

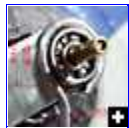
Home

*mise à jour  
le 24/08/06*

## Moteur Stirling à gradient de 3°C

version 3.6

### Modifications par rapport à la version 3.5 :



- l'épaisseur du déplaceur a été ramenée par abrasion à environ 7 mm, sa course à 4 mm, et la hauteur du cylindre à 12 mm (le but recherché étant de diminuer autant que possible la vitesse linéaire du déplaceur et donc l'énergie pour le mouvoir)



- afin de profiter au maximum du volume restant et de pouvoir aller pratiquement au contact des deux plateaux, l'axe de la bielle est maintenant réglable. Une petite pièce en alu coulisse à la surface du CD, permettant un réglage à 1/10 ou 2/10 près - en cas d'erreur, la bielle élastique évite de forcer sur certains éléments (et un petit coup de pince permet d'ajuster sa longueur...)

- tous les axes de rotations sont équipés de roulements à billes miniatures à faible frottement ( $\varnothing$  int 1,5 ,  $\varnothing$  ext 4 ou 5 mm). En fait, je crois que j'ai réalisé cette modification essentiellement pour me faire plaisir...;o) Avec des pièces légères comme celles employées ici, les roulements n'apportent pas de gain sensible. En dessous de 10 g de charge radiale, et avec des axes en corde à piano de  $\varnothing$  0,8 mm, les paliers lisses sont plus avantageux. Le seul endroit où ce soit vraiment intéressant, c'est pour le palier situé près du centre du CD qui supporte une charge d'une vingtaine de grammes. Aux faibles températures, et aux vitesses de rotation atteintes, les autres paliers sont soit aux alentours de 10 g (côté piston moteur), soit en dessous.

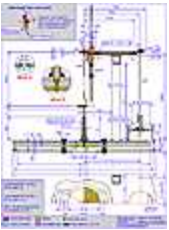
- le trou de décompression est à présent surmonté d'un embout permettant de relier le moteur à un manomètre à eau ou à un capteur de pression. Cet aménagement favorise grandement la mise au point en permettant, entre autres, de vérifier l'étanchéité du moteur et de mesurer son taux de compression : dans le cas présent, la diminution de la hauteur du cylindre a fait passer le taux de compression de 1,002 à 1,003...



*en cours de test, alimenté par deux résistances de 2W*

## Performances :

[plan .jpg](#)  
[plan .pdf](#)



L'ensemble de ces modifications a permis d'abaisser sensiblement le seuil de fonctionnement du moteur, puisqu'il tourne à présent à 40 t/min avec une différence de température de 3°C seulement, et à 120 t/min pour une différence de 6°C - poussé dans ses derniers retranchements (2,5°C), le moteur accepte de descendre jusqu'à 24 t/min, mais fonctionnant alors à la limite de ses possibilités, il s'arrête au bout de quelques minutes - pour fixer les idées, un écart de 3°C peut être obtenu en soutenant le moteur du bout des doigts, et 6°C en le posant à plat sur la main

Mais il est plus pratique d'utiliser des résistances électriques pour faire varier la température et c'est ce qui a été fait pour établir les relevés ci-contre :

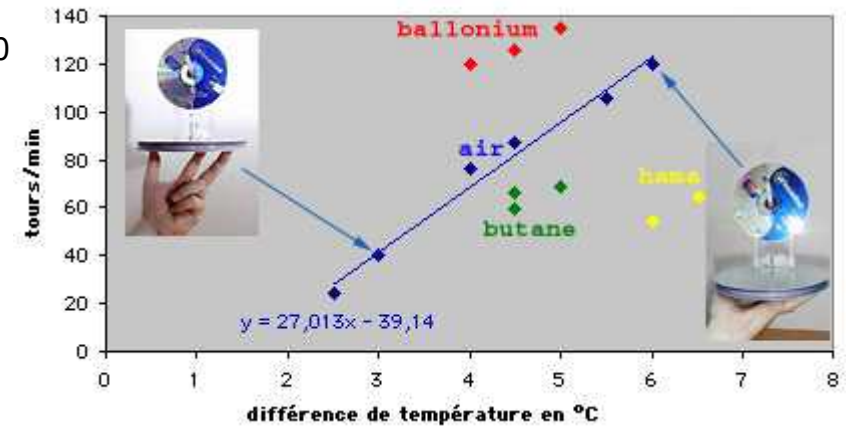
- dans cette plage d'utilisation restreinte, la vitesse de rotation apparaît comme étant liée d'une façon sensiblement linéaire à la différence de température entre les deux plateaux.

- si l'on prolonge la courbe de régression, on voit qu'elle coupe l'axe des X entre 1°C et 2°C. Au niveau d'évolution actuel, il semble difficile de faire fonctionner ce moteur sous le seuil symbolique de 1°C...

- je me suis amusé à remplacer l' air par différents gaz que j'avais sous la main : d'abord par ce que je pense être du **ballonium** , un mélange d'hélium et d'azote utilisé pour gonfler les ballons de baudruche et qui, pour un gradient de température donné, améliore la vitesse de rotation de 40 %. Ensuite, ce que j'appelle du **butane** (en fait, là aussi, un mélange de 60 % de butane et de 40 % de propane), qui au contraire fait chuter les performances d'environ 20 %. Et enfin, du gaz provenant d'une bombe dépoussiérante de marque **hama** , dont je ne connais pas la composition, et qui est le moins performant de tous puisqu'il divise la vitesse de rotation du moteur par deux .

Ces essais rapides confirment, s'il en était besoin, qu'il est préférable d'utiliser un gaz dont la masse moléculaire est faible - en supposant que le ballonium contienne 75 % d'hélium et 25 % d'azote, la masse moléculaire moyenne du mélange doit se situer autour de 10 (contre 29 pour l'air) - le mélange butane/propane se situe probablement vers 55 - enfin, compte tenu de ses performances médiocres, le gaz mystérieux utilisé dans la bombe dépoussiérante pourrait avoir une masse moléculaire de l'ordre de 100 à 150 : un bon candidat serait le [tetrafluoroéthane](#) (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>F<sub>4</sub>), avec une masse moléculaire de 102 g/mole.

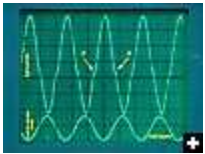
Voici une application inattendue de ces petits moteurs qui peuvent donc servir, une fois étalonnés, à estimer grossièrement la masse moléculaire d'un gaz inconnu...



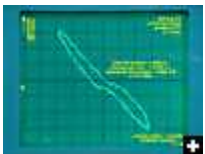
## Évaluation du rendement, tracé du diagramme (p,V)

(la méthode employée est la même que celle décrite à la fin de la page du [Blue LTD Stirling](#))

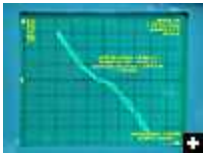
Conditions de mesure : plateau supérieur chauffé par deux résistances électriques totalisant une puissance de 4,8 W - différence de température de 6°C (36°C - 30°C) entre les deux plateaux - vitesse de rotation 127 t/min



- graphe représentant l'évolution de la pression et de la position du piston moteur en fonction du temps : on observe un déphasage d'environ 8 degrés entre la position basse du piston et la pression maximale - les repères a et b indiquent un palier dans l'évolution de la pression, probablement dû au changement d'appui de la membrane d'une rondelle à l'autre - on retrouve ces irrégularités amplifiées sur le diagramme (p,V)



- diagramme de travail (p,V), établi dans les conditions décrites plus haut - étant donné la faible différence de température, les variations de pressions sont modérées et le diagramme se présente sous une forme aplatie - la puissance relevée est d'environ 0,4 mW, alors que la formule du rendement idéal donne 46 mW (en supposant que 50 % de l'énergie des résistances soient dissipés vers l'extérieur et que seulement 2,4 W participent au fonctionnement du moteur - la membrane ayant un Ø de 27 mm et les rondelles un Ø de 22 mm, c'est un Ø moyen de 24 mm qui a été retenu pour les calculs)



- ce palier présente au moins un avantage, celui de faciliter le réglage de la bielle pour que le débattement de la membrane soit équilibré . En utilisant ce procédé, j'ai constaté une petite amélioration, puisque le moteur tourne maintenant de façon stable à 28 t/min avec un gradient de 2,5°C. Les mouvements du déplaceur étant lents, il est fort probable que le travail mesuré (6,5E-5 J par tour), corresponde essentiellement aux frottements mécaniques - la différence avec les 1,92E-4 J du diagramme précédent (env. les 2/3), s'expliquant alors par la quantité d'énergie plus importante absorbée par le déplaceur (vitesse x 4,5 = résistance de l'air x 20 = énergie x 20... en simplifiant ;o)

—  
Bonne réalisation...

