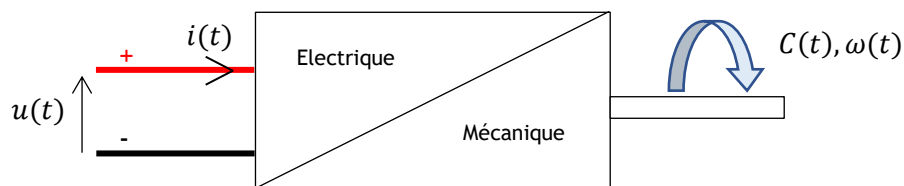


I - La machine à courant continu

La machine à courant continu est un convertisseur d'énergie réversible :

Energie électrique \leftrightarrow Energie mécanique



- Quand on l'utilise pour produire une énergie mécanique, on l'appelle « moteur ».
- Quand on l'utilise pour produire une énergie électrique, on l'appelle « génératrice ».

On rencontre les machines à courant continu dans beaucoup d'applications :



Moteur jouet



Démarrreur de voiture



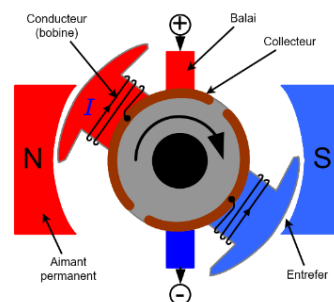
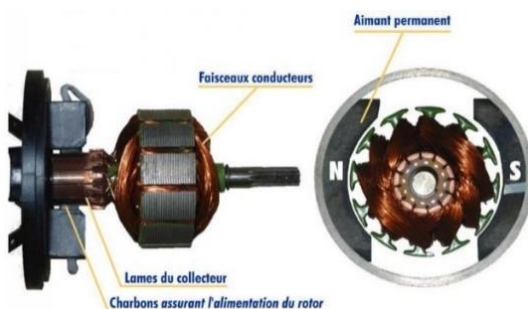
Moteur d'essuie-glaces

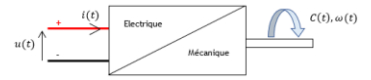


Moteur de voiture RC

II - Comment ça marche ?

La machine à courant continu (appelée MCC dans la suite) est composée d'aimants permanents qui créent un champ magnétique dans lequel se déplacent des bobines.





Les bobines, lorsqu'elles sont parcourues par un courant électrique, se comportent elles aussi comme des aimants. L'alimentation en courant des bobines est ajusté automatiquement grâce à des balais et un collecteur. Ainsi, les pôles de même signe se repoussent en permanence, faisant tourner le rotor. Pour faire du lien avec le cours de physique : c'est la force de Laplace qui est en jeu ici.

Deux bonnes animations permettant de comprendre le fonctionnement :

<https://www.youtube.com/watch?v=qNAJGqRBFE>

(Fonctionnement d'un moteur électrique)

<https://www.youtube.com/watch?v=4brRfv4tNjk>

(machine à courant continu)

III - Le modèle de la MCC

Pour établir l'équation différentielle de la MCC, nous allons décomposer notre étude en 3 parties :

- Modéliser la partie électrique
- Modéliser la partie mécanique
- Etablir le modèle complet

1 - Modélisation de la partie électrique

Le schéma électrique de la partie électrique de la MCC est donné ci-dessous.

$u(t)$: la tension d'alimentation du moteur (V),

$i(t)$: l'intensité du courant dans le moteur (A),

$e(t)$: la force contre-électromotrice (V),

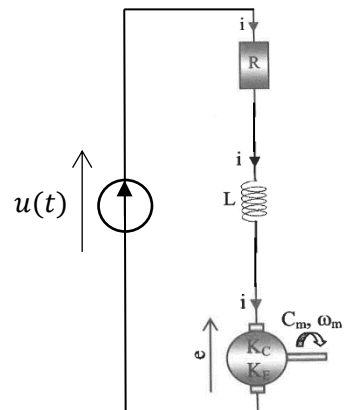
R : la résistance de l'induit (Ω),

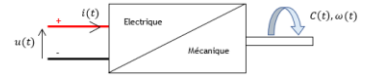
L : l'inductance de l'induit (H),

$\Omega_m(t)$: la vitesse de rotation du moteur (rad/s),

$C_m(t)$: le couple moteur (N.m),

K_e : la constante de vitesse du convertisseur électromécanique (V/rad/s),





K_c : la constante de couple du convertisseur électromécanique (N.m/A).

L'application de la loi des mailles permet d'obtenir l'équation électrique de la MCC.

2 - Modélisation de la partie mécanique

Pour modéliser la partie mécanique, il faut utiliser le PFD, appliqué à l'axe du moteur et projetée sur son axe pour obtenir une équation scalaire :

$$\sum \text{moments} = J \dot{\Omega}_m(t),$$

avec J le moment d'inertie de l'axe et $\Omega_m(t)$ la vitesse de rotation. Le moment d'inertie doit comprendre celui du moteur et celui de l'arbre qui est entraînée en rotation. Il reste à déterminer les moments qui s'appliquent à l'axe :

- Le couple moteur $C_m(t)$, qui est proportionnel au courant,
- Le couple résistant $C_r(t)$, qui dépend de la charge mécanique qui est entraînée par l'axe. Il doit être compté négativement car il s'oppose à la rotation du moteur.

3 - Le modèle complet

Les deux équations différentielles du premier ordre qui modélisent la partie électrique et la partie mécanique sont couplées. Elles sont liées l'une à l'autre à travers le modèle du convertisseur électromécanique :

$$\begin{aligned} e(t) &= K_E \Omega_m(t) \\ C_m(t) &= K_C i(t) \end{aligned}$$

Le modèle complet de la MCC peut donc s'écrire :

$$\begin{aligned} u(t) &= Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + K_E \Omega_m(t) \\ K_C i(t) - C_r(t) &= J \frac{d\Omega_m(t)}{dt} \end{aligned}$$

IV - Les puissances en jeu

La MCC utilisée en moteur converti une puissance électrique en puissance mécanique. Ces puissances s'expriment respectivement :



$$P_e(t) = u(t)i(t)$$

$$P_m(t) = C_m(t)\Omega_m(t)$$

L'unité de la puissance est le Watt.

Il n'y a pas égalité entre $P_e(t)$ et $P_m(t)$ car il y a nécessairement des pertes par frottement dans la MCC. Le rendement de la MCC utilisée en moteur, noté η , se calcule :

$$\eta = \frac{P_m(t)}{P_e(t)}$$

Le rendement η est nécessairement inférieur à 1.