

## Chapitre 2: ACM

### Moteur à Courant Continu:

- principe, structure et caractéristiques
- Variation de vitesse.

### Construction. principe

#### 1. Description:

- Le moteur à courant continu (MCC) est une machine électromagnétique. Le couple est dû à l'action du flux du stator sur le courant du rotor.
- le stator porte le bobinage (ou les aimants permanents) qui crée le flux; on dit que le stator (bobinage et partie en fer) constitue l'inducteur.
- le rotor porte le bobinage qui tournant dans le flux inducteur est le siège de forces électromotrices induites; on dit que le rotor (bobinage et partie en fer) constitue l'induit.
- Le bobinage de l'induit est alimenté, par une source continue par l'intermédiaire d'un commutateur mécanique formé par des balais appuyant sur collecteur.
- Le collecteur est relié au bobinage de l'induit et monté sur le m. arbre.
- pour que le flux créé par l'inducteur soit aussi grand que possible, il est canalisé par du fer tant au stator qu'au rotor. Ce fer constitue le circuit magnétique de la machine. Les fers du stator et du rotor sont séparés par l'entrefer.

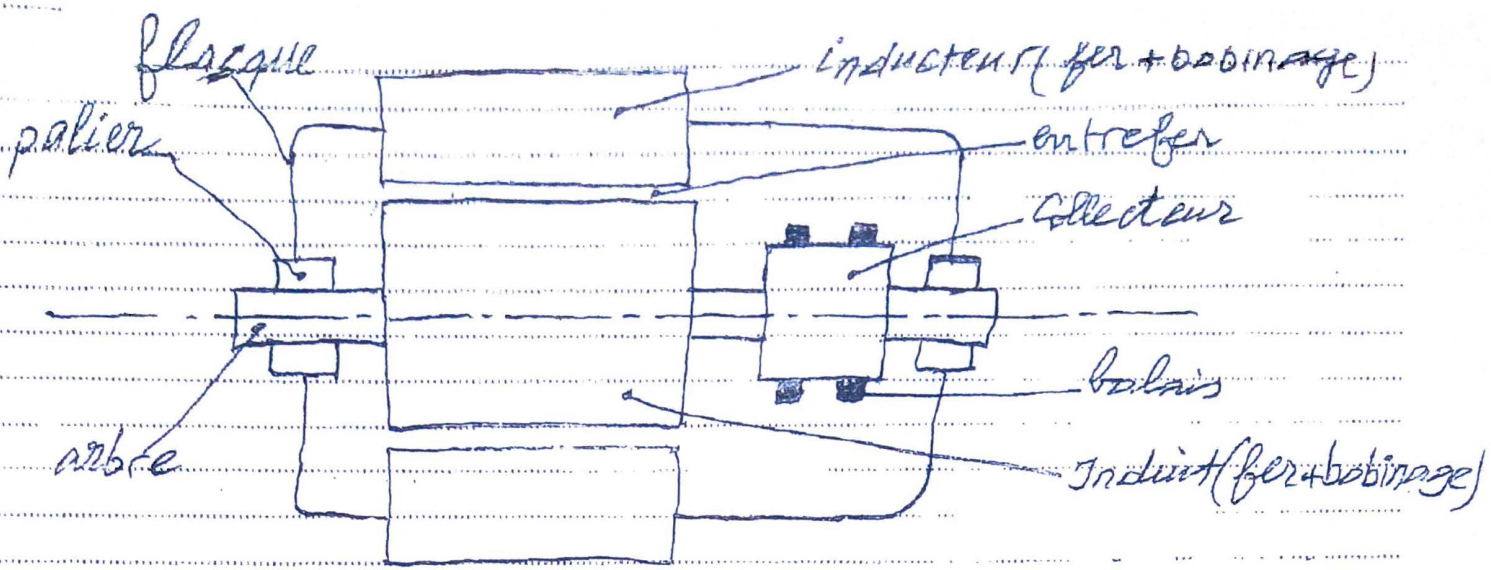


Fig. 1.1.

La fig. 1.1 montre la disposition générale de la machine: inducteur, induit, ensemble balais-collecteur.

Le rotor est centré à l'intérieur du stator à l'aide de 2 flasques, un de chaque côté, portant les paliers qui guident l'arbre et permettent sa rotation.

## 2. Calcul du Couple et de la f.e.m.

on désigne par

$2p$  - le nombre de pôles,

$\Phi$  - flux par pôle,

$n$  - le nombre de conducteurs de l'induit,

$D$  - le diamètre de l'induit,

$L$  - la longueur des conducteurs soumise au flux inducteur,

$I$  - le courant total fourni à l'induit,

$ea$  - le nombre de voies en parallèles de l'induit, c'est-à-dire le nombre de circuit entre lesquels se partage  $I$ ,

$N$  - la vitesse de l'induit en tours par seconde.

### 2.1. Couple électromagnétique

#### Couple utile du moteur

• S'il ya  $ea$  voies en // dans le bobinage de l'induit, il passe  $I/ea$  dans chaque conducteur.

La force s'exerçant sur un conducteur,  $B(I/ea)L$ . Le moment de cette force par rapport à l'axe de rotation est  $B \cdot \frac{I}{ea} \cdot L \cdot \frac{D}{2}$

Le moment total est appelé par les électrotechniciens « Couple électromagnétique ». Il vaut

$$C = n |B_{\text{moy}}| \cdot \frac{I}{2a} \cdot L \cdot \frac{D}{2}$$

$$|B_{\text{moy}}| = \frac{\Phi}{\frac{\pi D L}{2p}}$$

En reportant dans l'expression de  $C$ , on obtient

$$C = n \cdot \frac{2p\Phi}{\pi D L} \cdot \frac{I}{2a} \cdot L \cdot \frac{D}{2} = \frac{1}{2\pi a} \frac{p}{n} \Phi \cdot I$$

$$C = K \cdot \Phi \cdot I$$

Comme dans toute machine électromagnétique, le couple est proportionnel au flux créé par l'inducteur, au courant passant dans l'induit.

- Le couple électromagnétique  $C$  est celui qui produit l'interaction stator-rotor. Le couple sur l'arbre  $C_{\text{méc}}$  que le moteur fournit à la charge qu'il entraîne est un peu plus faible, car le rotor se freine un peu lui-même. Cette diminution de couple est due
  - aux pertes mécaniques  $P_m$ : frottements aux paliers, frottements aux contacts balais-collecteurs, pertes par ventilation.
  - aux pertes dans le fer  $P_f$  du rotor.

$$C_{\text{méc}} = C - \frac{P_m + P_f}{2\pi N} = C - C_p; \quad C_p = \frac{P_m + P_f}{2\pi N}, \quad C = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi N}$$

Le couple mécanique est le couple utile  $C_u$  du moteur,  $C_p$  est le couple de pertes.

## 2.2. Force électromotrice

Dans le cas du moteur à C.C., la puissance transformée est celle qui correspond au couple électromagnétique

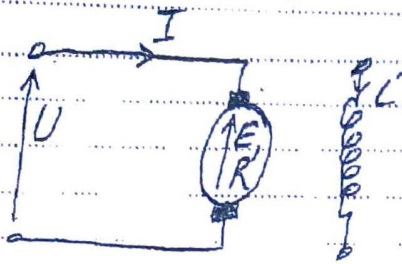
$$EI = 2\pi N \cdot C$$

$$E \cdot I = 2\pi N \cdot \frac{1}{2\pi a} \cdot \frac{p}{n} \cdot n \Phi \cdot I$$

$$\text{donc } E = \frac{p}{a} \cdot n \Phi \quad (1)$$

On voit que la f.e.m. est proportionnelle à la vitesse et au flux.

### 3. Relations générales du moteur à Courant Continu.



On schématise le bobinage de l'induit par un cercle sur lequel appuient 2 rectangles noirs représentant les balais; ceci afin de montrer que le bobinage est alimenté par des contacts glissants.

On schématise l'inducteur par une bobine parcourue par le courant inducteur ou courant d'excitation  $I_f$ .

#### 3.1. Equation des tensions. Vitesse

on désigne par

- $U$  - la tension aux bornes de l'induit,
- $R$  - la résistance du bobinage de l'induit,
- $E_B$  - la chute de tension aux contacts balais-collecteurs.

- La source qui l'alimente fournit à l'induit une puissance  $UI$  dont la partie  $EI$  est transformée en puissance mécanique dont le reste est transformé en pertes joules  $RI^2 + E_B \cdot I$

$$UI = EI + RI^2 + E_B \cdot I$$

d'où l'équation des tensions

$$U = E + (RI + E_B) \quad (2)$$

- Des relations (1) et (2) on déduit la vitesse  $N$

$$U = \frac{P}{a} n N \Phi + RI + E_B$$

$$N = \frac{U - (RI + E_B)}{\frac{P}{a} n \Phi} = \frac{U - RI}{C_e \cdot \Phi}$$

La vitesse est inversement proportionnelle au flux inducteur. En fonctionnement normal ( $RI + E_B \ll E$ ), elle est à peu près proportionnelle à la tension.

#### 3.2. Pertes et Rendements.

Les diverses pertes d'un moteur à C.C. sont:

- les pertes par excitation  $P_{exc}$  (p'il n'est pas à aimants permanents);

C'est la puissance fournie au circuit d'excitation;

- les pertes Joule dans le circuit de l'induit  $P_{JI}$ :

$$P_{JI} = RI^2 + e_B \cdot I,$$

- les pertes dans le fer de l'induit  $P_f$ ,

- les pertes mécaniques  $P_m$ ,

Le rendement  $\eta$ , toujours égal au quotient de la puissance utile par la puissance absorbée, est ici donné par

$$\eta = \frac{UI - (RI + e_B)I - P_f - P_m}{UI + P_{exc}}$$

### 3.3. Réversibilité

Comme toutes les machines électromagnétiques le moteur à c.c. est réversible. Si au lieu de prendre de la puissance mécanique par son arbre on lui en fournit, la machine fonctionne en génératrice.

• avec les conventions de signe de la fig. 1 qui correspondent à la marche en moteur, si la tension  $U$  aux bornes reste de m. signe, en génératrice le courant  $I$  est négatif. L'induit n'absorbe pas de courant, il en crée.

En m. temps que  $I$  le couple  $C$  change de signe. Au lieu d'un couple moteur, on a un couple résistant ou de freinage.

Toutes les relations établies en moteur sont utilisables en génératrice, à condition de tenir compte du signe de  $I$ .

### Caractéristiques lors du fonctionnement en génératrice entraînée à vitesse constante:

#### Caractéristiques des génératrices à c.c.

Dans la pratique la génératrice étant forcément entraînée par un moteur auxiliaire, la vitesse d'entraînement est maintenue constante,

Donc on a 3 familles des courbes suivantes:

1)  $U = f(I, \omega)$  à  $I = cte$  et à  $n = cte$  (1)

Dans cette famille une caractéristique est pratiquement importante, c'est la caractéristique à vide (à  $I = 0$ ).

2)  $U = f(I)$  à  $I_{exc} = cte$  et à  $n = cte$  (2)

C'est la Caractéristique en charge (ou externe)

3)  $I = f(I_{exc})$  à  $U = cte$  et à  $n = Const$  (3)

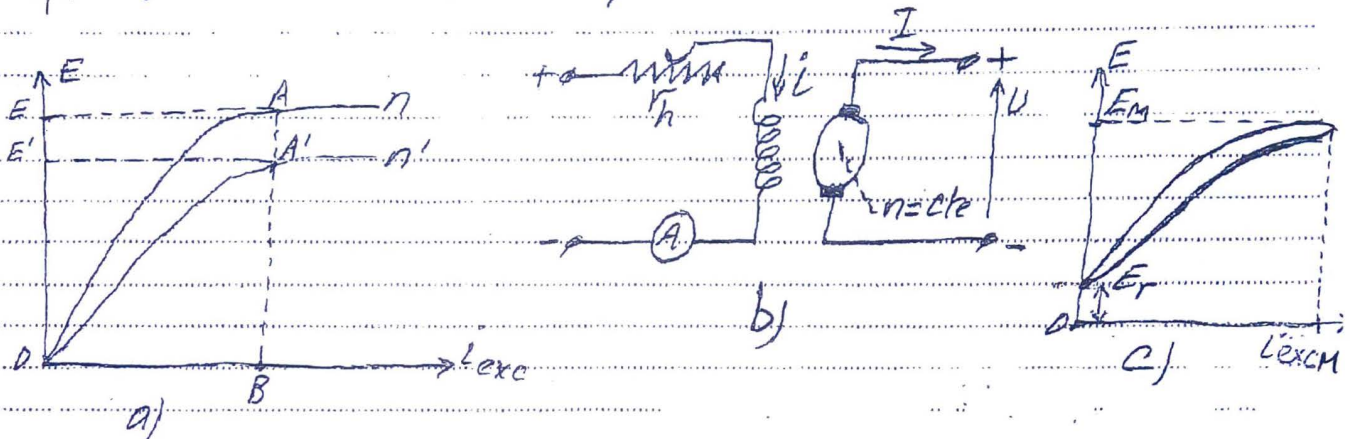
C'est la Caractéristique de réglage.

Cette caractéristique, peu utilisée dans la pratique.

### Caractéristique à vide

$E = f(I_{exc})$  pour  $I_{ch} = 0$  et  $n = Const$ ,

On considère la caractéristique d'une génératrice à excitation indépendante. Pour relever cette caractéristique on utilise le schéma suivant:



On fait varier la tension  $U$  aux bornes par action sur le rhéostat d'excitation  $R_f$ .

Il est facile de représenter une nouvelle caractéristique à une autre vitesse  $n'$  (fig. a).

En effet pour une excitation donnée  $OB = I_{exc}$ , on a:

$$AB / A'B = \frac{E}{E'} = \frac{n}{n'}$$

Remarque: Il est important de noter que la caract. à vide ne passe pas par l'origine des axes. Ce décalage  $E_r$  qui est faible (quelques % de la tension maximale) correspond à une petite aimantation résiduelle (induction rémanente) de la machine, quand celle-ci n'est pas excitée.

### Caractéristique en charge

$U = f(I)$  pour  $n = Const$  et  $I_{exc} = Const$

la caract. est relevée à l'aide du schéma suivant:

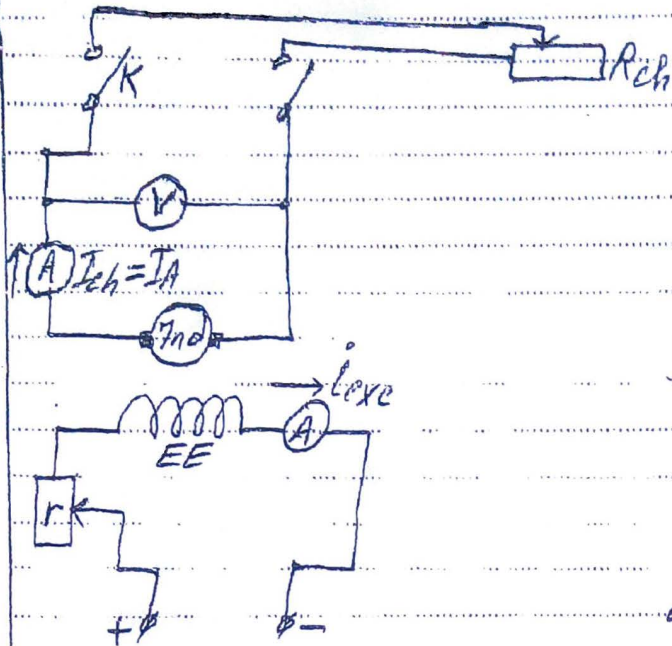


Fig. 1

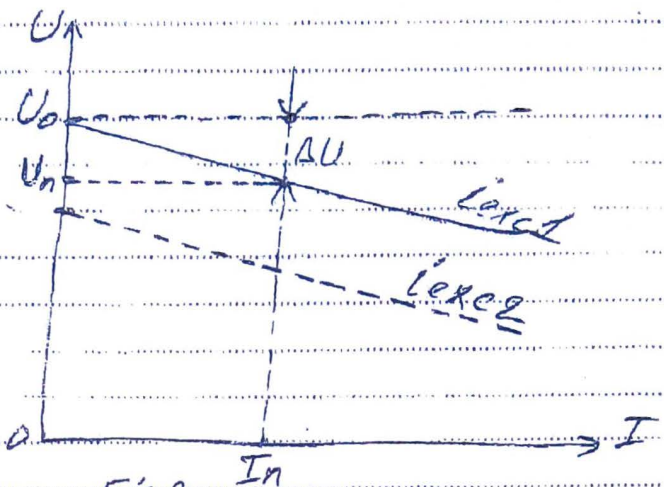
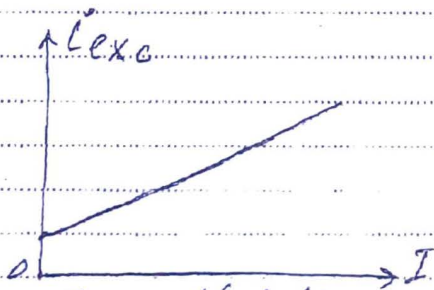


Fig. 2

La variation de la tension  $\Delta U = U_0 - U_n$  est due à la chute de tension dans le circuit d'induit  $I_a R_a$ .

### Caractéristique de réglage:

$I_{exc} = f(I)$  pour  $U = \text{const}$  et  $n = \text{const}$



Caractéristique de réglage d'i dynamo à excitation séparée

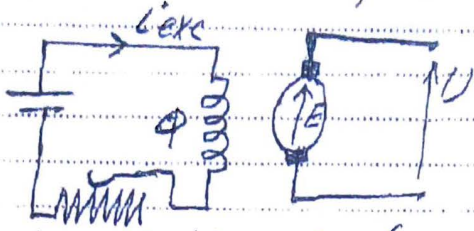
On relève la caract. de réglage en faisant varier le courant de charge et en réglant le courant d'excitation de telle manière que la  $U$  entre les bornes de la machine reste constante. Pour maintenir  $U$  constante lorsque le courant débité augmente, il devient nécessaire d'accroître le courant d'excitation. Pour relever cette caractéristique, on utilise le schéma de la fig. 1.

### Modes d'excitation:

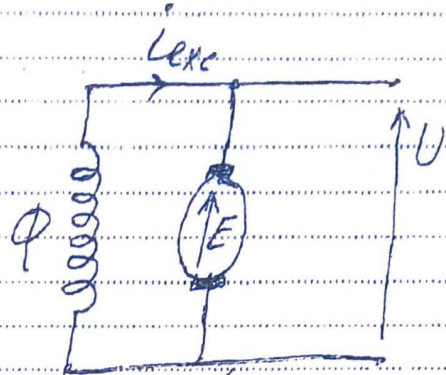
Les circuits de l'induit et de l'inducteur peuvent être connectés à la source électrique selon 4 modes différents. Ce sont:

- 1) l'excitation séparée (fig. 1)
- 2) " " " " série (fig. 2)
- 3) " " " " parallèle (fig. 3)

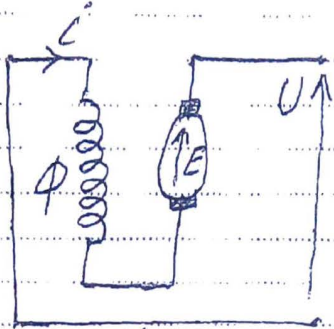
4) L'excitation Composée (fig. 4)



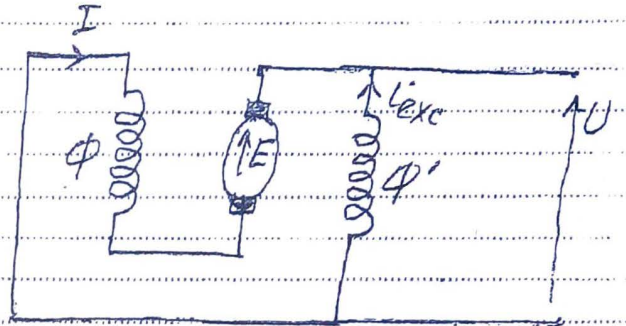
1) excitation séparée



3) Excitation parallèle



2) excitation série



4) excitation Composée