

MP30 : Acoustique

Avril 2021

4 Etude d'un moteur Stirling

Un moteur Stirling est théoriquement composé de 2 isothermes et de 2 isochores.

4.1 Etalonnage

- Etalonnage en température : Ne pas suivre la notice, on part du principe que les 2 fils sont à l'équilibre thermique avec l'air ambiant
- Etalonnage en volume : Utiliser la relation où V est le volume en m^3 et U la tension en V.

$$V = (32 + 4,2U)10^{-6} \quad (5)$$

- Etalonnage en pression : Insérer une seringue au niveau du petit tube en plastique relié au capteur de pression. Connaissant le volume de la seringue, on peut déterminer la pression que l'on impose au capteur avec la loi des gaz parfaits différenciée en relevant la tension correspondant à cette pression

sur l'oscillo, en effectuant par exemple une compression de la seringue de 5 mL par pas d'1 mL. Tracer ensuite la droite $U=f(\Delta P)$.

$$\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{\Delta V}{V} \quad (6)$$

où V vaut 20mL (seringue pleine) et P_0 la pression atmosphérique.

4.2 Tracé du diagramme (P,V)

Acquérir sous Igor les données de P et de V visualisées sur l'oscillo. En mode XY, on obtient le cycle du moteur. Penser à moyenner pendant l'acquisition pour avoir un cycle à peu près potable. Attention : le moteur Stirling ne démarre pas seul, il faut le lancer !

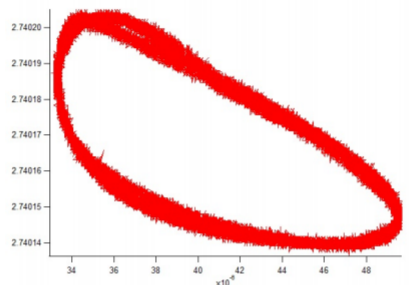


FIGURE 5 – Cycle Stirling (sans moyennage ...) : P en fonction de V

4.3 Calcul du rendement

Mesurer une période T sur le signal temporel pour calculer les puissances ensuite. En utilisant la fonction integrate sous Igor, calculer l'aire du cycle (P,V). Chaque "aller-retour" correspond à un cycle, on lit donc l'aire d'un cycle avec les curseurs (cf figure 6). Attention à l'échelle du graphe : il est possible d'avoir seulement une droite à l'écran, il faut en fait "zoomer" pour voir apparaître les aller-retours !

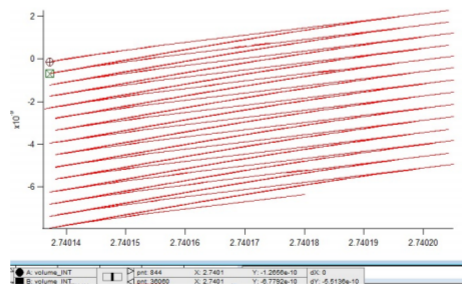


FIGURE 6 – Volume intégré en fonction de la pression

Cela nous fournit la puissance thermodynamique P_{thermo} avec :

$$P_{thermo} = \frac{aire_{cycle}}{T} \quad (7)$$

Calculer la puissance chimique moyenne fournie au moteur (et à l'air ambiant au vu du setup ...) $P_{chimique}$ en pesant le contenant de carburant avant d'allumer le moteur et après l'avoir éteint. En supposant que le carburant

est de l'éthanol pur, on a :

$$P_{chimique} = \frac{\Delta m}{M} \frac{\Delta r H_{\text{éthanol}}^0}{\Delta t} \quad (8)$$

où Δm masse d'éthanol consommée pendant Δt et M masse molaire de l'éthanol.

On peut ainsi calculer

$$\eta_{thermique} = \frac{P_{chimique}}{P_{thermo}} \quad (9)$$

Attention : il faudrait prendre en compte une puissance mécanique pour avoir le rendement "total", en mesurant le couple en sortie de l'arbre. J'ai choisi ici de ne pas le faire par manque de temps et parce que le matos fourni avec le moteur pour le faire est pas du tout précis.

On peut comparer notre rendement (même s'il manque la contribution mécanique) avec le rendement de Carnot :

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_{froid}}{T_{chaud}} \quad (10)$$

Différences moteur réel et moteur théorique : mouvement continu des pistons, grandes hétérogénéités de température au sein du moteur, irréversibilités.