

Livre blanc

Un parallèle Quantique:
La « Quasiturbine » des Saint-Hilaire
à la Base d'un Changement Simultané de Paradigme
en Système de Propulsion des Véhicules

**Une entrée dans « l'ère de substitution du moteur à pistons »
pour un maximum d'efficacité et de bénéfices environnementaux.**

Le 15 décembre 2003
par **Myron D. Stokes**

Publisher, **eMOTION! REPORTS.com**
www.emotionreports.com

(English version available at www.emotionreports.com/downloads/pdfs/Quantum.pdf)

Dans le contexte des discussions internationales environnementales et d'épuisement des ressources tel que le Protocole de Kyoto, et tenant compte de la conviction de la population en général que les changements climatiques mettent actuellement notre planète en danger, un nouveau sens de l'urgence est nécessaire et exige qu'aucune technologie énergétique ne soit mise de côté, et cela est particulièrement vrai de toutes les saines avancées en concept moteur. La technologie Quasiturbine figure parmi les très rares outils énergétiques et environnementaux qui nous permettent d'apaiser nos inquiétudes, et constitue un précieux nouveau moyen disponible pour aider à atteindre notre objectif collectif vital. Il va de soi que reconnaître son existence relève des obligations et devoirs d'un engagement social. - L'auteur

L'auteur remercie la famille Saint-Hilaire (Roxan, Ylian, Gilles et Françoise)
pour leurs contribution et collaboration à cette analyse,
et pour leur assistance au niveau de la traduction française.

Il apprécie l'encouragement reçu de sa propre famille, Sheila Ronis, Ph.D.,
ainsi que le dévoué support du e!R webmestre Matthew Siporin.

L'auteur voudrait également dédier ce document à son père,
le scientifique et inventeur Rufus Stokes, dont les travaux sur le développement
de la technologie de lutte contre la pollution industrielle lui a valu de joindre la liste des
« pionniers de l'énergie » du Ministère de l'énergie des États-Unis
<http://www.eia.doe.gov/kids/pioneers.html> .

La famille Stokes est honorée qu'il soit inclus en cette compilation des travaux et des efforts
des plus grands scientifiques, inventeurs et innovateurs de l'histoire des États-Unis.

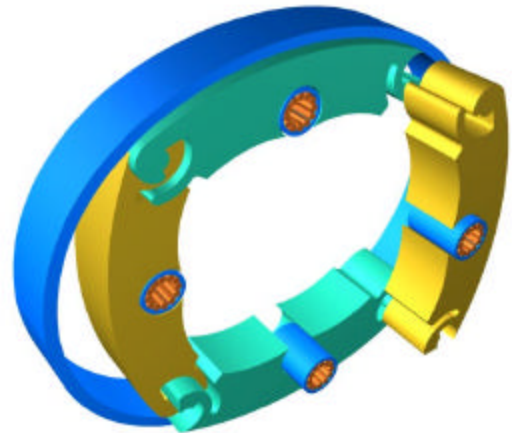
- I - Analyse d'Introduction
- II - Modes de Combustion des Moteurs
- III - Limitations du Moteur à Pistons
- IV - Machine Compatible à la Photo-Détonation
- V - Efficacité Énergétique
- VI - Avantages Environnementaux
- VII - Quasiturbine et l'Économie à Base d'Hydrogène
- VIII - Révolution pour les Véhicules et le Transport
- IX - Supériorité Opérationnelle au Moteur Wankel
- X - Technologie Stratégique et Développement Économique
- XI - Références

I - Analyse d'Introduction

Le moteur à pistons a été incontestablement au centre de la conversion d'énergie mécanique pendant presque 2 siècles et comme tel, fut une technologie marquante du développement et de la transformation de la société moderne. Mais pourquoi les tentatives de remplacement du moteur à pistons sont-elles une si longue litanie d'échecs ? Est-ce si difficile de faire mieux ? Dans cette veine, l'intellect humain a buté sur au moins 3 obstacles : D'abord, le mouvement sinusoïdal du vilebrequin a été longtemps perçu comme la meilleure manière de convertir un mouvement linéaire en mouvement rotatif et n'a jamais été remis en cause. En second lieu, les dossiers historiques prouvent que les premiers concepts de moteur à combustion interne étaient « proposés ad hoc » et plus tard construits et évalués, plutôt que d'être conçus comme une solution spécifique (les historiens du moteur d'Otto pourront peut-être diverger avec cette vision). Troisièmement, nos grands physiciens théoriciens ont eu une préférence marquée pour les atomes et le cosmos, et ils ont complètement ignoré les besoins de directives conceptuelles indispensables à l'avancée de théorie et de développement moteur.

Les récents efforts de recherches de la famille de Saint-Hilaire, dirigés par Gilles Saint-Hilaire, un Ph. D. en physique thermonucléaire, ont suivi une approche moderne par ordinateur très différente, où les caractéristiques conventionnelles des moteurs ont été opposées aux caractéristiques physico-chimiques optimales, et révélé que tous les présents concepts moteurs considérés s'écartaient de l'optimum à plusieurs égards. Le concept du moteur Quasiturbine [1] a été développé à partir de cette table de caractéristiques optimales et a réussi au moins théoriquement, à optimiser simultanément les 14 plus importants paramè-

tres moteur, y compris la compatibilité avec le mode révolutionnaire de photo-détonation (cognement) [2] que le piston ne peut pas tolérer. Une fois prises dans leur ensemble, ces diverses améliorations augmentent l'efficacité en carburant, tout en réduisant simultanément les émissions nocives à l'échappement.



La simplicité du concept Quasiturbine

Le futur est-il une question d'avancées technologiques ? Si peu d'experts s'attendent à une amélioration majeure à court terme des piles à combustible, le processus de photo-détonation dans le moteur à combustion interne peut être qualifié de percée prévisible importante qui permettrait d'économiser la moitié de l'essence aujourd'hui consommée par les véhicules, avec des avantages environnementaux substantiels. Les experts en ce domaine n'ont pas été surpris du récent rapport du MIT de mars 2003 [3] titrant la conclusion suivante : « *L'amélioration du moteur à essence et du moteur diesel est la voie à suivre. La voiture à hydrogène n'est pas une panacée environnementale : La pile à combustible à hydrogène ne sera pas une solution en termes d'énergie totale consommée et d'émissions de gaz à effet de serre en 2020* ». Avec la photo-détonation, le moteur à combustion interne est susceptible de redevenir une fois de plus à la mode.

De manière analogue aux Parapentes ou aux Ailes-Delta volantes, la difficulté de la Quasiturbine est dans son concept et non sa construction. À la différence du moteur à pistons rotatif Wankel [4], la Quasiturbine a un rotor déformable à quatre faces qui résout les carences théoriques du Wankel à la base de son inefficacité fonctionnelle, et fournit de nouvelles caractéristiques moteur compatibles à moyen terme avec la photo-détonation. La Quasiturbine se prête également aux modes Otto et diesel, avec de substan-

tiels avantages sur les moteurs à pistons courants. Déjà plusieurs preuves de concept Quasiturbines ont été constituées et des prototypes éducatifs pneumatiques sont offerts sur le marché par Quasiturbine Académique Inc. [5]. Bien que cette invention soit tout à fait récente, le développement a déjà produit l'ingénierie de solutions technologiques en vue de produits commerciaux.

II - Modes de Combustion des Moteurs

Si vous demandez à un chimiste la meilleure manière absolue de brûler du carburant, il (elle) vous indiquera la photo-détonation... Pendant les 10 dernières années, plusieurs laboratoires de recherches en moteur ont essentiellement essayé de contrôler l'allumage thermique dans des moteurs à pistons et aucun n'a encore réussi. Un rapport instructif concernant les recherches en cours chez GM et Ford a été publié dans le magazine Scientifique Américain [6]. D'autres renseignements sont disponibles à la référence [7].

Le mode Otto exige de comprimer un mélange air - carburant (non de l'air pur). La pression d'air à l'admission est dictée par la valve papillon de commande de puissance, créant un vide variable dans la tubulure d'admission pour doser correctement l'air à la petite quantité de carburant nécessaire. En conséquence, le mode d'Otto implique un moteur quasi-stoichiométrique. Il en résulte qu'il ne peut pas créer de condition efficace de photo-détonation en raison de la basse pression du vide d'admission, qui lors de la compression ne peut généralement pas fournir la quantité de chaleur et la température requise par la photo-détonation. De plus, la température quasi-stoichiométrique de combustion serait également trop élevée.

À la différence du mode Otto, le moteur diesel comprime de l'air pur (non pas un mélange de carburant) admis à la pression atmosphérique. En conséquence, la température de l'air s'élève en raison du rapport élevé de compression, à un niveau tel que la plupart des carburants injectés y brûlent. Le problème est que le carburant injecté appartient forcément à 3 zones de combustion : en excès d'air sur l'extérieur du jet d'injecteur, stochiométrique dans la zone intermédiaire (trop chaud), et riche en carburant au centre du jet (une situation environnementalement désastreuse et difficile à contrôler...). Puisque le mode diesel accepte tout l'air aspiré, son efficacité n'est pas réduite par une charge de pompe à vide à l'admission, comme cela

est le cas pour le mode Otto. Du point de vue fonctionnement, le diesel peut être décrit comme un moteur globalement riche en air.

La photo-détonation [2] peut être considérée comme le meilleur des deux modes. Elle produit une combustion homogène sans l'inconvénient de la charge d'une pompe à vide à la tubulure d'admission. La plupart des experts en moteur à pistons croient que la recherche doit s'orienter vers le « contrôle de l'allumage thermique du piston », (impliquant possiblement le concept d'étincelles de très haute intensité), ce qui n'est pas la voie privilégiée par la Quasiturbine. En raison de son impulsion de pression sensiblement plus brève (particulièrement pour le modèle AC avec chariots), la température de compression de la Quasiturbine augmente principalement et rapidement au sommet de l'impulsion de pression pour excéder de loin, tous les paramètres d'allumage et de combustion (peu affectée par la température de paroi du bloc moteur ou autrement en un si court intervalle de temps...). La combustion est alors dominée par l'intense rayonnement dans la chambre, rendant indésirables les additifs anti-détonants dans les carburants. À l'exception de ces additifs qui absorbent le rayonnement et augmentent l'indice d'octane, la recherche récente visant à optimiser l'utilisation des moteurs à pistons opte souvent pour l'approche des bielles de longueur variable permettant de moduler sans interruption le taux de compression pour le situer juste en dessous du seuil de la photo-détonation (thermo allumage) sans jamais l'excéder, indépendamment du régime de moteur. Notez que la photo-détonation se produit à une pression légèrement plus élevée que (ou suit) le thermo allumage, qui est connu aux É.-U. sous l'appellation « *Allumage spontané par Compression d'un Mélange Homogène* » combustion (HCCI), en Europe comme « *Auto Allumage Contrôlé* » combustion (CAI), et au Japon comme « *Atmosphère Thermo Active* » combustion (ATA). Même si les chercheurs sont passionnés par le sujet, le contrôle de l'allumage thermique et photonique dans le piston demeure toujours un problème non résolu, que la Quasiturbine contourne par une meilleure mise en forme de l'impulsion de pression.

Le moteur à pistons n'est pas conçu pour des combustions aussi violentes (cognements) que la photo-détonation, et conséquemment, une machine appropriée doit supprimer à la variation de volume sinusoidale que le vilebrequin impose au piston.

III - Limitations du Moteur à Pistons

Le moteur à pistons nous a bien servi au cours des années et mérite notre respect même lorsque comparé à de nouveaux concepts potentiellement plus efficaces. Toutefois, pour mieux comprendre les disparités opérationnelles entre le moteur à pistons et le concept de la Quasiturbine, la liste suivante expose les principales insuffisances conceptuelles qui tendent à limiter les perspectives futures d'amélioration de l'efficacité du piston, même avec des technologies de contrôle avancées : [2]

- Les 4 temps moteur ne devraient pas être de durée égale.
- Pour le piston à 4 temps, le couple est positif seulement 17% du temps, contre 83% du temps en traînée.
- À mi-course, le gaz pousserait plus efficacement sur un piston à vitesse modérée, par opposition à son déplacement courant à vitesse maximale en fuite devant le gaz.
- L'écoulement des gaz n'est pas unidirectionnel, mais change de direction avec le piston.
- Lorsque le piston descend rapidement, le front d'onde thermique d'allumage a de la difficulté à rattraper le gaz en fuite devant lui dans le même sens.
- Les soupapes s'ouvrent seulement 20% du temps, interrompant les écoulements 80% du temps à l'admission et à l'échappement.
- Les temps d'arrêt du piston en haut et en bas sont inutilement trop longs.
- Une longue durée de confinement au point mort haut augmente le transfert thermique au bloc moteur, réduisant ainsi l'efficacité du moteur.
- L'incapacité du piston à produire de l'énergie mécanique précoce, juste après le point mort haut.
- La proximité des soupapes d'admission et d'échappement empêche un bon remplissage de la chambre en mélange air - carburant (*L'ingénieur suisse Michael May a su améliorer significativement la conception d'admission, reconnue par son utilisation dans la Jaguar 1982 XJ-S 5.3L V-12 ; la tête « fireball » à cavité à haut tourbillonnement produit un niveau très élevé de l'atomisation du carburant*), et le chevauchement ouvert des soupapes permet le passage d'une petite quantité de mélange non brûlé dans l'échappement.
- L'incapacité du piston d'aspirer efficacement le mélange d'admission juste passé le point mort haut.
- Dû principalement à la sensibilité des soupapes à la température, le piston ne peut pas efficacement

accepter la pré-vaporisation de carburant, et pour produire une densité de puissance spécifique élevée, il exige l'admission de gouttelettes de carburant nuisibles à la qualité de la combustion et de là, à l'environnement.

- L'impulsion instantanée de couple du piston est progressive, et aurait avantage à offrir un effet de plateau.
- Le facteur d'utilisation des composants est faible, et bénéficierait d'une meilleure multifonctionnalité.
- Le couple moyen au vilebrequin est de seulement 15% du couple maximal du piston, ce qui exige une robustesse accrue de construction pour des efforts de crête 7 fois supérieurs à l'effort moyen.
- Le volant d'inertie est requis pour aplanir les intervalles de couple nul et pour protéger le vilebrequin, constituant un handicap sérieux à l'accélération et au poids du moteur.
- La bielle donne une composante oblique de poussée au piston, lequel exige alors une généreuse lubrification de la paroi du cylindre.
- Le lubrifiant est également le caloporteur principal du piston, exigeant un carter encombrant, tout en limitant de beaucoup les inclinaisons du moteur.
- Un ensemble complexe de soupapes, d'arbres à cames et de dispositifs interactifs de synchronisation est nécessaire.
- L'inertie des soupapes limite sérieusement la haute révolution du moteur.
- La lourdeur du piston requiert un coussin de gaz comprimé résiduel au point mort haut de l'échappement pour amortir le retour du piston.
- Les accessoires du moteur (comme l'arbre à cames) consomment une puissance interne non négligeable.
- La géométrie très peu homo-cinétique impose des accélérations et des arrêts violents au piston.
- Le concept piston - vilebrequin rend difficile le traitement des vibrations et du bruit.
- À faible facteur de charge, la dépressurisation de la tubulure d'admission en mode Otto consomme de la puissance moteur (la pression atmosphérique s'opposant au vide).

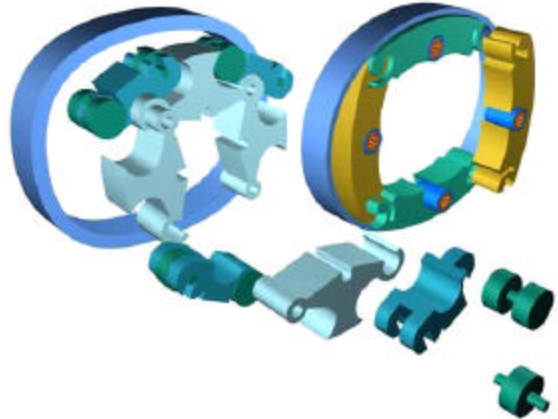
Avec cette panoplie de limitations conceptuelles, il peut sembler étonnant que le moteur à pistons ait su résister à la plupart des tentatives de substitution au cours du siècle dernier, ce qu'il a fait grâce à une caractéristique implacable d'efficacité, qui vient du fait que son volume d'expansion est rigoureusement engendré par le mouvement de la surface de poussée du piston, caractéristique qui garantit l'efficacité et permet de répondre rigoureusement au diagramme Pression - Volume.

IV - Machine Compatible à la Photo-Détonation

Plusieurs ont dans le passé traité les problèmes mécaniques avec des solutions mécaniques. La Quasiturbine se préoccupe d'aspects beaucoup plus fondamentaux visant à améliorer le rendement thermodynamique et environnemental, ainsi que les avantages fonctionnels, conformément à l'idéal Einsteinien de la simplicité. Einstein affirmait « recourir à la solution la plus simple requise par l'usage, tant et aussi longtemps qu'elle est la meilleure ». On lui attribue également que « la simplicité est l'épitomé de l'efficacité en ingénierie ». Les avancées modernes et soutenues dans tous les domaines du développement technologique dictent également une autre maxime de simplicité : Cette « efficacité dans les systèmes électromécaniques complexes conduit à une simplicité d'opération ». En ces temps où la complexité technique n'est plus un synonyme d'échec de marketing (montres électroniques, ordinateurs complexes, avions asservis...), la simplicité conceptuelle semble toujours être dans notre univers, une règle conduisant au succès...

En harmonie avec ce postulat bien fondé, la Quasiturbine apparaît à première vue comme un moteur rotatif ayant un rotor déformable fait de quatre pales identiques, mais parce qu'elle n'a aucun vilebrequin et qu'elle ne suit pas un mouvement sinusoïdal de volume, elle a des propriétés très différentes du piston et du moteur à piston rotatif Wankel [4], et elle résout les déficiences théoriques de volume excessif de détente du Wankel qui le rendent moins efficace, tout en fournissant de nouvelles caractéristiques moteur qui rendent la Quasiturbine compatible au mode photo-détonation à moyen terme. La théorie Quasiturbine optimise l'utilisation du temps en supprimant des temps morts, en réappropriant la durée des divers temps moteur et en remplaçant les impulsions progressives de couple par des impulsions à plateau. De plus, cette théorie tire concurrentement profit de l'espace en adoptant les éléments moteurs multifonctionnels et homocinétiques qui sont indispensables à tout moment pendant la rotation, et en exigeant des écoulements continus à l'admission et à l'échappement. Chaque dispositif de la variée famille de Quasiturbines est au carrefour des 3 moteurs modernes : *Inspiré par la turbine, il perfectionne le piston, et améliore le Wankel.* La Quasiturbine est un moteur à écoulement continu à l'admission et à l'échappement. Le piston d'un moteur accomplit 4 temps moteur en deux rotations, la Quasiturbine en accomplit 32. Puisqu'elle a été conçue pour l'allumage thermique et photonique, la Quasiturbine ne peut pas être considérée comme « un mo-

teur à piston rotatif », ni être correctement caractérisée par les paradigmes du piston. Notez cependant que la Quasiturbine peut être utilisée avec des taux de compression moindre en mode Otto standard et en mode diesel, avec également de substantiels avantages.



Le concept Quasiturbine inclut une large famille d'options. Cette figure montre un design AC avec un rotor soutenu par 4 chariots et une différente configuration SC où les chariots sont totalement absents. Notez que l'axe central n'est pas indispensable au fonctionnement du moteur, ce qui permet l'insertion directe d'un arbre de générateur ou de tout autre dispositif.

Le piston à 4 temps de nos moteurs de voitures fait feu une fois à chaque 2 révolutions et produit un couple positif environ 17% du temps, étant en traînée 83% du temps. Pour obtenir une densité spécifique de puissance raisonnable, on doit utiliser la chambre à combustion le plus souvent possible à chaque minute, ce qui impose une vitesse de rotation à un régime indésirablement élevé, auquel il est difficile d'éviter les limitations dues aux écoulements de gaz et à l'inertie des soupapes. Un RPM élevé impose également des contraintes qui exigent une réduction de la course du piston, une réduction du diamètre du vilebrequin et une réduction du couple moteur. Conséquemment, cela accroît le besoin d'une boîte de rapport de vitesses et d'autres aspects cinétiques comme le volant d'inertie, lequel réduit grandement l'accélération du moteur.

La Quasiturbine permet de résoudre ce dilemme grâce à deux caractéristiques uniques (et elles ne sont pas les seules), qui sont :

- D'abord, en faisant feu 8 fois à chaque deux révolutions en mode à quatre temps, on utilise les chambres à combustion beaucoup plus souvent sans avoir à augmenter la révolution en tours par minute du moteur, ni à subir l'écoulement transitoire rapide des gaz, non plus que l'inertie des soupapes, puisqu'il n'y en a aucune.
- Secondement, la Quasiturbine produit des impulsions de pression plus brèves avec des rampes linéaires permettant un autocontrôle plus précis des phases thermiques et photoniques d'allumage, et surmonte ainsi les obstacles limitant le rapport élevé de compression pour un accroissement d'efficacité, tout en maintenant la possibilité de combustion homogène et la réduction simultanée de polluants.

Puisque la combustion est dominée par le rayonnement et que l'impulsion de pression est beaucoup plus brève (en particulier pour le modèle AC avec chariots), la forme de la chambre de combustion et son rapport surface / volume ont ici peu d'effet dans un si bref intervalle de temps, contrairement au cas du piston. En fait, ce rapport élevé aide à atténuer la violence de la combustion.

L'écoulement continu à l'entrée et à la sortie permet une meilleure utilisation des tubulures d'admission et d'échappement, et contribue à une réduction de poids et de volume du moteur par un facteur 4. Pendant plus de 50 ans, les chercheurs ont rêvé d'un moteur parfait, utilisant une combustion uniforme, avec une chambre de combustion de petite dimension (rapport élevé de compression). C'est ce que fait la Quasiturbine en produisant des impulsions de pression beaucoup plus brèves (en particulier le modèle AC avec chariots), tout en acceptant en plus la photo-détonation grâce à des pentes raides de compression et de détente qui se joignent dans un bref intervalle de temps.

La Quasiturbine (particulièrement le modèle AC) a une impulsion de pression beaucoup plus brève, qui est la condition logique à la photo-détonation. La beauté de la Quasiturbine est qu'elle utilise des solutions mécaniques conventionnelles « sur la tablette » et du domaine public, résultant de recherches passées sur les moteurs à pistons et les moteurs rotatifs. La

combustion de la Quasiturbine résulte donc d'une combinaison des meilleurs éléments d'autres moteurs à combustion interne, ainsi définis :

- La photo-détonation dans la Quasiturbine d'un mélange homogène air - carburant élimine le besoin d'allumage électronique pour la plupart des carburants. L'allumage électronique dans le moteur à pistons à essence est nécessaire en raison du vide d'admission du mode Otto et des limitations de compatibilité de compression avec la « structure d'impulsion longue durée » dans le cylindre.
- La photo-détonation brûle complètement le mélange d'air - carburant en raison de la brève, mais puissante impulsion de pression et de la variation presque linéaire rapide de la zone maximum de pression de la Quasiturbine, qui rapidement ferme et rouvre la chambre de combustion. Le moteur diesel peut seulement brûler partiellement le mélange inhomogène d'air - carburant injecté dans l'air chauffé et comprimé du cylindre. La Quasiturbine (à la différence du diesel) est donc un moteur à « combustion homogène propre ». Il n'a pratiquement aucune émission autre que les produits standard stables de la combustion, i.e. CO₂ et H₂O. « La combustion propre » implique également que le moteur Quasiturbine est plus économe en combustible que le moteur diesel et à l'essence.
- La photo-détonation dans la Quasiturbine se produit rapidement au point mort haut. Dans le moteur diesel, l'allumage du carburant injecté se produit légèrement passé le point mort haut, habituellement environ 12 degrés ou presque, et est progressif dans le temps, ce qui contribue mécaniquement à protéger le piston. Le temps moteur propulsif de la Quasiturbine est légèrement plus long « avec la conversion précoce et tardive d'énergie mécanique » et l'échappement légèrement moins chaud, ce qui implique également un rendement moteur plus élevé.
- Puisque la température du stator / rotor n'est pas significative dans le processus de photo-détonation (allumage photonique) et parce que l'impulsion plus brève de pression de la Quasiturbine est auto synchronisée, l'allumage prématuré n'est pas une préoccupation. La Quasiturbine à combustion peut avoir un circuit de refroidissement très simple, tel

qu'un refroidissement à circulation d'air, principalement lorsque fonctionnant avec des carburants à haute volatilité et basse énergie spécifique, comme le gaz naturel.

- La Quasiturbine accepte de multiples carburants, y compris l'hydrogène. Elle peut également être exploitée en cycle thermique combiné (incluant le mode Quasiturbine vapeur et Stirling juxtaposés sur le même axe) accroissant de ce fait encore plus l'efficacité.
- Finalement, la Quasiturbine peut fonctionner en mode plus conventionnel Otto ou diesel, tout en maintenant ses avantages additionnels comparés au moteur à pistons.

La différence principale entre la Quasiturbine en mode Otto et celle en mode photo-détonation est le mécanisme d'admission, d'allumage et de combustion du carburant. La Quasiturbine en mode Otto utilise un allumage à étincelle, alors que le mode photo-détonation élimine le besoin de bougies d'allumage et de circuit d'allumage électronique. En mode photo-détonation, le mélange air – carburant s'auto-allume sous l'effet d'une impulsion brève et puissante de pression dans la chambre de combustion de la Quasiturbine. Exclusion faite de la méthode d'allumage, de la combustion du carburant, et de l'état pauvre en carburant du mélange (riche en air), les caractéristiques opérationnelles des moteurs Quasiturbine sont, du point de vue de l'utilisateur, essentiellement les mêmes dans les deux modes.

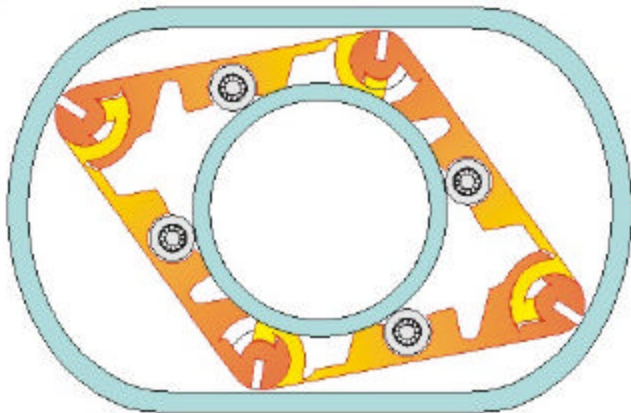
V - Efficacité Énergétique

Avec les moteurs à pistons en mode Otto, la moitié de l'essence utilisée dans le secteur du transport est littéralement gaspillée pour combattre la dépression atmosphérique du vide d'admission produit par la valve papillon du carburateur ou de l'injecteur d'essence (l'effet frein moteur) [8]. Cet effet est également responsable de presque la moitié de la pollution produite par les activités de transport utilisant l'essence. Le mode photo-détonation de la Quasiturbine est une solution qui supprime cette perte de carburant et plus.

La chambre à combustion des moteurs à expansion (positive displacement engine) est un volume parasite indésirable du point de vue de l'efficacité énergétique, puisque ce volume doit être pressurisé en pure perte avant de pouvoir exercer de fortes pressions sur le piston et ainsi produire du travail mécanique utile. Dans

le meilleur des cas, la chambre de combustion devrait être la plus petite possible, ce qui implique un taux de compression élevé. Le piston rencontre au moins 3 obstacles principaux qui limitent son taux de compression : La robustesse mécanique, l'auto allumage (photo-détonation), et la production de polluants. À bas taux de compression avec une admission prémélangée, la bougie amorce une onde thermique d'allumage qui se propage dans la chambre, produisant une combustion progressive et uniforme, mais quelque peu inachevée. Dans une situation semblable mais avec un taux de compression élevé, c'est le rayonnement (lumière, analogue à celle d'un laser) qui allume presque spontanément, complètement, et uniformément la combustion (détonation ou cognement auxquels les pistons ne peuvent pas résister dû à la trop longue impulsion de pression qu'ils produisent). Afin d'atteindre la pression du mode diesel, une concession substantielle a été faite, qui est celle d'abandonner la combustion uniforme d'un carburateur (injecteur d'essence) pour celle beaucoup moins souhaitable de la combustion du jet de l'injecteur diesel. *Les implications quasi-hérétiques de cet énoncé sont reconnues.* (Note : Il est ici intéressant de noter le procédé d'injection « à feux croisés » - simple point fuel injection - utilisé dans la Corvette 1982 de 5.7 l ; un injecteur - carburateur qui alimente tous les cylindres d'une manière plus précise ; c'est essentiellement « un carburateur électronique »).

À faible facteur de charge, la dépressurisation de l'admission du cycle Otto consomme de la puissance moteur puisque la valve de contrôle de puissance est presque fermée et le mouvement descendant du piston agit comme une pompe à vide obstruée contre la pression atmosphérique, suivi d'une perte partielle de ce vide due à la vaporisation du carburant pendant la compression. En conséquence, le moteur en mode Otto s'oppose à toutes augmentations de révolution de RPM (bien connues comme effet frein moteur) et cette résistance intrinsèque à l'augmentation de vitesse est compensée par une *constante et importante consommation de carburant*. Le mode photo-détonation n'utilise aucune valve papillon de contrôle de puissance et accepte sans contrainte tout l'air disponible à la pression atmosphérique (comme le moteur diesel, où l'énergie de compression est restituée au moment de la détente). Pour cette raison, l'efficacité à faible facteur de charge du moteur à photo-détonation est plus de deux fois celui du mode Otto conventionnel [8], et considérant que le facteur de charge d'un véhicule est en moyenne d'environ 10 à 15%, ce n'est pas là une petite différence. De surcroît, cette meilleure économie de carburant est particulièrement bienvenue dans les embouteillages.



La Quasiturbine à excentricité losange élevée (ici 0.578 pour le modèle QTSC - Sans Chariot) peut ne pas être le cas le plus pratique (l'angle de l'arête variant de $90 - 30$ à $90 + 30$ degrés), mais elle met en relief le « profil patinoire Saint-Hilaire de confinement ». Une excentricité encore plus élevée rend convexes les segments linéaires haut et bas, tout en conduisant à un profil de confinement toujours acceptable. Les quatre rouleaux soutenant les pales pivotantes et la piste de support annulaire centrale sont également montrés.

L'économie d'énergie de la Quasiturbine vient de la thermodynamique d'une impulsion de pression plus brève, tout en se débarrassant de la dépressurisation d'admission inefficace du mode Otto, mais également du fait que le moteur n'a aucun accessoire comme des arbres à cames à actionner. D'autres économies de carburant dans les transports proviennent de la simplification de la boîte de rapport de vitesse (8 à 12%) et de la réduction de masse du véhicule. Dix autres sources d'économie de carburants sont décrites dans le livre (écrit en français) « *La Quasiturbine Écologique* » [9]. En outre, la Quasiturbine convient aux cycles thermiques combinés [10], comme une Quasiturbine à combustion interne couplée sur le même axe avec une Quasiturbine à vapeur, ou avec une Quasiturbine Stirling [11], où les estimés indiquent une efficacité combinée possible allant jusqu'à 60% sans même recourir au mode photo-détonation. Bien qu'aujourd'hui non prioritaire, cela serait réalisable avant la fin de la décennie.

La Quasiturbine offre un potentiel d'augmentation significative d'efficacité des carburants grâce à plu-

sieurs facteurs, incluant : la combustion plus complète du mélange air - essence, des taux de compression élevés, la conversion mécanique précoce et tardive, l'absence d'accessoires périphériques énergivores comme les arbres à cames, et plus. Chacun de ces facteurs est décrit en détail sur le site Internet Quasiturbine [1]. En fait, l'économie est si importante dans le transport par exemple, que même si la Quasiturbine coûtait beaucoup plus que le moteur à pistons (ce qui n'est pas le cas), l'économie de carburant sur la vie utile du véhicule rendrait le moteur Quasiturbine gratuit, même en mode Otto sans le recours à la photo-détonation. Une réduction plus rapide par détente de la température des gaz dans la chambre à combustion, de la pression et du temps de confinement contribue à réduire le transfert de chaleur vers le bloc moteur, contribuant davantage à l'amélioration de l'efficacité comparé à celle du moteur à pistons.

VI - Avantages Environnementaux

Indépendamment de la méthode d'allumage et de combustion, la Quasiturbine est un moteur unique par sa « combustion propre ». Les polluants produits par les moteurs à combustion interne disponibles dans le commerce incluent le monoxyde de carbone, les hydrocarbures imbrûlés et les oxydes d'azote. Le monoxyde de carbone et les hydrocarbures imbrûlés sont le résultat de combustion incomplète du carburant dans le moteur. Des oxydes d'azote sont formés en raison du temps de séjour relativement long du confinement à haute pression et haute température de l'azote (de l'air) dans la chambre à combustion. L'architecture unique du moteur Quasiturbine réduit au minimum la formation de ces produits polluants associés au moteur. La combustion uniforme et complète du carburant ne peut jamais être réalisée dans un moteur à pistons à RPM relativement élevé, parce que l'onde thermique d'allumage ne peut pas facilement rattraper le piston en fuite devant elle. En ce qui concerne le monoxyde de carbone et les hydrocarbures imbrûlés, le mouvement de la chambre à combustion de la Quasiturbine, qui est presque linéaire, favorise l'allumage uniforme du mélange air - carburant dans tous les recoins de la chambre. En ce qui concerne les oxydes d'azote, le temps de séjour du confinement à haute pression de l'azote dans la chambre de combustion de la Quasiturbine est sensiblement réduit. En conséquence, la réaction chimique conduisant à la formation des oxydes d'azote est retardée ou empêchée. Si la réduction des émissions « à l'échappement » était le seul avantage de la Quasiturbine, ce serait déjà là une avancée importante en technologie moteur.

Un avantage du moteur à photo-détonation est sa faible production d'oxydes d'azote (NO_x) dû dans ce cas à la limitation de température associée à la « surabondance d'air ». La Quasiturbine a le potentiel d'être un moteur sans lubrifiant conformément aux exigences du moteur à hydrogène du futur. Parce qu'elle n'a aucun temps mort, la Quasiturbine a une densité de puissance spécifique au moins 4 fois supérieure au moteur à pistons. Plus de détails sont disponibles dans le livre sur la Quasiturbine [9]. En bref, l'asymétrie des temps moteur et la précocité de l'admission et de la détente du mélange (sans volume excessif) permettent une meilleure conversion initiale et finale en énergie mécanique.

Une réduction plus rapide dans la chambre de combustion, de la température, de la pression et du temps de confinement conduit à la production de moins de NO_x . L'excès d'air en mode photo-détonation aide également à stabiliser la température de combustion tout en favorisant une combustion plus complète.

VII - Quasiturbine et l'Économie à Base d'Hydrogène

En raison du besoin d'améliorer drastiquement les politiques énergétiques et environnementales, des scientifiques et ingénieurs ont au cours des 10 dernières années complètement exploré la perspective d'une économie basée sur l'hydrogène. Cette décennie d'exploration nous ramène aux principes fondamentaux et révèle des observations inattendues : *Nous étions déjà dans une société d'hydrogène depuis plus d'un siècle.* Les recherches tout au long de ces années ont confirmé qu'une bonne façon d'emmagasiner l'hydrogène est de le lier aux atomes de carbone pour obtenir des produits de densité d'énergie élevée, gazeux, liquide, ou solide, qui sont plus pratiques pour les usages en transport et en mobilité. La méthode de stockage de l'hydrogène dans des molécules de carbone est la plus efficace. En effet, non seulement l'hydrogène se libère et brûle pour produire de la vapeur d'eau, mais les atomes de carbone brûlent également, produisant le bioxyde de carbone [12].

Il y a naturellement de grandes espérances de succès à l'utilisation de l'hydrogène comme combustible pour des systèmes de production d'énergie, et ceci a sans aucun doute contribué à un ralentissement observable du perfectionnement des moteurs à combustion interne. Quoiqu'il en soit, le rapport récent du MIT [3] est un tournant qui remet à la mode les recherches sur le moteur à combustion interne. À ce jour, les fabri-

cants de voitures comme GM ont investi fortement dans les piles à combustibles destinées à alimenter les moteurs électriques des véhicules, alors que d'autres comme BMW, ont surtout étudié la combustion de l'hydrogène dans les moteurs à combustion interne. Est-t-il possible que cette dernière solution puisse en fait être le point de convergence technologique optimum pour l'usage de l'hydrogène du futur ?

À l'exclusion d'une source nucléaire, l'hydrogène doit être produit à partir d'un autre carburant, tel que le gaz naturel, avec une perte correspondant à environ 30% de la valeur énergétique du carburant pendant la transformation. Lorsque la déperdition d'énergie liée au traitement est prise en considération, les piles à combustibles ont seulement environ 35% d'efficacité en combustible, tout au plus. En outre, parce que les piles à combustible dépendent généralement de l'hydrogène, il y a de sérieuses interrogations au sujet de la production, de la transmission et de l'entreposage du carburant d'hydrogène qui doivent être solutionnées avant qu'elles puissent devenir une option généralement acceptable. Une étude détaillée, commandée par le ministère de l'énergie des É.-U. et rendue publique en 2002 en même temps que l'annonce de l'initiative du « FreedomCAR », démontre la complexité extraordinaire de ce gigantesque projet, et les coûts considérables de sa mise en œuvre (http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/33098_sec1.pdf).

Alors que l'hydrogène est « le talon d'Achille » des piles à combustible, la Quasiturbine n'a aucune limitation de ce genre. La Quasiturbine est un moteur multi carburants et peut recourir à la plupart des infrastructures existantes (incluant l'hydrogène, si et lorsqu'il sera disponible). Tandis que la pile à combustible peut être une option pour un incertain futur éloigné, la Quasiturbine est une option immédiate.

Le mode photo-détonation est d'une nécessité pratique pour le moteur à hydrogène. Afin d'effectuer un travail sur un piston, le mélange air - carburant doit brûler à une vitesse plus rapide que celle du piston qui se déplace. La faible vitesse de propagation de la flamme d'hydrogène est un inconvénient partagé avec la plupart des autres combustibles gazeux. Par comparaison, un mélange air - essence a une vitesse de front de flamme typiquement dans la gamme de 70 à 170 pieds / seconde dans des moteurs à combustion interne, alors qu'un mélange idéal air - hydrogène a une vitesse de front de flamme d'environ 8 pieds / seconde. Un moteur de véhicule moyen tournant à 2000 tours / min. (33 révolutions par seconde) produit une vitesse linéaire du piston de 45 pieds / second à mi-course, *ce qui est déjà 5 fois plus rapide que la vitesse du front de*

flamme de l'hydrogène. Le fait qu'un mélange air – hydrogène a une vitesse de front de flamme d'environ 1/10 de celle d'un mélange air – essence contribue à expliquer pourquoi le moteur à hydrogène tourne à puissance réduite et à bas RPM sous la charge. Cependant, le mode photo-détonation est extrêmement rapide et supprime totalement cette limitation. C'est pourquoi le mode photo-détonation (non compatible avec le piston, mais avec la Quasiturbine) est si critique au futur du moteur à hydrogène.

La Quasiturbine a toutes les caractéristiques exigées pour fonctionner avec l'hydrogène [12], et elle permet de plus la stratification de l'admission, une faible sensibilité à la photo-détonation et même la possibilité d'un moteur sans lubrifiant (l'hydrogène ayant la voracité de dégrader toute huile, ce qui pourrait être d'intérêt à long terme). Pour toutes ces raisons, la Quasiturbine s'intégrera parfaitement à l'économie basée sur l'hydrogène lorsqu'elle deviendra réalité.

VIII - Révolution pour les Véhicules et le Transport

Historiquement, on accepte généralement que la puissance des moteurs augmente avec la cylindrée, mais ce n'est pas tout à fait vrai, et cela mène à une substantielle confusion dans le monde des moteurs. Pour tous les moteurs à pistons, la cylindrée est l'ensemble du volume total maximal des cylindres, mais le piston à 4 temps par exemple, admet ce volume en mélange de carburants seulement une fois à chaque 2 révolutions. Afin de comparer différents types de moteurs, on doit retourner aux principes fondamentaux où la puissance d'un moteur théoriquement bon (le piston et la Quasiturbine en sont, mais pas le Wankel en raison du diagramme P-V) est proportionnelle à ses capacités d'admission du mélange de carburant par révolution, et non à sa cylindrée. Voyons ce qui se produit lorsqu'on compare un moteur à piston à quatre temps de 50cc à une Quasiturbine QT50cc au même RPM. Les deux moteurs ont les volumes maximaux de chambre de 50 cc. Le moteur à pistons admet un volume de 50cc à chaque 2 révolutions, tandis que la Quasiturbine admet un volume de 8 chambres X 50cc = 400cc par 2 révolutions. *La Quasiturbine admet donc 8 fois plus de volume de chambres et donc de mélange de carburant, et produit environ 10 fois plus de puissance.* Évidemment, la puissance n'est pas ici proportionnelle à la cylindrée, où les moteurs se comparent 1 à 1 par la cylindrée, mais 1 à 8 par le volume de mélange carburant admis et la puissance. En conséquence, pour produire la puissance équivalente d'un moteur à

pistons à 4 temps, la cylindrée de la Quasiturbine devrait être de seulement 1/8 de celle du piston. En outre, à moyen terme, le RPM maximum de la Quasiturbine excédera probablement par un facteur de 2 à 5 RPM maximum du piston, parce qu'elle n'a aucune soupape, ni vilebrequin. Puisque la puissance augmente quasi-linéairement avec le RPM, la supériorité se révélera exponentielle (façon de parler !). Tout ceci devrait suggérer aux manufacturiers de véhicules d'inscrire dorénavant sur la valise arrière *le volume d'admission par révolution, plutôt que la cylindrée*. En conséquence, pour les mêmes puissance et RPM, la Quasiturbine est environ 4 fois moins encombrante et 5 fois moins pesante qu'un moteur à pistons, et au moins 20 % plus efficace (le mode photo-détonation produit encore plus de puissance et est beaucoup plus efficace), a un couple beaucoup plus élevé, ce qui correspond exactement à ce que les experts recherchent. La Quasiturbine sera également 20 fois moins bruyante, ce qui n'est peut-être pas ce que les adolescent(e)s recherchent...

En raison de sa densité de puissance élevée, sa vibration nulle, son couple élevé et son adaptabilité multi carburants, la Quasiturbine convient particulièrement bien aux usages dans les véhicules de transport [13], conventionnels ou alternatifs. Notamment, la propulsion alternative exige d'avoir à bord une réserve d'énergie complète, alors que le moteur à combustion interne exige seulement d'avoir le carburant pétrolier, et pas l'oxygène qui est prise de l'atmosphère en cours de route (un réservoir de carburant de véhicule requiert typiquement 2 tonnes d'oxygène qui n'ont pas être transportées à bord). Pour cette raison, le moteur à combustion interne livre une concurrence déloyale aux moyens alternatifs de propulsion, et il est susceptible d'être là pendant encore longtemps...

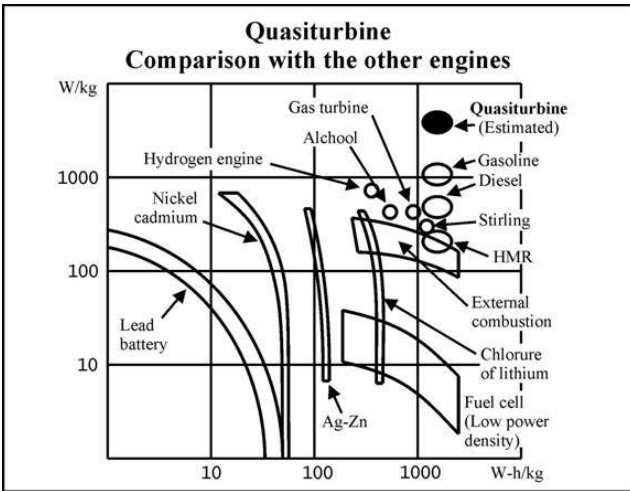


Diagramme de RAGON - Une comparaison de plusieurs moteurs de véhicule en fonction de leur densité spécifique d'énergie et densité de puissance.

Notez la basse densité de puissance spécifique des piles à combustible d'hydrogène, dans le coin inférieur droit du diagramme.

Référence : Romance of the engines, par Dr. Tukashi Suzuki, Éditions SAE.

Véhicules Électriques...

En moyenne, un véhicule parcourt 20.000 kilomètres par an, ou moins d'une heure de service par jour, et utilise typiquement 12% de sa puissance maximum installée, ce qui correspond à une puissance moyenne annuelle de 0,3 kilowatt ou 0,4 CV par véhicule. Le paradoxe à résoudre est que les véhicules exigent une grande puissance instantanée, mais une consommation d'énergie annuelle relativement basse, tout en requérant une bonne caractéristique de mobilité. Une turbine hydroélectrique typique de barrage produit 200MW, ce qui pourrait suffire en théorie pour animer une flotte de 800 000 véhicules, mais souffre du manque de mobilité à partir des réseaux électriques courants. Que diriez-vous d'un petit générateur quasi-perpétuel Quasiturbine Stirling de 1 CV embarqué pour recharger les batteries ? La source de chaleur pourrait même être une petite granule nucléaire « à décroissance rapide » [11] permettant à ce générateur de fonctionner sans interruption pendant des années. Dans ce cas, le moteur Quasiturbine Stirling couplé à la technologie électrique hybride offrirait un nouvel horizon paradoxalement environnemental, et oui, *le véhicule nucléaire*.

Dans la plupart des régions du monde, les combustibles liquides (fossiles ou alternatifs) sont toujours de loin la meilleure manière de concentrer et transporter une énergie autonome, et avec les moteurs à combustion interne comme partenaires, ils offrent une solution sans égal pour la mobilité. La course à l'efficacité et la propreté environnementale devient cependant l'argument critique. Pour cette raison, il sera difficile d'éviter la technologie Quasiturbine. Compte tenu de la précarité du présent contexte international énergétique et environnemental, cette nouvelle technologie est bienvenue, et sera un puissant levier technologique pour les pays les premiers impliqués.

Le fait qu'à puissance équivalente, la Quasiturbine occupe seulement un quart de l'espace maintenant alloué au moteur à pistons, ne pèse qu'un cinquième de son poids, n'utilise qu'une boîte de rapport de vitesses simplifiée (possiblement uniquement pour la marche arrière), n'a aucune vibration et un faible bruit est suffisant pour captiver l'imagination. Ajoutez à cela que la Quasiturbine pourra être fabriquée compétitivement une fois produite en série, et améliorera formidablement l'efficacité des moteurs tout en réduisant la pollution...

Mais le plus grand impact pourrait découler de la relation entre le concept de véhicule hybride et le moteur Quasiturbine à photo-détonation [2]. Le concept hybride de véhicule est intéressant avec les moteurs à combustion interne conventionnels actuels parce qu'il est plus efficace de faire fonctionner un moteur de 20 kilowatts en continu à pleine puissance de 20 kilowatts (en dépit de l'inefficacité, du poids et du coût du système de réserve), que de faire fonctionner un moteur de 100 kilowatts à 10 kW la plupart du temps. Ainsi, le véhicule hybride d'aujourd'hui offre un potentiel d'économie de carburant de 50% environ, ignorant l'investissement énergétique du système connexe. Comment ce fait-il que si vous abaissez la puissance d'un moteur à 10%, la consommation de carburant est seulement réduite à 25% ? Pour le moteur diesel, cela est relié au mélange non homogène du carburant du jet d'injecteur qui exige plus de carburant pour la mise à feu au ralenti. Pour le moteur à essence en mode Otto, cela est relié à la dépressurisation de la tubulure d'admission, qui fait travailler durement le moteur en pompe à vide contre la pression atmosphérique...

Ces limitations du moteur à pistons peuvent être surmontées par la Quasiturbine à photo-détonation. Ce n'est pas une route facile, mais c'est indéniablement une route impossible pour le moteur à pistons. La rampe linéaire de l'impulsion de pression plus brève

de la Quasiturbine permet de résister à la très violente mais propre et complète combustion de la photo-détonation. Le moteur à photo-détonation a une très faible pénalité d'efficacité à bas facteur de charge, ce qui signifie qu'un moteur de 100 kilowatts peut fonctionner efficacement et sans interruption pour produire seulement 10 kilowatts de puissance utile. Dans cette condition, il n'est aucunement utile d'avoir un système hybride de réserve d'énergie, puisque l'énergie dont vous n'avez pas besoin est conservée dans le réservoir de carburant. Cependant, le véhicule peut encore être électrique, mais alors avec un puissant générateur à régime variable de haute efficacité, plutôt qu'avec une réserve à batteries électriques.

*Un moteur de remplacement
pour les hydro-planeurs à turbine ?*

La plupart des usages moteurs requièrent un facteur de charge variable (par exemple, l'utilisation dans les véhicules terrestres demande en moyenne 15% de la puissance maximum du moteur). Les avions et les usages marins sont des exceptions évidentes parce qu'ils exigent un facteur de charge élevé de 70 à de 100%, et c'est là où le concept Quasiturbine est particulièrement approprié aux conditions les plus exigeantes. D'abord pour les avions, la caractéristique d'admission précoce du mélange de carburant de la Quasiturbine permet de maintenir « une puissance élevée du moteur en altitude », et la vibration zéro rendra le vol beaucoup plus confortable. En second lieu, les usages marins exigent de bas RPM et des couples très élevés, deux caractéristiques que la Quasiturbine fournit sans avoir nécessairement recours aux boîtes de rapport de vitesse. Troisièmement, les unités marines de propulsion d'aujourd'hui pour les bateaux rapides et légers sont trop lourdes pour hydro-planer, une amélioration importante provenant du facteur 5 de réduction de poids des Quasiturbines. Quatrièmement, parce que le centre des Quasiturbines est vide, il peut recevoir l'hélice de propulsion par jet d'eau directement entraînée par les quatre pales de la Quasiturbine, ce système de propulsion peut être submergé comme un groupe propulsif complet. La nécessité d'arbres et de boîte de rapport de vitesse est ainsi éliminée, ayant pour résultat une réduction additionnelle de poids ; et parce que la Quasiturbine n'a pas de carter à huile, le risque d'infiltration d'eau sera minimal. Ces particularités ont le potentiel de satisfaire aux exigences d'un récent appel pour le développement d'une unité électrique alternative - reciprocating - aux turbines à gaz, actuellement le choix des équipes de course en hydro-planeurs.

IX - Supériorité Opérationnelle au Moteur Wankel

M. Felix Wankel a commencé à travailler en 1926 sur son bien connu « moteur à pistons rotatif Wankel », et l'a fait fonctionner pour la première fois (moins d'une minute) 31 ans plus tard, soit en 1957. Il lui a fallu encore environ 10 années pour le mettre dans une voiture, à une période où les réacteurs nucléaires demandaient seulement 4 ans, du concept à la mise en service... À la différence d'aujourd'hui, M. Wankel n'avait pas accès à la simulation sur ordinateur et il a dû fabriquer son moteur pour en déterminer les caractéristiques opérationnelles, lesquelles se sont avérées très intéressantes, excepté pour les niveaux inacceptables d'hydrocarbure imbrûlés et la consommation élevée de carburant. Mazda continue d'utiliser ce moteur dans sa série de RX, mais avec un succès limité depuis la crise énergétique de 1973.

Évidemment, personne n'est probablement aujourd'hui disposé à lancer une entreprise de moteurs dans des conditions similaires, et il est important pour éviter les déceptions futures, d'évaluer en détail les faiblesses techniques potentielles de tout nouveau concept de moteur. C'est pourquoi les scientifiques de Quasiturbine consacrent d'importants efforts à comparer leur approche au Wankel et aux autres concepts via la simulation sur ordinateur. L'objectif de cet ouvrage n'est pas de présenter un document technique complet, mais un examen des réponses aux questions techniques fréquemment posées (FAQ) au sujet de cette technologie, comparée au Wankel et au piston est des plus opportune dans les circonstances.

A - L'efficacité maximum dépend des températures extrêmes du cycle de Carnot. Dans l'opération du moteur à essence, comment peut-on doubler le rendement avec la Quasiturbine sans augmenter la température ?

La référence relative au doublement du rendement n'a rien à voir avec le cycle de Carnot, mais résulte du fait que le mode Otto exige un vide dans la tubulure d'admission et qu'à bas régime, en produisant ce vide, le moteur consomme de l'énergie pour lutter contre la pression atmosphérique. D'ailleurs, c'est en partie en enlevant le papillon de la tubulure d'admission que le moteur diesel fait ses gains. La pénalité d'efficacité est nulle avec un facteur de charge élevé, mais comme le facteur typique de charge des véhicules est de 10 à 15%, le rendement dans la pratique est extrêmement pénalisé (50% en général [8]). La photo-détonation double ainsi l'efficacité du mode Otto dans les usages du transport, sans pour autant dépasser les limites de la prévision de Carnot.

B – Qu'est ce que le défaut théorique du Wankel ? ... et pourquoi la Quasiturbine n'a-t-elle pas ce défaut ?

Cette question est fondamentale, mais malheureusement, elle exige des ingénieurs de faire un peu de physique. En effet, le piston a une qualité implacable qui vient du fait que la variation de volume du cylindre est rigoureusement produite par le mouvement de la surface de poussée du pistons [4]. Cela fait du moteur à pistons une machine performante qui suit rigoureusement l'efficacité du diagramme Pression - Volume. Il y a plusieurs années, les inventeurs de la Quasiturbine ont démontré que le volume de la chambre du Wankel en début de détente est sensiblement plus grande que le volume engendré par la surface de la poussée. En conséquence, le Wankel subit une perte géométrique de pression au début de la détente qui ne répond pas au diagramme P-V, et la chute de pression adiabatique correspondante refroidit excessivement le gaz chaud et empêche la combustion complète. Contrairement au Wankel, l'évolution du volume des chambres de la Quasiturbine correspond rigoureusement au volume engendré par la surface tangentielle de poussée, et la Quasiturbine se comporte ainsi totalement comme le piston à cet égard, suivant parfaitement le diagramme P-V. La Quasiturbine n'a donc pas le défaut théorique du Wankel.

La compréhension de ces données opérationnelles sur la détente est essentielle pour s'assurer que la Quasiturbine ne soit pas sujette à une résistance intellectuelle semblable à celle subit par le concept Wankel. Voir <http://quasiturbine.promci.qc.ca/FQTperformance.html> (paragraphe 4 et la figure qui le suit), et le chapitre 8 du livre (page 123) [9]

C - Sur le concept lui-même, la Quasiturbine a-t-elle les mêmes inconvénients que le moteur rotatif Wankel, lequel ne peut pas facilement s'adapter aux conditions d'émissions d'échappement puisqu'il dégage d'importantes quantités d'hydrocarbures imbrûlés et a une consommation excessive de carburant?

La Quasiturbine n'est absolument pas comparable au Wankel à cet égard, et n'a pas ses défauts. Même si la Quasiturbine a l'avantage de diviser le périmètre en 4, plutôt qu'en 3 comme le Wankel, on doit mentionner que certains ont typiquement et incorrectement déclaré que les chambres à combustion de forme allongée ne permettent pas la combustion complète en raison du coincement de la flamme dans les zones étroites des extrémités. Les défauts de la combustion et de la consommation du Wankel résultent plutôt directement de ses imperfections théoriques comme expliqué ci-haut en « B ».

D - Comment le positionnement de la Quasiturbine sur le diagramme de RAGON est-il justifié ?

Ce diagramme de RAGON positionne les divers moteurs de véhicule selon la densité de puissance produite et la densité de la source d'énergie, mais il ne fournit aucune information sur l'efficacité de l'unité. L'axe des abscisses est la position allouée au carburant « essence » et l'axe des ordonnées est le résultat de la densité de puissance spécifique de la Quasiturbine, auquel environ quinze éléments contribuent. Si on devait faire un commentaire sur ce positionnement, ce serait pour indiquer qu'il concerne le fonctionnement de la Quasiturbine en mode Otto au même RPM que le piston (sans égard au potentiel de la Quasiturbine à plus haut RPM – qui multiplie la puissance – puisque sans valve papillon et avec une admission continue). *Théoriquement, le mode photo-détonation à RPM plus élevé permettrait de tripler la valeur du positionnement en puissance sur le diagramme RAGON.*

E - Le terme « photo-détonation » présente un concept de combustion quasi-spontanée. Bien que l'énergie rayonnée soit proportionnelle à la quatrième puissance (T^4) de la température, il est difficile de comprendre l'existence d'un tel rayonnement avant l'initialisation de la combustion.

Il y a plusieurs éléments confus ici. La compression adiabatique du mélange augmente la température considérablement et, aux taux de compression très élevés, elle crée un rayonnement suffisamment intense. Dans certains cas, le thermo-allumage peut en effet précéder la photo-détonation. Dans ce cas, l'auto allumage inhomogène de poches de mélange contribuera à augmenter la pression, la température et le rayonnement. Dans la pratique, le thermo-allumage est acceptable et n'est pas gênant, quoiqu'un peu plus lent. Pour cette raison, il est préférable d'utiliser un carburant sans additif antidétonant, qui se comporte comme un absorbant photonique et cherche à éteindre la combustion en créant une absorption volumétrique du rayonnement.

F - Pourquoi le concept de Quasiturbine est-il plus favorable à la combustion HCCI que le piston ?

Les références sur le mode HCCI (photo-détonation [2]) montrent que le moteur à pistons tourne bien « sans charge » en mode HCCI, mais pas facilement autrement (même avec une contamination d'admission par les échappements). La recherche HCCI s'attarde au contrôle du moment d'allumage de la combustion, instant instable puisque l'impulsion de pression du piston est relativement longue et plate à cette

échelle. L'impulsion de pression de la Quasiturbine (particulièrement le modèle AC) est de 15 à 30 fois plus brève près du sommet, ce qui présente un effet auto-synchronisant du thermo-allumage ou de la photo-détonation, et une réduction équivalente du temps de la contrainte de confinement extrême de pression. En outre, le modèle de Quasiturbine AC avec chariots offre un rapport surface / volume plus élevé, ce qui tend à atténuer la violence de la détonation.

G - Les pièces mobiles résisteront-elles à la température ?

Les difficultés reliées à la température existent dans tous les moteurs et en particulier avec les soupapes des pistons et les pales des turbines chaudes. Il n'y a rien ici de comparable (aucune soupape) et les solutions sont du domaine public.

H - Quelles sont les exigences de lubrification, et leurs solutions ?

En ce qui concerne la lubrification, la solution initiale simple est d'ajouter un peu de lubrifiant sans cendre au carburant (la solution de Wankel jusqu'aux années 90), mais une construction commerciale robuste avec des joints de céramique devrait supprimer cette nécessité, comme elle l'a fait pour le Wankel.

I - Qu'arrive-t-il aux pertes de charge au moment du passage devant les fenêtres d'admission et d'échappement ?

La perturbation est brève comparativement à celle d'une soupape de piston qui obstrue 75% du temps les tubulures d'admission et d'échappement. Pour l'instant, les fenêtres sont faites d'une séquence de trous distribués suivant l'axe du moteur. Le facteur de charge des conduits d'admission et d'échappement de la Quasiturbine est de 6 à 10 fois plus élevé que dans le cas du moteur à pistons à 4 temps.

J - Comment le carburant est-il dosé dans la Quasiturbine ?

Un mélange continu est introduit dans la Quasiturbine par une fenêtre à géométrie fixe. En mode d'Otto, une valve papillon est utilisée dans la tubulure d'admission comme dans le cas du piston. En mode photo-détonation, on pulvérise le carburant dans la tubulure ouverte d'admission (aucune vanne papillon), afin de produire des concentrations comparables à celles produites par l'intermédiaire de l'injecteur de carburant dans le moteur diesel, avec cependant l'avantage d'un mélange uniforme au moment de la combustion. La

position des fenêtres peut être légèrement décalée pour tenir compte de l'inertie d'écoulement. Il n'y a aucun problème de chevauchement de soupapes, ni de proximité des fenêtres d'admission et d'échappement, puisqu'elles sont respectivement aux extrémités opposées de la chambre...

K - Quel système assure l'étanchéité ?

L'ingénierie des joints AC est décrite dans le brevet [1], et montré dans le livre [9]. Ces joints sont de type à tiroir dès plus courants et tout à fait semblables à ceux utilisés dans les pompes rotatives ou à palettes. L'articulation est en elle-même d'une excellente étanchéité.

L - Que diriez-vous de l'arbre d'entraînement de puissance ? Comment le lubrifiez-vous ?

L'arbre d'entraînement n'est pas une partie du moteur, et ce fait est avantageux pour plusieurs usages, comme pour une pompe Quasiturbine qui pourrait être placée dans le centre creux du moteur (de même pour une hélice de turbine de propulsion de bateau, ou un générateur concentrique). Dans le cas d'un générateur conventionnel par exemple, ceci permet de placer les crochets directement sur l'arbre de puissance du générateur lui-même et de glisser la Quasiturbine par dessus, ce qui supprime tous les problèmes d'alignement d'arbres, puisqu'il n'y en a qu'un seul, soit l'arbre du générateur lui-même. Comme ce mécanisme d'arbre n'est pas une pièce interne à la Quasiturbine (bien qu'en son centre), il est facile de le lubrifier au besoin.

M - Le mouvement du piston avec la bielle reliée au vilebrequin n'est pas sinusoïdal et cela oblige un équilibrage afin d'atténuer les vibrations dues au mouvement non sinusoïdal - Qu'en est-il avec la Quasiturbine ?

Cela est exact pour le piston et le site Internet Quasiturbine [1] et le livre [9] montrent cette variation comparée au mouvement sinusoïdal rigoureux. Cependant, les vibrations du moteur à pistons sont essentiellement dues au mouvement du centre de masse de l'ensemble vilebrequin, bielle et piston pendant la rotation, et même un mouvement sinusoïdal rigoureux du piston ne supprimerait pas ce mouvement du centre de masse qui engendre la vibration. La Quasiturbine a un centre de masse rigoureusement immobile durant la rotation.

N - La complexité du mécanisme compromet-elle la viabilité et la fiabilité ?

Ici, on sous-estime grandement la complexité du moteur à pistons avec ses tiges, soupapes, culbuteurs, arbres à cames, injecteurs. S'il est vrai que la complexité a été historiquement synonyme d'échec, ce n'est plus vrai aujourd'hui. L'automobile moderne par exemple, est d'une grande complexité, et l'avion de ligne Airbus est un des avions les plus complexes au monde, tout en réduisant au minimum les frais d'entretien et de consommation de carburant. En outre, bien que les montres électroniques soient plusieurs millions de fois plus complexes que les horloges mécaniques, elles ont envahi le marché compétitivement, *et sans échec*.

O - La Quasiturbine a-t-elle quelques inconvénients ?

La dernière phrase du livre « *La Quasiturbine Écologique* » [9] expose qu'il y a 2 genres d'innovations : celles qui améliorent les technologies en place, et celles qui les rendent désuètes. La Quasiturbine a l'inconvénient principal discutabile d'être de la seconde catégorie. En outre, contrairement aux impacts sur l'infrastructure nationale d'énergie des piles à combustibles qui sont anticipés dans 30 ans, la Quasiturbine a l'inconvénient d'avoir un impact imminent. Il ressort que la Quasiturbine *est non évidente* et si elle l'était, elle aurait été inventée au siècle dernier. Évidemment, beaucoup plus pourrait être dit et écrit sur le sujet. Voir [1] www.quasiturbine.com et le livre. [9]

X - Technologie Stratégique et Développement Économique

L'industrie automobile exige typiquement 8 ans et un demi milliard de dollars pour développer une nouvelle génération de moteur à pistons. Parce que les conduits d'admission et d'échappement sont fermés par les soupapes d'échappement 80% du temps, le régime d'écoulement transitoire est l'obstacle principal au développement d'un moteur à pistons plus propre et à plus haute densité spécifique de puissance, avec le système de soupapes comme facteur limitant du RPM en tenant compte de l'environnement. La compréhension courante des moteurs ne permet pas ou fait fi d'ignorer la compréhension correcte du concept Quasiturbine. D'ailleurs, seulement une parcelle des stratégies de développement opérationnel du moteur à pistons s'applique à la Quasiturbine. Tandis que la majeure partie de l'argent consacré au développement des moteurs à pistons va dans la culasse, là où se trouvent les soupapes, la Quasiturbine n'a aucune soupape et son régime d'écoulement est quasi-continu à l'admission

et à l'échappement. Ceci signifie que beaucoup moins d'argent et de ressources seront investis dans le développement de la Quasiturbine, car elle n'a pas de culasse. De plus, jusqu'à 6 ans de développements ardues peuvent être évités pour la Quasiturbine, tout en économisant plusieurs centaines de millions de dollars en dépenses de recherches.

Afin de faciliter une pénétration plus rapide et disciplinée du marché, Quasiturbine Agence Inc. a déjà annoncé son intention d'impliquer les présents fabricants de moteurs dans la co-fabrication des moteurs Quasiturbines pour leurs besoins de production.

Pour placer les enjeux en perspective, l'industrie des ordinateurs est vaste, mais elle est minimale comparée à l'industrie multisectorielle de l'énergie. Des moteurs à combustion interne de toutes puissances sont utilisés de par le monde et constituent littéralement les « nerfs » des sociétés modernes. Un nouveau concept réussi de moteur non seulement pourrait aider à atteindre l'objectif du protocole de Kyoto, mais en étant plus efficace, il réduirait l'importation de carburant et affecterait notablement les dépenses ou revenus externes de plusieurs pays. Le développement économique potentiel pourrait être considérable pour les pays initialement impliqués dans la fabrication d'un tel moteur, et l'intégration dans les usages pourrait aussi produire des opportunités d'envergure. Les moteurs de 10 CV et moins comptent pour environ 1 moteur par 5 habitants dans de nombreux pays, ce qui en soi, constitue un grand - et nouveau - marché de substitution. Les véhicules de transport seront une cible prédominante et naturelle une fois que la technologie aura mûri et sera bien éprouvée, et ce sera alors d'intérêt international.

C'est l'objectif de cet article que d'attirer l'attention des communautés influençant la technologie et la politique, et d'annoncer que de nouvelles technologies naissantes existent et peuvent conduire vers une nouvelle confiance en l'avenir de la planète, guidée par des sociétés et des gens dynamiques et visionnaires.

XI – Références

- [1] www.quasiturbine.com
- [2] <http://quasiturbine.promci.qc.ca/QTPhotodetonation.html>
- [3] <http://web.mit.edu/newsoffice/tt/2003/mar05/hydrogen.html>
- [4] <http://quasiturbine.promci.qc.ca/QTpasWankel.html>
- [5] <http://quasiturbine.promci.qc.ca/QTAcademiquePneumatiqueJeu.htm>
- [6] Scientific American of June 2002
« A Low-Pollution Engine Solution - New sparkless-ignition
automotive engines gear up to meet the challenge of cleaner combustion »
- [7] <http://www.llnl.gov/str/Westbrook.html>
- [8] http://www.vok.lth.se/CE/research/HCCI/i_HCCI_uk.html
- [9] <http://quasiturbine.promci.qc.ca/QLivreFrancais.html>
- [10] <http://quasiturbine.promci.qc.ca/GHGAlberta0205.html>
- [11] <http://quasiturbine.promci.qc.ca/QTStirling.html>
- [12] <http://quasiturbine.promci.qc.ca/QTHydrogene.html>
- [13] <http://quasiturbine.promci.qc.ca/QTVehiculeE.html>