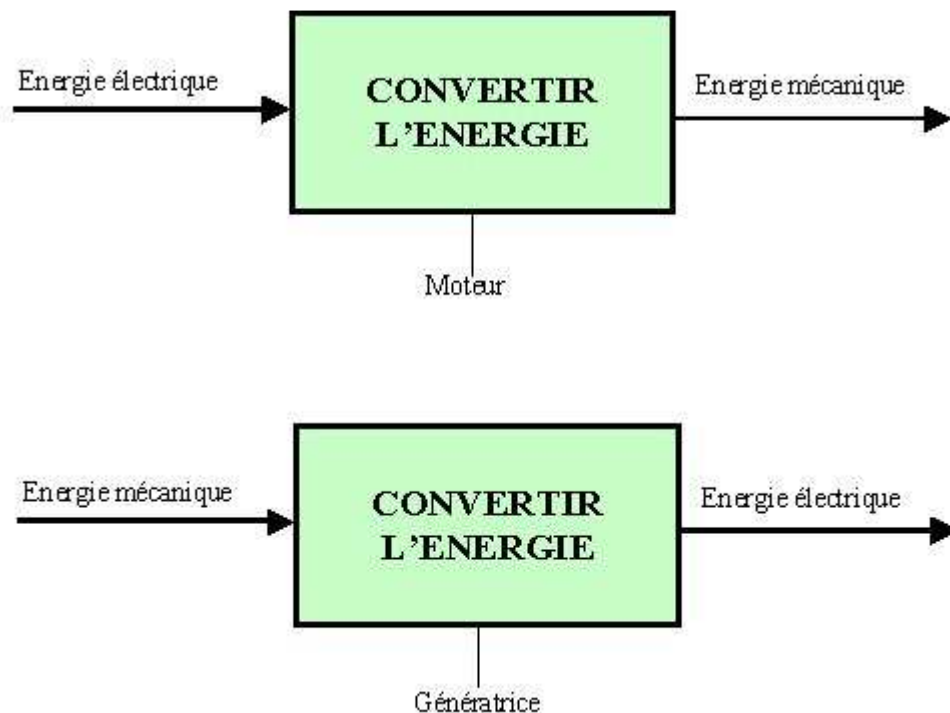


Les moteurs à courant continu

D)- GENERALITES

Les moteurs à courant continu à excitation séparée sont encore utilisés assez largement pour l'entraînement à vitesse variable des machines. Très facile à miniaturiser, ils s'imposent dans les très faibles puissances. Ils se prêtent également fort bien à la variation de vitesse avec des technologies électroniques simples pour des performances élevées et jusqu'à des puissances importantes. Leurs caractéristiques permettent également une régulation précise du couple, en moteur ou en génératrice. Leur vitesse de rotation nominale est adaptable aisément par construction à toutes les applications, car elle n'est pas liée à la fréquence du réseau. Ils sont en revanche moins robustes que les moteurs asynchrones et nécessitent un entretien régulier du collecteur et des balais.

1)- FONCTION D'USAGE

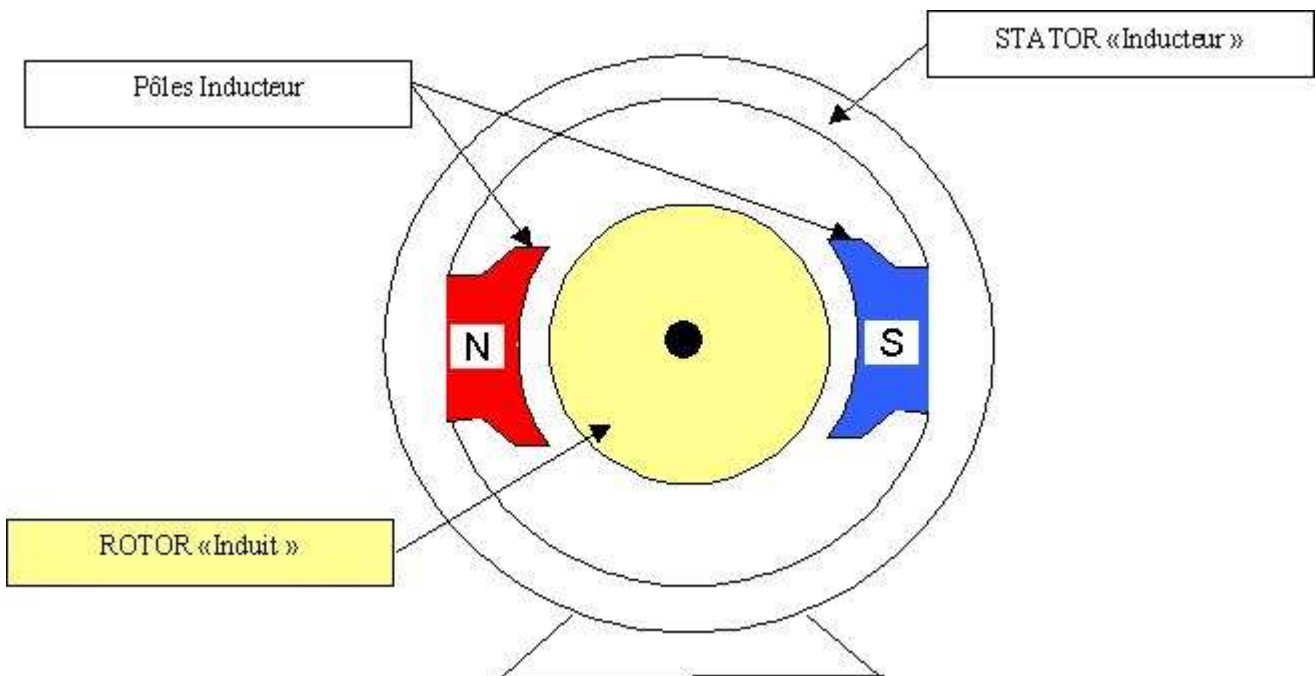


Remarque : La machine à courant continu est réversible c.à.d. qu'elle peut fonctionner aussi bien en moteur qu'en génératrice.

2)- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'application par excellence de la loi de Laplace est le moteur à courant continu. Cette loi affirme que l'action d'un champ magnétique sur un conducteur traversé par un courant, produit une force, cette force engendre un couple qui fait tourner le moteur.

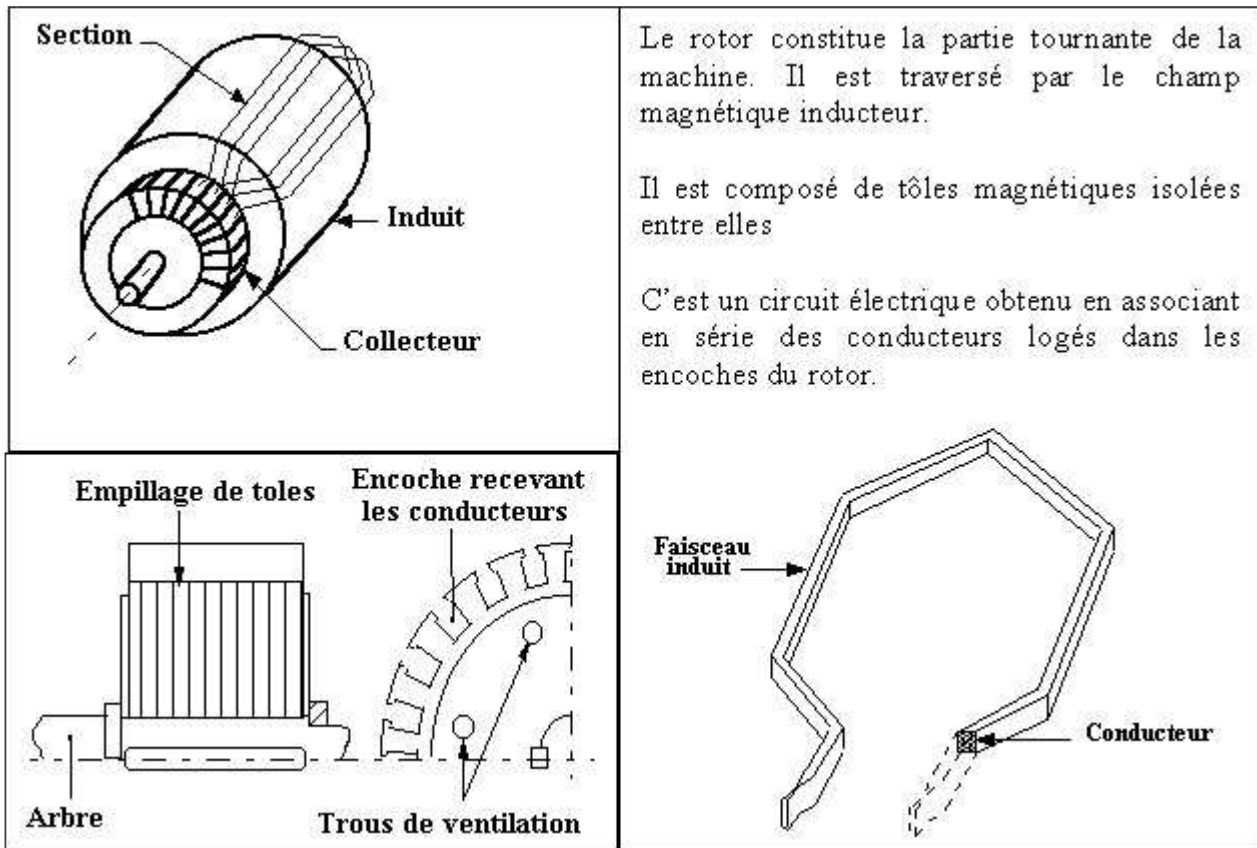
II)- CONSTITUTION D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU



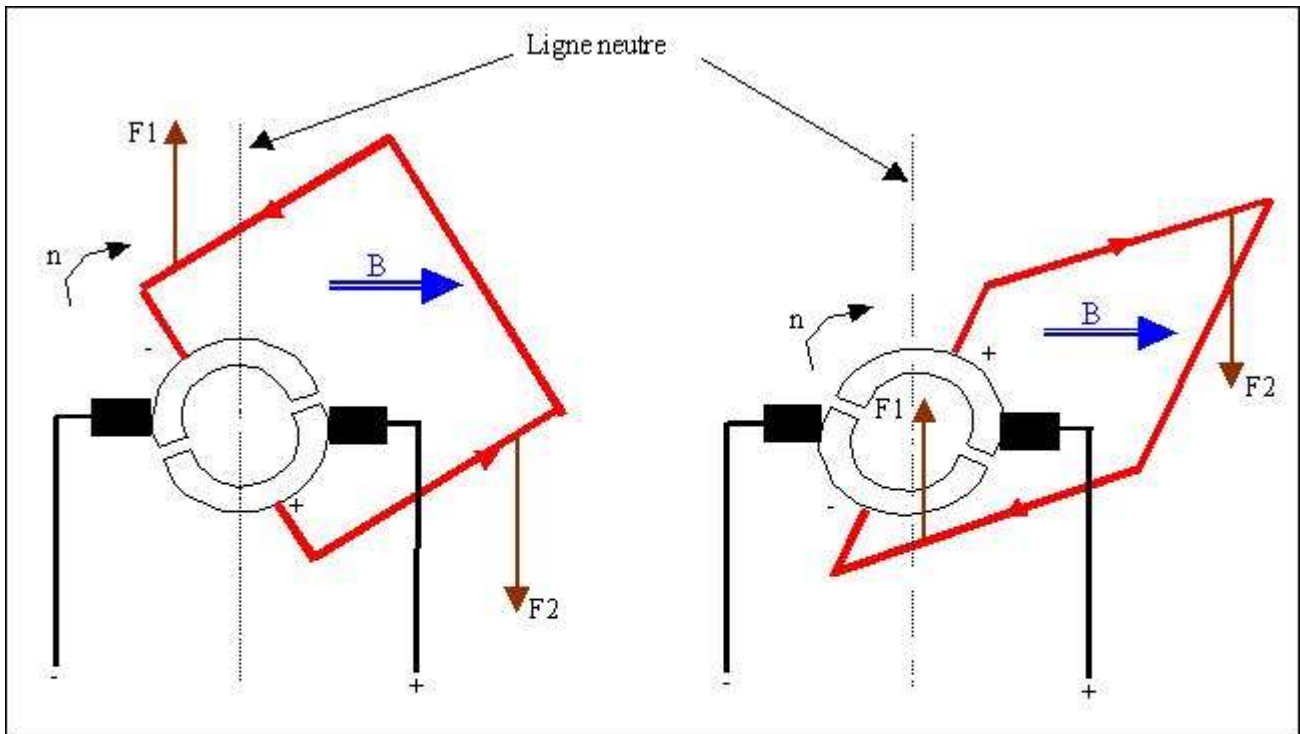
1)- L'INDUCTEUR OU LE STATOR

<p>Circuit magnétique inducteur</p> <p>Bobine inducteur</p> <p>The diagram shows a cross-section of the stator. It features a central air gap where the rotor would be. On either side of the air gap are two shaded regions representing the stator poles. Between these poles, there are several small circles representing the stator winding. An arrow points from the label 'Bobine inducteur' to one of these circles. Another arrow points from the label 'Circuit magnétique inducteur' to the central air gap area.</p>	<p>C'est un élément de circuit magnétique immobile sur lequel est bobiné un enroulement. Cet ensemble constitue un électro-aimant.</p> <p>Lorsque les bobines de l'inducteur sont parcourues par un courant continu, elles créent un champ magnétique qui traverse le stator et le rotor.</p> <p>Pour les faibles puissances, l'enroulement inducteur est remplacé par un aimant permanent, ce qui permet de réduire l'encombrement.</p>
--	--

2)- L'INDUIT OU LE ROTOR



3)- COLLECTEUR ET BALAIS



Le système balais – collecteur permet d'alimenter les conducteurs du rotor. Les balais sont fixes et solidaires du stator tandis que le collecteur est fixé au rotor.

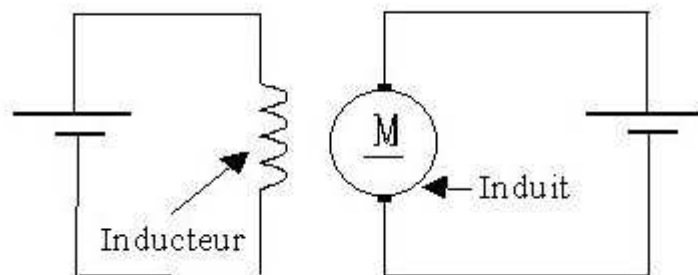
Les balais sont reliés à l'alimentation électrique de l'induit et sont en contact permanent avec le collecteur par frottement. Le courant peut ainsi passer dans les conducteurs du rotor.

Le collecteur est formé de deux demi-sections qui permettent d'inverser le sens de circulation du courant dans le conducteur du rotor au passage de la ligne neutre.

III)- LES DIFFERENTS TYPES DE MOTEUR

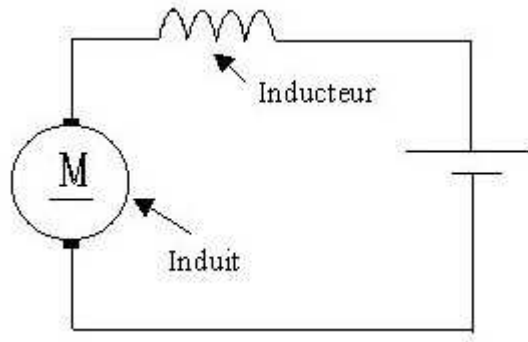
1)- MOTEUR A EXCITATION SEPARÉE

Les bobinages induit et inducteur sont connectés en parallèle. L'inversion du sens de rotation s'obtient en général par inversion de la tension d'induit.



2)- MOTEUR A EXCITATION SERIE

Ce moteur est de construction semblable à celui du moteur à excitation séparée. Le bobinage inducteur est connecté en série avec le bobinage induit, d'où son appellation. L'inversion du sens de rotation est obtenue par inversion des polarités de l'induit ou de l'inducteur.



IV)- MODELE EQUIVALENT DU MOTEUR

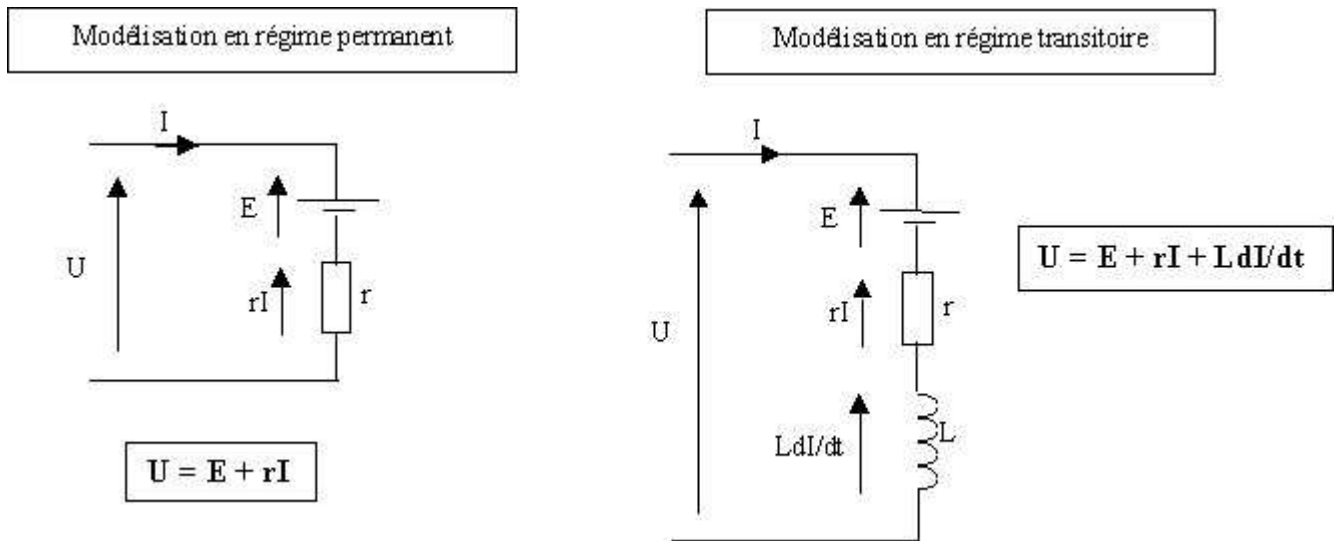
1)- LA FORCE CONTRE ELECTROMOTRICE

Un moteur en rotation présente une force contre électromotrice noté E aux bornes de l'induit :

$$E = \frac{p}{a} N n \Phi$$

- E : f.é.m. en V
- N : nombre de conducteurs de l'induit
- n : vitesse de rotation en tours par seconde (tr/s)
- Φ : flux inducteur en webers (Wb)
- p : nombre de paires de pôles
- a : nombre de voies d'enroulement

2)- SCHEMA EQUIVALENT DU MCC



- r : Résistance interne du moteur caractérisant la résistance du bobinage de l'induit.
- L : Inductance interne du moteur caractérisant l'inductance du bobinage de l'induit.

En régime permanent le courant qui circule dans le moteur est constant donc la chute de tension aux bornes de l'inductance interne du moteur est nulle. $LdI/dt = 0$ donc $U = E + rI$

V)- CARACTERISTIQUES DU MOTEUR

1)- LA VITESSE DE ROTATION

D'après ce qui précède:

- $U = E + rI$
- $E = k.n.\Phi$ avec $k = pN/a$

En supposant le flux Φ constant on peut admettre que la force contre-électromotrice est proportionnelle à la vitesse de rotation.

$$E = K.\Omega$$

- Ω : vitesse de rotation en rad/s; $\Omega = n/2\pi$
- $K = pN2\pi/a$

$$\Omega = (U - rI)/K$$

Donc si l'on néglige la chute de tension due à la résistance de l'enroulement rI on peut admettre que la vitesse de rotation d'un moteur à courant continu est proportionnelle à sa tension d'alimentation d'induit. $U = E + rI = K.\Omega$ donc:

$$\Omega = U/K$$

2)- LA PUISSANCE ELECTROMOTRICE

La puissance électromotrice notée P_{em} en Watts: **$P_{em} = E . I$**

3)- LE COUPLE ELECTROMOTEUR

Le couple électromoteur notée T_{em} en N.m: **$T_{em} = K . I$**

$T_{em} = P_{em}/\Omega = E.I/\Omega = K\Omega.I/\Omega = K.I$ donc $T_{em} = K.I$

4)- LA PUISSANCE ABSORBEE

- par l'induit $P = UI$
- par l'inducteur $p = ui$

La puissance absorbée totale par le moteur en Watts: $P_a = P + p = UI + ui$

$$P_a = UI + ui$$

- U, I : tension et courant d'induit
- u, i : tension et courant de l'inducteur

5)- PUISSANCE UTILE (MECANIQUE)

La puissance mécanique notée P_u : **$P_u = T_u/\Omega$**

- T_u : couple utile disponible sur l'arbre moteur en N.m

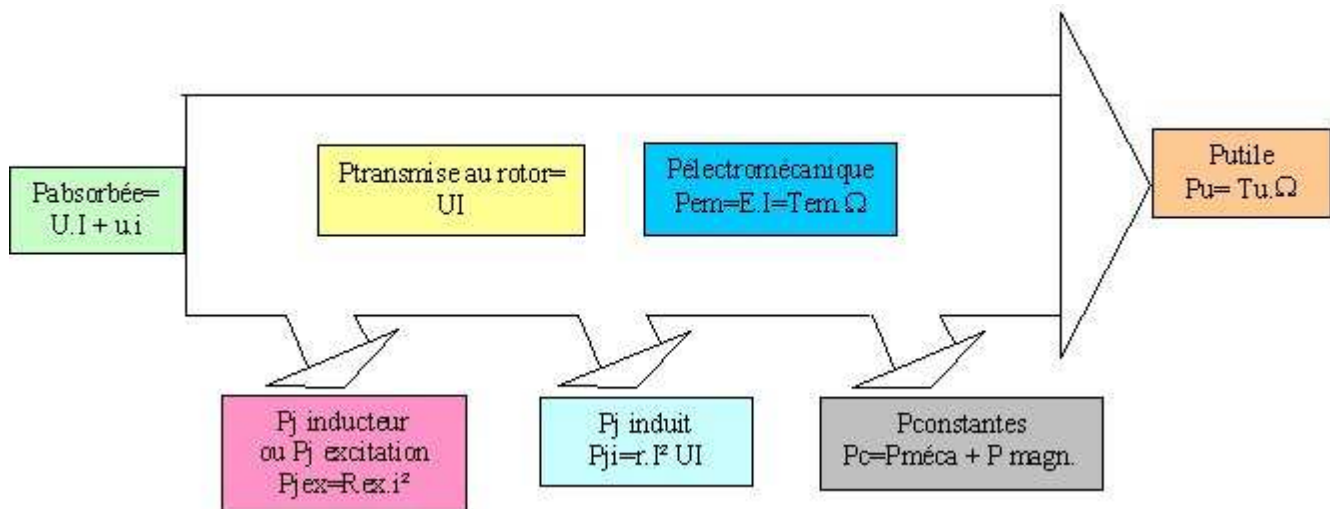
- Ω : vitesse de rotation en rad/s

6)- RENDEMENT DU MOTEUR

Le rendement noté η : $\eta = P_u / P_a$

- η s'exprime en %

VI)- BILAN DE PUISSANCE



1)- PERTES JOULES INDUCTEUR OU D'EXCITATION

Elles traduisent l'énergie dissipée dans le bobinage inducteur. $P_{jex} = R_{ex}.i^2 = u.i$

- R_{ex} étant la résistance du bobinage inducteur.

2)- PERTES JOULES INDUIT

Elles traduisent l'énergie dissipée dans le bobinage induit. $P_{ji} = r.I^2$

- r étant la résistance du bobinage induit

3)- LES PERTES CONSTANTES

C'est la somme des pertes mécanique (frottement) et des pertes magnétiques (foucault et hystérésis). Ces pertes sont supposées constantes quelque soit le point de fonctionnement du moteur.

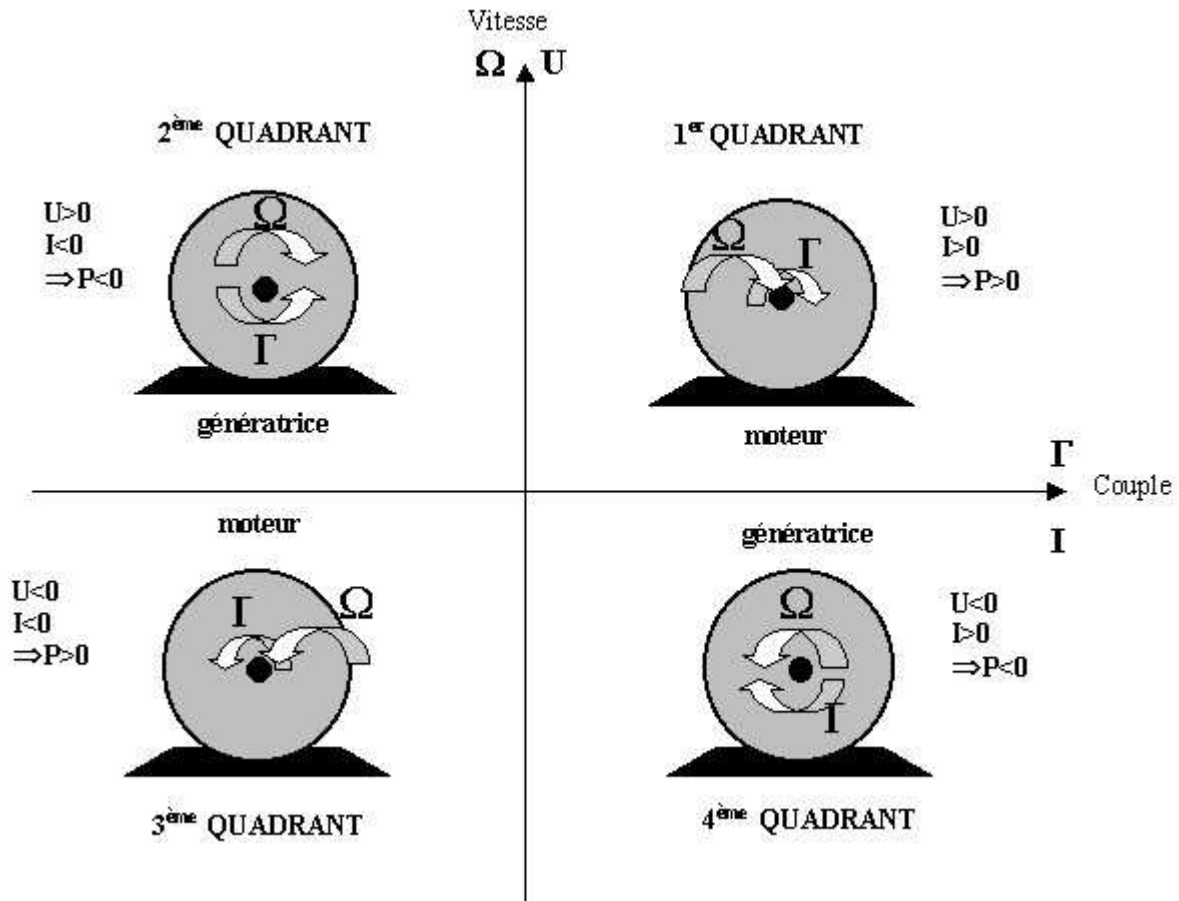
VII)- REVERSIBILITE DE LA MACHINE A COURANT CONTINU

1)- PRINCIPE

Si on place un conducteur du rotor(induit) dans le champ magnétique produit par le stator (inducteur), et que l'on déplace ce conducteur, il est le siège d'un courant induit On a donc créé un générateur de courant. La machine à courant continu fonctionne alors en générateur, c'est le principe de la dynamo.

2)- FONCTIONNEMENT DANS LES QUATRE QUADRANTS

La machine à courant continu est fondamentalement réversible. Ainsi en fonction du signe de la puissance absorbée elle peut fonctionner en moteur ou en générateur (frein) . On définit ainsi quatre quadrants de fonctionnement pour la machine.



Par exemple lors d'un déplacement horizontal (cas d'un train), la machine fonctionne :

- à l'aller, en moteur dans le quadrant 1
- puis au retour, toujours en moteur dans le quadrant 3
- et entre ces deux cas, le ralentissement forcé jusqu'à l'arrêt s'effectue dans le deuxième quadrant pour l'aller et dans le quatrième quadrant pour le retour.

VIII)- LA PLAQUE SIGNALÉTIQUE DU MOTEUR

La plaque signalétique spécifie les valeurs du point de fonctionnement nominal (point pour lequel le moteur fonctionne normalement). On trouve sur la plaque signalétique du moteur différentes informations :

- Puissance nominale
- Vitesse nominale
- Tension et courant d'induit

- Tension et courant d'excitation

IX)- INVERSION DU SENS DE ROTATION

Deux possibilités existent pour inverser le sens de rotation d'un moteur à courant continu :

- Soit inverser le sens du courant d'excitation.(inversion tension d'excitation)
- Soit de changer le sens du courant de l'induit.(inversion tension d'induit)