

# Principe et fonctionnement du moteur à piston rotatif :

## l'exemple du moteur Comotor Type 624

Le moteur rotatif Wankel (ici le moteur de la GS birotor) fonctionne selon le cycle à 4 temps.

Ces 4 schémas en montrent les différentes phases.

Le mélange air-essence (jaune) pénètre par le conduit d'aspiration (figures 1, 2, 3 et 4), c'est le 1er temps.

Le rotor obture l'orifice d'aspiration et amorce la compression des gaz carburés (orange), (figures 1 et 2), c'est le deuxième temps.

L'étincelle produite par la bougie provoque l'explosion du mélange air-essence au moment où la compression est maximum (rouge), (figure 3).

La détente (rouge), (figures 4 et 1) provoque la rotation du rotor et fournit l'énergie motrice grâce aux forces de pression exercées sur la face du rotor, c'est le 3e temps ou temps moteur.

Le rotor démasque l'orifice d'échappement qui permet aux gaz brûlés de s'évacuer (gris), (figures 2, 3, 4 et 1), c'est le 4e temps.

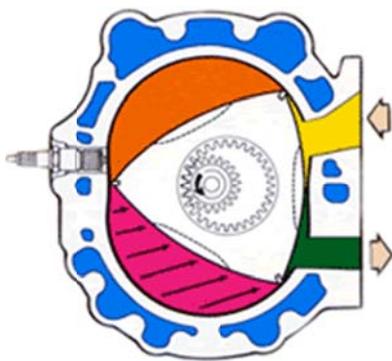


figure 1

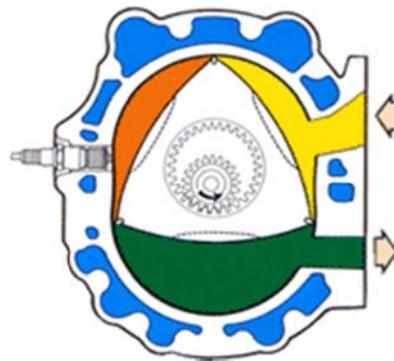


figure 3

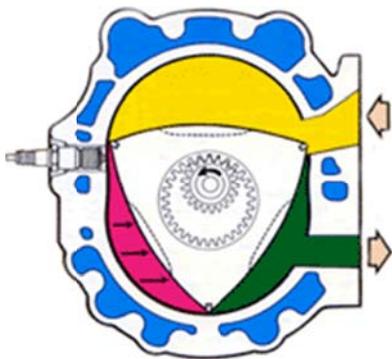


figure 2

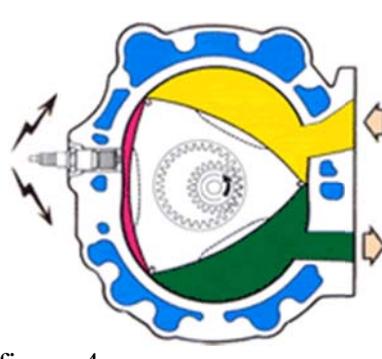
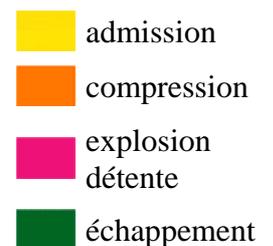


figure 4



## COMMENT IL TOURNE. PRINCIPE :

Le moteur à piston rotatif réalise sous une forme particulière les quatre opérations fondamentales classiques : admission, compression, explosion-détente, échappement.

Un piston rotatif, appelé aussi rotor, ayant la forme d'un triangle équilatéral curviligne, déplace ses sommets dans un stator ou trochoïde suivant une courbe spéciale nommée "épiprochoïde" (cf. schéma ci-dessus). Rappelons brièvement quelques notions de géométrie. L'épicycloïde est la courbe engendrée par un point pris sur la circonférence d'un cercle qui roule sans glisser à l'extérieur d'un cercle de base.

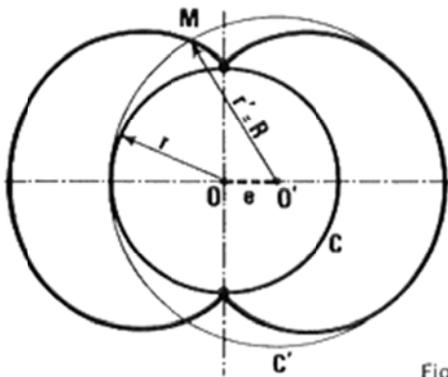


Fig. 1

La courbe décrite par un point M pris sur la circonférence du cercle C' de centre O' et de rayon r' qui roule sans glisser à l'extérieur d'un cercle fixe C de centre O et de rayon r est donc une épicycloïde. La distance  $O'M = r' = R$  est appelée rayon générateur de l'épicycloïde. La distance  $OO' = e = (r' - r)$  est appelée excentricité de l'épicycloïde (fig. 1).

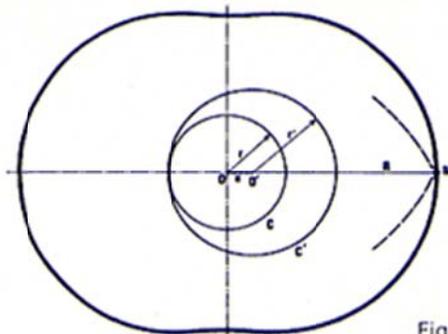


Fig. 2

L'épiprochoïde est une épicycloïde dont le point générateur M a été pris à l'extérieur du cercle C', c'est-à-dire que la distance  $O'M = R =$  rayon générateur est plus grande que le rayon r' du cercle O'. Le profil intérieur du stator du moteur COMOTOR est une parallèle à 2 mm à l'extérieur d'une épiprochoïde dont  $r = (2/3)r'$  avec comme rayon générateur :  $R = 100$  mm, excentricité = 14 mm (fig. 2)

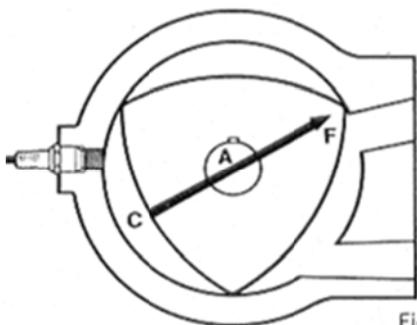


Fig. 3

Pourquoi une épiprochoïde et pas un cercle ? Un tel système (figure 3) ne peut pas marcher pour deux raisons. Il n'y a pas de variations de volume des chambres et, de plus, la transmission du couple ne peut s'effectuer sur l'arbre moteur. En effet, admettons que l'on puisse enflammer un mélange air-essence dans la chambre C. La force résultante de la pression des gaz serait dirigée vers le centre de l'arbre A.

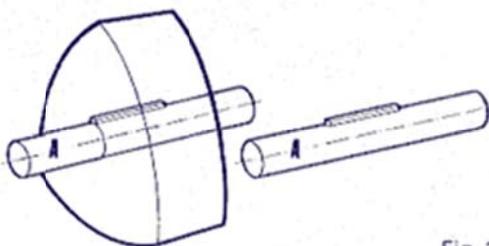


Fig. 3

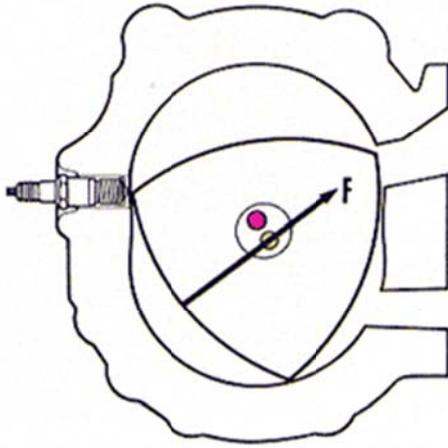


Fig. 4

L'épitréroïde a permis d'obtenir des chambres à volume variable, permettant ainsi d'accomplir le cycle à 4 temps. Pour que le piston puisse se déplacer à l'intérieur de cette courbe, il faut qu'il soit monté sur un arbre excentré (excentricité de l'épitréroïde) permettant de transmettre le couple (fig. 4).

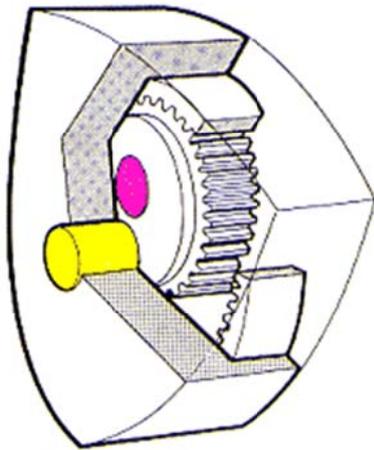


Fig. 5

Maintenant, il faut guider le déplacement du piston dans ses déplacements à l'intérieur de la trochoïde, ce que l'on fait en montant un pignon fixe sur le flasque solidaire de la trochoïde et une couronne dentée fixée sur le piston (fig. 5).

NOTA : Nous avons représenté l'arbre moteur avec un maneton pour faciliter la compréhension du système. En réalité, l'arbre moteur comporte un excentrique, ce qui revient au même dans le principe.

La cinématique de ce moteur fait que, lorsque le piston fait un tour complet, l'arbre moteur fait 3 tours. Exemple : régime moteur = 3 000 tr/mn, régime piston = 1 000 tr/mn.

## RÉGULARITÉ CYCLIQUE

Etant donné que chaque face du rotor travaille, nous aurons pour un tour de rotor (cas d'un monorotor), 3 admissions, 3 compressions, 3 explosions-détentes, 3 échappements. Comme l'arbre moteur tourne 3 fois plus vite, il y a un temps moteur ou explosion-détente par tour d'arbre moteur.

Dans le cas du birotor, il y aura 2 explosions-détentes par tour de vilebrequin, soit 4 explosions-détentes pour 2 tours.

Donc, au point de vue nombre de temps moteur, le birotor peut se comparer à un 4 cylindres 4 temps classique. Du point de vue durée du temps moteur pour un tour de vilebrequin, le monorotor se compare à un trois cylindres 4 temps classique, soit  $270^\circ$  de temps moteur (déplacement piston :  $90^\circ$ ,  $90^\circ \times 3 = 270^\circ$  sur l'arbre).

Donc, du point de vue durée du temps moteur (ce qui caractérise la Souplesse d'un moteur), le birotor peut se comparer à un moteur 6 cylindres 4 temps classique.

# CYLINDREE

La cylindrée unitaire est la différence entre les volumes maximum  $V$  et minimum  $v$  compris entre rotor et trochoïde dans le déplacement du rotor.

Le moteur classique effectue un cycle complet thermodynamique, lorsque l'arbre de sortie a effectué 2 rotations (admission, compression, explosion-détente, échappement).

Le moteur à piston rotatif effectue le même cycle complet thermodynamique lorsque l'arbre de sortie a effectué 3 rotations. Se référant à un même régime d'arbre de sortie, les deux moteurs sont comparables en prenant pour cylindrée équivalente pour le moteur à piston rotatif les deux tiers du produit cylindrée unitaire nombre de chambres  $x$  par nombre de rotors  $n$ .

$$\text{Soit : } \frac{2}{3}(V - v) \times 3 \times n = 2(V - v)n$$

Le rapport volumétrique sera égal à :  $\mu = V/v$



## DESCRIPTION

De gauche à droite : poulie (avec son contrepoids, entraînant la pompe à eau, la pompe à air et l'alternateur), flasque avant, trochoïde, rotor, arbre moteur, flasque intermédiaire, rotor, trochoïde, flasque arrière, contrepoids.

## ETANCHEITE



1. Segment de flanc
2. Pression d'ajustement
3. Segment joint entre excentrique et carter latéral
4. Segment joint entre excentrique et rotor

Fig. 6

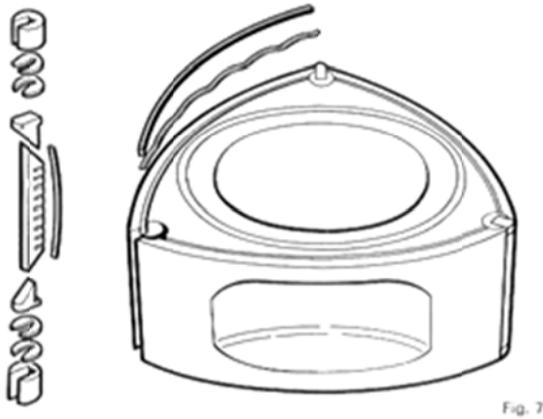
L'étanchéité du piston rotatif comprend trois zones distinctes, pourvues chacune de dispositifs appropriés.

Sur les côtés du piston, un segment joint fait étanchéité entre l'excentrique et le flasque, un autre segment joint fait étanchéité entre excentrique et rotor (fig. 6).

Sur les côtés du piston, à faible distance des bords curvilignes, sont encastrés des segments de flanc (fig. 7) destinés à retenir les gaz et empêcher leur pénétration vers le centre.

Ces segments sont appuyés contre les parois latérales par des bandes d'acier ondulées situées au fond des gorges du piston.

Contrairement aux moteurs à pistons classiques où les segments d'étanchéité et les segments racleurs sont très proches les uns des autres et où les mouvements alternatifs des pistons favorisent le passage parasite des gaz de combustion le long des parois des cylindres, les systèmes d'étanchéité aux gaz et à l'huile sont nettement séparés dans le moteur à piston rotatif. Il en résulte un espace " entre segments " dans lequel on peut maintenir à l'aide d'un canal reniflard avec soupape, une légère pression (200 millibars) des gaz qui ont pu franchir les segments de flanc. Ainsi, cet espace oppose une résistance à l'éventuel passage de résidus volatils de combustion vers l'huile, et vice versa. De plus, elle plaque les segments joints sur les bords de leur gorge pour assurer l'étanchéité.

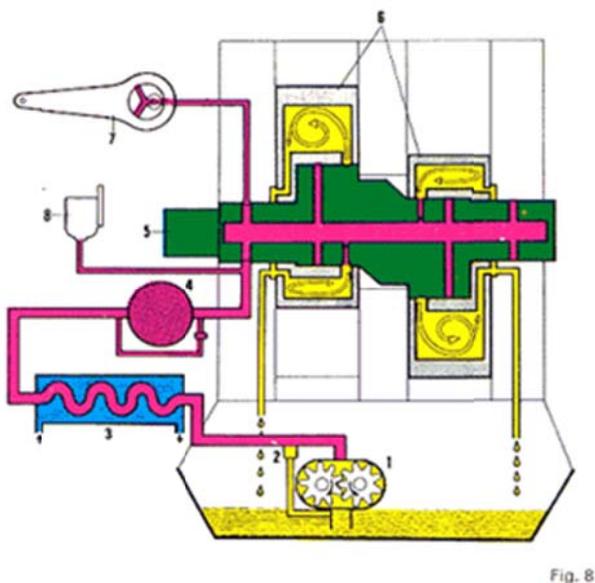


Chaque sommet du piston est muni d'un segment d'arête (fig. 7) pour éviter le passage des gaz d'une chambre à l'autre. Ce segment d'arête comprend trois parties. Il est constitué par une barrette transversale logée dans une gorge et poussée vers l'extérieur par une lamelle d'acier légèrement incurvée. Elle assure un contact permanent de la barrette contre la piste de la trochoïde, au démarrage son rôle est essentiel.

Les deux parties extrêmes du segment d'arête : les segments d'angle, sont en partie logés dans des barillettes maintenus en contact sur le flasque par de petits ressorts. Ces barillettes assurent l'étanchéité entre segments de flanc et segments d'angle (fig. 7).

Dès que le moteur prend du régime, la force centrifuge et les gaz de combustion viennent renforcer l'action de la lamelle d'acier en poussant les segments d'arête contre la piste de la trochoïde.

## GRAISSAGE



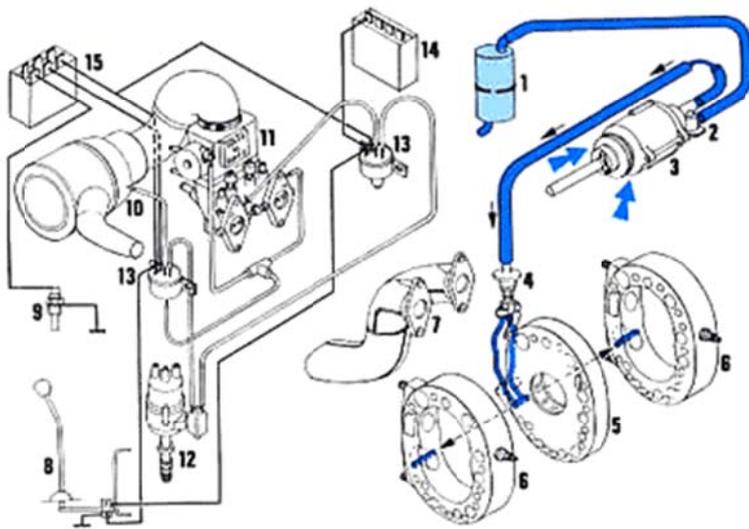
L'huile est contenue dans un carter placé sous le moteur. Elle est aspirée par une pompe à huile à engrenages et refoulée dans un palier puis dans l'arbre moteur où elle lubrifie le deuxième palier et les deux excentriques. Elle assure le refroidissement du piston en circulant automatiquement à l'intérieur et s'évacue en lubrifiant couronnes dentées et pignons fixes (fig. 8).

Le graissage des segments de flanc et des segments d'arêtes du rotor est assuré par un doseur qui injecte de l'huile moteur dans la canalisation d'essence avant son entrée dans le carburateur, en quantité précise fonction du régime moteur et de l'ouverture des papillons du carburateur.

La température de l'huile est maintenue à une valeur acceptable pour le bon fonctionnement du moteur par un échangeur eau-huile intégré au moteur.

1. Pompe à huile
2. Clapet de décharge
3. Echangeur huile-eau
4. Filtre à huile
5. Arbre moteur
6. Rotor
7. Bielle de commande de la pompe haute pression
8. Doseur pour graissage segments du flanc et d'arête

# ANTIPOLLUTION



Pour respecter les normes antipollution de plus en plus sévères, ce moteur possède un système de postcombustion permettant de brûler les produits nocifs de combustion.

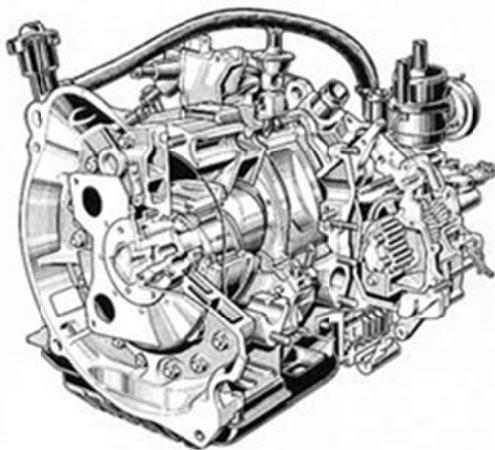
Une pompe à air débite au niveau des lumières d'échappement.

Adaptation électronique de l'avance à l'allumage suivant les conditions de fonctionnement (position levier de vitesses, température du moteur, régime moteur, temps écoulé depuis la mise en route, dépression à l'admission) (fig. 9).

Fig. 9

1. Silencieux
2. Soupape de décharge
3. Pompe à air
4. Soupape de retenue
5. Flasque intermédiaire
6. Trochoïde
7. Réacteur
8. Levier de vitesses, 2 enclenchée. point mort.
9. Thermo-contact
10. Filtre à air
11. Carburateur
12. Allumeur
13. Relais de dépression
14. Boîtier d'allumage
15. Relais temporisé

# SES AVANTAGES



La première qualité du moteur birotor est sa simplicité. Il ne comprend que 8 éléments principaux (cf [description](#)):

- les deux trochoïdes,
- les deux flasques avant et arrière
- le flasque intermédiaire séparant les deux trochoïdes,
- les deux pistons
- l'arbre moteur à deux excentriques évidemment moins compliqué qu'un vilebrequin classique.

Néanmoins, un moteur Wankel requiert des accessoires plus volumineux qu'un moteur alternatif : plus de volume d'eau, d'huile, radiateurs plus volumineux, système d'échappement, plus encombrant et dégageant beaucoup de chaleur.

# SILENCE

Ce moteur n'ayant aucune pièce en mouvement alternatif, son équilibrage est parfait, ce qui lui assure un fonctionnement totalement privé de vibrations, donc une réduction considérable du niveau sonore jusqu'aux vitesses de rotation les plus élevées. Le cycle à 4 temps est obtenu sans organe de distribution, ni soupape, ni ressort, ni culbuteur, ni tige de culbuteur, ni arbre à cames, etc.

Seule subsiste l'irrégularité du couple moteur qui peut engendrer quelques vibrations à bas régimes

## **ÉCOULEMENT DES GAZ**

L'écoulement des gaz, non laminés par le passage d'une soupape, s'effectue, contrairement à ce qui se passe sur un moteur classique poly cylindrique, selon un mouvement continu, sans retour sur lui-même ni changement de sens.

## **REEMPLISSAGE**

En raison de ce qui précède, il est évident que le taux de remplissage est élevé.

## **BALAYAGE**

L'inconvénient de ce système de remplissage est qu'une masse non négligeable de charge carburée est diluée à l'échappement. Cette masse qui ne participe pas à la combustion explique en partie la consommation élevée et la forte teneur en hydrocarbures imbrûlés des gaz d'échappement souvent reprochés aux moteurs à piston rotatif.

Néanmoins on peut fortement réduire ce taux en adoptant la solution des lumières d'admission et d'échappement latéral (par le flasque) comme l'ont prouvé les moteurs Mazda.

## **COMBUSTION**

La combustion se fait à faible pression en raison de l'évolution du volume de la chambre pendant la rotation et a une durée importante grâce au rapport de denture. Elle contribue à la douceur du fonctionnement et élimine les chocs existants sur un moteur classique. Toutefois, l'évolution du volume de la chambre est néfaste au rendement thermodynamique du moteur.

## **ENCRASSEMENT DES BOUGIES**

Le PMH de balayage du moteur à 4 temps est salutaire pour le nettoyage de la bougie d'allumage. Comme le moteur 2 temps, le Wankel n'a pas de temps de « nettoyage » de la bougie, celle-ci a donc tendance à s'encrasser pour les utilisations à faible charge.

## **SOUPLESSE**

Les propriétés énumérées ci-dessus liées à l'excellent équilibrage du rotor, donnent à ce moteur une douceur de fonctionnement exceptionnelle, sans jamais d'à-coups à la reprise, quelles que soient les conditions de régime ou de charge.

Par son faible encombrement, son poids réduit, sa simplicité, son équilibrage parfait, son absence totale de pièces en mouvement alternatif, le moteur à pistons rotatifs est le premier et le seul aujourd'hui dans l'histoire des moteurs à réunir et concrétiser des qualités aussi exceptionnelles. Il synthétise au plus au point les qualités de silence et d'équilibrage des moteurs à 6 cylindres en ligne ou à plat, et la nécessité de compacité nécessaire à la réussite d'une automobile complète.

