

Chapitre IV : ACTIONNEURS

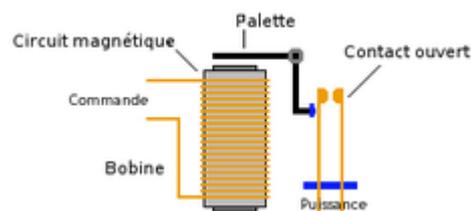
1.1 PRÉACTIONNEUR

C'est un organe capable de réaliser la commande d'un actionneur.

Il distribue à l'actionneur un courant fort tout en étant commandé par un courant électrique faible provenant de la partie commande. Il est intégré à la partie opérative ou à l'interface et dimensionné en fonction de l'énergie demandée par l'actionneur.

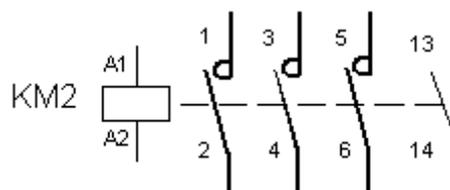
Exemples :

- **relais** : Un relais électromécanique est un organe électrique permettant de dissocier la partie puissance de la partie commande : il permet l'ouverture et la fermeture d'un circuit électrique par un second circuit complètement isolé (isolation galvanique) et pouvant avoir des propriétés différentes. Un relais est composé principalement d'un électroaimant qui, lorsqu'il est alimenté, transmet une force à un système de commutation électrique : les contacts.



- **contacteur** : Un contacteur est un appareil électrotechnique destiné à établir ou interrompre le passage du courant, à partir d'une commande électrique ou pneumatique. Il a la même fonction qu'un relais électromécanique, sauf que ses contacts sont prévus pour supporter un courant beaucoup plus important¹.

Des contacteurs sont utilisés afin d'alimenter des moteurs industriels de grande puissance (plus de 50 kW) et en général des consommateurs de fortes puissances. Ils possèdent un pouvoir de coupure important²

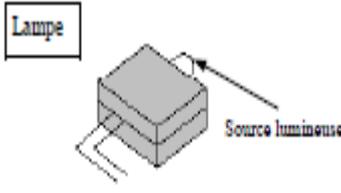
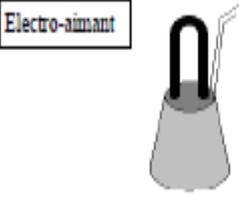
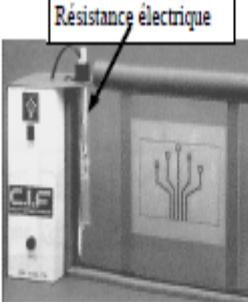


1.2. ACTIONNEUR

L'actionneur est l'organe de la chaîne d'énergie qui va réaliser la conversion de l'énergie pour réaliser une action. Par exemples, le moteur transforme l'énergie électrique en énergie mécanique pour assurer un mouvement, la LED transforme l'énergie électrique en lumière pour signaler un événement.

Il engendre un phénomène physique à partir de l'énergie qu'il reçoit comme par exemple :

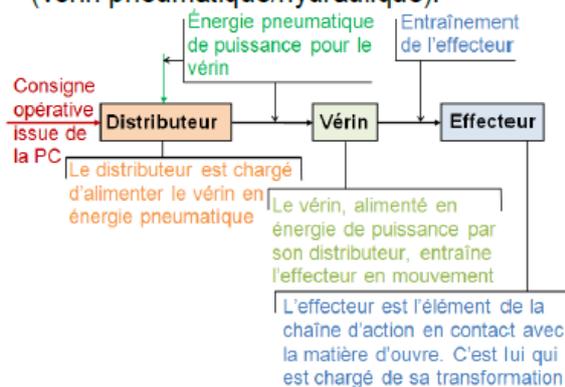
- Lumière à partir d'un courant électrique (diode électroluminescente, lampe...).
- Sons à partir d'un courant électrique (vibreux, avertisseur sonore...).
- Champ magnétique à partir d'un courant électrique (électro aimant).
- Rayonnement infra-rouge à partir d'un courant électrique (diode émissive infra-rouge).
- Chaleur à partir d'un courant électrique (résistance chauffante).
- Mouvement à partir d'un courant électrique (moteur électrique).
- Mouvement à partir d'un fluide sous pression (cas d'un vérin pneumatique ou hydraulique).

Actionneur	Principe de l'action	Utilisation pratique
	<p>Un courant électrique engendre un mouvement de rotation. Ce mouvement peut être transmis à toutes sortes d'effecteurs.</p>	<p>Déplacement d'une barrière. Rotation d'un bras de grue. Translation d'une pièce.</p>
	<p>Un courant électrique génère une énergie lumineuse. Cette source lumineuse peut être directement utilisée pour éclairer ou associée à un effecteur comme une loupe ou un verre teinté par exemple.</p>	<p>Eclairer un phototransistor ou une cellule photoélectrique. Utilisée comme lampe (voyant).</p>
	<p>Transformation d'un courant électrique en énergie mécanique (vibration d'une membrane).</p>	<p>Alarme sonore. Avertisseur.</p>
	<p>Utilisation d'un courant électrique pour générer un champ magnétique.</p>	<p>Fermeture de porte. Manutention de pièces métalliques.</p>
	<p>Production de chaleur à partir d'un courant électrique.</p>	<p>Résistance électrique pour chauffer le perchlorure de fer d'une graveuse.</p>
	<p>Un courant électrique génère de l'énergie lumineuse rayonnant dans l'infra-rouge.</p>	<p>Télécommande infra-rouge pour audio/vidéo.</p>

2- FONCTION ET CLASSIFICATION DES ACTIONNEURS

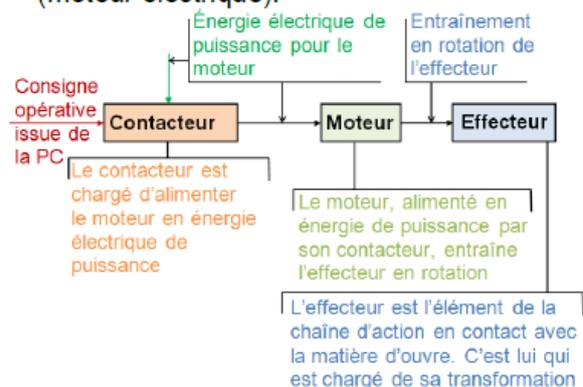
L'actionneur est l'élément moteur de la chaîne d'action. Alimenté en énergie de puissance par son préactionneur, il fait fonctionner l'effecteur. **Remarque** : L'actionneur est choisi en fonction du préactionneur, c'est-à-dire :

- Si le préactionneur est un **distributeur pneumatique/distributeur hydraulique**, l'actionneur est **pneumatique/hydraulique** (vérin pneumatique/hydraulique).



- La chaîne d'action pneumatique est constituée
 - ☐ d'un distributeur, (voir distribuer l'énergie)
 - ☐ d'un **vérin**.
 Il existe également la chaîne de **préhension par le vide**.

- Si le préactionneur est un **contacteur ou un relais électromagnétique de faible puissance**, l'actionneur est **électrique** (moteur électrique).



- La chaîne d'action électrique est constituée
 - ☐ d'un contacteur, (voir distribuer l'énergie)
 - ☐ d'un **moteur électrique à courant continu, à courant alternatif ou pas à pas**.
 Le contacteur est rarement utilisé seul. Il est un des constituants de la chaîne **d'alimentation du moteur**.

2.1- Fonction :

Convertir une énergie d'entrée (énergie de puissance transmise, en général, par le préactionneur) en une énergie de sortie adaptée à l'exécution de la tâche opérative par l'effecteur.



2.2- Classification :

On peut classer les actionneurs en deux grandes familles :

- Les actionneurs **DYNAMIQUES** dont l'énergie convertie est mécanique, ce qui permet des mobilités en translation ou en rotation (vérins, moteurs) ;
- Les actionneurs **STATIQUE** dont l'énergie convertie est sans mobilité (résistances, lampes d'éclairage, ...)

3- LES ACTIONNEURS DYNAMIQUES :

3.1- Identification :

L'identification d'un actionneur dynamique prend en compte les critères suivants :

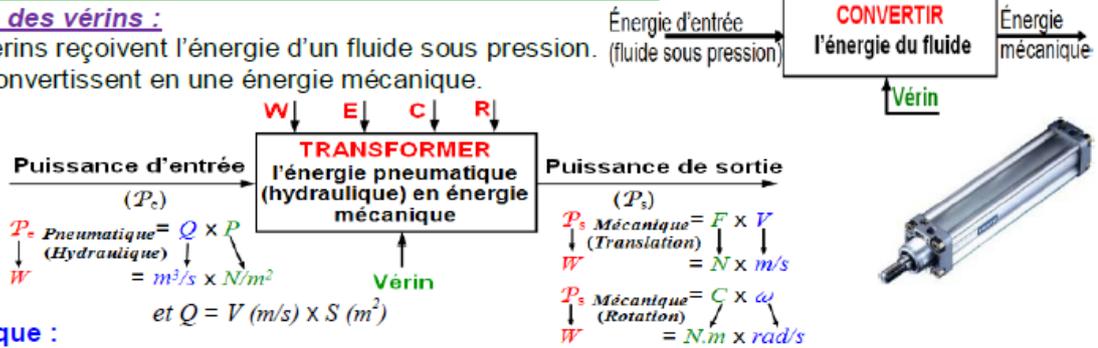
- Les mobilités de l'énergie mécanique convertie ;
- La nature de l'énergie d'entrée ;
- Certaines considérations fonctionnelles : grandeurs physiques, caractéristiques dimensionnelles



3.2- Principaux actionneurs pneumatiques/hydrauliques :

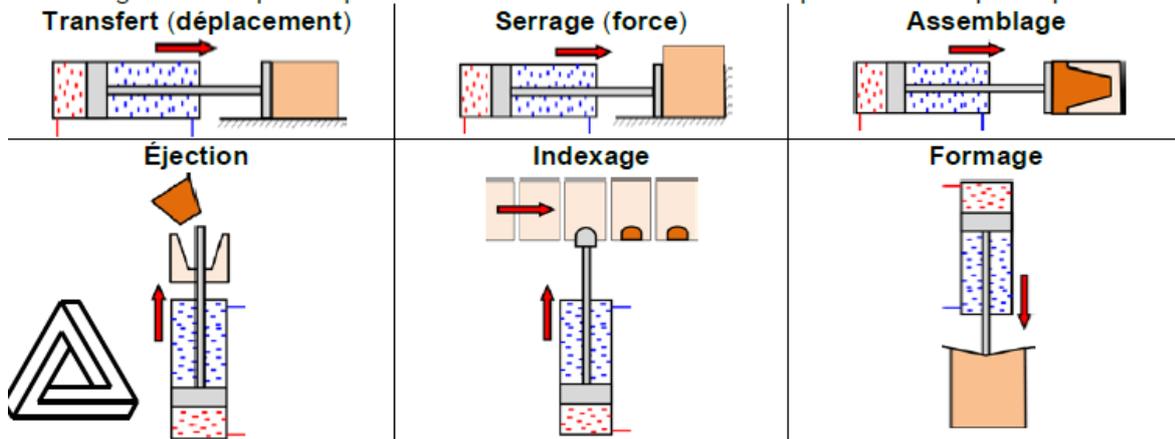
a- Rôle des vérins :

Les vérins reçoivent l'énergie d'un fluide sous pression. Ils la convertissent en une énergie mécanique.



Remarque :

➤ L'énergie mécanique est produite sous forme d'un mouvement permettant de provoquer un :

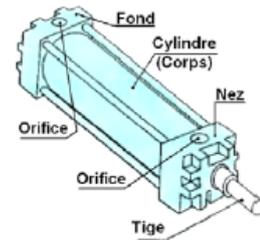


- Leur classification tient compte de la nature du fluide, pneumatique ou hydraulique, et du mode d'action de la tige : simple effet, double effet...
- Une grande quantité de fonctions complémentaires peut leur être intégrée : amortissement de fin de course, capteurs de position, dispositifs de fin de course, dispositifs de détection, distributeurs, joints d'étanchéités guidage, ...



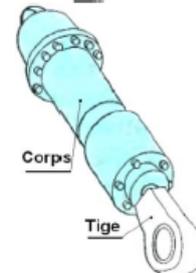
b- Vérins pneumatiques :

Ils utilisent l'air comprimé, 2 à 10 bars
(1 bar = 10^5 Pa = 0,1 MPa \approx 1 atmosphère) en usage courant.
Du fait de la simplicité de mise en œuvre, ils sont très nombreux dans les systèmes automatisés industriels.



c- Vérins hydrauliques :

Ils utilisent l'huile sous pression, jusqu'à 350 bars en usage courant.
Par rapport aux vérins pneumatiques, ils sont plus coûteux, développent des efforts beaucoup plus importants, des vitesses de tiges plus précises et permettent des applications plus sophistiquées avec régulation, asservissements ...

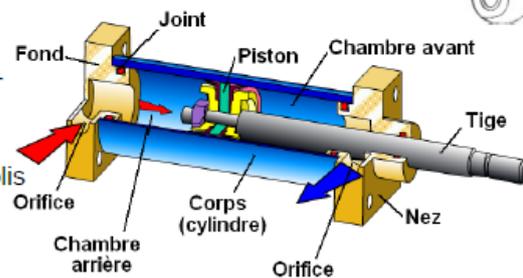


d- Constitution et fonctionnement d'un vérin :

Quelque soit le vérin, son type et son constructeur, il sera constitué des mêmes éléments.

Le piston est solidaire de la tige qui peut se déplacer à l'intérieur du corps (cylindre). Le corps est délimité par le nez et le fond dans lesquels sont aménagés les orifices. Les espaces vides qui peuvent être remplis du fluide comprimé s'appellent chambres.

C'est le fluide sous pression qui, en pénétrant dans l'une des chambres, pousse sur le piston. La tige se déplace. Le fluide présent dans l'autre chambre est donc chassé et évacué du corps du vérin.

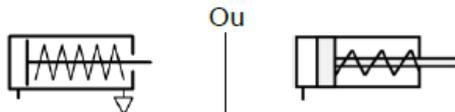
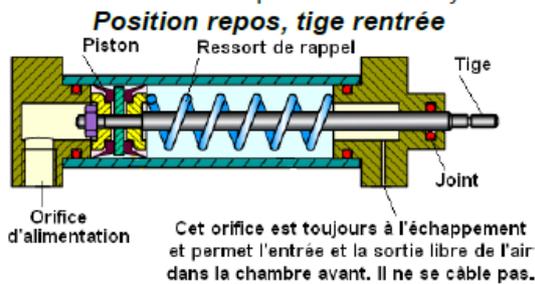


3.3- Types de vérins :

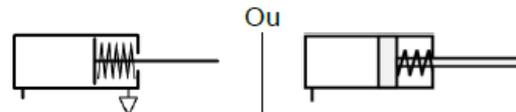
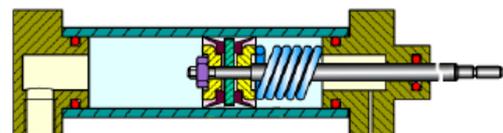
Il existe deux types de vérins :

a- Vérins simple effet :

L'ensemble tige-piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression.
Le retour est effectué par un autre moyen : ressort, charge ...



Position active, tige sortie



Avantages : ils sont économiques et la consommation de fluide est réduite.

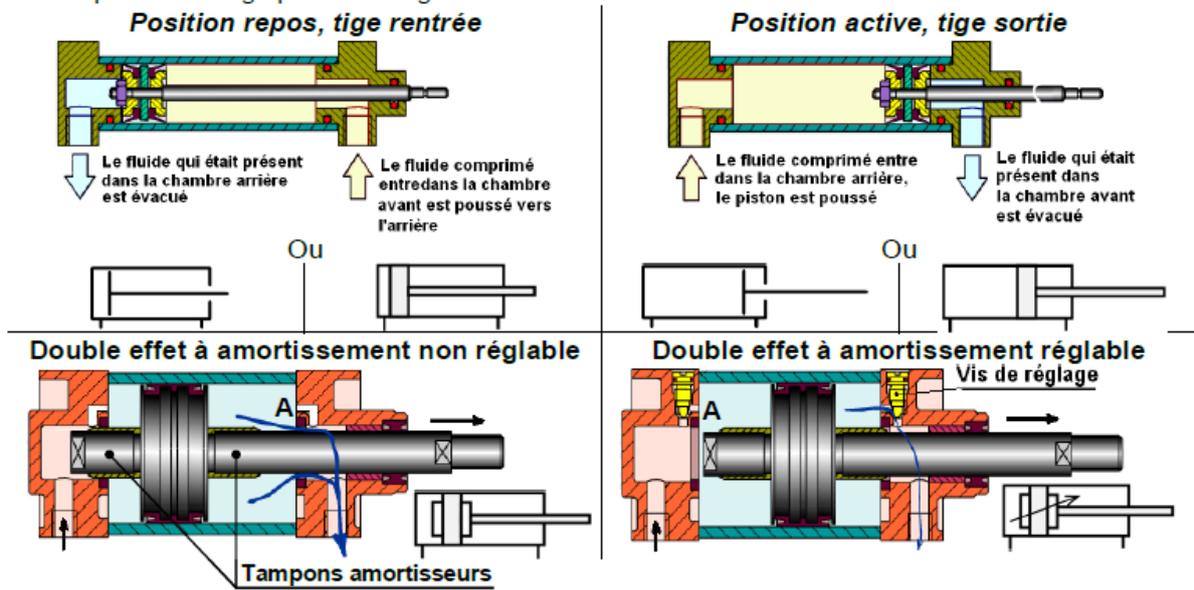
Inconvénients : à course égale, ils sont plus longs que les vérins double effet ; la vitesse de la tige est difficile à régler en pneumatique.

Utilisation : travaux simples (serrage, éjection, levage, assemblage...)

b- Vérins double effet :

L'ensemble tige-piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide.

L'effort en poussant (tige sortant) est légèrement plus grand que l'effort en tirant (entrée de la tige) car la pression n'agit pas sur la tige.



Avantages : plus grande souplesse d'utilisation ; réglage plus facile de la vitesse, par contrôle du débit à l'échappement ; amortissements de fin de courses, réglable ou non, possibles dans un ou dans les deux sens. Ils offrent de nombreuses réalisations et options.

Inconvénients : ils sont plus coûteux.

Utilisation : les plus utilisés industriellement, ils présentent un grand nombre d'applications.

4- DÉTERMINATION D'UN VÉRIN :

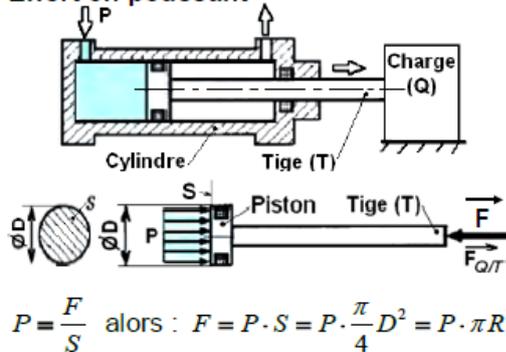
4-1- Données nécessaires :

Efforts exercés dans les deux sens, en poussant et en tirant, vitesse de la tige, condition de service : amortissement et énergie cinétique à dissiper ($E_c = 1/2 m V^2$) ...

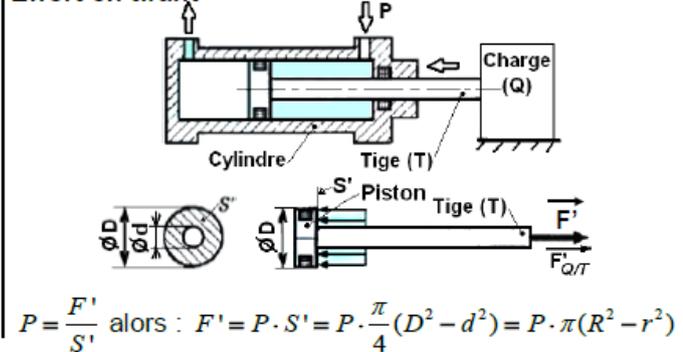
a- Grandeurs physiques d'entrée et de sortie :

	Puissance d'entrée	Puissance de sortie	
Type de puissance	Peumatique ou hydraulique (Watt)	Mécanique de translation (Watt)	Mécanique de rotation (Watt)
Grandeurs caractéristique	P (N/m^2) q_v (m^3/s)	F (N) V (m/s)	C (Couple en N.m) ω (rad/s)
Équation	$P_e = P \cdot q_v$	$P_s = F \cdot V$	$P_s = C \cdot \omega$

Effort en poussant



Effort en tirant



4.2- Caractéristiques dimensionnelles :

Une fois le type choisi, à partir des données, il faut déterminer le diamètre D de l'alésage et la course C de la tige. Le diamètre de la tige d dépend du diamètre du piston D (normalisé).

D	8 - 10	12 - 16	20	25	32
d	4	6	8	10	12
D	40	50 - 63	80 - 100	125	
d	14	18	25	32	

Remarque :

La fin de course se fera en butant sur les fonds du vérin ou sur des butées extérieures.

4.3- Efforts théoriques exercés :

Efforts théoriques développables en sortie ou en entrée de tige en fonction de la pression d'utilisation

Exercice 1 : Dans le cas d'un vérin pneumatique avec $D = 100 \text{ mm}$; $d = 30 \text{ mm}$.

Calculer les efforts théoriques exercés en poussant et en tirant si la pression d'alimentation est de 6 bars.

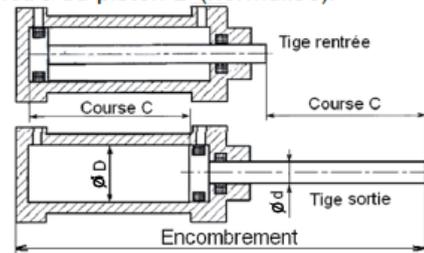
Exercice 2 : Dans le cas d'un vérin hydraulique avec $D = 100 \text{ mm}$; $d = 30 \text{ mm}$.

Calculer les efforts théoriques exercés en poussant et en tirant si la pression d'alimentation est de 24 MPa.

Rep **Ex1** : En poussant : $F_{th} = P \cdot S = P \cdot \frac{\pi}{4} D^2 = P \cdot \pi R^2 = 6 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 471 \text{ daN}$

En tirant : $F'_{th} = P \cdot S' = P \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = P \cdot \pi (R^2 - r^2) = 6 \cdot 3,14 \cdot (5^2 - 1,5^2) = 428,61 \text{ daN}$

Rep **Ex2** : En poussant : $F_{th} = P \cdot S = P \cdot \frac{\pi}{4} D^2 = P \cdot \pi R^2 = 24 \cdot 3,14 \cdot 50^2 = 188400 \text{ N}$



Rappel : 1 bar = 1 daN / cm² ≈ 10⁵ Pa

4.4- Rendement :

Les frottements internes au vérin (joint d'étanchéité et bague de guidage) amènent une perte d'énergie et une baisse du rendement "η" (pertes de 10 ou 12% pour les vérins pneumatiques de bonne construction). le vérin dans ce cas développe un effort de poussée réel.

Exercice 3 : Reprenons les données de l'exemple 1. Si les pertes énergétique est de 12%.

Calculer l'effort réel exercés en poussant le piston.

Rep **Ex3** :

En poussant : $P = \frac{F_{réel}}{\eta \cdot S}$ alors : $F_{réel} = \eta \cdot F_{th} = \eta \cdot P \cdot S = (1 - 0,12) \cdot 6 \cdot \pi 5^2 = 414,48 \text{ daN}$

$$\text{Et : } F_{réel} = F_{théorique} - F_{frottement}$$

4-5- Taux de charge

Pour être certain d'utiliser le vérin dans de bonnes conditions, on définit le **taux de charge t**. C'est un paramètre qui tient compte à la fois des effets de la contre-pression et des frottements internes ; son emploi élimine les risques de broutements (vibrations).

$$\text{Taux de charge } t = \frac{F_{charge}}{F_s}$$

Avec F_{charge} : effort à vaincre pour déplacer la charge ;

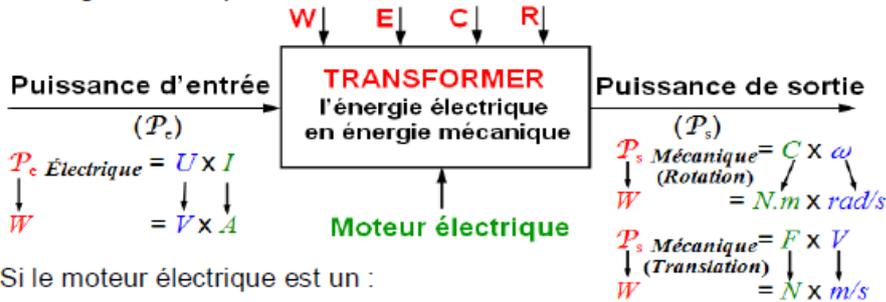
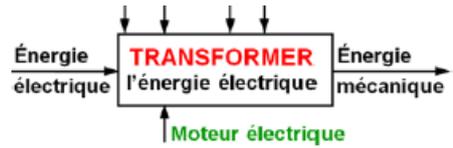
et F_s : poussée théorique ($p \cdot S$)

En pratique : $0,5 \leq \text{taux de charge } t \leq 0,75$.

Le taux de **0,5** est usuel.

5- MOTEURS ELECTRIQUES: (Actionneurs dynamiques)

Les moteurs électriques sont des actionneurs chargés de transformer l'énergie électrique (fournie par le réseau ONE 220 V - 380V alternatif) en énergie mécanique de rotation.



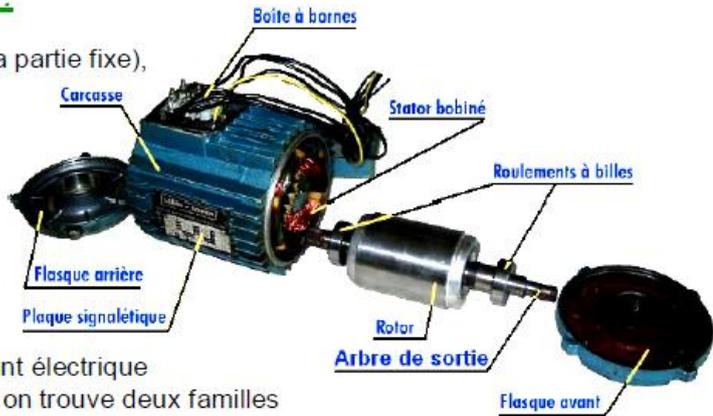
Si le moteur électrique est un :

- Moteur à courant continu : $\mathcal{P}_e = U.I$
- Moteur asynchrone monophasé : $\mathcal{P}_e = U.I.\cos\phi$ (avec $\cos\phi$: facteur de puissance)
- Moteur asynchrone triphasé : $\mathcal{P}_e = U.I.\cos\phi.\sqrt{3}$

5.1- Principe général et constitution :

Un moteur électrique est constitué d'un **inducteur**, appelé aussi **stator** (la partie fixe), et un **induit** appelé aussi **rotor** lié à l'arbre de sortie du mouvement.

Le passage du courant électrique dans le moteur crée des champs magnétiques dans le stator et le rotor. Ce sont les interactions entre champs magnétiques qui provoquent la rotation du rotor.



Du fait qu'il existe deux types de courant électrique (courant continu, ou courant alternatif), on trouve deux familles de moteurs électriques :

Moteur à courant continu



Moteur à courant alternatif



Mode pas à pas

Le mode pas à pas combine le mode tout ou rien et le mode servomoteur. L'actionneur travaille bien en mode tout ou rien, mais il est alimenté par une succession d'impulsions. A chaque impulsion, il avance d'une petite distance appelée pas ou incrément. La distance parcourue dépend directement du nombre d'impulsions reçues. La vitesse dépend de la fréquence des impulsions. De plus, lorsqu'il ne reçoit plus d'impulsions, un tel actionneur est tenu en place avec une certaine force de maintien.

Ce mode de fonctionnement n'est possible qu'avec les moteurs pas-à-pas.

Ce type d'actionneurs permet sans aucun moyen de mesure supplémentaire de contrôler et de maintenir la position à chaque instant. Le contrôle est réalisé sans capteur ni régulateur. La commande d'un moteur électrique pas à pas requiert un générateur d'impulsions particulier.

Les moteurs électriques pas à pas sont généralement rotatifs, mais des variantes linéaires existent également. La technologie **micro pas** permet même de positionner le moteur à des positions intermédiaires.

Connaissant le nombre de pas par tour, la relation entre le nombre d'impulsions fournies et la distance angulaire parcourue est immédiat.

Avantages : Les entraînements pas à pas sont particulièrement simples. Leur force de maintien permet de faire l'économie d'un frein.

Inconvénients : Les moteurs électriques pas à pas sont limités en puissance à ~200 W. Ils sont également limités en vitesse à ~1'000 tr/min. Leur précision est de l'ordre du pas, donc de ~1° angulaire dans le meilleur des cas. A l'arrêt, la position n'est maintenue qu'avec une certaine élasticité. Si la force perturbatrice est trop élevée, elle ne suffit plus à maintenir le moteur et celui-ci saute au pas suivant. On dit qu'il décroche.