

# M 35 : MOTEURS

*Par Adrien Cavallès & Géraldine Davis*

*I- Plan + commentaire globaux*

*II- Matériel utilisés*

*III- Déroulé du montage*

*IV- Nos courbes et AN*

## **Plan présenté :**

### I- MCC

- 1- Mesure du coefficient de transductance életo-mecanique
- 2- Identification des pertes
  - a) Mise en évidence
  - b) Estimation des pertes Joules
  - c) Autres pertes (fer+meca) de couple C0
    - \*\*\*mesure de C0/J\*\*\*
    - \*\*\*mesure de J (donc de C0)\*\*\*
  - d) Validation
- 3- Mesure de rendement « en situation »

### II- Moteur de Stirling

- 1- Mesure de P\_chimique
- 2- Mesure de P\_disponible et P\_utile

## **Commentaires sur le plan, propositions de modifications des correcteurs :**

JBD : On peut zapper qq trucs sur la MCC (les lachés à vide et à charge).

Jean : Sceptique sur le moteur de Stirling. Si on veut le faire ne pas « présenter à moitié » des mesures. Parler du rendement de Carnot. Ou alors ne faire que la MCC.

En coeur : Plus interpreter les courbes de rendements de la MCC.

### I- MCC

- 1- Mesure du coefficient de transductance électro-mécanique
- 2- Identification des pertes
  - a) Mise en évidence
  - b) Estimation des pertes Joules
  - c) Autres pertes (fer+meca)
    - Données par P\_pertes – Pjoules.
    - Modélisées par un couple sec C0 (+C1\*Omega suivant le banc).
    - Eventuellement validation du modèle par un laché à vide qui donne bien une droite.
    - Eventuellement mesure de la « part » mécanique :
$$C\_meca = K * I(démarrage)$$
- 3- Mesure de rendement « en situation »

## II- Moteur de Stirling

### 1- Mesure du couple maximisant $P_{\text{utile}}$

Attendre que le moteur soit à peu près stabiliser.

Mettre l'aiguille à couple et mesurer ( $C, \Omega$ ) pour différents « serrages ».

Tracer  $C \cdot \Omega$  en fonction de  $C$  (ou  $\Omega$ ?). On est sensé obtenir une courbe présentant un maximum, c'est donc là qu'il faut travailler.

### 2- $P_{\text{chimique}}$ , $P_{\text{dispo}}$ , $P_{\text{utile}}$ , rendement

Soit on a du temps et on montre comment on mesure l'aire du cycle PV, soit on fait pas.

Calculer le rendement de Carnot pour ( $T_f, T_c$ ). (Par contre j'ai oublié qu'est ce qu'il fallait en dire...)

## Liste de matériel pour la MCC :

- un banc de MCC avec deux machines accouplées. Nous avons pris celle de « petit diamètre » (pas le gros banc gris. Mais a priori aucun soucis avec l'autre, sauf que je crois qu'il donne aussi des frottements en  $\Omega \text{m}^2$ )
- une alimentation : qui peut monter jusqu'à 10A.
- deux wattmètres.
- un interrupteur (avec une petite coque en plastique pour la sécurité).
- une diode (boite en plastique avec diode montée).
- un oscillo (a priori deux voix suffises).
- une charge « barrette » réglable,  $R = 11 \text{ ohm}$ .

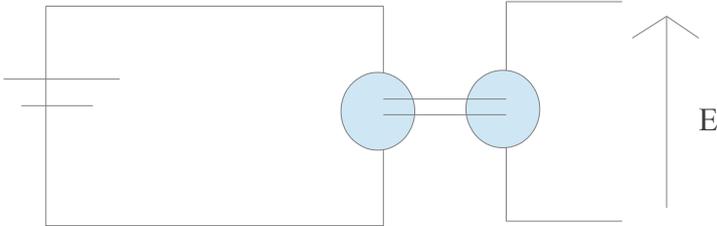
## Liste de matériel pour le moteur de Stirling :

- le moteur de Stirling.
- le bruleur + allulettes + alcool (pour le remplir réussir à le dévisser → demander à Adrien, sinon avec la seringue...)
- un oscillo qui peut transférer des données au PC.
- l'aiguille qui sert à mesurer un couple.
- une balance (à 0.01g).

Intro : moteur = convertit de l'énergie source (électrique, chimique, solaire) en énergie mécanique avec le meilleur rendement possible.

## I/ MCC

### 1- Mesure du coefficient électromécanique K



Banc de 2 machines identiques. La première fonctionne en moteur (alimentée par une source), la deuxième en génératrice.

On regarde à l'oscillo  $U_{\text{dynamo}}$  (proportionnelle à la vitesse angulaire) et la tension  $E$ .

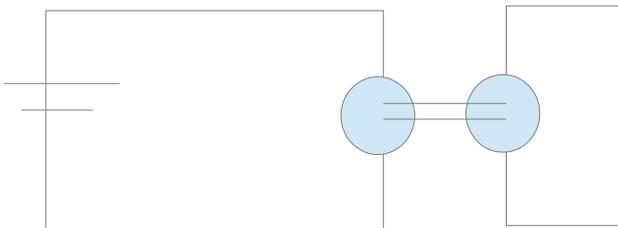
On prend la courbe  $E=f(\omega)$  ( $=K*\omega$ )

On en déduit  $K$ .

NB : on ne mesure pas la tension aux bornes de la première machine car comme du courant y circule on aurait des tensions résistives parasites.

### 2- Différentes pertes

#### a) Mise en évidence



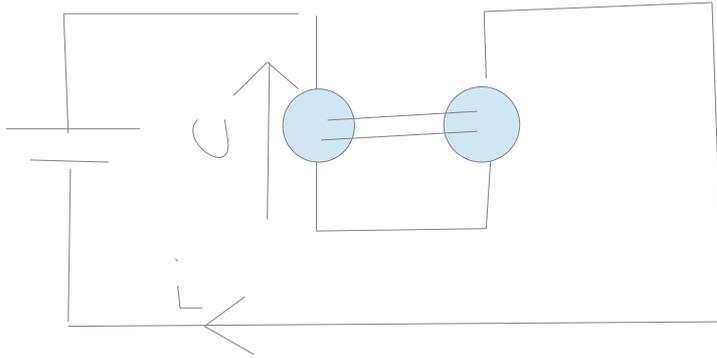
La vitesse ne diverge pas, pourtant le banc consomme en permanence  $U*I$  (de l'alimentation). On a donc des pertes.

Mesurer  $P_{\text{pertes}} = U*I$  (alimentation) en fonction de  $\omega$ .

#### b) Pertes joules

Pour estimer les pertes joules : on va mesurer  $R_{\text{mcc}}$  la résistance de l'induit de la mcc.

Pour cela il faut empêcher la machine de tourner (sinon on a la tension  $K*\omega$  qui s'ajoute à la tension résistive que l'on veut mesurer). On réalise le montage suivant :



Comme les machines sont identiques les couples s'équilibrent et rien ne bouge.

Mesurer U en fonction de I.

NB : nous avons en fait mesuré la tension aux bornes des deux machines puis divisé U par deux, ce qui a pour effet de moyenniser un peu les aléas dus au contact mécanique avec les balais (le seuil repéré sur la courbe n'est pas vraiment reproductible car dépend beaucoup de la position des balais).

On modélise donc la « résistance » d'induit par une caractéristique de la forme :

$$U = U_{\text{seuil}} + R_{\text{mcc}} * I$$

$$[\text{et donc } P_{\text{pertes\_joule}} = I * (U_{\text{seuil}} + R_{\text{mcc}} * I)]$$

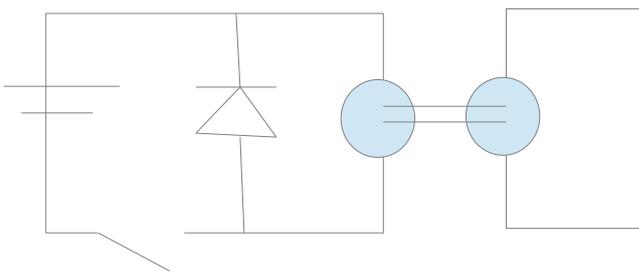
### c) Les autres pertes

#### \*\*\*mesure de C0/J\*\*\*

Pour les estimer on fait un lâcher à vide. On coupe donc brutalement l'alimentation :

- avec un interrupteur car éteindre l'alimentation induit une trop lente coupure de I.
- avec une diode (dans le bon sens!) pour permettre au circuit magnétique de se « vider ».

On mesure à l'oscillo (en mode monocoup)  $\Omega = f(t)$ .



Equation mécanique de l'arbre (total donc des deux machines accouplées) :

$$J * d\Omega / dt = C_0$$

Où C0 est le couple des pertes.

(comme I s'annule effectivement très rapidement devant le temps de mise à l'arrêt du moteur on a raison de négliger le couple  $K * I$ )

A l'oscillo on obtient une droite : donc C0 indépendant de  $\Omega$  (frottements « secs »).

La pente =  $C_0 / J$

### \*\*\*mesure de J\*\*\*

Même manip mais avec une charge (pour nous :  $R_{ch} = 4.1 \text{ ohm}$ )  
L'équation mécanique est maintenant :

$$J * d\Omega/dt = C_0 + K * I$$

$$\begin{aligned} \text{avec } I &= U_{ch}/R \\ &= K * \Omega / R \end{aligned}$$

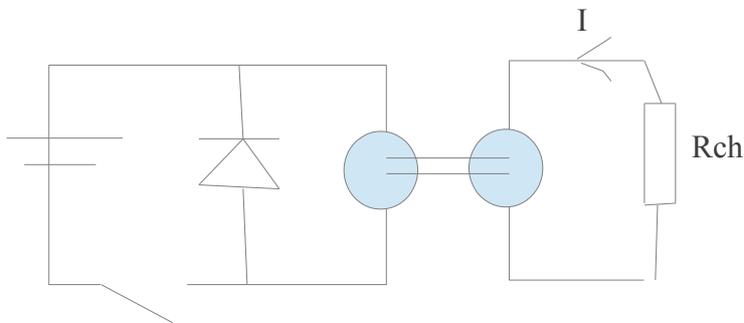
$$\text{où } R = R_{mcc} + R_{ch}$$

[ie on néglige les tensions :

- $LdI/dt$
- $U_{seuil}$  ]

On a donc une équation différentielle avec pour solution une exponentielle décroissante avec un temps caractéristique :

$$\tau = K^2 / (2 * R * J)$$



D'où J.  
D'où  $C_0$ .

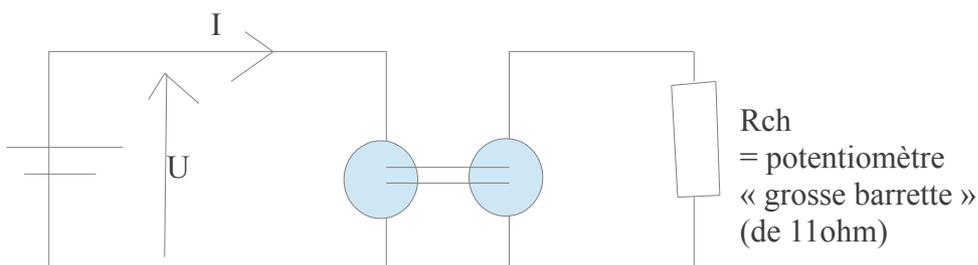
$R_q$  :

- Ces pertes correspondent à des pertes par frottements secs mécaniques et des pertes par hystérésis (on n'aperçoit pas les pertes par courants de Foucault en  $\Omega^2$ ).
  - Pour estimer la part des frottements mécaniques par rapport aux pertes fer on peut repérer l'intensité de démarrage :  $C_0(\text{méca}) = K * I(\text{démarrage})$
- [comme la machine ne tourne (presque) pas on a pas de pertes par hystérésis]

### d) vérification

Tracer  $P_{\text{pertes}} - P_{\text{joules}}$  en fonction de  $\Omega$ . On a une droite. La pente donne une autre estimation de  $C_0$ .

### 4- Rendements « en situation »



On choisit une vitesse de rotation. On fait varier  $R_{ch}$  tout en ajustant l'alimentation pour garder la même vitesse de rotation. On mesure  $U, I$ .

On a :

$$P_{\text{absorbée}} = U \cdot I$$

$$P_{\text{utile}} = U \cdot I - P_{\text{joule}} - P_{\text{fer+meca}}$$

( $P_{\text{utile}}$  est donc calculée via les coefficients  $U_{\text{seuil}}$ ,  $R_{mcc}$  et  $C_0$  estimés plus haut.)

On trace  $P_{\text{utile}}/P_{\text{absorbée}}$  en fonction de  $P_{\text{absorbée}}$ .

On peut répéter l'opération pour d'autres vitesses de rotation.

On remarque que :

- à  $P_{\text{absorbée}}$  fixée, le rendement est meilleur pour de grandes vitesses.

→ En effet :  $P_{\text{absorbée}} \text{ fixée} \Leftrightarrow U \cdot I \text{ fixé}$

et : augmenter  $\Omega \Leftrightarrow$  augmenter  $U$  (car  $E = K \cdot \Omega$ )

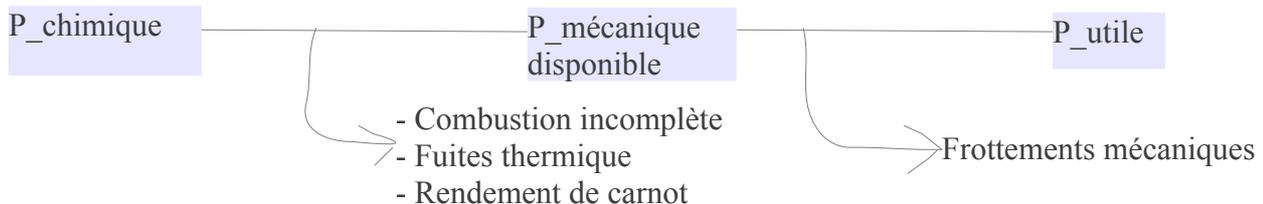
Donc : augmenter  $\Omega$  à  $P_{\text{absorbée}}$  fixée  $\Rightarrow$  diminuer  $I \Rightarrow$  diminuer  $P_{\text{joule}}$

C'est comme pour les lignes à haute tension : on préfère avoir une grande tension et une faible intensité.

Rq : on pourrait rétorquer que les pertes fer+meca, elles, augmentent avec  $\Omega$ ...

- autre chose à dire ?

## I/ Le moteur de Stirling



### 1- Mesure de $P_{\text{chimique}}$

Peser à l'aide d'une balance (précise à 0.01g) le brûleur allumé pendant 1 ou 2 minutes.

On remarque que  $M(t)$  est à peu près linéaire. On a donc  $dM/dt = \text{cnste}$ .

$$P_{\text{chimique}} = dM/dt \cdot dE/dM$$

### 1- Mesure de $P_{\text{mécanique disponible}}$ et $P_{\text{utile}}$

Lancer le moteur. Mettre l'aiguille pour imposer un couple réglable.

Mesurer ce couple  $C$ .

On a  $P_{\text{utile}} = C \cdot \Omega$  ( $\Omega$  mesuré via la période à l'oscillo, car plus précis).

Pour ce même couple  $C$ , acquérir à l'oscillo  $P$  et  $V$ , (en mode  $t$  car en  $XY$  on a pas réussi), sur un peu plus d'une période.

Enregistrer sur une clef (si ça ne marche pas attention au format du fichier).

Tracer  $P=f(V)$ . Grace aux curseurs (cntrl I), repérer le numéro du point qui «fini un cycle » (on a du coup la période T du cycle donc Omega).

Intégrer PdV (analysis, integrate) puis lire la valeur de la wave intégrale pour le point qui « fini un cycle » : c'est le travail théoriquement disponible.

$$P_{\text{disponible}} = W_{\text{cycle}}/T$$

=> rendement ridicule !

Oui mais présente des avantages : car la source d'énergie est transportable (a contrario de la mcc) et on peut même utiliser un grand miroir pour récupérer l'énergie du soleil...