

Moteurs

Introduction

Un moteur convertit en énergie mécanique une énergie de nature différente (électrique, chimique...)
Dans ce montage, nous allons caractériser 2 types de moteurs : un moteur électrique (moteur à courant continu) et un moteur thermodynamique (moteur Stirling) et calculer leur rendement.

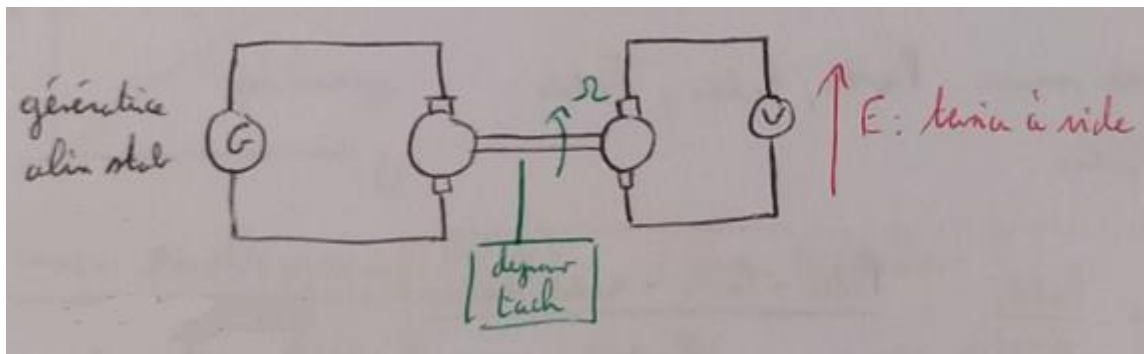
Matériel

- 2 moteurs à courant continu (banc ENSC 287)
- oscilloscope
- 2 wattmètres
- 2 multimètres
- alimentation stabilisée (36V/10A)
- rhéostat
- moteur Stirling + boîtier (ENSC 490)
- brûleur à éthanol (+ éthanol si besoin) + allumettes
- balance

I Moteur à courant continu

1) Caractéristiques du moteur : K et r_{induit}

On utilise un banc avec 2 moteurs à courant continu couplés, on suppose qu'ils sont identiques.



On fait varier la tension de 5 à 30 V.

La force électromotrice s'écrit : $E = K\omega$

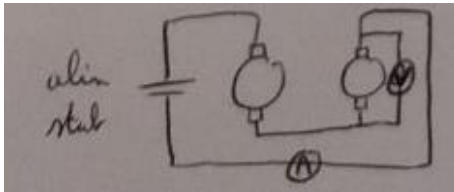
Pour trouver K, on mesure la tension à vide aux bornes de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation lue à la dynamo tachymétrique : $\omega = \frac{\pi}{30} \frac{1000}{6} U$, avec U la tension lue à la dynamo.

2) Pertes

On cherche à déterminer les pertes fer et mécanique du moteur. Pour un moteur :

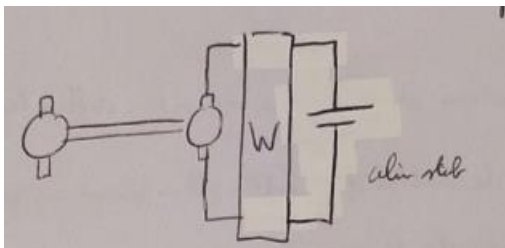
$$\frac{1}{2} (p_{abs} - r_{induit} I^2) = C_0 \omega, p_{abs} - r_{induit} I^2 = p_{pertes}$$

Pour trouver les pertes par effet Joule, on utilise le montage suivant :



Les deux couples s'annulent : le moteur ne tourne pas. On mesure pour un courant élevé la tension sur le 2^e MCC et on en déduit $r_{induit} : r_{induit} = \frac{U}{2I}$, la valeur tabulée est 0,5 Ω , l'incertitude du multimètre est de 0,02 Ω .

Pour les pertes fer et mécaniques, on utilise le montage suivant :



On mesure p_{abs} , I et ω , on trace les pertes en fonctions de ω et on en déduit C_0 .

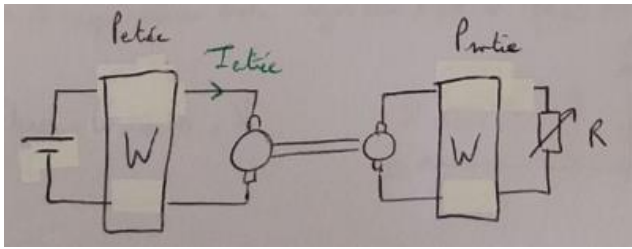
Connaissant C_0 , on peut remonter à J en faisant un lâcher à vide du moteur. On a l'équation mécanique : $J \frac{d\omega}{dt} = KI - C_0$, on peut négliger l'intensité I car elle décroît plus vite.

On lit la vitesse de rotation en fonction du temps à l'oscilloscope avec la dynamo tachymétrique. En ouvrant le circuit et avec le mode Single, on visualise la décroissance de la vitesse de rotation quand la machine s'arrête brusquement. On peut ainsi mesurer la pente $\frac{d\omega}{dt}$ et remonter à J.

3) Rendement

On se place à vitesse constante, on fait varier la résistance de sortie et on détermine $\eta_{elec} = \frac{P_s}{P_e}$ et

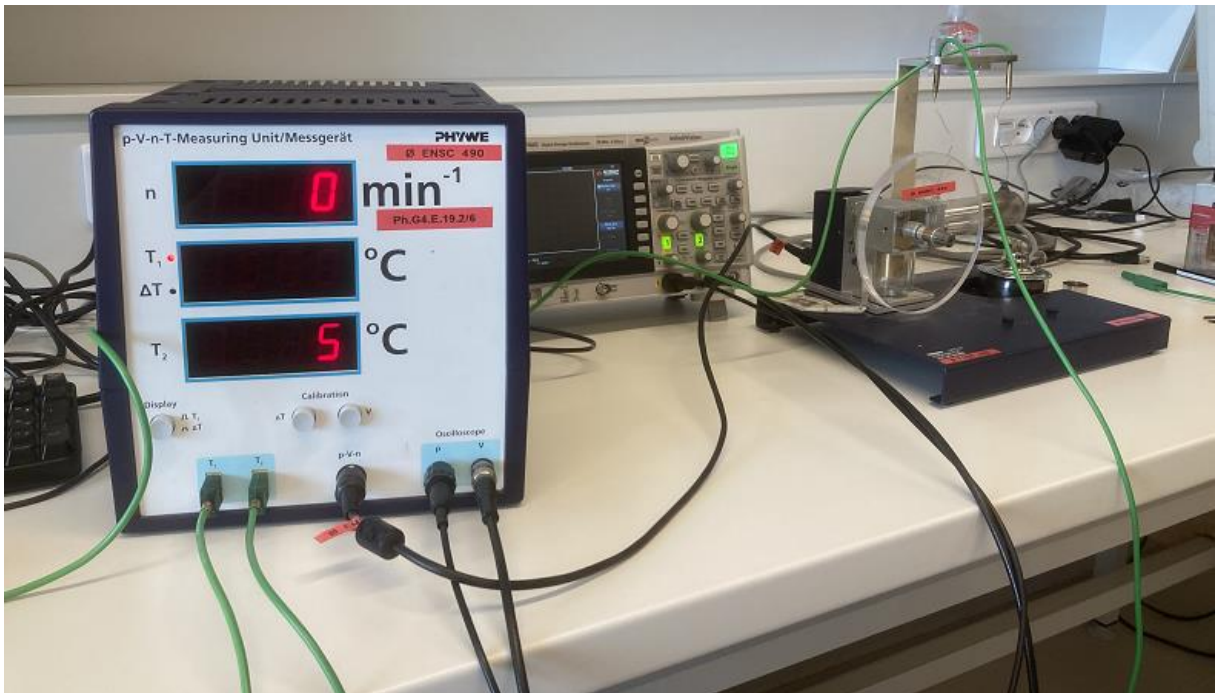
$$\eta_{méca} = \frac{P_u}{P_e}, P_u = P_e - r_{le}^2 - C_0 \omega$$



Les moteurs sont très utilisés dans les domaines de faibles puissances comme les jouets.

II Moteur Stirling

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



1) Étalonnage

Étalonnage en température : on considère que les deux fils sont à l'équilibre thermique avec l'air ambiant

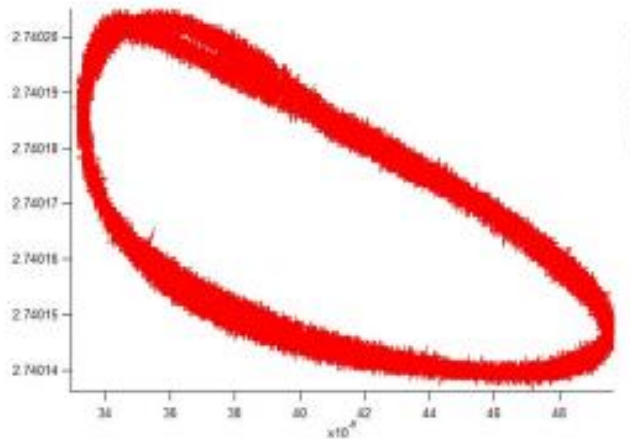
Étalonnage en volume : la relation entre le volume V et la tension associée lue sur l'oscilloscope est : $V = (4,2U + 32) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

Étalonnage en pression : on insère 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 correspondante sur l'oscilloscope. On effectue par exemple une compression de la seringue de 5 mL par pas de 1 mL. On trace ensuite $U = f(\Delta P)$, $\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{\Delta V}{V}$, avec $P_0 = 1 \text{ bar}$ (pression atmosphérique) et $V = 20 \text{ mL}$ (seringue pleine).

2) Diagramme (P,V)

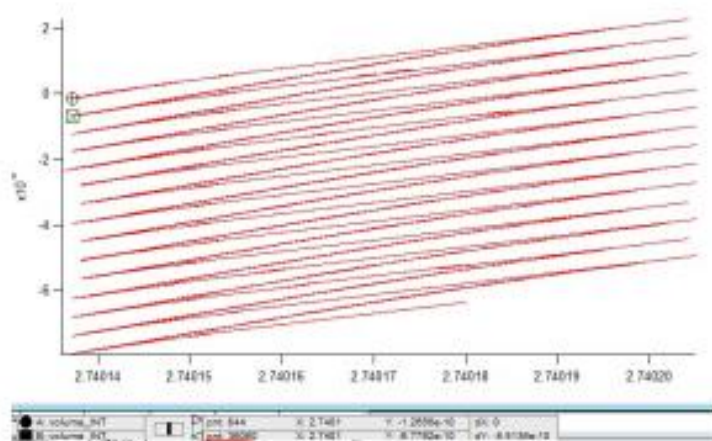
On utilise Igor pour acquérir les données de P et V visualisées à l'oscilloscope. En mode XY, on obtient le cycle du moteur. Le moteur Stirling ne démarre pas seul, il faut le lancer. Un moyennage améliore le cycle.

Remarque : problème rencontré : si le cycle affiché est incorrect, débrancher/rebrancher le câble entre le moteur et le « boîtier » indiquant la température.



3) Rendement

On mesure la période T sur le signal temporel. En utilisant la fonction Integrate sur Igor, on peut calculer l'aire du cycle. Chaque « aller-retour » correspond à un cycle, on lit donc l'aire d'un cycle avec les curseurs (Show Info).



On obtient la puissance thermodynamique : $P_{thermo} = \frac{E_{cycle}}{T}$

On calcule ensuite la puissance chimique moyenne fournie au moteur en pesant le brûleur avant d'allumer le moteur et après l'avoir éteint, on note la durée. On suppose que l'éthanol est pur.

$$P_{chim} = \frac{\Delta m}{\Delta t} \frac{\Delta_r H^0}{M}, \Delta m \text{ est la masse d'éthanol consommée pendant } \Delta t$$

Pour l'éthanol, $\Delta_r H^0 = -1368 \text{ kJ.mol}^{-1}$ et $M = 46,07 \text{ g.mol}^{-1}$

On peut calculer le rendement : $\eta_{thermique} = \frac{P_{thermo}}{P_{chim}}$

Il faudrait prendre en compte une puissance mécanique pour avoir le vrai rendement, en mesurant le couple en sortie de l'arbre. On peut comparer le rendement au rendement de Carnot :

$$\eta_c = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

Différence entre moteur réel et moteur théorique : mouvement continu des pistons, hétérogénéités de température au sein du moteur, irréversibilités

Conclusion

Nous avons donc vu 2 types de moteurs : électrique et thermodynamique. Un moteur peut parfois fonctionner dans l'autre sens : un moteur peut fonctionner en génératrice et convertir l'énergie mécanique en énergie électrique par exemple.

Questions

- Qu'est-ce qu'une dynamo tachymétrique ?
 - ➔ Il s'agit d'une petite machine à courant continu
- Pourquoi quand la vitesse de rotation augmente, les pertes augmentent ?
 - ➔ Les frottements mécaniques et les pertes fer dépendent de la vitesse (dépendance linéaire ou quadratique)
- Choix de l'alim continue ?
 - ➔ La MCC a un courant nominal de 8 A, on prend 10 A pour l'alim pour travailler sur toute la gamme permise par la MCC
- Utilisations concrètes du moteur de Stirling ?
 - ➔ Dans les sous-marins car peu de vibrations et dans les missions spatiales avec utilisation du Soleil pour chauffer la source chaude.
- Pourquoi pour la mesure de K la tension est mesurée sur la machine à vide et pas sur la machine alimentée ?
 - ➔ Car on prendrait en compte la résistance d'induit en mesurant sur la machine alimentée.
- Comment expliquer la différence entre la valeur mesurée pour J et la valeur constructeur ?
 - ➔ Le J mesuré prend en compte l'arbre couplant moteur et génératrice, la dynamo tachymétrique.