

- Dynamiquement, elles varient :
 - selon la **force** et la **direction** du **vent** réel ou apparent. Son action est proportionnelle à sa vitesse et à la surface soumise à son action ($C \cdot S$) (figure 1.12);
 - lors des **virages**, un phénomène de **force centrifuge** apparaît qui exerce un effort latéral sur le véhicule (figure 1.13) :

$$F_c = M\omega^2 r$$

- au freinage ou en accélération.

Enfin, les **conditions climatiques** soumettent le véhicule à la chaleur, au froid, au gel, aux précipitations.

Remarque

Les dispositions technologiques des différents sous-ensembles de l'automobile devront tenir compte de ces phénomènes afin qu'ils affectent le moins possible son comportement routier.

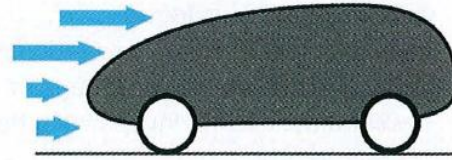


Figure 1.12 • Résistance et phénomènes dus au vent.

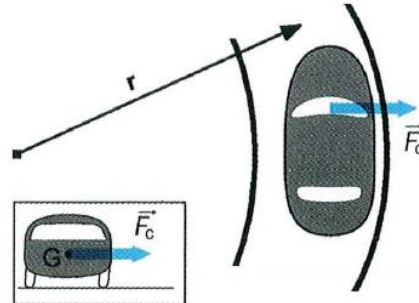


Figure 1.13 • Action de la force centrifuge en virage.

\vec{F}_c : force centrifuge.
 r : rayon moyen du virage.

■ Quels sont les effets mécaniques d'un choc ? (figures 3.20 et 3.21)

Un véhicule de masse M se déplaçant à une vitesse v possède une énergie cinétique E_c exprimée en joules :

$$E_c = \frac{Mv^2}{2}$$

Exemple

Un véhicule pesant 900 kg et roulant en ville à une vitesse d'environ 50 km/h (14 m/s) possède l'énergie cinétique suivante :

$$E_c = \frac{900 \times 14 \times 14}{2} = 88\,200 \text{ J}$$

Reprenons notre exemple et supposons, qu'en cas de choc frontal, la distance d'arrêt soit quasiment nulle (0,05 m).

On sait que E_c est une énergie et qu'elle équivaut à un travail W , or :

$$W = F \cdot L$$

travail = force \times distance

$$F = \frac{W}{L} = \frac{88\,200}{0,05} = 1\,764\,000 \text{ N}$$

soit 176 000 daN, soit l'équivalent en masse d'environ **170 tonnes !**

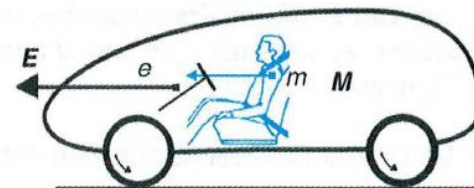


Figure 3.20 • Éléments cinétiques accumulés par le véhicule.

Véhicule : $E_c = Mv^2/2$
 Conducteur : $e_c = mv^2/2$



Figure 3.21 • Effet mécanique en cas de véhicule indéformable.

Les éléments mobiles

■ Quel est le rôle du piston ?

Le piston est la paroi mobile du cylindre. Il permet :

– la **compression** des gaz frais grâce à la **force** qui lui

est communiquée par la bielle : $p = \frac{F}{S}$

– la **transformation** au temps détente de la **pression** des gaz enflammés en une force : $F = pS$

– le **déplacement** de la force permet au moteur d'accomplir un travail (figure 5.15) : $W = F\ell$

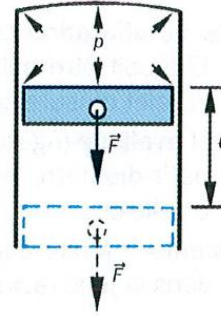


Figure 5.15 • Force : $F = pS$.
Travail : $W = F\ell$.

■ Que sera le travail du couple moteur ?

Le travail (W) est égal au produit de la force sur la bielle (F_1) par le déplacement du point d'application de la force (d ou ℓ) :

$$\begin{array}{c} W = F_1 \cdot \ell \\ \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ \text{J} \quad \text{N} \quad \text{m} \end{array}$$

Déplacement de la force pour un tour : $\ell = 2\pi r$.

Travail de la force pour un tour : $W = F_1 \cdot 2\pi r$.

Le produit $F_1 r$ déterminant le couple moteur, on a :

$$F_1 \cdot r = \mathcal{M}_{(O)}(\vec{F}_1) = \mathcal{C}$$

et $W = F_1 \cdot 2\pi r = 2\pi\mathcal{C}$

Pour un nombre de tours donnés (n), le travail sera

$$W = 2\pi n\mathcal{C}$$

On peut observer que le couple le plus élevé se situe lorsque la bielle et le bras du vilebrequin forment un **angle de 90°** (→ Revoir la figure 6.4).

Le couple moteur est donc le résultat du **travail moteur** (W) transmis par l'ensemble bielle-vilebrequin, mesuré sur l'**arbre moteur**.

■ Comment calculer la cylindrée d'un moteur ?

Cylindrée unitaire (d'un seul cylindre), celle-ci est égale à :

$$\pi \left(\frac{A}{2}\right)^2 C \quad \text{ou} \quad \frac{\pi A^2 C}{4}$$

avec A = alésage en centimètres,
 C = course en centimètres.

Cylindrée totale qui est égale à :

$$\pi \left(\frac{A}{2}\right)^2 C n \quad \text{ou} \quad \frac{\pi A^2 C n}{4}$$

avec n = nombre de cylindres.

Remarque

On exprime également la cylindrée en **litres**. 1 litre valant $1\,000\text{ cm}^3$, on peut dire, par exemple, qu'un moteur de $2\,000\text{ cm}^3$ est un moteur de 2 litres.

■ Qu'appelle-t-on rapport volumétrique ?

C'est le rapport existant entre le volume total du cylindre lorsque le piston est au PMB ($V + v$) (figure 6.2) et le volume restant lorsque le piston est au PMH (v) (figure 6.3).

Ce volume (v) correspond à la **chambre de combustion**.

Le rapport volumétrique se représente par la lettre rho :

$$\rho = \frac{V + v}{v}$$

ρ : rapport volumétrique,
 V : cylindrée unitaire,
 v : volume de la chambre de combustion.

et le résultat se présente sous la forme d'une fraction.

Exemple

$$\frac{8,5}{1} ; \frac{9}{1} \text{ ou } 9 \text{ pour } 1.$$

Remarque

Si V croît, v restant constant : ρ croît.

Si v croît, V restant constant : ρ décroît.

Si ρ croît, la pression de fin de compression croît.

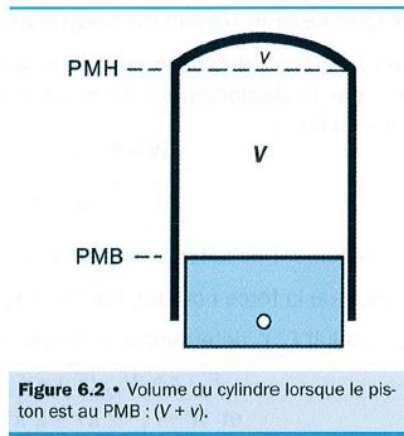


Figure 6.2 • Volume du cylindre lorsque le piston est au PMB : ($V + v$).

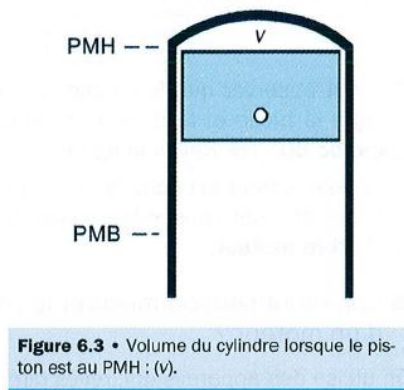


Figure 6.3 • Volume du cylindre lorsque le piston est au PMH : (v).

■ Qu'est-ce que le couple moteur ?

La pression qui agit sur la tête du piston lui communique une force d'intensité $F = ps$.

Déterminons l'intensité de la composante efficace de \vec{F} (F_1) sur la bielle : $F_1 = \frac{F}{\cos \alpha}$.

Le moment du couple moteur sera :

$$\mathcal{M}_{(O)}(\vec{F}_1) = F_1 \cdot r$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{Moment du couple} \\ \text{de } F_1 \text{ par rapport} \\ \text{à } O \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Force normale} \\ \text{à la bielle} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{rayon du bras} \\ \text{de manivelle} \end{array} \right)$$

\downarrow \downarrow \downarrow
 $N \cdot m$ N m

Le moment du **couple moteur** (ou couple moteur) est donc le **produit de la force** sur la bielle **par la longueur du bras** de maneton de vilebrequin (figure 6.4).

Remarque

Le couple est encore parfois exprimé en mètres par kilogramme-force qui est une ancienne unité (1 daN \approx 1 kgf).

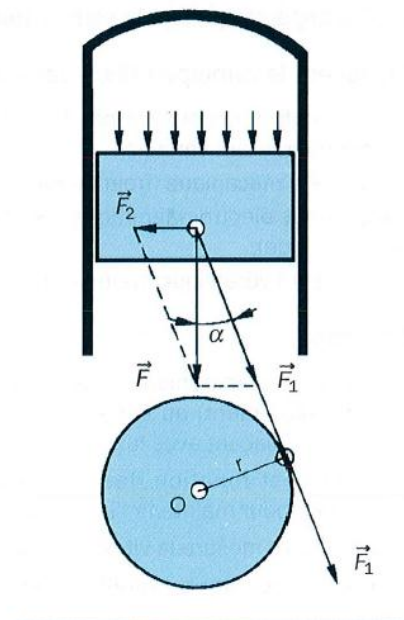


Figure 6.4 • Décomposition des forces agissant sur le maneton du vilebrequin.

■ Comment calcule-t-on la puissance effective d'un moteur ?

La puissance est égale au quotient du travail par le temps :

$$\frac{\text{travail}}{\text{temps}} = \frac{W \text{ (en joules)}}{t \text{ (en secondes)}} = P \text{ (en watts)}$$

Soit pour n tours par minute :

$$P = \frac{W}{t} = \mathcal{C} \cdot \frac{2\pi n}{60} \quad \text{et} \quad \frac{2\pi n}{60} = \omega$$

(ω est la vitesse angulaire en radians par seconde)

$$P = \mathcal{C} \cdot \omega$$

watts = N · m · rad/s

Exemple

Couple moteur = 20 daN · m = 200 N · m ;

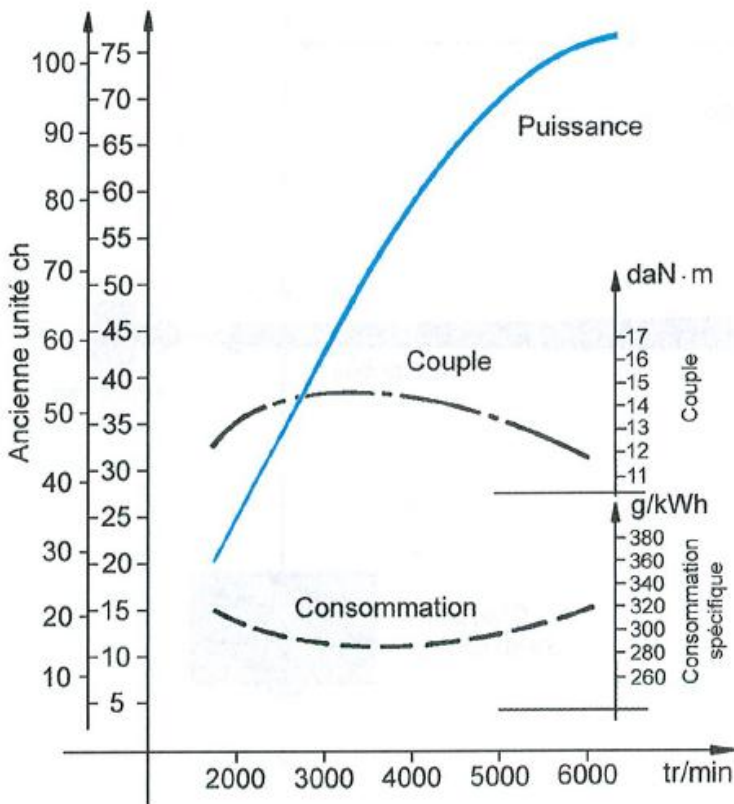
vitesse de rotation = 3 000 tr/min :

$$p = \frac{200 \times 2 \times 3,14 \times 3\,000}{60} = 62\,800 \text{ W, soit } 62,8 \text{ kW}$$

Remarque

On peut encore trouver l'ancienne unité de puissance des moteurs qui était le **cheval-vapeur (ch)** : **1 ch = 736 W**.

Dans l'exemple ci-dessus, 62,8 kW donneraient 62,8/0,736, soit environ 84 ch.



Mécanique

Grandeurs		Unités		Formules	
Nom	Symbole	Nom	Symbole		
Force	F	newton	N	$P = M \cdot g$ $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$	
Masse	M	kilogramme	kg		
Poids	P	newton	N		
Moment d'une force	$\mathcal{M}_o(\vec{F})$	newton-mètre	N · m	$\mathcal{M}_o(\vec{F}) = F \cdot l$ $\text{N} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m}$	
Force centrifuge	F_c	newton	N	$F = M \cdot \omega^2 \cdot r$ $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot (\text{rad/s})^2 \cdot \text{m}$	
Énergie, travail (quantité de chaleur)	W	joule	J	$W = F \cdot L$ $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$	$W = 2\pi \mathcal{C} \cdot N$ $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{tr/min}$
Énergie cinétique	E_c	joule	J	$E = \frac{1}{2} M \cdot v^2$ $1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot (\text{m/s})^2$	

Grandeurs		Unités		Formules
Nom	Symbole	Nom	Symbole	
Puissance	P	watt	W	$P = \mathcal{C} \cdot \omega$ $1 \text{ W} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{rad/s}$
Couple moteur	\mathcal{C}	newton-mètre	N · m	$\mathcal{C} = F \cdot r$ (r = rayon manivelle) $\text{N} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m}$
Pression	p	pascal	Pa	loi de Pascal $p = \frac{F}{S}$ $1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$
Force pressante	F_p	newton	N	$F_p = p \cdot S$ $1 \text{ N} = 1 \text{ Pa} \cdot \text{m}^2$

Espace, temps

Grandeurs		Unités		Formules	
Nom	Symbole	Nom	Symbole		
Longueur	L ou l	mètre	m	rectangle	cercle
Aire, superficie	S	mètre carré	m^2	$S = L \cdot l$ $1 \text{ m}^2 = 1 \text{ m} \cdot \text{m}$	$S = \pi r^2$ $\text{m}^2 = \text{m}^2$
Volume	V	mètre cube	m^3	parallélépipède	cyindre
				$V = L \cdot l \cdot h$ $1 \text{ m}^3 = 1 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{m}$	$V = \pi r^2 \cdot h$ $1 \text{ m}^3 = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{m}$
Temps	t	seconde	s	$v = \frac{L}{t}$	$1 \text{ m/s} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Vitesse	v	mètre par seconde	m/s		
Vitesse de rotation	N ou n	tour par minute	tr/min	$1 \text{ tr/min} = \frac{2\pi}{60} \text{ rad/s}$	
Vitesse angulaire	ω	radian par seconde	rad/s		
Accélération	γ	mètre par seconde	m/s^2	accélération pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$	
Fréquence	F	hertz	Hz	Hz = 1 période/s	

Électricité, magnétisme

Grandeurs		Unités		Formules			
Nom	Symbole	Nom	Symbole				
Différence de potentiel Tension Force électro-magnétique	d.d.p U f.é.m.	volt	V				
Intensité	I				ampère	A	loi d'Ohm $U = R \cdot I$
Résistance	R				ohm	Ω	
Résistivité	ρ	ohm-mètre	$\Omega \cdot m$	$1 V = 1 \Omega \cdot A$			
Puissance	P	watt	W	<table border="1"> <tr> <td>$P = U \cdot I$</td> <td rowspan="2">soit $R \cdot I^2$</td> </tr> <tr> <td>$1 W = 1 V \cdot A$</td> </tr> </table>	$P = U \cdot I$	soit $R \cdot I^2$	$1 W = 1 V \cdot A$
$P = U \cdot I$	soit $R \cdot I^2$						
$1 W = 1 V \cdot A$							
Capacité	C	farad	F				
Flux magnétique	Φ	weber	Wb	à R constant $\Delta\Phi = \Delta I$			

Optique

Grandeurs	Unités	
	Nom	Symbole
Flux lumineux	lumen	lm
Luminance	candela par mètre carré	cd/m ²
Éclairement	lux	lx
Exposition lumineuse	lux-seconde	lx · s