

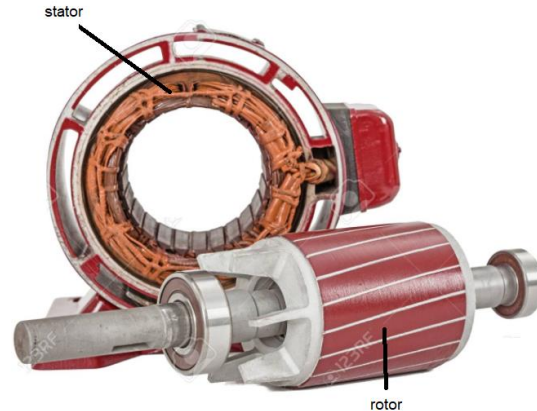
## 1. Introduction

Les machines électriques sont des dispositifs électromécaniques fondés sur des lois électromagnétiques. En effet, ces machines utilisent un champ magnétique pour créer un mouvement de rotation.

Le principe est le suivant :

Un courant électrique parcourt une bobine de cuivre créant ainsi un champ magnétique. Cette partie s'appelle **le stator (ou inducteur)**, elle reste fixe au sein du moteur.

Des aimants (ou des bobines) fixés autour de l'arbre moteur vont interagir avec ce champ magnétique entraînant ainsi la rotation de l'arbre. Cette partie mobile est ce que l'on nomme le **rotor (ou induit)**.



[https://www.123rf.com/photo\\_106388490\\_rotor-and-stator-of-electric-motor-isolated-on-white-background.html](https://www.123rf.com/photo_106388490_rotor-and-stator-of-electric-motor-isolated-on-white-background.html)

## 2. La machine à courant continu

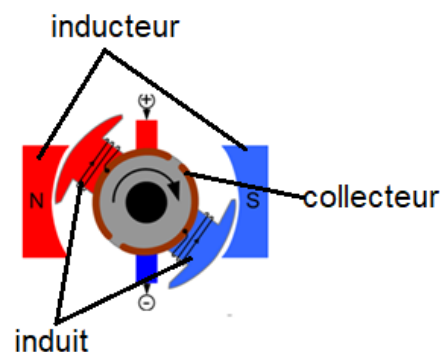
Ce type de machine est utilisé pour des **petites puissances**. Elle présente la propriété d'être réversible :

- Lorsqu'elle est alimentée, elle fonctionne en mode moteur.
- Lorsqu'elle est entraînée par une charge, elle fonctionne en mode génératrice.

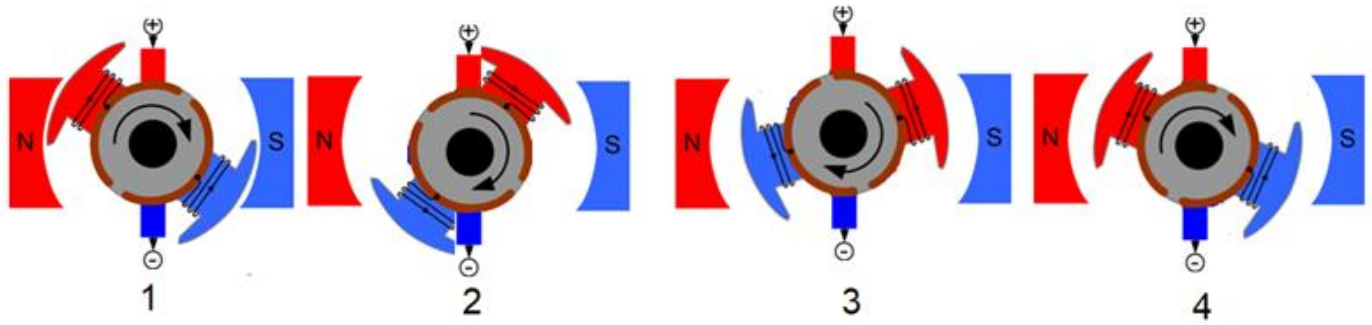
En faisant varier la tension  $U$  d'alimentation du moteur, la vitesse de ce dernier variera également. De même, pour changer le sens de rotation du moteur, il suffira d'inverser la tension  $U$  à ses bornes.

Le principe de fonctionnement est le suivant :

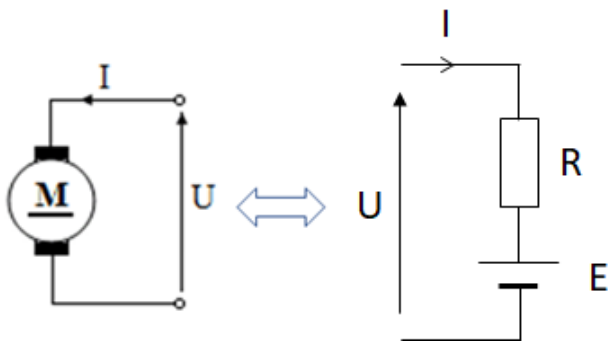
Le champ magnétique du stator (**inducteur**) est créé par un courant électrique ou des aimants, il y a apparition de deux pôles électromagnétiques : le pôle Nord et le pôle Sud.



Le rotor (**induit**) est quand à lui constitué de bobines reliées à **un collecteur**. Ce dernier permet d'alimenter les bobines en courant électrique grâce à des balais (charbons) qui frottent sur ses lames. La polarisation du champ électromagnétique généré par chaque bobine dépend du sens du courant qui la traverse, et se modifiera donc en conséquence (cf ci-dessous).



• **Schéma électrique équivalent du moteur :**



Dans le cas d'un fonctionnement de type moteur en régime permanent, **l'induit** peut être modélisé par le schéma électrique ci-contre.

Il est constitué par l'association en série d'une résistance  $R$  (Ohms), traversée par le courant d'alimentation  $I$ , et d'une force électromotrice  $E$  (Volts), créée par le mouvement du rotor. Le tout est alimenté sous une tension  $U$ .

La rotation des bobines dans le champ magnétique crée un courant induit  $i$  qui **s'oppose au courant initial  $I$** . Ce phénomène se traduit par l'existence d'une force contre-électromotrice (FCEM), symbolisée un générateur de tension continue  $E$ , qui s'oppose au mouvement de rotation.

D'après ce schéma électrique, nous pouvons en déduire la relation suivante (Loi des mailles):

$$U = E + RI$$

• **Quelque soit le mode de fonctionnement de la machine :**

**La vitesse de rotation** de la machine est proportionnelle à la force contre-électromotrice  $E$ , et par voie de conséquence à la tension d'alimentation de l'induit  $U$ .

Cette vitesse est notée soit  $\omega$  et s'exprime en radians par secondes ( $\text{rad.s}^{-1}$ ), soit  $N$  et s'exprime en tours par minute ( $\text{tr. mn}^{-1}$ ).

$$E = K_e \cdot \omega$$

avec  $K_e$  la constante de la force électromagnétique ( $\text{V.s.rad}^{-1}$ )

Dans ce cas, la machine à courant continu produit une tension  $E$  proportionnelle à la vitesse de rotation de la machine  $\omega$ . **La machine fonctionne en génératrice (la vitesse de rotation  $\omega$  est la cause, le tension  $E$  est l'effet).**

**Le couple moteur C** s'exprimera en Newton mètre (N.m) :

$$C = K_c \cdot I$$

Avec  $K_c$  la constante de couple en Newton mètre par Ampère (N.m. A<sup>-1</sup>) et  $I$  le courant (A).

Ainsi, la machine à courant continu produit un **couple électro-moteur C** proportionnel au courant d'induit  $I$ . **La machine fonctionne en moteur (le courant  $I$  est la cause, le couple  $C$  est l'effet).**

**Dans le cas d'une machine à courant continu idéale,  $K_v$  et  $K_c$  sont identiques et s'écrivent  $K$ .** Ainsi, on obtient la relation :

$$\frac{E}{\omega} = \frac{C}{I}$$

### 3. Alimentation d'un moteur à courant continu :



Le robot est équipé de moteurs à courant continu. Ce type de moteur présente l'avantage de pouvoir utiliser des moyens simples pour faire varier sa vitesse, son couple ou encore son sens de rotation.

La vitesse de rotation d'un moteur à courant continu est directement proportionnelle à la tension appliquée aux bornes du moteur.

Pour faire varier cette tension, et donc la vitesse du moteur, nous utilisons un signal logique particulier nommé **signal à modulation de largeur d'impulsions (MLI) ou PWM (pulse width modulation)**.

Les signaux logiques sont différents des autres types de signaux (analogiques et numériques) car ils ne prennent que deux valeurs : **présence d'une tension ou non**. Ainsi, le signal MLI ne prend que deux valeurs : 0V et  $V_{max}$  (généralement  $V_{max}=5V$ ).

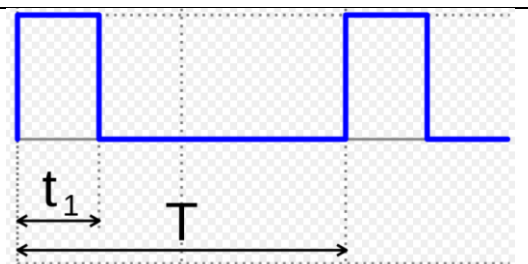
Ce type de signal semble incompatible avec un moteur à courant continu, car ce dernier n'accepte que des tensions continues à ces bornes....pourtant.....

..... le signal MLI varie tellement vite par rapport à ce que le moteur peut "voir", que ce dernier a l'impression d'avoir un signal continu à ces bornes. Plus précisément, il voit à ses bornes la valeur moyenne du signal MLI....

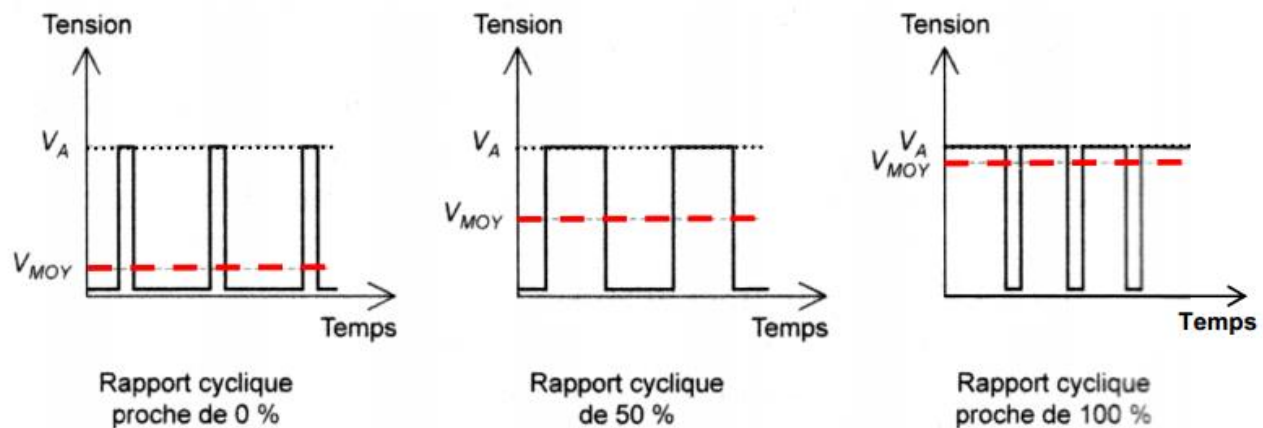
Comme cette valeur moyenne dépend du **rapport cyclique du signal**, en jouant sur la valeur de ce dernier, vous pouvez contrôler la vitesse de rotation du moteur.

Pour rappel, le rapport cyclique  $\alpha$  correspond au rapport entre le temps  $t_1$  pendant lequel le signal est l'état actif et la période  $T$  du signal.

$$\alpha = \frac{t_1}{T}$$



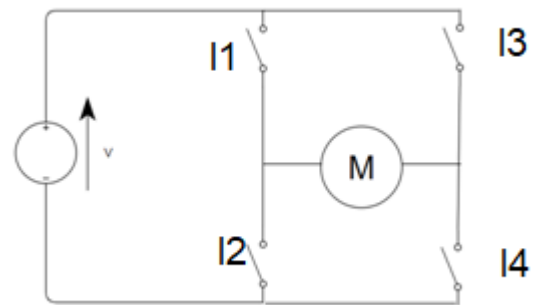
En faisant varier ce rapport cyclique, la valeur moyenne du signal de sortie varie. Cette valeur moyenne correspond à la tension continue vue par la charge (par exemple le moteur).



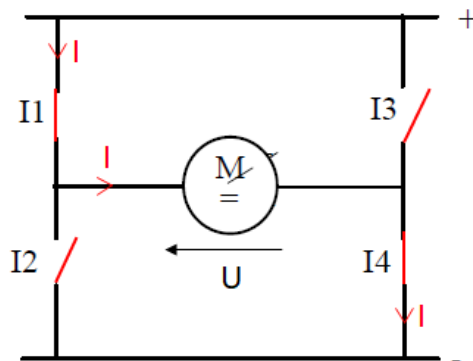
Modification du sens de rotation d'un moteur à courant continu : pont en H

Afin d'être plus maniable, votre robot doit pouvoir reculer. L'avantage du moteur à courant continu est que le sens de sa rotation dépend du sens du courant qui le traverse.

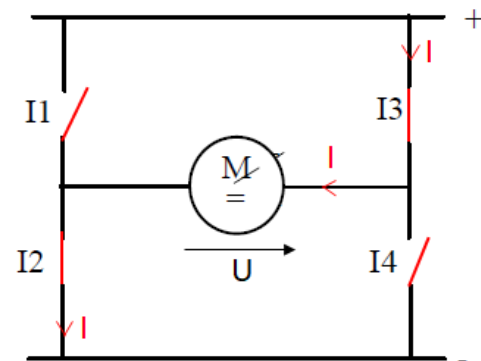
Pour réaliser ces deux fonctions à l'aide d'un seul circuit électrique, nous utilisons quatre interrupteurs (de I1 à I4) comme montré ci-contre, d'où le nom de pont en H.



La figure ci-dessous montre comment le sens de rotation du moteur peut être modifié en fonction de l'état des interrupteurs (ouvert ou fermé).



Marche avant



Marche arrière