  $c_v = 715$  J. K<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>.
- Richesse du mélange aspiré :  $R_i = 1$ .
- Dosage stœchiométrique : 15 g d'air pour un gramme d'essence  $d_{st}=1/15$ .
- Pouvoir Calorifique Inférieur de l'essence :  $P_{CI} = 42900$  kJ.kg<sup>-1</sup>.

### 1 Étude du moteur en pleine charge pour un rapport volumétrique $\epsilon=10$

On considère que le moteur fonctionne suivant le cycle ci-contre.

Ce cycle, pour un cylindre, est formé de deux boucles :

- La boucle 2, 3, 4, 5, 6, 2 : cycle effectué en vase clos (2→3 et 4→5 transformations isentropiques) par la masse totale de gaz située au-dessus du piston.
- La boucle 1, 2, 6, 7, 1 : phases d'admission et d'échappement.

1.1 Calculer les volumes  $V_2$  (au point 2 : PMB) et  $V_3$  (au point 3 : PMH).

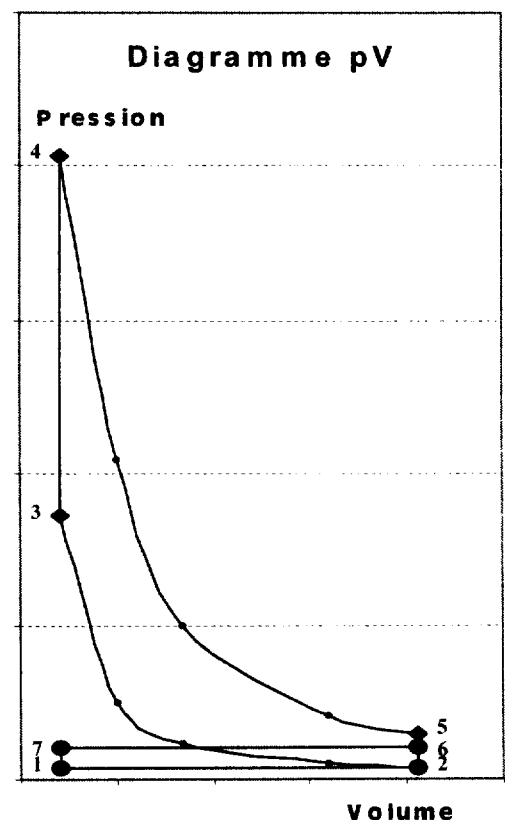
Le diagramme pression-volume, document A page A4/A4, représente une partie du cycle pour différentes ouvertures du papillon.

1.2 Relever sur ce diagramme, la pression à l'état 4 en pleine charge  $p_{4pc}$ .

Il a été mesuré, dans ces conditions de pleine charge, en fin d'admission la température  $T_{2pc} = 305$  K et la pression  $p_{2pc} = 0,87 \cdot 10^5$  Pa.

1.3 Calculer la masse totale de gaz présente dans le cylindre  $m_t$ .

1.4 En déduire la valeur de la température  $T_{4pc}$  du gaz en utilisant l'équation des gaz parfaits au point 4.



Les valeurs de température et de pression obtenues à l'état 4 en pleine charge sont élevées. Elles ne doivent en aucun cas dépasser des conditions qui provoqueraient le cliquetis. C'est pourquoi les motoristes limitent le rapport volumétrique  $\epsilon$  à 10 voire 11.

Pourtant la plupart du temps, les moteurs sont utilisés à des faibles charges. En ville, sur route ou même sur autoroute à vitesse stabilisée, l'accélérateur n'est que partiellement enfoncé.

## 2 Étude du moteur en demi-charge pour un rapport volumétrique $\epsilon=10$

On étudie ce moteur au même régime mais en demi-charge. Le moteur fonctionne suivant un cycle analogue au précédent.

La température du gaz en fin d'admission (point 2) en demi-charge est  $T_2=330$  K.

En fin d'admission, la masse de gaz située dans le cylindre s'exprime en fonction de la pression  $p_2$  régnant dans le cylindre par la relation suivante.

$$(1) \quad \frac{m}{m_{\text{atm}}} = 1,2 \cdot \frac{p_2}{p_{\text{atm}}} - 0,2$$

avec :  $m$  : la masse de gaz située dans le cylindre à la température et à la pression d'admission.

$m_{\text{atm}}$  : la masse de gaz qui serait située dans le cylindre à la température ambiante et à la pression atmosphérique.

Cette relation permet de prendre en compte la perte de charge induite par le papillon et ses conséquences sur la masse de gaz admise.

- 2.1 À l'aide de l'équation des gaz parfaits, calculer la masse de gaz  $m_{\text{atm}}$  qui serait présente dans le cylindre à la température ambiante ( $t_{\text{amb}} = 23^\circ\text{C}$ ) et à la pression atmosphérique ( $p_{\text{atm}} = 10^5$  Pa).
- 2.2 Exprimer  $p_2$  en fonction de  $m$  à l'aide de l'équation des gaz parfaits au point 2 et reporter cette expression dans la relation (1) pour calculer la masse de gaz  $m$  présente dans le cylindre en demi-charge. En déduire la valeur de la pression  $p_2$ .

On étudie uniquement le cycle réalisé en vase clos (2,3,4,5,6,2).

**Quels que soient les résultats obtenus, on utilisera les valeurs suivantes pour la suite du problème :**

$$m = 0,29 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad ; \quad p_2 = 0,660 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad ; \quad V_2 = 412 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

- 2.3 Calculer  $p_3$  et  $T_3$ .
- 2.4 Calculer la masse d'essence  $m_{\text{ess}}$  présente dans le cylindre. En déduire la quantité de chaleur  $Q_{3 \rightarrow 4}$  apportée sachant que le rendement de combustion est  $\eta_{\text{comb}}=0,95$ .
- 2.5 Connaissant  $Q_{3 \rightarrow 4}$ , calculer  $T_4$  et  $p_4$ .
- 2.6 Calculer  $p_5$  et  $T_5$ .

**Quels que soient les résultats obtenus, on utilisera les valeurs suivantes pour la suite du problème :**

$$T_3 = 824 \text{ K} ; T_4 = 4030 \text{ K} ; T_5 = 1604 \text{ K} ; m_{\text{ess}} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \text{ et } Q_{3 \rightarrow 4} = 660 \text{ J}$$

- 2.7 Déterminer le travail échangé au cours du cycle (2,3,4,5,2) noté  $W_{2,3,4,5,2}$ . En déduire le rendement thermodynamique  $\eta_{\text{th}}$  du cycle (2,3,4,5,2).

**3 Apport du rapport volumétrique variable lorsque le moteur est en demi-charge**

Le rendement thermodynamique du cycle de Beau de Rochas (équivalent au cycle (2,3,4,5,2)) est donné par la relation :  $\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}}$ .

En augmentant le rapport volumétrique, le rendement pourrait être meilleur.

- 3.1** Comparer les caractéristiques thermodynamiques du gaz en fin de combustion entre la pleine charge et la demi-charge. En déduire s'il est possible d'augmenter le rapport volumétrique en demi-charge pour améliorer le rendement (justifier).

Le diagramme pression-volume, document B page A4/A4, représente la phase détente du cycle pour différentes valeurs du rapport volumétrique en demi-charge.

- 3.2** Sachant qu'avec les températures en fin de combustion obtenues pour les rapports volumétriques proposés, la pression  $p_4$  limite est de  $150 \cdot 10^5$  Pa, déterminer le rapport volumétrique maximal possible sans risquer de cliquetis au niveau du moteur en demi-charge.

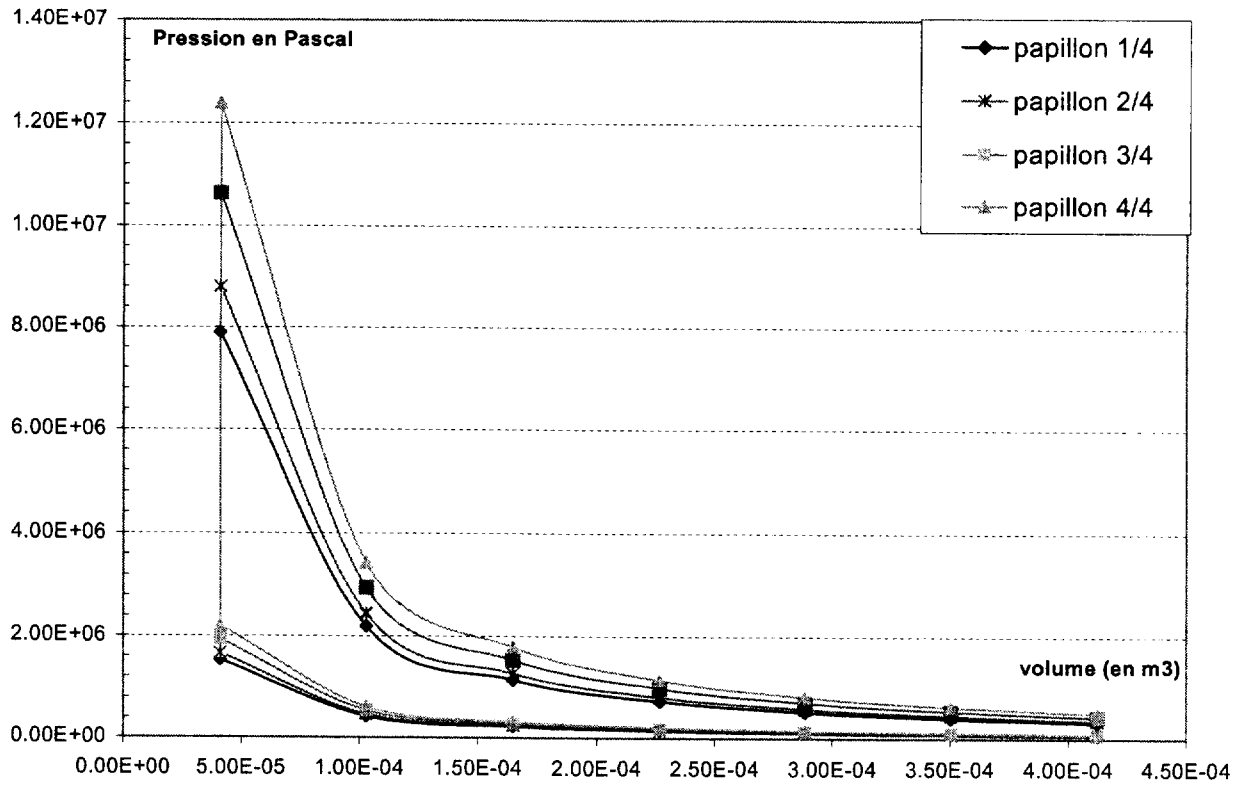
**Quels que soient les résultats obtenus, on utilisera les valeurs suivantes pour la suite du problème :**

**Pour un cycle et un cylindre :  $m_{ess} = 16 \cdot 10^{-6}$  kg et  $Q_{3 \rightarrow 4} = 660$  J**

**Le rapport volumétrique varie de  $\varepsilon = 10$  à  $\varepsilon = 16$**

- 3.3** Calculer les rendements thermodynamiques  $\eta_{th10}$  et  $\eta_{th16}$  du cycle (2,3,4,5,2) Beau de Rochas qui correspondent aux rapports volumétriques  $\varepsilon=10$  et  $\varepsilon=16$ .
- 3.4** Calculer le travail du cycle (2,3,4,5,2) noté  $W_{(2,3,4,5,2)10}$  pour le rapport volumétrique de 10 et  $W_{(2,3,4,5,2)16}$  pour le rapport volumétrique de 16.
- 3.5** Sachant que  $p_1 = p_2 = 0,660 \cdot 10^5$  Pa et que  $p_7 = p_6 = 10^5$  Pa lorsque le moteur est en demi-charge, calculer le travail de transvasement du cycle (1,2,6,7,1) noté  $W_{(1,2,6,7,1)10}$  pour le rapport volumétrique de 10 et  $W_{(1,2,6,7,1)16}$  pour le rapport volumétrique de 16.
- 3.6** En déduire le travail du cycle total (1,2,3,4,5,6,7,1) pour les deux rapports :  $W_{total10}$  et  $W_{total16}$ .
- 3.7** Calculer la puissance théorique du moteur pour ces deux rapports  $P_{th10}$  et  $P_{th16}$  et le pourcentage de gain de puissance.
- 3.8** Sachant que 80% de la puissance théorique est transformée en puissance effective, calculer la puissance effective du moteur pour les deux rapports  $P_{eff10}$  et  $P_{eff16}$ .
- 3.9** Calculer la consommation spécifique en g/kW.h pour les deux rapports  $C_{sp10}$  et  $C_{sp16}$ .
- 3.10** En vous appuyant sur les résultats précédents, conclure sur les avantages du rapport volumétrique variable.

**DOCUMENT A : Diagramme (p,V) de la boucle 2, 3, 4, 5, 6, 2 pour différentes ouvertures du papillon pour un rapport volumétrique  $\epsilon=10$**



**DOCUMENT B : Phase de détente en demi-charge pour différents rapports volumétriques**

