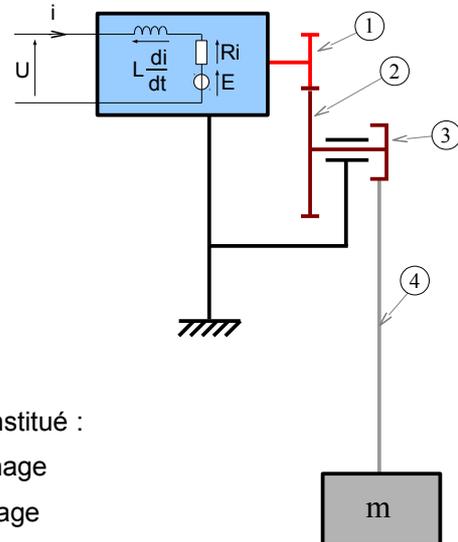
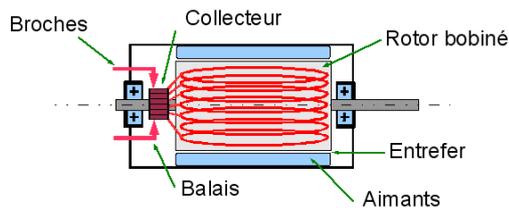


Modélisation comportementale d'un moteur cc

Imaginons le cas concret d'un treuil comme représenté ci-contre.

Modèle électrique équivalent

Comme le montre la figure ci-dessous, un moteur cc comporte un rotor bobiné noyé dans un champ magnétique.



Le schéma électrique équivalent du moteur ci-dessus est donc constitué :

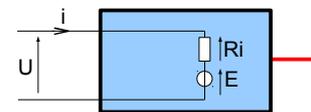
- D'une résistance R correspondant à la résistance du bobinage
- D'une inductance L correspondant à l'inductance du bobinage
- D'une force électromotrice (fem) E induite par le champ magnétique

Ces trois éléments se retrouvent sur le schéma électrique du moteur de treuil.

La loi des mailles donne : $U = L \cdot \frac{di}{dt} + Ri + E$

Remarque : En régime permanent, le courant ne varie pas donc la bobine se comporte comme un fil.

En régime permanent on a donc : $U = Ri + E$



Modèle en régime permanent.

Modèle électromécanique

En se référant au schéma du treuil ci-dessus.

Le moteur exerce un couple C (N.m) sur son rotor (1).

$$C = k \cdot \Phi \cdot i \quad \text{où :} \quad \begin{array}{l} k \text{ est une constante caractéristique du moteur} \\ \Phi \text{ est le flux magnétique dans le bobinage} \\ i \text{ est le courant d'alimentation du moteur en A} \end{array}$$

Le rotor (1) tourne à une fréquence ω (rad/s).

$$\omega = \frac{1}{k \cdot \Phi} \cdot E \quad \text{où :} \quad \begin{array}{l} k \text{ est la même constante que ci-dessus} \\ \Phi \text{ est le flux magnétique dans le bobinage} \\ E \text{ est la force électromotrice en V} \end{array}$$

Caractéristique d'un moteur cc

La caractéristique d'un moteur cc est la fonction qui permet de déterminer la fréquence de rotation en fonction du couple à délivrer et des grandeurs électrique d'alimentation.

D'après les relations précédentes :

$$\omega = \frac{1}{k \cdot \Phi} \cdot (U - R \cdot i) = \frac{1}{k \cdot \Phi} \cdot U - \frac{1}{k \cdot \Phi} \cdot R \cdot \frac{C}{k \cdot \Phi} \quad \text{soit globalement : } \omega = \frac{1}{k \cdot \Phi} \cdot U - \frac{R}{(k \cdot \Phi)^2} \cdot C$$

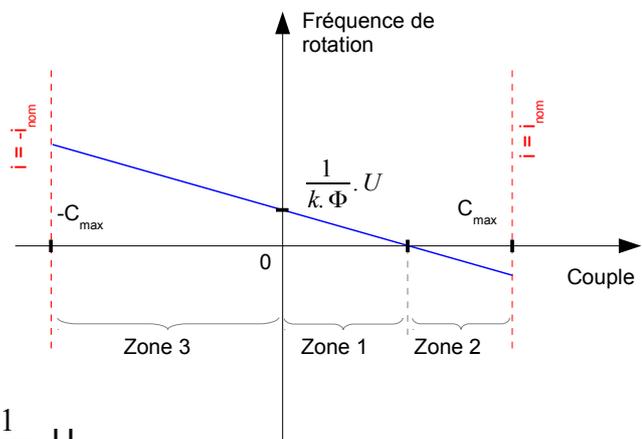
Ce premier terme est constant pour une tension d'alimentation U donnée

La relation entre la fréquence de rotation ω et le couple C est l'équation d'une droite.

L'ordonnée à l'origine est : $\frac{1}{k \cdot \Phi} \cdot U$

La pente de la droite est : $\frac{-R}{(k \cdot \Phi)^2}$

Le tracé est donné ci-contre :



Interprétation :

- Fréquence de rotation à vide : Pour $C=0$, $\omega = \frac{1}{k \cdot \Phi} \cdot U$

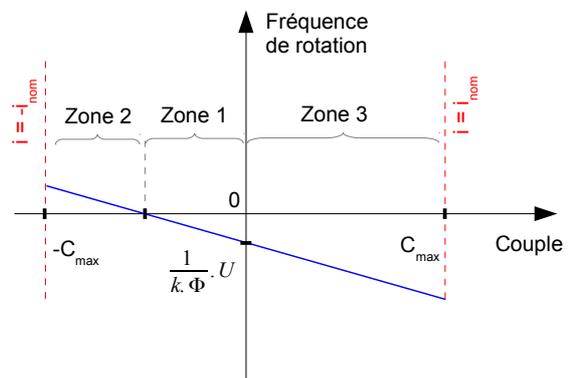
La fréquence de rotation à vide est donc proportionnelle à la tension d'alimentation U.

- Zone 1 : Le couple appliqué sur le moteur est supérieur à zéro. Plus il augmente, plus la fréquence de rotation du moteur diminue.
- A la limite entre les zones 1 et 2 : Le couple appliqué sur le rotor est fort au point de caler le moteur $\omega = 0$.
- Zone 2 : Le couple appliqué sur le rotor est encore plus fort, le moteur change de sens de rotation $\omega < 0$.
- Zone 3 : Le couple appliqué sur le rotor est négatif. C'est à dire qu'il entraîne le rotor. Plus ce couple est important en valeur absolue, plus le moteur accélère.

Le sens du courant est du même signe que le couple, donc le courant est dans le sens opposé, le moteur se comporte en générateur de courant.

Si on change le sens de l'alimentation électrique, le moteur change de sens de rotation à vide.

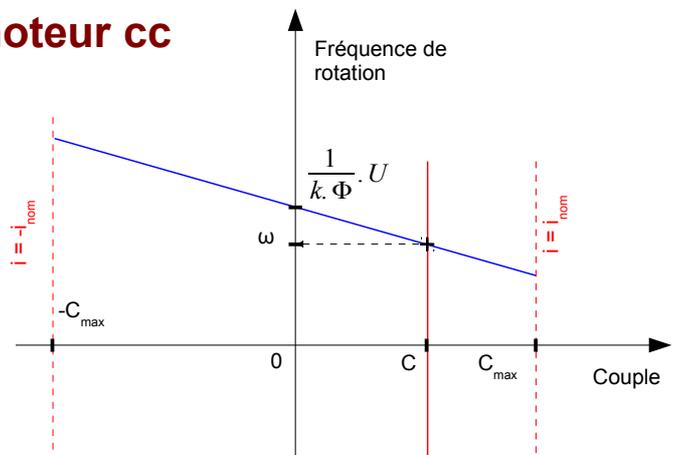
On obtient la caractéristique ci-contre dont l'interprétation est analogue à la précédente.



Point de fonctionnement d'un moteur cc

Si on connaît la tension d'alimentation du moteur et le couple qu'il doit fournir, on trouve son point de fonctionnement comme ci-contre.

On peut en déduire sa fréquence de rotation ω .



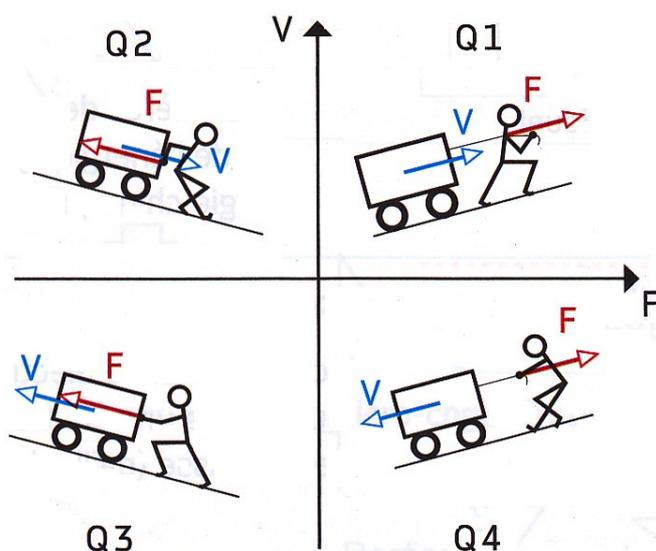
Réversibilité

Le phénomène lié aux forces de Laplace est réversible. C'est à dire que tout conducteur en mouvement dans un champ magnétique tend à produire un courant. Le courant ainsi produit crée une force de Laplace qui s'oppose au mouvement du conducteur.

Cette réversibilité est très utile dans un véhicule électrique par exemple. En effet en descente si on arrête d'accélérer le moteur se transforme en générateur et il recharge les batteries.

La présentation en 4 quadrants ci-dessous illustre les différents cas où un « moteur à courant continu » fonctionne en moteur ou en générateur.

Dans cette illustration la fonction « moteur » est assurée par l'homme.



Q1 et Q3 : L'homme provoque le mouvement, il est moteur.

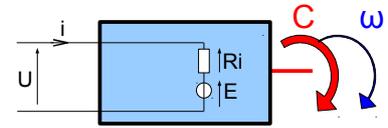
Q2 et Q4 : L'homme freine le mouvement, il est récepteur. Dans le cas d'un moteur électrique il est alors générateur. Il peut servir à recharger une batterie.

Rendement théorique d'une machine cc

En fonctionnement moteur

On reprend le modèle de comportement en régime permanent ci-contre.

Le schéma bloc d'un moteur électrique est le suivant :



Modèle en régime permanent.

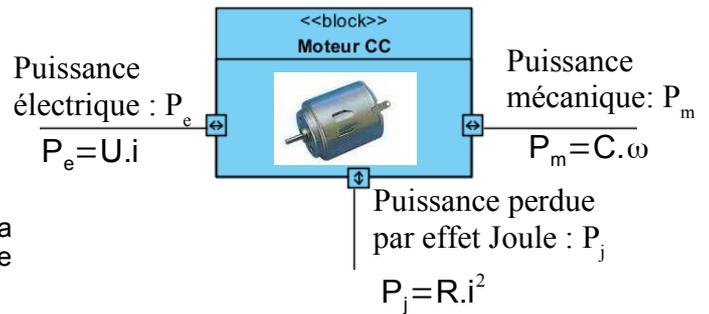
Des expressions ci-dessus on déduit que :

$$P_e = U \cdot i = (R \cdot i + E) \cdot i = R \cdot i^2 + E \cdot i$$

Perte par effet Joule

La loi de conservation de l'énergie impose que la somme des énergies entrantes est égale à la somme des énergies sortantes, soit :

$$P_e = P_j + P_m$$



Par comparaison des deux expressions ci-dessus, on trouve que : $P_m = E \cdot i$

On peut ainsi calculer le rendement théorique du moteur : $r = \frac{P_m}{P_e} = \frac{E}{U}$ Soit : $r = \frac{U - Ri}{U}$

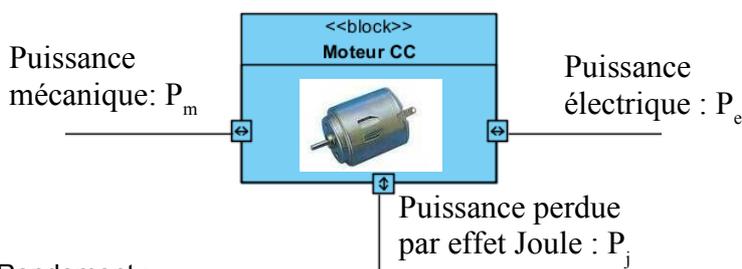
On déduit de cette expression que le rendement du moteur est d'autant meilleurs que R et i sont faibles.

On se doutait facilement que plus les fils du bobinage sont conducteurs plus rendement est important.

On constate que pour avoir un bon rendement il faut aussi un courant d'alimentation le plus faible possible.

Si on se réfère à la caractéristique d'un moteur cc, cela signifie que le le couple délivré par le moteur doit être le plus faible possible pour avoir le meilleur rendement.

En fonctionnement génératrice

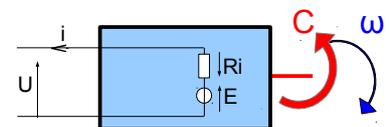


Rendement :

$$r = \frac{P_e}{P_m} = \frac{U}{E} \quad \text{D'où :} \quad r = \frac{U}{U + R \cdot i}$$

On déduit de l'expression ci-dessus que le rendement est d'autant meilleur que R est faible (sans surprise) et que i est faible.

Les conditions de fonctionnement optimum sont donc les mêmes en mode moteur et en mode générateur.



Modèle en régime permanent.