

4. Distribuer l'énergie :

Un **distributeur hydraulique/pneumatique** est un **organe mécanique qui permet d'alimenter ou non l'actionneur** (vérin hydraulique/pneumatique ou moteur hydraulique) en fluide (huile ou air par exemple) en fonction de l'ordre imposé par le système de commande, il s'agit donc d'un **préactionneur**.



Figure.15. Distributeur hydraulique (à gauche) et pneumatique (à droite).

4.1. Caractérisation d'un distributeur :

Un **distributeur hydraulique/pneumatique** est caractérisé par :

- **Le nombre de positions** : 2 ou 3.
- **Le nombre d'orifices** nécessaires au fonctionnement des différents actionneurs à alimenter en fluide (2, 3, 4 ou 5), rajoutant à cela **l'orifice d'alimentation du distributeur** lui-même.
- **Le type de commande de pilotage**, qui peut être :
 - **Monostable** : une seule position stable, le retour vers cette position est assuré **par un ressort de rappel**.
 - **Bistable** : deux positions stables.
 - **Proportionnel** : toutes les positions prises par le distributeur deviennent possible.
- **La technologie de commande** : manuel, électrique, mécanique, pneumatique, électropneumatique, combiné (au moins deux des technologies précédentes).

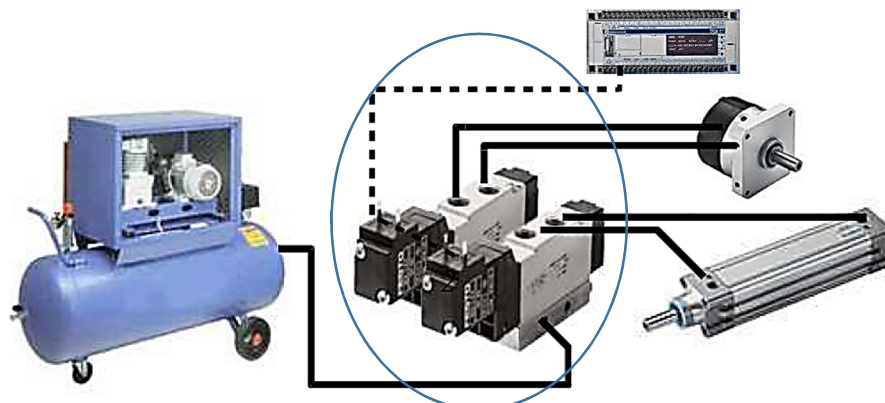


Figure.16. Situation d'un distributeur pneumatique au niveau d'une chaîne d'énergie pneumatique.

4.2. Représentation schématique :

- Chaque **position** est représentée par **une case**, on peut avoir 2 ou 3 cases.
- Pour chaque case (position), **la voie de circulation du fluide est indiquée par une flèche**, le sens de la flèche indique le sens de circulation.
- **Un orifice utilisé est représenté par un trait "**|"", **un orifice non utilisé dans une position donnée est représenté par "un T"**.
- **Une source de pression** est indiquée par un **cercle noirci en hydraulique**, et un **cercle clair avec un point en pneumatique**.
- **Un point d'échappement** est indiqué par un **triangle noirci en hydraulique**, et un **triangle clair en pneumatique**.
- **La position initiale** : dans un circuit hydraulique/pneumatique, **la représentation du distributeur se fait toujours dans sa position de repos**, la case correspondant à la position de repos est située **à droite pour les distributeurs à 2 cases**, et **au milieu pour les distributeurs à 3 cases**.
- Un distributeur est indiqué par **le symbole X/Y**, où **X est le nombre d'orifices** et **Y est le nombre de positions**.

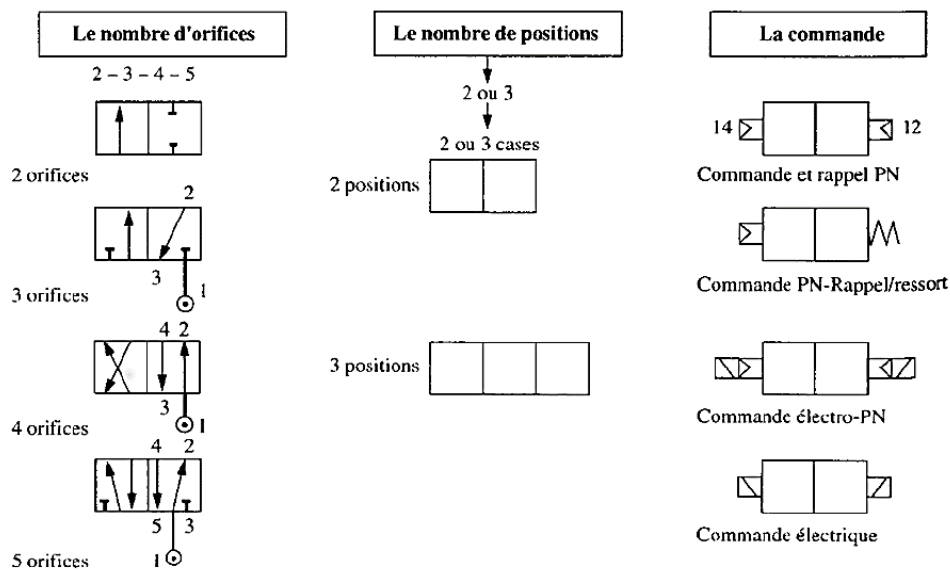


Figure.17. Schématisation normalisée globale des distributeurs (PN : pneumatique).

La figure suivante représente en détail les symboles normalisés adoptés pour schématiser les différents types de distributeurs :

symboles en pneumatique	symboles en hydraulique	symboles de pilotages	
2/2 N.F. 	2/2 N.F. 		manuel
2/2 N.O. 	2/2 N.O. 		
3/2 N.F. 	3/2 N.F. 		mécanique
3/2 N.O. 	3/2 N.O. 		
4/2 	4/3 centre fermé 		électro-aimant
	centre ouvert en H 		
5/2 	centre tandem 		distributeur pilote
5/3 centre ouvert 	centre partiellement ouvert 		
N.F. : normalement fermé N.O. : normalement ouvert	1 (air) P (huile)		par détente
			électro-aimant + distributeur pilote
			électro-aimant ou distributeur pilote

Figure.18. Schématisation normalisée détaillée des distributeurs (N.F./N.O. : normalement fermé/ ouvert).

Pour illustrer un distributeur lors de son fonctionnement, prenons l'exemple d'un vérin à simple effet destiné à lever une charge :

Remarque :

Le choix du nombre d'orifices d'un distributeur dépend de l'actionneur à alimenter:

- Un distributeur 2/2 est adapté pour un moteur à un sens de marche.
- Un distributeur 3/2 est adapté pour un vérin simple effet (voir exemples suivants).
- Un distributeur 4/2 ou 5/2 est adapté pour un vérin double effet ou actionneur avec deux sens de marche (voir exemples suivants).

A noter, que **les distributeurs 4/3 sont très utilisés** en hydraulique.

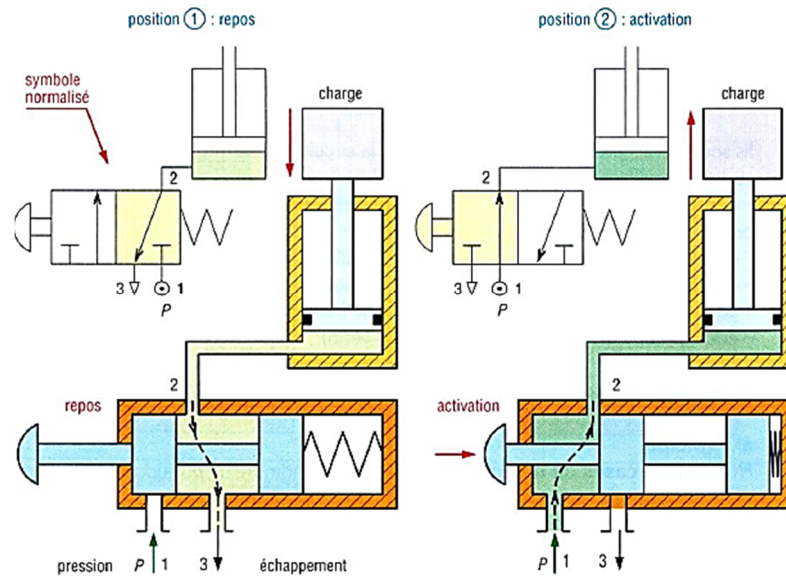


Figure.19. Schématisation de l'association d'un distributeur et d'un vérin pneumatique simple effet.

Pour l'exemple suivant, qualifier le distributeur utilisé selon la caractérisation précédemment établi :

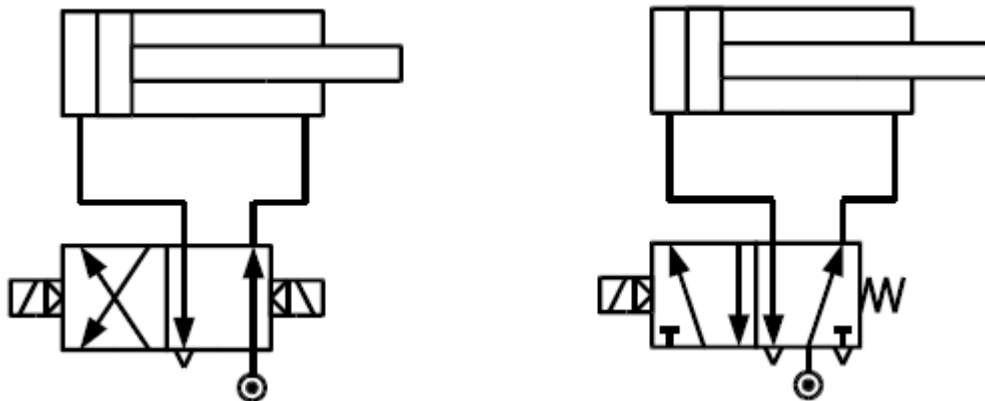


Figure.20. Schématisation de l'association d'un distributeur et d'un vérin pneumatique à double effet.

- A gauche : distributeur pneumatique 4/2 à commande bistable électropneumatique.
- A droite : distributeur pneumatique 5/2 à commande monostable électropneumatique avec ressort de rappel.

5. Convertir l'énergie :

5.1. Vérin :

5.1.1. Définition :

Un vérin hydraulique/ pneumatique est un **organe mécanique qui permet de transformer l'énergie hydraulique/pneumatique en énergie mécanique de translation (vérin linéaire) ou de rotation (vérin rotatif).**



Figure.21. Présence des vérins hydrauliques au niveau des engins de bâtiment et travaux publics.

5.1.2. Composition d'un vérin "linéaire" :

Un vérin est généralement constitué :

- D'un corps.
- D'une tige.
- D'un piston solidaire avec la tige séparant deux chambres.
- Orifice(s) d'admission et de refoulement du fluide.

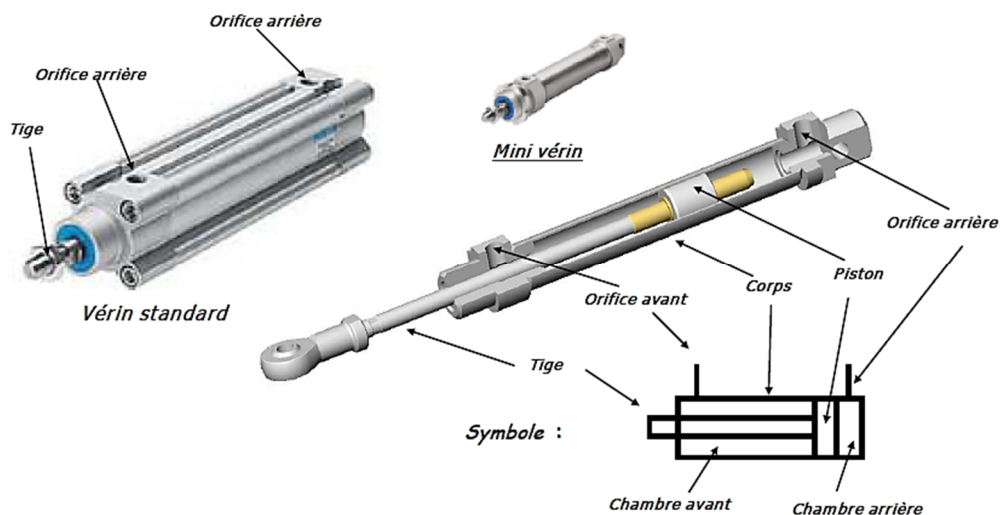


Figure.22. Composition générale d'un vérin.

Le principe de fonctionnement consiste à **mettre en mouvement la tige** par une force appliquée au piston et qui est due à l'augmentation de la pression dans la chambre d'admission.

5.1.3. Classification et schématisation des vérins "linéaires" :

Il existe deux types de vérins :

- **Vérin simple effet** : le fluide est admis au niveau d'une seule chambre, un seul orifice assure l'admission et le refoulement du fluide, la pression du fluide assure le mouvement dans un seul sens, un ressort de rappel ou une charge (figure.19) assure le retour à la position initiale.
- **Vérin double effet** : le fluide est admis au niveau des deux chambres, deux orifices (un par chambre) assurent l'admission et le refoulement du fluide, la pression du fluide assure le mouvement dans les deux sens.

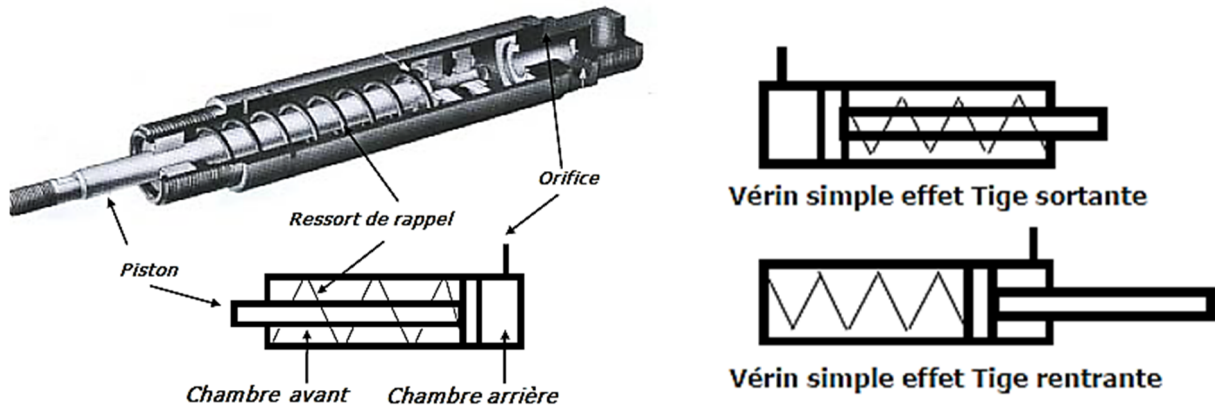


Figure.23. Vérin simple effet, composition et schématisation.

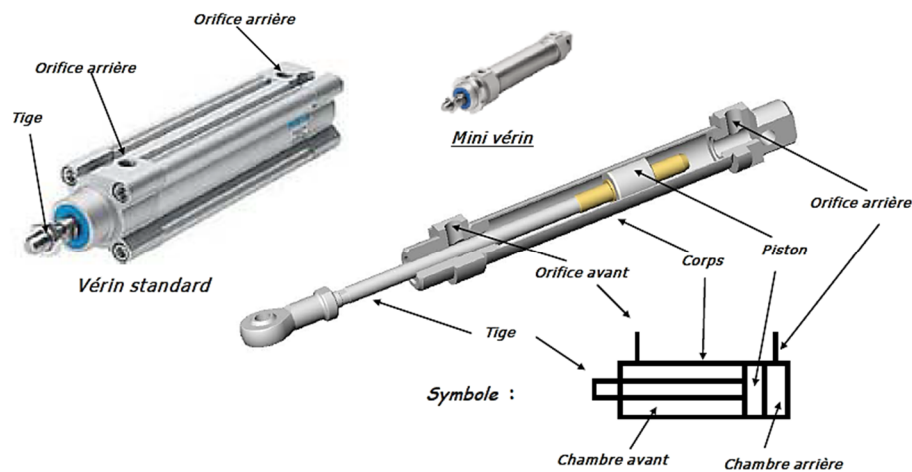


Figure.24. Vérin double effet, composition et schématisation.

5.1.4. Caractérisation d'un vérin "linéaire" :

Un vérin est caractérisé par :

- Les diamètres du piston et de la tige : D et d .
- La course C (m) : écart entre les positions extrêmes de la tige du vérin ($l_{max}-l_{min}$).
- Section du piston : S_1 (côté corps) = $\pi \cdot D^2/4$, S_2 (côté tige) = $\pi \cdot (D^2-d^2)/4$.
- Force de pression (pa) : $F_{th}=P \cdot S_1$ (tige sortante), $F_{th}=P \cdot S_2$ (tige rentrante).
- Le taux de charge (t): quantifie les pertes par frottement au niveau du vérin, tel que :

$$F_{réel}=F_{th}-F_{frottement}= t \cdot F_{th},$$

t varie entre 0,5 et 0,75.

Remarque :

- Dans le cas d'un **vérin hydraulique (fluide incompressible, souvent l'huile)**, le débit du fluide est lié à la vitesse **V** de la tige par la relation suivante :

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = V \text{ (m/s)} \cdot S \text{ (m}^2\text{)}.$$

Avec $S=S1$ (tige sortante) ou $S2$ (tige rentrante).

5.1.5. Vérins spéciaux :**A. Vérin rotatif :**

A la différence des vérins "linéaires", un vérin rotatif **transforme l'énergie hydraulique/pneumatique en énergie mécanique de rotation, le mouvement de rotation obtenu n'est pas continu.**

Deux **principaux** types de vérins existent :

- 1. **Le vérin rotatif à crémaillère** : obtenu par **association d'un vérin double effet et d'un système pignon-crémaillère**, ce dernier permet de transformer le mouvement linéaire du vérin en mouvement de **rotation discontinu**, l'amplitude de l'angle de rotation varie entre 90° et 360° , un vérin rotatif peut être pneumatique ou hydraulique.

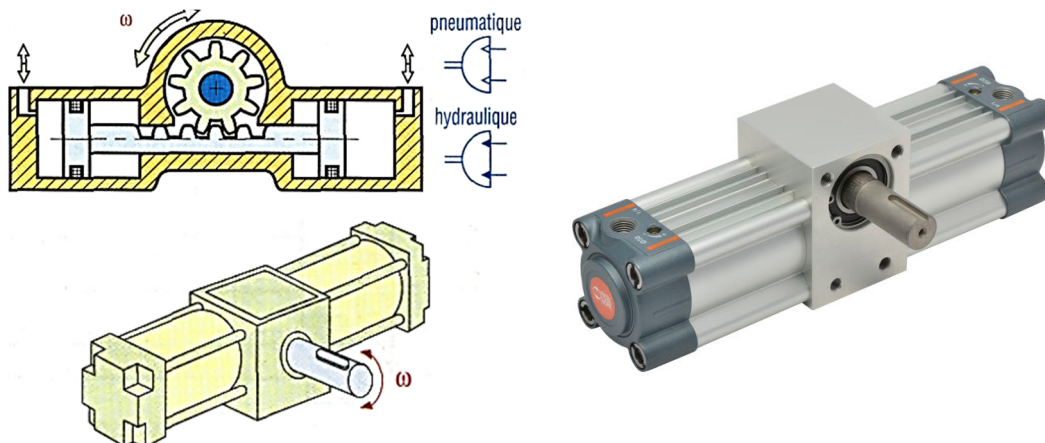


Figure.25. Vérin rotatif à crémaillère, description et schématisation.

- 2. **Le vérin rotatif à palette(s)** : L'arbre de sortie est relié à une ou deux palettes à l'intérieur d'une chambre cylindrique, la pression du fluide sur l'une des deux faces de la palette entraîne la rotation de l'arbre ; ce mouvement de **rotation est discontinu**, l'amplitude de l'angle de rotation varie entre 90° et 270° , un vérin rotatif peut être pneumatique ou hydraulique.

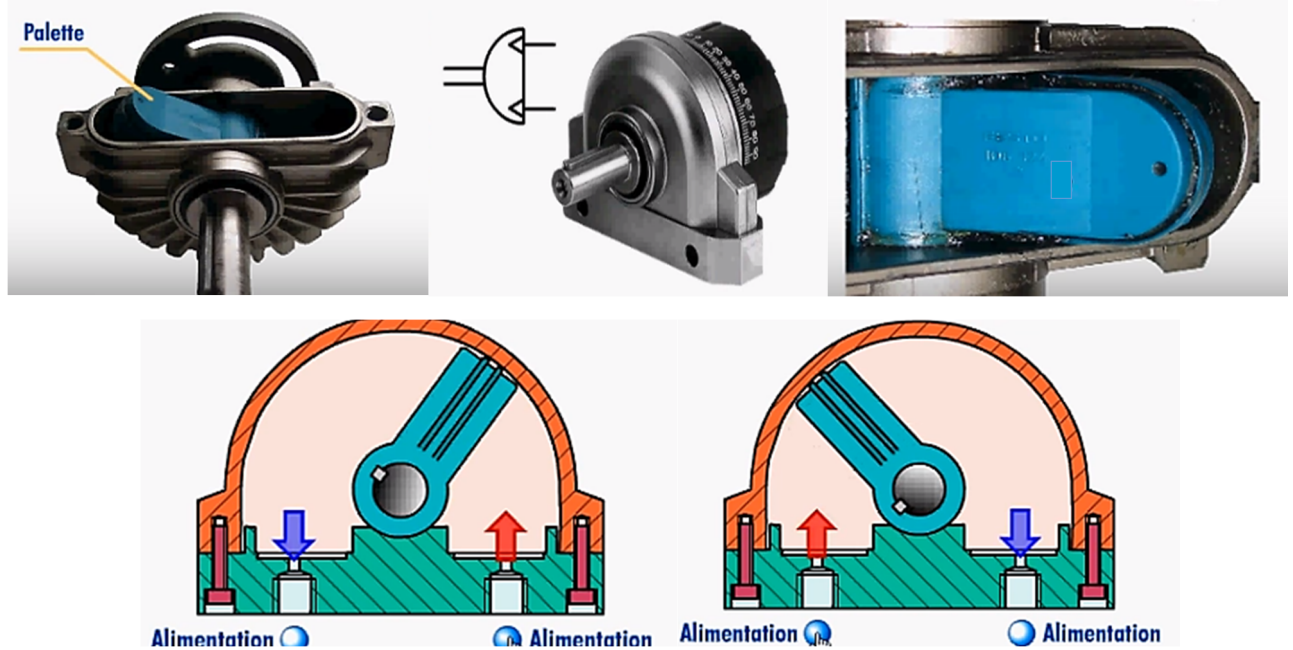


Figure.25. Vérin rotatif pneumatique à palette(s), description et schématisation.



Figure.26. Vérin rotatif hydraulique à cannelure, domaines d'application.

5.2. Moteur hydraulique/pneumatique :

Un moteur hydraulique/pneumatique transforme l'énergie hydraulique/pneumatique en énergie mécanique de rotation, le mouvement de rotation obtenu est continu.

5.2.1. Moteur hydraulique :

Dans un moteur hydraulique, l'élément rotatif est mis en rotation grâce au mouvement d'un liquide.

Il existe trois types de moteurs hydrauliques :

- Moteurs à engrenage.
- Moteurs à palettes.
- Moteurs à pistons.

Le moteur hydraulique assure le processus inverse de la pompe hydraulique analogue (à engrenage, à palettes et à pistons), le mouvement de translation/rotation est obtenu grâce au mouvement d'une certaine masse de liquide (énergie cinétique du liquide).

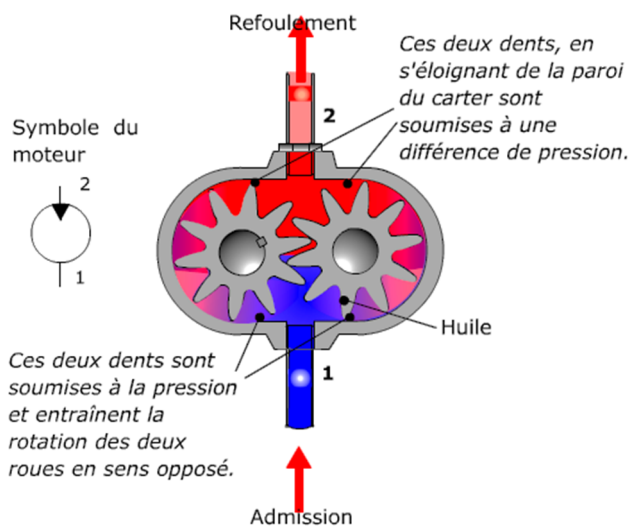


Figure.27. Moteur hydraulique à engrenage, description et schématisation.

5.2.2. Moteur pneumatique, cas du moteur à palettes :

Dans un moteur pneumatique, l'**élément rotatif est mis en rotation grâce au mouvement de l'air comprimé**, le cas le plus courant est celui du **moteur pneumatique à palettes**, dont le principe de fonctionnement est analogue à celui de la pompe à palettes, l'air comprimé emprisonnée entre palettes entraîne le mouvement de rotation de l'arbre de sortie.

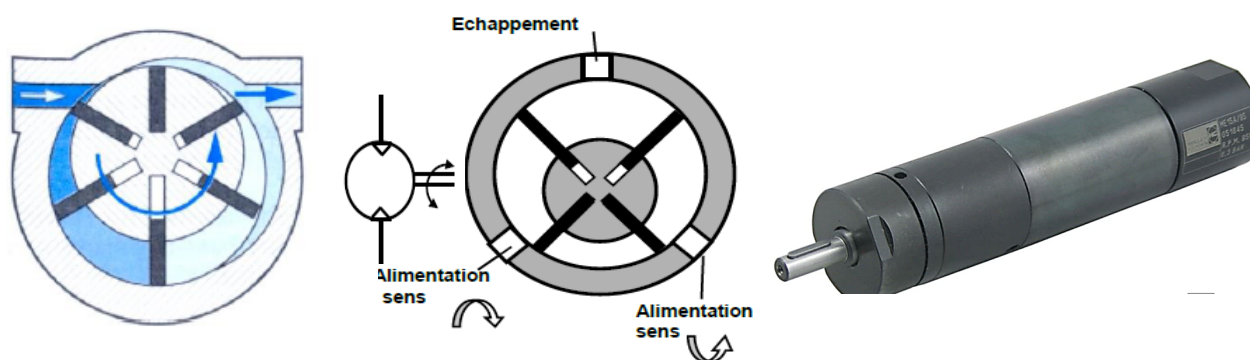


Figure.28. Description et schématisation d'un moteur pneumatique à palettes.



Figure.29. Cas d'application du moteur pneumatique à palettes, visseuse et perceuse pneumatiques.

6. Bilan de puissance :

Un bilan de puissance permet de quantifier les puissances en entrée et en sortie d'un organe de conversion d'énergie, tout en prenant en compte les pertes (frottement par exemple) :

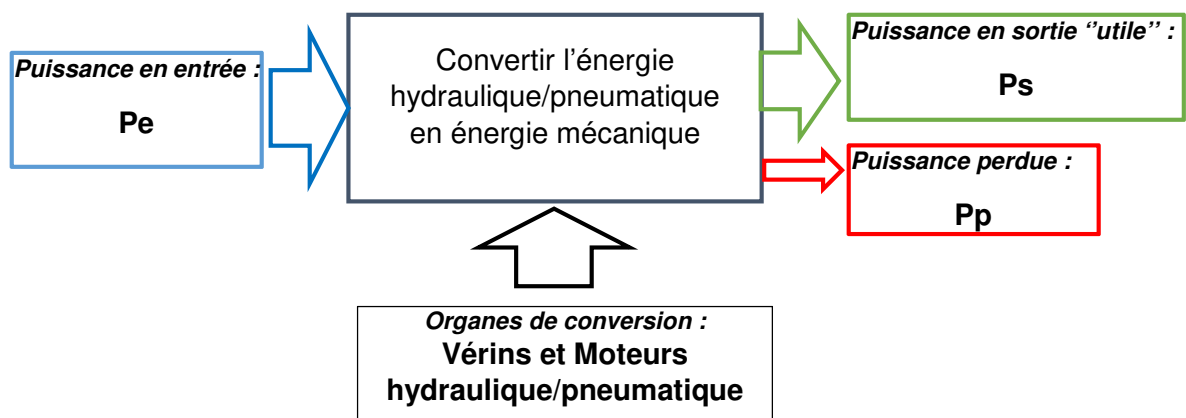


Figure.30. Schéma représentatif du bilan de puissance global pour la conversion d'énergie hyd/pn.-mécanique.

- Le bilan de puissance s'écrit : $P_s = P_e - P_p$
- **Le rendement η est le** rapport entre la puissance en sortie "utile" et la puissance en entrée (sans unité et <1).

$$\eta = \frac{P_{\text{sortie_utile}}}{P_{\text{entrée}}}$$

Remarque :

- Pour un vérin **hydraulique** par exemple :
 - $P_e = Q \cdot p$, avec Q le débit en m^3/s et p la pression du liquide en Pa.
 - $P_s = F_{\text{réel}} \cdot V$, avec : $F_{\text{réel}}$ la force réellement disponible en bout de la tige en N et V la vitesse de la tige en m/s.
 - $P_p = F_{\text{frottement}} \cdot V$, avec : $F_{\text{frottement}}$ la force résistante appliquée à la tige en N et V la vitesse de la tige en m/s (force du ressort ou/et force de frottement).

La puissance en entrée s'écrit aussi : $P_e = V \cdot S \cdot (F_{th}/S) = V \cdot F_{th}$, ainsi le bilan de puissance devient : $F_{\text{réel}} \cdot V = V \cdot F_{th} - F_{\text{frottement}} \cdot V$, ce qui donne l'expression de $F_{\text{réel}}$, $F_{\text{réel}} = F_{th} - F_{\text{frottement}}$.

- Les pompes et les compresseurs sont des organes mécaniques qui assurent l'alimentation, mais qui se base sur le principe inverse du schéma ci-dessus, c'est-à-dire qu'ils convertissent l'énergie hydraulique/pneumatique en énergie mécanique, **ainsi la puissance en entrée d'une pompe ou un compresseur est mécanique et la puissance de sortie est hydraulique/pneumatique.**

7. Comparaison entre énergies hydraulique et pneumatique :

	Énergie hydraulique	Énergie pneumatique
Contexte d'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> • Pressions allant jusqu'à 350 bars. • Force supérieure à 50 000 N. • Vitesse de circulation du fluide (liquide) assez basse : 3 m/s environ. • Rendement : 0,7 à 0,9. • Domaine d'utilisation : véhicule avec charge lourde. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pressions allant jusqu'à 10 bars. • Force inférieure à 50 000 N. • Vitesse de circulation du fluide (gaz) assez grande : 15 à 50 m/s. • Rendement 0,3 à 0,5. • Domaines d'utilisation : automatisme industriel. outil grande vitesse.
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Transmission de forces et de couples élevés. • Possibilité de démarrage en charge. • Une bonne durée de vie des composants du circuit hydraulique, en partie grâce à l'huile circulant qui joue le rôle de lubrificateur. • Précision de la position des actionneurs et préactionneurs. • Vitesse d'avance régulière grâce au caractère incompressible de l'huile. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité de l'air utilisé partout et en quantité "illimitée". • Matière d'œuvre propre (l'air). • Transport aisé de l'air comprimé. • Commande simple, souvent tout ou rien. • Possibilité de vitesses et de cadences élevées. • Possibilité de démarrage en charge. • Coûts d'installations peu élevés, grâce en partie à la production <u>centralisée</u> de l'air comprimé, aussi les conduites sont peu chères. • Maintenance aisée.
Limites	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesses limitées. • Coûts d'installations élevés. • Maintenance peu aisée et coûteuse. • Rendement affecté par les fuites d'huile et des pertes de charge dans le circuit hydraulique. • Risque d'accident à cause des pressions d'utilisation élevées. • Risque d'incendie à cause de l'utilisation d'une huile minérale inflammable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transmission de forces et couples limités • Besoin d'un système de conditionnement (filtration, lubrification...etc.). • Durée de vie des composants relativement courte, affectée par le besoin de filtration. • Imprécision de la position (compressibilité de l'air). • Difficulté d'obtenir des vitesses régulières à cause de la compressibilité de l'air.