

# Moteurs à courant continu

## A - Description et principe de fonctionnement :

L'inducteur (ou stator) crée un champ magnétique fixe  $\vec{B}$ . Ce stator peut être à « aimants permanents » ou constitué (comme sur le schéma) d'électro-aimants.

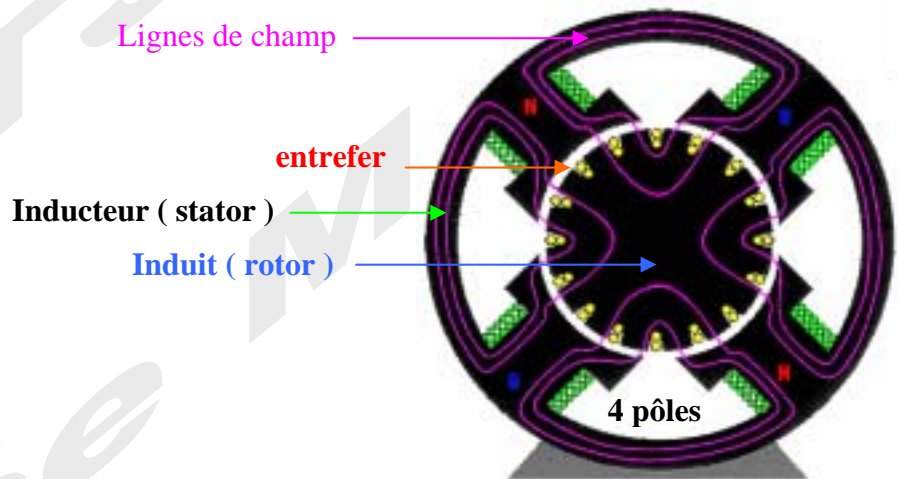
L'induit (ou rotor) porte des conducteurs parcourus par un courant continu (alimentation du moteur) ; ces spires, soumises à des forces (forces dites « de Laplace »), entraînent la rotation du rotor.

Il en résulte une variation du flux du champ magnétique à travers chaque spire ; elle engendre une f.é.m. qui est « redressée » par l'ensemble {collecteur + balais}.

La valeur moyenne  $E$  de cette f.é.m. est proportionnelle à la **vitesse angulaire de rotation  $\Omega$**  du rotor, au **flux maximal** du champ magnétique créé par l'inducteur à travers une spire ( $\Phi = B \times S$ ) et à une constante  **$K$**  qui dépend des caractéristiques de la conception du moteur (nombre de conducteurs, surface de chaque spire, nombre de paires de pôles,...)

$$E = K \Phi \Omega$$

$n$  en  $\text{rad.s}^{-1}$   
 $\Phi$  en Wb (webers)  
 $E$  en V



### Remarque importante :

Si l'inducteur n'est pas « à aimants permanents », l'alimentation de celui-ci aura un impact sur le champ magnétique donc sur le flux  $\Phi$  !

Si l'induit présente une f.é.m.  $E$  alors qu'il est parcouru par un courant d'intensité  $I$ , il reçoit une puissance électromagnétique  $P_{em}$  :  $P_{em} = E I$

Le rotor tourne à la vitesse angulaire  $\Omega$  de sorte que cette puissance s'écrit aussi :

$$P_{em} = E I = T_{em} \Omega$$

Compte tenu de l'expression de la f.é.m.  $E$ , on peut écrire :

$$T_{em} = K \Phi I$$

$I$  en A  
 $T_{em}$  en N.m  
 $\Phi$  en Wb  
 $P_{em}$  en W

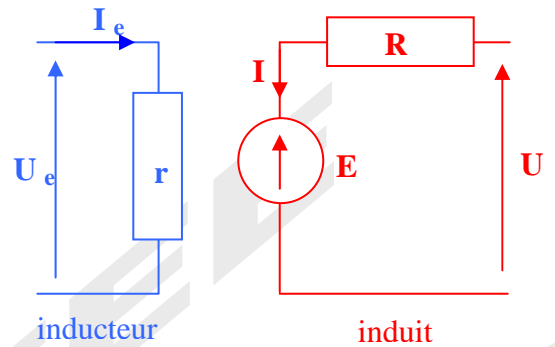
## B – Moteur à excitation indépendante (ou excitation séparée) :

1°) Schéma du circuit électrique équivalent :

L'inducteur et l'induit sont alimentés séparément.

$$U = E + R I$$

$$U_e = r I_e$$



2°) Quelques remarques sur le fonctionnement :

Pour des conditions d'excitation fixées, le flux  $\Phi$  est constant. Dans ce cas, on a :

$$T_{em} = k I$$

$$\text{en posant : } k = K \Phi$$

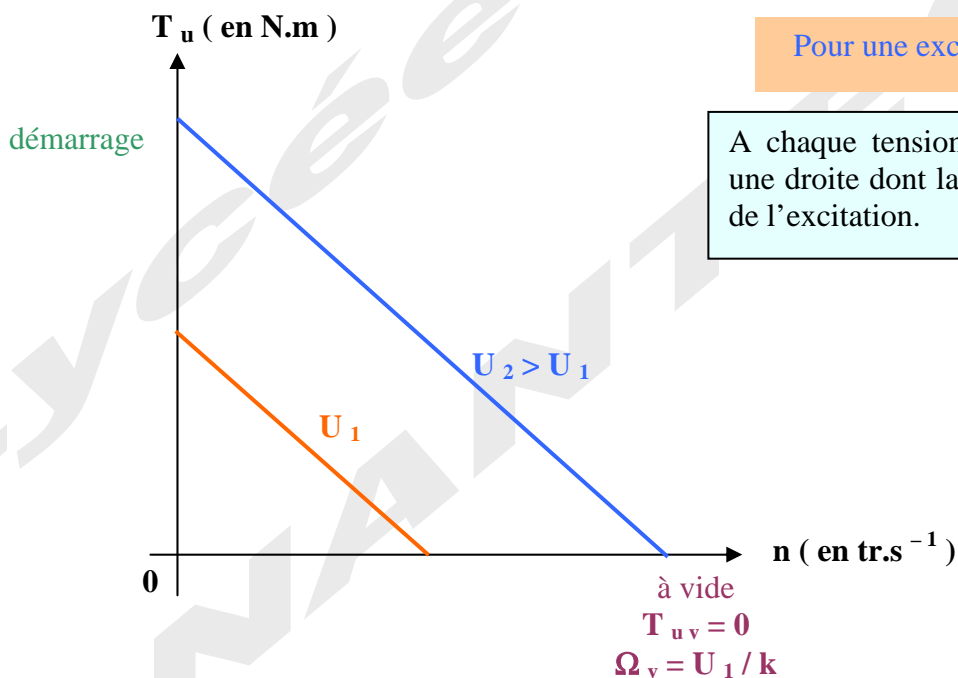
et

$$E = k \Omega$$

En première approximation, on peut négliger les pertes ; dans ce cas, le couple électromagnétique  $T_{em}$  est égal au couple utile  $T_u$  donc au couple résistant  $T_r$  imposé par la charge.

- C'est la charge couplée au moteur qui impose le courant d'induit  $I$ .
- La vitesse de rotation du moteur est proportionnelle à la tension d'alimentation de l'induit. Le réglage de la vitesse est indépendant de la charge.

3°) Caractéristique mécanique du moteur :



Pour une excitation donnée

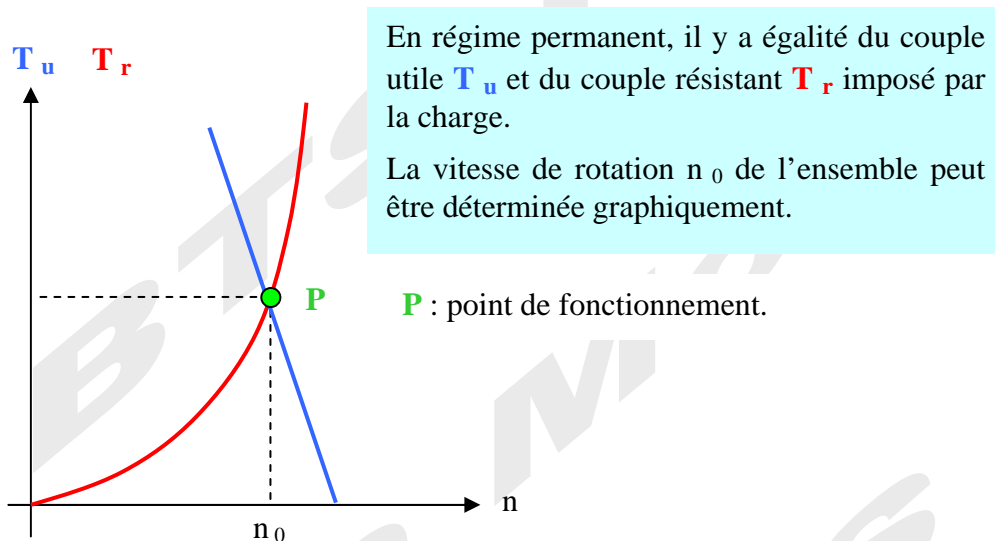
A chaque tension d'induit correspond une droite dont la pente ne dépend que de l'excitation.

Rappel :  $\Omega = 2 \pi n$   
 $\Omega$  en  $\text{rad.s}^{-1}$   
 $n$  en  $\text{tr.s}^{-1}$

Examen de deux cas particuliers :

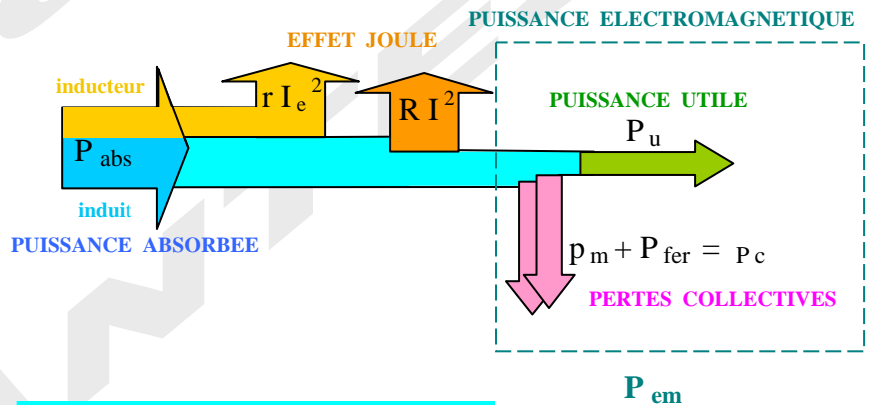
- A vide, le couple utile est nul ; l'intensité est nulle et la vitesse à vide est donnée par :  $\Omega_v = \frac{U}{k}$
- Au démarrage : La vitesse de rotation est nulle ; la f.é.m. aussi. L'intensité  $I_d$  imposée par la charge est, en général, trop importante pour les enroulements de l'induit !
  - Il faut donc démarrer sous tension réduite.
  - Ou intercaler un rhéostat de démarrage dans le circuit d'induit.

On limite donc la caractéristique mécanique du moteur à sa partie « utile » qui nous permet de trouver le point de fonctionnement, **en régime permanent**, de l'ensemble { moteur + charge }.



4°) Bilan de puissance :

Rendement =  $P_u / P_{abs}$



$$P_{abs} = U_e I_e + UI$$

$$= R I_e^2$$

absorbée par l'induit

$p_c = U_v I_v$  ( essai à vide )

$P_u = T_u \times \Omega$  avec  $T_u = T_r$

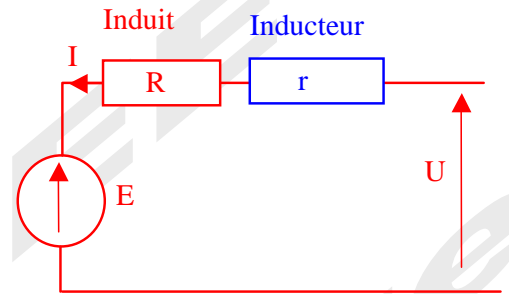
$P_{J, induit} = R I^2$

### C - Moteur à excitation série :

L'inducteur de ce moteur est en série avec l'induit : le courant d'induit est également le courant d'excitation.

Nous supposons que **le flux utile sous un pôle est proportionnel au courant d'excitation I** (circuit magnétique **non saturé**) :  $\Phi = k I$  avec  $k = Cte$ .

1°) Schéma électrique équivalent :



On a :  $U = E + (R + r) I$

On a :  $E = K \Phi \Omega$  et  $I = \frac{T_{em}}{K \Phi}$  avec  $\Phi = k I$ .

2°) Remarques sur le fonctionnement :

En première approximation, on peut négliger les pertes ; dans ce cas, le couple électromagnétique  $T_{em}$  est égal au couple utile  $T_u$  donc au couple résistant  $T_r$  imposé par la charge. On peut écrire :

$T_u \cong T_{em} = K \Phi I = K' I^2$  en posant :  $K' = K k = Cte$  et aussi :  $E = K' \Omega I \cong U$

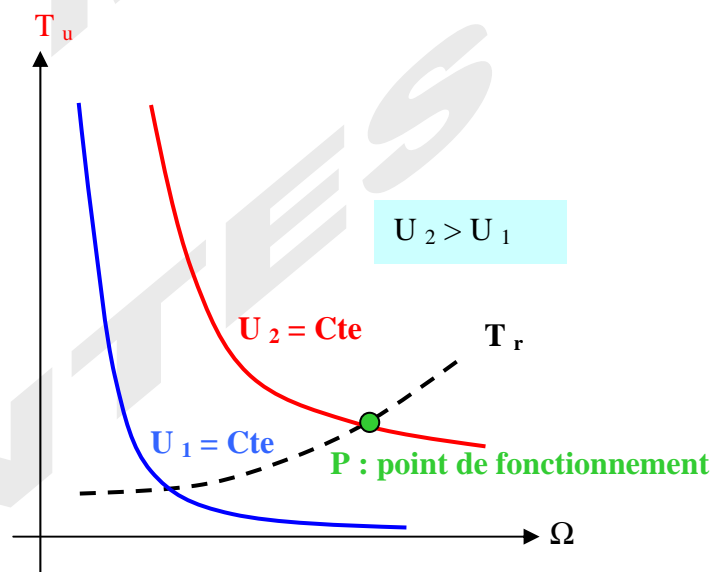
- C'est la charge couplée au moteur qui impose le courant d'induit I.
- Si le couple résistant augmente, l'intensité I augmente et la vitesse de rotation du moteur diminue.

3°) Caractéristique mécanique du moteur :

A tension U fixée, elle a l'allure ci-contre.

Si U est fixée, le produit  $\Omega I$  est constant et  $T_u \Omega^2$  aussi.

Si l'intensité est très faible, le moteur s'emballe ! Ce moteur doit donc démarrer à pleine charge !



4°) Bilan de puissance :

$\eta = \frac{P_u}{P_{abs}}$

$P_u = P_{abs} - P_J - p_c$

$P_{abs} = U I$

$P_J = (R + r) I^2$

