**LE MOTEUR THERMIQUE**

***EXERCICES***



**Démarche** : Pour tous les exercices, on demande :

* De noter les relations utilisées en précisant à chaque fois les unités.
* D’écrire les équations entre les différents paramètres sous forme littérale puis d’effectuer l’application numérique.

Exercices sur les caractéristiques géométriques

 **Exercice n°1 :**

Un moteur (4 temps, 4 cylindres) possède une course de 80 et un alésage de 83 mm. Le rapport volumétrique de ce moteur est de 10,2 à 1.

1. Calculer la cylindrée unitaire de ce moteur **V**,
2. Calculer la cylindrée totale, **Cyl**.
3. Calculer le volume de la chambre de combustion **v**.

NB : exprimer les valeurs en cm3, dm3 et m3.

**Exercice n°2 :**

Un moteur possède une course de 78 mm. On souhaite donner une cylindrée totale de 1480 cm3.

Calculer l’alésage **A** pour ce moteur si le moteur :

1. possède 4 cylindres.
2. possède 3 cylindres.

**Exercice n°3 :**

Un moteur 4 cylindres de 1560 cm3 possède un alésage de 84 mm. Le régime moteur est limité à 6000 tr.min-1. Le volume de la chambre est de 52 cm3.

1. Calculer la course **L**.
2. Calculer le rapport volumétrique 
3. Calculer la vitesse moyenne du piston au régime maxi. : **Vmp**.

**Exercice n°4 :**

Un moteur de F1 V8 possède une cylindrée totale de 2398 cm3, l’alésage de chaque piston est de 98 mm. Pour des raisons de fiabilité la vitesse moyenne du piston est limitée à 25 m.s-1.

1. Calculer la course **L**.
2. Calculer le régime moteur maxi **Nmot max**.

Exercices sur les caractéristiques performances / rendement

**Exercice n°5 :**

Un moteur (4 temps 4 cylindres) fournit une puissance effective de 52 KW à un régime de 4200 tr.min-1. La cylindrée totale de ce moteur est de 2 l. Le rendement mécanique de ce moteur est estimé à 0.85.

1. Calculer la pression moyenne effective **pme** (en pascal et en bar).
2. Calculer la pression moyenne indiquée **pmi**.
3. Calculer la puissance indiquée **Pi**.

**Exercice n°6 :**

Un moteur (4 temps 4 cylindres) :

* développe  une puissance effective de 150KW à un régime de 5500 tr.min-1.
* A un rendement effectif de ce moteur est de 0.28.
* Utilise un carburant dont le pouvoir calorifique inférieur du carburant utilisé est de 42KJ.g-1 et de masse volumique 850 kg.m-3
1. Calculer la consommation spécifique de ce moteur **Cs** en g/KW.h.
2. Calculer la consommation horaire **Co** de ce moteur en g.h-1.
3. Calculer la consommation en l.h-1 (litre par heure).

**Exercice n°7 :**

Un moteur (4 temps 4 cylindres) développe une puissance de 37KW à un régime de 4400 tr.min-1. La pression moyenne effective est de 6 bars. La vitesse moyenne du piston est de 12 m.s-1.

1. Calculer la cylindrée du moteur **Cyl**.
2. Calculer la course **L** et l’alésage **A**.

**Exercice n°8 :**

Un moteur (4 temps 4 cylindres) tourne à 4500 tr.min-1, la pression moyenne effective est alors de 70 N.cm-2. Sa cylindrée est de 2.8 l. le rendement effectif de ce moteur est de 0,34. Le carburant utilisé a un pouvoir calorifique inférieur de 42000 KJ.kg-1.

1. Calculer la puissance effective **Peff** du moteur à ce régime.
2. Calculer la consommation spécifique **Cs**.

Exercices de synthèse

**Exercice n°9 :**

Un moteur 4 cylindres, alésage 86 mm et course 84 mm, fonctionne à un régime de rotation de 5000 tr.min-1 et délivre alors un couple de 154 m.N. Son rapport volumétrique est de 9.2 à 1.

Le moteur fonctionne avec une richesse de 1,25.

Le carburant utilisé à un pouvoir calorifique inférieur de 42 KJ.g-1. La masse volumique du carburant est de 750 kg.m-3.

On considère que le coefficient de pertes dues aux soupapes est =0,8. La pression d’admission est de 98000 pascal et la température de l’air est de 20°C.

Le rendement de combustion est de 0.9 et le rendement mécanique est de 0.85.

Calculer :

1. La puissance effective du moteur (en watt et en ch) : **Peff**.
2. Le débit masse réel d’air consommé par le moteur : **qmair**
3. Le débit masse de carburant injecté : **qmess**
4. La puissance calorifique théorique du carburant injecté : **Pcal** **th**
5. La puissance calorifique due à la combustion : **Pcomb**.
6. Le rendement théorique du cycle (beau de Rochas) choisi pour modéliser le fonctionnement de ce moteur **th**.
7. La puissance théorique de ce moteur : **Pth**.
8. La puissance indiquée : **Pi**.
9. Le rendement de forme (ou de cycle) : **f.**
10. Le rendement effectif (ou global) à l’aide de deux méthodes : **eff**.
11. Laconsommation spécifique **Cs**.

ELEMENTS DE CORRECTION

**Exercice n°1 :**

Un moteur (4 temps, 4 cylindres) possède une course de 80 et un alésage de 83 mm. Le rapport volumétrique de ce moteur est de 10,2 à 1.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la cylindrée unitaire de ce moteur **V**

$$V= \frac{π.A²}{4} .L$$ | $$V= \frac{π.83^{2}}{4} . 80$$V = 432848 mm3V = 432,8 cm3V = 0,0004328 m3 |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la cylindrée totale, **Cyl**.

$$Cyl= V.nbre cyl$$ | $Cyl= 432848\*4$ = 1731394 mm3$Cyl$ = 1731,4 cm3$Cyl$ = 1,7314 dm3 (litre)$Cyl$ = 0,001731 m3 |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer le volume de la chambre de combustion **v**.

$$v= \frac{V}{ρ-1}$$ |  $v= \frac{432848}{10.2-1}$*v*  = 47048 mm3*v* = 47,08 cm3*v* = 47,08 \* 10-6 m3 |

**Exercice n°2 :**

Un moteur possède une course de 78 mm. On souhaite donner une cylindrée totale de 1480 cm3.

Cyl = $ \frac{π.A²}{4} .L .nbre cyl$ donc $A²= \frac{Cyl . 4}{π . L . nbre cyl} $ donc $A= \sqrt{\frac{Cyl . 4}{π . L . nbre cyl}}$

Pour le moteur 4 cylindres : $A= \sqrt{\frac{1480000 . 4}{π . 78 . 4}}$ A = 77,7 mm *moteur carré*

Pour le moteur 3 cylindres : $A= \sqrt{\frac{1480000 . 4}{π . 78 . 3}}$ A = 89,7 mm *moteur super carré*

**Exercice n°3 :**

Un moteur 4 cylindres de 1560 cm3 possède un alésage de 84 mm. Le régime moteur est limité à 6000 tr.min-1. Le volume de la chambre est de 52 cm3.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la course **L**.

Cyl = $ \frac{π.A²}{4} .L .nbre cyl$ donc L = $ \frac{4 . Cyl }{π . nbre cyl . A² } $  | L = $ \frac{4 . 1560000 }{π . 4 . 84² } $L = 70,37 mm |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer le rapport volumétrique 

$$ρ= \frac{V+v}{v} $$ | $$ρ= \frac{(\frac{1560}{4}) +52}{52}$$$ρ=$ 8,5 à 1 |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la vitesse moyenne du piston au régime maxi. : **Vmp**.

$$Vmp= 2 . L . n $$ | $$Vmp= 2 . 70,37.10^{-3} . 6000/60$$$Vmp= $**14 m.s-1** |

**Exercice n°4 :**

Un moteur de F1 V8 possède une cylindrée totale de 2398 cm3, l’alésage de chaque piston est de 98 mm. Pour des raisons de fiabilité la vitesse moyenne du piston est limitée à 25 m.s-1.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la course **L**.

Cyl = $ \frac{π.A²}{4} .L .nbre cyl$ donc L = $ \frac{4 . Cyl }{π . nbre cyl . A² } $  | L = $ \frac{4 . 2398000 }{π . 8 . 98² } $L = 39,7 mm |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer le régime moteur maxi **Nmot max**.

$$Vmp= 2 . L . n$$$$donc n= \frac{Vmp}{2 . L}$$ | $$n= \frac{25}{2 . 39,7. 10^{-3}}$$$n = $314,8 tr.s-1Nmax = 314 ,8 \* 60Nmax = 18888 tr.min-1 |

**Exercice n°5 :**

Un moteur (4 temps 4 cylindres) fournit une puissance effective de 52 KW à un régime de 4200 tr.min-1. La cylindrée totale de ce moteur est de 2 l. Le rendement mécanique de ce moteur est estimé à 0.85.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la pression moyenne effective **pme** (en pascal et en bar).

Peff = $pme\*Cyl\*\frac{N}{2\*60}$ donc $pme$ = $\frac{Peff . 2 . 60}{Cyl . N}$ | pme = $ \frac{52000 . 2 . 60 }{2 . 10^{-3} . 4200}$pme = 742857,1 papme = 7,428 bar |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la pression moyenne indiquée **pmi**.

m = $\frac{pme}{pmi}$ donc pmi = $\frac{pme}{ηm}$ | pmi = $\frac{7.428}{0.85}$pmi = 8,73 bar |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la puissance indiquée **Pi**.

m = $\frac{Peff}{Pi}$ donc Pi = $\frac{Peff}{ηm}$ | Pi = $\frac{52000}{0.85}$Pi = 61176 watt |

**Exercice n°6 :**

Un moteur (4 temps 4 cylindres) :

* Développe  une puissance effective de 150KW à un régime de 5500 tr.min-1.
* A un rendement effectif de ce moteur est de 0.28.
* Utilise un carburant dont le pouvoir calorifique inférieur du carburant utilisé est de 42KJ.g-1.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la consommation spécifique de ce moteur **Cs** en g/KW.h.

eff = $\frac{3.6\*10^{9}}{Cs\*pci}$ donc $Cs$ = $\frac{3.6\*10^{9}}{ηeff \*pci}$ | $Cs$ = $\frac{3.6\*10^{9}}{0.28 \* 42 . 10^{6}}$Cs = 306,1 g/KW.h |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la consommation horaire **Co** de ce moteur en g.h-1.

Co = Cs . Peff Avec Co en g/h, Cs en g/KW.h et Peff en KW | Co = 306.1 \* 150Co = 45915 g.h-1Co = 45,915 kg.h-1 |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la consommation en l.h-1 (litre par heure).

Conso = Co \* 1 / carburantl . h-1 = kg . h-1 \* l.kg-1 | Conso = 45.915 \* 1 / 0.850Conso = 54 l.h-1 |

**Exercice n°7 :**

Un moteur (4 temps 4 cylindres) développe une puissance de 37KW à un régime de 4400 tr.min-1. La pression moyenne effective est de 6 bars. La vitesse moyenne du piston est de 12 m.s-1.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la cylindrée du moteur **Cyl**.

Peff = $pme\*Cyl\*\frac{N}{2\*60}$ donc Cyl = $\frac{Peff . 2 . 60}{pme . N}$ | Cyl = $ \frac{37000 . 2 . 60 }{6 . 10^{5} . 4400}$Cyl = 0,001681818 m3Cyl = 1,682 l (ou dm3) |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la course **L**.

$$Vmp= 2 . L . n$$$$donc L= \frac{Vmp}{2 . n}$$ | L = $ \frac{12 . 60}{2 . 4400 } $L = 0.08181 mL = 81.8 mm |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer l’alésage **A**.

Cyl = $ \frac{π.A²}{4} .L .nbre cyl$ donc $A²= \frac{V . 4}{π . L . nbre cyl} $ donc $A= \sqrt{\frac{V . 4}{π . L . nbre cyl}}$ | $$A= \sqrt{\frac{1681818 . 4}{π . 81,8 . 4}}$$A = 0.08089 mL = 80.9 mm |

**Exercice n°8 :**

Un moteur (4 temps 4 cylindres) tourne à 4500 tr.min-1, la pression moyenne effective est alors de 70 N.cm-2. Sa cylindrée est de 2.8 l. le rendement effectif de ce moteur est de 0,34. Le carburant utilisé a un pouvoir calorifique inférieur de 42 KJ.kg-1.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Calculer la puissance effective **Peff** du moteur à ce régime.

Peff = $pme\*Cyl\*\frac{N}{2\*60}$  | Peff = $7.10^{5}\*2,8.10^{-3}\*\frac{4500}{2\*60}$ Peff = 73500 wattPeff = 73500 / 736 = 99.8 ch |

**Exercice n°9 :**

Un moteur 4 cylindres, alésage 86 mm et course 84 mm, fonctionne à un régime de rotation de 5000 tr.min-1 et délivre alors un couple de 154 m.N. Son rapport volumétrique est de 9.2 à 1.

Le moteur fonctionne avec une richesse de 1,25.

Le carburant utilisé a un pouvoir calorifique inférieur de 42 KJ.g-1. La masse volumique du carburant est de 750 kg.m-3.

On considère que le coefficient de pertes dues aux soupapes est =0,8. La pression d’admission est de 98000 pascal et la température de l’air est de 20°C.

Le rendement de combustion est de 0.9 et le rendement mécanique est de 0.85.

1. **La puissance effective du moteur (en watt et en ch) : Peff.**

Peff = C\* = 154 \* 5000 \* 2 \* / 60 Peff = 80593 watt (Peff = 109.5 ch)

1. **Le débit masse réel d’air consommé par le moteur : qmair**

qmair réel = $Cyl\*\frac{P\_{admission}}{r\*T\_{admission}}\*Kr\* \frac{Nmoteur}{2\*60}$

avec :

Cyl = $ \frac{π.A²}{4} .L .nbre cyl$ = = $ \frac{π . 86²}{4} .84 .4= $ 1951758 mm3 = 1.952 10-3 m3

qmair réel = $Cyl\*\frac{P\_{admission}}{r\*T\_{admission}}\*Kr\* \frac{Nmoteur}{2\*60}$ = $1.952 .10^{-3}\*\frac{98000}{286\*\left(273+20\right)}\*0.8\* \frac{5000}{2\*60}$ = 0.076 kg.s-1

qmair réel = 0.076 kg.s-1

1. **Le débit masse de carburant injecté : qmess**

R = $\frac{\frac{m\_{ess}}{m\_{air}}}{\frac{1}{15}}$ = $\frac{\frac{qm\_{ess}}{qm\_{air}}}{\frac{1}{15}}$ $qm\_{ess}= \frac{R}{15}\* qm\_{air}=\frac{1,25 . 0,076}{15}$ $qm\_{ess}=0.0063 kg.s^{-1}$

La puissance calorifique théorique du carburant injecté : **Pcal** **th**

Pcal th = qmess . pci = 0.0063 \* 42.106

Pcal th = 264600 watt

1. La puissance calorifique due à la combustion : **Pcomb**.

Pcomb = comb .qmess . pci = 0.9 \* 264600

Pcomb = 238140 watt

1. Le rendement théorique du cycle (beau de Rochas) choisi pour modéliser le fonctionnement de ce moteur **th**.

th = 1 - $\frac{1 }{ρ^{γ-1}}$

1. La puissance théorique de ce moteur : **Pth**.
2. La puissance indiquée : **Pi**.
3. Le rendement de forme (ou de cycle) : **f.**
4. Le rendement effectif (ou global) à l’aide de deux méthodes : **eff**.
5. Laconsommation spécifique **Cs**.