

#### 4.4 La jupe du piston :

La jupe du piston est la partie assurant le guidage du piston dans le cylindre. Elle peut être complète ou réduite dans le cas des moteurs. Le but de cette réduction est de diminuer le poids du piston et les frottements de la jupe sur la chemise afin d'améliorer les performances du moteur à haut régime. Elle est d'autant plus importante que les pistons peuvent subir des accélérations très importantes : par exemple de 1 200 g sur un moteur V8 de 500 ch.

Dans un moteur deux temps, c'est la jupe du piston qui détermine le diagramme d'ouverture/fermeture des lumières en obturant ou découvrant ces dernières à chaque mouvement. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle le piston ne possède que deux segments (absence de segment racleur). Dans les moteurs quatre temps, les fonctions d'ouverture et de fermeture du système piston-cylindre sont assurées par l'arbre à came, les cames et les soupapes. Dans d'autres systèmes, il n'y a pas d'échange de fluide ; le même fluide demeure dans la chambre. C'est notamment le cas des vérins.



#### 4.5 Tribologie :

En termes de tribologie, l'état de surface de la jupe est primordial pour assurer une bonne lubrification, des ensembles

piston/cylindre ne sont pas nécessairement lubrifiés. D'autant plus que près de 75 % des pertes par frottement se font à ce niveau. Contrairement à l'opinion générale, un état de surface lisse n'est pas le plus optimal. En effet, il est important que la jupe du piston soit rugueuse (« ondulations ») afin de maintenir une quantité minimale d'huile nécessaire à la lubrification. Cette rugosité doit être néanmoins « contrôlée » afin de trouver un juste milieu entre la non-perturbation de l'établissement du film et les réserves suffisantes au bon fonctionnement. Un traitement de surface peut être parfois appliqué sur le piston ou uniquement sur la jupe ; celle-ci prendra alors une coloration gris foncé voire noire. Le cylindre est également strié de façon caractéristique pour augmenter sa rugosité : des stries fines et stries profondes disposées à 67°.

Ces contraintes d'état de surface vont provoquer, lors du déplacement du piston dans la chemise, l'« ouverture et la fermeture de multiples zones convergentes et divergentes de films » d'huile, ce qui complique l'optimisation de la lubrification. Une modélisation de la lubrification de la jupe consiste à considérer l'équation de Reynolds, afin de déterminer les champs de pression et de vitesse, auquel des termes de dérivation croisée sont ajoutés. Une expression du type suivant peut être ajoutée à l'équation de films minces

#### **4.6 L'axe du piston :**

L'axe du piston est une pièce mécanique qui permet de relier le piston aux autres pièces mécaniques en mouvement. Dans les

moteurs thermiques il permet aussi d'offrir à la bielle une liberté de mouvement par rapport au piston ; liberté de mouvement nécessaire à la rotation du vilebrequin. L'axe doit être extrêmement résistant de par ses dimensions et les matériaux utilisés, car il subit et transmet les efforts mécaniques consécutifs aux explosions. C'est la raison pour laquelle le bossage d'axe de certains pistons est renforcé par un passage d'axe bagué.

L'axe est aussi parfaitement poli pour tourner dans la bielle et/ou dans le piston. La plupart du temps, l'axe du piston est creux pour diminuer le poids de l'équipage mobile sans diminuer sa résistance. Les alésages du logement d'axe dans le piston doivent être coaxiaux ou coniques pour éviter des contacts localisés où s'exercent en fonctionnement des pressions élevées.

L'axe du piston est généralement maintenu latéralement par des circlips ou des joncs d'arrêt dans le piston, et peut être monté libre (glissant) ou serré dans la bielle. Dans ce dernier cas, pour le montage, il faut chauffer la bielle, refroidir l'axe ou associer les deux méthodes. Dans le cas de circlips, il faut prendre garde à ne pas serrer plus que de rigueur pour ne pas diminuer leur élasticité et compromettre leur appui dans le fond de leur logement. Un montage défectueux de l'axe peut provoquer « la fissuration du piston dans la zone des bossages, la détérioration des gorges de circlips, la déformation de la bielle et l'usure anormale ou le grippage du piston ».

#### **4.7 Rôle du piston dans un moteur thermique :**

Le piston est l'élément mobile assurant la variation de volume de la chambre de combustion d'un cylindre. Généralement lié à une bielle, il assure la compression des gaz de combustion et subit leur détente, engendrant ainsi un mouvement rotatif du vilebrequin. Lorsque la chambre est ouverte par une soupape, il expulse les gaz brûlés ou aspire le mélange du cycle suivant.

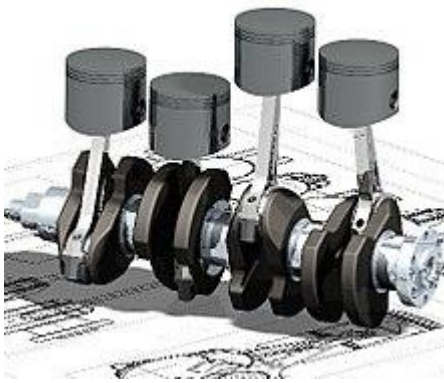
Le piston est une pièce généralement cylindrique, parfois légèrement conique, et dans certains cas en forme de tonneau. Ces formes et le jeu dans son ajustement avec la chemise confèrent à l'ensemble une liaison mécanique moins contraignante pour le montage et le fonctionnement.

En raison des forces et pressions exercées lors de la combustion, le piston doit être capable de transmettre les efforts sans se déformer et sans se fissurer, et ce même après des milliers d'heures d'utilisation à des températures élevées. Le matériau constitutif du piston doit donc posséder un module de Young  $E$  et un allongement à la rupture aussi élevés que possible aux températures de fonctionnement du moteur. C'est la raison pour laquelle l'acier ( $E_{\text{acier}} = 176\,500 \text{ N/mm}^2$  à  $400^\circ\text{C}$ ) est privilégié à l'aluminium ( $E_{\text{alu}} = 75\,500 \text{ N/mm}^2$  à  $\{20^\circ\text{C}\}$ ).

En raison des normes anti-pollution toujours plus strictes et de la volonté d'améliorer toujours plus le rendement et les performances des automobiles, les équipementiers cherchent à

minimiser les frottements du piston dans le cylindre. En effet, ces frottements sont à l'origine de près de 66 % des pertes par frottement dans le moteur. Le Nikasil et le Nigusil sont des revêtements anti-usure des cylindres. Par ailleurs, la consommation d'huile des pistons est une importante source de pollution.

C'est la raison pour laquelle l'acier est progressivement remplacé par le carbone amorphe composé d'une multitude de couches minces dont les propriétés physiques sont comprises entre le diamant et le graphite. Il permet au final une réduction des frottements d'environ 30 %. Néanmoins, sa fabrication demeurant assez chère, il n'est que peu utilisé sur les moteurs de série.



#### **4.8 Formes de la tête du piston :**

Généralement, la forme des chambres de combustion est déterminée par l'empreinte réalisée dans la culasse, si bien que la tête du piston est habituellement plate. Parfois, il s'avère au contraire que le piston soit creusé et forme, totalement ou partie, la chambre de combustion. Néanmoins, la tête du piston est creusée, notamment sur les automobiles de course, pour une toute autre raison. Il s'agit en effet de réaliser une forme particulière permettant de répartir et de diriger au mieux le mélange air/essence injecté dans la chambre.

On distingue généralement deux grandes techniques d'injection. Dans le cas d'une injection dite tumble, le jet de fluide produit par l'injecteur est dévié (par la forme de la tête du piston) vers la bougie d'allumage permettant de produire une explosion plus « performantes » et stratifiée. Dans le cas d'une injection dite swirl, le carburant agit comme un tourbillon, permettant ainsi d'homogénéiser le mélange dans toute la chambre. Il est également possible de combiner les deux types d'injection. D'ailleurs, physiquement, il est impossible de générer un swirl sans tumble alors que l'inverse est possible.

Illustration des mouvements tourbillonnaire swirl et tumble.

De nombreuses raisons poussent les constructeurs à utiliser ces types d'injection. Un niveau élevé de turbulences dans le fluide admis favorise une meilleure propagation du front de flamme dans la chambre lors de l'explosion ainsi qu'une meilleure combustion, notamment lorsque le mélange est pauvre.

