

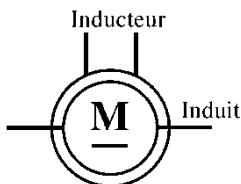
### 1 Présentation

Puisque l'énergie souvent disponible est électrique et moins encore pneumatique, alors il faut convertir cette énergie disponible en énergie mécanique ; d'où l'utilisation des ..... qui assurent cette fonction de conversion. On trouve :

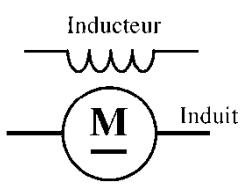
- Actionneurs électriques.
- Actionneurs pneumatiques

### 2 Actionneur électrique : Moteur électrique à courant

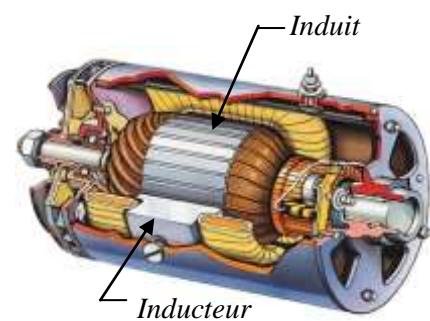
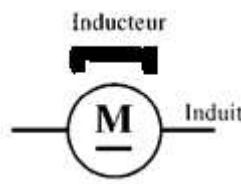
#### Symbol



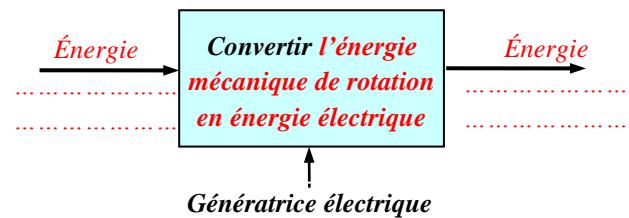
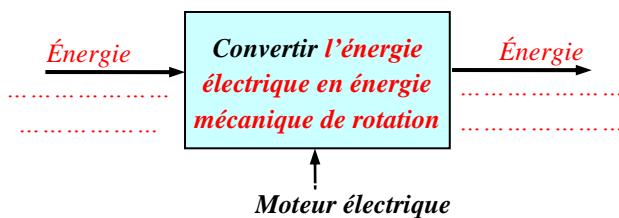
Mcc à inducteur bobiné



Mcc à aimant permanent



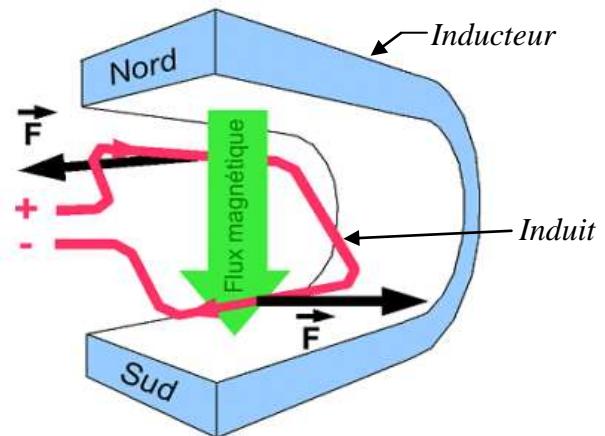
#### Modèle fonctionnel



#### Principe de fonctionnement

Si un **conducteur** de longueur  $l$  et en forme de spire, parcouru par un **courant**  $I$ , est placé dans un **champ magnétique**  $B$  (flux magnétique  $\Phi$ ), il est soumis à des **forces de Laplace**  $F = B.l.I$ .

Ces forces créent un **couple** de rotation qui fait **tourner** la spire sur son axe. Quand la spire a fait un demi-tour, il faut inverser la polarité pour inverser le sens des forces et continuer le mouvement. Ce sera le rôle du **collecteur**.



#### Constituants électriques

##### Induit

Solidaire du rotor (partie mobile ou tournante de la machine), il est le siège des **forces** nécessaires à son entraînement. Il est composé de spires placées dans des encoches situées à la périphérie d'un empilement de tôles cylindriques. Les extrémités des spires sont reliées sur les lames du collecteur



## Inducteur

Situé dans le stator (partie fixe), il crée le champ d'induction magnétique (flux magnétique  $\Phi$ ). Il peut être formé d'aimants en ferrite ou de bobines parcourues par un courant continu.



## Collecteur et Balais

Le collecteur est un ensemble de lames de cuivre où sont reliées les extrémités du bobinage de l'induit.

Les balais (ou carbons) sont situés au stator et frottent sur le collecteur en rotation.

Le dispositif collecteur / balais permet donc de faire **circuler** un courant dans l'induit.



## Force électromotrice d'induction

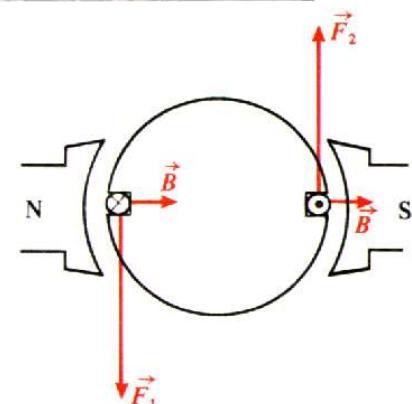
Le déplacement des conducteurs de l'induit dans le champ magnétique de l'inducteur fait apparaître aux bornes de ces derniers une f.é.m. induite.

On montre que la f.é.m. induite totale  $E$  qui apparaît aux bornes de l'induit vaut :  $E = \dots \dots \dots$

Avec :  $K$  : constante du moteur

$\Phi$  : Flux utile sous un pôle de l'inducteur (Weber : Wb)

$\Omega$  : vitesse de rotation (rad/s)



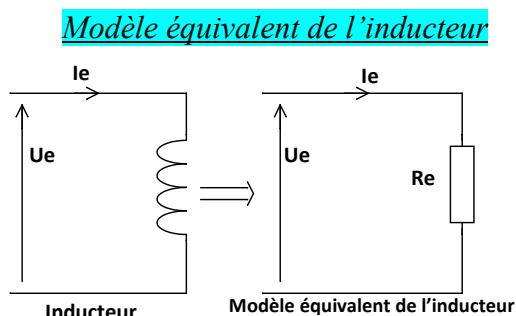
## Réversibilité des machines à courant continu

Les machines à courant continu peuvent fonctionner tant en moteur qu'en génératrice :

- si on alimente l'induit, le rotor se met à **tourner**,
- si on fait tourner le rotor, l'induit **génère** une f.é.m.  $E$ .

On dit que les machines à courant continu sont **réversibles**.

## Modèle équivalent du moteur à courant continu



Lorsque l'inducteur n'est pas à aimants permanents, il est constitué de bobines en série traversées par un courant continu  $I_e$ , appelé **courant d'excitation**.

On sait, de plus, qu'en courant continu, une bobine est équivalente à sa résistance.

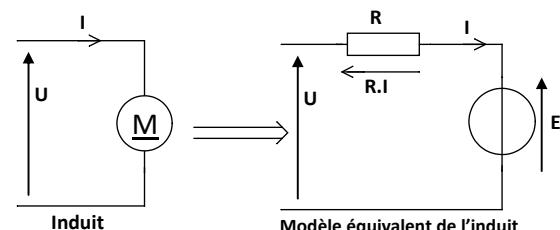
avec :  $U_e = \dots \dots \dots$

$R_e$  : résistance de l'inducteur ( $\Omega$ )

$U_e$  : tension d'alimentation de l'inducteur (V)

$I_e$  : intensité du courant d'excitation (A)

## Modèle équivalent de l'induit



L'induit, soumis à une tension  $U$  dite tension d'induit, est constitué de conducteurs, de résistance  $R$ , traversés par un courant continu  $I$  dit courant d'induit. Il génère une f.é.m. ou une f.c.é.m. suivant qu'il fonctionne en génératrice ou en moteur.

**Loi des mailles** :  $U - R.I - E = 0$  donc :  $U = \dots \dots \dots$

Avec :  $R$  : résistance de l'induit ( $\Omega$ )

$U$  : tension d'alimentation de l'induit (V)

$I$  : intensité du courant de l'induit (A)

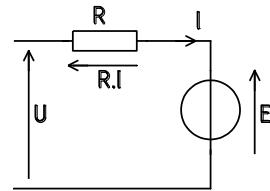
$E$  : f.c.é.m. générée par l'induit (V)

## Bilan des puissances

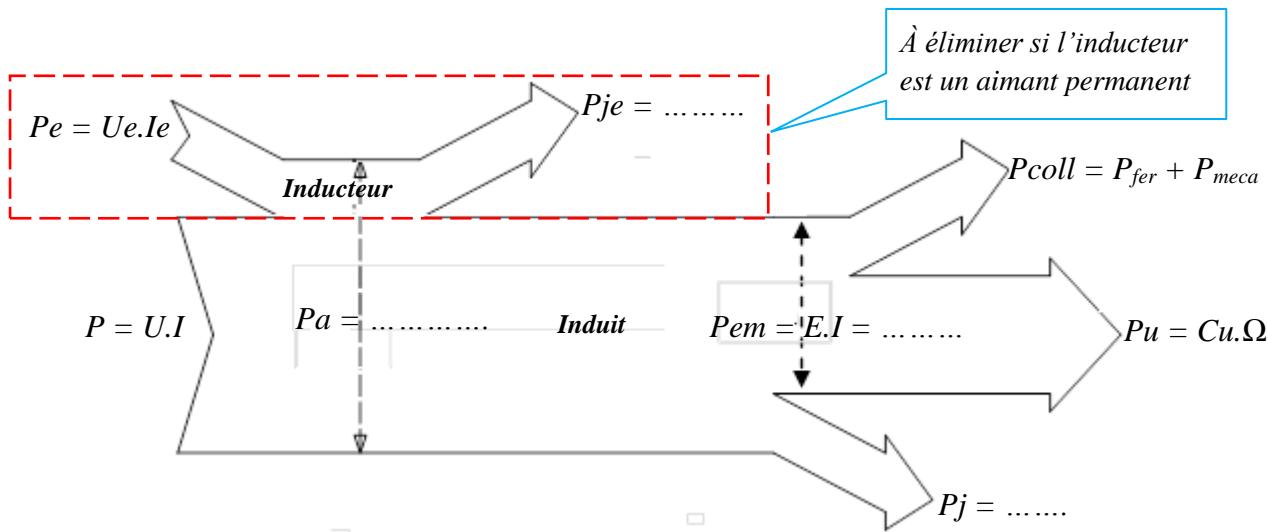
*Relation correspondante :*  $U = E + R.I$

En multipliant par  $I$ , on obtient :  $\boxed{U.I} = \boxed{E.I} + \boxed{R.I^2}$

*Puissance absorbée*   *Puissance électromagnétique*   *Pertes par effet Joule dans l'induit*



### **En résumé :**



De plus, le rotor (matériau ferromagnétique) est en mouvement dans un champ magnétique, d'où l'apparition de pertes magnétiques notée  $P_{fer}$ .

D'autre part, le rotor en rotation sera le siège de pertes mécaniques notées  $P_{\text{meca}}$

### **Remarque :**

Toute la puissance absorbée par l'inducteur  $P_e$  est convertie en pertes par effet Joule  $P_{je}$

### **Rendement :**

*Du fait de ces différentes pertes, le rendement d'une machine à courant continu varie entre 80 et 95 %.*

**Rendement = Puissance fournie (utile) / Puissance totale absorbée. =  $P_u / P_a$**

- $Pa = U \cdot I + (puissance absorbée par l'inducteur)$
- $Pu = Cu \cdot Q$

D'où rendement :  $\eta =$  ..... = .....

### **Comportement au démarrage :**

$$U = E + RI \text{ (équation toujours vraie)}$$

*Au démarrage, la vitesse de rotation est **nulle** ( $n = 0$ ) donc  $E = \mathbf{0}$ . Le courant de démarrage vaut donc :*

$$\mathbf{Id} = \dots \dots \dots \quad \quad \quad Et \quad Cd = k'.Id = k'.U/R$$

Le courant peut-être très important au démarrage et détruire les contacts collecteur-balai : il faut donc **limiter** ce courant  $Id$  : utilisation de démarreur, variateurs de vitesses.

*Le couple de démarrage est aussi très important et pas forcément toléré par les organes mécaniques.*