

Performances d'un moteur essence 4 temps à pistons

Tous les curieux connaissent le cycle 4 temps, je ne le développerais pas ici, mais je vais montrer comment de nombreux paramètres font varier la puissance et le couple fournis par un moteur.

Sommaire :

1. [puissance et couple](#)
2. [évolution de la pression dans le cylindre au cours du cycle 4 temps](#)
3. [optimisation ds conduits d'admission et d'échappement](#)
4. [conclusion](#)

[retour à la page technique des motos](#)

1. Puissance et couple

1.1) la puissance varie selon la pression atmosphérique et la température du lieu considéré ; la formule suivante permet de normaliser la puissance en apportant une correction pour pouvoir comparer deux puissances données :

$$P_{DIN} = P_{mesurée} * 101300 / p_{pression(Pa)} * \sqrt{(température(K) / 293)}$$

la puissance s'exprime en watts (1 ch = 736,6 W)

la température absolue est exprimée en Kelvins (0 °C = 273 K)

Ainsi, si l'altitude augmente, alors la tempéraure diminue de 6°C tous les 1000 m, la densité de l'air diminue aussi, la pression atmosphérique diminue elle aussi ($p(z) = 101300 * (1 - 0,0000226 * z)^{5,255}$) ; donc en pratique on perd 11% du couple chaque fois qu'on s'élève de 1000 m.

Exemple pour un moteur donné pour 50 kW :

- en hiver au bord de la mer sous un ciel dégagé (T=-15°C et p=1035hPa) on mesure 54,4kW donc $P_{DIN}=50,0kW$.
- en été au col de l'Iseran (z=2770m) par temps de pluie (T=0°C et p=690hPa) on mesurerait 35,3kW donc $P_{DIN}=50,0kW$.

On voit que la chute de pression est un facteur plus marquant que la hausse de température.

1.2) le couple exprime la force du moteur (pour l'accélération) :

$$P_{kW} = C_{Nm} * \omega_{rad/s} \text{ ou } P_{ch} = C_{daNm} * N_{tr/min} / 717$$

pour les curieux le 717 vient d'un changement d'unités : $717 = 736 / g * 30 / \pi$

1.3) la cylindrée apparaît dans le couple :

$$cylindrée V_{cm^3} = n * \pi * c * a^2 / 4000$$

avec c=course et a=alésage en mm

$$\text{couple } C_{Nm} = V_{cm^3} * p_{mebar} / 40\pi$$

avec pme = pression moyenne effective, notion détaillée dans la partie 2.

1.4) la puissance spécifique exprime le degré de préparation d'un moteur :

$$P_{spécifique} = 1000 * P / V = N * p_{me} / 0,884$$

si on a P en ch et V en L ou N en tr/min et pme en bar, alors on aura $P_{spécifique}$ en ch/L.

de même, il existe le couple spécifique, égal à la pme, à une constante près.

1.5) lien entre puissance et pme :

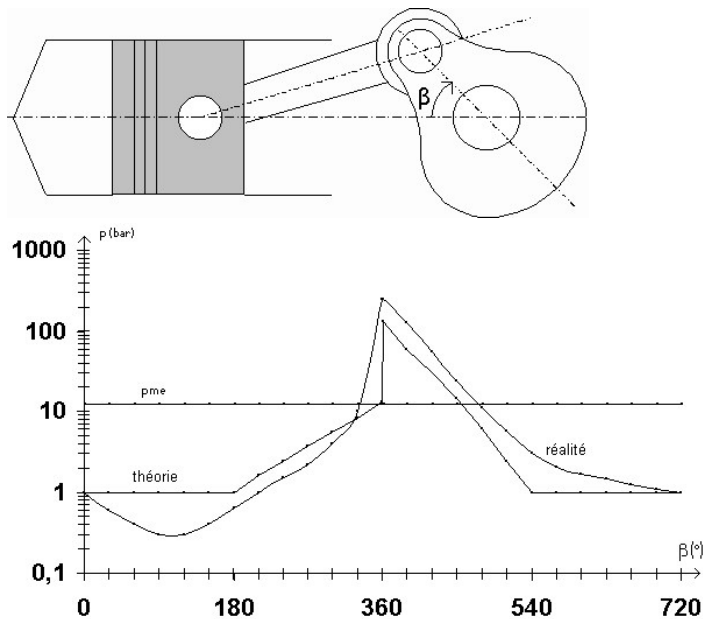
$$P = N * V * p_{me} / 884$$

avec les mêmes unités que ci-dessus.

pour les curieux, $884 = 717 * 40\pi * g / 1000$

[retour au sommaire](#)

2. Evolution de la pression dans le cylindre au cours du cycle 4 temps



On peut rehausser la pression moyenne en agissant sur chaque phase séparément :

- augmenter le nombre de soupapes par cylindre (sections de passage plus grande)
- installer un turbocompresseur (plus forte pression en fin d'admission)
- augmenter le taux de compression
- améliorer la qualité de la combustion en jouant sur le dosage et la qualité de l'essence
- optimiser les longueurs des conduits d'admission et d'échappement en utilisant le phénomène de la résonance pour faire entrer plus de gaz frais et pour mieux extraire les gaz brûlés.

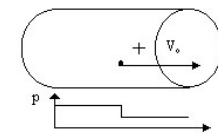
[retour au sommaire](#)

3. Optimisation des conduits d'admission et d'échappement

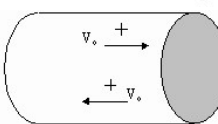
3.1) Etudions tout d'abord la circulation des gaz dans les conduits et les effets engendrés par les variations de pression :



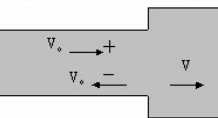
les gaz qui traversent un tube ont une température T_g une vitesse V_g pas nécessairement constantes.



lorsque la pression augmente, une onde de pression traverse le tube dans le sens des gaz, elle est caractérisée par : une vitesse $V_o = 20 \sqrt{T_g(K)}$ et par un signe + qui indique une surpression (un signe - indiquerait une dépression). Exemple : $T=20^\circ C$ alors $V_o=342m/s$.



Si l'onde de surpression rencontre un bout de tube fermé ou un rétrécissement de section, alors elle rebondit et repart dans l'autre sens avec le même signe +.



Si l'onde de surpression rencontre un agrandissement de section, alors elle repart dans l'autre sens avec le signe contraire. Bien entendu les gaz continuent leur mouvement dans le même sens, et une nouvelle onde les accompagne à la vitesse V .

3.2) Pour un conduit d'échappement :

Lorsque la soupape s'ouvre, une onde de surpression part dans l'échappement et revient vers le cylindre en onde de dépression au bout d'un temps $2L_e/V_o$ qui doit correspondre à $a_e/6N$ à un facteur $k=\{3,4,5\}$ près, donc la longueur idéale du premier tronçon de la ligne d'échappement en mètres est $L_e = a_e * V_o / 12kN$ avec a_e l'angle d'ouverture de l'échappement en degrés et N le régime de rotation du moteur en tr/min ; de plus, lorsque la soupape se ferme, l'onde de dépression repart dans le tube et revient en surpression au bout de $2kL_e/V_o$ puis en dépression au bout de $4kL_e/V_o$ qui doit correspondre au temps $(720-a_e)/6N$ durant lequel la soupape reste fermée ; donc on a une deuxième formule pour la longueur du premier tronçon de la ligne d'échappement en mètres : $L_e = (720-a_e) * V_o / 24kN$ avec $k=\{3,4,5\}$. Cette étude est rendue difficile par la chute de la température des gaz : $800^\circ C$ au niveau de la soupape et $500^\circ C$ un mètre plus loin, donc la vitesse de l'onde n'est pas constante et on doit estimer une valeur moyenne pour appliquer ces calculs simples. En augmentant k , on a un tube plus court mais l'effet de l'onde s'atténue en faisant plusieurs allers-retours.

3.3) Dans le cas du conduit d'admission : Lorsque la soupape s'ouvre, une onde de dépression part dans le conduit vers la boîte à air, et revient en onde de surpression vers le cylindre au bout d'un temps $2L_a/V_o$ qui doit correspondre au temps d'ouverture de la soupape $a_a/6N$ à un facteur $k=\{3,4,5\}$ près donc $L_a = a_a * V_o / 12kN$ avec a_a l'angle d'ouverture de la soupape d'admission en degrés. De plus, lorsque la soupape se ferme, l'onde repart en surpression dans le conduit et revient en dépression au bout d'un temps $2kL_a/V_o$ puis en surpression au bout de $4kL_a/V_o$ qui doit correspondre au temps $(720-a_a)/6N$ pendant lequel la soupape reste fermée. Donc la longueur du conduit d'admission en mètres est aussi $L_a = (720-a_a) * V_o / 24kN$ avec a_a l'angle d'ouverture de la soupape d'admission en degrés et $k=\{3,4,5\}$.

3.4) diamètre du conduit d'admission : le conduit présente au moins un coude, dans la culasse, et le diamètre n'est pas constant tout au long du conduit. Les fabricants de carburateurs proposent une formule : $\varnothing_{carbu(mm)} = K * \sqrt{(V_1 * N)}$ avec V_1 = cylindrée en L à remplir par un carburateur et N = régime optimisé du moteur en tr/min.

	ch/l	K
auto	80 à 100	0,85
moto 4 temps	80 à 100	0,8
moto 2 temps	100 à 150	0,9

[retour au sommaire](#)

4. Conclusion

Les performances d'un moteur dépendent de très nombreux paramètres : certains peuvent être calculés, mais d'autres sont déterminés par de nombreuses expérimentations, desquelles on tire une formule empirique, qui donne de bons résultats dans certaines limites. L'une de ces formules permet d'estimer le niveau de la pression moyenne théorique $p_{mt(bar)} = 5+0,6*\theta*\tau$ où θ est le coefficient de remplissage (%) qui dépend des effets de résonance et τ est le taux de compression.

La suralimentation acoustique et l'échappement aspirateur de gaz fonctionnent sur le principe de la résonance d'une onde de pression qui va et vient dans les conduits. L'amélioration des performances d'un moteur passe par l'augmentation de la pression moyenne, mais aussi et surtout par la réduction des pertes.

[retour à la page technique des motos](#)