

## INTRODUCTION GENERALE

Dans la vie courante, plusieurs types de moyens de transport sont utilisés par les gens selon les possibilités financières de chacun : l'avion, le bateau, la voiture, la motocyclette, la bicyclette, le pousse-pousse, etc.... Chacun de ces moyens a ses avantages et ses inconvénients. Parmi ces moyens de transport et de déplacement, la motocyclette est à la fois le plus économique, le plus rapide et le moins cher. Personnellement, nous exploitons la motocyclette tous les jours pour satisfaire nos déplacements et nous en sommes très dépendants. C'est la raison majeure pour laquelle nous avons choisi ce thème intitulé « **Description mécanique de la motocyclette et contribution à sa maintenance pour une meilleure exploitation** ». En effet, plusieurs personnes utilisent ce moyen de transport, mais peu d'entre elles savent et comprennent comment il fonctionne et comment l'entretenir. Ainsi, les ateliers de dépannage de ces engins sont souvent pleins d'appareils en mauvais état.

Ce mémoire propose un exposé assez simple sur le mode de fonctionnement de la motocyclette. Il comprend cinq chapitres. Le premier chapitre donne les généralités sur la motocyclette ; le deuxième expose l'étude et le fonctionnement du moteur ; le troisième fait la description de la partie cycle et ses composants ; le quatrième explique la transmission de puissance et le dernier, la contribution sur la maintenance.

## **Chapitre I : GENERALITES SUR LA MOTOCYCLETTE**

Les motocyclettes, communément appelées motos, sont des véhicules généralement individuels, maniables, munis de deux roues, mus par un moteur (scooter, moto). On entend donc par une moto tout produit comportant deux roues et une large selle leur permettant de transporter deux ou trois personnes : le conducteur et un passager ou deux enfants. Les plus puissantes peuvent même ajouter un side-car pour emmener un ou deux passagers supplémentaires.

### **I.1. Historique**

#### **I.1.1. L'origine de la moto**

L'idée de mettre un moteur sur un vélo date de 1869, lorsque le Français Louis Perrault invente le « vélocipède à vapeur ». Mais c'est un échec total car le moteur à vapeur est trop lourd pour ce type d'engin.

Dans les années 1880, l'Allemand Gottlieb Daimler parvient à fabriquer un moteur à combustion interne, plus puissant et plus léger qu'un moteur à vapeur, et à l'adapter à une sorte de vélo : c'est l'ancêtre de la voiture, mais c'est aussi la première véritable motocyclette.

Motocyclette est un nom propre, déposé en 1897 par les frères Eugène et Michel Werner, fabricants installés à Levallois-Perret, puis devenu nom générique et comme l'origine de la moto.

Pour l'anecdote, alors que Motocyclette était simplement le nom d'un modèle conçu et fabriqué par les frères Werner, il semble bien que ce soit le préfet de Paris qui, trouvant ce nom fort approprié, ait décidé d'autorité qu'il désignerait, désormais, l'ensemble des véhicules à deux roues motorisés.

#### **I.1.2. Définition**

La motocyclette est un véhicule motorisé à deux roues monotrace (les roues sont l'une derrière l'autre). Le pilote y est assis à califourchon ; les mains tiennent le guidon et les pieds sont sur des repose-pieds. Un passager peut se tenir à califourchon derrière le pilote. Une personne conduisant ce type de véhicule est appelée motocycliste ou « motard(e) ». On peut adjoindre sur le côté de la moto un panier et le véhicule devient un side-car, soutenu par une roue supplémentaire, pour permettre le transport d'un passager supplémentaire (deux passagers maximum).



**Figure 1 : Un dessin de motocyclette**

### I.1.3. Histoire de la moto

Les motos, telles qu'on les connaît aujourd'hui, sont les résultats d'une longue évolution qui remonte à très longtemps.

#### I.1.3.1. La moto la plus ancienne du monde

On considère généralement la Perreaux comme étant la plus ancienne moto du monde. Plusieurs polémiques entourent ces deux roues à vapeur. Premièrement, on lui associe la plupart du temps le nom de Michaux. Or, Perreaux ayant déposé plusieurs brevets concernant les moteurs à vapeur et étant préalablement fabricant de vélos, on ne voit effectivement pas pourquoi Perreaux aurait fait appel à quelqu'un d'autre.

La deuxième concerne son âge exact : Le brevet n° 83691 qui en a été déposé auprès de la Préfecture de la Seine est daté du 16 Mars 1869 et fait suite à un procès verbal du 26 Décembre 1868. Mais rien ne prouve qu'elle ait roulé avant 1871. Dans tous les cas de figures, la Perreaux est bien la plus ancienne moto du monde.



**Figure 2 : Photo de la plus ancienne moto du monde**

### I.1.3.2. Une paternité controversée

La moto a officiellement été inventée par Louis-Guillaume Perreaux avec le premier brevet déposé en 1868 et modifié jusqu'en 1885. Cette première moto fonctionnait à la vapeur. En fait, elle n'était qu'un prototype et n'a jamais roulé d'une manière autonome ; elle était fixée à un axe vertical et tournait en rond, son chauffeur étant trop occupé à faire fonctionner le moteur.



Figure 4 : La machine de Félix Millet



Figure 3 : La machine de Gottlieb Daimler

Comme souvent, lorsqu'une technique est émergente, sa finalisation se produit en plusieurs endroits presque simultanément. Ce fut le cas pour l'avion, il en a été de même pour la moto : le 26 décembre 1868, un procès verbal est établi à la préfecture de la Seine en vue de la délivrance d'un brevet concernant un *vélocipède à grande vitesse* ; il est délivré sous le numéro 83691 le 16 mars 1869 à Monsieur Louis-Guillaume Perreaux - Ingénieur à Paris, 8 rue Jean Bart. Cependant, rien ne certifie que ce « vélocipède » ait roulé avant 1871. Il était équipé, alors, d'un moteur à vapeur entraînant la roue arrière et de pédales agissant sur la roue avant. Un exemplaire de cette moto est exposé au musée de l'Île-de-France au château de Sceaux.

En 1869, de l'autre côté de l'Atlantique, certains témoignages attestent de l'existence d'un autre véhicule à deux roues mû par un moteur à vapeur, la Roper, qui semble n'avoir été qu'une attraction foraine. Ces affirmations autorisent les Américains à s'attribuer la paternité de l'invention de la moto. Cependant, contrairement à l'invention de Perreaux, il n'en reste aucune trace, ni même un brevet prouvant son existence.

L'invention de Daimler, datant de 1885, a été conçue dans le but d'en tester le moteur fonctionnant à pétrole. Elle était équipée de roues latérales stabilisatrices, donc de quatre roues au total. On peut, cependant, avancer que la Daimler fut la première moto dotée d'un moteur à combustion interne.

La fabrication de motocyclettes s'est servie de quelques innovations technologiques. En 1887, le Français Félix Millet fabrique et vend quelques exemplaires d'une moto équipée d'un moteur à pétrole de 5 cylindres en étoile placé dans la roue arrière.

En 1894, Hildebrand Wolfmuller (Autriche) commercialise une moto équipée d'un bicylindre horizontal de 1 490 cm<sup>3</sup> qui bénéficie du premier véritable réseau de vente de l'histoire.

En 1897, les frères Eugène et Michel Werner commercialisent un cycle à moteur placé au-dessus de la roue avant, auquel ils donnent le nom de *motocyclette*.

### I.1.3.3. Popularisation

La motocyclette est très peu fiable à ses débuts. Elle oblige à effectuer des interventions mécaniques fréquentes. De plus, les routes sont en mauvais état et les suspensions sont inexistantes (si l'on ne tient pas compte des ressorts de la selle). Mais, très vite, l'usage de la moto se répand en commençant par être un outil de travail des professions libérales. La Première Guerre mondiale a favorisé son utilisation à des fins militaires. Les vélos sont remplacés par les vélomoteurs et des motocyclettes car commodes et moins chers que les automobiles.

À partir des années 1960, la pratique des deux-roues motorisés est jugée sale, voire dégradante. Les personnes aisées préfèrent alors l'automobile, qui permet de transporter plusieurs personnes protégées de la pluie, du vent et de la saleté. Cette époque est une hécatombe pour les marques historiques de motos. La production disparaît presque totalement en France.

Toutefois, alors que les années 1970 voient la banalisation de l'accès à la voiture avec l'essor de la production de masse de véhicules Peugeot, Renault et Citroën, la motocyclette connaît une certaine renaissance sous l'impulsion des constructeurs japonais qui misent sur le rêve, en produisant des véhicules jolis, propres, puissants et faciles à conduire.

Alors que l'embourgeoisement semble accessible à tous ceux qui, notamment à travers l'automobile, revendentiquent l'accès à une « grande classe moyenne », c'est finalement un dur retour aux réalités de la domination sociale, exprimé lors du printemps de mai 1968, qui sonnera le retour à la motocyclette. Désormais fiable, elle permet d'exprimer une distinction vis-à-vis de la masse populaire, et un ressentiment face à la société pleine de promesses. La moto devient une marque distinctive de liberté et de contestation. Le choc pétrolier de 1973 et la crise économique provoquent une hausse des prix générale, dont le carburant et les assurances, désireuses de ne faire porter l'augmentation des coûts qu'à une catégorie

minoritaire (et non à cause du nombre d'accidents de cette catégorie d'usagers). Cet environnement hostile aux motards va donner naissance en 1980 à la Fédération française des motards en colère (FFMC), fédération chargée de défendre les droits de cette catégorie d'usagers de la route.

## I.2. Le classement d'une moto

Les motos se classent tout d'abord selon leur puissance ; on parle de cylindrée.

### I.2.1. Types communs

Les mobylettes sont en fait des vélos renforcés munis d'un petit moteur dont la puissance est inférieure à 50 cm<sup>3</sup>. On peut les conduire dès 14 ans, à condition d'avoir le BSR (Brevet des Sécurités Routières). On distingue ensuite les motos légères (jusqu'à 125 cm<sup>3</sup>). Il est possible de les conduire dès 16 ans avec un permis spécifique (permis A1 ou A'), ou dès 18 ans avec le permis de voiture (permis B).

La limite suivante est celle de 500 cm<sup>3</sup>, qui sépare les grosses cylindrées (jusqu'à 1300 cm<sup>3</sup>, voire plus) des moyennes cylindrées. Pour conduire ces motos, il faut avoir 18 ans et le permis moto (permis A).

En ville, les conducteurs privilégiennent généralement les motos relativement petites et maniables. Pour certains, le scooter apparaît ici comme le meilleur compromis, parce qu'il est petit, maniable, léger et facile à conduire.

Les motos routières sont généralement puissantes et aussi confortables que possible, pour affronter les longs trajets. Carénées pour un meilleur aérodynamisme, elles intègrent de nombreux équipements de sécurité.

Les motos dites « trail » sont adaptées aux chemins de terre : elles sont hautes sur leurs roues, ont de gros garde-boue et des suspensions imposantes. Elles embarquent un moteur puissant mais qui ne permet pas d'atteindre des vitesses très élevées.

On appelle « custom » les motos plus basses (comme les Harley-Davidson par exemple).

Les motos de course (sportive) sont équipées pour rouler le plus vite possible.

Sportive est un modèle dérivé de celles utilisées en compétition de vitesse; elle est plus petite et légère qu'une routière donc capable d'accélération et de vitesse élevées. Parmi les plus puissantes, citons la série des GSX-R de Suzuki, notamment avec la Hayabusa GSX 1300 R, fer de lance de la marque et première moto de série à avoir dépassé les 300 km/h dans sa version libre (non bridée), ainsi que la série Yamaha YZF-R1, dérivée des modèles Moto GP. La France est le seul pays à imposer une limite de 100 chevaux. Selon la cylindrée et la vocation plus ou moins affirmée pour la compétition sur circuit, on distingue deux catégories

prépondérantes dans le monde des sportives: les *super-sports* ( $600 \text{ cm}^3$ ), et les *hyper-sports* ( $1\,000 \text{ cm}^3$ ). Évidemment, il existe des cylindrées intermédiaires, voire plus faibles ou plus élevées.

Les motos dites « **vertes** » sont des machines conçues pour le hors-piste, elles sont souvent dépourvues des équipements obligatoires pour circuler sur routes ouvertes. On peut distinguer plusieurs catégories dans ce créneau très large : les motos d'enduro pour la randonnée motocycliste, celles de trial pour le franchissement d'obstacles, celles de Moto-cross pour les circuits fermés ou encore les super motards pour la compétition mixte route-terre. Les pratiquants de la moto « verte » se doivent d'être respectueux des autres usagers (équestres, vététistes, piétons, etc.) et des lieux où ils pratiquent leur loisir. Les motos de « trial » sont faites pour franchir des obstacles de plus d'un mètre de dénivellation. Extrêmement légères et maniables, elles ne comportent parfois même pas de selle car les évolutions se font le plus souvent à basse vitesse, debout sur les repose-pieds. Aujourd'hui on voit également l'apparition de moto-cross de petit format portant le nom de Pitt bike. Leur taille réduite permet aux pilotes de s'adonner à des cascades plus libres.

### I.2.2. Types marginaux

Voici d'autres modèles de motocyclettes, moins connues:

- La Mini moto (pocket bike), moto au format réduit.
- Le side-car, pourvu d'une troisième roue latérale (à droite ou à gauche), permettant d'ajouter un « panier », généralement destiné à héberger un ou plusieurs passagers.
- Derny, moto spécialisée pour être un bouclier aérodynamique devant une bicyclette pour des records de vitesse sur une piste ovale.



**Figure 5 : Deux pocket bikes**

### **Remarque**

Le terme Derny, s'il est devenu générique, n'en est pas pour autant le nom d'origine des motos utilisées pour désigner les motos entraînant les cyclistes sur piste. Ces motos utilisaient, aux origines de ce sport, des moteurs absolument énormes, ce qui permet, par exemple, en 1924, au Belge Léon Vanderstuyft d'atteindre 107,7 km/h derrière une telle moto.

- Café racer, ce terme désigne généralement une moto monoplace au style rétro, possédant un guidon bas, et très peu de carénage.
- Speedway est une machine sans frein spécialement étudiée pour les virages à gauche. Les dérapages effectués en virage se font en effet systématiquement à gauche en speedway, impliquant une adaptation spécifique du matériel. Ces machines sont propulsées par de l'alcool méthylique (dénommé également méthanol).
- La Monotrace, produite en France sous licence (Mauser Einspurauto) de 1926 à 1928 : c'est une véritable voiture à 2 roues (cabriolet). À l'arrêt, elle tenait debout grâce à des roulettes rétractables au moyen d'un levier. La société Suisse Peraves produit depuis de nombreuses années son interprétation moderne avec ses très performantes "Ecomobil" et maintenant le Monotracer (moteurs 4 cylindres en ligne de moto BMW "K")
- Les amateurs de style rétro peuvent également se tourner vers les productions des pays de l'Est, où le constructeur Oural produit encore des motos inspirées des BMW d'après guerre, attelées à un side-car dont la roue est également motrice. Il existe également des modèles hybrides, comme la Carver, qui a trois roues, mais dont la cellule penche en virage comme une moto, permettant une meilleure stabilité en virage, en dépit du plaisir de conduite.
- En 2006, la marque Piaggio bouscule les habitudes en commercialisant un véhicule à trois roues (deux à l'avant, une à l'arrière) baptisé MP3 (**Moto Piaggio 3** roues). Conçu pour une utilisation plutôt urbaine, celui-ci offre une meilleure stabilité et un meilleur freinage qu'un deux-roues traditionnel. Une trentaine de brevets ont été déposés lors de la conception du train avant.

### **I.3. Les éléments d'une moto**

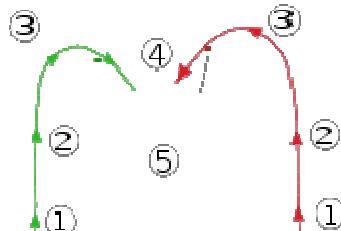
Les motos sont construites sur le modèle des bicyclettes ; mais elles empruntent aussi de nombreux éléments et équipements à l'automobile. Contrairement aux vélos, qui sont des véhicules plutôt individuels, les motos ont une large selle leur permettant de transporter deux personnes : le conducteur et un passager. Les plus puissantes peuvent même ajouter un side-car pour emmener un ou deux passagers supplémentaires.

Comme les bicyclettes, les motos ont un cadre, un guidon, deux roues, des freins. Cependant leur cadre est beaucoup plus épais et plus solide. Leurs roues sont dotées de pneus épais et larges ; elles sont freinées par un système de freinage similaire à celui d'une automobile, actionné grâce à une pédale au pied droit (freinage de la roue arrière) et à un levier à la main droite (freinage de la roue avant). Comme pour les automobiles, c'est un moteur qui entraîne la rotation de la roue arrière.

Les motos ont également des vitesses, généralement cinq ou six, mais pas de marche arrière. Pour passer les vitesses, il faut d'abord embrayer en actionnant avec la main gauche un levier semblable à celui d'un frein de vélo, puis passer les vitesses à l'aide d'un levier actionné par le pied gauche. L'accélération se fait en tournant vers soi la poignée droite du guidon.

### **Les techniques de pilotage abordé sur un virage**

Le pilotage d'un engin à deux roues est régi par des règles physiques précises importantes à connaître pour la sécurité, la performance et le plaisir de conduite : le contrebraquage, la précession gyroscopique de la roue avant, les trajectoires, l'importance du regard, le freinage et l'anticipation. Chaque domaine, la piste, la route et le tout terrain, possèdent des exigences différentes pour la sécurité et l'efficacité.



**Figure 6 : Comment aborder un virage ?**

Pour le confort et la sécurité du motard une série d'équipements sont recommandés. La vitesse de déplacement du motard influence la température corporelle du conducteur et donc sa bonne réactivité musculaire et nerveuse. Le tableau du refroidissement éolien donne une estimation utile de l'impact combiné de la température extérieure avec la vitesse de déplacement sur le corps humain.

## **Chapitre II : L'ETUDE ET LE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR**

### **II.1. Généralités sur le moteur**

#### **II.1.1. Introduction**

Le moteur est la pièce maîtresse de la moto, celle qui transforme une énergie thermique en énergie mécanique. Un moteur doit donc créer une énergie à partir d'un élément énergétique. L'art, en mécanique, est de créer une transformation qui génère elle-même plus d'énergie que ce qu'elle a nécessité pour être amorcée. Cette production crée un "travail" qui fait tourner les machines. En général, le moteur est principalement utilisé pour la propulsion des véhicules comme la moto.

#### **II.1.2. Le rôle du moteur**

Le rôle d'un moteur est de transformer un combustible (en général : air + essence) en un mouvement. En effet, un moteur, en brûlant un combustible crée une énergie thermique (explosion) qui transforme en énergie mécanique (mouvement des pièces) nécessaire au déplacement de la moto. Le mouvement de ces pièces motrices va entraîner la boîte de vitesse qui elle-même entraînera la roue arrière.

#### **II.1.3. Types du moteur**

Dans le monde des moteurs à combustion interne (moteur à explosion), il existe deux types : le moteur à 2 temps et le moteur à 4 temps.

##### **II.1.3.1. Le moteur à 4 temps**

Son cycle se décompose en 4 temps moteur, et sur deux tours complets, soit  $720^\circ$ . On retiendra, de manière générale, ce mode de fonctionnement. Il est devenu le standard. Ce type de moteur s'est généralisé sur plus de 95% de la production des motos de séries actuelles.

##### **II.1.3.2. Le moteur à 2 temps**

Son cycle se décompose en 2 temps moteur, et ce sur un tour complet, soit  $360^\circ$ . Ce moteur très répandu, s'utilise principalement sur les motos de course de haut niveau et paradoxalement sur beaucoup de scooters et de motos de faible cylindré.

#### **II.1.4. Principe de fonctionnement**

Les moteurs à 2 temps ou à 4 temps se fonctionnent sur le même Principe. Un piston se déplace à l'intérieur d'un cylindre, il est relié à un vilebrequin par l'intermédiaire d'une

bielle. Le piston a un mouvement alternatif de haut en bas ; ce déplacement est transformé en mouvement rotatif par l'intermédiaire de la bielle et du vilebrequin.

Pour déplacer le piston, il faut une énergie ; ce sera un mélange d'air et d'essence, comprimé entre la tête du piston et le haut du cylindre (la culasse), qui au contact d'une étincelle provoquée par une bougie, provoquera l'explosion, source de puissance. Il faut ajouter à cela :

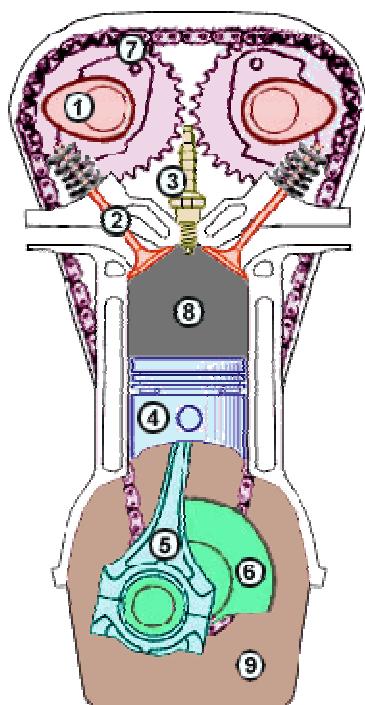
- un carburateur qui permettra de doser l'arrivée d'essence et d'air ;
- un filtre à air pour éviter que les poussières pénètrent dans le cylindre ;
- une bobine un volant magnétique pour fournir l'électricité à la bougie.

Le tout faisant du bruit, on installera un pot d'échappement pour l'atténuer. Toutes ces pièces en mouvement provoquent des frottements et des échauffements. Il faudra donc huiler les parties en mouvement et refroidir l'ensemble. Pour obtenir un gain de poids et de place, le refroidissement du moteur se fera par air, c'est le volant moteur équipé d'ailettes qui fera office de ventilateur.

## II.2. Etude et analyse dynamique sur le fonctionnement du moteur

### II.2.1. Le moteur à 4 temps

Pour comprendre le fonctionnement d'un moteur "4 temps", il faut connaître les pièces qui le composent.



**Figure 7 : Coupe d'un moteur à 4 temps**

### 1. CAME: (Rouge)

Monté sur un arbre, cette pièce non circulaire sert à transformer un mouvement rotatif en mouvement de poussée.

### 2. SOUPAPE: (Orange)

Obturateur mobile maintenu en position fermée par un ressort. Elle s'ouvre momentanément sous la pression de la came.

### 3. BOUGIE: (Jaune)

Elle fait jaillir une étincelle qui met le feu au mélange air/essence, créant une explosion.

### 4. PISTON: (Bleu)

Pièce cylindrique mobile, qui sert à comprimer les gaz en vue d'une explosion, et qui après l'explosion transforme une énergie thermique en énergie mécanique.

### 5. BIELLE: (Turquoise)

Tige rigide, articulée à ses deux extrémités. Elle transforme un mouvement linéaire en mouvement rotatif.

### 6. VILEBREQUIN: (Vert)

Arbre articulé en plusieurs paliers excentrés, il transmet indirectement l'énergie mécanique à la boîte.

### 7. DISTRIBUTION: (Violet)

Mécanisme de régulation d'entrée et de sortie des gaz à travers la chambre de combustion. Il crée une parfaite coordination entre les arbres à came et le vilebrequin.

### 8. CHAMBRE DE COMBUSTION: (Gris)

Chambre hermétique où est injecté le mélange air/essence pour y être comprimé, enflammé, et créer un énergie mécanique.

### 9. LUBRIFICATION: (Marron)

Les pièces situées sous le piston baignent dans l'huile. Cette huile n'est jamais en contact avec le dessus du piston. Elle lubrifie: Vilebrequin, Bielle, Piston, et parfois c'est la même qui lubrifie la boîte de vitesses. (A la différence des 2 temps, ou la boîte est séparée du moteur.)

## **II.2.2. Définition du cycle à 4 temps**

On appelle cycle l'ensemble des phases qui se succèdent dans le moteur. Dans notre cas, le cycle comprend quatre phases ou temps :

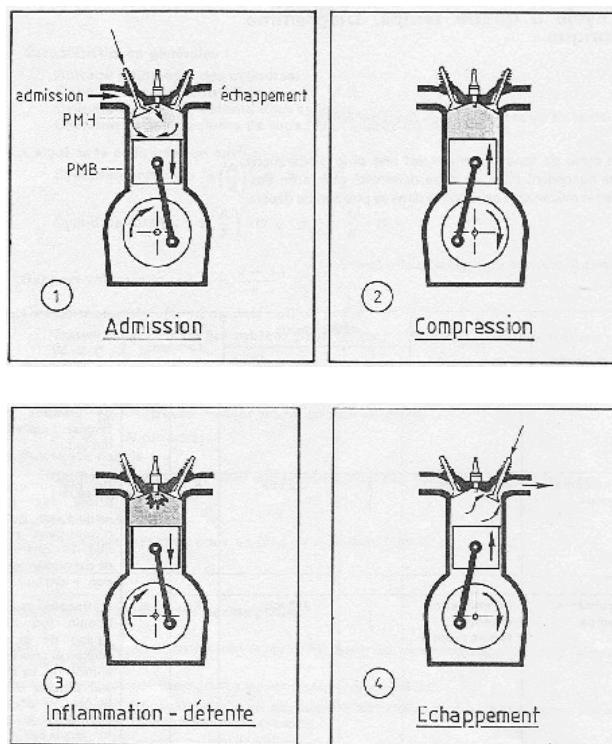
- Temps admission : aspiration d'air ou de mélange air-essence.

- Temps compression : de l'air ou du mélange.
- Temps combustion-détente : inflammation rapide du mélange provoquant une brusque montée en pression des gaz puis leur détente.
- Temps échappement : évacuation des gaz brûlés.

On constate que seul le troisième temps fournit de l'énergie, c'est le temps moteur, les trois autres temps sont résistants.

### **II.2.3. Déroulement du cycle**

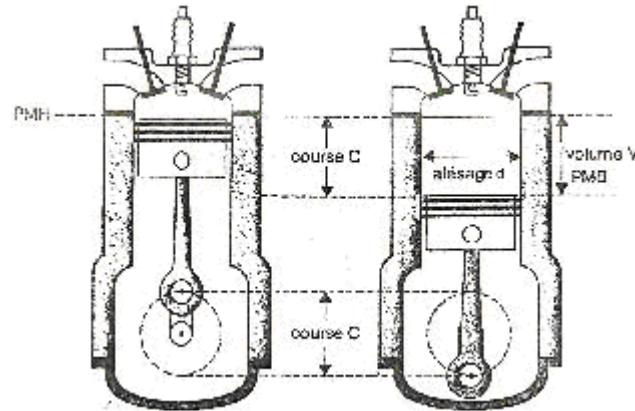
- 1) Le piston en descendant crée une baisse de pression qui favorise l'aspiration des gaz.
- 2) Le piston comprime les gaz jusqu'à ce qu'ils n'occupent plus que la chambre de combustion (pression + chaleur).
- 3) L'étincelle d'une bougie (ou l'injection de gazole comprimé) enflamme le mélange. La chaleur dégagée dilate le gaz qui pousse violemment le piston vers le bas.
- 4) En remontant, le piston chasse les gaz brûlés devant lui. A ce moment, le moteur se trouve à nouveau prêt à effectuer le premier temps.



**Figure 8 : Cycle à 4 temps**

## II.3. Caractéristiques d'un moteur

Un moteur est caractérisé par:



**Figure 9 : Caractéristiques d'un moteur**

### II.3.1. L'alésage

C'est le diamètre ( $d$ ) du cylindre en millimètre.

### II.3.2. La course

C'est la distance ( $c$ ) parcourue par le piston entre le Point Mort Haut (PMH) et le Point Mort Bas (PMB).

### II.3.3. La cylindrée

La cylindrée unitaire ( $V_u$ ) d'un cylindre est le volume balayé par le piston entre le PMH et le PMB.

$$V_u = \frac{1}{4} \pi d^2 c \quad (2-1)$$

$V_u$  : La cylindrée unitaire en  $Cm^3$

### II.3.4. La cylindrée totale

La cylindrée totale ( $V_t$ ) d'un moteur est la cylindrée unitaire multipliée par le nombre de cylindres.

$$V_t = n \cdot V_u \quad (2-2)$$

Où  $n$ - nombre de cylindres.

La cylindrée s'exprime en général en  $Cm^3$ .

### II.3.5. Le rapport volumétrique

C'est le rapport entre le volume total d'un cylindre ( $V+v$ ) et le volume de la chambre de combustion ( $v$ ).

$$\rho = \frac{V+v}{v} \quad (2-3)$$

En général, on laisse le résultat sous forme de fraction.

Exemples : 8.5/1 ; 11:1 ; 18 :1 ; 22/1

#### Remarque

- Si  $V$  croît,  $v$  restant constant :  $\rho$  croît.
- Si  $v$  croît,  $V$  restant constant:  $\rho$  décroît.
- Si  $\rho$  croît, la pression de fin de compression croît.

### II.3.6. Le couple moteur

La pression qui agit sur la tête de piston lui communique une force d'intensité :

$$F = p \times S \quad ; \text{ avec } F \text{ en N} \quad (2-4)$$

Où :  $p$  - la pression de gaz brûlés en  $Pa$

$S$  - l'aire de la tête du piston en  $m^2$

Déterminons  $F_1$  sur la bielle :

$$F = \frac{F_1}{\cos \alpha} \quad (2-5)$$

$\alpha$  : l'angle formé par la force  $F$  et  $F_1$  (voir figure 10 ci – dessus)

### II.3.7. Le moment du couple moteur

Le moment du couple moteur ( $M_c$ ) est donc le produit de la force sur la bielle par la longueur du bras de maneton de vilebrequin.

$$M_c = F_1 \times r \quad ; \quad M_c \text{ en Nm} \quad (2-6)$$

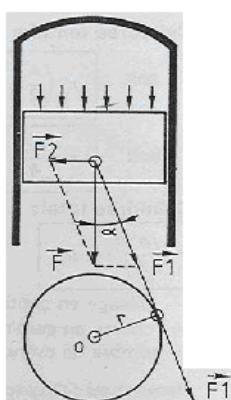


Figure 10 : *Décomposition des forces agissant sur le maneton du vilebrequin*

### II.3.8. Le travail développé (W)

Le travail développé (W) est égal au produit de la force sur la bielle ( $F_1$ ) par le déplacement de la force ( $F_1$ ).

$$W = F_1 \times \ell \quad \text{avec } W \text{ en [J]} \quad (2-7)$$

Déplacement de la force pour un tour :

$$l = 2\pi r \quad (2-8)$$

Travail de force pour un tour :

$$W = \vec{F}_1 \cdot 2\pi r \quad (2-9)$$

En posant que :  $M_C = C$

$$W = C \cdot 2\pi \quad (2-10)$$

Pour un nombre de tours donnés (N) le travail sera :

$$W = C \cdot 2\pi \cdot N \quad (2-11)$$

On peut observer que le couple le plus élevé se situe lorsque la bielle et le bras du vilebrequin forment un angle de 90°.

### II.3.9. La puissance de moteur

a) La puissance effective est le travail moteur fourni en une seconde.

$$P = \frac{W}{t} \quad (2-12)$$

Soit N tours par minute :

$$P = \frac{W}{t} = C \cdot \frac{2\pi N}{60} = C \cdot \omega \quad (2-12)$$

Où  $\omega$  - la vitesse angulaire de vilebrequin.

On parle de puissance moteur en kW ou CV (kilowatt - cheval) ou encore HP (horse power).

Soit 1 CV = 0.736 KW = 0.98 HP.

b) La puissance du moteur est la capacité du moteur à fournir un travail dans un temps donné. Son calcul est un savant mélange de couple et de vitesse de rotation.

$$[(\text{kW}) = (\text{Nm}) \times (\text{rad/s})] \quad (2-13)$$

Puissance = couple x régime moteur

[1 tour = 360° et 360° = 2 pi radian].

Ce qu'il faut s'avoir pour pouvoir comparer les données lors d'un achat :

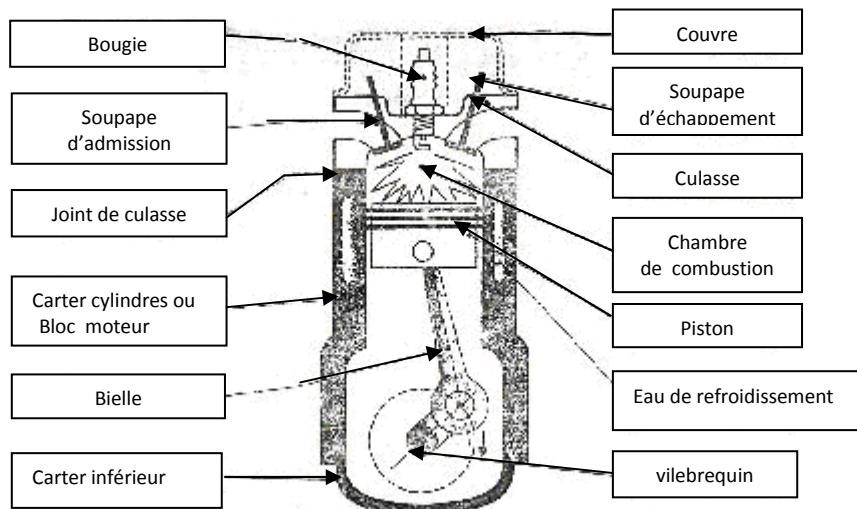
Pour un moteur 4 temps, on établit grossièrement que pour 50 centimètre cube, on obtient une puissance de 1 CV ou 0,736 kW et pour un 2 temps, il nous suffit de 25 cc. Le centimètre cube est le volume du cylindre moteur ; bien sûr, ce résultat varie suivant la vitesse de rotation et du taux de compression.

**Exemple :** un moteur de débroussailleuse sera donné à une puissance de 0.80 KW ou 1 KW suivant son régime de rotation à 8000 ou 10000 tours/minute.

#### II.4. Analyse fonctionnelle

Le fonctionnement du moteur thermique est assuré par l'association de quatre grands groupes fonctionnels :

- Les systèmes à fonctions mécaniques ;
- Le système de carburation ;
- Le système d'allumage ;
- Les systèmes auxiliaires



**Figure 11 : Eléments principaux du moteur**

##### II.4.1. Les systèmes à fonctions mécaniques sont:

- Le système enceint : assure l'isolation de la masse gazeuse.
- Le système bielle-manivelle : assure la transformation du mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement de rotation.
- Le système de distribution : commande l'ouverture et la fermeture des soupapes en temps voulus.

##### II.4.2. Le système de carburation :

Il assure l'alimentation du moteur en mélange carburé.

##### II.4.3. Le système d'allumage :

Il assure l'inflammation du mélange carburé.

#### **II.4 .4. Les systèmes auxiliaires :**

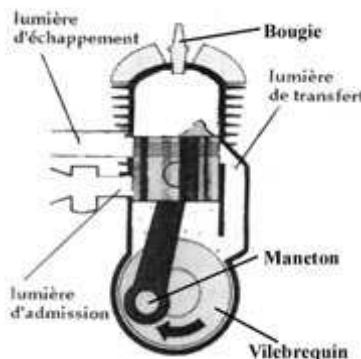
- Le système de lubrification ;
- Le système de refroidissement ;
- Le système de démarrage et de charge (circuit électrique).

#### **II.5. Le moteur 2 temps**

##### **II.5.1. Description du moteur 2 temps**

Les différences majeures de structure du cylindre d'un moteur "2 temps" par rapport à un moteur "4 temps" sont :

- L'absence de soupape ;
- Une lumière de transfert ;
- Le piston peut être prolongé par une jupe ;
- Le cylindre est percé de plusieurs lumières.



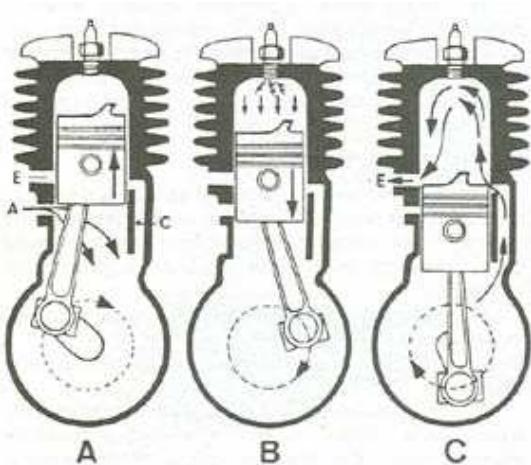
**Figure 12 : Coupe d'un moteur 2 temps**

##### **II.5.2. Fonctionnement**

Le moteur à 2 temps réalise le cycle Beau de Rochas (aspiration, compression, détente, échappement) en 2 courses de piston au lieu de 4 courses prévues dans le moteur 4 temps.

- 1<sup>er</sup> temps (du PMB au PMH) :

Le piston étant au PMB, le mélange air-essence est introduit sous une faible pression de 1.2 à 1.4 bars. Au 1/7 environ de sa course, le piston ferme les lumières pour permettre la compression.



- A. Admission dans le carter et compression dans le cylindre.
- B. Compression dans le carter et explosion-détente dans le cylindre.
- C. Transfert carter/cylindre et échappement du cylindre

**Figure 13 : Moteur 2 temps à compression dans le carter**

- **2<sup>ème</sup> temps (du PMH au PMB) :**

La combustion commence un peu avant le PMH; après le PMH, la descente du piston réalise le "temps moteur". Au 6/7 environ de sa course, le piston découvre l'orifice d'échappement pour permettre l'évacuation des gaz brûlés.

Dans les moteurs 2 temps à lumières, les opérations d'admission et d'échappement ont une durée très réduite et elles s'effectuent toutes les deux au voisinage du PMB.

## II.4. Etude thermodynamique sur le moteur

### II.6.1. Généralités

Tous les moteurs à combustion font appel aux transformations thermodynamiques d'une masse gazeuse pour passer de l'énergie chimique contenue dans le combustible à l'énergie mécanique directement exploitable sur l'arbre de sortie du moteur. Cette idée fondamentale a été émise par le physicien français S. Carnot. Selon le principe de Carnot, une machine thermique ne peut produire du travail que si elle possède deux sources de chaleur à des températures différentes :

- La source chaude (à température absolue T2) où a lieu la combustion du carburant.
- La source froide à température T1 (gaz d'échappement, radiateur, milieu extérieur très proche du moteur).

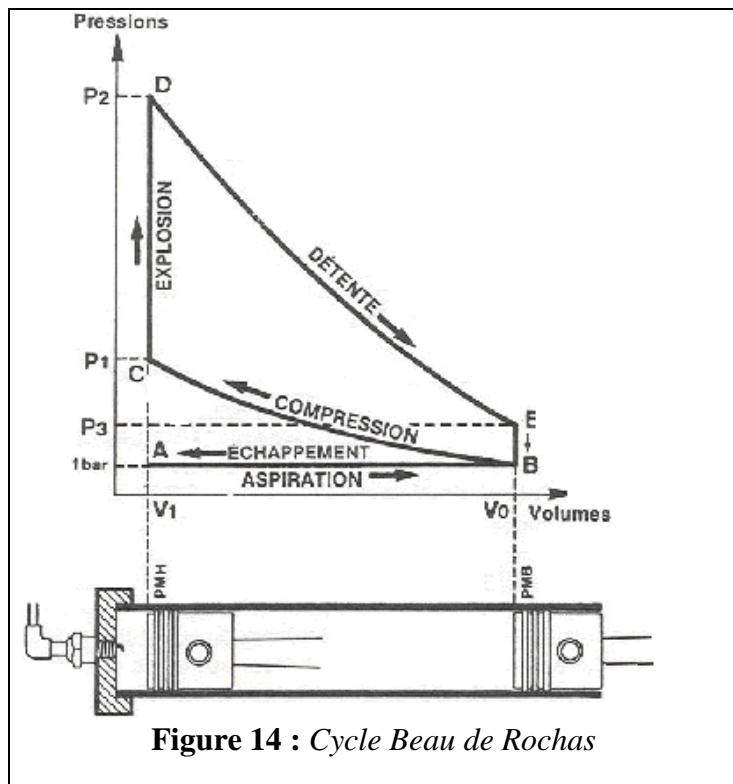
### II.6.2. Diagramme théorique

Le diagramme théorique d'un moteur à 4 temps est le diagramme idéal. Il ne tient pas compte des facteurs suivants :

- Temps mis par les soupapes à s'ouvrir.

- Délai d'inflammation du mélange.
- Inertie des gaz.
- Echanges de chaleur avec l'extérieur.

Les variations qui se produisent dans le diagramme sont liées aux lois de la thermodynamique (Cycle Beau de Rochas).



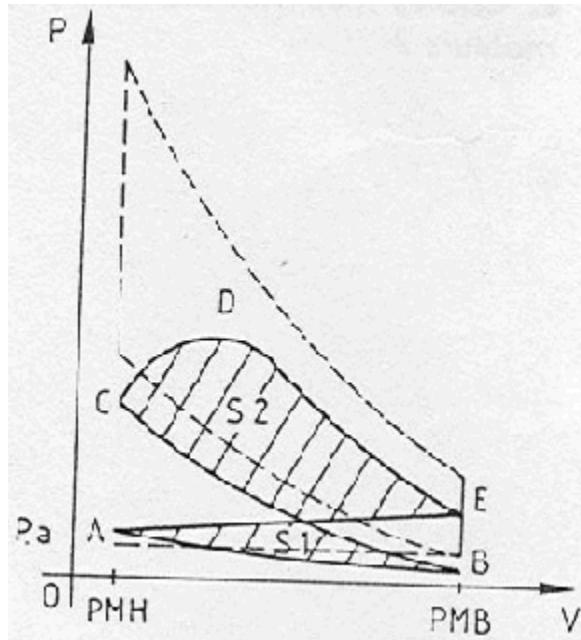
- Le travail moteur est représenté par l'aire ADEBA.
- Les temps résistants sont représentés par l'aire ABCA.
- Le travail utile – l'aire CDEBC.

- Aspiration du gaz à la pression atmosphérique dans le cylindre le long de la droite isobare AB ( $P_o = 1 \text{ Bar} V_1 V_O$ ).
- Compression adiabatique BC jusqu'au volume minimal  $V_1$ , la pression devenant  $P_1$ .
- Combustion instantanée du gaz à volume constant le long de la droite isochore CD avec une force élévation de température à  $T_2$  et de la pression à  $P_2$ .
- Détente du gaz chaud le long de l'adiabatique DE qui ramène le volume à  $V_O$ , mais à une pression  $P_3$  supérieure à celle de l'atmosphère.
- Ouverture de l'échappement des gaz dont la pression tombe instantanément à la pression atmosphérique le long de l'isochore EB, la température redescendant à  $T_1$ .
- Reste à vider le cylindre, des gaz brûlés, en décrivant l'isobare BA, pour revenir au point de départ A.

## II.6.3. Diagramme réel

### II.6.3.1. Diagramme réel avant réglage (Cycle OTTO)

La première réalisation pratique d'un moteur à piston fonctionnant suivant le cycle à 4 temps a été réussie par OTTO en 1876. Mais le graphique des pressions qu'il releva sur le moteur monocylindrique à piston tournant à 180 tr/min s'écartait assez nettement du cycle théorique de Beau de Rochas; le rendement pratique était inférieur au rendement théorique.



**Figure 15 : Diagramme réel avant réglage**

- Admission (Courbe AB) : La pression  $p$  est supérieure à  $p_a$  du fait de l'accumulation des gaz dans la tubulure d'admission, puis le recule rapide du piston crée une baisse de pression dans la deuxième partie de AB.  
 $p(B) < p_a$  au point B.
- Compression (Courbe BC) : La courbe de compression se trouve en dessous de la courbe théorique, puisque son point de départ B est en dessous de  $p_a$ . Elle est également modifiée par les échanges de chaleur.
- Inflammation-détente (Courbe CDE) : Pendant le temps que dire la combustion, le piston recule. La verticale va s'abaisser en une courbe dont la pression maximale sera plus faible. De plus, pendant la détente, les gaz chauds perdent une partie de leur chaleur. La pression décroît plus rapidement que dans le moteur théorique.
- Echappement (Courbe EA): La chute de pression se fait progressivement pour n'approcher la pression à l'admission qu'en fin de course piston. Pendant toute la course il règne une contre-pression due à la poussée rapide du piston.

Dans le diagramme réel, on voit que les temps utiles perdent une partie de leur surface. Les temps résistant augmentent.

S<sub>2</sub> – S<sub>1</sub> : Travail utile insuffisant.

### Défauts constatés

- Remplissage insuffisant,
- Compression insuffisante,
- Pression d'explosion trop faible,
- Echappement incomplet (contre-pressure).

### Causes

- Ecoulement défectueux des gaz : lent et difficile (coudes, soupapes),
- Inflammation non instantanée (durée t) des gaz frais en général  $t \leq 0.001$  s.
- Compression et détente non adiabatiques.
- Vitesse v du piston assez grande.

#### II.6.3.2. Diagramme réel après réglage

Il est nécessaire, pour remédier à ces inconvénients, d'augmenter le temps d'ouverture des soupapes afin d'éviter le freinage des gaz. Le point d'allumage devra être avancé pour tenir compte du délai d'inflammation (Figure 15).

- Avance à l'ouverture de l'admission (AOA) :

Cette avance évite l'arrêt de la veine gazeuse devant une soupape fermée et améliore ainsi le taux de remplissage.

- Retard à la fermeture de l'admission (RFA) :

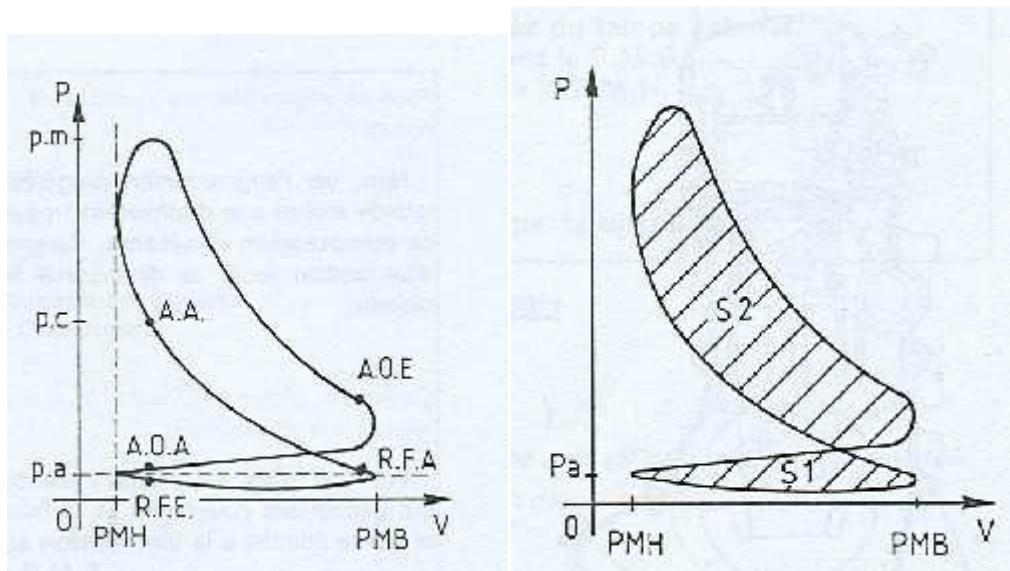
On profite de l'inertie des gaz pour augmenter le remplissage et ne refermer la soupape qu'après le PMB. La diminution du temps de compression est compensée par une pression de début de compression plus élevée.

- Avance à l'allumage (AA):

Elle permet de répartir l'explosion de part et d'autre du PMH. La pression maximale se trouve ainsi augmentée.

- Avance à l'ouverture de l'échappement (AOE):

Elle permet d'avancer la chute de pression des gaz brûlés afin de limiter leur tendance à la contre-pressure.



**Figure 16 : Diagramme réel après réglage**

- Retard à la fermeture de l'échappement (RFE):

On profite de l'inertie des gaz pour faciliter leur évacuation complète. La soupape d'échappement se ferme donc au début du temps admission.

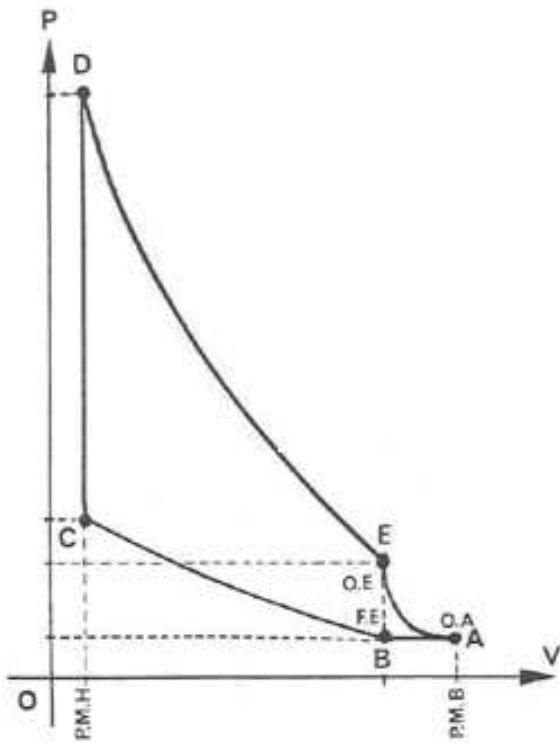
En conclusion, l'aire S2 a augmenté, l'aire S1 a diminué. Le travail utile du moteur est plus important.

#### II.6.4. Cycle à 2 temps

##### II.6.4.1. Cycle théorique

Le piston part de PMB au point "A", les lumières de transfert étant découvertes et les gaz frais préalablement comprimés dans le carter. C'est la phase "admission" jusqu'au point "B" qui correspond à la fermeture des lumières de transfert et d'échappement. La compression s'exerce jusqu'au point "C" où se produit l'allumage, au voisinage du PMH; et la pression monte brusquement jusqu'en "D". C'est alors la détente qui correspond à la phase "DE", le point "E" correspondant à l'ouverture de la lumière d'échappement. La pression tombe brusquement jusqu'en "B".

Le piston termine sa course descendante "EA" avant de recommencer un nouveau cycle. La phase "EAB" correspond au balayage des gaz brûlés qui n'ont pas fini d'être évacués par les gaz frais qui ont commencé à pénétrer dans le cylindre par les canaux de transfert.

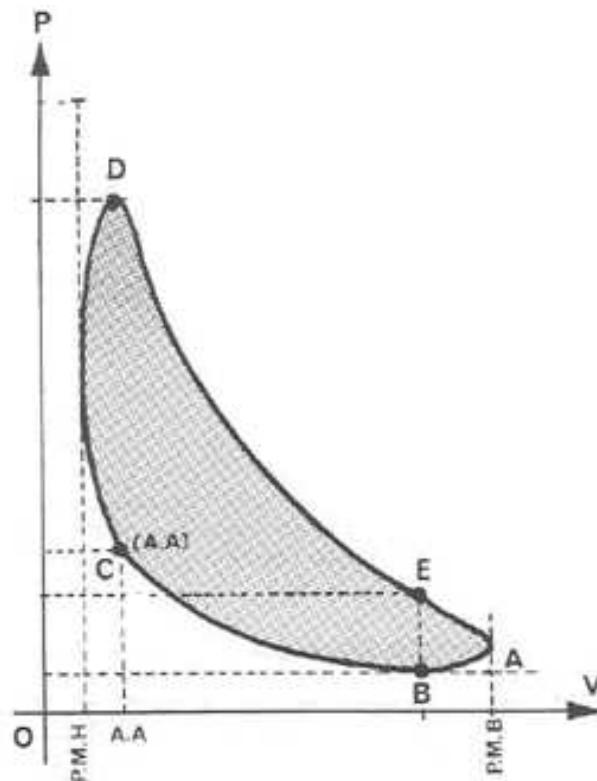


**Figure 17 : Cycle théorique du moteur**

#### II.6.4.2. Cycle pratique

Le diagramme réel diffère du diagramme théorique sur les points suivants :

- L'étincelle jaillit avec une assez grande avance (AA) avant que le piston n'atteigne le PMH.
- La combustion se prolonge légèrement après le PMH, quand le piston commence à descendre; il y a une pointe de pression, puis celle-ci diminue assez régulièrement pendant la détente jusqu'à l'ouverture de la lumière d'échappement.
- L'échappement ne se fait pas aussi rapidement que dans le cycle à 4 temps puisqu'on ne dispose que d'une faible course du piston au voisinage du PMB.
- Le balayage ne peut se faire qu'avec la faible pression correspondant au pré compression dans le carter inférieur. Celle-ci est faible puisqu'elle est de l'ordre de 1.4 bar.



**Figure 18 : Cycle pratique du moteur 2 Temps**

### II.6.5. Avantages et inconvénients du moteur à 2 temps

#### II.6.5.1. Avantages

- Accélération plus vite car le temps moteur s'effectue dans un tour de vilebrequin,
- La distribution sans soupape permet d'augmenter la vitesse de rotation du moteur sans risque d'affolement,
- La régularité des poussées sur le vilebrequin diminue les à-coups et les vibrations, notamment en monocylindre. La masse du volant peut ainsi être réduite.

#### II.6.5.2. Inconvénients

- La compression est commencée plus tardivement, la combustion est plus lente et produit des résidus nombreux ainsi qu'une fumée d'huile à l'échappement.
- Les pertes de puissance proviennent du mélange possible des gaz frais et des gaz brûlés.
- La consommation de combustible est supérieure à celle par rapport au moteur à 4 temps.

## **II.7. Système enceinte**

### **II.7.1. Ensemble bloc-cylindres - culasse**

#### **II.7.1.1. Conditions à remplir**

L'ensemble bloc-cylindres - culasse est un ensemble indéformable qui sert de point d'appui aux éléments mobiles internes et externes et permet la fixation de certains organes externes (démarrage, pompe à eau, alternateur,...).

- Le bloc sert de support au vilebrequin. Il doit résister aux poussées, aux torsions et aux vibrations.
- Le cylindre guide le piston. Il doit résister à la pression, à la chaleur et au frottement.
- La culasse forme la partie supérieure de la chambre de combustion. Elle doit également résister à la pression et à la température élevée. L'ensemble doit être d'une bonne conductibilité thermique afin d'évacuer rapidement les calories en excédent. La température des gaz enflammés est de 2000° C. La température moyenne du moteur est de 110° C. L'ensemble bloc-cylindres culasse supporte également les organes de distribution, permet le passage des canalisations de lubrification et des conduits de refroidissement.

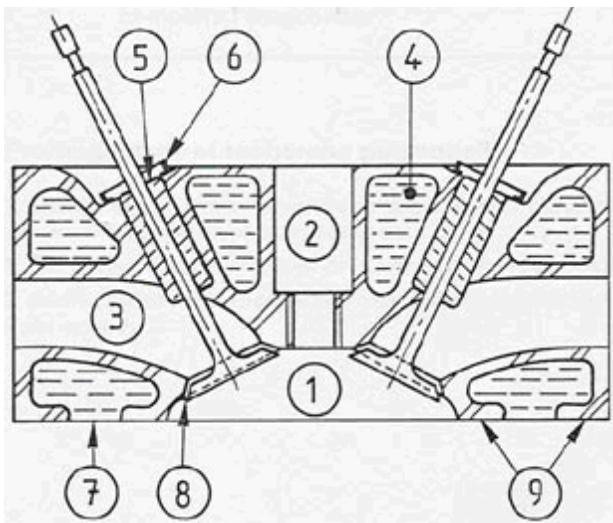
#### **II.7.1.2. Culasse**

La culasse assure la fermeture des cylindres dans leur partie supérieure, constituant ainsi la chambre de combustion.

Elle permet :

- l'arrivée et l'évacuation des gaz;
- la mise en position des éléments de la distribution et d'une partie de l'allumage; l'évacuation rapide des calories, le point le plus chaud du moteur étant précisément la chambre de combustion.

Un réseau de conduits d'eau et d'huile est pratiqué dans la culasse, l'étanchéité bloc-culasse est assurée par le joint de culasse.



1. Chambre de combustion
2. Cheminée de bougie
3. Chapelle
4. Canalisation de refroidissement
5. Guide souape
6. Rondelle d'appui du ressort
7. Communication avec le bloc
8. Siège de souape
9. Plan de joint de culasse

**Figure 19 : Bloc-culasse**

### II.7.1.3. Carters de protection

Ce sont les couvercles qui couvrent ou ferment les différentes faces du moteur.

### II.7.1.4. Collecteurs

Le collecteur d'admission regroupe les conduits qui amènent les gaz frais aux soupapes d'admission et le collecteur d'échappement contient ceux qui emmènent les gaz brûlés depuis les soupapes d'échappement.

Ce sont des pièces moulées en alliage léger pour l'admission et en fonte pour l'échappement.

## II.7.2. Eléments mobiles du moteur

Dans un moteur à piston alternatif, on transforme la poussée des gaz de la combustion, force unidirectionnelle, en mouvement circulaire d'un couple de force. Les pièces mécaniques chargées de cette transformation constituent les éléments mobiles du moteur : le piston, la bielle, le vilebrequin.

### II.7.2.1. Piston

Le piston est l'organe qui, en se déplaçant dans le cylindre ou la chemise, transmet la poussée des gaz au vilebrequin par l'intermédiaire de la bielle. Le piston supporte 4 sortes d'effort :

- Pression des gaz et température de l'explosion.
- Réaction de l'axe de la bielle (axe de piston).
- Réaction de la paroi du cylindre.

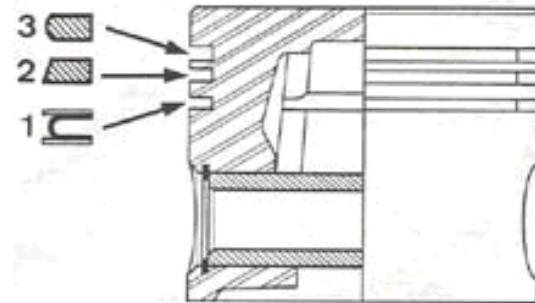
- Force d'inertie.

Il est en général moulé dans un matériau léger et d'une bonne conductibilité thermique comme les alliages d'aluminium.

La tête et le support d'axe, devant transmettre l'énergie mécanique, sont particulièrement renforcés.

Il se compose :

- D'une tête ou culot dont le diamètre doit être inférieur à l'alésage du cylindre quelles que soient les dilatations.
- L'étanchéité est assurée par des segments situés dans des gorges pratiquées sur le pourtour du piston.
- La jupe doit assurer le guidage à froid comme à chaud avec un minimum de frottement.



**Figure 20 : Segmentation du moteur**

### **II.7.2.2. Segments de piston**

Les segments sont des anneaux brisés, de section carrée ou parallélépipédique, travaillant en extension. Ils doivent assurer des pressions radiales uniformes sur les parois du cylindre. Les segments pour moteur à 4 temps sont en général au nombre de trois.

#### **II.7.2.2.1. Le segment de feu (1er segment d'étanchéité)**

Il assure l'étanchéité de la chambre de combustion. Il doit tenir à la température, au manque de lubrification, à la pression et à la corrosion. Il est généralement en fonte à graphite sphéroïdal durcie et chromée.

#### **II.7.2.2.2. Le segment intermédiaire (2ème segment d'étanchéité)**

Il assure l'étanchéité et évite la consommation d'huile. Il peut être en fonte grise à graphite lamellaire.

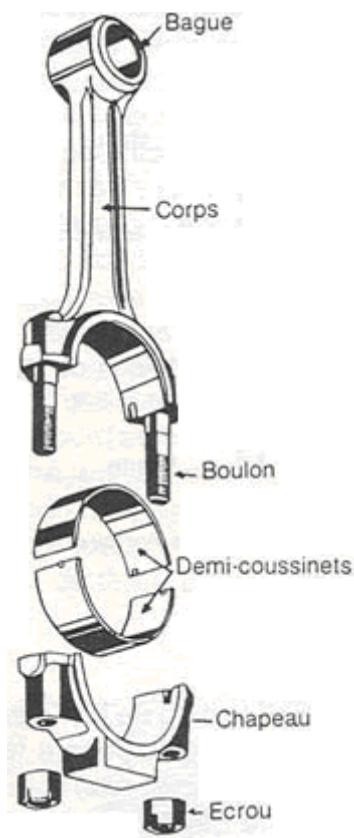
### **II.7.2.2.3. Le segment racleur**

Il empêche l'huile pour éviter les remontées tout en laissant une certaine pellicule pour permettre la lubrification. Il possède des rainures ou encoches autorisant le retour d'huile. Il peut être en fonte grise ou en acier traité.

## **II.5. Système bielle-manivelle**

### **II.8.1. 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.



**Figure 21 : Eléments de la bielle**

#### **II.8.1.1. Description de la bielle**

Elle se compose de trois parties (Figure 21) :

- 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-serpeurs. La coupe peut être droite ou oblique par rapport à l'axe de la 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.

#### **II.8.1.2. 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.

#### **II.8.2. 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.

Conditions à remplir

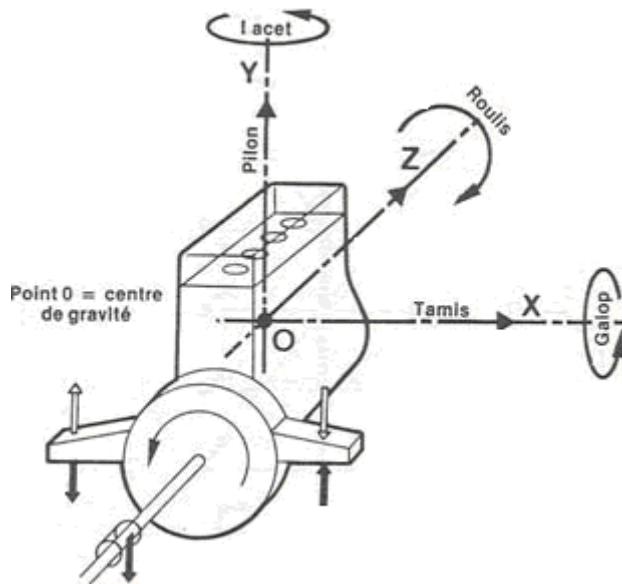
Le vilebrequin est soumis notamment :

- 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).
- Equilibrage parfait tant en conditions statiques que dynamiques

#### **II.8.3. Equilibrage d'un moteur**

### II.8.3.1. Equilibrage des efforts et inerties

L'équilibrage d'un moteur poly-cylindre 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 les plus constantes possibles.



**Figure 22 :** Mouvements du moteur autour de son centre de gravité engendrés par les vilebrequins

### II.8.3.2. 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 entre deux manetons par :

$$\alpha = \frac{720^0}{n} \quad (2-14)$$

n- 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.

## **II.6. Système de distribution**

### **II.9.1. Généralités**

Un moteur est constitué d'un ou plusieurs cylindres dans lesquels circulent les pistons reliés au vilebrequin par les bielles. Dans ces cylindres, on introduit un mélange gazeux composé d'air et d'essence vaporisée, dont on désire extraire le maximum d'énergie mécanique utile. Jusqu'à ce jour, la meilleure méthode consiste à faire subir, à la masse de gaz chargée dans le cylindre, le cycle à 4 temps qui se déroule pendant deux tours de vilebrequin.

#### **II.9.1.1. Définition de la distribution**

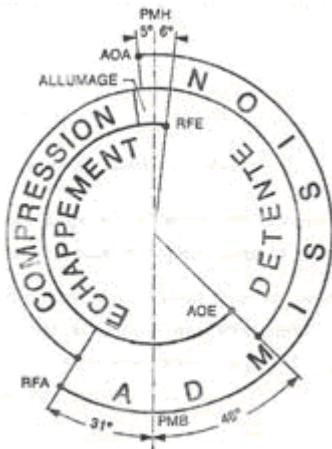
On appelle "distribution" l'ensemble des organes qui réalisent l'ouverture et la fermeture des conduits d'admission et d'échappement, et des éléments qui effectuent leur commande. Le rôle de la distribution est de commander l'ouverture et la fermeture des soupapes, imposer leur instant de l'ouverture, l'amplitude et la durée du mouvement.

Le principe de fonctionnement de la distribution est le suivant:

L'ouverture et la fermeture des cylindres sont réalisées par les soupapes. L'ouverture est possible grâce à des cames, la fermeture est assurée par des ressorts. La transmission du mouvement de l'arbre à cames aux soupapes est assurée par des poussoirs. Elle peut comprendre également des tiges de culbuteurs et des culbuteurs. La synchronisation avec le vilebrequin est réalisée par des pignons reliés entre eux par un système indréglable (ex. chaîne, courroie...).

#### **II.9.1.2. Réalisation de l'épure de distribution**

Rappelons dans le cycle réel avant réglage que les soupapes s'ouvrent et se ferment rigoureusement au passage d'un point mort. En fait un moteur qui fonctionnerait suivant ce calage aurait un rendement déplorable, car l'admission et l'échappement seraient mal réalisés, compte tenu de l'inertie des masses gazeuses à mettre en mouvement. Afin de remédier à cela on augmente le temps d'ouverture des soupapes.



**Figure 23 : Epure circulaire de distribution**

On a déjà défini ainsi (Figure 23):

- Pour le temps admission : Avance Ouverture Admission (AOA),  
Retard Fermeture Admission (RFA).
- Pour le temps échappement : Avance Ouverture Echappement (AOE),  
Retard Fermeture Echappement (RFE).

Le piston se trouve quelques millimètres avant ou après les points morts au moment des avances et des retards.

Par exemple : En AOA, le piston se trouve quelques millimètres avant le PMH, vers la fin du temps échappement du cycle précédent. On observe que dans cette position, le maneton de bielle se trouve positionné quelques degrés avant la verticale. En constatant qu'à chaque position du piston correspond une position angulaire du vilebrequin, nous pouvons indiquer les valeurs des réglages :

- soit en millimètres de course du piston,
- soit en degrés de rotation du vilebrequin.

Donc, l'épure circulaire c'est la représentation graphique permet de visualiser les angles de la distribution d'un moteur. Nous constatons que, comme dans le diagramme réel, le temps échappement se termine alors que le temps admission est déjà commencé. On appelle ce point le croisement des soupapes. Les valeurs d'avance et de retard d'ouverture et de fermeture varient suivant les types de moteurs et sont obtenues par la forme donnée aux cames.

Exemple d'épure de distribution :

- AOA = 5°
- RFA = 31°
- AOE = 46°, RFE = 6°.

### **Remarque**

Dans la pratique les constructeurs prévoient des repères sur les différents éléments de la commande de distribution : pignons, roues de chaîne, roues dentées, chaînes et courroies. Il suffit que le monteur associe ces repères pour que le montage soit correct.

### **II.9.2. Jeu des soupapes**

On appelle "jeu des soupapes" l'espace qu'il convient de laisser, moteur arrêté, entre l'extrémité de la queue de soupape et sa commande pour garantir l'appui de la tête de soupape sur son siège, malgré les variations de température auxquelles sont soumis les éléments du moteur.

Ce jeu a pour buts :

- d'assurer une fermeture parfaite des soupapes quelles que soient les dilatations;
- d'assurer avec exactitude l'ouverture et la fermeture des soupapes aux points définis par le constructeur.

Le constructeur préconise un jeu à froid généralement compris entre - 0.10 et 0.30 mm pour l'admission.

## **II.7. Système de lubrification**

### **II.10.1. Rôle de système de lubrification**

Le système de lubrification a plusieurs rôles :

- diminuer les frottements sur les pièces en mouvement;
- dissiper une partie de la chaleur de combustion;
- assurer l'étanchéité des cylindres;
- évacuer, lors des vidanges, les particules dues à l'usure et aux résidus de combustion.

### **II.10.2. Lubrifiants**

#### **Différents types d'huiles moteurs**

Les huiles moteurs sont classées suivant leur viscosité, les normes de classement sont déterminées par la S.A.E. (*Society Auto motive Engineering*). On distingue les huiles multigrades dont la viscosité est donnée pour une valeur de la température. On trouve les huiles SAE 10W, 15W, 20W, 30, 40, 50.

Exemple 1

Une huile classée SAE 10W signifie que :

- 10 indique la valeur de la viscosité,
- W indique que la valeur de la viscosité a été mesurée à la température de 0°F (-18°C).

### **Exemple 2**

Une huile classée SAE 40 signifie que :

- 40 indique la valeur de la viscosité,
- l'absence de lettre indique que la valeur de la viscosité est donnée à la température de 210°F (100°C).
- Une huile SAE 40 est plus visqueuse qu'une huile SAE 30 à la température de 210°F.

Pour les huiles multigrades, la viscosité est donnée pour deux valeurs de la température. On trouve les huiles SAE 10W30, 10W40, 10W50, 15W40, 15W50, 20W40, 20W50.

### **Exemple 3**

15W40 : 15W viscosité à 0°F, 40 viscosité à 210°F.

- 0.20 et 0.40 mm pour l'échappement.

## **II.8. Système de refroidissement**

### **II.11.1. Rôle du refroidissement**

Le rendement du moteur est le rapport entre l'énergie fournie par l'arbre moteur et l'énergie apportée par la combustion ; il ne dépasse généralement pas 30% dans les moteurs à allumage commandé. La quantité d'énergie à évacuer par le refroidissement varie en fonction de la charge du moteur. Au cours du cycle, la température des gaz au sein du cylindre varie de quelques degrés à 200°C. Les parois de la culasse et de la chemise suivent ces variations avec une amplitude beaucoup plus faible.

### **II.11.2. Avantage des températures élevées**

- Obtention de rendements plus élevés (diminution des pertes aux parois).
- Amélioration de la préparation du mélange air/carburant.
- Limitation de la production d'hydrocarbures imbrûlés et d'acides sulfureux au contact des parois.

En conclusion, il est donc raisonnable de refroidir les parois du moteur à la condition de ne pas le faire trop énergiquement.

L'expérience montre qu'il est intéressant de maintenir la température des parois :

- autour de 120°C pour les chemises.
- autour de 180 à 240°C pour la culasse.

## **Remarque**

Si l'on élève la température de régulation de l'eau de 10°C, on élève aussi de 10°C les températures des parois.

## **II.9. Système d'alimentation**

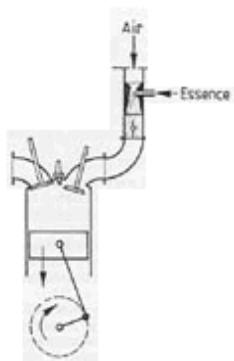
### **II.12.1. Généralités**

Le système d'alimentation a pour rôle d'amener au niveau du moteur l'air et l'essence nécessaires à une bonne combustion. Le circuit d'alimentation comprend deux circuits différents :

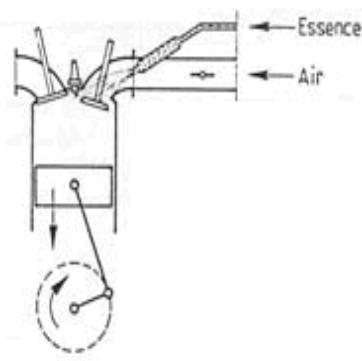
- Circuit d'alimentation en air;
- Circuit d'alimentation en essence.

Pour réaliser le mélange deux solutions sont utilisées :

- Système à carburateur : le mélange air-essence est obtenu dans le carburateur puis introduit dans le cylindre de moteur.
- Système d'injection : le mélange est réalisé dans la pipe d'admission, l'air est acheminé par voie classique et l'essence est injectée sous pression par des injecteurs (un par cylindre).



**Figure 24 : Carburation par carburateur**



**Figure 25 : Carburation par injection**

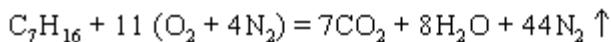
### **II.12.2. Système à carburateur**

#### **II.12.2.1. La carburation**

La carburation est l'ensemble des opérations réalisant le mélange intime du carburant avec l'air dans des proportions précises afin d'obtenir une combustion rapide et complète. Pour réaliser la carburation, il est nécessaire d'effectuer des opérations suivantes: le dosage, la vaporisation et l'homogénéité.

### **II.12.2.1.1. Dosage**

C'est la proportion de la quantité de carburant par rapport à l'air. Prenons le cas de la combustion de l'essence C<sub>7</sub>H<sub>16</sub> (Heptane hydrocarbure) et reportons-nous à l'équation chimique de combustion de ce carburant, nous trouvons :



Si nous admettons que l'essence utilisée est uniquement composée d'heptane et que l'air ambiant contient en masse 23% d'oxygène. Connaissant la masse atomique de chaque corps (carbone = 12, hydrogène = 1 et oxygène = 16), on a : (12 x 7) + 16 = 100 g d'heptane brûlent

dans (22 x 16) = 352 g d'oxygène. Ces 352 g d'oxygène étant contenus dans :

$$\frac{352 \times 100}{23} = 1530 \text{ g d'air.}$$

Nous constatons qu'il faut 15.3 g d'air pour faire brûler 1 g d'essence. Ce dosage constitue le dosage parfait. Un mélange comportant un dosage de moins de 15.3 g d'air pour un gramme d'essence est appelé mélange riche; s'il comporte plus de 15.3 d'air, nous le nommerons mélange pauvre. Le mélange est incombustible si le dosage essence/air est en dessous de 1/28 ainsi qu'au-dessus de 1/8. La puissance maximale de moteur est obtenue avec un dosage de 1/12.5.

### **II.12.2.1.2. Vaporisation**

C'est le processus de transformation de carburant de l'état liquide en état gazeux pour mélanger avec l'oxygène de l'air.

### **II.12.2.1.3. Homogénéité**

Chaque molécule de carburant devant, pour brûler, être entourée des molécules d'oxygène. L'homogénéité est réalisée par un brassage du mélange dans les tubulures d'admission et se terminant dans la chambre de combustion au moment de la compression.

## **II.12.2.2. Alimentation en air**

Pour avoir une combustion correcte, le rapport essence/air doit valoir 1/15 en masse, mais 1/9000 en volume. On conçoit aisément la nécessité de filtrer une telle quantité d'air. Ceci afin d'éviter l'entrée de poussières et particules abrasives qui pourraient détériorer les parties mobiles du moteur.

Le filtre à air à deux rôles :

- La boîte à air sert de silencieux à l'aspiration en limitant le sifflement.
- La cartouche (filtre) sert de retenir les impuretés de l'air aspiré par le moteur.

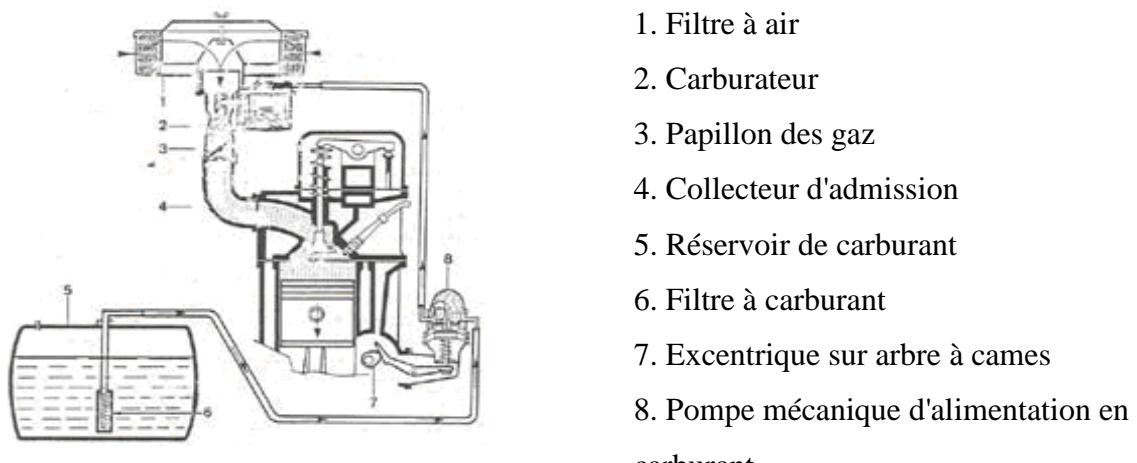
Un filtre à air encrassé freine l'entrée d'air et gêne le remplissage du moteur. Il s'ensuit une augmentation de la consommation d'essence et des imbrûlés. Il est donc indispensable de le nettoyer ou de la changer périodiquement.

### **II.12.2.3. Alimentation en carburant**

#### **II.12.2.3.1. Circuit complet**

Le circuit complet d'un système d'alimentation en carburant comprend :

- le réservoir : pour contenir un volume d'essence.
- la pompe à essence : aspire l'essence dans le réservoir et remplit la cuve du carburateur.
- le carburateur : réalise le mélange air-essence.
- le filtre à air : assure l'alimentation du carburateur en air propre.



**Figure 26 : Système d'alimentation d'un moteur**

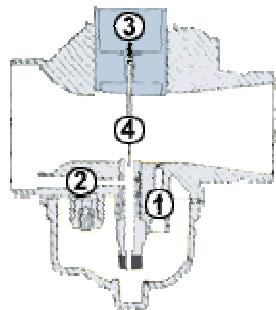
### **II.12.2.3.2. Carburateurs**

#### **a) Description du carburateur**

Le rôle de carburateur est de réaliser le mélange de l'air et de l'essence dans des conditions permettant une carburation correcte à tous les régimes du moteur.

**Principe de base:** En accélérant, on soulève le boisseau (3), augmentant le volume d'air admis(2). Du même coup on soulève l'aguille (4) qui est solidaire du boisseau; l'air qui

s'engouffre dans le moteur aspire le passage de l'essence (1). En relâchant la poignée des gaz on crée l'effet inverse.



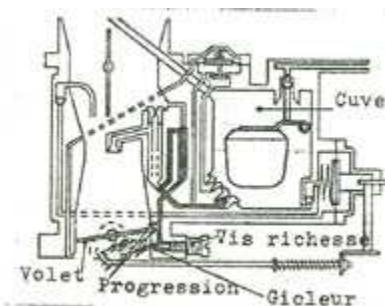
**Figure 27 : Circuits internes du carburateur**

### b) Circuit d'alimentation

Pour réaliser le mélange l'air circule dans le corps du carburateur de l'amont vers l'aval. Le mélange s'effectue dans une zone appelée chambre de carburation (venturi). Le giclage de l'essence est limité par un gicleur principal. Une réserve appelée cuve à niveau constant est munie d'un dispositif constitué d'un robinet pointeau actionné par un flotteur. L'essence est amenée du réservoir par une pompe sous une légère pression. Lorsque l'essence est au niveau désiré dans la cuve, le flotteur en montant actionne le pointeau qui obture l'arrivée. Dès qu'il y a consommation de carburant, le pointeau s'ouvre jusqu'à obtention du niveau requis. Un trou de mise à l'air libre de la cuve permet à l'essence de s'écouler grâce à l'action de la pression atmosphérique.

### c) Circuit de ralenti

Au ralenti le papillon est quasiment fermé (Figure 28), la dépression dans le venturi est insuffisante pour amorcer le circuit principal. Le circuit de ralenti débouche sous le papillon, le dosage est réalisé par un gicleur de ralenti (non présenté) pour l'essence et par l'entrebâillement du papillon pour l'air.



**Figure 28 : Circuit de ralenti**

#### **d) Circuit principal**

A une certaine ouverture de papillon, dans le diffuseur, on a une augmentation de la dépression qui amorce le circuit principal. L'essence passe des cuves aux puits à travers le gicleur principal qui en contrôlent le débit. Dans les puits on a un premier mélange, réalisé dans les tubes d'émulseurs, avec l'air contrôlé par le gicleur d'air. Des puits le mélange arrive au venturi où commence la carburation avec l'air aspiré par les conduits d'admission. Le circuit principal assure un dosage économique de l'ordre 1/18 aux moyens régimes.

#### **e) Circuit de pompe de reprise**

Lors d'une brusque accélération, le papillon s'ouvre très rapidement ce qui provoque un fort appel d'air et d'essence, mais du fait de la différence de densité l'arrivée d'essence est retardée. Le mélange risque de devenir pauvre, il faut l'enrichir. C'est le rôle de la pompe de reprise; actionnée mécaniquement par la commande du papillon elle envoie un surplus d'essence à chaque accélération.

#### **f) Circuit d'enrichissement de puissance**

Ce système qui entre en action pour les grandes ouvertures de papillon permet d'avoir un dosage de 1/12 et donc un gain en puissance. Dans des conditions bien déterminées de charge et régime (effet du ressort > effet de la dépression) le gicleur d'enrichissement ajoute son débit à celui du circuit principal. L'ouverture de ce gicleur est commandée par un clapet à membrane actionné par la dépression régnant dans la tubulure d'admission.

### **II.12.3. Les dispositifs antipollution**

D'après le résultat de la transformation chimique du mélange air/essence au moment de la combustion nous trouvons des compositions des gaz brûlés suivants:

- dioxyde de carbone ou gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) : non toxique,
- vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ),
- azote ( $\text{N}_2$ ).

La combustion n'étant pas toujours correctement réalisée, nous avons noté l'apparition de divers gaz plus ou moins polluants ou toxiques qui sont notamment :

- monoxyde ou oxyde de carbone (CO),
- hydrocarbures imbrûlés (CH),
- oxydes d'azote (NO).

On constate que les taux de CO et de HC augmentent si :

- la richesse du mélange est trop importante par rapport au besoin instantané du moteur,
- le brassage du mélange n'est pas correctement effectué (homogénéité),
- la vaporisation n'est pas complète,
- la vitesse de combustion n'est pas adaptée à la vitesse de rotation du moteur,
- le point d'allumage n'est pas déclenché au moment opportun,
- la forme de la chambre de combustion est mal dessinée.

Pour lutter contre la pollution les dispositifs utilisés visent à :

- Améliorer la combustion
  - en agissant sur la préparation du mélange,
  - en maintenant une température constante du moteur,
  - en produisant un allumage à haut pouvoir calorifique déclenché à des moments précis.
- Limiter les évaporations diverses par le recyclage des vapeurs d'huile et de carburant.
- Traiter les gaz d'échappement,
  - par postcombustion,
  - par catalyse.
- Utiliser des carburants ayant une faible teneur en soufre, plomb et résidus.

#### **II.12.4. Système d'injection**

##### **II.12.4.1. Principe de fonctionnement**

L'injection d'essence consiste à introduire l'air par une tubulure d'admission de forte section et à injecter le carburant en amont plus près de la soupape d'admission (injection directe) ou directement dans le cylindre (injection directe). L'injection peut être continue ou discontinue, mécanique ou électronique.

##### **II.12.4.2. Avantages du système d'injection**

- L'augmentation des performances du moteur (couple, puissance,...).
- Economie de carburant grâce au dosage très précis.
- Diminution des émissions toxiques (meilleure combustion).
- Meilleur remplissage en air des cylindres donc souplesse accrue.

## II.10. Système d'allumage

### II.13.1. Fonction de l'allumage

La fonction de l'allumage est de produire un apport de chaleur dont l'énergie soit suffisante pour déclencher l'inflammation du mélange gazeux en fin de compression. Cette inflammation est obtenue par la création d'un arc électrique.

#### II.13.1.1. Création de l'arc électrique

La tension minimale nécessaire à l'amorçage de l'arc est d'environ 15 000 V, pour obtenir une telle tension on fait appel à un transformateur de tension : la bobine d'allumage.

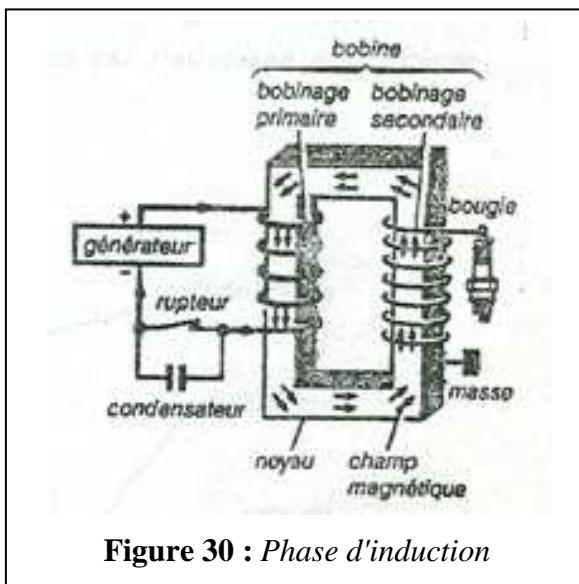


Figure 30 : Phase d'induction

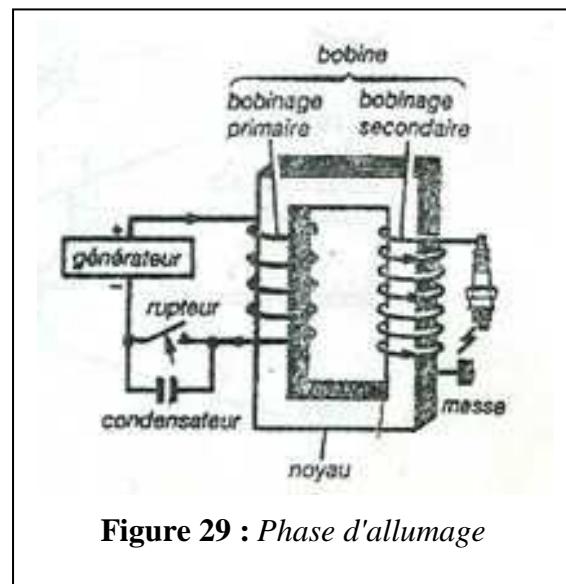


Figure 29 : Phase d'allumage

#### II.13.1.2. Principe de fonctionnement

Lorsque le rupteur est fermé, le courant circule dans le bobinage primaire et crée un champ magnétique dans l'enroulement secondaire. C'est la phase induction. A l'ouverture du rupteur, le courant primaire est brusquement coupé, ceci provoque une variation rapide du champ magnétique et la création d'un courant induit à haute tension dans l'enroulement secondaire. L'enroulement secondaire est lié à la bougie qui déclenche l'étincelle désirée. Le condensateur placé en dérivation du rupteur absorbe le courant de self induit dans le primaire lors de la coupure et évite la détérioration des contacts du rupteur.

### **II.13.1.3. Différents types d'allumage**

On rencontre deux systèmes d'allumage :

- L'allumage autonome par volant magnétique.
- L'allumage par batterie.

Pour chacun de ces systèmes deux solutions technologiques sont utilisées pour l'ouverture du circuit primaire :

- Ouverture par rupteur mécanique: allumage classique.
- Ouverture par interrupteur électronique : allumage électronique.

## **Chapitre III : LA PARTIE CYCLE ET SES COMPOSANTS**

### **III.1. Introduction**

Lorsque que l'on parle de véhicule motorisé à deux roues, le terme "partie cycle" est couramment employé pour désigner tout ce qui n'a pas trait à la motorisation. La partie cycle se décompose en un certain nombre d'éléments.

### **III.2. Partie cycle**

Par soucis de simplicité, nous classerons en 8 catégories la partie cycle d'une moto :

#### **III.2.1. Le cadre**

##### **III.2.1.1. Introduction**

Sur une moto, le cadre fait partie de la partie cycle. Généralement, il est fabriqué en acier ou dans un alliage de chrome-molybdène ; il peut être en aluminium sur les motos sportives, ou en fibre de carbone sur les modèles de compétition.



**Figure 31 : Cadre (rouge) : Suzuki 600 Bandit**

##### **III.2.1.2. Définition**

Elément porteur de l'ensemble de la moto, le cadre est la "colonne vertébrale" d'une moto. Souvent, il est considéré comme la pièce maîtresse d'une partie cycle.

##### **III.2.1.3. Rôle**

Son rôle est de lier entre eux tous les éléments de la moto, tout en y appliquant les contraintes de torsions et de déformations à laquelle est soumise une moto en mouvement.

### **III.2.1.4. Descriptif sommaire du cadre**

Le cadre est l'ossature de la moto. Il permet de lier l'ensemble des pièces de la partie cycle: la fourche et le bras oscillant, avec le moteur. Le cadre doit être suffisamment résistant pour supporter les déformations sans casser. Mais il doit aussi permettre le mouvement des éléments suspendus: les trains avant et arrière. Une moto doit avoir en toutes circonstances ses roues alignées dans le même plan longitudinal. C'est la rigidité du cadre qui permet cela.



**Figure 32 : Descriptif d'une cadre moto (Cadre Tubulaire: Honda Big One)**

### **III.2.1.5. Les cotés caractéristiques**

Un cadre est défini par 5 côtes principales ou valeurs (d'angles ou de longueur) qui sont importantes pour le comportement final de la moto.

#### **III.2.1.5.1. Empattement**

Il se mesure en prenant la distance entre les axes de roues AV et AR. L'empattement définit en grande partie la stabilité de la moto.

#### **III.2.1.5.2. Angle de chasse**

C'est l'angle (Vert) fait entre la verticale qui passe au niveau de l'axe de roue AV et l'axe de colonne de direction.

#### **III.2.1.5.3. Chasse**

C'est la distance au sol entre l'axe de colonne de direction et la verticale qui passe par l'axe de roue AV. La chasse dépend de l'angle de chasse, et elle détermine la stabilité de la moto.

### **III.2.1.5.4. Déport**

C'est la distance entre l'axe de la colonne de direction et les tubes de fourche. Il augmentant le déport cela augmente aussi l'empattement et par conséquent la stabilité de la moto sans changer la valeur de chasse.

### **III.2.1.5.5. Centre de gravité**

C'est le point qui concentre la masse de la moto et sur lequel toutes les forces extérieures agissent. La position du centre de gravité influence aussi le tenu de route.

### **III.2.1.6. Architecture des cadres**

#### **III.2.1.6.1. Le cadre simple berceau**

Le cadre à berceau est l'évolution du cadre des vélos. Un cadre simple berceau ne possède qu'un tube qui relie la colonne de direction au support de bras oscillant en passant sous le moteur. Il est dit interrompu si le tube est fixé sur le moteur ; il est dit dédoublé s'il se partage en deux sous le moteur.



**Figure 33 : Cadre simple berceau**

Ce type de cadre équipe généralement les petites et moyennes cylindrées.

#### **III.2.1.6.2. Le cadre double berceau**

Le cadre double berceau possède deux tubes reliant la colonne et le support de bras oscillant. On trouve ce type de cadre sur certains petits roadsters, customs, routières...

#### **III.2.1.6.3. Le cadre poutre**

Le cadre poutre se compose d'un tube rond ou rectangulaire de grosse section reliant la colonne de direction et le bras oscillant en passant au dessus du moteur. On trouve ce type de cadre sur certains roadsters, treilles...

### **III.2.1.6.4. Le cadre ouvert**

Le cadre ouvert ne possède pas de tube supérieur. Il est surtout utilisé sur les scooters, pour offrir un espace ouvert, ne nécessitant pas d'enfourcher l'engin pour s'asseoir dessus. Il est en tôle emboutie pour les faibles cylindrées et en treillis tubulaire pour les plus grosses.



**Figure 34 : Cadre ouvert**

### **III.2.1.6.5. Le cadre coque**

Le cadre coque est un assemblage de tôles d'acier ou d'alliage d'aluminium par soudage ou boulonnage. Le moteur est directement monté dans la coque (plus besoin de pattes d'ancrage). Il est difficilement réparable en cas de choc et de mauvaise accessibilité mécanique. On trouve ce type de cadre sur certaines faibles cylindrées et sur des GT: ZX-12-R ou comme ci-dessus 1400 GTR Kawasaki.

### **III.2.1.6.6. Le cadre treillis**

Le treillis tubulaire se compose de plusieurs tubes, soudés entre eux pour former des triangles. Le triangle étant quasi indéformable, les cadres treillis sont d'une très grande rigidité. On trouve ce type de cadre essentiellement sur le Ducat de la production actuelle, mais également MV Agusta, BMW...

### **III.2.1.6.7. Le cadre périphérique**

Le cadre périphérique, appelé Déltabox chez Yamaha ou Diaton chez Honda, le cadre périphérique est celui qui équipe la plupart des sportives japonaises actuelles. Il entoure le moteur. On trouve ce type de cadre essentiellement sur les sportives japonaises.

**Remarques à savoir :**

**Un moteur porteur:** Un moteur peut participer à la rigidité du cadre. Dans ce cas où il augmente la rigidité, il est appelé "moteur porteur".

**Le Bras oscillant:** Le moteur peut servir de point d'ancrage pour le bras oscillant qui se fixe directement sur son carter.

**L'aluminium:** Il a pour avantage d'être plus résistant et déformable que l'acier. Mais, en revanche, il est extrêmement dur de le réparer lors de chocs importants.

### III.2.2. La fourche



**Figure 35 : La fourche (suspension avant)**

#### III.2.2.1. Introduction

A l'origine, les motos n'avaient rien de prévu pour amortir les chocs de la route. C'est donc tout naturellement que la suspension a trouvé sa place pour améliorer le confort du pilote. Puis rapidement, la suspension a reçu un rôle de plus, celui de faire tenir la route à la moto.

Donc de "pas de suspension du tout" à la suspension dite coulissante où la roue était montée sur les suspensions qui autorisent un très faible débattement vertical. Nous sommes arrivés au bras oscillant dans les années 50 qui permirent aux motards de disposer enfin d'une suspension efficace.

#### La fourche

C'est le système de suspension avant et de guidage que l'on retrouve souvent dans la production actuelle.

#### Le ou les combinés amortisseurs

Généralement en complément du bras oscillant, le combiné amortisseur agit exactement comme une fourche, mais avec les fonctions de guidage en moins.

Le bras oscillant : généralement situé à l'arrière de la moto, il permet le débattement de la roue arrière en agissant comme un bras de levier. Il peut aussi être un élément de la suspension avant. Soit en complétant la fourche, soit en le remplaçant.

La direction : elle permet au pilote de diriger la moto et de combiner l'amortissement avant avec les mouvements directionnels.

### **III.2.2.2. Rôle de la fourche (suspension avant)**

La fourche a pour but d'assurer une liaison entre la roue avant et le sol en toutes circonstances et ce quel que soit :

- L'état de la route,
- La vitesse de la moto,
- L'angle de la moto,
- La puissance du freinage.

La liaison des roues avec le sol est indispensable pour assurer un bon guidage et un bon freinage de la moto. La fourche, en absorbant les chocs dus à l'état de la route, permet d'augmenter la longévité du moteur et du cadre, en plus d'assurer un certain confort au pilote et au passager de la moto.

### **III.2.2.3. Fonctionnement de la fourche**

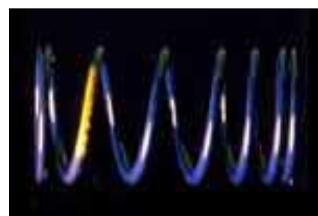
Explication du fonctionnement de la fourche :

RESSORT OU GAZ SOUS PRESSION HYDRAULIQUE.

Les motos, à l'origine, n'avaient pas de suspension à l'avant. Puis sont arrivés les ressorts à lames ou hélicoïdaux. Au fil des années, les ressorts sont passés d'un rôle principal à un rôle secondaire, et ce avec l'apparition de l'hydraulique.

#### **III.2.2.3.1. La suspension effectuée par le ressort**

Lors d'une bosse sur la route, le ressort va se comprimer afin d'absorber le choc. Puis, il va revenir à sa longueur initiale. Pour y parvenir, il va restituer les 3/4 de l'énergie absorbée. Cette énergie va se transmettre sous formes d'oscillations.



**Figure 36 : Ressort de fourche**

Il existe deux configurations majeures de ressort: le ressort à pas constant et le ressort à pas progressif.

### **A. Ressort à pas constant**

Flexibilité continue, en cas de choc, il encaisse les chocs de faible amplitude, mais il arrive rapidement en butée. On dit alors qu'il "talonne".

### **B. Ressort à pas progressif**

Ce ressort est conçu comme si on avait empilé plusieurs ressorts de duretés différentes, ce qui permet à chaque section du ressort de jouer un rôle différent en compression, en fonction de la force du choc reçu.

#### **III.2.2.3.2. L'amortissement effectué par l'huile**

Il doit compenser les oscillations qui sont néfastes pour la tenue de route et le confort. L'hydraulique va freiner les oscillations en absorbant l'énergie emmagasinée par les ressorts. Pour les compenser, de l'huile va circuler dans un tube. A l'intérieur de celui-ci, une tige coulisse avec un clapet monté à son extrémité. Le clapet va ralentir le passage de l'huile entre la partie inférieure et la partie supérieure.

#### **III.2.2.4. Types de fourche**

On distingue quatre types de fourche :

##### **III.2.2.4.1. La fourche classique**

Généralisée sur les motos depuis les années 50, elle se compose de deux parties semblables de chaque côté de la roue avant. La fourche est composée des plusieurs éléments:

- 1. Le tube plongeur:** qui s'enfonce dans le fourreau.
- 2. Le fourreau:** qui contient l'huile et le ressort et qui reçoit le tube plongeur.
- 3. Le ressort:** qui amortit et repousse le tube plongeur.
- 4. Le système hydraulique:** qui gère l'écoulement des fluides.
- 5. Le joint spi:** permet de garder une étanchéité entre le tube et le fourreau.
- 6. De l'huile:** qui ralentit, par un mouvement de laminage, le mouvement du ressort.

#### **Remarque**

L'étanchéité entre les deux tubes est assurée par le joint spi qui doit être monté avec précaution pour éviter les fuites. Il est possible que le fourreau soit décalé par rapport à l'axe de roue permettant de monter des éléments plus longs (utile en tout terrain par exemple). En général, l'axe de roue est à "l'avant" du fourreau, ce qui donne un effet auto directionnel et remet la roue dans l'axe de la moto.

### **III.2.2.4.2. La fourche inverse**

La fourche inversée fonctionne de la même façon qu'une fourche classique, mais les tubes sont inversés. Elle est sensée augmenter la rigidité à débattement égal et diminuer le poids non suspendu. Le fourreau est maintenu par les Tés de fourche et c'est le tube plongeur qui est relié à l'axe de roue. Elle est utilisée principalement sur les routières et les sportives. L'inconvénient de la fourche inversée vient de sa rigidité excessive qui n'est pas toujours adaptée à l'état de la route. Elle renforce visuellement l'avant d'une moto et comme la beauté est un argument de vente.

### **III.2.2.4.3. La fourche à cartouche**

Là où la fourche classique atteint vite ses limites, la fourche à cartouche la remplace avantageusement. La fourche à cartouche est une fourche classique ou inversée, mais son huile est enfermée dans une cartouche à l'intérieur de la fourche. La cartouche est composée de deux pistons, un pour la compression et un autre pour la détente. Ce principe permet d'effectuer facilement différents réglages en compression et en détente. Ce qui est quasiment impossible avec une fourche sans cartouche.



**Figure 37 : La fourche à cartouche (HONDA 900 CBR 98)**

#### **Remarque**

Pour obtenir les mêmes résultats sur une fourche classique, il faudrait changer les ressorts ou la qualité de l'huile, et ce pour chacun des résultats escompté: augmenter la

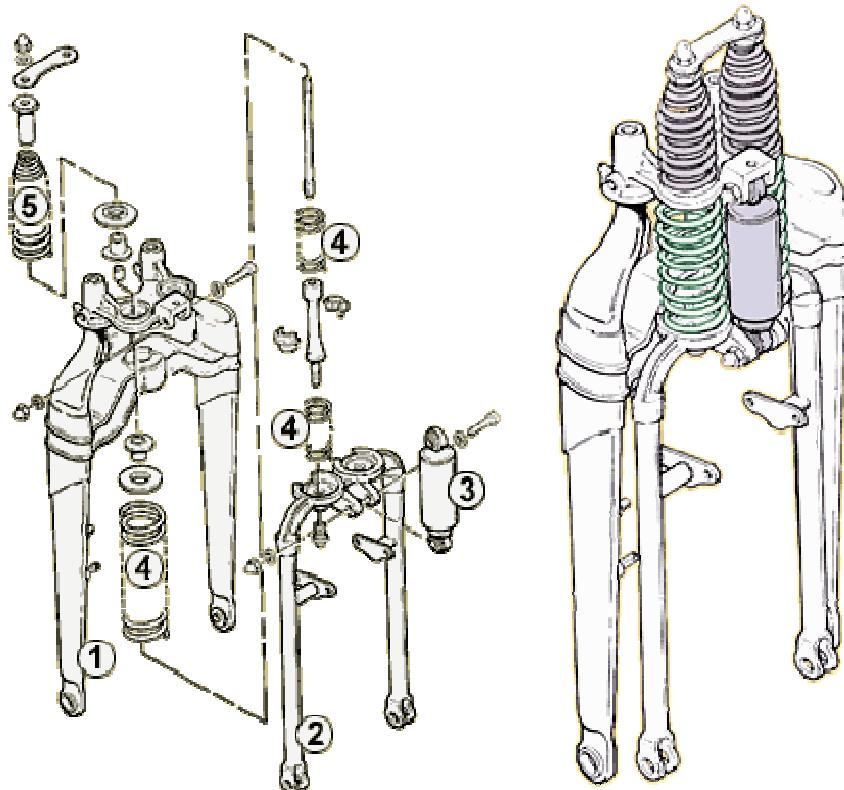
compression, réduire la détente. Ce type de fourche est surtout utilisé sur les sportives, sur certaines grosses GT, sur quelques tous terrains.

### III.2.2.4.4. La fourche à parallélogramme

Ce principe a vu le jour au début des années 1900. Mais vers le milieu de ce siècle, ce principe s'est vu dépassé par la fourche traditionnelle. Son fonctionnement est assez simple:

- La fourche de gauche est fixe. (1)
- La fourche de droite est mobile. (2)

Une pièce mobile relie le bas des deux fourches. Cette pièce mobile permet le mouvement de bas en haut de la fourche (2). Les ressorts sous le té de fourche supérieure (4) sont ceux qui assurent le travail principal de la fourche. Les ressorts au-dessus du té de fourche supérieure (5) contrôlent la détente. Le combiné hydraulique (3) fonctionne comme sur n'importe quelle fourche traditionnelle.

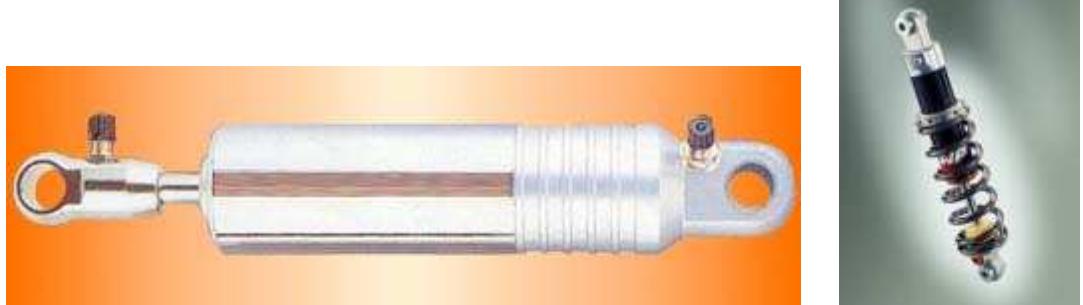


Le système à parallélogramme convenait parfaitement à la moto. Il est certain qu'il a vite été détrôné. Peut-être trop vite d'ailleurs. En effet, Harley Davidson, soucieux de créer une moto exceptionnelle pour ses 85 ans, a décidé de recréer une moto avec fourche à parallélogramme.

### **Remarque**

On la retrouve notamment, de manière assez généralisée à l'avant de la moto. Elle doit amortir les chocs transmis par la roue avant.

#### **III.2.3. La suspension**



**Figure 38 : La Suspension**

Les deux roues de la moto sont reliées au châssis par un système de suspensions. Que ce soit à l'avant ou à l'arrière, la suspension est pratiquement toujours assurée par un ressort (ou de l'air sous pression) associé à un amortisseur destiné à freiner les oscillations. Un réglage correct de la suspension et une pression correcte des pneus sont essentiels pour rouler en sécurité. Ces réglages sont bien plus importants pour une moto que pour un véhicule à quatre roues, car la moindre perte d'adhérence peut amener à la perte de contrôle de la moto.

##### **III.2.3.1. Composants de la suspension arrière**

Par souci de simplicité, nous décomposerons "la suspension arrière" en 2 catégories d'éléments distincts:

###### **III.2.3.1.1. Le ou les combinés amortisseurs:**

Généralement en complément du bras oscillant, le combiné amortisseur agit exactement comme une fourche, mais avec les fonctions de guidage en moins.



**Figure 39 : Amortisseur**

### **III.2.3.1.2. Le bras oscillant**

Généralement situé à l'arrière de la moto, il permet le débattement de la roue arrière en agissant comme un bras de levier. Il peut aussi être un élément de la suspension avant, soit en complétant la fourche, soit en le remplaçant.



**Figure 40 : Le bras oscillant**

### **III.2.3.1.3. Rôle de la suspension arrière**

La suspension arrière a même rôle que la suspension avant (voir sur la fourche).

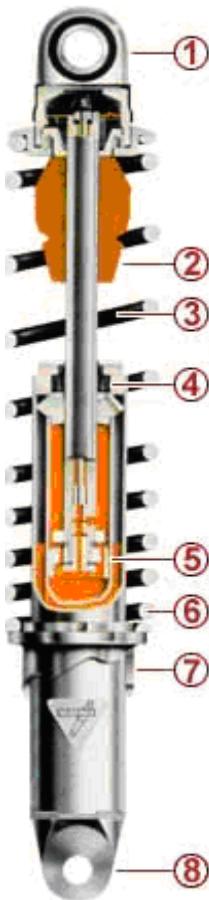
### **III.2.3.2. Le fonctionnement**

Même fonctionnement que la suspension avant (voir la fourche ci-dessus). Mais, on comprime plus ou moins le ressort, ce qui influe sur sa dureté.

Sur les amortisseurs : Système d'écrou et contre écrou, ou réglages par crans.

Sans amortisseurs, mais juste avec des ressorts et sur une route en très mauvais état, on a l'impression d'être sur un cheval en plein rodéo. Il y est difficile de tenir longtemps.

- a) Les composants d'un amortisseur hydraulique (Voir figure 41)



1. Fixation au cadre, sur une rotule.
2. Mousse de butée.
3. Section du ressort la plus souple.  
- Elle encaisse les petits chocs.
4. Joint "SPI".  
- Garant de l'étanchéité de la tige coulissante qui le traverse.
5. Dispositif de clapets de laminage.
6. Section du ressort la plus dure.  
- Elle encaisse les gros chocs qui n'ont pas pu être encaissés par la section "3".
7. Précontrainte: Réglage de la compression du ressort.
8. Fixation au bras oscillant.

**Figure 41 : Amortisseur hydraulique**

b) L'amortissement effectué par l'huile

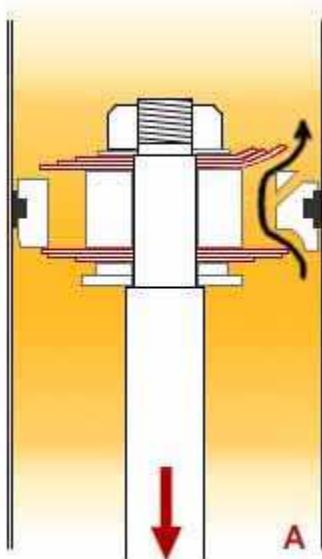
- Il doit compenser les oscillations qui sont néfastes pour la tenue de route et le confort.
- L'hydraulique va freiner les oscillations en absorbant l'énergie emmagasinée par les ressorts.
- Pour les compenser, l'hydraulique va circuler dans un tube.
- A l'intérieur de celui-ci une tige coulisse avec un clapet monté à son extrémité.
- Le clapet va ralentir le passage de l'huile entre la partie inférieure et la partie supérieure.

c) Le fonctionnement des clapets à laminage

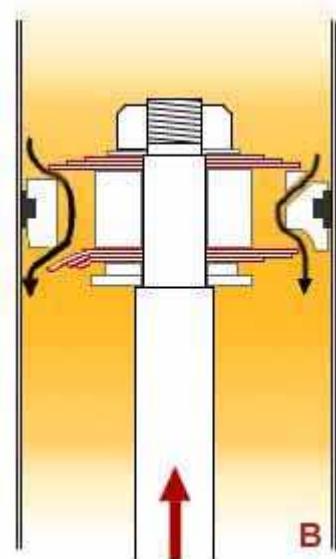
- A. La tige descend, l'amortisseur est en détente.  
B. La tige remonte, l'amortisseur est en compression.

Les clapets (en rouge) sont soulevés par la pression que l'huile exerce sur eux.

Laminage : L'huile poussant les clapets pour se frayer un passage.



**Figure 42 : Amortisseur en détente**



**Figure 43 : Amortisseur en compression**

### III.2.3.3. Le combiné double amortisseur arrière

De chaque côté de la roue, est monté un combiné amortisseur (ressort + hydraulique) entre le cadre et le bras oscillant.

Cette configuration est encore utilisée pour des motos de types roadster, custom ou basiques.

#### AVANTAGES

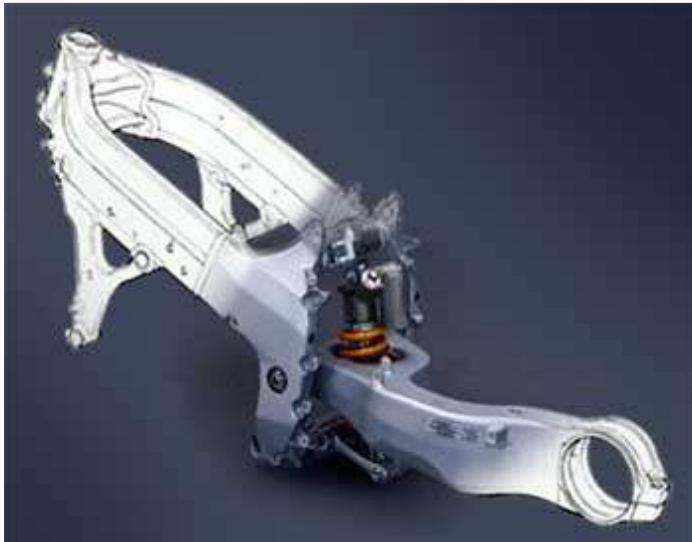
Les avantages de ce système sont principalement, l'accès facile aux réglages, sa simplicité de conception, le poids et la charge répartie sur deux amortisseurs. Donc faible débattement équivaut à une suspension sèche.

#### INCONVENIENTS

Le problème majeur de ce type de disposition est le quasi verticalité du combiné amortisseur. Ceci a pour effet de limiter l'amplitude de la suspension.

### **III.2.3.4. Le mono amortisseur arrière**

Les pionniers du mono amortisseur arrière ont été les motos modernes. Le système de ce dernier a été monté pour la première fois sur les motos de course au milieu des années 1970. Le système est ensuite développé et adapté tout spécialement en fonction des besoins spécifiques des utilisateurs sur route. Priorité est donnée à la progressivité, qui autorise des déplacements faciles et rapides de la suspension en fonction des irrégularités mineures de la route, avec une réponse de plus en plus ferme aux gros chocs. Aujourd'hui, le système mono amortisseur progressif est utilisé de façon quasi universelle sur les motos de hautes performances.



**Figure 44 : Amortisseur central**

#### **AVANTAGES**

- Meilleur absorption des chocs.
- Possibilité de recentrer les masses.
- On peut y adapter un amortisseur différent.
- Possibilité d'abaisser la hauteur du centre de gravité.
- Rigidité accrue de l'ensemble amortisseur/bras oscillant.

Les pionniers du mono amortisseur arrière ont été les motos modernes. Le système de ce dernier a été monté pour la première fois sur les motos de course au milieu des années 1970. Le système est ensuite développé et adapté tout spécialement en fonction des besoins spécifiques des utilisateurs sur route. Priorité est donnée à la progressivité, qui autorise des déplacements faciles et rapides de la suspension en fonction des irrégularités mineures de la

route, avec une réponse de plus en plus ferme aux gros chocs. Aujourd'hui, le système mono amortisseur progressif est utilisé de façon quasi universelle sur les motos de hautes performances.

### III.2.3.5. Amortisseur de type de carbone avec bombonne

On retrouve sur les amortisseurs haut de gamme, sur ceux des sportives, une bombonne séparée du corps de l'amortisseur. Cette bombonne contient de l'azote. Le carbone servir à compenser le volume de la tige entrant dans le corps de l'amortisseur. Le carbone est séparé de l'hydraulique par un diaphragme ou un piston flottant. L'azote est enfermé dans sa bombonne avec une pression de plusieurs bars.

#### Remarque

Si l'huile se mélangeait avec l'azote, cela créerait une émulsion néfaste à la bonne efficacité de l'amortisseur.



**Figure 45 : Amortisseur type DE CARBON avec bombonne séparée**



**Figure 46 : Amortisseur type DE CARBON avec bombonne accolée**

#### Remarque

La suspension arrière, avec son combiné amortisseur, généralement fixé sur le bras oscillant. Elle doit amortir les oscillations créées par le bras oscillant.

### III.2.4. Bras oscillant



**Figure 47 : Bras oscillant**

#### III.2.4.1. Définition

Le bras oscillant est un composant de la suspension arrière des motos modernes. Généralement situé à l'arrière de la moto, il permet le débattement de la roue arrière en

agissant comme un bras de levier. Il peut aussi être un élément de la suspension avant. Soit en complétant la fourche, soit en le remplaçant. Dans le montage classique, le bras oscillant est composé de deux branches (une de chaque côté de la roue) et une paire de combinés ressort-amortisseur reliant l'arrière du bras au haut du cadre de la moto. Dans les montages plus modernes, le bras peut être unique, actionnant un seul combiné de suspension. Il peut aussi être double et actionner un seul combiné situé devant la roue arrière (ou à n'importe quel endroit), souvent par l'intermédiaire de bielles.

### III.2.4.2. Rôles du bras oscillant

Si le rôle de la suspension de la roue arrière est joué par l'amortisseur. L'élément qui assure la liaison entre la roue et le cadre se nomme le bras oscillant.

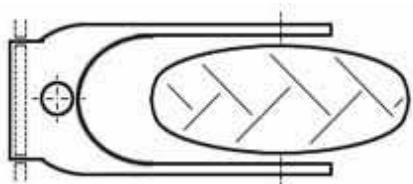
Les fonctions du bras oscillant:

- Assurer par sa rigidité l'alignement des roues, impératif pour une bonne tenue de route.
- Permettre à la roue qui lui est attachée d'osciller avec un grand débattement pour permettre la suspension.
- Guider et supporter l'entraînement de la transmission secondaire.
- Servir de base d'attache au frein arrière.
- De par sa longueur il détermine l'empattement de la moto, et donc sa vivacité ou sa maniabilité.

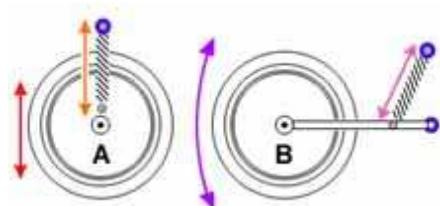
### III.2.4.3. Les différents types de bras oscillants

#### Le bras oscillant classique

Les bras oscillant sont conçus en acier, en alliage d'aluminium, voir même en carbone. La forme est assez simple. il s'agit d'un "U" dans lequel vient se glisser la roue.



**Figure 48 : Bras oscillant classique en U**



**Figure 49 : Oscillation**

Il est fixé directement au cadre ou au moteur. L'amortisseur arrière se fixe directement dessus.

**A:** Sur les premières suspensions, c'était seulement la roue qui était montée sur l'amortisseur.

**B:** En terme de suspension, le bras oscillant fait faire à la roue un mouvement "curviligne", pour une parfaite optimisation du comportement routier.

Le mono bras oscillant:

On pourrait considérer le mono bras comme une moitié de bras oscillant, la roue étant tenue que par un seul côté. Le mono bras a surtout été utilisé en compétition en endurance.

#### AVANTAGES :

- Visuellement il dégage la roue arrière.
- Accessibilité augmentée de la roue arrière.
- L'alignement de l'ensemble est plus précis.
- Centrage du frein à disque arrière dans l'axe du châssis.



**Figure 50 :** Le mono-bras oscillant

**Figure 51 :** Mono bras oscillant de la Ducat 1098



**Figure 52 :** Montage et positionnement du bras oscillant dans le cadre

#### **III.2.4.4. Montage et positionnement dans le cadre**

Sur un bras oscillant, l'une des contraintes les plus importantes est le positionnement du ou des amortisseurs. Ce positionnement passe par plusieurs critères:

1. La position des biellettes qui permet de gérer la démultiplication de l'amortisseur (quand il est unique). Et ainsi influencer le comportement de la moto.
2. Le nombre d'amortisseurs, soit 1 ou 2: positionnement des simples ou doubles amortisseurs. Quand il est unique, il est généralement en position centrale. Quand il est double, ils sont positionnés de chaque côté du bras.

#### **III.2.5. Le freinage**

##### **III.2.5.1. Le système de freinage**

Le système de freinage a comme fonction :

- De réduire la vitesse de la moto,
- D'arrêter la moto,
- De maintenir la moto à l'arrêt.

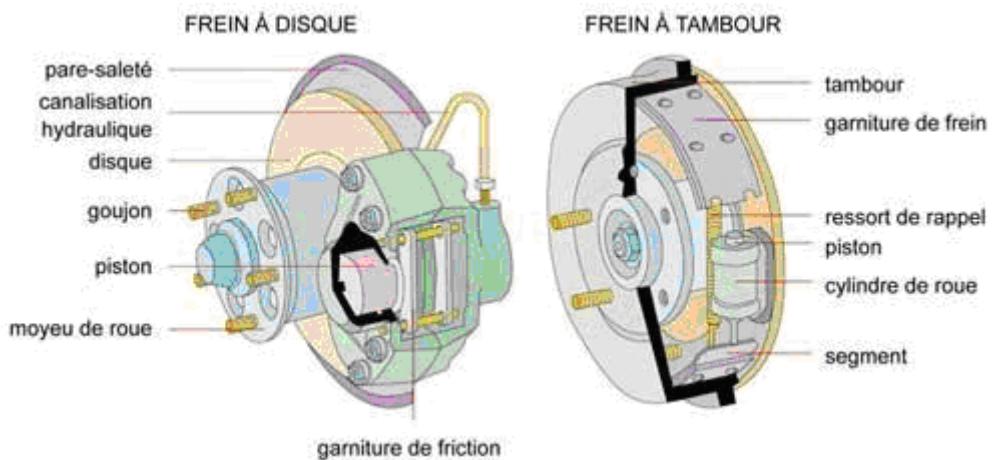
Son rôle est de diminuer ou d'annuler le travail produit par le moteur. Au moment où il entre en fonctionnement, il transforme l'énergie cinétique du véhicule en chaleur.

Le freinage est constitué de quatre éléments distincts :

- Un levier ou une pédale, qui commande "l'ordre" de freiner.
- Un câble, une tige ou une durite qui transmet "l'ordre" Le casque
- Le frein, généralement fixé au cadre de la moto
- La partie mobile, généralement fixe à la roue

##### **III.2.5.2. Types de freins**

Il existe deux types de freins : le frein à tambour et le frein à disque. Le frein à disque semble le plus répandu dans le monde de la moto. Le frein à tambour est encore utilisé principalement pour la roue arrière.

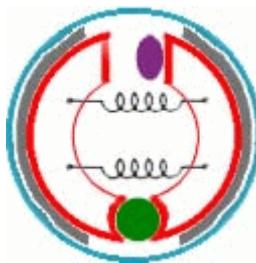


**Figure 53 : Types de freins**

### III.2.5.3. Fonctionnements de freins

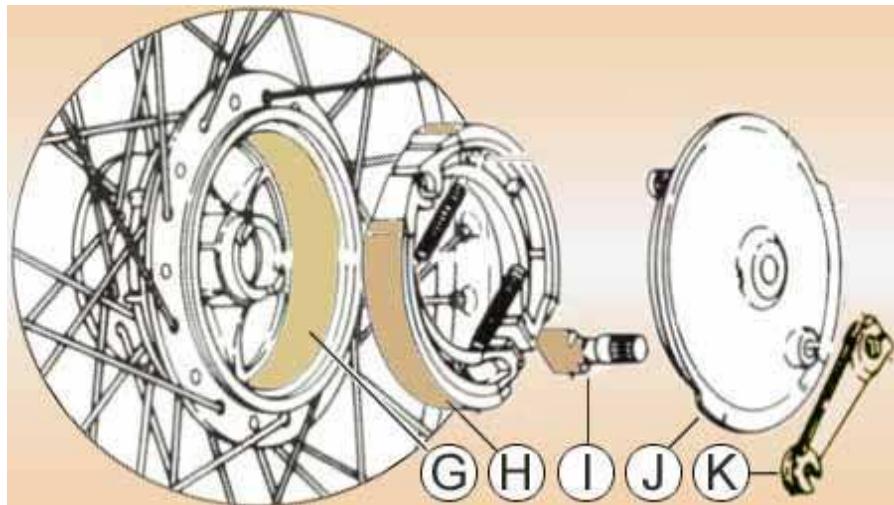
#### III.2.5.3.1. Le frein à tambour

Dans le frein à tambour, le système de freinage est totalement enfermé. A l'intérieur du tambour, il y a la flasque porte-mâchoires. Celle-ci est dépendante de la rotation de la roue. On voit sur le schéma la piste de freinage. Lors du freinage, le jeu de tringle vient faire tourner la came qui appuie sur une des mâchoires qui s'articule autour du pivot pour venir appuyer sur la piste de freinage. Lorsqu'on lâche le levier de frein, les ressorts remettent la mâchoire en position initiale. En réalité les deux mâchoires sont actionnées. Le frein à tambour est simple de conception.



**Figure 54 : Frein à tambour**

Nous allons maintenant voir comment la came est actionnée par la tringlerie. Un câble tendu relie la pédale (ou le levier) de frein à un axe fixé à la came. Lors du freinage, ce câble est tiré et met ainsi en mouvement la came. La force exercée sur le levier de frein est exactement la même que celle qui va actionner la came et donc les mâchoires.



**Figure 55 : Action de la came lors du freinage**

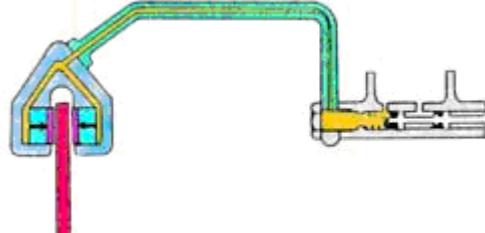
Le pilote actionne le levier de frein ou pédale. Son action crée un "pivot" en basculant la commande de came (K). La commande de came (K) est fixée sur la came (I). La came (I), écarte les mâchoires (H). Les mâchoires entre alors en contact avec la piste du tambour (G). La friction de (G) contre (H) ralentit la roue. Bien que très répandu dans l'automobile, ce système est très peu représenté dans le monde de la moto, on le trouve chez certaines moyennes cylindrées sur certains scooters comme le Honda

#### **Remarque**

Un frein à tambour n'est efficace que jusqu'au alentour de 100 km/h. Au-delà, il montre vite ses faiblesses. Il peut générer une chaleur pouvant aller jusqu'à 700°C à certain endroit. Cette surchauffe peut même créer une ovalisation de la piste du tambour.

#### **III.2.5.3.2. Le frein à disque**

Le frein à disque est pratiquement aussi ancien que les véhicules motorisés possédant des roues. Il est d'ailleurs très proche du frein à patin qui équipe les vélos. Le frein à disque est donc le plus représenté dans le monde de la moto. Il a existé des freins à disque commandés par câble, mais ce système a été largement remplacé par la commande hydraulique. Lors du freinage, le liquide de frein (en jaune) est mis en pression par le maître cylindre (en gris). Cette pression est conduite par la durite (en vert) jusqu'à l'étrier (en bleu) qui contient un ou plusieurs pistons (en cyan) qui poussent alors les plaquettes (en violet) contre le disque (en rouge) qui est dépendant de la roue.

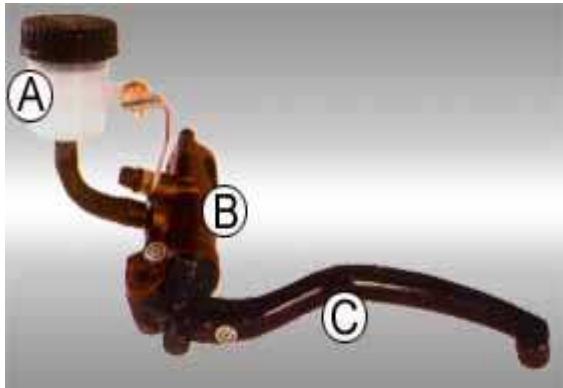


**Figure 56 : Schémas du frein à disque**

Le frein à disque est relativement simple de conception. Il se divise en quatre parties distinctes :

- Le maître cylindre (A, B et C),
- La durit et le liquide de frein (D),
- L'étrier (E),
- Le disque (F).

Ici, on représente le freinage fixé sur la fourche d'une moto.



**Figure 57 : Frein à disque**

#### Comment fonctionnent les quatre parties distinctes ?

- Le pilote actionne le levier de frein (c).
- Le levier de frein pousse le piston à l'intérieur du maître cylindre.
- Le piston pousse le liquide de frein, qui circule dans la durit (D).
- Le liquide de frein pousse le(s) piston(s) dans l'étrier. (E)
- Les pistons de l'étrier écrasent les plaquettes sur le disque (F).

### **III.2.6. La roue**

#### **III.2.6.1. Définition**

La roue est un organe ou pièce mécanique de forme circulaire tournant autour d'un axe passant par son centre. Elle permet de déplacer sur terre des charges importantes, en réduisant les forces de friction. Elle est employée dans la plupart des moyens de transport terrestres.

#### **III.2.6.2. Composants d'une roue**

Une roue de moto peut se décomposer en quatre parties distinctes:

##### **III.2.6.2.1. La jante (La roue- elle même)**

Elle supporte le pneu, au début du siècle, elle était réalisée en bois. Maintenant, la technologie a beaucoup évolué. Avec chambre à air, ce type de conception de jante est assez courant surtout si l'on utilise des jantes à rayons. Sans chambre à air, couramment appelé "Tubeless", ce type de conception est valable pour les jantes à bâtons.

##### **III.2.6.2.2. Le moyeu**

L'axe de roue passe au centre de la roue dans le moyeu.

##### **III.2.6.2.3. Les éléments d'assemblage**

Une jante doit avoir un bord impeccable pour permettre au pneu d'adhérer parfaitement sur toute la surface. Les plans sur lesquels se fixent les disques doivent être parfaitement plans, et ce pour éviter au disque de se "voiler" dans les phases de freinage. Si un pneu avec chambre à air n'a pas absolument besoin d'avoir une bonne étanchéité avec la jante, cette étanchéité est totalement indispensable pour un pneu "Tubeless".

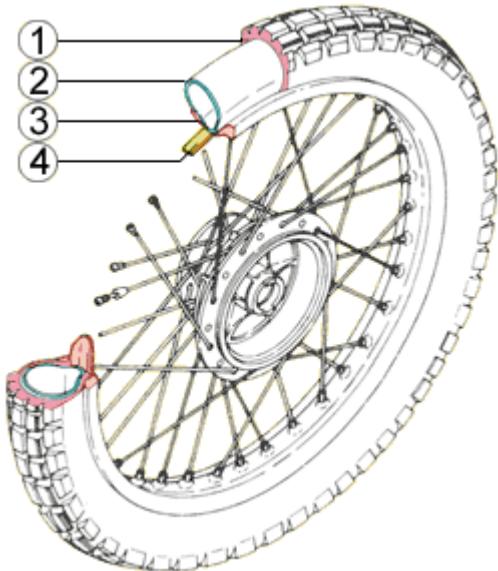
#### **III.2.6.3. Les types de roues**

##### **III.2.6.3.1. Les roues à rayons**

Simple et économique, la roue à rayon est restée très longtemps la "reine des roues" pour une moto. Le cerclage extérieur de la jante est relié au moyeu par une multitude des rayons (généralement en acier). Ce type de jantes, en usage intensif, exige un entretien et un réglage de la tension des rayons très régulier.

Les jantes à rayons nécessitent une chambre à air (2), si elle n'était pas là, l'air fuirait par les trous de fixation des rayons. Pour éviter que les rayons d'une jante déchirent la

chambre à air, on fixe sur le pourtour de la jante, un cerclage en caoutchouc (4) qui protégera la chambre à air du contact direct avec la jante.



1. Pneu (Rose).
2. Chambre à air (Vert).
3. Jante (Orange).
4. Cerclage en caoutchouc (Jaune).

**Figure 58 : Roue en coupe**

### III.2.6.3.2. Les jantes monoblocs

On les appelle "monobloc" car elles sont composées d'une seule pièce. A la différence des jantes à rayons qui sont conçues à partir d'un assemblage de plusieurs éléments. Sur une jante monobloc, les rayons disparaissent au profit des branches. Leurs nombres varient entre 3 et 7.

### III.2.6.3.3. Les roues composites

La catégorie "Jante composite" regroupe plusieurs types de conception de jantes, mais toutes basées sur le principe d'assemblage de plusieurs matériaux ultra léger :

- Le Carbone.
- Le Magnésium.
- Des colles époxy ultra résistantes....
- Le Kevlar.
- L'Aluminium.

L'avantage de ce type de jante, c'est qu'elle procure à la roue un très faible poids, donc des "masses suspendues" très faibles.

## Résumé

La jante à rayons est parfaite pour les terrains accidentés, pour les motos légères ou les customs. La jante monobloc en alliage est ce que l'on fait de mieux en matière de rigidité. Elle est aussi celle qui supporte le mieux les puissances croissantes des motos à caractère ou usage sportif. La jante composite présente des avantages indéniables, mais ses défauts lui réservent une diffusion restreinte que les progrès techniques futurs devraient résoudre.

### III.2.7. Le pneumatique

Le pneu n'est pas qu'un simple accessoire. En effet, le pneu est le seul élément qui lie la moto en mouvement au sol.



MOTOCROSS: Petits pavés très espacés.  
Sculpture très profonde

STANDARD: Larges sculptures avec un  
rainurage central

**Figure 59 : Types de pneus**

#### III.2.7.1. Les composants d'un pneu

Le pneu d'une moto est composée de:

- Pneu d'une feuille de caoutchouc synthétique très étanche à l'air.
- Caoutchouc naturel et / ou de synthèse.
- De silice.
- De noir de carbone.
- De souffre.
- Tringles.

Pour qu'un pneu conserve tout au long de sa vie toutes ses propriétés, il doit après assemblage de tous ses éléments, passer par un état de "vulcanisation". La vulcanisation consiste à faire passer le pneu dans une presse sous l'action combinée du soufre et de la chaleur, pour le transformer d'un état plastique à un état élastique irréversible.

#### III.2.7.2. Le rôle d'un pneu

- Le pneu est le seul point de contact du véhicule avec le sol et qu'il doit, de ce fait,

- assurer un certain nombre de fonctions telles que guider, porter la charge, amortir, rouler, transmettre les efforts et durer.
- Le pneu guide le véhicule avec précision, quel que soit l'état du sol et les conditions climatiques.
- Le pneu porte le véhicule à l'arrêt mais aussi en roulage et doit résister aux transferts de charges considérables à l'accélération et au freinage.
- Le pneu boit l'obstacle et amortit les irrégularités de la route en assurant le confort du conducteur et des passagers ainsi que la longévité du véhicule.
- Le pneu roule plus régulièrement, plus sûrement, avec moins de résistance au roulement pour un plus grand plaisir de conduite et une consommation maîtrisée.
- Le pneu transmet les efforts : la puissance utile du moteur, les efforts de freinage. La qualité des quelques centimètres carrés en contact avec le sol conditionne le niveau de transmission des efforts.
- Le pneu dure, c'est à dire garde au meilleur niveau ses performances pendant des millions de tours de roues.

### **III.2.7.3. Catégories de pneumatiques**

a) Pneumatique à chambre à air :

Il utilise une chambre à air contenue dans l'enveloppe du pneumatique. On y introduit de l'air sous pression par la valve qui fait partie de la chambre à air. On utilise les chambres à air, principalement sur les roues à rayons. En effet, vu la multitude de rayons contenus dans une jante, il est impossible de faire une bonne étanchéité.

b) Pneumatique sans chambre à air (Tubeless)

Simple évolution du pneu avec chambre à air, le "Tubeless" a fait son apparition quand on a commencé à produire des jantes monoblocs ou composite. L'étanchéité du pneu est obtenue par un parfait contact entre la lèvre du pneu et le bord interne de la jante.

c) Avantages : TUBELESS contre CLASSIQUE

- Il se dégonfle lentement en cas de crevaison.
- Il n'éclate pas en cas de crevaison.
- Il est facilement réparable.
- Il est facile à monter.
- Si le pneu tourne autour de la jante, il ne crée pas de dégât.

d) Inconvénients : TUBELESS contre CLASSIQUE

Il ne peut pas être monté sur une jante à rayon classique.

### **III.2.8. Le carénage**

#### **III.2.8.1. Introduction**

Le carénage participe peu à la rigidité mécanique de la moto ; il facilite la pénétration dans l'air d'un véhicule en mouvement. Il canalise les flux d'air. Bien que le mot "carénage" s'applique plus spécifiquement à l'aérodynamisme, nous utiliserons ce terme pour désigner tous les éléments de la carrosserie, comme le réservoir et le garde-boue. Un réservoir ou un garde-boue est profilé pour être un élément de carénage et non plus de carrosserie, le seul but du réservoir était de contenir le carburant; et la fonction du garde boue était d'éviter les diverses projections de la roue sur le pilote.

#### **III.2.8.2. Rôle du carénage**

De nos jours, la fonction principale du carénage est d'améliorer "l'aérodynamisme" de la moto. L'aérodynamisme s'exprime, en simplifiant, de la façon suivante:

- L'air exerce sur un corps en mouvement des forces de frottement. (Viscosité)
- L'air exerce aussi sur ce même corps en mouvement: des surpressions à l'avant, et des dépressions à l'arrière.

Le solide doit donc vaincre deux forces: celle du frottement et celle du déplacement d'air. L'air qui se trouve à l'avant doit être déplacé à l'arrière du véhicule. Plus le véhicule oppose de résistance à l'air, plus il doit dépenser d'énergie pour arriver au même résultat qu'un véhicule aérodynamique.

#### **III.2.8.3. La pénétration du carénage dans l'air**

Pour calculer la pénétration dans l'air, on parlera de  $C_x$  qui est un coefficient sans dimensions. Le  $C_x$  est le coefficient de traînée, de résistance à l'avancement. Pour qu'un véhicule soit doté d'une bonne aérodynamique, le  $C_x$  doit être faible. Le  $S C_x$  est le produit de la surface frontale par le coefficient de traînée. Il faut qu'il soit le plus petit possible.

##### **III.2.8.3.1. La puissance aérodynamique dissipée**

La puissance aérodynamique dissipée se calcule par la formule:

$$P = \frac{1}{2} (r \cdot V^3 \cdot S \cdot C_x) \quad (3-1)$$

##### **III.2.8.3.2. La traînée**

La traînée est une force qui s'exprime en Newton (N) :

$$T = \frac{1}{2} (r \cdot V^2 \cdot S \cdot C_x) \quad (3-2)$$

$$S : \text{Surface frontale en m}^2. \quad V : \text{Vitesse en m/s.}$$

$$r : \text{Densité de l'air (g/m}^3\text{).} \quad C_x : \text{Coefficient de traînée}$$

### III.2.8.3.3. Les compléments de carénage

**Garde-boue avant:** ils sont munis de déflecteurs qui permettent de dévier les turbulences causées par la fourche et les freins. Ils peuvent, mais c'est assez rare, servir de conduit de refroidissement pour les freins.

**Tête de fourche:** Elle possède, sur de plus en plus de sportives, une admission d'air forcée, dans le but de "suralimenter" la carburation en air frais.

**Les rétroviseurs:** Toute pièce proéminente est obligatoirement source de prise au vent. Les rétroviseurs et les clignotants sont directement concernés par ce constat. Donc, certains constructeurs ont intégré ces deux éléments dans une seule et même pièce.

**La bulle:** le bulle possède une ouverture qui permet de gérer les pressions et les dépressions causées par sa simple présence.

**Flancs de carénage:** Sur la moto carénée en général, et sur les sportives en particulier, on trouve des aérations qui servent à l'extraction d'air chaud dégagé par le moteur.

**La coque arrière:** Sur les sportives possédant un ou des échappements sous la selle, la coque arrière est souvent munie d'aérations.

**Le casque :** C'est un élément qui participe à l'aérodynamisme global de l'ensemble: Moto et Pilote. D'une manière générale les casques sont eux aussi profilé pour l'écoulement de l'air.

#### Remarque

Si une carrosserie de voiture est généralement en acier, il n'est pas vraiment concevable d'en faire de même sur les motos. Et pour cause, une moto doit être légère. Pour obtenir plus de légèreté, on a remplacé l'acier et la fonte par de l'aluminium pour la partie cycle et la partie mécanique. Maintenant, on utilise principalement des matériaux tels que la fibre de verre.

### III.2.8.4. Conclusion

Le carénage est passé du stade "protection du pilote" au stade "aérodynamisme". Le carénage protège le pilote du vent et facilite la pénétration de la moto dans l'air ( $C_x$ ). Le carénage canalise les flux d'air. Il peut aussi participer à la carburation ainsi qu'au refroidissement des moteurs.

## Chapitre IV : TRANSMISSION DE PUISSANCE SUR LA MOTO

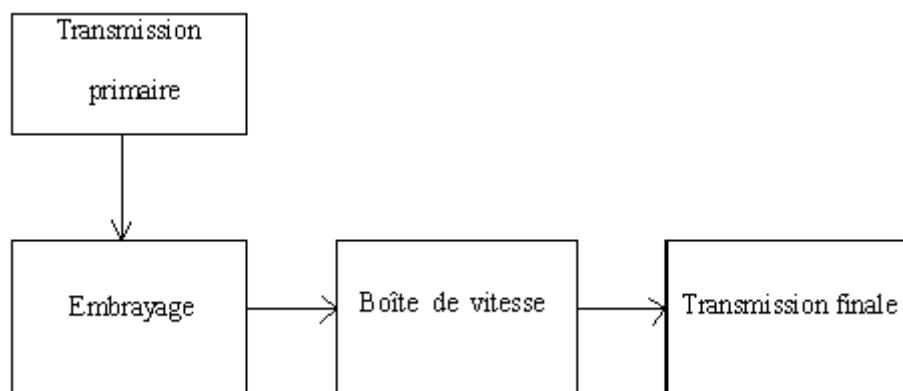
### IV.1. Introduction

Sur la plupart des machines se pose le problème de transmission de façon continue le mouvement et les forces fournies par une source en les adaptant à leur utilisation. C'est le problème de la transmission de puissance mécanique qu'il a fallu résoudre, sur tout véhicule par exemple entre le moteur et les roues motrices. Etudions, dans ce chapitre le cas familier de la moto où la source motrice est le moteur en démarrant par un conducteur ou un motard.

### IV.2. Les organes de transmission

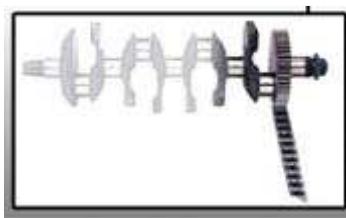
#### IV.2.1. La chaîne cinématique

On désigne par « chaîne cinématique » la suite des organes d'une machine par lesquels se transmet les mouvements grâce à l'énergie fournie par un moteur, cette énergie se transforme en une force. Celle-ci comporte sur une moto, depuis son entrée (force du moteur) jusqu'à sa sortie (la roue arrière), cette force passe par les quatre éléments suivants :



**Figure 60 :** Chaîne cinématique de la transmission

##### IV.2.1.1. La transmission primaire



**Figure 61 :** Transmission primaire

#### **IV.2.1.2. Son rôle**

Cette transmission a pour but de relier le moteur avec l'ensemble embrayage / boîte de vitesse. En ce qui concerne le moteur, elle est fixée sur le vilebrequin. Cette liaison peut être réalisée par plusieurs moyens :

- Par pignon,
- Par chaîne,
- Mixte,
- Par courroie.

#### **IV.2.1.3. La transmission primaire par le pignon**

On retrouve ce type de distribution sur certaines mono et faibles cylindrées. Cette transmission est assez simple de conception. Elle consiste à accoupler deux roues crantées. La première est solidaire du vilebrequin. La seconde est fixée sur l'embrayage.

Il existe deux types de roues crantées :

- A taille droite

La transmission par pignon à taille droite est facile à produire, peut permettre de passer un couple élevé. Mais ce type de transmission est assez bruyant.

- A taille hélicoïdale

La transmission par pignon à taille hélicoïdale est plus difficile à produire et à mettre en œuvre, elle ne peut pas permettre de passer un couple élevé. Par contre, elle est beaucoup plus silencieuse que les pignons à taille droite.

#### **IV.2.1.4. La transmission par chaîne**

La transmission par chaîne présente de nombreux avantages. Elle permet, quand la boîte est éloignée, d'éviter une cascade de pignon. Une chaîne peut supporter des vitesses de rotation élevées, si elle est bien lubrifiée. Ce qui est le cas si elle se trouve dans le moteur. A la différence de la chaîne de transmission finale (autrement dit le "kit chaîne"), la chaîne de transmission primaire ne comporte généralement pas de rouleaux. L'utilisation d'une chaîne est très courante sur les moteurs modernes, la boîte étant souvent séparée du moteur.

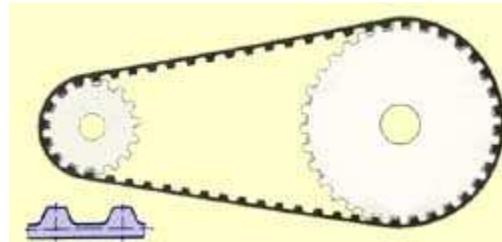
#### **IV.2.1.5. La transmission mixte**

Ce type de transmission combine la transmission avec pignon à la transmission par chaîne. Le vilebrequin est relié à un arbre par une chaîne. Cet arbre transmet la distribution à la boîte par une des pignons.

L'arbre auxiliaire est utilisé pour l'entraînement de divers composant tel que:

- La pompe à huile.
- L'alternateur.
- Transmettre le mouvement du démarreur.

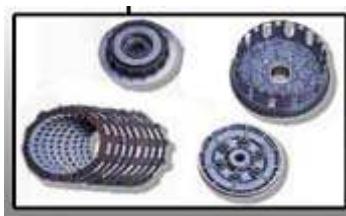
#### **IV.2.1.6. La transmission par courroie**



**Figure 62 : Pignons liées par une courroie**

De nos jours, on ne la trouve plus que sur les cyclomoteurs ou les scooters et sur quelques moteurs de conception assez ancienne. Ce système a eu son heure de gloire, mais elle est avantageusement remplacée par la chaîne qui est moins large, plus solide et qui supporte largement mieux les contraintes élevées. Ce type d'utilisation est donc plutôt révolu, à la différence de la courroie de transmission finale qui elle est encore présente dans la production des grosses cylindrées.

#### **IV.2.2. L'embrayage**



**Figure 63 : Eléments de l'embrayage**

#### **IV.2.2.1. Son rôle**

Il est disposé entre le moteur et le mécanisme de transmission (la boîte de vitesse). Il permet de lier progressivement ces deux éléments ou de les séparer lors du changement de rapport. Le constructeur équipe son produit d'une transmission automatique ; l'immense majorité des motos reçoit un embrayage mono ou multidisque, actionné manuellement.

#### **IV.2.2.2. Embrayage mono disque**

Ces embrayages ne comportent qu'un disque de friction, dont souvent les deux faces sont utilisées pour assurer le contact avec deux disques en acier. Comme la puissance à transmettre ne peut se répartir sur plusieurs disques, ils sont nécessairement de grand diamètre. On les rencontre souvent sur les moteurs dont l'axe du vilebrequin est longitudinal. Les liaisons entre le vilebrequin et la boîte se font directement par le centre des disques, sans engrenages de transmission primaire pour renvoyer le mouvement. Une simple ventilation dans les carters envoie suffisamment d'air pour refroidir ce type d'embrayage. Résistants, ces embrayages offrent moins de progressivité que les multidisques et leur remplacement exige beaucoup de main d'œuvre, puisque le moteur doit la plupart du temps être sorti du cadre avant de le désolidariser de la boîte de vitesses.

#### **IV.2.2.3. Embrayage multidisque**

Sur la plupart des motos, l'axe du vilebrequin est face à la route. Dans ce cas, l'embrayage est disposé sur l'un des côtés du bloc moteur et entraîné par un train de pignons. On limite son diamètre pour des raisons d'encombrement et pour transmettre la puissance, on est alors contraint d'utiliser plusieurs disques. Sur les motos de route, l'embrayage est refroidi par huile, système qui absorbe le bruit et la poussière de garniture. En course, on a le temps de nettoyer, mais on ne peut pas tolérer la perte de puissance due au battement de la cloche dans l'huile. L'embrayage est alors extérieur au bloc moteur et refroidi par air. La noix par laquelle sort le mouvement est fixée sur l'arbre d'entrée de boîte. La cloche, reliée par un pignon ou une chaîne au vilebrequin, tourne librement autour de la noix. Ce sont les dix à quinze disques placés entre les deux, et serrés par un "plateau de pression", qui les relie. Les disques "garnis" reçoivent le mouvement par leurs cannelures périphériques, tandis que les disques acier le communiquent à la noix par des cannelures intérieures.

#### **IV.2.2.4. Le plateau de pression**

Le plateau de pression est soumis à l'action d'un ou plusieurs ressorts pour plaquer les disques entre eux. Un dispositif relié au levier d'embrayage du guidon permet de repousser le plateau, ce qui autorise le glissement des disques. La cloche n'entraîne alors plus la noix, on est en position débrayée.

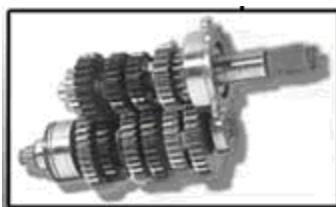
#### **IV.2.2.5. Le mouvement du plateau**

Le mouvement du plateau est toujours linéaire. Selon les conceptions, il est soit tiré de l'extérieur par une griffe (ou une "fourchette" sur les monodiques à sec), soit repoussé de l'intérieur par une tige. Le mouvement est imprimé à cette tige ou griffe par un levier relié à une came ou une rampe hélicoïdale, qui démultiplie l'effort appliqué au levier par le pilote. La liaison entre cette fonction et le levier au guidon s'obtient par un câble ou une commande hydraulique.

#### **IV.2.2.6. Les matériaux de friction**

La qualité des matériaux de friction progressant, on se passe désormais des ressorts très durs qui étaient nécessaires pour transmettre la puissance: les commandes sont plus douces. Les embrayages multidisques en bain d'huile sont inégalés en progressivité et douceur. En effet, la multiplicité des disques permet un accouplement progressif, par couches successives, d'un disque à l'autre. La présence de lubrifiant donne encore plus de progressivité, sans que ce graissage nuise à la capacité de collage. Les qualités du matériau adhérent sont désormais fort bien maîtrisées et adaptées à cet environnement. C'est la raison de plus pour que ce type d'embrayage reste l'apanage de l'embrayage de moto pour quelques années encore.

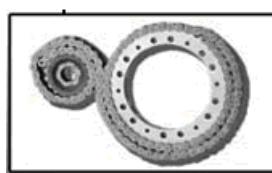
### **IV.2.3. La boîte de vitesses**



**Figure 64 : Boîte de vitesse**

Une boîte de vitesse permet de moduler le couple et la vitesse de rotation du moteur. Elle permet de passer la puissance à la roue.

### **IV.2.4. La transmission finale**



**Figure 65 : Transmission finale**

#### **IV.2.4.1. Son rôle**

A la sortie de la boîte de vitesse, c'est à la transmission finale de passer la puissance (force) à la roue. Elle est aussi nommée transmission secondaire.

#### **IV.2.4.2. Les composantes de transmission finale**

La transmission finale est composée par :

- Le pignon avant,
- La chaîne,
- Le pignon arrière.

Le pignon avant est fixé sur le vilebrequin, il tourne suivant le tour du vilebrequin ; l'autre pignon (pignon arrière) est fixé sur le moyeu du pneu arrière. La chaîne de transmission finale comporte comme de rouleau, tandis que celle de la transmission primaire n'a pas eu. En général, les deux pignons sont engrenés par cette chaîne ; et ils sont tous tournés vers une même rotation.

### **IV.3. Le système de transmission**

Un moto possède un moteur ; ce moteur crée de l'énergie et cette énergie se transforme en une force. Cette force est transmise par l'intermédiaire de la transmission primaire , de l'embrayage, de la boîte de vitesse et la transmission finale de passer la puissance à la roue ; grâce à la présence d'un conducteur ou un motard. L'engrenage arrière, le pignon est fixé sur le moyeu de la roue arrière . La transmission du mouvement entre le pignon avant et celle de l'arrière est assuré par la chaîne . L'ensemble des éléments compris entre le moteur et la roue arrière est désigné par le terme de transmission.

### **IV.4. Nature du mouvement de la transmission**

Afin d'exploiter au mieux les performances de l'élément moteur, une transformation mécanique est installée entre l'élément moteur et l'élément de transmission de la puissance. Cette transformation consiste à multiplier ou démultiplier la vitesse de sortie de l'élément moteur. Puisque le mouvement du noyau moteur (ou arbre moteur) fait une rotation, c'est à dire les vilebrequins qui, en tournant, transmettent leur position aux arbres à cames. Il faut bien comprendre que les vilebrequins sont dépendants les uns des autres : l'un ne peut pas tourner sans l'autre car ils sont reliés entre eux. Ceci est souvent appelé l'arbre moteur. Cette commande se fait le plus souvent par chaîne. C'est ce qu'on appelle la chaîne de distribution qui a fait rappeler bien des motos.

On trouve également que le pignon avant installé sur l'arbre moteur (arbre primaire) et tourne suivant leur mouvement, est transmet leur position au pignon arrière commandé par une chaîne. Le pignon avec la roue arrière ne peut pas tourner sans l'autre (pignon avant). On peut dire que le mouvement de la transmission d'une moto est dépendant l'une de l'autre; et fait un mouvement circulaire. La rotation peut être commandée par l'une de l'autre pignon roue, dans l'un de l'autre sens. D'où le mouvement de la transmission est circulaire.

#### **IV.5. Loi de transmission des vitesses**

La loi de transmission des vitesses est appliquée sur des vitesses d'entrée et de sortie. En faisant effectuer  $N$  tours au pignon avant, la roue arrière entraînée fait, dans le même temps  $n'$  tours. Si  $Z$  désigne le nombre de dents du pignon avant et  $z'$  celui du pignon arrière, il a noté  $N.Z$  dents au point où il se trouve le pignon avant,  $n'.z'$  celle de l'arrière. Ecrivons l'égalité de ces deux nombres pour justifier les vitesses de rotation de la roue, et la relation qui s'en déduit :

$$N.Z = n'z' \quad \text{et} \quad \frac{n'}{N} = \frac{Z}{z'} \quad (4-1)$$

$N$  et  $n$  sont les nombres qui expriment les vitesses de rotation des roues dentées (pignons).

#### **Conclusion**

Le produit de rotation par le nombre de dents a même valeur pour chaque pignon (roue). Le quotient des vitesses de rotation est égal au quotient inverse de nombre de dents correspondantes.

**Exemple :** 15 dents au pignon avant, 52 dents au pignon arrière. En appliquant la loi de transmission, on a :

$$\frac{n'}{N} = \frac{Z}{z'} = \frac{15}{52} = \frac{1}{3,466}$$

et on obtient donc  $N = n' \times 3,466$  ; alors que la vitesse de sortie < la vitesse d'entrée.

#### **IV.6. Couples d'entrée et de sortie dans la transmission**

Soit  $C_e$  le couple d'entrée appliqué du moteur au pignon avant et  $C_s$  le couple de sortie transmis à la roue arrière. Supposons la transmission réalisée sans aucune perte (ce qui n'est pas tout exact), et écrivons la conservation de la puissance d'une moto :

$$2\pi N C_e = 2\pi n' C_s \quad (4-2)$$

Soit,  $N C_e = n' C_s$  alors  $\frac{C_s}{C_e} = \frac{N}{n'}$

Reportons à l'équation (4-1) :

$$\frac{C_s}{C_e} = \frac{z'}{Z} \quad (4-3)$$

Le quotient des couples est égale au quotient des nombres de dents correspondants. La puissance étant constante au niveau de l'élément moteur comme au niveau de la transmission de la puissance, c'est le couple qui varie en fonction du rapport.

Exemple : Reprenons le cas du rapport de la transmission  $\frac{15}{52}$ :

$$\frac{z'}{Z} = \frac{52}{15} = 3,466 \quad \text{or} \quad \frac{C_s}{C_e} = \frac{z'}{Z}$$

D'où  $C_s = C_e \times 3,466$  alors couple de sortie  $\Rightarrow$  couple d'entrée

## IV.7. Performances d'une transmission

### IV.7.1. Rapport d'une transmission de mouvement de rotation

On définit le rapport de transmission comme étant le rapport des vitesses du mouvement de sortie sur le mouvement d'entrée. La plupart du temps, il s'agit d'une loi proportionnelle qui ne dépend pas de la position du mécanisme. On l'exprime le plus souvent comme une relation sur les vitesses, mais le rapport sur les déplacements est le même :

$$R = \frac{\text{Vitesse de sortie}}{\text{Vitesse d'entrée}} \quad (4-4)$$

On définit aussi le rapport de transmission comme étant le rapport des couples du mouvement d'entrée sur le mouvement de sortie :  $k = \frac{C_s}{C_e}$  (4-5)

Il s'agit, le plus souvent d'une transmission du mouvement de rotation. Dans ce cas particulier, on obtient :

$$R = \frac{V_s}{V_e} = \frac{n'}{N} \quad (4-6)$$

De plus, si on considère la définition des puissances d'entrée et de sortie, à savoir

$$P_e = V_e \cdot C_e = N C_e \quad \text{et} \quad P_e = V_s \cdot C_s = n' C_s \quad (4-7)$$

Dans de nombreux cas, le rapport de transmission est inférieur à 1 parce que les moteurs tournent à de très grandes fréquences de rotation et développent un couple plutôt faible.

Le réducteur a pour rôle d'adapter le couple et la fréquence. Par abus de langage, on nomme ce rapport « *rapport de réduction* » ; il se confond alors avec son inverse. Les fabricants de réducteurs donnent souvent la valeur de ce rapport sous la forme  $1/d$ , où  $d$  représente la démultiplication :

$$R = \frac{1}{d} \quad (4-8)$$

Lorsque le rapport est supérieur à 1, on parle de *multiplicateur*. C'est le cas dans une transmission de véhicule à deux roues comme la moto, mais aussi sur les éoliennes, où la génératrice doit tourner environ 200 fois plus vite que le rotor.

#### IV.7.2. Rendement de la transmission

Dans le cas d'une transmission de puissance, l'objectif est généralement de limiter les pertes. On définit alors le rendement. Comme pour toute machine, le rendement du dispositif d'une transmission de puissance est égal au quotient de l'énergie de sortie par l'énergie d'entrée, égal aussi au quotient de la puissance de sortie par la puissance d'entrée :

$$\eta = \frac{\text{Energie de sortie}}{\text{Energie d'entrée}} = \frac{E_S}{E_e} = \frac{\text{Puissance de sortie}}{\text{Puissance d'entrée}} = \frac{P_S}{P_e} \quad (4-9)$$

La mesure des puissances précédente exige celle du couple et de la vitesse au cours de la rotation. Devant la difficulté de mesurer le couple pendant le mouvement, bornons-nous à réaliser l'équilibre, puis à le rompre dans le sens de la marche. Nous constatons que le couple doit passer, environs 10 % sa valeur à l'équilibre pour vaincre le même couple de sortie.

Soit  $k$  le rapport de la transmission d'où  $R=k$

$$\text{En rappelant que } k = \frac{n'}{N} : \quad (4-10)$$

$$C_e < C_s \cdot k \text{ donc } C_e = \frac{n'}{N} C_s \text{ alors } N C_e > n' C_s \quad (4-11)$$

En multipliant par  $2\pi$  les membres de la dernière égalité pour faire apparaître la puissance telle que nous l'avons calculée :

$$2\pi N C_e > 2\pi n' C_s \quad \text{d'où} \quad P_e > P_S \quad (4-12)$$

#### Conclusion

La puissance de sortie est inférieure par rapport à la puissance d'entrée. Comme il était prévisible, en raison de frottement que le rendement de la transmission est inférieur à l'unité. Notons que, un engrenage classique a un rendement supérieur à 95% (0,95).

## **Chapitre V : MAINTENANCE ET CONTRIBUTION DANS LA VIE SOCIALE ET DANS L'ENVIRONNEMENT**

### **V.1. Mode de maintenance d'une moto**

Comme toutes les autres machines, les motos ont besoin d'entretien aussi pour qu'elle soit en bon état et en obtenant un bon rendement. Nous proposons quelques conseils pour les utilisateurs, pour que leur moto soit en bon état, et pour qu'il n'y ait pas de risque pendant le temps de son utilisation dans la vie courante.

Faire une vidange, ce n'est pas faire une révision. Huile moteur et filtre neuf sont importants, mais il ne faut pas oublier les bougies, le filtre à air, le réglage moteur et le remplacement des « consommables » de la partie-cycle. Voici les bases de l'entretien « à faire soi-même », ainsi que les contrôles à effectuer pour savoir quand l'intervention du professionnel est nécessaire.



**Figure 66 : Les bases de l'entretien**

- **Niveau de difficulté : Pas facile**

#### **Matériel :**

- Bougie(s) neuve(s).
- Huile moteur et filtre à huile.
- Jeu de plaquettes de frein neuves si nécessaire.
- Filtre à air neuf si nécessaire (papier encrassé).
- Solvant pour nettoyer filtre à air en mousse.

- Pour synchroniser les carburateurs d'un multicylindre, rampe de dépressionmètres Hein Guericke.

- **A ne pas faire**

Négliger les entretiens peu fréquents comme la vidange de fourche (sinon il peut arriver un problème de tenue de route et un talonnage au freinage), le remplacement du liquide de frein (corrosion, grippage, réparations coûteuses) ou celui du liquide de refroidissement (abaissement de la protection antigel, des pouvoirs anticorrosion et lubrifiant).

### V.1.1. Soins de la chaîne

Une chaîne de transmission secondaire bien lubrifiée dure plus longtemps. En ce qui concerne sa tension, quelques erreurs sont encore très souvent répandues. Certains oublient de la retendre, ne le faisant que lorsque les à-coups de transmission deviennent insupportables. À l'inverse, d'autres ont tendance à trop tendre leur chaîne (il faut laisser 3 cm de débattement libre). Trop tendue, la chaîne « mange des chevaux » et s'use plus vite. Enfin, l'erreur classique est de ne pas tenir compte du « faux rond », pratiquement inévitable quand une chaîne commence à fatiguer. L'usure se répartissant de façon inégale, la chaîne est tendue à certains endroits et détendue à d'autres, ce qui est à repérer en tournant la roue. Le point le plus tendu sert de référence pour régler, sinon la chaîne risque de se retrouver trop tendue et peut lâcher.



**Figure 67 : Soins de la chaîne**

### V.1.2. Vidange et remplacement du filtre à huile

Le contrôle du niveau d'huile moteur est élémentaire. La consommation d'huile est fonction du type de refroidissement du moteur, de son kilométrage, de l'utilisation qu'on en fait et de la température ambiante. Un coup d'œil au niveau intervalles réguliers évite de casser son moteur à cause d'une surconsommation d'huile passagère .Vidanger l'huile moteur et remplacer le filtre à huile est nécessaire pour la santé du moteur, y compris pour les

moteurs qui consomment de l'huile. Le rajout d'huile neuve n'épure pas la vieille, bien au contraire. Sachez que si vous utilisez votre puissance moteur sans en abuser, utiliser de l'huile 100 % synthèse permet de ne vidanger que tous les 12 000 km au lieu de tous les 6 000 km avec de la semi-synthétique, la pure synthèse étant beaucoup plus résistante.

### V.1.3. Surveillance des plaquettes de frein

Il faut surveiller à intervalles réguliers l'épaisseur restante des garnitures des plaquettes de frein, surtout quand elles commencent à être un peu usées. La garniture de frein est un matériau qui s'use, fixé sur un support en ferraille qui ne doit jamais venir au contact du disque. Sinon, le disque se détruit en peu de temps, et un disque coûte beaucoup plus cher qu'une paire de plaquettes. Moins de 1 mm de garniture implique le remplacement des plaquettes. Quand vous remplacez les plaquettes vous-même, n'oubliez pas que sur la grande majorité des étriers, il faut absolument nettoyer les pistons avant de les repousser. Dans le cas contraire, on introduit des saletés qui vont perturber le travail et surtout finir par gripper les freins.



**Figure 68 :** Surveillance des plaquettes de frein



**Figure 69 :** Surveillance de la batterie

### V.1.4. N'oubliez pas la batterie

La majorité des motos actuelles sont équipées de batterie de type sans entretien, mais il reste encore beaucoup de batteries classiques sur les motos en circulation. Une batterie sans entretien porte bien son nom : il n'y a rien à faire, surtout pas l'ouvrir. Elle est reconnaissable par ses parois noires, contrairement à la batterie classique aux parois transparentes. On voit au travers car il faut veiller au niveau maxi/minи du liquide pour le compléter éventuellement à l'aide d'eau (fig.69). Si on ne le fait pas, les plaques de batterie exposées à l'air deviennent inefficaces et la batterie meurt.

### V.1.5. Inspection et remplacement des bougies

Le constructeur préconise le kilométrage d'inspection et de remplacement des bougies. À force de travailler, l'écartement entre les électrodes d'une bougie augmente. À l'aide d'un jeu de cales, réglez l'écartement des électrodes selon les préconisations. La couleur des électrodes des bougies donne une indication sur la carburation. Une bougie couverte de noir de carbone, avec de la suie qui reste sur les doigts, a une carburation trop riche. Si l'électrode centrale de sa voisine est blanche, alors les papillons d'admission dans les pipes sont désynchronisés, que ce soit avec des carburateurs ou des injecteurs. Leur synchronisation est à faire pour le bon rendement et l'économie de consommation. Il faut amener la moto chez le motociste favori ou acheter une rampe de dépressionmètres à cadran pour le faire soi-même. Un excès de jeu est bruyant (cliquetis) et abîme la commande des soupapes. Pas assez ou plus du tout de jeu est grave, car la soupape ne ferme plus correctement. Elle peut passer en fusion sous l'effet chalumeau de la combustion. Faire l'économie du contrôle du jeu peut coûter très cher en fin de compte.



**Figure 70 : Inspection des bougies**

### V.1.6. Nettoyage ou remplacement de filtre à air

Le rythme d'inspection, de nettoyage et de remplacement du filtre à air est fonction de sa moto mais aussi de l'environnement dans lequel on roule. La « pureté » de l'atmosphère n'est pas la même à la campagne que dans un centre urbain industrialisé. Un filtre sale fait augmenter la consommation d'essence et perdre de la puissance. Il y a des filtres en papier ou en mousse lavable. Cette mousse se nettoie dans un bain de solvant, tel pétrole ou white-spirit. Pour un filtre papier, on chasse les impuretés à l'air comprimé ou à l'inverse avec un aspirateur ménager assez puissant. Une fois nettoyé, le papier doit se laisser traverser un peu par la lumière du jour ; sinon, il doit être remplacé.



**Figure 71 : Nettoyage ou remplacement de filtre à air**

**Autres conseils à lire.** Technique et vérifications utiles avant de partir...

Les manuels suivants sont conseillés à consulter:

1. Mécanique moto: éviter les erreurs du débutant
2. Technique moto: Lubrifier la chaîne
3. Mécanique moto: Remplacer le liquide de refroidissement
4. Le bon serrage de la visserie sur une moto
5. Le check-up de la rentrée sur votre moto
6. Mécanique moto: Bien entretenir sa chaîne
7. Faire disparaître une éraflure sur votre moto
8. Dépister les pièges électriques sur une moto
9. Monter des durits aviation sur votre moto
10. Vos astuces nous intéressent!
11. Vidanger et remplacer le filtre à huile de votre moto
12. Contrôler l'usure de la partie-cycle d'une moto
13. S'entendre avec son mécanicien moto
14. Régler les commandes de votre moto

## **V.2. Conseils pour l'économie d'essence**

Une consommation élevée est souvent liée à une anomalie mécanique mais peut être aussi la cause d'une utilisation poussée de sa moto. A l'heure où les prix à la pompe flambent, on peut adopter quelques gestes simples pour protéger l'environnement et son portefeuille. La moto 100% électrique arrive, mais en attendant vous pouvez suivre ces quelques conseils...

### **V.2.1. Carburation**

Le réglage carburation doit être contrôlé régulièrement. Vérifiez la synchro, la richesse, le fonctionnement du starter (doit revenir à la position 0), maintenez un filtre à air

propre et changez-le régulièrement. Veillez aussi à utiliser le bon indice d'octane, ne croyez surtout pas que le SP98 est meilleur si votre moto est prévue pour le SP95. En cas de fuite, vérifiez la hauteur de cuve et l'étanchéité du pointeau (usure, saletés). Profitez-en pour vérifier si le flotteur ne coince pas dans la cuve.

#### **V.2.2. Allumage**

Un moteur qui respire est un moteur qui consomme peu. Tout comme la carburation, vérifiez aussi l'allumage. Jetez un œil sur le calage et l'état des bougies.

#### **V.2.3. Autres facteurs**

En hiver attendez-vous à consommer un peu plus que l'été, vérifiez l'huile qui doit être plus fluide. L'altitude aussi a un impact certain, ainsi que l'aérodynamique et la charge de la moto. Vérifiez aussi la conformité et la pression des pneus. Enfin, la compression des cylindres, un moteur usé consomme plus.

#### **V.2.4. Autres conseils pour économiser l'essence**

- Ne faites pas chauffer le moteur sur place, roulez doucement les 10 premiers kilomètres.
- Conduire en souplesse, pas d'accélération brusque, pas d'excès de vitesse.
- Gardez le silencieux d'échappement d'origine et en bon état.

### **V.3. Contribution dans la vie sociale et dans l'environnement**

#### **V.3.1. La moto et l'urbanisme**

La moto utilitaire soulève un étrange paradoxe : alors que presque tout le monde connaît les principaux avantages face à l'utilisation de la moto en ville, elle est sous utilisée actuellement.

Les scooters et les motos ont des avantages dans la circulation urbaine: ils sont rapides, maniables et faciles à parquer. Mais ils ont aussi des inconvénients: leurs conducteurs sont les plus exposés aux accidents, et c'est dans cette catégorie qu'on trouve les véhicules les plus bruyants et les plus polluants.

Actuellement, les normes antipollution sont moins strictes pour les 2 roues que pour les voitures. Mais heureusement, plusieurs constructeurs ont commencé à développer des moteurs moins dommageables pour la santé et l'environnement.

### **V.3.2. La moto et la ponctualité**

Dans les villes saturées de circulation automobile, le deux-roues apparaît comme une solution pratique et ponctuelle ; en partant à l'heure on est sûr d'arriver à l'heure.

### **V.3.3. Mode de transport rapide et dangereux**

La Commission destinée aux autorités locales et intitulée "Villes cyclables, villes d'avenir", qui rassemble une série de bonnes pratiques et bouscule un certain nombre de préjugés en matière d'utilisation de la moto comme mode de transport régulier dans l'environnement urbain.

Voici un exemple de préjugé: "la moto est un moyen de transport dangereux en zone urbaine". Les statistiques montrent en fait que le mode de transport le plus dangereux en ville est la voiture et que les victimes d'accidents comprennent tous les membres du public: piétons, automobilistes et cyclistes (les enfants et les personnes âgées plus particulièrement). De nombreuses études réalisées dans toute l'Europe montrent que la réduction de la vitesse de la circulation à 30 km/h serait bénéfique pour tous les citadins et encouragerait l'utilisation de la moto. La distance couverte pour 30 % des trajets en voiture est inférieure à 3 kilomètres. Il est important de tenir compte de l'incidence plus large des transports sur la santé publique, ce qui est précisément l'objectif de la législation en matière de qualité de l'air.

Diviser le nombre d'accidents (une moyenne des tués et blessés graves des 5 dernières années) non pas par le nombre de km parcourus mais plus logiquement par la durée d'exposition au risque ou, ce qui revient à peu près au même, par le nombre de déplacements (fourni par l'enquête ménages), la durée des déplacements étant une constante dans les grandes villes de province : environ 1/4 d'heure pour les modes VP, 2R ou marche, et une 1/2 h pour les TC. )

Moto	> 50
Cyclo	10 à 35
Vélo	1,5 à 2
Voiture	1
Piéton	0,5 à 1
Transport Collectif	-

Auteur : G. Wolf, 1991

Tableau 1 : Risque par rapport à la voiture d'être tué ou blessé grave en ville

On constate que :

La sécurité des motos est très liée au rapport de force numérique entre motos et automobiles et à la vitesse des véhicules les plus lourds. Le taux d'accidents des motards a atteint un maximum au milieu des années 1950, quand le nombre de vélos est tombé à 2 pour 1 voiture, ce qui a dissuadé l'usage de la moto jusqu'à la fin des années 1970 (où le ratio vélos/autos est tombé au plus bas). La légère amélioration de ce ratio dans les années 1990 reflète surtout le développement du vélo-loisir (VTT notamment), car le renouveau du vélo urbain est trop récent pour apparaître dans les statistiques. En tout cas, la chute du taux d'accidents est encourageante, même si elle semble aussi liée à la concentration de l'usage sportif de la moto.

En ville, la moto est seulement un peu plus dangereuse que la voiture. Le risque réel est beaucoup moins élevé que le risque perçu. A cause de l'absence de carrosserie, le cycliste se sent, en effet, très vulnérable. En ville, le cyclomoteur est au moins 10 fois plus dangereux que la voiture et 7 fois plus que le vélo. Cela s'explique principalement par la faible vitesse de pointe du vélo par rapport à celle du cyclomoteur. En ville, la moto est au moins 50 fois plus dangereuse que la voiture. On comprend dès lors que les accidents en deux-roues à moteur représentent en ville près de la moitié des accidents. Nous avons vu ci-dessus combien le risque réel à vélo est certes un peu supérieur au risque en voiture, mais bien moindre que le risque en deux-roues à moteur. Pourtant, à cause de son absence de carrosserie, le cycliste se sent très vulnérable. Et l'impression est encore plus forte chez le non cycliste.

En revanche en rase campagne, le risque d'accident grave est beaucoup plus élevé (surtout en début de journée et en fin d'après midi). Le risque d'accident à moto dépend essentiellement de la différence entre les vitesses pratiquées par les usagers ou plus précisément entre les énergies des véhicules.

L'énergie cinétique est égale au demi-produit de la masse par le carré de la vitesse. Une voiture de 900 kg lancée à 36 km/h a une énergie cinétique 40 fois supérieure à un vélo + cycliste de 90 kg roulant à 18 km/h. Aussi, en cas de choc, le motard est toujours le plus touché.

### V.3.4. Quelques conseils pour éviter les accidents et pour la sécurité.



La première cause de l'accident est une erreur humaine de la part du tiers. Parmi les principales causes d'accident, plus de 70 % des conducteurs d'autres véhicules ayant commis une erreur humaine n'ont pas détecté la présence de la moto.

Voici quelques propositions d'améliorations des équipements de protection mais aussi des normes liées, y compris celles servant à l'homologation des casques.

D'une façon générale, ces points sont importants :

- les autres usagers perçoivent mal les deux-roues: ceci doit être une évidence pour les motards pour qu'ils agissent en conséquence ;
- éviter de demeurer trop longtemps masqué par l'angle mort lors de files ininterrompues, les zigzags et les pleins phares intempestifs ;
- adapter sa vitesse non pas seulement en fonction de l'adhérence mais plutôt en fonction de l'environnement (piétons, zone résidentielle, vent) ;
- être courtois, respectueux et tolérant pour calmer les esprits.
- Respecter les panneaux de signalisations et le code de la route.

D'une façon technique, avant de partir, il faut vérifier toutes les parties mécaniques et techniques :

- Contrôlez fréquemment l'état des pneus et leur pression,
- Vérifiez régulièrement les liquides : de frein, de refroidissement, l'huile moteur ...
- Contrôlez l'état des freins,
- Surveillez vos ampoules (phares, feux, clignotants)...
- serrage de la visserie et fissure dans les parties cyclées ; etc....

**N.B :** Il ne faut pas oublier :

- tous les papiers et le permis de conduire de ces engins ;
- Les tenues adaptées : casque, blouson, chaussure de sécurité, gants. Ce qui permet de protéger le corps en cas de chute.

## **CONCLUSION GENERALE**

Ce mémoire nous permet de terminer notre formation de futur enseignant de sciences physiques. Il englobe à la fois plusieurs disciplines : la physique, la chimie, la mécanique et la thermodynamique. Il nous aide en quelque sorte de faire la révision de ces disciplines que nous avons étudiées à l'Ecole Normale Supérieure. Les sciences physiques sont des sciences expérimentales et appliquées dans la vie quotidienne. Cette étude de la motocyclette est donc un des moyens qui démontre la relation étroite entre plusieurs disciplines. Nous pensons qu'elle va une fois de plus encourager les élèves et les étudiants à mieux apprendre ces disciplines qui sont étroitement liées à la vie courante et les motiver à être plus assidus dans les études.

Ce mémoire est rédigé de manière assez simple pour qu'il soit lisible et compréhensible à des lecteurs de niveau différent de formation. Ainsi, il apporte aussi une contribution modeste mais non négligeable dans la réduction de la pauvreté. En effet, ce travail enthousiasme les gens à bien exploiter la motocyclette comme meilleur moyen de transport et à mieux gérer le budget familial en bien entretenant cet engin sans grosse dépense. Il avance des conseils pratiques à propos de la maintenance de ce moyen de transport pour diminuer tant que possible les dépenses affilées à son dépannage.

## BIBLIOGRAPHIE

1. V.STARJINSKI, *Mécanique rationnelle des Ecoles Techniques Supérieures*, collection VLADIMIR KOTLIAR, Moscou, 1980, 495 pages.
2. Agati, N. Mattera, *Mécanique 1<sup>ère</sup> F*, collection Durand, Paris, 1983, 243 pages.
3. BASQUIN R. *Mécanique, première partie : Cinématique-statique-dynamique*, Librairie Delagrave, Paris-N°4731,1977, 511p.
4. DESARCES H. *Encyclopédie pratique de mécanique et d'électricité*, Librairie Aristide Quillet 278, Boulevard Saint-Germain, 278 PARIS (VII<sup>e</sup>), Tome I
5. V. KIRILLIN, V. SYTCHEV, A. SHEINDLIN : Thermodynamique technique, Deuxième édition. Editions Mir 1981. 592 pages.

## WEBOGRAPHIE

1. [http://www.kh.refer.org/cours\\_en\\_lignes/Cours\\_Moteur/Page/](http://www.kh.refer.org/cours_en_lignes/Cours_Moteur/Page/)
2. [http://www.mecamotors.com/a\\_mecanique/](http://www.mecamotors.com/a_mecanique/)
3. <http://www.toutsurlamoto.com/lamecaniquemoto.htm>
4. [http://technimob.free.fr/truc\\_astuces.html](http://technimob.free.fr/truc_astuces.html)

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : <i>Un dessin de motocyclette</i> .....	3
Figure 2 : <i>Photo de la plus ancienne moto du monde</i> .....	3
Figure 3 : <i>La machine de Félix Millet</i> .....	4
Figure 4 : <i>La machine de Gottlieb Daimler</i> .....	4
Figure 5 : <i>Deux pockets bikes</i> .....	7
Figure 6 : <i>Comment aborder un virage ?</i> .....	9
Figure 7 : <i>Coupe d'un moteur à 4 temps</i> .....	11
Figure 8 : <i>cycle à 4 temps</i> .....	13
Figure 9 : <i>Caractéristiques d'un moteur</i> .....	14
Figure 10 : <i>Décomposition des forces agissant sur le maneton du vilebrequin</i> .....	15
Figure 11 : <i>Eléments principaux du moteur</i> .....	17
Figure 12 : <i>Coupe d'un moteur 2 temps</i> .....	18
Figure 13 : <i>Moteur 2 temps à compression dans le carter</i> .....	19
Figure 14 : <i>Cycle Beau de Rochs</i> .....	20
Figure 15 : <i>Diagramme réel avant réglage</i> .....	21
Figure 16 : <i>Diagramme réel après réglage</i> .....	23
Figure 17 : <i>Cycle théorique du moteur</i> .....	24
Figure 18 : <i>Cycle pratique du moteur 2 Temps</i> .....	25
Figure 19 : <i>Bloc-culasse</i> .....	27
Figure 20 : <i>Segmentation du moteur</i> .....	28
Figure 21 : <i>Eléments de la bielle</i> .....	29
Figure 22 : <i>Mouvements du moteur autour de son centre de gravité engendrés par les vilebrequins</i> .....	31
Figure 23 : <i>Epure circulaire de distribution</i> .....	33
Figure 24 : <i>Carburation par carburateur</i> .....	36
Figure 25 : <i>Carburation par injection</i> .....	36
Figure 26 : <i>Système d'alimentation d'un moteur</i> .....	38
Figure 27 : <i>Circuits internes du carburateur</i> .....	39
Figure 28 : <i>Circuit de ralenti</i> .....	39
Figure 29 : <i>Phase d'allumage</i> .....	42

Figure 29 : <i>Phase d'induction</i> .....	42
Figure 31 : <i>Cadre (rouge) : Suzuki 600 Bandit</i> .....	44
Figure 32 : <i>Descriptif d'une cadre moto (Cadre Tubulaire: Honda Big One)</i> .....	45
Figure 33 : <i>Cadre simple berceau</i> .....	46
Figure 34 : <i>Cadre ouvert</i> .....	47
Figure 35 : <i>La fourche (suspension avant)</i> .....	48
Figure 36 : <i>Ressorts de fourche</i> .....	49
Figure 37 : <i>La fourche à cartouche (HONDA 900 CBR 98)</i> .....	51
Figure 38 : <i>La Suspension</i> .....	53
Figure 39 : <i>Amortisseur</i> .....	53
Figure 40 : <i>Le bras oscillant</i> .....	54
Figure 41 : <i>Amortisseur hydraulique</i> .....	55
Figure 42 : <i>Amortisseur en détente</i> .....	56
Figure 43 : <i>Amortisseur en compression</i> .....	56
Figure 44 : <i>Amortisseur central</i> .....	57
Figure 45 : <i>Amortisseur type DE CARBON avec bonbonne séparée</i> .....	58
Figure 46 : <i>Amortisseur type DE CARBON avec bonbonne accolée</i> .....	58
Figure 47 : <i>Bras oscillant</i> .....	58
Figure 48 : <i>Bras classique en U</i> .....	59
Figure 49 : <i>Oscillation</i> .....	59
Figure 50 : <i>Le mono-bras oscillant</i> .....	60
Figure 51 : <i>Mono bras oscillant de la Ducat 1098</i> .....	60
Figure 52 : <i>Montage et positionnement du bras oscillant dans le cadre</i> .....	60
Figure 53 : <i>Types de freins</i> .....	62
Figure 54 : <i>Frein à tambour</i> .....	62
Figure 55 : <i>Action de la came lors du freinage</i> .....	63
Figure 56 : <i>Schémas du frein à disque</i> .....	64
Figure 57 : <i>Frein à disque</i> .....	64
Figure 58 : <i>Roue en coupe</i> .....	66
Figure 59 : <i>Types de pneus</i> .....	67
Figure 60 : <i>Chaîne cinématique de la transmission</i> .....	71

Figure 61 : <i>Transmission primaire</i> .....	71
Figure 62 : <i>Pignons liées par une courroie</i> .....	73
Figure 63 : <i>Eléments de l'embrayage</i> .....	73
Figure 64 : <i>Boîte de vitesse</i> .....	75
Figure 65 : <i>Transmission finale</i> .....	75
Figure 66 : <i>Les bases de l'entretien</i> .....	80
Figure 67 : <i>Soins de la chaîne</i> .....	81
Figure 68 : <i>Surveillance des plaquettes de frein</i> .....	82
Figure 69 : <i>Surveillance de la batterie</i> .....	82
Figure 70 : <i>Inspection des bougies</i> .....	83
Figure 71 : <i>Nettoyage ou remplacement de filtre à air</i> .....	84

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : <i>Risque par rapport à la voiture d'être tué ou blessé grave en ville</i> .....	86
----------------------------------------------------------------------------------------------	----

## TABLES DES MATIERES

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I :GENERALITES SUR LA MOTOCYCLETTE.....</b>	<b>2</b>
I.1.    HISTORIQUE.....	2
I.1.1.  L'origine de la moto.....	2
I.1.2.  Définition .....	2
I.1.3.  Histoire de la moto.....	3
I.1.3.1.  La moto le plus ancienne du monde .....	3
I.1.3.2.  Une paternité controversée .....	4
I.1.3.3.  Popularisation .....	5
I.2.    LE CLASSEMENT D'UNE MOTO .....	6
I.2.1.  Types communs .....	6
I.2.2.  Types marginaux.....	7
I.3.    LES ELEMENTS D'UNE MOTO.....	8
<b>CHAPITRE II : L'ETUDE ET LE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR.....</b>	<b>10</b>
II.1. GENERALITES SUR LE MOTEUR .....	10
II.1.1. Introduction .....	10
II.1.2. Le rôle du moteur .....	10
II.1.3. Types du moteur.....	10
II.1.3.1. Le moteur à 4 temps .....	10
II.1.3.2. Le moteur à 2 temps .....	10
II.1.4. Principe de fonctionnement.....	10
II.2. ETUDE ET ANALYSE DYNAMIQUE SUR LE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR .....	11
II.2.1. Le moteur à 4 temps .....	11
II.2.2. Définition du cycle à 4 temps.....	12
II.2.3. Déroulement du cycle.....	13
II.3. CARACTERISTIQUES D'UN MOTEUR .....	14
II.3.1. L'alésage .....	14
II.3.2. La course .....	14
II.3.3. La cylindrée.....	14
II.3.4. La cylindrée totale (Vt) .....	14

II.3.5. Le rapport volumétrique .....	15
II.3.6. Le couple moteur : .....	15
II.3.7. Le moment du couple moteur.....	15
II.3.8. Le travail développé (W).....	16
II.3.9. La puissance de moteur : .....	16
II.4. ANALYSE FONCTIONNELLE.....	15
II.5. LE MOTEUR 2 TEMPS .....	18
II.5.1.    Description du moteur 2 temps .....	18
II.5.2.    Fonctionnement.....	18
II.6. ETUDE THERMODYNAMIQUE SUR LE MOTEUR .....	19
II.6.1.    Généralités.....	19
II.6.2.    Diagramme théorique .....	19
II.6.3.    Diagramme réel .....	21
II.6.3.1. Diagramme réel avant réglage (Cycle OTTO) .....	21
II.6.3.2. Diagramme réel après réglage .....	22
II.6.4.    Cycle à 2 temps .....	23
II.6.4.1. Cycle théorique.....	23
II.6.4.2. Cycle pratique.....	24
II.6.5.    Avantages et inconvénients du moteur à 2 temps .....	25
II.6.5.1. Avantages .....	25
II.6.5.2. Inconvénients .....	25
II.7. SYSTEME ENCEINTE.....	26
II.7.1.    Ensemble bloc-cylindres culasse.....	26
II.7.1.1. Condition à remplir.....	26
II.7.1.2. Culasse .....	26
II.7.1.3. Carters de protection.....	27
II.7.1.4. Collecteurs .....	27
II.7.2.    Eléments mobiles du moteur .....	27
II.7.2.1. Piston .....	27
II.7.2.2. Segments de piston .....	28
II.7.2.2.1. Le segment de feu (1er segment d'étanchéité) .....	28
II.7.2.2.2. Le segment intermédiaire (2ème segment d'étanchéité) .....	28
II.7.2.2.3. Le segment racleur.....	29

II.8. SYSTEME BIELLE-MANIVELLE .....	29
II.8.1. Bielle .....	29
II.8.1.1. Description de la bielle .....	29
II.8.1.2. Coussinets de tête .....	30
II.8.2. Vilebrequin.....	30
II.8.3. Equilibrage d'un moteur .....	30
II.8.3.1. Equilibrage des efforts et inerties .....	31
II.8.3.2. Positionnement angulaire des manetons.....	31
 II.9. SYSTEME DE DISTRIBUTION .....	32
II.9.1. Généralités.....	32
II.9.1.1. Définition de la distribution.....	32
II.9.1.2. Réalisation de l'épure de distribution.....	32
II.9.2. Jeu des soupapes.....	34
II.10. SYSTEME DE LUBRIFICATION.....	34
II.10.1. Rôle de système de lubrification .....	34
II.10.2. Lubrifiants .....	34
II.11. SYSTEME DE REFROIDISSEMENT .....	35
II.11.1. Rôle du refroidissement.....	35
II.11.2. Avantage des températures élevées.....	35
II.12. SYSTEME D'ALIMENTATION .....	36
II.12.1. Généralités.....	36
II.12.2. Système à carburateur .....	36
II.12.2.1. La carburation.....	36
II.12.2.1.1. Dosage.....	37
II.12.2.1.2. Vaporisation .....	37
II.12.2.1.3. Homogénéité .....	37
II.12.2.2. Alimentation en air .....	37
II.12.2.3. Alimentation en carburant .....	38
II.12.2.3.1. Circuit complet.....	38
II.12.2.3.2. Carburateurs .....	38
II.12.3. Les dispositifs antipollution .....	40
II.12.4. Système d'injection.....	41

II.12.4.1. Principe de fonctionnement .....	41
II.12.4.2. Avantages du système d'injection .....	41
II.13. SYSTEME D'ALLUMAGE.....	42
II.13.1. Fonction de l'allumage .....	42
II.13.1.1. Création de l'arc électrique .....	42
II.13.1.2. Principe de fonctionnement .....	42
II.13.1.3. Différents types d'allumage .....	43
<b>CHAPITRE III : LA PARTIE CYCLE ET SES COMPOSANTS .....</b>	<b>44</b>
III.1. INTRODUCTION .....	44
III.2. PARTIE CYCLE.....	44
III.2.1. Le cadre .....	44
III.2.1.1. Introduction .....	44
III.2.1.2. Définition .....	44
III.2.1.3. Rôle .....	44
III.2.1.4. Descriptif sommaire du cadre .....	45
III.2.1.5. Les cotés caractéristiques .....	45
III.2.1.5.1. Empattement .....	45
III.2.1.5.2. Angle de chasse .....	45
III.2.1.5.3. Chasse .....	45
III.2.1.5.4. Deport .....	46
III.2.1.5.5. Centre de gravité.....	46
III.2.1.6. Architecture des cadres .....	46
III.2.1.6.1. Le cadre simple berceau .....	46
III.2.1.6.2. Le cadre double berceau .....	46
III.2.1.6.3. Le cadre poutre .....	46
III.2.1.6.4. Le cadre ouvert .....	47
III.2.1.6.5. Le cadre coque .....	47
III.2.1.6.6. Le cadre treillis .....	47
III.2.1.6.7. Le cadre périimétrique .....	47
III.2.2. La fourche .....	48
III.2.2.1. Introduction .....	48
III.2.2.2. Rôle de la fourche (suspension avant).....	49

III.2.2.3. Fonctionnement de la fourche .....	49
III.2.2.3.1. La suspension effectuée par le ressort .....	49
III.2.2.3.2. L'amortissement effectué par l'huile .....	50
III.2.2.4. Types de fourche .....	50
III.2.3. La suspension.....	53
III.2.4. Bras oscillant.....	58
III.2.5. Le freinage .....	61
III.2.6. La roue .....	65
III.2.7. Le pneumatique.....	67
III.2.8. Le carénage .....	69
 <b>CHAPITRE IV : TRANSMISSION DE PUISSANCE SUR LE MOTO .....</b>	<b>71</b>
IV.1. INTRODUCTION .....	71
IV.2. LES ORGANES DE TRANSMISSION .....	71
IV.2.1. La chaîne cinématique .....	71
IV.2.1.1. La transmission primaire.....	71
IV.2.1.2. Son rôle .....	72
IV.2.1.3. La transmission primaire par le pignon.....	72
IV.2.1.4. La transmission par chaîne.....	72
IV.2.1.5. La transmission mixte .....	72
IV.2.1.6. La transmission par courroie.....	73
IV.2.2. L'embrayage.....	73
IV.2.2.1. Son rôle .....	73
IV.2.2.2. Embrayage mono disque .....	74
IV.2.2.3. Embrayage multidisque.....	74
IV.2.2.4. Le plateau de pression .....	74
IV.2.2.5. Le mouvement du plateau .....	75
IV.2.2.6. Les matériaux de friction .....	75
IV.2.3. La boîte de vitesse.....	75
IV.2.4. La transmission finale .....	75
IV.2.4.1. Son rôle .....	75
IV.2.4.2. Les composantes de transmission finale .....	76

IV.3. LE SYSTEME DE TRANSMISSION .....	76
IV.4. NATURE DU MOUVEMENT DE LA TRANSMISSION.....	76
IV.5. LOI DE TRANSMISSION DES VITESSES .....	77
IV.6. COUPLES D'ENTREE ET DE SORTIE DANS LA TRANSMISSION.....	77
IV.7. PERFORMANCES D'UNE TRANSMISSION .....	78
IV.7.1. Rapport d'une transmission de mouvement de rotation.....	78
IV.7.2. Rendement de la transmission .....	79
<b>CHAPITRE V :. MAINTENANCE ET CONTRIBUTION DANS LA VIE SOCIALE ET DANS L'ENVIRONNEMENT.....</b>	<b>80</b>
V.1. MODE DE MAINTENANCE D'UNE MOTO .....	80
V.1.1. Soins de la chaîne.....	81
V.1.2. Vidange et remplacement du filtre à huile .....	81
V.1.3. Surveillance des plaquettes de frein.....	82
V.1.4. N'oubliez pas la batterie .....	82
V.1.5. Inspection et remplacement des bougies.....	83
V.1.6. Nettoyage ou remplacement de filtre à air .....	83
V.2. CONSEILS POUR L 'ECONOMIE D'ESSENCE .....	84
V.2.1. Carburation.....	84
V.2.2. Allumage.....	85
V.2.3. Autres facteurs .....	85
V.2.4. Autres conseils pour économiser l'essence .....	85
V.3. CONTRIBUTION DANS LA VIE SOCIALE ET DANS L'ENVIRONNEMENT .....	85
V.3.1. La moto et l'urbanisme .....	85
V.3.2. Mode de transport rapide et plus pratique dans la zone urbaine .....	86
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>90</b>
<b>WEBOGRAPHIE.....</b>	<b>90</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>I</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>III</b>