

♣ Partie 1 : Introduction aux actionneurs pour la robotique

• Les deux rôles d'un convertisseur sont :

- De permettre la liaison entre deux sources de nature différentes
- De permettre la régulation de la quantité d'énergie fournie par une source d'énergie à une autre.

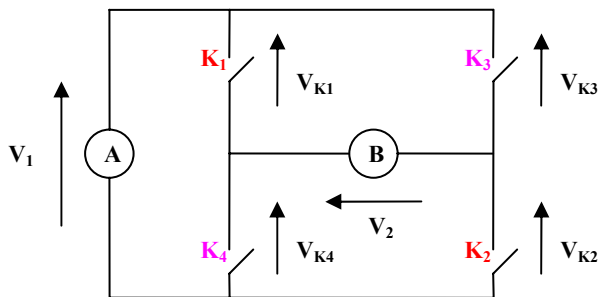
• Règles d'association des sources d'énergie :

- Règle 1 : Une source de tension ne peut pas être court-circuitée
- Règle 2 : Une source de courant ne peut pas être en circuit ouvert.
- Règle 3 : On ne peut associer entre elles, que des sources de natures différentes.

• Caractéristiques de l'interrupteur parfait en électronique de puissance :

- Il est caractérisé par deux états stables (commandé par un bit de commande. $b = 1 \Rightarrow$ fermé, $b = 0 \Rightarrow$ ouvert).
- Il commute instantanément d'un état stable vers un autre état stable.
- Aucun interrupteur ne possède les états passants direct et inverse.
- Aucun interrupteur ne possède les quatre états stables.

• Structure générale d'un convertisseur statique (structure dite en H) :



Pour les sources, deux cas de figures sont possibles :

- A source de courant, et B source de tension
- A source de tension, et B source de courant

Règles sur les interrupteurs :

- Des paires d'interrupteurs ne peuvent être commandés sur le même bras, ou sur le même plan horizontal (les interrupteurs sont commandés par paires croisées).
- Il y aura nécessairement deux interrupteurs ouverts, et deux interrupteurs fermés.

La cellule de commutation élémentaire serait composée de A, de K_1 et K_4 et B.

♣ Partie 2 : Les fonctions de conversion de l'énergie (les quatre fonctions de conversion de l'énergie) :

Le hacheur (continu – continu)		Il permet d'alimenter une charge sous une tension continue (continue = valeur moyenne non nulle), dont la valeur moyenne est réglable à partir d'une source de tension constante. Un hacheur peut être abaisseur de tension, ou élévateur de tension.
L' onduleur (continu – alternatif)		Il permet d'alimenter une charge en courant alternatif, à partir d'une source continue. Il est dit autonome s'il impose sa propre fréquence à la charge. Un onduleur de tension impose la forme d'onde de la tension, la forme du courant dépendant de la charge. Inversement pour l'onduleur de courant.
Le redresseur (alternatif – continu)		Il permet d'alimenter une charge en courant continu (valeur moyenne non nulle), à partir d'une source alternative (valeur moyenne nulle).
Le cycloconvertisseur (alternatif – alternatif)		<i>Apparemment, inusité cette année....</i>

♣ REMARQUE IMPORTANTE :

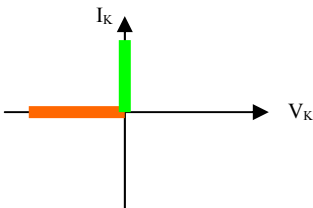
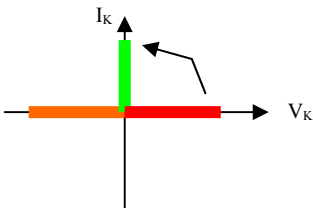
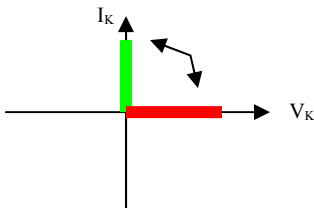
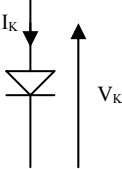
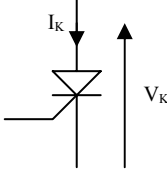
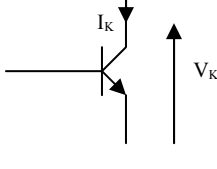
Par définition l'expression temporelle de tout signal est $x(t) = \langle x(t) \rangle + \tilde{x}(t)$.

- $\langle x(t) \rangle$ est la composante **continue** de ce signal (c'est aussi la valeur moyenne).
- $\tilde{x}(t)$ est la composante **alternative** de ce signal.

Un signal **continu** est un signal qui a une **valeur moyenne non nulle**, il peut donc avoir une composante alternative.

Un signal **alternatif** est un signal qui a une **valeur moyenne nulle**.

♣ Partie 3 : Les interrupteurs en électronique de puissance :

La diode	Le thyristor	Le transistor
		
		
Blocage : Commutation passive . Amorçage : Commutation passive .	Blocage : Commutation passive . Amorçage : Commutation active .	Blocage : Commutation active . Amorçage : Commutation active .

• Déclenchement intempestif du thyristor :

La tension V_K aux bornes du thyristor doit rester négative pendant un temps au moins égale à t_{qREF} pour que, lors de son passage à zéro (avant de revenir positive), le thyristor ne se réamorce pas tout seul.

Au passage à zéro de la tension V_K (de négative, elle devient positive), sa pente de variation $\frac{dV_K}{dt}$ doit être inférieur à $\left. \frac{dV_K}{dt} \right|_{REF}$ pour que le

thyristor ne se réamorce pas tout seul.

• Les différences entre les bipolaire, les MOS, et l'IGBT :

	Bipolaire	MOS	IGBT
Puissance dissipable	Faible	Moyenne	Grande
Fréquence maximum	Faible (20Khz)	Grande (250Khz)	Moyenne (150Khz)

♣ Partie 4 : Généralités sur les machines tournantes et leur commande :

• Rappels de mécanique newtonienne :

	Formule	Unité
Vitesse linéaire	$v(t) = \frac{dx}{dt}$	$m.s^{-1}$
Vitesse linéaire moyenne	$V = \frac{L}{\Delta t}$	$m.s^{-1}$
Vitesse angulaire	$\omega(t) = \frac{d\alpha}{dt}$	$rad.s^{-1}$
Vitesse angulaire moyenne	$\Omega = \frac{2.\pi}{T}$	$rad.s^{-1}$
Relation entre les deux vitesses.	$dx = r.d\alpha$ $v(t) = r.\omega(t)$	

Formule	Unité
---------	-------

Accélération linéaire	$\gamma = \frac{dv}{dt}$	$m.s^{-2}$
-----------------------	--------------------------	------------

Accélération angulaire	$\gamma = \frac{d\omega}{dt}$	$rad.s^{-2}$
------------------------	-------------------------------	--------------

• Relation fondamentale de la dynamique : $\sum \vec{F}_{EXTÉRIEURS} = m.\frac{dv}{dt}$, s'exprime en N.

• Couple : $\vec{C} = \vec{r} \wedge \vec{F}$ en vectorielle, et en algébrique on a $C = r.F$, s'exprime en N.m.

Le couple traduit le fait qu'un point tourne autour d'un axe, si on lui inflige un couple (une force à une distance 'r' du centre).

• Moment d'inertie J d'une masse ponctuelle : $C = r.F = r.\left\{ m.\frac{dv}{dt} \right\} = r.\left\{ m.\frac{d(r.\omega)}{dt} \right\} = m.r^2.\frac{d\omega}{dt} = J.\frac{d\omega}{dt}$

• Soit $J = m.r^2$, s'exprime en $kg.m^2$.

• Travail : C'est la quantité d'énergie nécessaire à l'exécution d'une tâche.

• $dW = \vec{F}.\vec{dx} = m.\frac{d\vec{v}}{dt}.\vec{dx} = m.\frac{d\vec{x}}{dt}.\vec{dv} = m.v.dv$ représente la densité d'énergie

• $W = \int dW = \int m.v.dv = \frac{1}{2}.m.v^2 = \frac{1}{2}.J.\omega^2$, s'exprime en J.

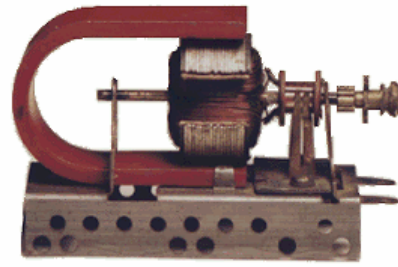
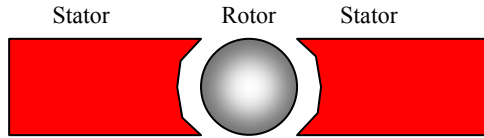
• Puissance : C'est la quantité de travail fournie par unité de temps.

• $P = \frac{dW}{dt} = F.v = F.r.\omega = C.\omega$, s'exprime en W.

• Schéma de base de la machine à courant continu :

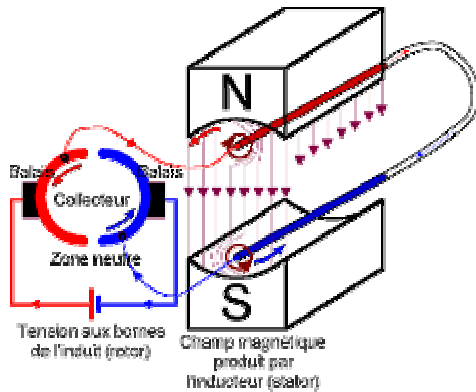
On distingue deux parties :

- Une partie mobile (le rotor), appelée aussi l'induit (circuit électrique)
- Une partie fixe (le stator), appelée aussi l'inducteur (circuit magnétique).



Moteur à aimant permanent.

• Schéma évolué de la machine à courant continu :

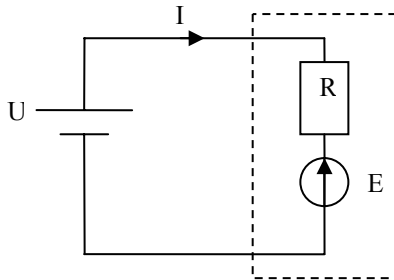


Considérons un cas simple : le stator est un aimant permanent, et le rotor est constitué d'une seule spire. Le flux va être différent selon la position de la spire dans le champ magnétique. Le flux au travers de la spire varie en fonction de sa position θ .

Avec ce principe, la machine ne tournerait pas, mais elle oscillerait, en effet, le cadre tendrait toujours à se mettre dans la position où il est traversé par le flux maximum, et à s'immobiliser en cette position (qui est $\theta = \pi / 2$).

On ajoute un collecteur, et des balais pour permettre une rotation. Ce collecteur permet de garder les champs magnétiques perpendiculaires quelque soit la position du rotor.

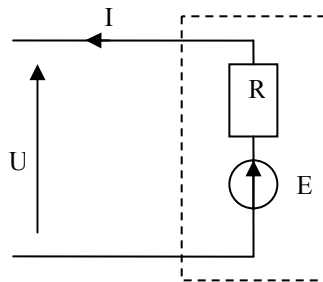
• Schéma électrique d'un moteur fonctionnant en régime permanent :



- U : Tension continue d'alimentation de l'induit.
- R : Résistance de bobinage
- E : f.e.m induite aux bornes de l'induit.

- $U = R.I + E$
- $E = k.\phi.\Omega$
- $C_{EM} = k.\phi.I$
- $C_{UTILE} = C_{RESTISTANT}$

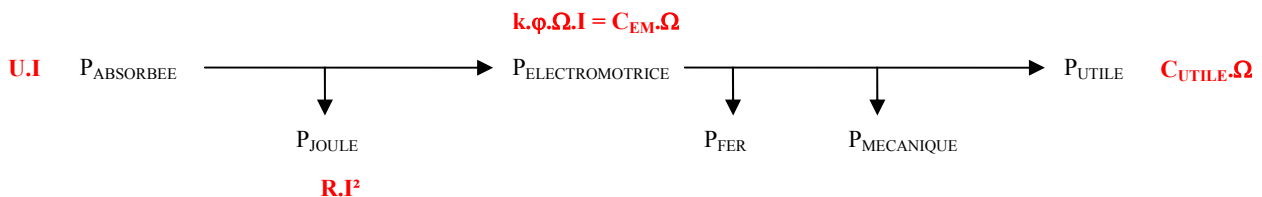
• Schéma électrique d'une génératrice fonctionnant en régime permanent :



- U : Tension continue d'alimentation de l'induit.
- R : Résistance de bobinage
- E : f.e.m induite aux bornes de l'induit.

- $U = E - R.I$
- $E = k.\phi.\Omega$
- $C_{EM} = -k.\phi.I$
- $C_{UTILE} = C_{MECANIQUE}$

• Bilan de puissance d'une machine à courant continu, fonctionnant en moteur :



- $P_{ELECTROMOTRICE} = P_{ABSORBEE} - P_{JOULE} = E.I$
- $P_{ELECTROMOTRICE} = P_{UTILE} + P_{FER} + P_{MECANIQUE} = C_{EM}.\Omega + C_{PERTES}.\Omega = C_{EM}.\Omega$
- $C_{EM} = C_{UTILE} + C_{PERTES}$

• Généralités sur le moteur pas à pas :

- Le moteur pas à pas transforme des informations électriques de type impulsif en informations mécaniques sous la forme de positions angulaires du rotor.
- Ce moteur possède donc un mouvement de type incrémental continu.
- Une avance élémentaire est appelée « pas » et correspond à l'angle entre deux positions stables contiguës du rotor.
- Le nombre de pas correspond au nombre d'impulsions électriques envoyées au moteur.

• Le moteur pas à pas à reluctance variable :

La reluctance est en quelque sorte la faculté que possède un matériau à s'opposer au passage d'un champ magnétique (*bien penser à faire l'analogie avec la résistance électrique, qui représente la faculté qu'à un matériau à s'opposer au passage d'un courant électrique*).

$$U = R.I \quad R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\ell}{S}$$

$$n.I = R.\Phi \quad R = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\ell}{S}$$

Pour ce type de moteur, on alimente deux spires ; elles vont alors générer un champ magnétique, et le rotor va se positionner de manière à minimiser la reluctance du circuit (il ne va alors plus bouger de cette position). Si on veut encore déplacer le rotor, il faut alimenter deux autres spires, et ainsi de suite. Pour faire bouger le rotor, il faut alimenter au fur et à mesure les bobines.

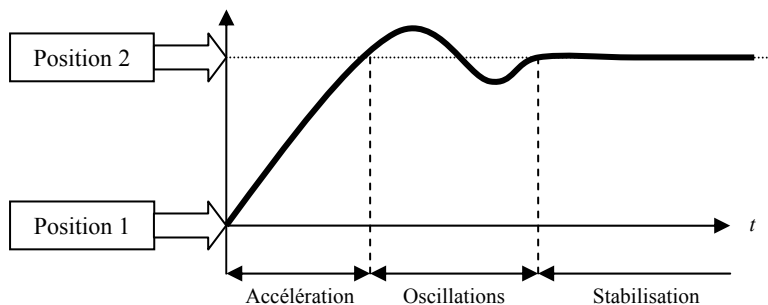
• Le moteur pas à pas à aimant permanent :

Le rotor est constitué d'un aimant. Ce rotor va tendre à s'aligner sur le champ magnétique créé par le stator. En effet les bobines du stator vont générer un champ magnétique, et le rotor (via l'aimant) va s'aligner avec le champ magnétique créé (comme le ferait l'aiguille d'une boussole avec le champ magnétique terrestre).

• Fonctionnement d'un moteur pas à pas :

Pour passer d'un pas à un autre, il faut alimenter une bobine. Le rotor (et éventuellement sa charge) va :

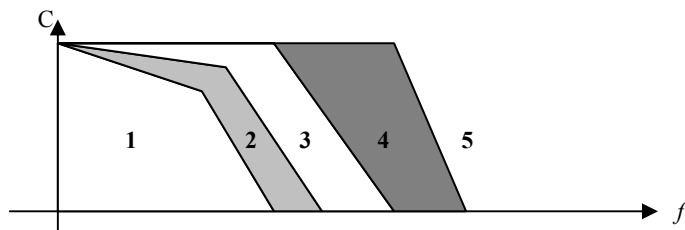
- Partir de la position 1
- Accélérer
- Acquérir une énergie
- Arriver à la position 2
- Dépasser la position 2, car il possède un peu trop d'énergie.
- Un couple de rappel va le faire revenir en arrière, et après quelques oscillations, il va se stabiliser à la position 2.



Le moteur a un certain temps de réponse (on la note T_{OSC}), et il convient de commander ce moteur avec des signaux présentant une période T_{COM} compatible avec le moteur.

• Caractéristiques couple – fréquence d'un moteur pas à pas :

On distingue cinq zones différentes :



- Zone 1 : Fonctionnement normal
- Zone 2 : Instabilité dynamique (résonance)
- Zone 3 : Fonctionnement normal
- Zone 4 : Survitesse
- Zone 5 : Moteur bloqué (il ne tourne pas du tout, car la commande est trop rapide pour qu'il est le temps de la percevoir).

• Couple de maintien et couple résiduel :

Le couple de maintien est le couple auquel peut résister le moteur, lorsqu'il est alimenté. (en N/m).

Le couple résiduel est le couple maximal auquel peut résister le moteur, lorsqu' aucune phase n'est alimentée. (Toujours en N/m).

• Commande des interrupteurs :

- Alimentation de deux phases à la fois : A l'aide de bascules D en fonctionnement synchrones
- Alimentation d'une phase à la fois : A l'aide de bascules D, en compteur en anneau (préférable, car la position d'équilibre ne dépend pas de la valeur du courant I).