

MP 35 : Moteurs

Niveau L2

Hélène Piot-Durand & Thibaut Clarté
2016-2017

« C'est la Manip pour tous ! »

Slogan progressiste

Références :

- **H Prépa Electronique II :**
- **Précis Bréal Electrotechnique :**
- **Quaranta Electronique :**
- BUP 864 : Stirling
- **Handbook :** pour les enthalpies de réaction

Expériences :

- Etude du moteur à courant continu
- Etude du moteur asynchrone
- Etude du moteur de Stirling

Plan :

I- Moteur à courant continu

- A) Etude à vide
- B) Etude en charge, rendement

II- Moteur asynchrone

- A) Etude à vide
- B) Rendement

III- Moteur Stirling

- A) Tracé du cycle
- B) Rendement

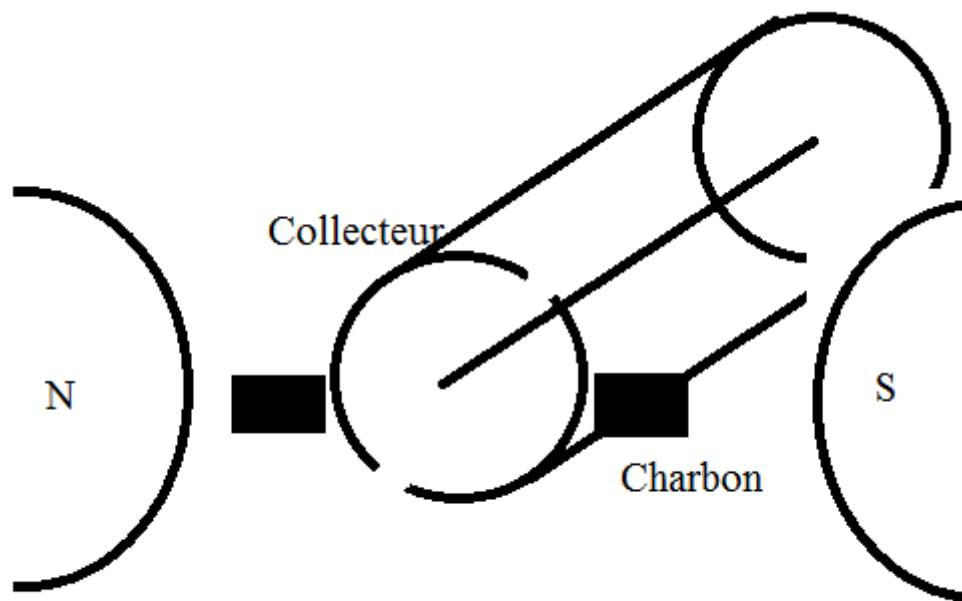
Introduction

De façon très générale, un moteur est un dispositif susceptible de fournir du travail à une charge. Ce miracle du génie humain correspond, bien entendu, à une transformation d'énergie qui est dite couteuse en une autre dite utile. Le rapport des deux nous donne la première caractéristique utile du moteur : son rendement. La seconde caractéristique du moteur est sa puissance, à savoir la rapidité avec laquelle le travail est fourni (vous avez là les idées forces).

Au cours de ce montage on s'intéressera essentiellement à des moteurs tournants, à savoir que la charge y est mise en rotation à une certaine vitesse par l'application d'un certain couple.

I- Moteur à courant continu

Le moteur à courant continu consiste en un inducteur générant un champ magnétique et un induit assimilable à une collection de spires. Lorsqu'un courant traverse l'induit une force de Laplace s'exerce sur l'induit. Néanmoins pour que celui-ci puisse tourner il convient de changer le sens du courant traversant une spire lorsque celle-ci parvient à la ligne neutre. Cette commutation est réalisée par un dispositif mécanique, en l'occurrence des charbons.



A) Etude à vide

Pour utiliser le moteur à courant continu P05, il convient d'alimenter (avec l'alimentation continue P044) d'abord l'inducteur (on travaille en excitation indépendante) puis de monter progressivement la tension aux bornes de l'induit (par exemple avec un rhéostat d'une centaine d'ohm que l'on finit par court-circuiter). En effet, au départ la vitesse de rotation est nulle et l'induit se comporte comme une résistance de très faible valeur (on la déterminera), il existe un risque aigüe de surintensité.

A l'arrêt il faut suivre la procédure exactement inverse. Si on coupait d'abord l'inducteur, le flux chuterait très rapidement à zéro ce qui provoquerai un emballement du moteur.

On peut lire le couple exercée à l'aide du couplemètre (à jauge de contrainte) et la vitesse à l'aide d'une génératrice tachymétrique. Les tensions et résistances traversant induit et inducteur sont déterminées à l'aide de voltmètres et ampèremètres.

Commençons par fixer l'alimentation de l'inducteur, donc le flux produit (on va négliger l'inductance de l'induit), et faisons varier la tension d'induit en mesurant l'intensité le traversant et la vitesse acquise. Il est souhaitable de vérifier l'expression suivante :

$$U = k\phi\omega + rI$$

Une régression linéaire nous donne accès à la résistance de l'induit, que l'on compare avec celle mesurée au départ (ou après à votre convenance), et au facteur de flux.

$r =$ (exp une petite dizaine d'ohm)
 $k\phi =$ (exp un Vs)

B) Etude en charge

Désormais on applique une charge qui sera une génératrice débitant dans une résistance. En faisant varier la résistance on modifie la puissance dissipée par effet Joule donc la puissance fournie par la génératrice, donc le couple du moteur.

L'induit de la génératrice est alimenté en parallèle de celui du moteur, à une tension fixée. On fixe aussi (il faudra ajuster au fur et à mesure) la tension aux bornes de l'induit, alors que l'on fait varier la charge (ie la résistance dans laquelle débite la génératrice).

Les mesures à réaliser sont celles de l'intensité traversant l'induit, le couple déployé ainsi que la vitesse acquise.

Il est alors possible de tracer l'évolution du couple en fonction de l'intensité d'induit et de vérifier l'expression suivante :

$$C = k\phi I + C_r$$

La modélisation affine montre l'existence d'un couple résistant, on retrouve en outre le même terme de flux que précédemment.

$k\phi =$
 $C_r =$ (exp un centième de Nm)

Reste à déterminer l'évolution du rendement du moteur (rapport de la puissance utile sur la somme des puissances couteuses, induit et inducteur) en fonction de la puissance utile. Cette courbe permet de déterminer les valeurs nominales de fonctionnement du moteur pour une tension d'induit donnée.

$$\eta = \frac{C\omega}{U'I' + IU}$$

$\eta, \text{ max} =$ (60%)
 $P \text{ max} =$ (100W)

Il est possible de comparer cette puissance aux valeurs données sur la plaque du moteur.

On peut choisir de quantifier certaines des pertes, notamment les pertes Joule et de frottement mécaniques pour déterminer par différence la valeur des pertes fer (en négligeant les pertes de commutation)

Bilan : Les moteurs à courant continu se caractérisent par une grande souplesse d'emploi et en général de bons rendements, leur principale faiblesse provient du dispositif de redressement mécanique dont l'usure est inévitable.

II- Moteur asynchrone

Le moteur asynchrone repose sur l'apparition de courants de Foucault à l'intérieur d'un rotor suite à la génération d'un champ tournant par un stator (alimenté en triphasé). Ces courants génèrent ensuite un couple qui permet au rotor de tourner. L'écart de vitesse entre le rotor et le champ tournant détermine le flux traversant le rotor et *in fine* le couple s'exerçant. Lorsque le rotor tourne à la vitesse du champ tournant le couple est nul, ce qui n'est jamais possible en pratique (existence *a minima* d'un couple de frottement). La vitesse du rotor est toujours inférieure à celle du champ tournant d'où le qualificatif d'asynchrone (on peut définir une quantité appelée glissement qui correspond à la différence relative de vitesse angulaire, pour des machines réelles le glissement est toujours très faible de l'ordre de quelques pour cents).

A) Etude à vide

Il convient tout d'abord d'alimenter le moteur P022 en triphasé (montage en triangle) et de suivre religieusement les indications du banc moteur pour installer et utiliser la résistance de démarrage P027 (qui permet de prévenir une surintensité au démarrage).

L'alimentation du moteur requiert du triphasé, indisponible sur le lieu de passage des oraux, heureusement un onduleur branché sur le réseau permet de contourner cette difficulté. Seule sa fréquence est réglable jusqu'à un maximum de 50 Hz, la tension étant fixée à celle du secteur. Dans un premier temps la mesure de vitesses de rotations à vide pour plusieurs vitesses de champ nous renseigne sur le nombre de paires de pôles du stator.

$p = w/w(\text{vide})$

$p = \quad (2)$

B) Etude en charge

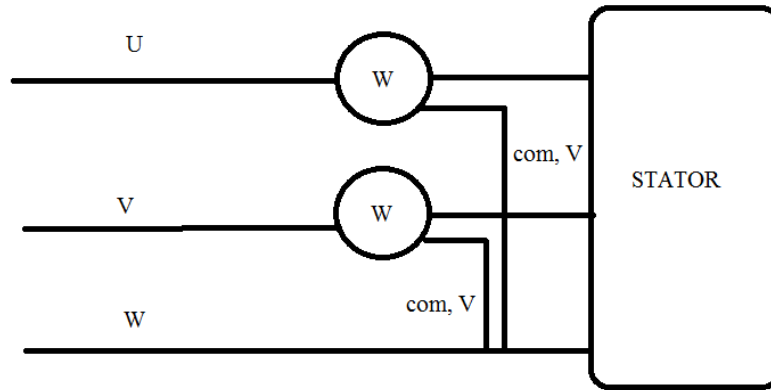
Pour réaliser une charge on alimente la génératrice à courant continu, et on la fait débiter dans une résistance dont on peut faire varier la valeur de sorte à modifier le courant appelé donc la charge mécanique.

Il est alors possible de tracer le couple en fonction de la vitesse.

$$\Gamma = \frac{R(\omega_0 - \omega)\phi^2}{2(R^2 + L^2(\omega_0 - \omega)^2)}$$

Néanmoins cette mesure est délicate, car il est difficile d'explorer la caractéristique (de toute façon limitée à sa partie stable). Etant donnée la puissance du moteur, les charges imposées n'induisent que de très faibles écarts avec la vitesse du champ tournant.

On se propose plutôt de réaliser une étude rendement. La puissance fournie est donnée par les données de couple et de vitesse données à la charge. La puissance couteuse est donnée par un montage à deux wattmètres (avec une certaine imprécision). Est tracé le rendement en fonction de la puissance utile.



$P_{\max} =$

$\eta_{\max} =$ (70%)

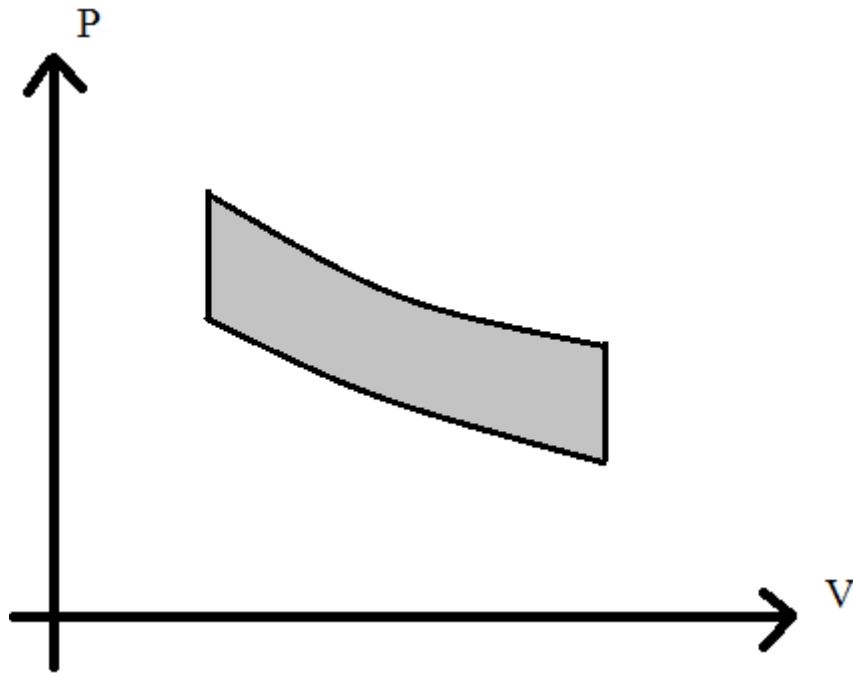
Bilan : Les moteurs asynchrones présentent toutes sortes d'avantages, fiabilité, bon rendement usure minimale. Leur principal inconvénient provient de pilotage en vitesse plus délicat.

III- Moteur Stirling

Le moteur Stirling repose sur l'exploitation d'un cycle du même nom. Ce cycle est subi par un gaz successivement comprimé et détendu échangeant de la chaleur avec une source chaude et froide. La particularité de ce moteur est qu'il fonctionne en système fermé.

A) Tracé du cycle

Mettre tout d'abord à chauffer le moteur P103.49 avec le bruleur à éthanol. On réalise tous les branchements des capteurs (acquisition avec Latis Pro) puis on les alimente. Il faut alors placer le piston horizontal le plus loin de la source chaude et faire le zéro du volume (bouton rouge). Attention pour refaire le zéro il convient de couper l'alimentation des capteurs. Après quelques minutes de chauffe, il est possible de lacer le moteur en tournant le disque dans le sens de la flèche. Le moteur n'étant pas parfaitement régulier on attendra quelques secondes de mise en route et on se limitera à quelques secondes d'enregistrement. Il est possible de calculer le temps de parcours d'un cycle ainsi que le travail produit grâce à l'aire du diagramme PV obtenu (utiliser la fonction aire de regressi après avoir converti les tensions en grandeurs physiques).



$T_{\text{cycle}} =$ (quelques dizaines de ms)

$W_{\text{cycle}} =$

$P =$ (quelques watt)

B) Rendement

Le moteur étant un appareil essentiellement pédagogique, on doit garder à l'esprit que son rendement est nécessairement faible. Il est possible de calculer le rendement à partir de l'énergie de combustion de l'éthanol (qui volens nolens chauffe essentiellement l'air).

Allumez le bruleur après l'avoir pesé puis attendez un certain temps et refaites une pesée (un bon prétexte pour craquer une allumette de plus).

Tous calculs faits on trouve une puissance de 400 W, ce qui fait un rendement de ... 1%, on a bien chauffé la pièce. Pour info le rendement de Carnot serait de l'ordre de 75%

On peut aussi rechercher le point de fonctionnement nominal du moteur en le reliant à la génératrice et en la faisant débiter dans une résistance.

Bilan : Les moteurs thermiques bien qu'ils aient une fiabilité moyenne et un rendement souvent médiocre sont très intéressants car ils sont susceptibles d'exploiter les sources d'énergies que constituent le couplage de sources chaudes et froides, éventuellement peu coûteuses et généralement utilisées pour produire l'électricité.

Conclusion :

Au cours de ce montage on a pu présenter et caractériser deux grandes familles de moteurs (électriques et thermiques), ceux-ci assurent l'immense majorité des besoins, mais existent sous des formes très variées. On pourra souligner l'importance des moteurs électriques en ce qu'ils sont souvent réversibles. La conversion réciproque de puissance mécanique en électrique pourrait faire l'objet d'une prochaine leçon.

Remarques et Temporisation des Agrégatifs de Physique

(Si L. Villa veut mâcher ce poly libre à lui !)