

MP 22 - Exemples de conversion électro-mécaniques

par Henri
et P88

Bibli : Quanta IV
électronique II (P51)

Intro.

La conversion électro-mécanique, c'est quand on transforme de l'énergie mécanique en énergie électrique, ou vice versa.

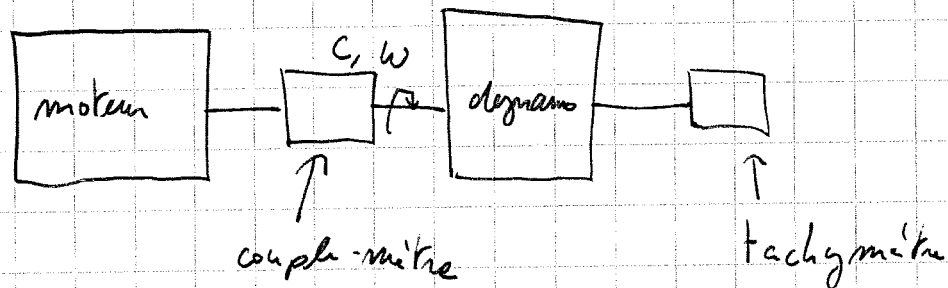
Expérience 1 : faire descendre le tableau : conversion électrique $\rightarrow$ mécanique.

Expérience 2 : faire tomber un aimant dans un tube en cuivre : l'aimant tombe pas très vite : son énergie cinétique crée des courants de Foucault dans le cuivre, d'où l'apparition d'un champ $\vec{B}$ qui s'oppose à la chute (loi de Lenz) $\rightarrow$ conversion mécanique $\rightarrow$ électrique (ce genre de dispositif sert d'ailleurs d'amortisseurs dans les poids lourds).

Il y a 2 types de convertisseurs électro-mécaniques

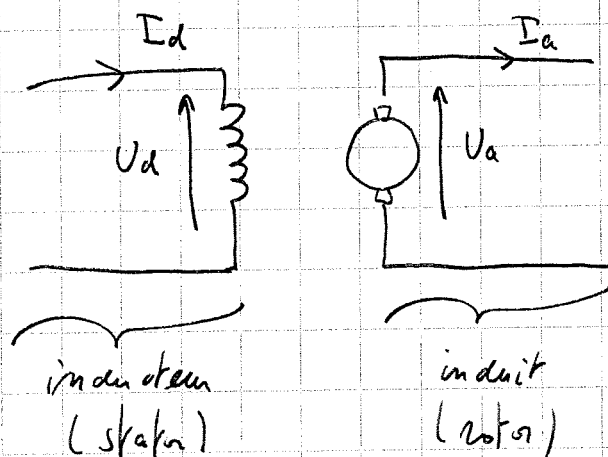
- ceux à courant continu : qui délivrent ou reçoivent un courant unidirectionnel.
- ceux à courant alternatif.

I La machine à courant continu



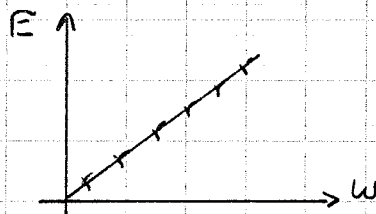
On s'intéresse à la partie dynamo !
(j'ai choisi la dynamo montée sur le moteur à courant continu on peut aussi étudier celle montée sur le moteur asynchrone).

schéma électrique de la dynamo :



1) Caractéristiques à vide ($I_a = 0$)

* U_a en fonction ω à I_d fixe ($U_d = 110V$)
 E (V)
 $\rightarrow U_a = k\phi\omega$

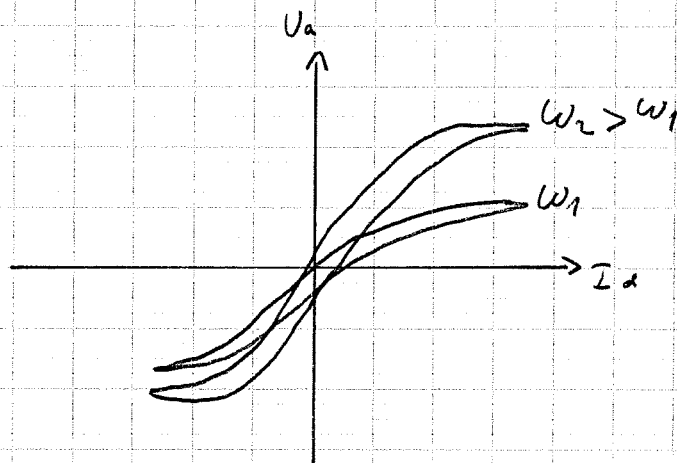


$k\phi$ flux efficace de $\vec{B}$ à travers le bobinage de l'induit.

$k\phi = \pm \text{ T.m}^2$ ($k\phi \approx 0,63 \text{ T.m}^2$ à $U_d = 110V$)

intérêt: c'est comme ça que fonctionnent les tachymètres: $E \propto \omega$

* U_a en fonction de I_d à ω fixe (1400 tr/min)
 A la table tracante. Pour avoir I_d , on met un rhéostat et on mesure la tension aux bornes du rhéostat

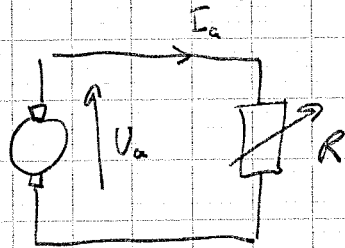


cycle d'hystérésis

hystérésis: y'a des matériaux ferreux dans le dynamo
 $\rightarrow$ existence d'un champ rémanent. le cycle est assez fin, ce qui montre que c'est du fer doux.
 Quand $\omega_2 > \omega_1$, le cycle devient plus large car il y a $\oplus$ de courants de persistance, donc $\oplus$

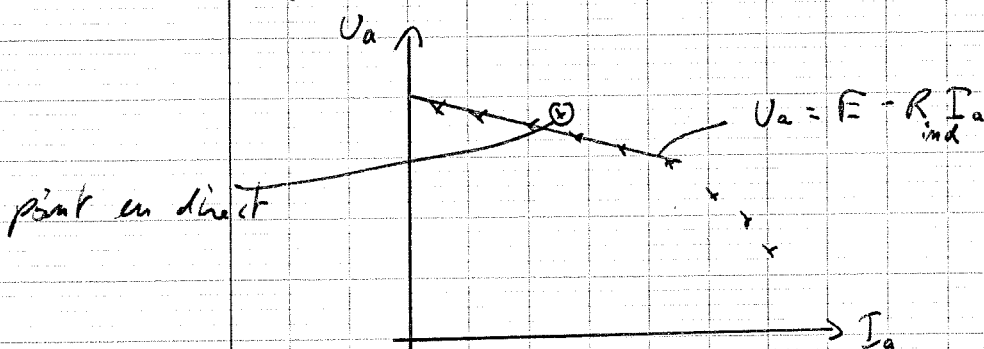
de pertes fers. (Mais en fait ça se voit pas vraiment).

Enfin bref, une dynamos c'est fait pour débiter du courant, faut donc l'étudier en charge :



2) Caractéristiques en charge

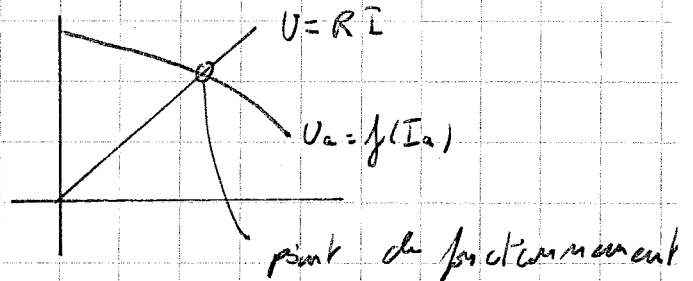
* U_a en fonction de I_a (à ω constant = 1400 tr/min, il faut faire varier la tension aux bornes du moteur pour imposer cette condition si on utilise la dynamos entièrement par le moteur à courant continu).



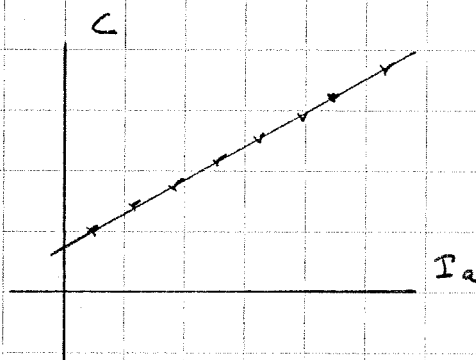
3 choses à dire :

- à faible courant, $U_a = E - R_{ind} I_a$
→ détermination de $R_{ind} = \pm \Omega$ ($\approx 16 \Omega$)
- à "fort" courant, $U_a < E - R_{ind} I_a$: c'est dû à la réaction de l'induit qui crée un flux magnétique opposé au flux créé par l'inducteur, et donc diminue le fém
- en direct : $U_a > E - R_{ind} I_a$, car le moteur est froid, donc la résistance de l'induit est même grande qu'à chaud.

Une fois qu'on a la courbe $U_a = f(I_a)$, on peut avoir le point de fonctionnement quand on met une charge R c'est le point d'intersection de la courbe $U_a = f(I_a)$ et $U = RI$.



* Couple C en fonction de I_a (c' est $\omega = 1400 \text{ tr/min}$ fixe et I_{fd} fixe)



$$C = C_0 + k\varphi I_a$$

↑
couple de frottement

↓
couple des forces de Laplace dans l'induit

→ on mesure à nouveau $k\varphi$ (le même que pour $E = k\varphi \omega$)

3) Etude énergétique

On définit le rendement comme la puissance utile qu'on récupère (i.e. la puissance envoyée dans la résistance) sur la puissance qu'on envoie dans la dynamo.

On va d'abord déterminer le rendement par la méthode des pertes séparées.

* pertes par frottement :

mesure de $P_{\text{frot}} = C\omega$ à $E_d = 0$ et $I_a = 0$

* pertes fer (dans l'induit) + pertes Joules (dans l'inducteur)

$$P_{\text{fer}} = U_d I_d + C\omega - P_{\text{frot}}$$

($U_d I_d$ correspond à la puissance fournie à l'inducteur, $C\omega$ correspond à la puissance dissipée par hystérésis et par courant de Foucault et par frottement, donc on enlève P_{frot} , en fait, les courants de Foucault créent un couple résistant).

* pertes Joules dans l'induit

$$P_{\text{Joules}} = R_{\text{ind}} I_a^2 \quad (R_{\text{ind}} \text{ déterminé avant})$$

→ rendement $\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{perdue}}} = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{utile}} + P_{\text{perdue}}}$

d'où $\eta = \frac{U_a I_a}{U_a I_a + P_{\text{perdue}}}$

(à $I_a \approx 1,5A$, on trouve $\eta = 50\%$ ce qui est bien mais pas top : meilleur que des machines thermiques ($\sim 30\%$), mais moins bon que d'autres dynamos ($\sim 80\%$))

On peut aussi utiliser la méthode directe pour calculer η (et éventuellement $\eta(I_a)$)

$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{perdue}}} = \frac{U_a I_a}{C_w + U_a I_a}$ — à ω fixe.

II Le moteur asynchrone

expérience d'intros : cage d'écarteur au milieu des 3 bobines parcourue par des courants triphasés (pour créer le champ tournant).

→ quand l'interrupteur dans les bobines est suffisamment grande (attention à pas griller les bobines), la cage d'écarteur se met à tourner.

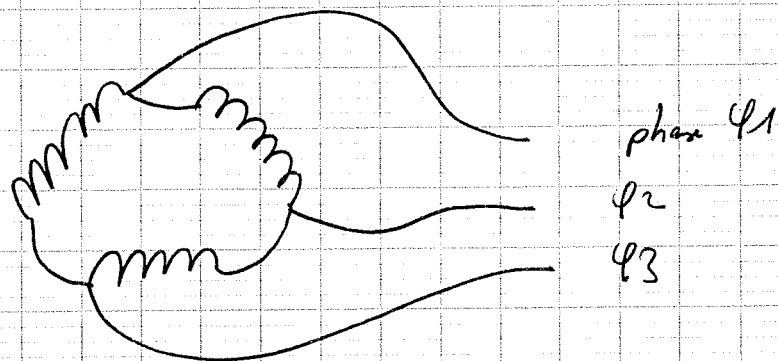
En fait, ce sont les courants induits par le champ tournant qui créent un couple de

```
 Laplace
```

. Si la cage d'écarteur (rotor) tourne à la même vitesse que $\vec{B}$, alors la cage est immobile par rapport à $\vec{B} \Rightarrow$ pas de courants de Foucault $\Rightarrow$ pas de couple.

Donc le rotor tourne moins vite que $\vec{B}$
(d'où l'appellation moteur asynchrone)

Pour le branchement des bobines, utiliser
l'alimentation 50 Hz triphasée :



Bon, et maintenant on passe au vrai moteur

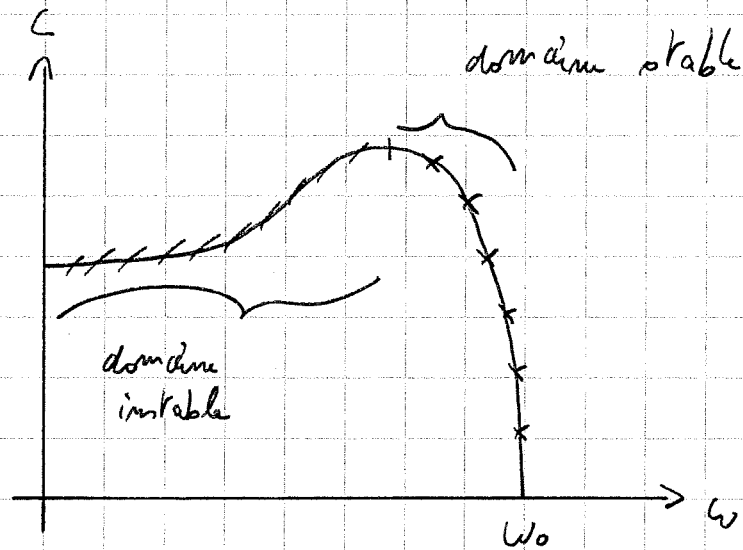
1) Caractéristique du couple $C(\omega)$

On alimente le stator en 50 Hz, ce qui fait
une vitesse synchrone du moteur $\omega_0 = 25 \text{ Hz}$
(car il y a 6 bobinages dans l'inducteur).

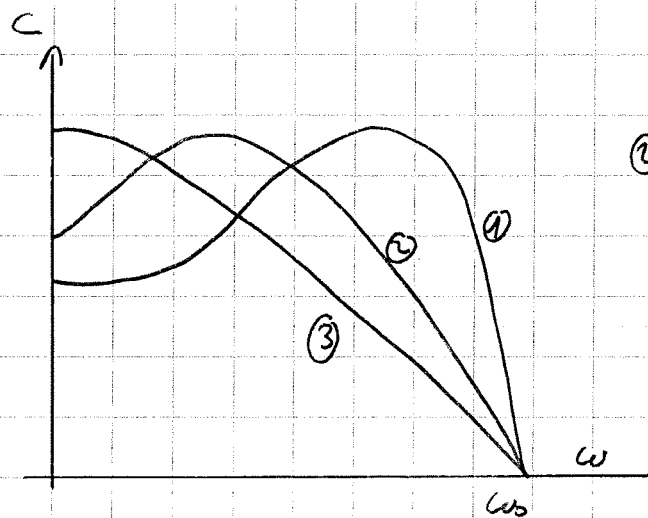
On peut mettre une résistance de démarrage
sur l'induit (y'a un bouton pour ça), c'est
nécessaire si on met direct du 220V, 50 Hz direct
dans l'inducteur, sinon on n'en met pas
et on augmente progressivement la vitesse de
l'inducteur.

→ **IMPORTANT** : y'a pas de notice pour le
moteur, donc faut apprendre les branchement
avant d'aller à l'agreg (y'a une feuille en
salle de TP qui explique les branchements)

Ensuite, pour faire varier le couple, on alimente l'inducteur de la machine à courant continu, et on fait varier la charge ou l'induit et/ou la tension de l'inducteur, et là on peut tracer $C(\omega)$



Là j'ai pas fait du graphique, avec ça on montre que $\omega \leq \omega_0$ et ω varie peu avec C . On peut aussi montrer qu'avec des résistances d'induit, la caractéristique d'induit fait ça



- ① sans résistance d'induit
- ② et ③ avec résistance d'induit

$$R_3 > R_2$$

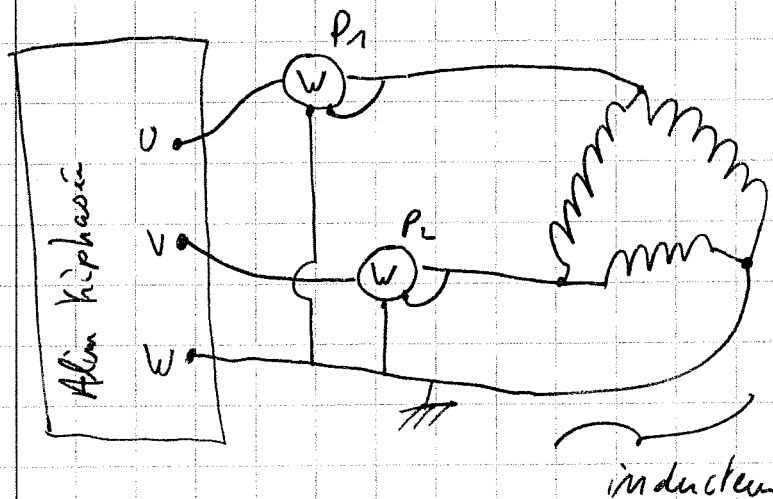
remarque que C_{max} est le même à chaque fois

En fait, un intérêt de la résistance d'induit est d'augmenter le couple de démarrage : $C(\omega=0)$, ce qui peut être intéressant pour un ascenseur chargé par exemple

2) Rendement

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{puissie}}}, \quad P_{\text{utile}} = C\omega$$

Et on calcule la puissance électrique envoyée au moteur par la méthode des 2 wattmètres :



(W sont au potentiel de référence)

$$P_{\text{puissie}} = P_1 + P_2 \quad (\text{faire la somme algébrique on peut avoir } P_1 \text{ ou } P_2 < 0)$$

Ne pas faire la mesure avec des voltmètre ou ampèremètre, ça marchera pas : U et I sont déphasés.

On peut tracer $\eta(\omega)$, mais ω varie peu, et η aussi varie peu.

On trouve $\eta \sim 80\%$ (pour les meilleures machines,
on trouve $\eta \sim 90\% - 95\%$)

Conclusion

La conversion électromécanique, c'est omniprésente dans notre quotidien, et pour une fois, c'est vrai. En fait, aujourd'hui, l'énergie est essentiellement véhiculée par l'électricité, ce qu'on fait donc chez EDF c'est transformer de l'énergie mécanique en énergie électrique dans des alternateurs (moteurs synchrones d'environ 1000 MW fonctionnant en générateurs), et chez nous on récupère l'énergie électrique pour la transformer en énergie mécanique pour faire tourner sa machine à laver.

C'est donc important de savoir caractériser ces machines afin de les utiliser dans les meilleures conditions de fonctionnement.

