

La Genèse du Moteur Wankel

Si le moteur Wankel naquit dans le seconde moitié du XXème siècle, de grands inventeurs et ingénieurs des siècles précédents ont cherché à réaliser des machines construites autour d'un piston rotatif, du fait que cette approche paraissait naturelle et sa structure simple. Malheureusement, la plupart de ces machines ne pouvaient offrir le caractère hermétique et l'endurance nécessaires à un bon fonctionnement sans recourir à des mécanismes complexes. De ce fait, le développement de machines à pistons à mouvement alternatif prit d'avantage d'ampleur, d'abord comme pompes et machines motrices à vapeur, ensuite, dans une prolongation logique et par adaptation, comme moteurs à combustion interne. Aujourd'hui encore, quasi toutes les automobiles de séries utilisent ce mode de propulsion, non pas parce qu'il est le meilleur, mais parce qu'il est le mieux maîtrisé. Le fait que cette industrie s'appuie sur des moyens de productions lourds et coûteux a aussi tendance à ralentir tout changement de stratégie drastique chez les manufacturiers automobiles. Cette situation n'empêche pas de nombreux inventeurs de proposer chaque année de nouveaux types de moteurs rotatifs ou à mouvement alternatif.

Dans ces conditions, il est tout à fait approprié de se demander comment, après la deuxième guerre mondiale, Felix Wankel a réussi à imposer mondialement son approche du moteur rotatif à l'industrie automobile de l'époque.

Force est de constater que la personne de Felix Wankel est un facteur des plus déterminants dans l'essor de son moteur rotatif. Son expérience d'usineur, son souci de la précision et ses nombreuses recherches dans le domaine de la segmentation et des joints lui ont permis d'offrir aux industriels des solutions théoriques efficaces pour la mise en œuvre de son concept. Felix Wankel bénéficiait aussi d'une grande renommée auprès de ses confrères allemands depuis bien avant la guerre.

Au niveau de l'industrie allemande, je pense que les facteurs ayant contribué à l'essor du moteur Wankel sont multiples et essentiellement liés à l'après-guerre. L'outil industriel allemand étant détruit ou confisqué, les industriels étaient intéressés par une stratégie de propulsion nouvelle qui était prometteuse et peu onéreuse à produire. Les techniques d'usinage, de production et des matériaux avaient également

considérablement progressées durant le conflit mondial et de nombreux ingénieurs étaient disponibles. De plus, après une courte stagnation, dès les années 50, il y avait en Allemagne de l'Ouest des fonds importants (plan Marshall) disponibles à la reconstruction et la ré-industrialisation du pays.

L'expansion mondiale des ventes de licences (avec obligation de s'échanger mutuellement les informations techniques) est plus difficilement explicable. Le Japon, avec, d'abord, Toyo Kogyo, (ancien nom de Mazda) était dans une situation semblable à l'Allemagne, avec une industrie naissante à la recherche d'idées novatrices. D'autres grands industriels ont probablement été séduits par les avantages du moteur Wankel pour une application spécifique (motos, moteurs industriels, bateaux, moto-neiges...).

Le cas de Curtiss-Wright, qui, très rapidement, acheta les droits pour les USA, tenait plus, je pense, de la spéculation boursière et financière. Néanmoins, après cet achat, beaucoup de constructeurs automobiles se ruèrent pour acheter des licences, tels que General Motors, Porsche, Citroën (création de la société Comotor S.A. basée au Luxembourg), etc.

Pour tous les fabricants qui exportaient ou construisaient des voitures aux Etats-Unis, planait aussi au début des années 1970 la menace de nouvelles normes antipollution, sensées de plus se raffermir rapidement. Un nouveau type de moteur ne serait-il pas alors indispensable? D'autre part, le Wankel n'allait-il pas supplanter le moteur à pistons?

Je reste persuadés que certains constructeurs, comme Porsche qui n'a jamais effectué le moindre développement sur un moteur Wankel, ont rapidement acheté la licence afin de l'obtenir à un prix encore abordable tant que la technologie n'était pas aboutie. C'était une approche sage dans la mesure où il était risqué de se mettre dans une position de devoir négocier une licence Wankel si ce type de motorisation avait commencé à détrôner les moteurs à pistons.

Je pense aussi que l'achat de la licence par Toyo Kogyo (Mazda) expliquerait l'implication active de Ford dans cette société japonaise alors peu connue. C'était pour Ford un ticket d'entrée vers la technologie Wankel sans devoir payer une licence énorme envers Curtiss-Wright comme General Motors y avait été contraint.

Et qu'en est-il du rachat de NSU par Volkswagen ?

La première firme qui approcha Felix Wankel après la guerre fut NSU en 1951. Un premier

accord portant sur l'utilisation de soupapes à disque rotatif breveté avant la guerre par Wankel survint, qui résulta est une longue liste de contrats (Wankel n'a jamais été un employé de NSU) portant sur le développement d'un compresseur rotatif d'abord, et d'un moteur du même type ensuite.

Nous n'irons pas ici dans les détails des premiers moteurs NSU-Wankel, dont on retiendra seulement qu'ils étaient du type DKM, c'est-à-dire qu'il était constitué d'un rotor externe, contenant la chambre epitrochoïdale, et d'un rotor interne, de forme telle que nous la connaissons, le tout intégré dans un bâti statique. Pour simplifier le concept, NSU décida d'appliquer une « inversion cinématique » (le rotor externe devint fixe) et d'introduire un axe excentrique supportant le rotor interne. Le premier KKM naquit ainsi en 1957. Les développements se poursuivirent au sein de NSU avec des moteurs de cylindrée croissante. C'est un moteur de ce type que Toyo Kogyo reçut en évaluation après achat de la licence en 1961. La même année, Daimler-Benz signait aussi et les deux porteurs de licence commencèrent les travaux d'évaluation et de développement. Très vite, tous allaient devoir faire face aux mêmes problèmes techniques.

Les marques de cognement (chatter marks) sur l'intérieur du carter de rotor (rotor housing) fut le problème le plus épineux au début de la période expérimentale. Ces marques transversales très caractéristiques étaient causées par des vibrations frictionnelles des segments d'apex et mettait grandement en péril la longévité des moteurs. Ces marques pouvaient en effet déjà apparaître après seulement 5 heures d'essai.

Pratiquement, le segment d'apex pousse devant lui de l'huile, des particules de carbone, des sous-produits de la combustion et de l'essence. Lorsque la force de résistance de ces substances devient trop grande, le segment avait tendance à se détacher de la surface de travail. A ce moment, le bord de fuite du segment détachait des minuscules particules de la surface périphérique.

Un autre problème, fortement lié au précédent, fut l'usure prématurée des segments d'apex au niveau de leur surface de contact avec le carter de rotor.

Une solution viable pour ces deux problèmes ne pouvait pas émaner d'une étude sur les matériaux uniquement. Une analyse du processus de combustion, du niveau et de la direction de la pression de combustion, et du comportement des segments d'apex sous les conditions variables le long de la surface de

travail fut nécessaire, et ceci afin de déterminer les matériaux de segments d'apex et leur configuration, ainsi que le type de traitement de la surface interne du carter de rotor.

Il apparut rapidement que les premiers segments d'une pièce en carbone et en fonte d'acier ne convenaient pas. Surtout en association avec un plaquage de la surface du carter au chrome. Le carbone offrait en fait une bonne résistance à l'usure, mais uniquement si le film d'huile n'était pas perturbé par des dépôts d'essence qui ont tendance à laver la surface de travail (par démarrages et arrêts fréquents). Le plaquage au chrome permettait une très bonne résistance à l'usure mais n'assurait pas une bonne lubrification. De plus, lorsque les marques de cognement s'intensifiaient, ce plaquage avait tendance à s'arracher de son support. Le traitement Nikasil (nickel et particules de carbure de silice) choisi par Daimler-Benz possède de meilleures caractéristiques de lubrification par l'existence de petits îlots de carbure de silice qui fixent davantage l'huile. Néanmoins, l'usure des segments était toujours trop importante.

Toyo Kogyo trouva une solution élégante sous la forme de segments en fonte d'acier creux aux canaux internes complexes et entrecroisés. Cette solution, qui possédait des caractéristiques vibratoires améliorées, était extrêmement onéreuse à fabriquer et Toyo Kogyo se rabattit donc vers des segments d'une pièce à base d'un composé de carbone auto-lubrifiant imprégné d'aluminium. Ces segments ne travaillaient pas sous des températures de combustion très élevées, ils pouvaient dès lors être fabriqués dans des matériaux peu résistants à la chaleur, comme le carbone ou l'aluminium.

L'amélioration suivante provint de l'utilisation de segments en plusieurs pièces, fabriqués en fonte d'acier et dont la surface de contact avec le carter est cristallisée sous forme de carbures par la technique de trempage par faisceau d'électrons (electron beam chill hardening). Cette technique donne à la surface une composition proche de la céramique. Ces segments furent associés à une nouvelle technique de plaquage au chrome disposant d'une surface micro-poreuse créée par un procédé électrique. Cette micro-porosité a pour objectif, une fois encore, de fixer l'huile, assurant ainsi une meilleure lubrification. Depuis lors, ce sont les mêmes techniques pour les segments et les carters, mieux contrôlées et mises à jour, qui ont été utilisées jusqu'à nos jours par Mazda.

Bien entendu, d'autres techniques, plus pointues et plus coûteuses furent également testées, notamment dans le domaine de la compétition automobile (segments d'apex en céramique et protection « cermet » sur les carters).

On notera aussi que la technique de lubrification de la chambre (mélange huile-essence, injection d'huile à l'admission, injection directe d'huile...) est également un facteur essentiel pour assurer un film d'huile efficace.

Une fois les premiers moteurs Wankel installés dans des véhicules d'essai, une nouvelle difficulté apparut. Aux faibles charges, et tout spécialement en décélération, les moteurs se caractérisaient par de grandes fluctuations cycliques de couple qui provoquaient des mouvements désagréables du véhicule. Ce phénomène provenait d'une alternance de cycles de ratés d'allumage et de combustions correctes, suivant un schéma bien spécifique au moteurs rotatifs et appelé le cycle 3:3 .

Il s'explique comme suit :

Il y a d'abord, une admission à très faible charge où le taux de gaz brûlés excède la limite d'ignitabilité du mélange. Il n'y a donc pas combustion pour ce cycle.

Ensuite, pour le cycle suivant, le mélange imbrûlé se retrouve tel quel à l'admission suivante où le peu de charge fraîche qui est ajoutée rend le mélange combustible. Cette combustion crée des gaz brûlés qui empêcheront la combustion dans le cycle suivant.

Ce phénomène se déroule dans les 3 chambres correspondant aux 3 faces du rotor. De ce fait, 3 ratés d'allumage consécutifs sont suivis par 3 combustions correctes.

Diverses solutions furent proposées. Dans la célèbre NSU RO80, le moteur birotor entraînait la boîte de vitesse manuelle à trois rapports via un visco-coupleur (ou convertisseur de couple) qui absorbait les fluctuations de couples. D'autres solutions, accroissant la charge en décélération (par exemple, un système ouvrant le papillon), furent utilisées. Avec l'avènement de l'injection d'essence, une parade fut trouvée en coupant complètement l'injection dans ces phases de fonctionnements.

© Fabrice Humblet (Raspoutine) 2005
Importateur des produits Hymee pour RX8



www.enginepsd.com/Hymee.htm

Une brève biographie de Felix Wankel

Felix Wankel est né le 13 août 1902 à Lahr en Allemagne. Du fait de facteurs économiques (père décédé durant la Première Guerre et récession d'après-guerre), il ne put suivre un cursus traditionnel de formation industrielle et dut commencer à travailler rapidement pour subvenir à ses besoins. Néanmoins, il ouvrit rapidement, à l'âge de 22 ans, son propre atelier de mécanique à Heidelberg où ses premiers contrats consistèrent à aléser des cylindres et d'autres travaux rémunérateurs de ce type. Cette expérience pratique fut probablement déterminante car il y apprit des notions fondamentales telles que l'usinage, la production et l'importance de la précision. Dès 1924 il commença à dessiner des plans d'un moteur à piston rotatif. Pendant cette période, Felix continua à étudier en cours du soir. Plus tard, il devint de nombreux systèmes de soupapes rotatives pour des moteurs à piston, en mettant l'accent sur la résolution des problèmes de segmentation et de joints. Il déposa d'ailleurs de nombreux brevets dans ce domaine. Dans l'un d'eux, en 1934, il décrit un système de segmentation de faible épaisseur utilisant à la fois un ressort et la pression (de compression ou de combustion par exemple) pour assurer une étanchéité suffisante sur la surface de travail du joint. Cette même année, il breveta les plans pour un moteur rotatif concentrique à deux rotors, fort compliqué, qui ne ressemble en rien à ce que l'on connaît, mais qui mettait en pratique ses inventions dans le domaine de la segmentation. On vit plus tard à quel point cette emphase sur la segmentation fut fort à propos. Cette année-là, il fut emprisonné par Adolf Hitler quand celui-ci devient Chancelier car Felix Wankel avait contribué à porter en justice une affaire de détournement de fonds de la part du parti National-Socialiste.

Libéré en 1935, il réussit à obtenir du ministre de l'Air, Hermann Goering, le financement de son propre institut, le WVV (Wankel Versuchswerkstätten) situé à Lindau.

De 1937 à 1945 Il développa un système utilisant une soupape à disque rotatif sur des moteurs Daimler-Benz pour l'aviation. Ce système compact fut également utilisé sur des moteurs Jumo propulsant des torpilles, vu son encombrement inférieur par rapport à un système à arbres à cames et soupapes classiques.

En 1945 et 1946, il fut emprisonné par les Forces d'occupation française et interdit de conduire le moindre travail de recherche ou développement. En 1950, aidé par d'anciens protecteurs, Wankel put ouvrir un nouvel institut à Lindau. En 1951 il fut approché par NSU qui souhaitait utiliser sa soupape à disque rotatif sur ses moteurs de compétitions moto. En 1957, il créa la société Wankel GmbH pour gérer les royalties liées aux licences. En 1969 il fut nommé Docteur Honoris Causa de la Technische Universität Munchen. En 1971, il vendit Wankel GmbH et créa plus tard un institut, le TES, à Lindau, qui fut acheté par Daimler-Benz en 1986. Il resta très actif jusqu'à sa mort, survenue le 9 octobre 1988.

Felix Wankel n'aurait jamais possédé, dit-on, de permis de conduire.