Moteurs à courant continu

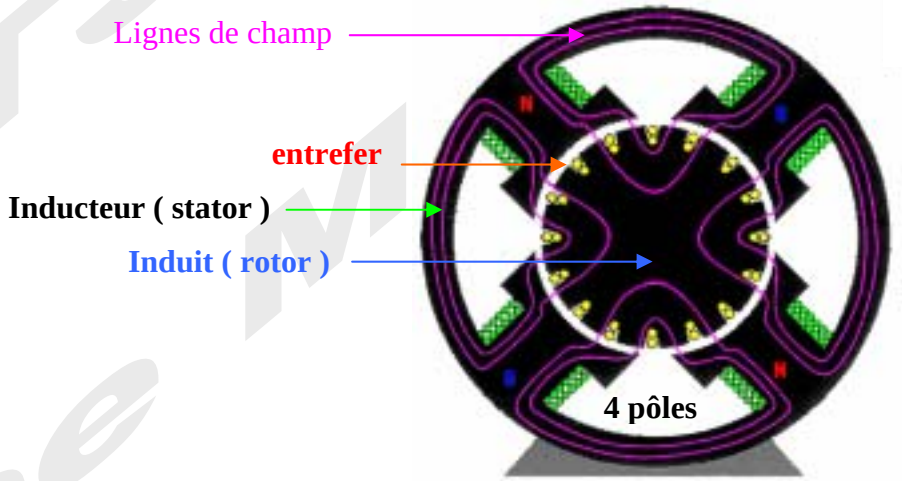
A - Description et principe de fonctionnement :

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 Ω** 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 rad.s^{-1}
Φ 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 Φ !

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 Ω 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 :

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

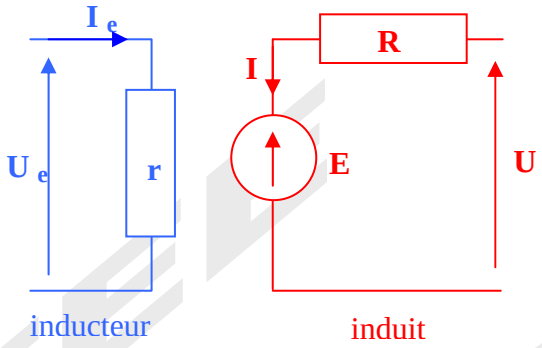
I en A
T_{em} en N.m
Φ en Wb
P_{em} en W

document proposé sur le site « Sciences Physiques en BTS » : http://lycee.cortial.net
WWW.DZIEN.COM

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 :

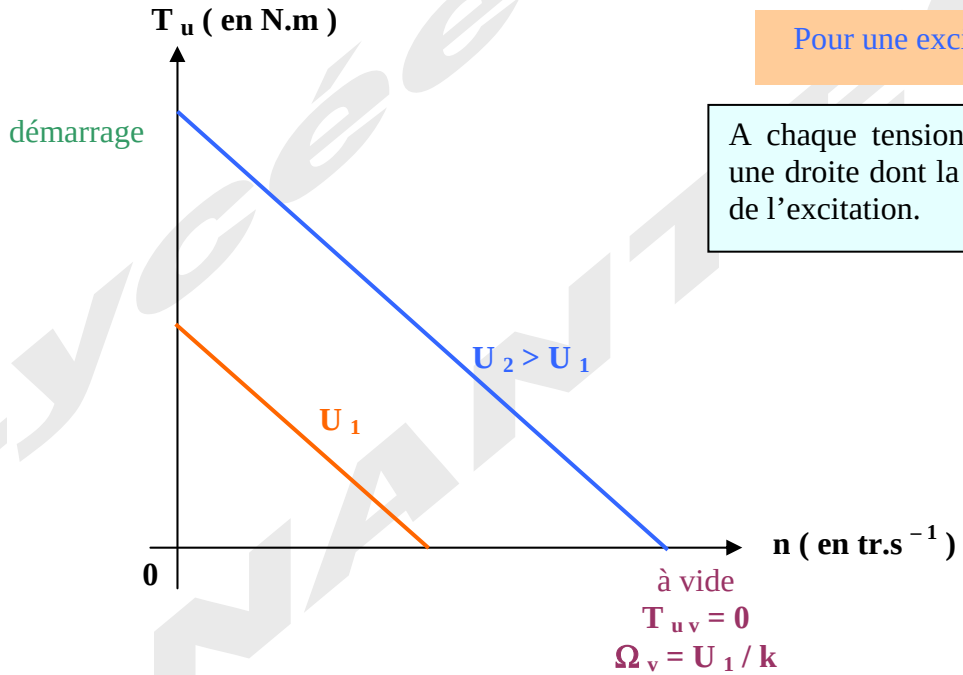
Pour des conditions d'excitation fixées, le flux Φ est constant. Dans ce cas, on a :

et $T_{em} = k\,I$ $\quad E = k\,\Omega$ $\quad$ en posant : $k = K\,\Phi$

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.

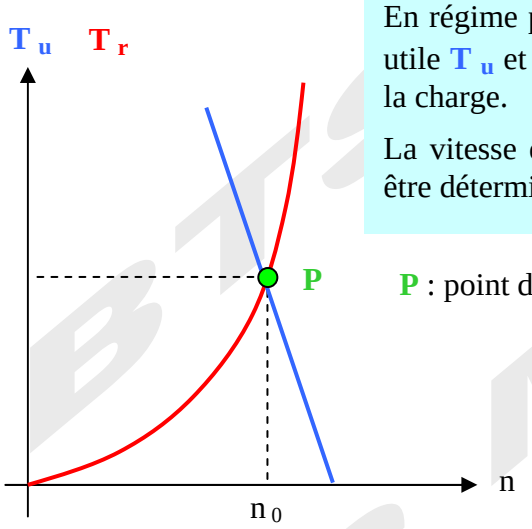
Rappel : $\Omega = 2\,\pi\,n$
Ω en rad.s $^{-1}$
n en tr.s $^{-1}$

document proposé sur le site « Sciences Physiques en BTS » : http://lycee.cortial.net
WWW.DZIEN.COM

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 }.



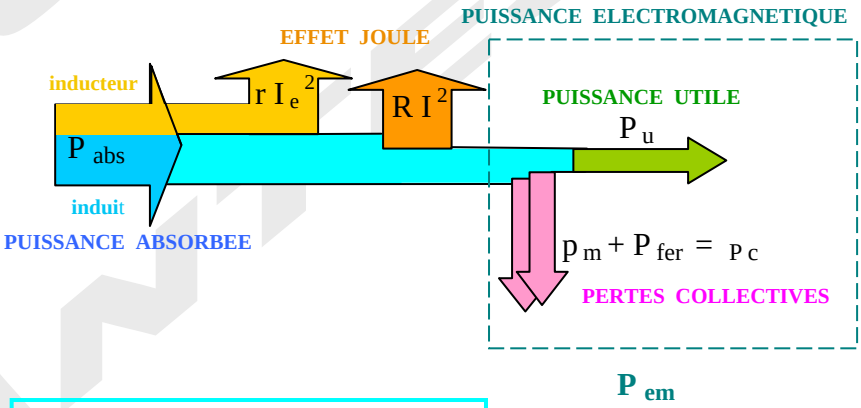
En régime permanent, il y a égalité du couple utile T_u et du couple résistant T_r imposé par la charge.

La vitesse de rotation n_0 de l'ensemble peut être déterminée graphiquement.

P : point de fonctionnement.

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 $T_u = T_r$

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

document proposé sur le site « Sciences Physiques en BTS » : http://lycee.cortial.net

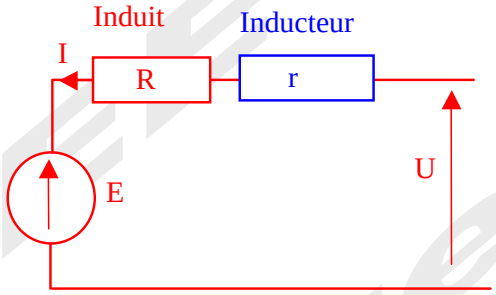
WWW.DZIEN.COM

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 supposerons 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 $I = \dfrac{T_{em}}{K\ \Phi}$ avec $\Phi = k\ I$.

2°) Remarques sur le fonctionnement :

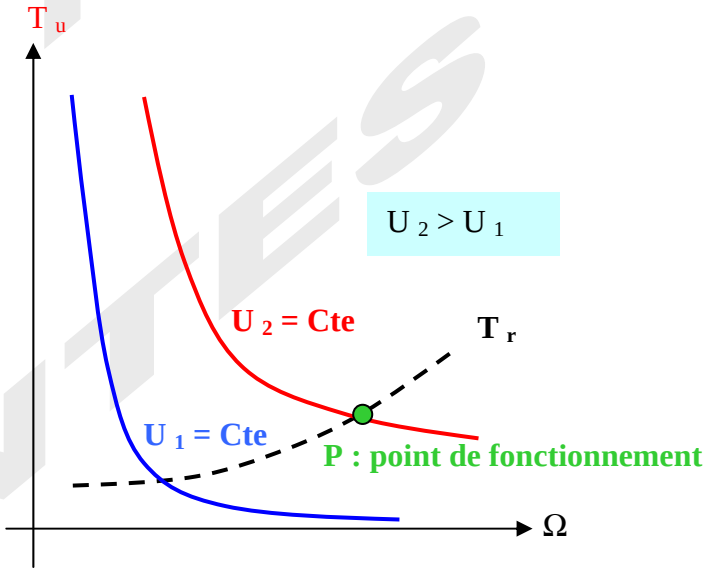
En première approximation, on peut négliger les pertes ; dans ce cas, le couple électromagnétique T_{em} est égal au couple utile T_u donc au couple résistant T_r imposé par la charge. On peut écrire :

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

- 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 !

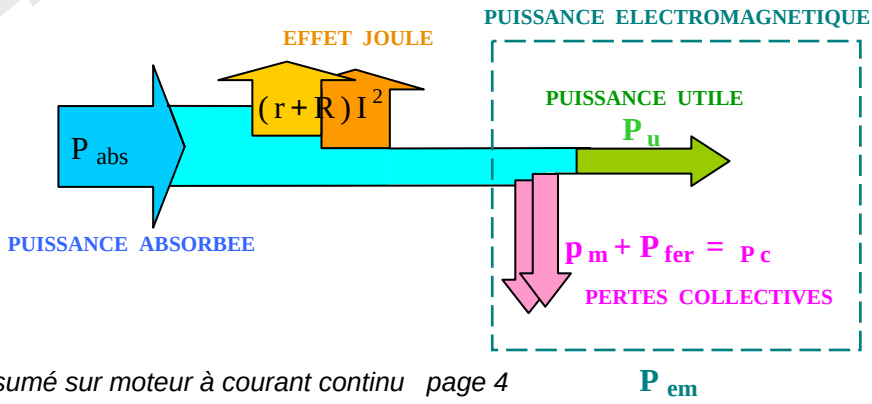
4°) Bilan de puissance :

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

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

$$P_{abs} = U\ I$$

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



document proposé sur le site « Sciences Physiques en BTS » : http://lycee.cortial.net

WWW.DZIEN.COM