

## SYSTEME BIELLE-MANIVELLE

### 1. Bielle

La bielle est la pièce mécanique dont une extrémité est liée au piston par l'axe de piston et l'autre extrémité au maneton du vilebrequin. Elle permet la transformation du mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement circulaire continu du vilebrequin.

#### 1.1. Description de la bielle

Elle se compose de trois parties :

**Le pied** relié à l'axe du piston, soit généralement avec une bague bronze, emmanchée à force, soit dans certains cas avec une bague à aiguilles.

**Le corps** est la partie comprise entre le pied et la tête.

Il est de section en forme de "H" ou "I" pour résister aux divers efforts de compression et de traction et pour éviter ainsi le flambage.

**La tête** de bielle qui tourne sur le maneton du vilebrequin est coupée dans un plan perpendiculaire à l'axe de la bielle pour permettre la pose des coussinets et son montage sur le maneton du vilebrequin.

La partie inférieure qui vient coiffer le maneton est appelée chapeau. Ce dernier est généralement fixé par des boulons et des écrous auto-serreurs. La coupe peut être droite ou oblique par rapport à l'axe de la bielle.

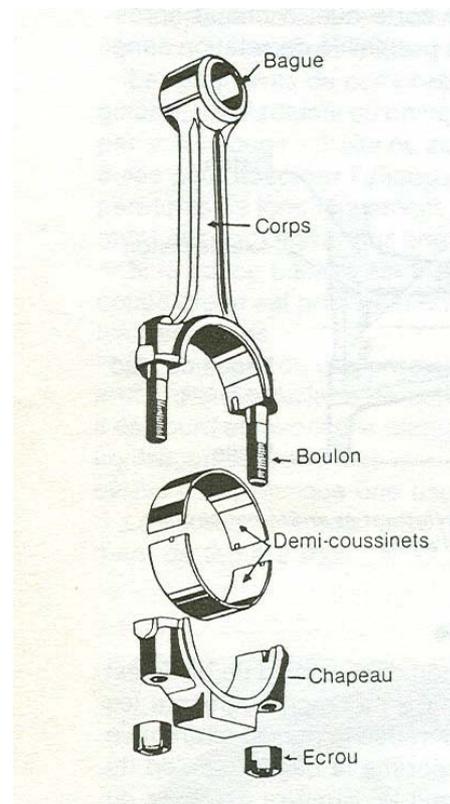


Fig. 5.1. *Eléments de bielle*

Pour permettre le tourbillonnement sur le vilebrequin on peut utiliser :  
soit des roulements à aiguilles;  
soit des coussinets minces.

Dans le premier cas, il faut alors démonter le vilebrequin en plusieurs éléments pour retirer la bielle.

La longueur de la bielle désigne la distance entre l'axe de la tête et l'axe du pied. Elle est comprise entre 1.7 et 2.5 fois la course.

### 1.2. Matière de la bielle

La bielle est en acier très résistant au nickel-chrome, parfois en acier mi-dur au carbone. On utilise également des bielles en alliage d'aluminium sur les moteurs poussés, en raison de sa grande légèreté.

### 1.3. Coussinets de tête

L'articulation de la tête de bielle avec le maneton de vilebrequin s'effectue par interposition d'un coussinet mince. Les coussinets minces permettent une bonne longévité et une bonne conductibilité. Ils se présentent sous la forme d'un support en acier, laminé à froid, roulé en demi-cercle, recouvert d'une fine couche de métal antifriction. Ce métal peut être de deux sortes : le régule, ou le bronze au plomb.

Le régule (métal gris) est constitué par des grains métalliques durs (cuivre et antimoine) enrobé dans un métal tendre (étain, plomb).

Le bronze au plomb se compose de :

Cu	70 à 80 %
Pb	20 à 30 %

Il existe aussi des coussinets en alliage à base d'aluminium avec un pourcentage d'environ 60% d'étain additionné d'un faible pourcentage de cuivre et de nickel.

### 1.4. Graissage de la bielle

Le graissage s'effectue toujours sous pression, sauf dans le cas de certains petits moteurs deux temps où il est réalisé par barbotage ou par projection d'huile.

Dans le graissage sous pression l'huile parvient à travers le maneton du vilebrequin au coussinet de tête de bielle qui comporte une rainure circulaire formant bain d'huile. Cette huile en s'échappant est projetée sur les cylindres par la vitesse de rotation de la tête de bielle et assure ainsi le graissage des cylindres et de l'intérieur du piston.

## 2. Vilebrequin

Le vilebrequin est la manivelle qui reçoit la poussée de la bielle et fournit un mouvement rotatif à partir du mouvement alternatif du piston.

La force exercée par la bielle applique au vilebrequin un couple qui se retrouve au bout de celui-ci sous forme de couple moteur.

A l'une des extrémités du vilebrequin, le couple moteur est utilisé pour entraîner le véhicule.

A l'autre extrémité, une fraction du couple disponible est prélevée pour entraîner les auxiliaires du moteur : la distribution (arbre à cames, soupapes, etc.), le générateur électrique (dynamo ou alternateur), le compresseur de climatisation, etc.

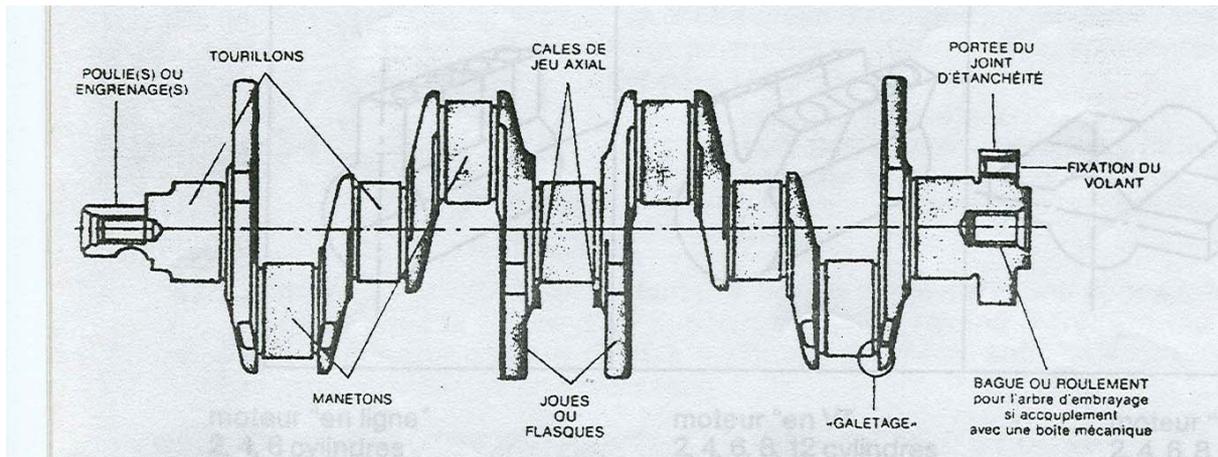


Fig. 5.2. Vilebrequin

### 2.1. Condition à remplir

Le vilebrequin est soumis notamment :

- aux torsions provenant des efforts opposés du couple moteur et du couple résistant.
- aux flexions, compressions, allongements et cisaillements.
- aux frottements au niveau des portées.
- aux vibrations provenant de la masse du vilebrequin lancé à grande vitesse (force centrifuge).

Il doit être conçu de manière à résister aux efforts qui lui sont demandés :

- Bras de manivelle robustes :
  - grande surface des portées, manetons et tourillons;
  - géométrie indéformable;
  - alignement des axes de tourillons (ligne d'arbre);
  - distance entre axes de manetons et axes de tourillons (course piston).
- Equilibrage parfait tant en conditions statiques que dynamiques.

### 2.2. Réalisation pratique

Le vilebrequin peut être réalisé :

- par forgeage, en acier au nickel-chrome ou manganèse.
- par moulage, en fonte au chrome ou silicium.

Il reçoit des traitements thermiques.

Les manetons et tourillons sont tournés, puis rectifiés.

### 2.3. Graissage des paliers

Le graissage est assuré par l'huile du moteur amenée sous pression aux paliers du vilebrequin dont les coussinets sont percés et comportent une gorge circulaire qui alimente les conduits percés dans les bras du vilebrequin, conduits qui emmènent l'huile jusqu'au maneton.

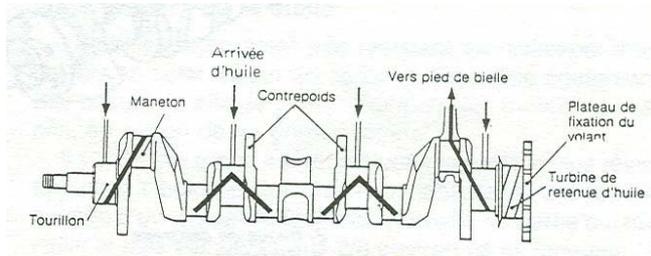


Fig. 5.3. Graissage des paliers d'un vilebrequin

## 3. Equilibrage d'un moteur

### 3.1. Equilibrage des efforts et inerties

L'équilibrage d'un moteur polycylindre à 4 temps consiste à distribuer judicieusement les temps moteurs au cours d'un cycle de 2 tours de vilebrequin et à répartir les masses des pièces en mouvement de façon que la résultante des forces de poussée et d'inertie, combinée avec les forces centrifuges, fournisse un couple moteur le moins variable possible et que les forces de réaction aux points de fixation du moteur sur le châssis soient le plus constantes possible.

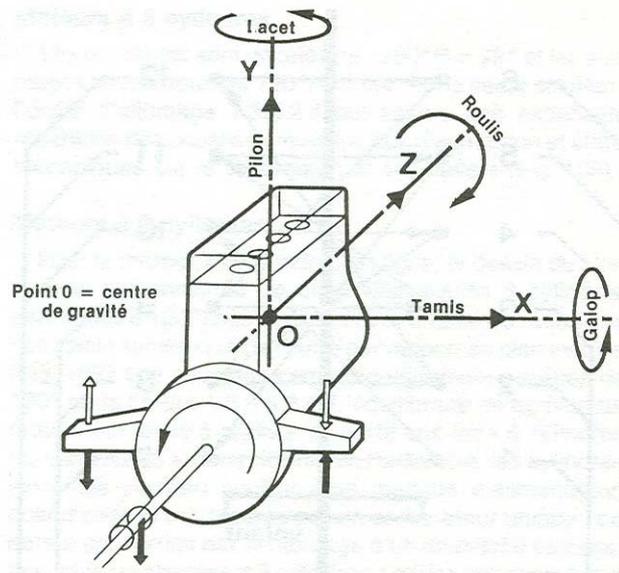


Fig. 5.4. Mouvements du moteur autour de son centre de gravité engendrés par les vibrations

### 3.2. Positionnement angulaire des manetons

Pour avoir un fonctionnement régulier on répartit les temps moteurs de manière uniforme.

Le cycle s'effectuant sur deux tours de vilebrequin, on détermine l'écart angulaire ( $\alpha$ ) entre deux manetons par :

$$\alpha = \frac{720^\circ}{n} \quad \text{d'où } n - \text{ nombre de cylindres}$$

En configuration classique, 4 cylindres "en ligne", les manetons et les paliers du vilebrequin sont dans un même plan. Les manetons sont décalés de  $180^\circ$  dans l'ordre d'allumage.

En configuration V à  $90^\circ$ , les 4 cylindres sont disposés en 2 lignes de 2 cylindres formant un angle de  $90^\circ$ . Les manetons sont décalés de  $90^\circ$  dans l'ordre 1-3-4-2.

**Exemples :**

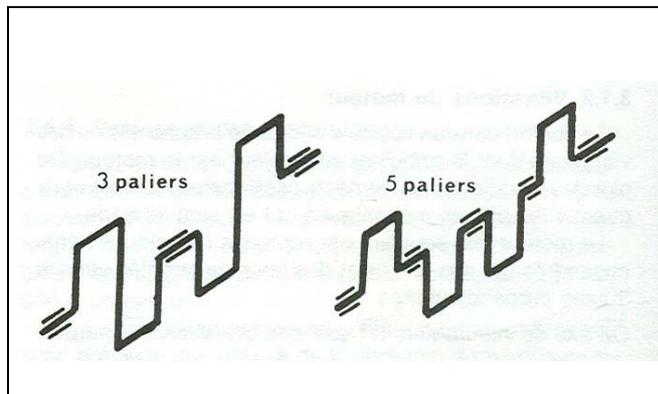


Fig. 5.5 Vilebrequin 4 cylindre en ligne

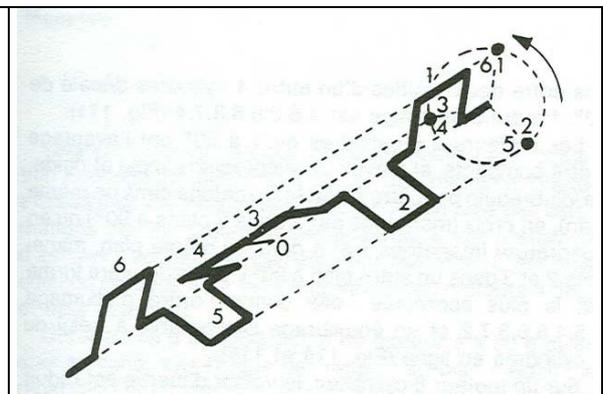


Fig. 5.6 Vilebrequin 6 cylindre en ligne

### 3.3. Ordre d'allumage

Pour le moteur à 4 cylindres en ligne il y a deux ordres possibles : 1-3-4-2 et 1-2-4-3. L'ordre d'allumage le plus couramment utilisé est le premier nommé, pour des raisons de meilleur écoulement du fluide gazeux.

	$0^\circ$	$180^\circ$	$360^\circ$	$540^\circ$	$720^\circ$
Cylindre 1	Comb.-Détente	Echappement	Admission	Compression	
Cylindre 2	Echappement	Admission	Compression	Comb.-Détente	
Cylindre 3	Compression	Comb.-Détente	Echappement	Admission	
Cylindre 4	Admission	Compression	Comb.-Détente	Echappement	
Ordre de l'allumage	<b>1-3-4-2</b>				

*Exemple d'autres types de moteurs :*

L'ordre d'allumage de moteur à 6 cylindres en ligne : 1-5-3-6-2-4.

Moteur en V 6 cylindres : 1-6-3-5-2-4.

Moteur en V 8 cylindres : 1-6-2-5-8-3-7-4.