

## CHAPITRE 2: POMPES & COMPRESSEURS

### -Introduction

Le système hydraulique utilise l'action de circulation d'un fluide pour créer une action mécanique. Le fluide (liquide) est soumis à des pressions très élevées, entre 3 000 et 5 000 psi. Comme indiqué, la pneumatique utilise des pressions beaucoup plus faibles. En dépit des différences entre ces deux domaines, le concept est relativement simple à comprendre. La pneumatique utilise le même principe technologique, les gaz sont mis sous pression pour créer un mouvement mécanique. Le plus souvent, le gaz sous pression est simplement de l'air, qui peut être sec ou lubrifié. La force de la pression s'exerce sur un actionneur final (exemple un vérin).

### 2.1. Les compresseurs

Le compresseur est une machine qui a pour fonction, d'élever la pression d'un fluide compressible qui le traverse. Son nom traduit le fait que le fluide se comprime « son volume diminue » au fur et à mesure de l'augmentation de pression. Les gaz étant des fluides compressibles nécessitent des compresseurs, alors que les liquides pratiquement incompressibles, nécessitent des pompes. Les compresseurs se présentent sous des formes très variées en fonction de leurs conditions d'utilisation et de leurs caractéristiques de pression et de débit.

#### 2.1.1. Classification des compresseurs

Deux grandes classes de machines peuvent être retenues :

- Compresseurs volumétriques;
- Compresseurs dynamiques (Turbo - compresseurs)

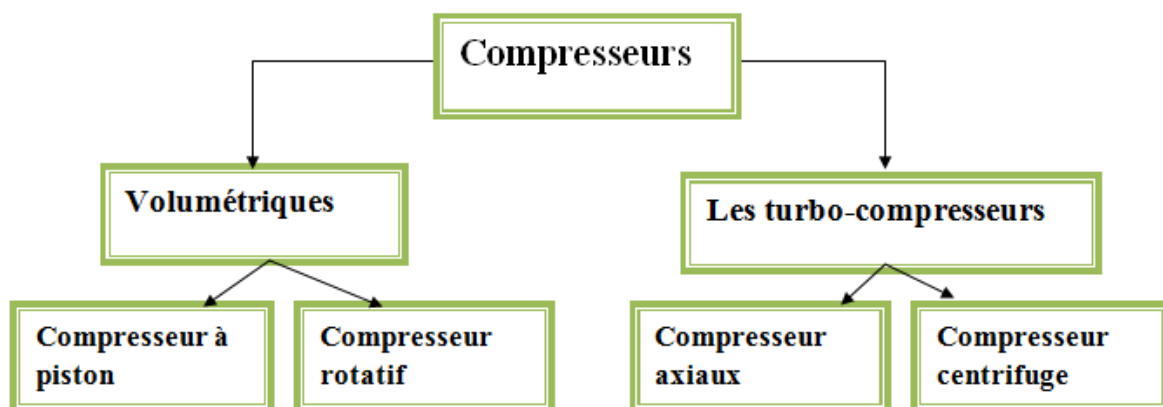


Fig.2.1: Deux classes principales de compresseurs

### 2.1.1.1. Compresseurs turbocompresseurs (Dynamiques)

L'air est accéléré jusqu'à une très grande vitesse avant d'être dirigé au point d'utilisation où l'énergie due à la vitesse se transforme en pression. D'une technologie plus complexe, ces compresseurs permettent d'obtenir des débits très élevés.

#### *A. Compresseurs axiaux*

Les compresseurs axiaux sont des machines réceptrices à écoulement axial du compressible, ils sont utilisés dans les turbines à gaz à grande puissance et dans les turboréacteurs d'aviation. Ils sont caractérisés par le nombre d'étage important et le taux de compression n'est pas élevé.

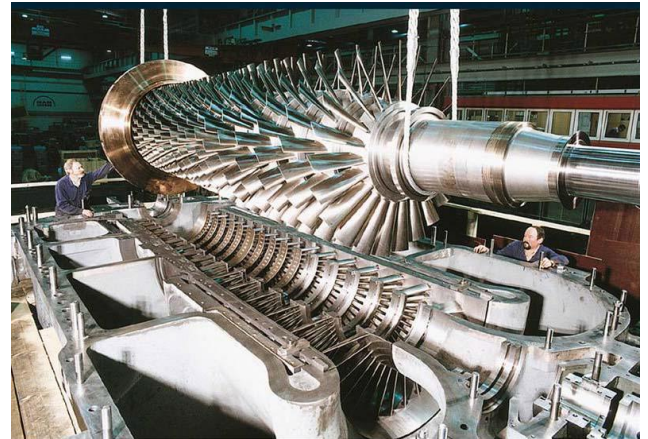
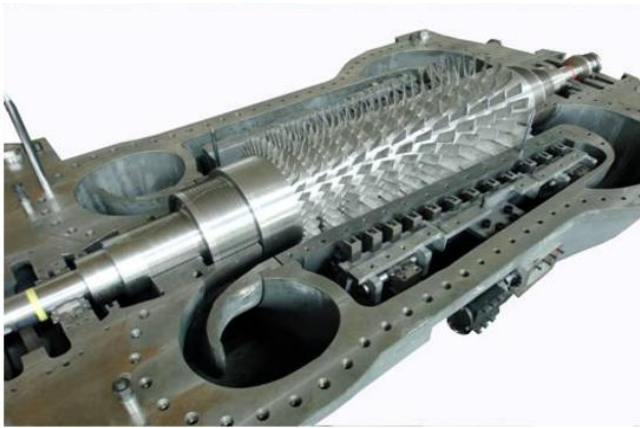
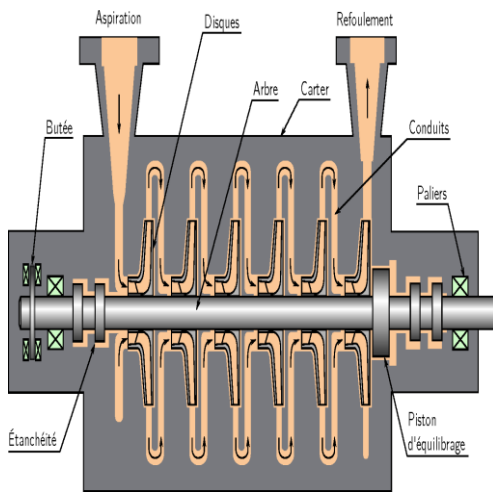


Fig.2.2: Compresseur axial

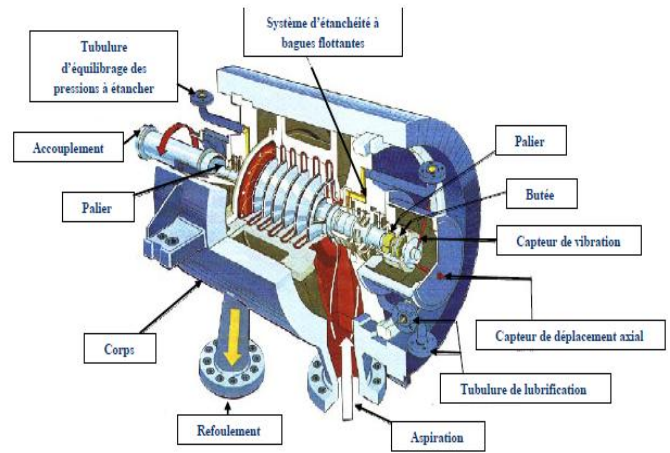
#### *B. Compresseurs centrifuges*

Les compresseurs centrifuges augmentent l'énergie du gaz comprimé grâce à la force centrifuge qui est provoquée par le mouvement de rotation des roues à aube. Les compresseurs centrifuges sont des turbomachines qui, en utilisant un système d'aubes entraînées en rotation autour d'un axe, on transforme l'énergie mécanique en quantité de mouvement sur le gaz. Ensuite par des dispositifs appropriés inclus dans la machine, on récupère sous forme de pression l'énergie de vitesse. Le compresseur centrifuge est composé de deux parties principales à savoir :

- Le stator;
- Le rotor



**Fig.2.3:** Compresseur centrifuge



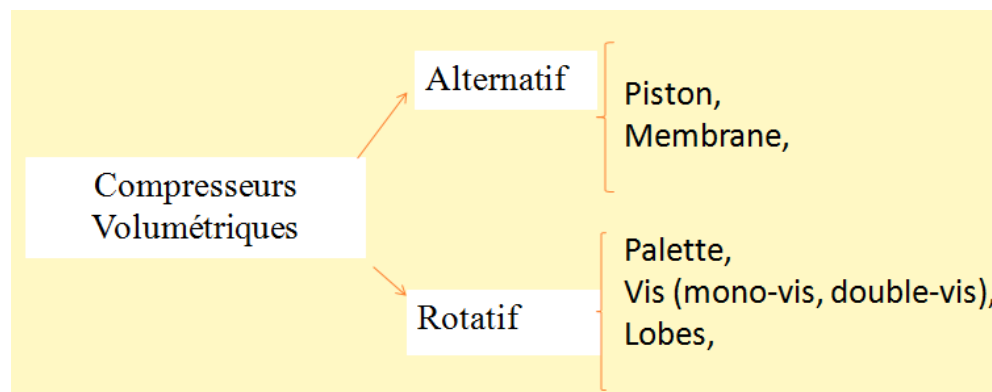
**Fig.2.4:** Organes principaux d'un compresseur centrifuge avec plan de joint vertical (BCL)

### 2.1.1.2. Les compresseurs volumétriques

Les compresseurs volumétriques ont pour principe général la variation de volume d'une cavité entre l'entrée et la sortie de la machine.

Une quantité d'air est enfermée dans une enceinte dont le volume est diminué pour augmenter la pression. On distingue les compresseurs alternatifs à piston ou à membrane et les compresseurs à piston rotatif (multicellulaires à palettes ou hélicoïdaux). Ces compresseurs permettent avec un débit moyen. Ils se caractérisent par un rapport de compression pouvant atteindre des valeurs très élevées mais sont limités en débit. La compression fractionnée en plusieurs étages favorise l'insertion de dispositifs de refroidissement du gaz permettant de réduire le travail moteur.

Ils sont classés en deux grands types :



**Fig.2.5:** Types des compresseurs volumétriques

### ***A. Les compresseurs volumétriques alternatifs***

Le gaz est introduit dans un espace limité par des parois métalliques (cylindre - piston).

Le mouvement du piston, en combinaison avec les clapets, engendre :

- Aspiration du volume de gaz.
- Compression et Refoulement du gaz quand la pression est supérieure à celle du circuit

### ***B. Les compresseurs rotatifs***

Ces compresseurs tels que les compresseurs à piston compriment les gaz par réduction du volume.

Parmi les compresseurs rotatifs on distingue :

- Compresseur à palette;
- Compresseur à vis;
- Compresseur à engrenages;
- Compresseur spirale.

## **2.2. Les pompes hydrauliques**

Les pompes sont des appareils qui génèrent une différence de pression entre les tubulures d'entrée et de sortie. Suivant les conditions d'utilisation, ces machines communiquent au fluide, de l'énergie potentielle (par accroissement de la pression en aval) soit de l'énergie cinétique par la mise en mouvement du fluide.

Ainsi, on peut vouloir augmenter le débit (accroissement d'énergie cinétique) ou/et augmenter la pression (accroissement d'énergie potentielle) pour des fluides gazeux, liquides, visqueux, très visqueux...C'est pourquoi la diversité des pompes est très grande.

### **2.2.1. Caractéristiques générales d'une pompe hydraulique [7-8]**

Une pompe se caractérise par :

- son débit
- sa cylindrée
- son rendement
- So sens de rotation
- Sa vitesse de rotation

### a) Débit

C'est le volume d'huile que la pompe peut fournir pendant l'unité de temps pour une vitesse de rotation établie.

Q : débit, en litres /minute (l/min)

### b) Cylindrée

Elle correspond au volume d'huile théorique débitée par tour en cm<sup>3</sup> ou en litre. Donc le débit Q correspond à la cylindrée par la vitesse de rotation.

$$Q = C_{yl} * N \quad (2.1)$$

Avec :

Q : débit, en litres /minute (l/min) ;

$C_{yl}$ : Cylindrée, en litres (l/tr) ou en cm<sup>3</sup>/tr ;

N : vitesse de rotation, en tours /minute (tr/min).

### c) Rendements

- La puissance hydraulique à la sortie d'une pompe, est déterminée : selon l'équation suivante

$$P_H = \Delta P * Q \quad (2.2)$$

Avec Q : débit, en m<sup>3</sup>/s

$P = P_s - P_e$  : La différence de pression entre l'entrée et la sortie de la pompe et  $P_e$  et  $P_s$  en Pascal (Pa).

- La puissance donnée à la pompe par le moteur dont l'axe tourne à la vitesse ( $\omega$ ) et transmet un couple C, s'écrit :

$$P_a = C * \omega \quad (2.3)$$

C : moment du couple appliqué à l'arbre d'entraînement de la pompe (N.m),

$\omega$  : La vitesse angulaire de l'arbre d'entraînement de la pompe (rad/s),

$P_a$  : La puissance absorbée par la pompe (W).

Ces deux relations permettent d'exprimer le **rendement global** d'une pompe :

$$\eta_p = \frac{P_H}{P_a} = \frac{\Delta P * Q}{C * \omega} \quad (2.4)$$

Pour affiner notre connaissance d'une pompe volumétrique, on peut définir le rendement volumétrique : rapport du débit réel au débit théorique, (qui permettra de connaître les fuites) ;

$$\eta_{vp} = \frac{Q}{Q_{th}} = \frac{Q}{C_{yl} * N} \quad (2.5)$$

$Q_{th}$ : C'est le débit théorique,  $Q_{th} = C_{yl} * N$

N : C'est la vitesse de rotation

Le rendement mécanique ; rapport du couple théorique au couple réel (qui permettra de connaître les pertes mécaniques : Frottement).

Le produit de ces deux rendements est évidemment le rendement global :

$$\eta_p = \eta_{vp} * \eta_{mp} \quad (2.6)$$

#### d) Vitesse de rotation

La vitesse de rotation maximale en fonctionnement continu (dite vitesse nominale) est principalement limitée par la capacité de la pompe d'aspirer le fluide dans certaines conditions spécifiques. En d'autres termes, on fixe la valeur de la vitesse nominale de telle sorte que tout risque de cavitation soit écarté.

#### e) Symboles

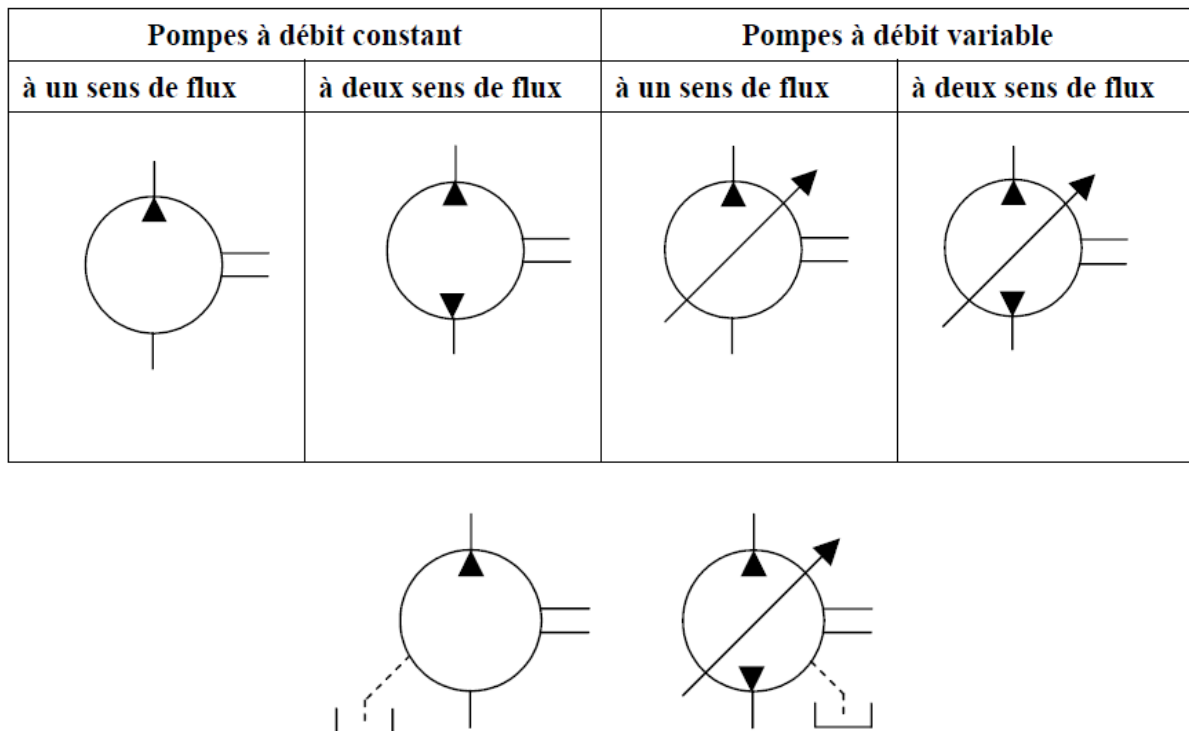


Fig.2.6: Symboles des pompes

Le trait interrompu court représente le drain (drainage externe). C'est une canalisation qui récupère le débit de fuite, inévitable à cause des jeux fonctionnels, et qui l'envoie au réservoir.

#### 2.2.2. Classification des pompes

On classe les pompes en deux grandes familles :

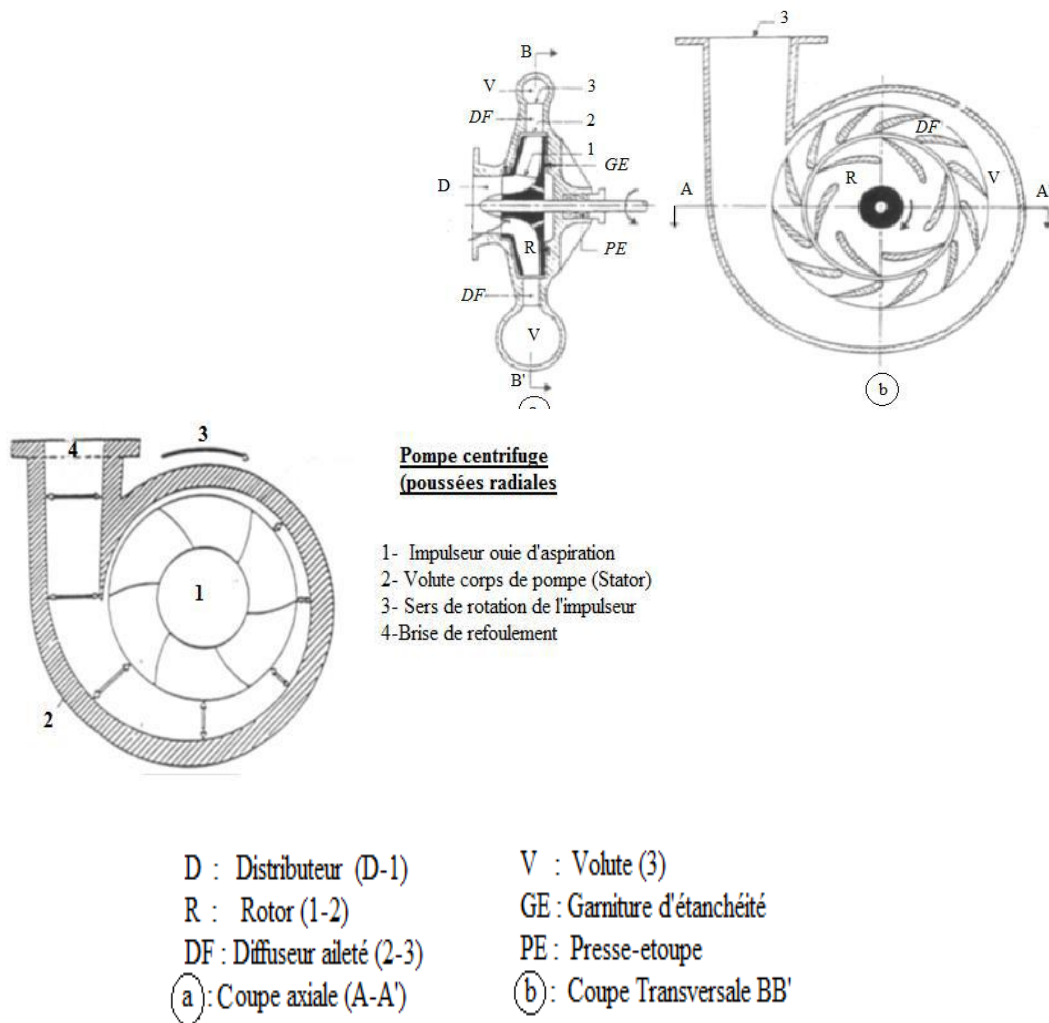
- Les pompes non volumétriques (centrifuges) ; dans les quelles la chambre d'admission et la

chambre de refoulement où le fluide est expulsé ne sont pas séparées l'une de l'autre par des pièces mécaniques rigides.

- Les pompes hydrodynamiques (volumétriques), dans lesquelles la chambre d'admission est séparée par des pièces mécaniques rigides de la chambre de refoulement, ce qui assure l'étanchéité entre ces deux chambres.

### 2.2.2.1. Les pompes centrifuges

Elles sont toutes rotatives. Ce sont les pompes centrifuge, à hélice, hélico-centrifuge. Les pompes centrifuges (Figure 2.7) sont composées d'une roue à aubes qui tourne autour de son axe, d'un stator constitué au centre d'un distributeur qui dirige le fluide de manière adéquate à l'entrée de la roue, et d'un collecteur en forme de spirale disposé en sortie de la roue appelé volute. Le fluide arrivant par l'ouïe est dirigé vers la roue en rotation qui sous l'effet de la force centrifuge lui communique de l'énergie cinétique.



**Fig.2.7:** Schéma d'une pompe centrifuge

### 2.2.2.2. Les pompes volumétriques

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos (*stator*) à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté participant à la circulation du fluide à l'intérieur de la pompe. Ce déplacement est cyclique. D'autres éléments mobiles destinés à mettre en mouvement les éléments précédents. Pendant un cycle, un volume de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé.

#### Description

Un volume de fluide  $V_0$  (équivalent à la cylindrée) est emprisonné dans un espace donné et contraint à se déplacer, de l'entrée vers la sortie de la pompe à chaque cycle. Le volume  $V_0$  est prélevé sur le fluide contenu dans la conduite d'aspiration, d'où une dépression qui fait avancer le fluide vers la pompe, assurant ainsi son amorçage (autoamorçage).

#### Remarque

La pression ne doit pas s'abaisser en dessous de la pression de vapeur saturante du liquide, pour éviter son ébullition et l'apparition du phénomène de cavitation.

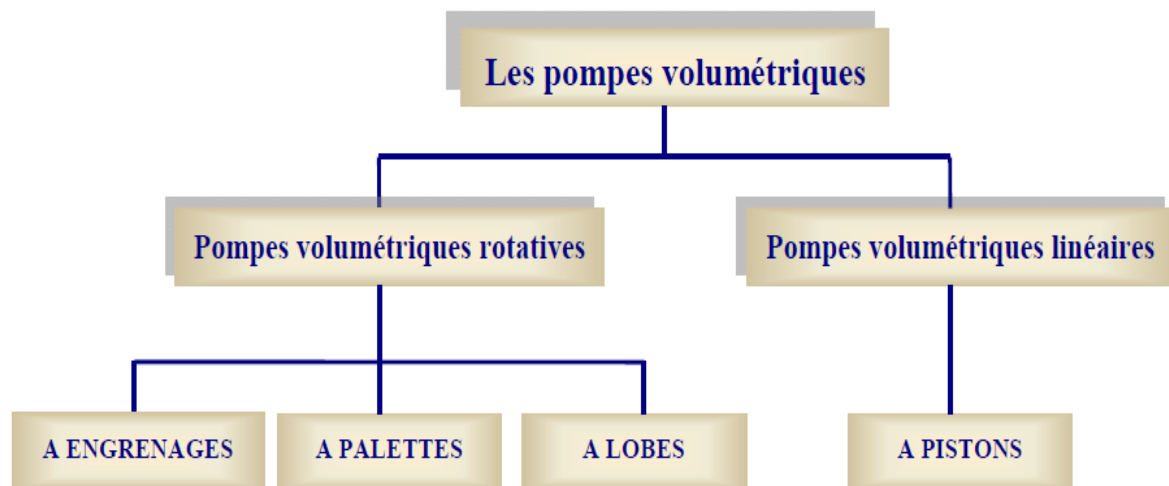


Fig.2.8: Pompes volumétriques

#### A. Les pompes volumétriques alternatives

Tous les types de pompes à pistons reposent sur le même principe de fonctionnement mouvement alternatif des pistons dans un alésage doté de deux orifices destinés à l'aspiration et au refoulement. Le principe est d'utiliser les variations de volume occasionné par le déplacement d'un piston dans un cylindre. Ces déplacements alternativement dans un sens ou dans l'autre produisent des phases d'aspiration et de refoulement. Quand le piston se déplace dans un sens le liquide est comprimé: il y a fermeture du clapet d'admission et ouverture du clapet de refoulement. Le fonctionnement est inverse lors de l'aspiration du liquide dans la pompe. Une membrane est parfois liée au piston.

### Caractéristiques et utilisation

Elles ne conviennent que pour des débits moyens de l'ordre de  $80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

. L'intérêt des membranes est l'utilisation avec des produits chimiques corrosifs, abrasifs ou acides.

La pression au refoulement peut aller jusqu'à 25 bars.

| Avantages                                                                                                                                               | Inconvénients                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fonctionnement à sec sans dommage.</b></li> <li>- <b>Bon rendement (<math>&gt; 90\%</math>).</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Débit limité.</b></li> <li>- <b>Viscosités assez faibles.</b></li> <li>- <b>pompage de particules solides impossible: la pompe ne fonctionne bien que si l'étanchéité est parfaite entre le cylindre et le piston.</b></li> </ul> |

Il existe des pulsations importantes au refoulement : on peut remédier à ceci en utilisant des dispositifs de pots anti béliers.

Selon la disposition des axes des pistons, plusieurs configurations de pompes peuvent exister :

#### A.1. Pompe à pistons axiaux

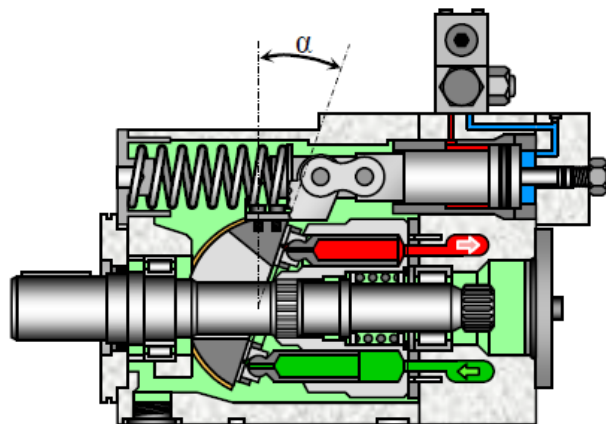


Fig.2.9: Pompe à pistons axiaux

#### Caractéristiques

Cylindrée :  $500 \text{ cm}^3/\text{tour}$  maxi

Pression de service : 350 bars maxi

Rendement de 0,9 et durée de vie très importante

Faible inertie des pièces en mouvement

Le débit est plus stable (moins de pulsation)

Nécessite une filtration efficace (de 10 à  $20 \mu$ ) car le jeu interne est très faible

Peut être utilisé en moteur hydraulique.

### A.2. Pompes à pistons radiaux

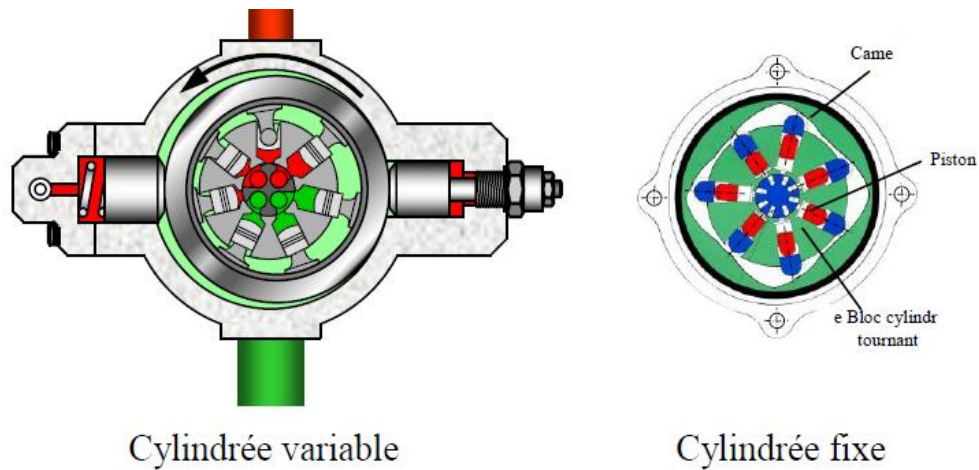


Fig.2.10: Pompes à pistons radiaux

#### Description :

- Les pistons sont disposés radialement au stator, leurs axes sont perpendiculaires à l'arbre d'entraînement principal.

#### Caractéristiques d'une pompe à pistons radiaux

Cylindrée : 250 cm<sup>3</sup>/tour maxi

Pression de service : 350 bars maxi

Rendement de 0,90 et durée de vie très importante

Nécessite une filtration efficace (de 10 à 20  $\mu$ ) car le jeu interne est très faible

Peut être utilisé en moteur hydraulique. Prix élevé.

### A.3. Pompe à pistons en ligne

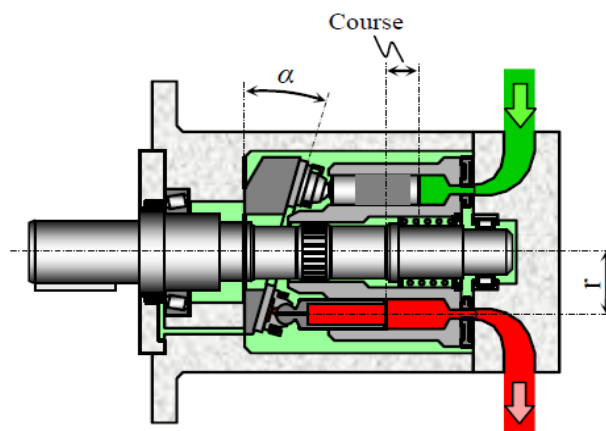


Fig.2.11: Pompe à piston à cylindrée fixe

C'est une pompe à cylindrée fixe.

Son rendement peut atteindre les 97 %.

Les pressions de service peuvent être supérieures à 500 bars.

Elle est de construction simple

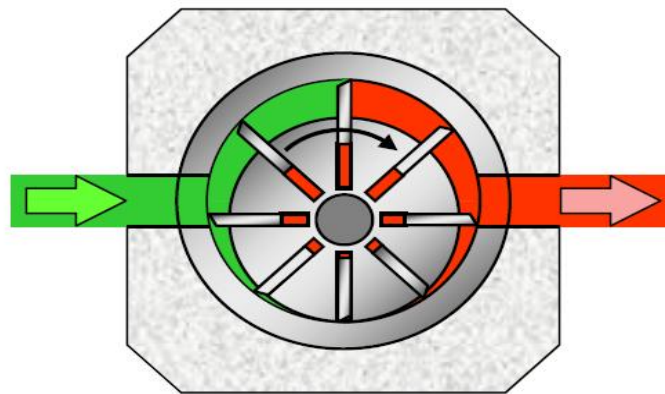
### ***B. Les pompes volumétriques rotatives***

Ce sont les pompes les plus utilisées.

#### ***B.1. Les pompes à palettes***

##### **a) Pompes à palettes à cylindrée fixe**

Un corps cylindrique fixe (stator) communique avec les orifices d'aspiration et de refoulement. A l'intérieur se trouve un cylindre plein, le rotor, tangent intérieurement au corps de la pompe et dont l'axe est excentré par rapport à celui du stator. Le rotor est muni de 2 à 8 fentes diamétralement opposées deux à deux, dans lesquelles glissent des palettes que des ressorts appuient sur la paroi interne du stator. Le mouvement du rotor fait varier de façon continue les différentes capacités comprises entre les cylindres et les palettes en créant ainsi une aspiration du liquide d'un côté et un refoulement de l'autre.



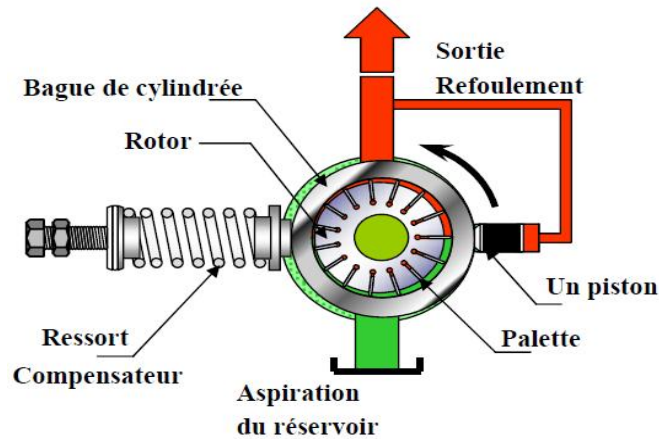
**Fig.2.12:** Pompe à palette à cylindrée fixe

Caractéristiques et utilisation :

Ce sont des pompes caractérisées par des débits allant jusqu'à  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  et des pressions au refoulement de 4 à 8 bars. Elles conviennent aux liquides peu visqueux.

| Avantages                                                                                                                                                                    | Inconvénients                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de brassage, ni d'émulsionnage du liquide pompé.</li> <li>- Débit régulier.</li> <li>- Marche réversible de la pompe</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Usure du corps par frottement des palettes.</li> </ul> |

**b- Pompes à palettes à cylindrée variable (autorégulatrice)**



**Fig.2.13:** Pompes à palettes à cylindrée variables

***Caractéristiques d'une pompe à palettes à cylindrée variable:***

Cylindrée : 100 cm<sup>3</sup>/tour maxi

Pression de service : 160 bars maxi

Auto-aspirante

Pompe double ou triple

Régulation optimale du débit

Faible bruit de fonctionnement et de Construction simple

Nécessite une filtration efficace

Rendement de 0,9 avec rotor équilibré.

***B.2. Les pompes à engrenages***

**a) Les pompes à engrenages extérieures**

**- Fonctionnement :** Elle est constituée de deux engrenages tournant à l'intérieur du corps de pompe. Le principe consiste à aspirer le liquide dans l'espace compris entre deux dents consécutives et à le faire passer vers la section de refoulement (La rotation d'un pignon entraîne la rotation en sens inverse de l'autre, ainsi une chambre se trouve à l'aspiration, l'autre au refoulement).

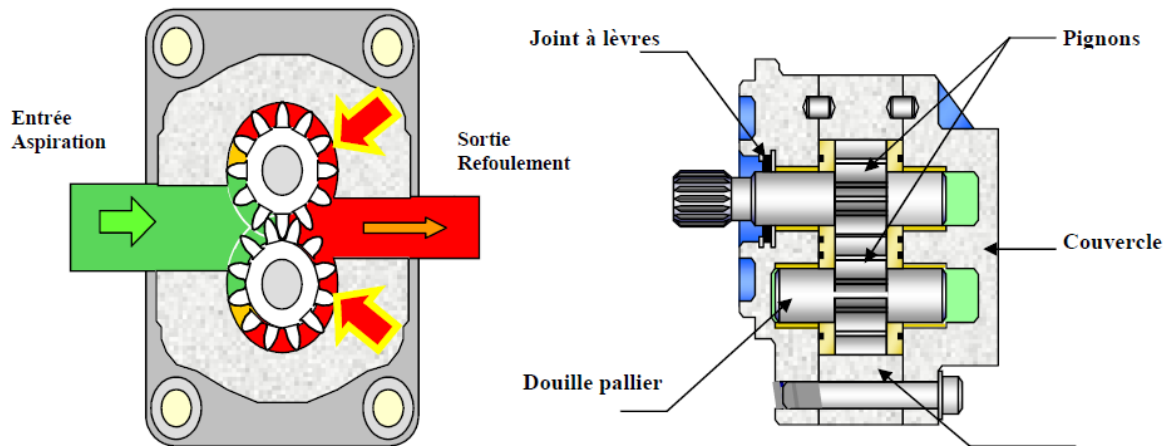


Fig.2.14: Coupe d'une pompe à engrenages extérieurs

| Avantages                                                                                                                                            | Inconvénients                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Débit régulier.</li> <li>- Pas de clapets nécessaires.</li> <li>- Marche de la pompe réversible.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombreuses pièces d'usure</li> <li>- Pas de particules solides dans cette pompe, ni de produits abrasifs ; la présence de traces de solide ayant pour effet d'accélérer l'usure mécanique des pignons et de diminuer l'étanchéité entre le corps de pompe et les dents.</li> </ul> |

#### b) Les pompes à engrenages intérieurs

Ces pompes existent aussi avec une roue à denture intérieure (Couronne dentée) engrené à un pignon. Dans ce cas la pompe peut disposer d'une pièce intermédiaire en forme de croissant pour séparer entre l'entrée et la sortie permettant ainsi de diminuer les fuites internes et d'augmenter la pression de service.

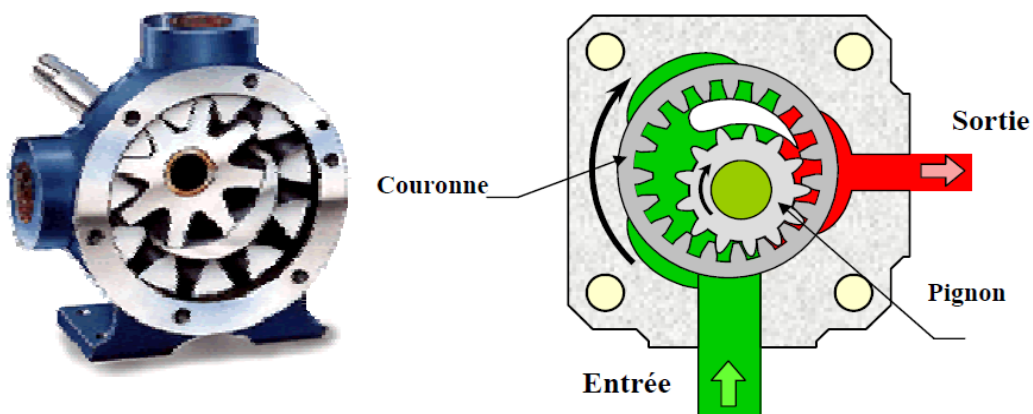


Fig.2.15: Coupe d'une pompe à engrenages intérieurs

### Caractéristiques de la pompe à engrenage à denture intérieure

Cylindrée : 250 cm<sup>3</sup>/tour maxi

Pression de service : 250 bars maxi

Peu de pièces en mouvement

Faible encombrement

Combinaison possible de plusieurs pompes

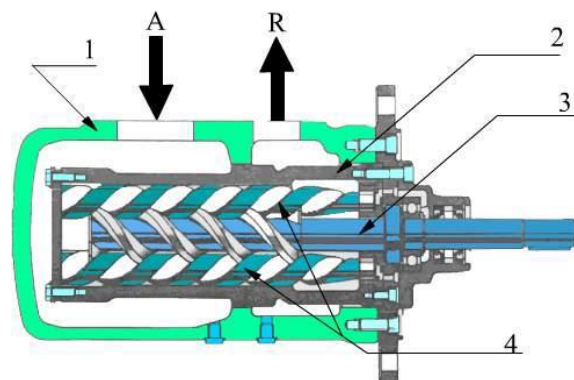
Aptitude à tourner vite : de 300 à 3000tr/min

Bruit de fonctionnement très faible

Rendement élevé : 0,9

### B.3.Pompes à vis

Deux vis dont l'une est motrice (3) et l'autre(s) menée(s) (4), tournent en sens inverse, créant ainsi d'un côté une zone d'aspiration et de l'autre une zone de refoulement (Figure). Cette pompe existe aussi avec trois vis dont l'une est centrale.



**Fig.2.16:** Pompe à vis

**Avantages :** Débit régulier, Assez silencieuse, Peut être accouplé directement à un moteur électrique de à grand vitesse.

**Inconvénients :** Nombreuses pièces d'usure, Pas de particules solides dans cette pompe, ni de produits abrasifs, Prix élevé.

**Caractéristiques :** Cylindrée 250 cm<sup>3</sup>/tour maxi, Pression de service 200 bars maxi, Vitesse de rotation de 300 à 3500 tr/min, Rendement acceptable 0.9.

### 2.3. Les moteurs hydrauliques

Les moteurs hydrauliques font partie de la famille des actionneurs. Ils transforment l'énergie hydraulique fournie par le fluide sous pression, en énergie mécanique. On obtient ainsi, pour les moteurs, un mouvement de rotation sur l'arbre de sortie. Les moteurs hydrauliques ont de nombreuses analogies avec les pompes, plusieurs technologies leur sont communes. Mais une spécificité des moteurs tient à leur vitesse d'utilisation qui peut être soit lente (moins de 100 trs /min) soit élevée (plus de 5000 trs /min)

Ce qui mène à distinguer trois grandes classes de moteurs hydrauliques [9] :

- Les moteurs rapides [ $1000 < N \leq 5000$  trs / min] ;
- Les moteurs semi rapides [ $200 < N \leq 1000$  trs / min] ;
- Les moteurs lents [ $40 < N \leq 200$  trs / min] ;

Dans chacune de ces classes, on trouve des moteurs de puissance, de pression admissible et de géométrie différente.

#### 2.3.1. Les différents types des moteurs

##### a) Les moteurs à pistons axiaux

Les pistons en communication avec la haute pression se déplacent en tournant et par une liaison rotule avec le tourillon obligent ce dernier à tourner.

La cylindrée est déterminée avec la relation suivante :

$$C_{yl} = 2 * r * \tan\alpha * n * s \quad (2.7)$$

$C_{yl}$  : Cylindrée.

$r$  : entraxe.

$n$  : nombre des pistons

$s$ : surface du piston.

**Avantages** : couple très important, possibilité de varier la cylindrée, vitesse importante.

**Inconvénients** : coûteux.

**Caractéristiques** : Nombres de pistons de 7 à 9, Pression allant à 450 bars, Inclinaison des plateaux de 15 à 18°.

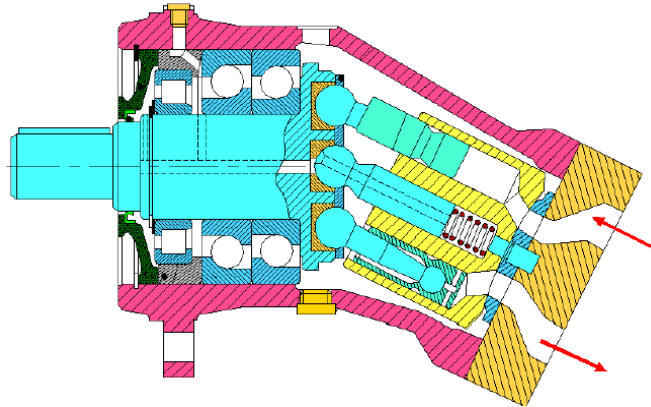


Fig.2.17: Coupe d'un moteur à pistons axiaux

### b) Les moteurs à pistons radiaux

Contrairement aux pompes à pistons radiaux, les pistons peuvent tourner sur une came (stator) permettant d'avoir plusieurs courses par tour. Le nombre des pistons est impair pour la continuité de débit et l'équilibrage. Possibilité d'avoir une distribution cylindrique ou plane du fluide.

La cylindrée est déterminée avec la relation suivante :

$$C_{yl} = n * n' * c * s \quad (2.8)$$

$n$ : nombre des pistons

$n'$  : nombre de courses par tour.

$c$  : course.

$s$ : surface du piston.

**Avantages** : couple très important.

**Inconvénients** : vitesse faible, encombrant, coûteux, problèmes d'étanchéité pour la distribution.

**Caractéristiques** : Nombres de pistons de 3 à 7, Pressions entre 250 et 450 bars, Cylindrées fixes.

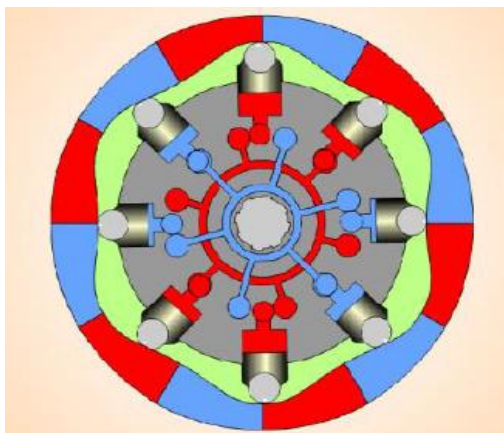


Fig.2.18: Coupe d'un moteur à pistons radiaux

### c) Les moteurs à engrenage extérieure

Même conception que la pompe à engrenage, la pression du fluide entraîne en rotation les roues dont l'une est motrice.

**Avantages :** Moteurs rapides, encombrement très réduit, économique.

**Inconvénients :** Performances et rendements limités.

**Caractéristiques :**  $\eta_g \approx 85\%$ ,  $P_{\max} < 250 \text{ bars}$ ,  $P_m < 20 \text{ KW}$ , Cylindrée entre 5 et 30 cm<sup>3</sup>/tr

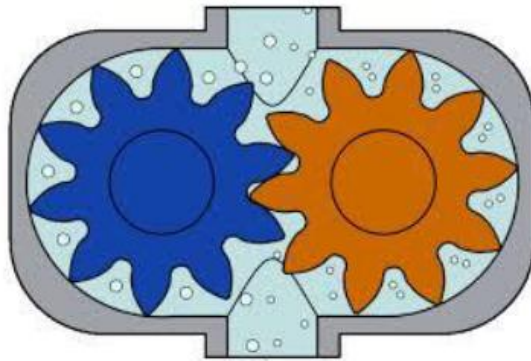


Fig.2.19: coupe d'un moteur à engrenage extérieure

### d) Les moteurs à palettes

L'huile sous pression provoque la rotation des palettes implantées sur le rotor.

**Avantages :** réalisation simple.

**Inconvénients :** puissance transmise relativement faible.

**Caractéristiques :** Pressions limitées à 200 – 250 bars.

## 2.3.2. Les grandeurs associées aux moteurs hydrauliques

### a) La cylindrée ( $C_{yl}$ )

Le volume de fluide refoulé ou aspiré par le moteur en l'absence des fuites, pendant une révolution de l'arbre principal.

Unités : [m<sup>3</sup>/tr] ; [l/ min] ou [l/tr].

### b) Les débits :

**Le débit moyen entrant :** ( $Q_{v moy r}$ )

Le volume moyen aspiré par unité de temps, connaissant la cylindrée ce débit est déterminé par :

$$Q_{v moy r} = C_{yl} * N \quad (2.9)$$

Avec :  $N$  : Fréquence de rotation en [tr / s].

$C_{yl}$ : Cylindrée en [m<sup>3</sup>/ tr]

**- Le débit moyen sortant ( $Q_{vmoyr}$ )**

Le volume sortant par le moteur en pratique, mesuré en une unité de temps.

**c) Les puissances**

**La puissance mécanique : ( $P_m$ )**

Puissance fournie par l'arbre de sortie du moteur peut être donnée par les deux relations suivantes :

$$P_m = C_{moy} * \omega \quad \text{Ou} \quad P_m = Q_{vmoyS} * (P_e - P_{sth}) \quad (2.10)$$

Avec :

$C$  : Couple moyen théorique en [Nm] ;

$\omega$  : vitesse angulaire de l'arbre moteur en [rad / s] ;

$P_{sth}$  : Pression de sortie théorique en [Pa] ;

$P_e$  : Pression d'entrée en [Pa] ;

**- La puissance hydraulique : ( $P_h$ )**

Puissance fournie par le fluide à la sortie de la pompe donnée par :

$$P_h = Q_{vmoyr} * (P_e - P_s) \quad (2.11)$$

Avec :  $P_s$  est la pression mesurée réellement à la sortie en [Pa].

**d) Les rendements**

**Le rendement volumétrique**

Compte tenu des fuites et de la compressibilité du fluide, le débit moyen sortant est toujours différent du débit réel, on définit ainsi un rapport :

$$\eta_v = \frac{Q_{vmoyS}}{Q_{vmoyr}} \quad \text{On a} \quad \eta_v = \frac{Q_{vmoyS}}{Q_{vmoyr} + Q_{vf}} = \frac{1}{1 + Q_{vf}/Q_{vmoyS}} < 1 \quad (2.12)$$

Avec  $Q_{vf}$ : Débit moyen de fuites. En pratique :  $70 \% \leq \eta_v \leq 98 \%$

**Le rendement mécanique**

Le fluide à la pression d'entrée  $P_e$  est refoulé à la pression de sortie  $P_s$ .

Une chute de pression due à des effets mécaniques et hydrauliques fait passer  $P_{sth}$  à  $P_s$ , ainsi on détermine :

$$\eta_m = \frac{P_e - P_s}{P_e - P_{sth}} \quad (2.13)$$

$$\text{Si : } \Delta P = P_s - P_e \text{ et } \Delta P_{th} = P_{sth} - P_e \quad (2.14)$$

$$\text{On aura : } \eta_m = \frac{\Delta P}{(\Delta P + \Delta P_f)} = \frac{1}{(1 + \Delta P_f / \Delta P)} < 1 \quad (2.15)$$

Avec :

$\Delta P_f$  : Chute de pression due aux pertes de charges, expérimentalement on trouve :

$$75\% \leq \eta_v \leq 90\%.$$

### - Le rendement global

Le rendement global d'une pompe, traduit en termes de performance le rapport en la puissance hydraulique fournie par la pompe et la puissance mécanique reçue par le moteur.

$$\eta_g = \frac{P_m}{P_h} \text{ et } \eta_g = \eta_v * \eta_m \quad (2.16)$$

En pratique :  $52.5\% \leq \eta_g \leq 88.2\%$

\* Le moment du couple moyen théorique ( $C_{moyr}$ ):

Moment du couple moyen théorique disponible sur l'arbre moteur [Nm].

$$P_h = \frac{P_m}{\eta_g} \Leftrightarrow (P_e - P_s) * Q_{vmoyr} = \frac{C_{moyr} * \omega}{\eta_g} \text{ Ou } Q_{vmoyr} = \frac{C_{yl} * N}{\eta_v}$$

$$\text{Et } \omega = 2\pi N \text{ on aura donc : } \frac{C_{yl} * N * (P_s - P_e)}{\eta_v} = \frac{C_{moyr} * 2\pi N}{\eta_g}$$

$$\text{D'où } C_{moyr} = \frac{C_{yl} * (P_s - P_e) * \eta_m}{2\pi} \quad (2.17)$$

### e) Le coefficient d'irrégularité du couple (K%)

Ce coefficient traduit l'importance de l'écart existant entre le couple moyen et le couple instantané :

$$K\% = 100 * \frac{C_M - C_m}{C_{moy}} \quad (2.18)$$

Avec :

-  $C_M$  : Moment du couple instantané théorique maximal ;

-  $C_m$  : Moment du couple instantané théorique minimal

\* Réglage de la vitesse :

Le réglage de la vitesse de rotation d'un moteur hydraulique se fait en agissant sur le débit d'huile utilisé.

Pour régler ce débit, il est possible d'utiliser :

- Une pompe à débit variable : dans ce cas, le moteur seul doit être alimenté par la Pompe.
- Un limiteur de débit : dans ce cas, le montage peut s'effectuer de deux façons différentes.