

Fonctionnement du moteur 2 Temps

Ceci est la première partie du tutoriel sur le moteur 2 Temps. Mes sources sont les livres traitant des sujets, quelques documentations trouvées sur la toile, et mes connaissances personnelles.

Je vais vous expliquer le plus simplement et le plus brièvement possible comment fonctionne un moteur 2 Temps. Je vais également m'aventurer à vous décrire les différentes phases de fonctionnement de ce moteur si simple et si complexe à la fois.

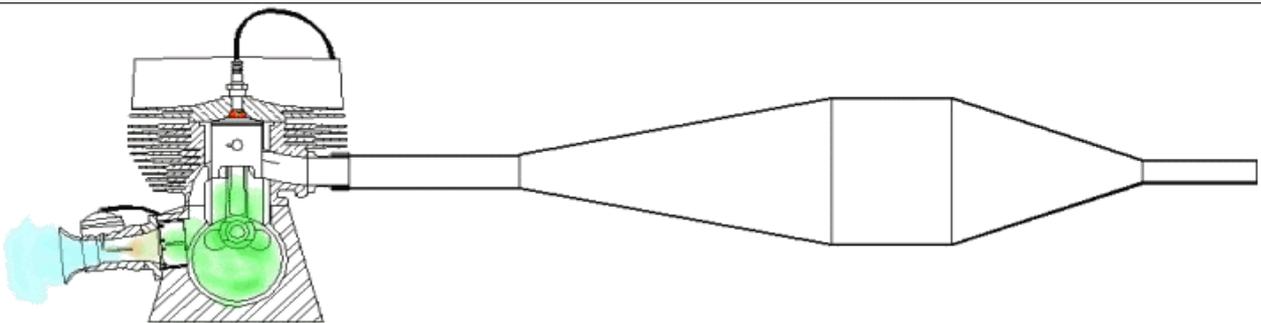
En espérant fournir les meilleures explications possibles, je vous souhaite une bonne lecture

Principe de fonctionnement :

Un piston relié au vilebrequin par l'intermédiaire d'une bielle se déplace dans un cylindre. Dans son mouvement il accomplit alternativement 2 opérations. Dans sa course montante le piston comprime le mélange et le prépare à l'allumage. En même temps, il crée une dépression dans le carter qui permet d'aspirer un nouveau mélange frais par le carburateur. Après l'allumage et dans la course descendante le piston transforme la pression sur sa surface en travail utile. Simultanément il découvre la lumière d'échappement par laquelle s'échappent les gaz brûlés et il comprime le mélange contenu dans le carter. Ce mélange ainsi comprimé passe par les transferts et se retrouve dans le cylindre où il effectue un travail de balayage. Ce travail consiste à chasser les derniers résidus de la combustion précédente et à remplir la chambre de mélange frais. Puis le piston remonte, les lumières se ferment, le mélange se comprime et le cycle recommence.

L'ensemble de ces opérations s'effectue durant l'espace d'une montée et d'une descente de piston d'où la dénomination de moteur 2 temps. Jusqu'ici les choses sont relativement simples. C'est lorsque l'on cherche à améliorer ce système que les problèmes commencent. Car plus le nombre de pièces sollicité et les nombres de phases est faible et plus les phénomènes qui génèrent le fonctionnement d'un système est complexe.

En théorie le moteur 2 temps devrait fournir à régime de rotation et à cylindrée égales une puissance 2 fois plus importantes que celle des 4 temps. Dans la réalité c'est tout autre chose. Le 2 temps a en effet un rendement thermique, mécanique et volumique inférieur au 4 temps. De plus même si l'on prend en compte sa puissance spécifique très élevée, il faut tenir compte du facteur consommation qui n'est guère en faveur du 2 temps. En fait le principale atout du 2 temps moderne c'est qu'il se comporte comme un moteur turbocompressé. Cet effet de suralimentation est due a une série de phénomène parmi lequel la résonance, qui se produit dans le collecteur (RAMJET), dans le carter et dans l'échappement. Enfin même si le 4 temps est plus coûteux et complexe sa longévité est supérieure.



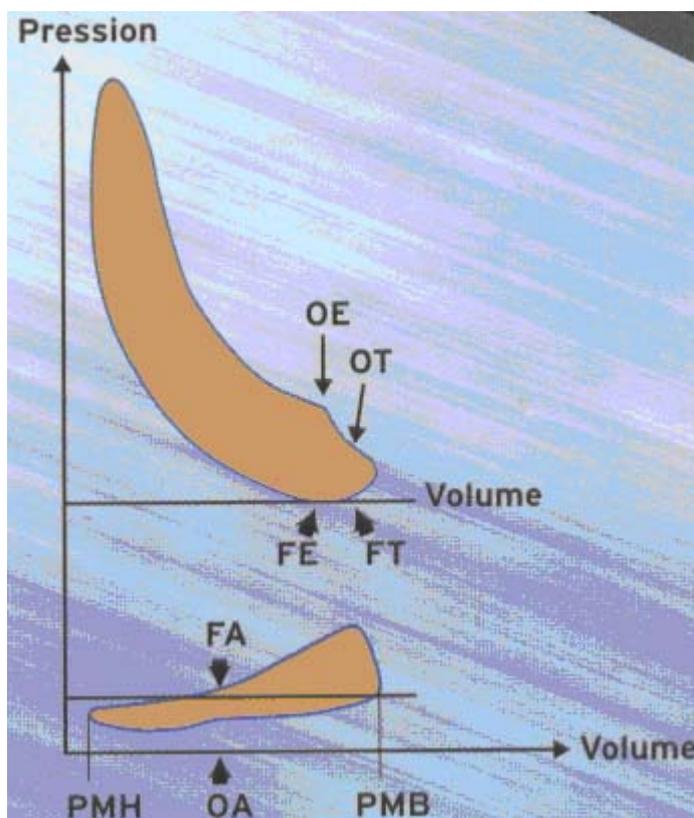
Cycle 2 temps :

C'est en 1859 que Jean Joseph Etienne Lenoir, un ingénieur belge, dépose son brevet d'un moteur 2T. Il devance de quelques années ses homologues Alphonse Eugène Beau (dit Beau de Rochas) et Rudolf Christian Karl Diesel sur la conception du premier moteur à combustion interne.

Initialement le moteur de Lenoir utilisait du gaz de houille comme carburant.

Lenoir est également connu pour avoir déposé le brevet de la bougie d'allumage en 1876.

Ci-dessous le cycle thermodynamique réel Lenoir.



Les phases :

Admission :

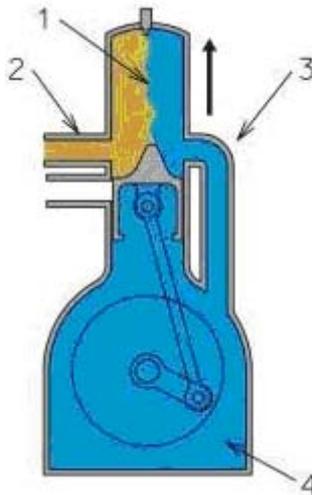
L'air est aspiré dans le carter principalement grâce à la montée du piston et à une série de phénomènes (dont le Ramjet).

Distribution par piston.

Ce type de distribution le plus élémentaire est constitué par le piston et son mouvement. En remontant le piston ouvre le conduit d'admission. L'air entre et se dirige vers le carter. Ce système est simple mais il a quelques inconvénients. En effet ce système permet le refoulement d'une bonne quantité de mélange par le conduit d'admission. Je m'explique.

Lorsque le piston redescend, il comprime les gaz dans le carter. Ces gaz cherchent à en sortir le plus vite possible, or la lumière d'admission n'est pas encore fermée et le meilleur endroit pour s'en aller est le conduit d'admission.

Exemple d'une admission par piston :



- 1 - les gaz frais
- 2 - Le conduit d'échappement
- 3 - Les transferts
- 4 - le carter

Distribution par disque rotatif.

Ce système de distribution, inventé par Léon Cordonnier vers 1901, est composé d'un disque, monté sur le vilebrequin et sur lequel est faite une lumière, qui ferme et ouvre le conduit d'admission à chaque tour. Grâce à ce système on peut faire varier la phase d'admission et ainsi éviter le refoulement lors de la pré-compression dans le carter. On obtenait une plage d'admission plus étendue ce qui favorisé la puissance a haut régime sans trop pénaliser les bas régimes. Toutefois ce système n'était pas encore ce qu'il fallait aux motards.

Distribution par clapets.

C'est YAMAHA qui réinvente cette technique en 1972 sous la dénomination INDUCTION TORQUE.

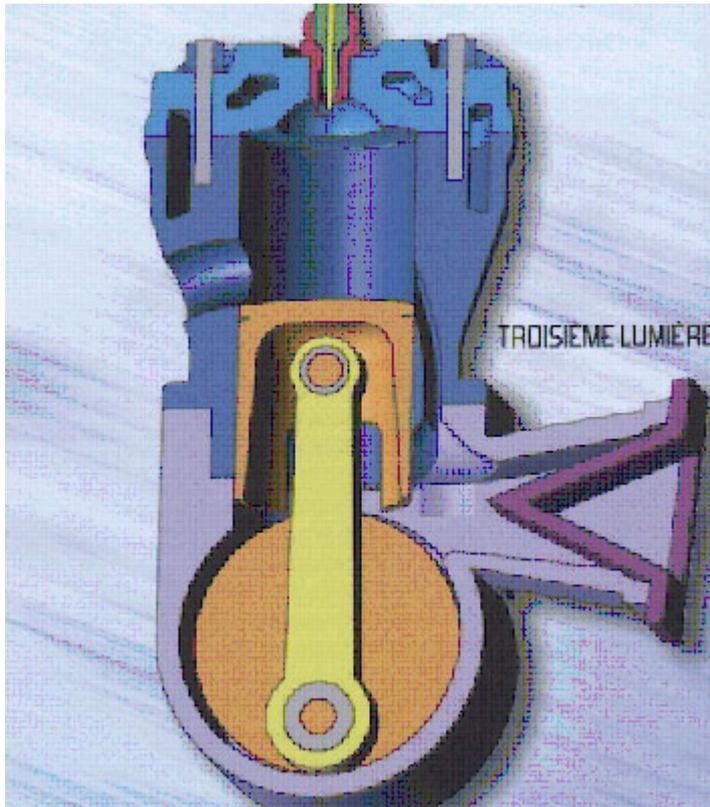
Lors de la remonté du piston, il se développe une dépression dans le carter. Cette dépression va décoller les lamelles de la boîte à clapets et ainsi les gaz frais vont pouvoir se loger dans le carter. Lors de la redescende du piston, ce dernier va comprimer les gaz dans le carter mais ils vont appliquer une pression sur les lamelles des clapets qui vont se fermer et empêcher les gaz frais de ressortir par le conduit d'admission. En pratique le décollement des clapets ne se fait pas seulement grâce à la dépression du carter mais aussi grâce à 2 autres phénomènes, la résonance (cf nota) et le RAMJET (espèce de coup de bélier bien connu des plombiers) qui est en fait le va-et-viens de la veine gazeuse dans le conduit d'admission.

Ce système améliore la puissance à tous les régimes.

Nota : Les ingénieurs de chez Yamaha découvrent alors que la seule façon d'ouvrir les clapets plus tôt était de tirer profit des ondes de résonance, des ondes qui arrivent dans le bas moteur via le cylindre lorsque les lumières d'échappement, de transferts, et d'admission sont ouvertes en même temps. Les japonais pratiquèrent alors un autre transfert au-dessus de la boîte à clapet, face à l'échappement.

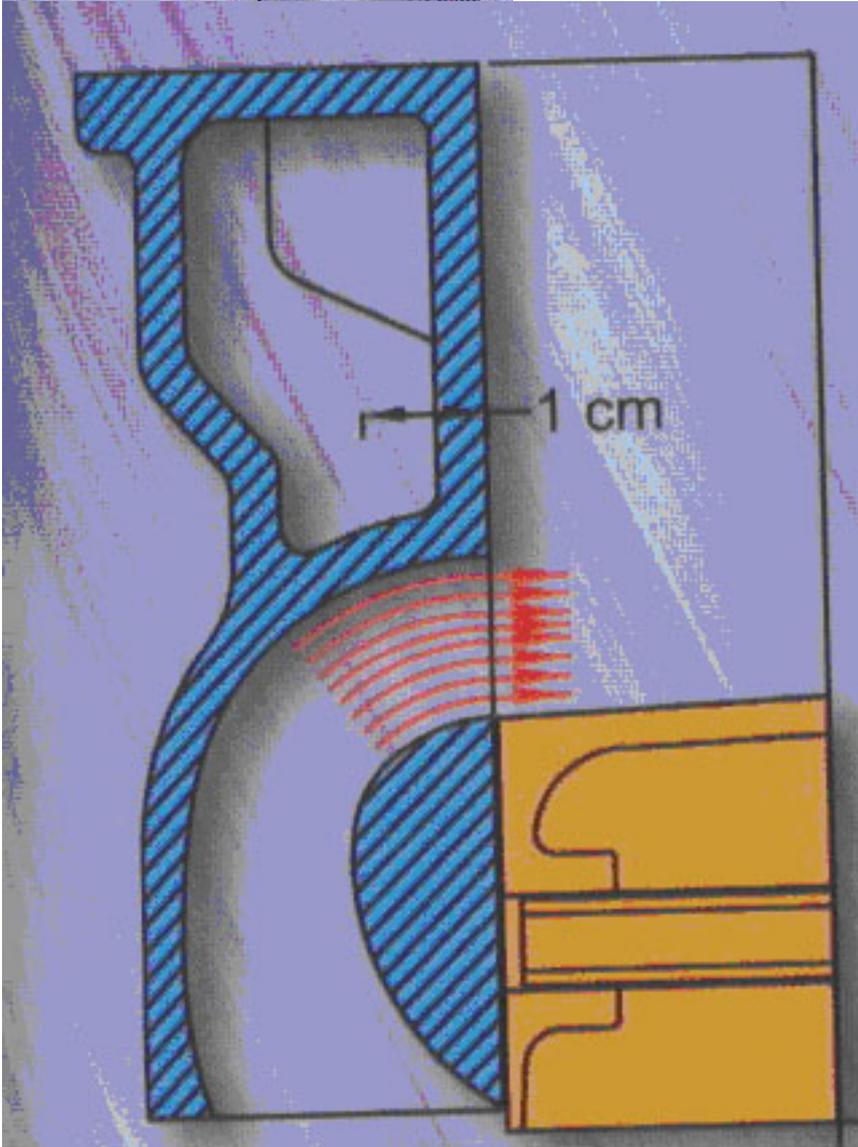
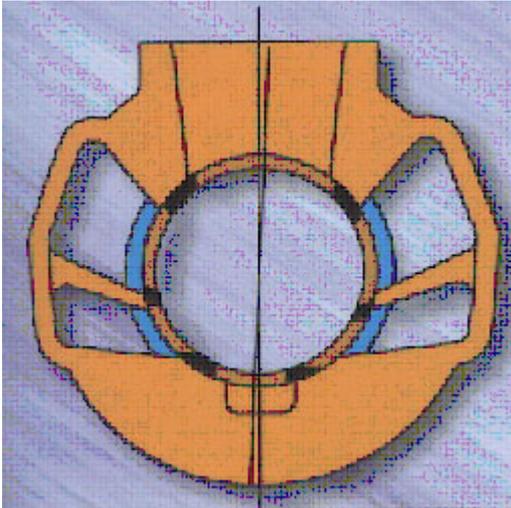
Exemple d'admission par clapet à droite et une boîte à clapets (avec les clapets) à gauche :





Transfert :

C'est le moment où les gaz contenus dans le carter et comprimés par le piston remontent dans le cylindre via les lumières de transfert. Le système d'échappement y fait aussi pour beaucoup. En effet les systèmes d'échappement moderne sont tellement performants qu'ils aspirent les gaz brûlés et créent une dépression dans le cylindre lors de la phase d'échappement. Les gaz contenus dans le carter sont attirés par cette dépression. En pratique la phase de transfert ne se termine pas quand le piston commence à remonter mais lorsque celui-ci ferme les lumières de transfert, à cause de l'inertie des gaz.



Compression :

Elle commence à partir du moment où toutes les lumières sont fermées. Le piston monte et les gaz se trouvant dans un endroit clos vont se comprimer et monter en température.

En pratique la compression commence lorsque les lumières de transfert ne sont pas encore fermées. En effet, nous savons qu'une veine gazeuse en mouvement a une certaine inertie (énergie cinétique), lorsque la pression dans le cylindre va commencer à monter (lors de la remontée du piston) les gaz auront une telle inertie qu'ils vont continuer à monter vers le cylindre, mais au moment où ils vont « comprendre » que la pression est trop forte dans le cylindre et qu'ils vont vouloir redescendre, les lumières des transferts vont se fermer. De plus la contre onde qui revient du pot de détente pour ramener les gaz frais qui s'étaient « égarés » dans le pot va elle aussi aider à comprimer les gaz frais.

Combustion détente :

La bougie allume le mélange contenu dans la chambre de combustion peut avant le PMH (Point Mort Haut). La combustion se poursuit lors de la redescende du piston. Cette phase doit être contrôlée et doit être progressive, car c'est elle qui va fournir de l'énergie au piston. Si la combustion est trop rapide, toute l'énergie ne sera pas récupérée par le piston. Et si elle se déroule trop lentement, elle risque de se terminer dans l'échappement et on obtient le même bilan.

La pression et la température en fin de compression influe sur la vitesse de combustion mais aussi l'avance à l'allumage (trop d'avance peut amener à une détonation), les caractéristiques chimique du carburant, et l'homogénéité du mélange (c'est-à-dire la bonne pulvérisation et le bon brassage de l'essence),

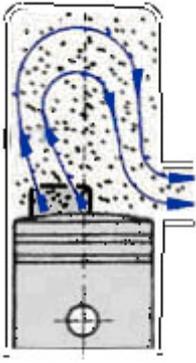
Échappement :

Cette phase commence pile à l'ouverture de la lumière d'échappement. C'est la plus longue des phases et elle se déroule en même temps que celle de transfert. Sa durée influe largement sur les caractéristiques du moteur (puissance, couple et régime de fonctionnement). Une durée faible donnera lieu à un moteur coupleux, souple et utilisable à bas régime due fait de la bonne détente des gaz brûlés avant leur évacuation. Une durée courte augmentera le rendement à haut régime et permettra des régimes max plus élevée ainsi que de plus fortes puissance. C'est pour cela que l'on retrouve beaucoup de système à l'échappement sur les moteurs modernes comme les valves d'échappement qui modifient cette ouverture en fonction du régime ou, d'une chambre de résonance qui fait varier la fréquence de résonance dans le pot de détente (ce qui revient à simuler une variation de longueur du pot de détente).

Balayage :

Au moment où le piston redescend et que les gaz frais remonte dans le cylindre, ces derniers pousse le reste des gaz brûlés non évacués par l'échappement. En fonction de la disposition des lumières d'admission et de l'allure des courants de balayage dans le cylindre, on peut en distinguer quatre types.

Exemple de balayage, le balayage tangentiel (utilisé sur les DTMX) :



Le balayage à courant transversal :



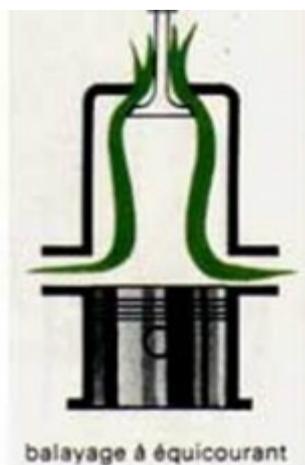
Retenu pendant plus de trente ans sur la quasi-totalité des moteurs, il est caractérisé par la position de la lumière d'admission, en face de celle d'échappement. Le piston possède un déflecteur qui, durant le transfert, dévie les gaz frais vers le haut du cylindre. Le poids élevé du piston, la forme peu pratique de la chambre de combustion et le caractère incertain de la trajectoire suivie par les gaz frais ont fait abandonner ce système.

Le balayage inversé :



Peu connu, utilisé presque exclusivement par la firme allemande M.A.N. dans ses gros moteurs Diesel, il est caractérisé par la disposition des lumières de transfert et d'échappement : les unes au-dessus des autres. Le courant de balayage passe sur la tête du piston, puis remonte vers la culasse. Dans certains cas, les lumières sont disposées sur toute la circonférence du cylindre ; le courant suit alors une trajectoire ascendante dans l'axe même du cylindre et redescend par les parois vers les lumières d'échappement.

Le balayage à équicourant :



C'est théoriquement la méthode la plus correcte, car elle évite les inversions de flux dans le cylindre. Ce balayage est utilisé en particulier dans les diesels de grande puissance, équipés de soupapes en tête et de pompe de balayage extérieure. Pour les petits moteurs à carter- pompe, cette solution suppose le dédoublement du cylindre, adopté dès les années vingt sur les motocyclettes Garelli et repris ensuite par Puch, D-K-W-, T.W.N., et d'autres marques, sous des formes différentes. Ces moteurs possédaient deux cylindres à chambre de combustion commune.

Un piston découvrait l'admission et l'autre l'échappement. Dans toutes ces réalisations, un léger décalage entre les mouvements des pistons permettait de donner une certaine avance à

l'ouverture et à la fermeture de l'échappement.

Le balayage à équicourant fut abondamment utilisé dans les années précédant la Seconde Guerre mondiale. Plus tard, les progrès du balayage tangentiel, plus économique et plus adapté aux régimes élevés des moteurs modernes, firent abandonner cette solution.

Pourtant, le balayage à équicourant avait l'avantage de permettre des puissances spécifiques élevées et des consommations exceptionnellement réduites pour un deux-temps.

Mentionnons le premier moteur d'avion Junkers réalisé après la Première Guerre mondiale : le Jumo 205, qui avait une consommation spécifique inférieure à 180g/ ch par heure.

Le balayage tangentiel :



Expérimenté par l'Allemand Schnürle en 1931, il se caractérise par le dédoublement du canal de transfert. Les deux courants de gaz se rencontrent le long de la paroi opposée à l'échappement et remontent ensuite vers la culasse. Ce système permet d'utiliser des pistons plats et il assure un meilleur balayage. Les gaz frais étant au contact des parois, on évite ainsi tout mélange avec les gaz brûlés.

Le balayage tangentiel s'est imposé sans doute parce qu'il était en mesure de conserver la simplicité caractéristique du deux-temps. Le balayage s'effectue grâce à la différence de pression entre le carter-pompe et le cylindre à l'ouverture de la lumière de transfert.

Lorsque le régime s'accroît, la durée de l'admission se réduit. Pour avoir un remplissage correct, il convient alors d'augmenter la différence de pression, ce qui ne s'obtient pas facilement. La solution consiste à réaliser une avance à l'ouverture des lumières d'échappement (pour abaisser la pression dans le cylindre au moment du transfert) et un retard à la fermeture de l'admission dans le cylindre.

Ne pouvant trop élargir les orifices à cause des risques d'accrochage des segments sur les bords de ceux-ci, on prévoit plusieurs lumières.

Avantages majeurs du moteur 2T :

- bon rapport poids/puissance

- Graissage du moteur dans toutes les positions
- Faible encombrement
- Faible inertie

Inconvénients majeurs :

- Faible longévité
- Mauvais graissage du moteur

Mots techniques :

- Diagramme de distribution :

Sur un moteur deux temps, les diagrammes sont les angles de rotation du vilebrequin pendant lesquels s'effectuent les phases moteur. Les diagrammes s'expriment en degrés.

C'est aussi une manière d'exprimer la hauteur des lumières en degrés de rotation du vilebrequin

Les phases moteur sont à dissocier des temps moteurs. Sur un moteur deux temps, cinq phases majeures vont se dérouler.

La mesure des diagrammes s'effectue au moyen d'un disque gradué qui se place sur le vilebrequin.

Par exemple, si les diagrammes d'admission sont de 130° cela veut dire que les transferts d'admission sont ouverts pendant 130° ; le vilebrequin ouvrira les transferts pendant un angle de 130° et idem pour la combustion, l'échappement et la compression.

Dossier technique version 0.9.10.13