

CHAPITRE 4 :

Les circuits de transmission de puissance (Circuits hydraulique industriel)

Pré-requis :

- Les écoulements des fluides.
- Généralités sur les circuits hydrauliques
- Circuits de transport des liquides

Objectifs spécifiques :

A la fin de ce chapitre, l'étudiant doit être capable de :

- Distinguer les différents types de pompes volumétriques et comprendre leurs principes de fonctionnement.
- Connaître les récepteurs hydrauliques et déterminer les paramètres qui leurs sont associés.
- Identifier les organes de réglage, de mesure et de protection utilisés dans les circuits d'hydraulique industrielle.

Contenu:

- Description générale
- Schématisation de circuit hydraulique
- Centrale hydraulique
- Les pompes volumétriques
- Les récepteurs hydrauliques
- Les distributeurs
- Les appareils de protection et de régulation

CHAPITRE 2 :

LES CIRCUITS D'HYDRAULIQUE INDUSTRIELLE

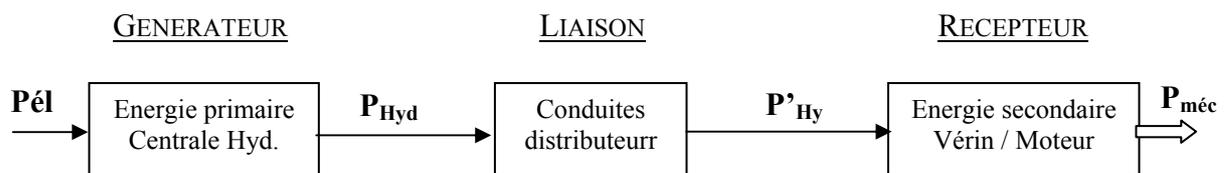
I – Description générale :

Un circuit d'hydraulique industrielle est constitué de 3 zones :

- **1^{ère} zone** : Source d'énergie : c'est un générateur de débit. (centrale hydraulique)
- **2^{ème} zone** : Récepteur hydraulique : transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique. (vérin, moteur hydraulique)
- **3^{ème} zone** : liaison entre les deux zones précédentes.

On peut trouver dans cette zone :

- des éléments de distribution (distributeur)
- des éléments de liaison (tuyaux)
- des accessoires (appareils de mesure, de protection et de régulation)



La transmission de puissance par les circuits hydrauliques est très utilisée dans l'industrie. Parmi les avantages et les inconvénients de ce type de transmission, on cite :

- Encombrement réduit
- Durée de vie élevée
- Facilité de réglage (ex : réglage de vitesse par action sur le débit)
- Possibilité de transmettre des puissances très élevées
- Prix élevé
- Rendement faible

II – Schématisation du circuit hydraulique :

Un circuit d'hydraulique industrielle est représenté schématiquement par des symboles conventionnels normalisés. Le rôle d'un schéma hydraulique est de donner un moyen pratique et simple de représentation d'une installation hydraulique.

Ce schéma donne aux techniciens des services d'entretien, un outil de travail très utile dans la recherche des causes de panne.

Un schéma hydraulique représente toujours l'équipement en position repos ou initiale, c.à.d dans la position prise par les différents appareils après la mise en service de la pompe.

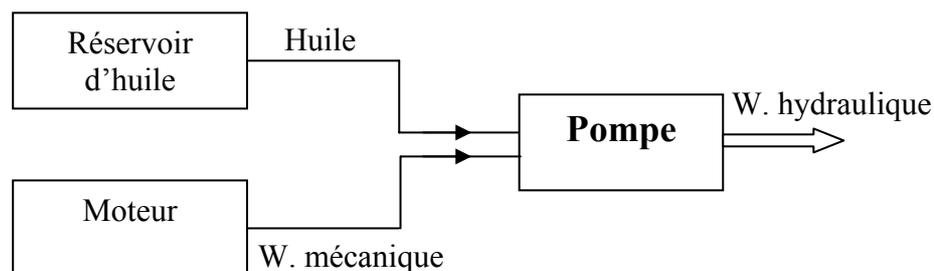
Sur un schéma, on peut trouver un certain nombre de caractéristiques tel que :

- la puissance du moteur en kW.
- La vitesse de rotation en tr/mn
- La nature du courant des moteurs électriques
- Le débit d'une pompe en l/mn
- La capacité du réservoir et de la référence de l'huile utilisée
- Le degré de filtration des filtres en μ
- La capacité des accumulateurs et la pression de gonflage
- Le tarage des ressorts de tous les appareils de commande
- Les dimensions des vérins (\varnothing de la tige, \varnothing du cylindre et la course) en mm
- Le \varnothing extérieur et l'épaisseur des canalisations

► Dans les circuits d'hydraulique industrielle, on utilise toujours les valeurs des pressions effectives sauf indication.

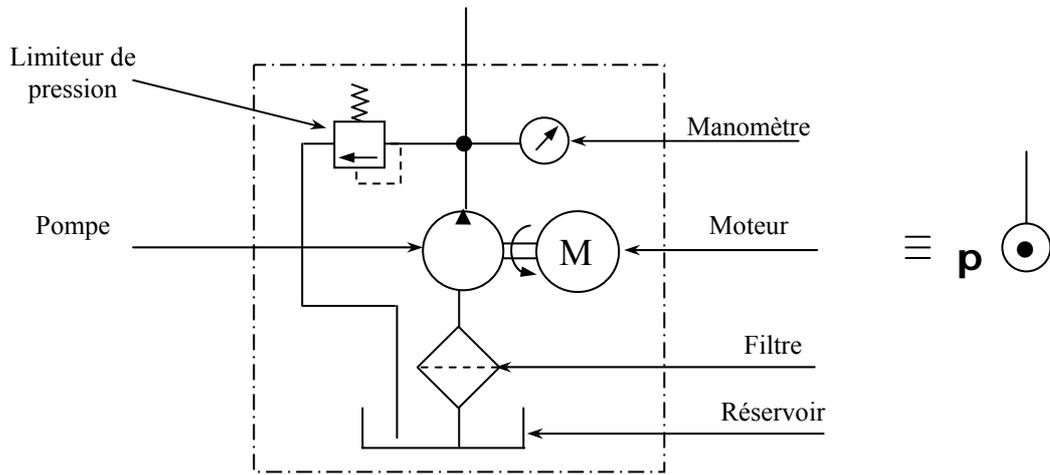
III- Centrale hydraulique :

Elle est constituée essentiellement d'un réservoir d'huile, d'un moteur et d'une pompe.



La centrale hydraulique (appelé aussi groupe hydraulique) est un générateur de débit et pas de pression. La pression augmente lorsqu'il y a résistance à l'écoulement.

Une centrale hydraulique doit contenir aussi d'autres composants (filtre, limiteur de pression, manomètre, ...)



Moteur : entraîne l'arbre de la pompe en rotation.

Il est électrique pour les installations fixes et il est thermique pour les installations mobiles.

Réservoir :

Le réservoir a pour rôle principalement de stocker l'huile et d'assurer l'alimentation de la pompe. Il permet aussi le refroidissement, la décantation (séparation des liquides et des solides) et la désémulsion de l'huile (séparation de gaz).

Filtre :

La plupart des pannes qui surviennent dans un système hydraulique proviennent du mauvais état de l'huile. La présence des impuretés dans l'huile entraîne une usure excessive des composants du circuit. Le filtre élimine ces impuretés.

Un filtre peut être placé soit à l'aspiration de la pompe (protège la pompe mais augmente la perte de charge) ou dans la canalisation de retour au réservoir (nécessité d'avoir un clapet by-pass pour éviter les surpressions dans les circuit en cas de colmatage) ou bien au refoulement (pour assurer la protection particulière d'un organe sensible)

Limiteur de pression : Il est appelé aussi soupape de sûreté.

Son rôle est de protéger la pompe et les composants de circuit contre les surcharges. Il doit être toujours monté en dérivation avec le circuit. Il est fermé au repos et lorsqu'il y a surcharge (la pression à la sortie de la pompe est supérieure à celle de réglage), il s'ouvre et laisse passer l'huile au réservoir.

Manomètre :

Il permet la visualisation de la valeur de pression à fin d'assurer le réglage.

Les pompes utilisées dans les circuits d'hydraulique industrielle sont de type volumétriques.

IV – Les pompes volumétriques :

1. Principe de fonctionnement :

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Ce déplacement est cyclique. Pendant un cycle, un volume de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé.

On distingue : * les pompes volumétriques alternatives (à piston)

* les pompes volumétriques rotatives (Ex : à engrenages, à palettes, à lobes,..)

A) Description :

Une pompe volumétrique est constituée :

* D'un corps fixe ou Stator,

* D'un ou de plusieurs éléments mobiles participant au déplacement du fluide à l'intérieur de la pompe, d'autres éléments mobiles destinés à mettre en mouvement les éléments précédents. Pour ce type de pompes, l'entrée et la sortie sont non communicantes grâce à une étanchéité interne, ainsi les fuites seront minimales et les pressions importantes.

B) Fonctionnement :

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 (*auto-amorçage*). 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.

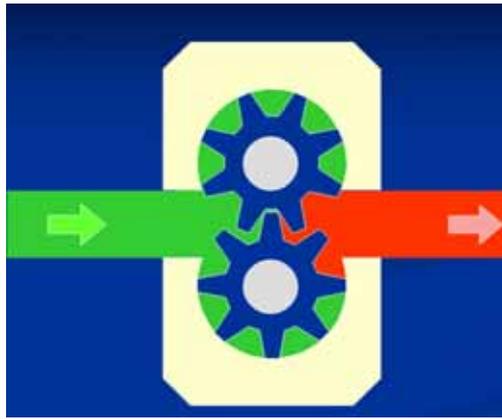
C) Les réalisations des pompes volumétriques :

Plusieurs principes mécaniques sont mis en oeuvre dans la réalisation des pompes volumétriques, dans ce qui suit quelques réalisations simples seront étudiées.

a- Les pompes à engrenages :

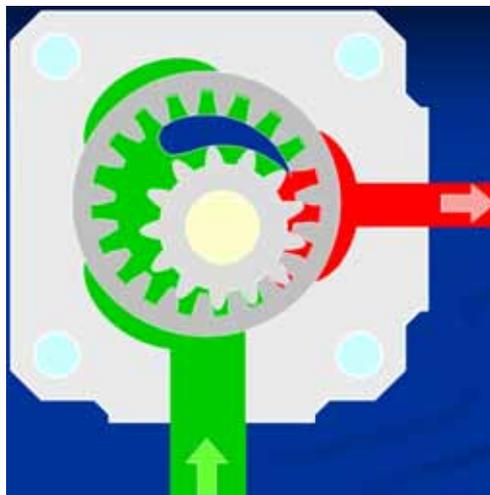
* **Pompes à engrenage extérieur (fig -1-)**

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.



* Pompes à engrenage intérieur : (fig. -2-)

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 pour ainsi diminuer les fuites internes et augmenter la pression de service.

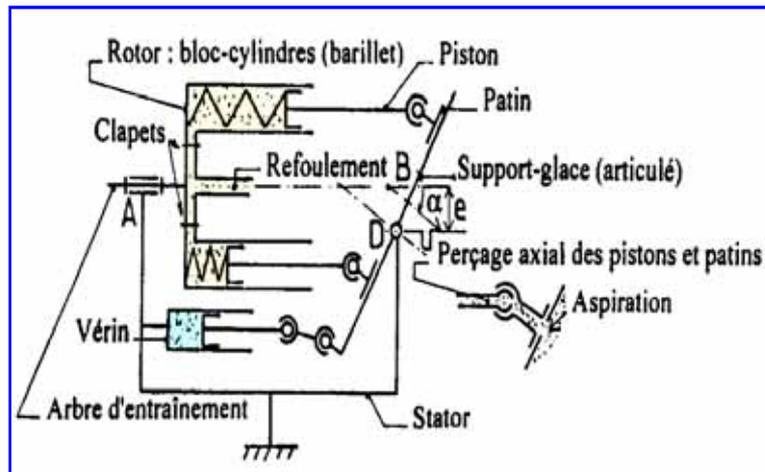


b) Les pompes à pistons :

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

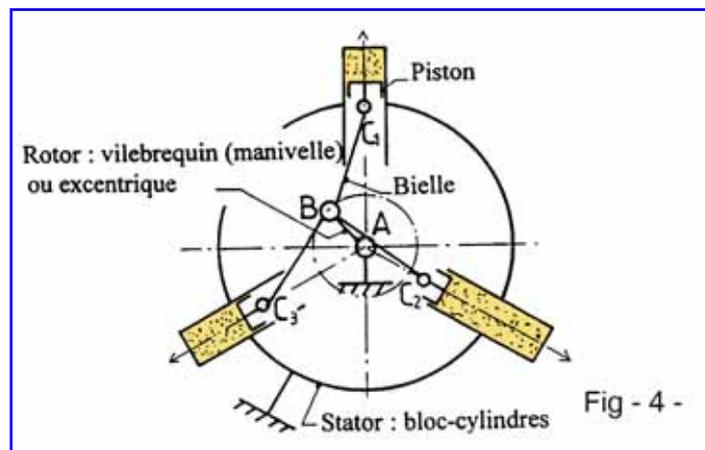
* Pompes à pistons axiaux (fig - 3 -)

Les axes des pistons sont parallèles entre eux et l'axe principal de la pompe. Les bielles sont en liaisons rotules avec le plateau incliné d'un angle α (fixe ou variable) qui est à l'origine des mouvements alternatifs des pistons.



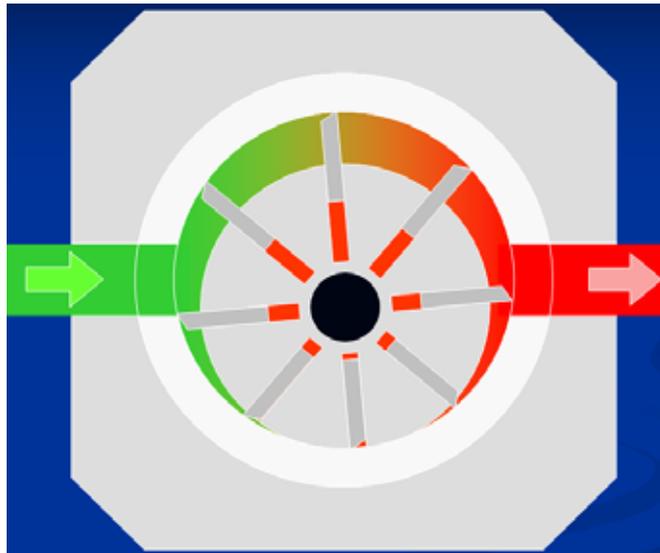
* **Pompes à pistons radiaux** : (fig -4-)

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



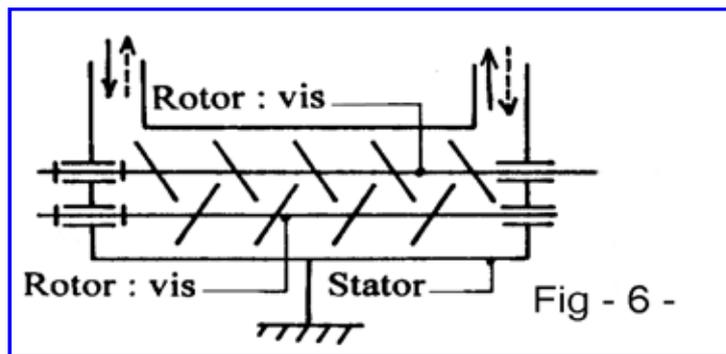
c) **Pompes à palettes**: (fig- 5 -)

La rotation du rotor entraîne celle des palettes dont les extrémités sont continuellement en contact avec le stator aux points C_i , grâce à la force centrifuge. Outre, des ressorts de compression poussent les bases des palettes.



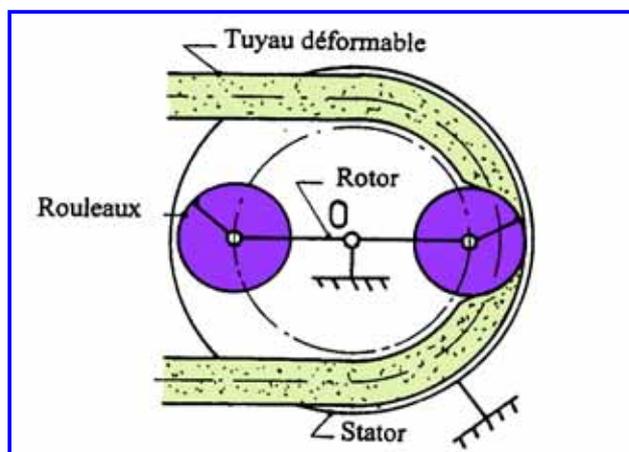
d) Pompes à vis : (fig- 6 -)

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



e) Pompes péristaltiques : (fig -7-)

La rotation du rotor entraîne le roulement sans glissement des rouleaux sur le tuyau déformable solidaire du stator. Cette pompe existe aussi avec trois rouleaux à 120°



D) Grandeurs associées aux pompes :

1- La cylindrée (Cv) :

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

- Unités : [m³/tr] ; [l/min] ou [l/tr].

2- Les débits :

a- Le débit moyen théorique : (q_{v moy})

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

$$q_{vmoy} = Cy.N$$

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

Cy : Cylindrée en [m³/tr]

b- Le débit moyen réel: (q_{v moy r})

Le volume refoulé par la pompe en pratique, mesuré en une unité de temps.

3- Les puissances :

a- La puissance mécanique : (P_m)

Puissance fournie à l'arbre d'entraînement de la pompe par le moteur et peut être donnée par les deux relations suivantes :

$$P_m = C.\omega \quad \text{Ou} \quad P_m = q_{vmoy}(p_{sth} - p_e)$$

Avec :

- C : Couple d'entraînement de pompe en [Nm]
- ω : vitesse angulaire en [rad / s]
- p_{sth} : Pression de sortie théorique en [pa]
- p_e : Pression d'entrée en [pa]

b- La puissance hydraulique : (P_{hyd})

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

$$P_h = q_{vmoyr}(p_s - p_e) \quad \text{Avec } p_s \text{ est la pression mesurée réellement à la sortie en [pa]}$$

4- Les rendements :

a- Le rendement volumétrique :

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

$$\eta_v = \frac{q_{vmoyr}}{q_{vmoy}}$$

On a $\eta_v = \frac{q_{vmoyr}}{(q_{vmoyr} + q_{vf})} = \frac{1}{(1 + \frac{q_{vf}}{q_{vmoyr}})} < 1$ avec q_{vf} : Débit moyen de fuites.

b - Le rendement mécanique :

Le fluide à la pression d'entrée refoulé à la pression de sortie $p_s = p_e$.

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

$$\eta_m = \frac{(p_s - p_e)}{(p_{sth} - p_e)}$$

si $\Delta p = p_s - p_e$ et $\Delta p_{th} = p_{sth} - p_e$

Ou $On\ aura\ \eta_m = \frac{\Delta p}{\Delta p_{th}} = \frac{\Delta p}{(\Delta p + \Delta p_f)} = \frac{1}{(1 + \Delta p_f / \Delta p)} < 1$

Avec Δp_f : Chute de pression due aux pertes de charges.

c-Le rendement hydromécanique (η_{hm}) :

A cause des frottements mécaniques entre les différentes pièces et du frottement de liquide contre les parois, le couple reçu par la pompe ne sera pas entièrement transformé en pression :

$$\eta_{hm} = \frac{Cyl.\Delta p}{2\pi.C}$$

avec : Cyl : Cylindrée en m^3/tr

Δp : différence de pression aux bornes de la pompe en Pa.

C : couple en N.m

d - Le rendement global:

C'est le rapport de la puissance à la sortie et celle à l'entrée :

$$\eta_t = \frac{P_{hyd}}{P_{mec}} \quad \text{or} \quad P_{hyd} = \Delta p \cdot Q_{réel} \quad \text{et} \quad P_{mec} = C \cdot \omega$$

avec $\omega = \frac{2\pi.N}{60}$ donc : $\eta_t = \eta_v \cdot \eta_{hm}$

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

$$P_h = q_{vmoyr} (p_s - p_e) = \eta_v \cdot q_{vmoy} (p_s - p_e) \text{ et } P_m = q_{vmoy} (p_{sth} - p_e)$$

$$\eta_g = \left[\frac{q_{vmoyr}}{q_{vmoy}} \right] \times \left[\frac{(p_s - p_e)}{(p_{sth} - p_e)} \right] = \eta_v \times \eta_m$$

5- Le couple d'entraînement (C)

Le couple à appliquer à l'arbre d'entraînement de la pompe : Unité : [Nm]

$$P_h = \eta_g \times P_m \Leftrightarrow (p_s - p_e) \times q_{vmoyr} = \eta_g \times C \times \omega \text{ or } q_{vmoyr} = C_y \times N \times \eta_v$$

$$\text{et } \omega = 2\pi N \text{ on aura donc } C_y \times N \times \eta_v \cdot (p_s - p_e) = \eta_g \times C \times 2\pi N$$

$$\text{D'où } C = \frac{C_y(p_s - p_e)}{2\pi\eta_m}$$

APPLICATION :

Dans une installation de transmission de puissance hydrostatique d'une presse hydraulique, une pompe à palettes débite réellement 100 l / min pour un expression de sortie de 141 bars et celle d'entrée de -0,9 bar.

Cette pompe est entraînée par un moteur électrique tournant à la fréquence de 2500 trs.min⁻¹ donnant un moment de couple à l'arbre d'entraînement de 105 Nm.

Les caractéristiques de la pompe sont :

- * Diamètre du stator, D = 120 mm.
- * Nombre de palettes, n = 5.
- * Largeur d'une palette, b = 20 mm.
- * Excentricité, e = 3 mm.

Sachant que la cylindrée d'une pompe à palettes est donnée par la relation :

$$C_y = 2b.n.e.D.\sin \left[\frac{\pi}{n} \right]$$

Déterminer:

- 1 Le débit moyen théorique,
- 2 Le débit des fuites, en déduire le rendement volumétrique,
- 3 La puissance hydraulique,
- 4 La puissance mécanique,
- 5 Le rendement mécanique, en déduire la puissance de sortie théorique et la chute de pression due aux pertes de charges,
- 6 Le rendement global en utilisant deux méthodes.

Réponses:

$$1 \ q_{vmoy} = 105,8 \text{ l / min.}$$

$$2 \ q_{vf} = 5,8 \text{ l / min , } \eta_v = 94,5 \ %.$$

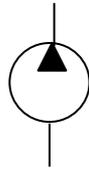
3 $P_h = 23,65 \text{ kW}$.

4 $P_m = 27,49 \text{ kW}$

5 $\eta_m = 91 \%$, $p_{sth} = 154,98 \text{ bar}$, $\Delta p_f = 13,98 \text{ bar}$.

6 $\eta_g = 86 \%$.

E) Symboles :



Pompe à
cylindrée fixe



Pompe à
cylindrée
variable



Pompe à deux
sens de flux

v– Les récepteurs hydrauliques :

Les récepteurs hydrauliques transforment l'énergie hydraulique en énergie mécanique.

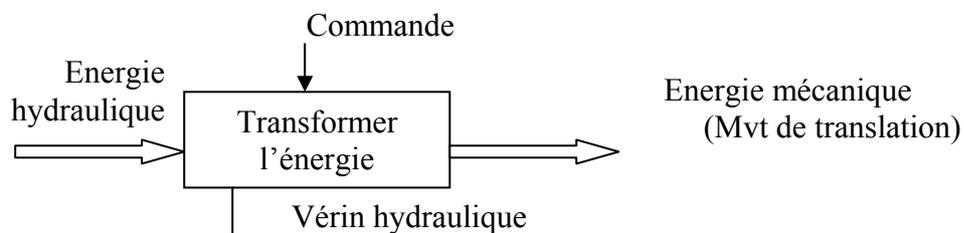
On distingue :

- Les récepteurs pour mouvement de translation : les vérins.
- Les récepteurs pour mouvement de rotation : les moteurs hydrauliques.

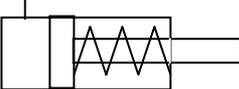
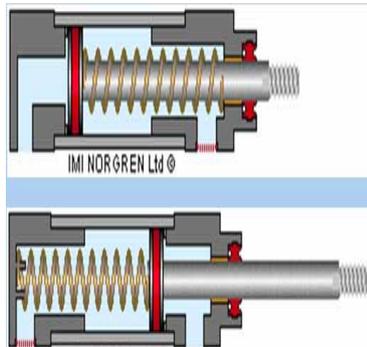
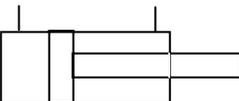
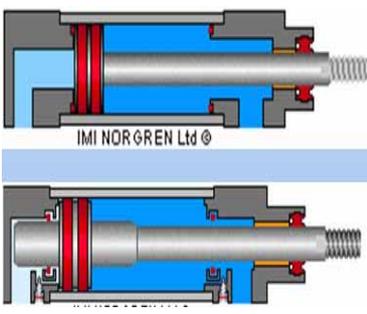
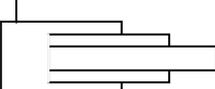
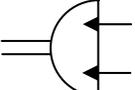
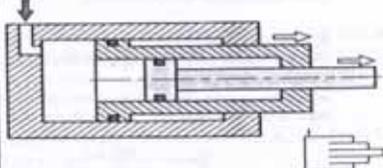
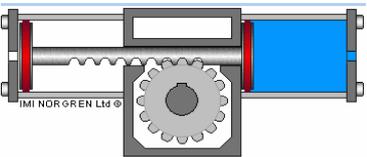
1) Les vérins :

a) Definition :

Un vérin est l'élément récepteur de l'énergie dans un circuit hydraulique. Il permet de développer un effort très important avec une vitesse très précise.



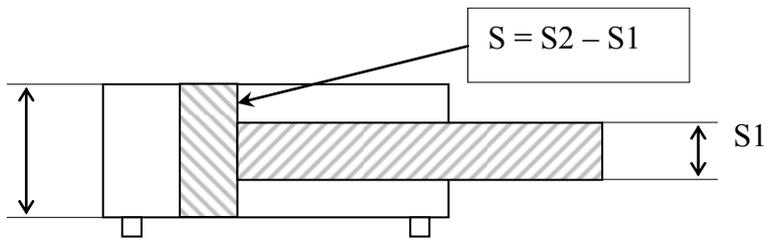
b) Principaux types de vérins

	symboles	schémas
<p>Vérin 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 ressort ou charge. Avantages : économique et consommation de fluide réduite. Inconvénients : encombrant, course limitée. Utilisation : travaux simples (serrage, éjection, levage...)</p>		
<p>Vérin double effet L'ensemble tige piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide. L'effort en poussant est légèrement plus grand que l'effort en tirant. Avantages : plus souple, réglage plus facile de la vitesse, amortissement de fin de course réglable. Inconvénients : plus coûteux. Utilisation : grand nombre d'applications industriels</p>		
<p>Vérins spéciaux</p> <p>1- <i>Vérin à tige télescopique</i> : simple effet permet des courses importantes tout en conservant une longueur repliée raisonnable.</p> <p>-----</p> <p>2- <i>Vérin rotatif</i> : l'énergie du fluide est transformée en mouvement de rotation. L'angle de rotation peut varier de 90° à 360°. Les amortissements sont possibles.</p>	 	 

c) -DIMENSIONNEMENT DES VERINS :

c-1 Pour déterminer la pression (p) d'utilisation d'un vérin, il faut connaître :

- ❑ La force F nécessaire à développer.
- ❑ La section annulaire S.



$$S = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad \text{ou} \quad S = \pi \times r^2$$

c-2 Détermination de la section :

✓ **Application :**

On doit déplacer une charge de 10 T à l'aide d'un vérin. Sachant que le diamètre de la tige du vérin est de 20 mm et que son alésage est de 100 mm. Calculer la pression p₁ nécessaire pour pousser la charge et la pression p₂. On donne g = 9,81. Vous exprimerez vos résultats en unité légale puis en unité pratique.

.....

.....

.....

.....

c-3 Détermination des vitesses de sortie et de rentrée des tiges de vérins hydrauliques :

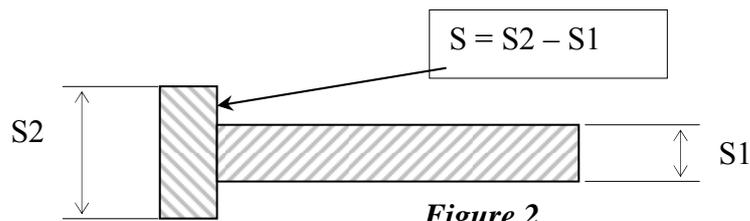


Figure 2

✓ **Formule classique :**

$$V = \frac{Q}{S_2} \quad \text{Avec: } V \text{ est en [m/s] ; } Q \text{ est en [m}^3\text{/s] et } S_2 \text{ et en [m}^2\text{]}$$

✓ **Formule pratique:**

$$V = \frac{Q}{0.06 \times S_2} \quad \text{Avec: } V \text{ est en [cm/ s] ; } Q \text{ est en [l/mn] et } S_2 \text{ et en [cm}^2\text{]}$$

✓ **Application :**

Le piston d'un vérin a une surface de 40 cm². Ce vérin reçoit un débit de 24 L/min.

Quelle est.:

- La vitesse v de déplacement en sortie de tige.
- La durée de la course si celle-ci fait 20 cm.

.....

.....

.....

.....

.....

c-4 TRAVAIL ET RENDEMENT D'UN VERIN :

* **Unité de calcul :**

L'unité de travail est le Joule. Le symbole est J

$W = F \times d$

✓ **Formule :**

✓ **Application :**

Pour élever une charge de 6 000 N de 1,5 m il faut fournir un travail de :

W =

✓ **Se rappeler :**

Travail et énergie sont synonymes.

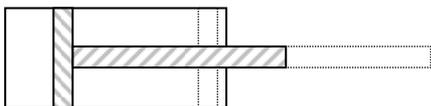
* **Rendement :**

✓ Symbole : η

On appelle rendement (η) le rapport :

$$\frac{\text{Energie utile}}{\text{Energie dépensée}} = \frac{W \text{ utile}}{W \text{ dépensée}} = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance dépensée}}$$

c-5 PUISSANCE D'UN VERIN :



Pour transporter de la puissance, le fluide hydraulique doit se déplacer sous pression.

On sait qu'une force = ($F = p \times S$).

Que la vitesse $V = (d/t)$ or la puissance mécanique $P = F \cdot V$

$$\text{D'où } P = p \times S \times \frac{d}{t} \longrightarrow p \times \frac{S \times d}{t}$$

$S \times d =$ surface x déplacement

Volume

$$\text{Or le débit} = \frac{\text{Volume}}{\text{Temps}} \text{ d'où } Q = \frac{S \times d}{t}$$

$$\text{Donc } P = p \times Q$$

*** Synthèse :**

En fait, la puissance hydraulique (P_{hy}) correspond à la _____ (P_a) par le vérin. Alors que la puissance _____ du vérin (P_m) correspond à la _____ (P_u).

✓ **Application :**

Un vérin hydraulique, dont le but est de soulever une charge, a un rendement de 90 %, le débit du circuit est de 12 L/min pour une pression de service de 150 bar. Calculer :

- La puissance hydraulique P_{hy} du vérin en utilisant les 2 formules vues dans la leçon.
- Déterminer la puissance mécanique utilisée en bout de tige du vérin.
- Sachant que la vitesse de sortie du vérin est de 30 m/min, que sa course est de 300 mm et que $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, déterminer la valeur de la masse à soulever ainsi que la quantité d'énergie utilisée.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

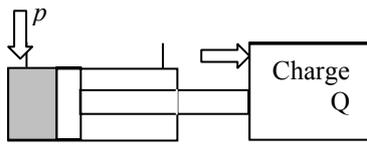
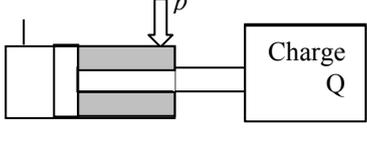
.....

.....

- **Données nécessaires** : Efforts exercés dans les deux sens, en poussant et en tirant, cadence ou vitesse de la tige, conditions de service : amortissement et énergie cinétique à dissiper...
- **Diamètre et course** : 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 tige d dépend de D (normalisé).

Normalisation ISO et AFNOR	
Diamètre D (mm)	8-10-12-16-20-25-32-40-50-63-80-100-125-160-200-250
Courses recommandées (mm)	50-100-150/160-200-250-300/320-400-500-600-700-800-900-1000

- **Effort théorique** :

En poussant	En tirant
 $F = p.S = p.\pi.R^2$	 $F = p.S' = p.\pi.(R^2 - r^2)$

- **Rendement** : les frottement internes au vérin (joint d'étanchéité et bague de guidage) amènent une perte d'énergie et abaissent le rendement.

Application :

Calculer la pression de service pour alimenter un vérin tirant une charge de 10.000daN à la vitesse de 5 cm/s ayant un rendement de 88% sachant que le débit de la pompe est $Q_v=400 \text{ cm}^3/\text{s}$. Déterminer le diamètre D du piston si celui de la tige est $d = 30\text{mm}$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$p = 142 \text{ bar}$

.....

.....

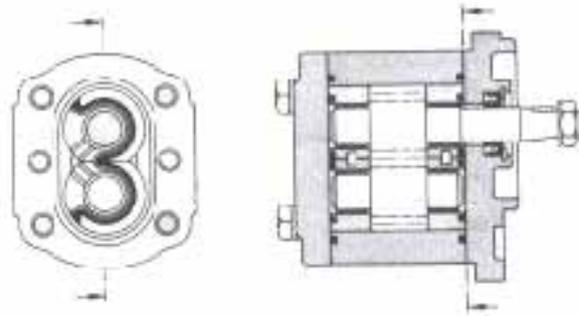
$D = 10,5\text{cm} = 105\text{mm}$.

2) Les moteurs hydrauliques :

a) Définition :

Dans ce type d'actionneur, l'énergie hydraulique fournie par un fluide sous pression est transformée en énergie mécanique. Il en résulte un mouvement de rotation sur l'arbre de sortie.

Les moteurs hydrauliques présentent deux caractéristiques : le couple moteur et la vitesse de rotation.



Remarque :

Ces moteurs entraînent des systèmes mécaniques. Si le couple résistant devient trop important, la pression monte. Quand elle atteint la valeur de réglage du limiteur de pression, le débit retourne au réservoir.

Leur avantage c'est qu'ils développent une grande puissance pour un encombrement réduit

b) Principaux types de moteurs hydrauliques :

Les moteurs sont classés en deux familles :

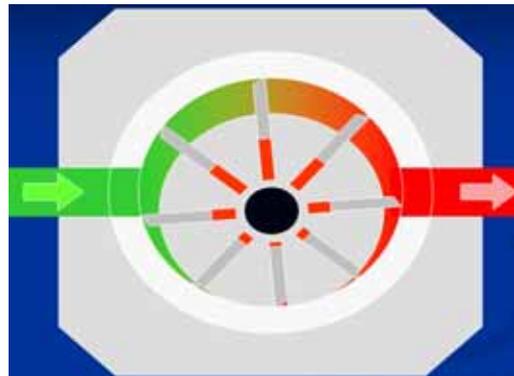
- Les moteurs rapides (les moteurs à palettes, les moteurs à engrenages, les moteurs à pistons axiaux, et les moteurs à pistons radiaux)
- Les moteurs lents (cylindrée élevée)

Moteur à palettes:

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

Avantages : réalisation simple

Inconvénients : puissance transmise relativement faible.



Moteur 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. $Cy =$

$$2r.tan\alpha.n.s$$

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

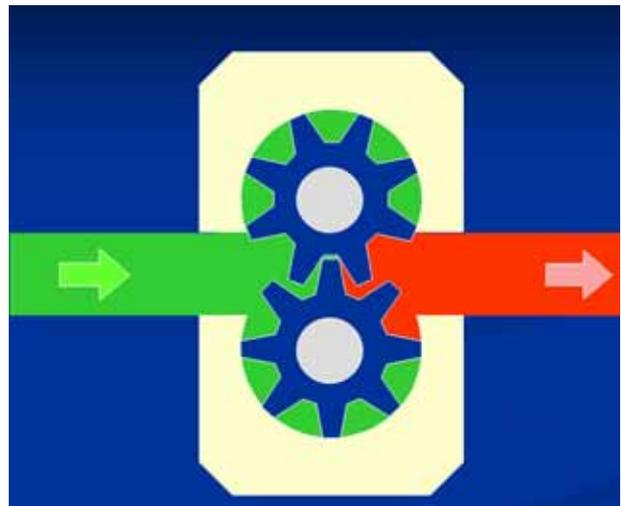
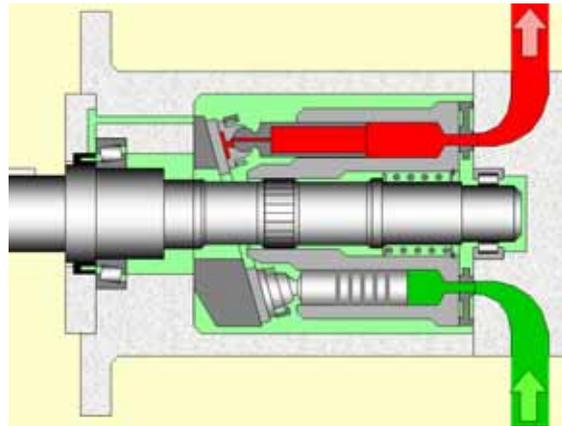
Inconvénient: coûteux.

Moteur à engrenage :

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

Avantages : encombrement très réduit, économique.

Inconvénients: rendement limité.



Moteur 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

Avantages : couple très important.

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

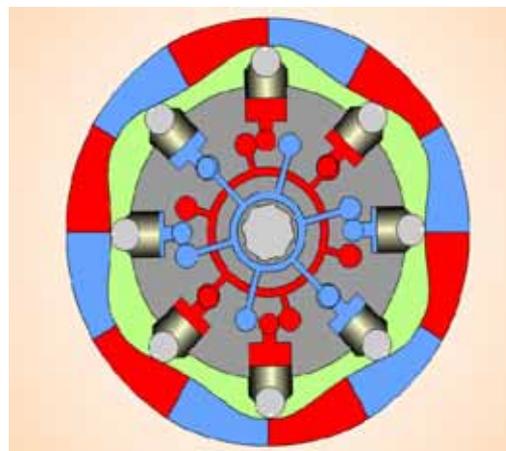
$$Cy = n.n'.c.s.$$

n: nombre des pistons

n' : nombre de courses par tour.

c: course.

s: surface du piston.



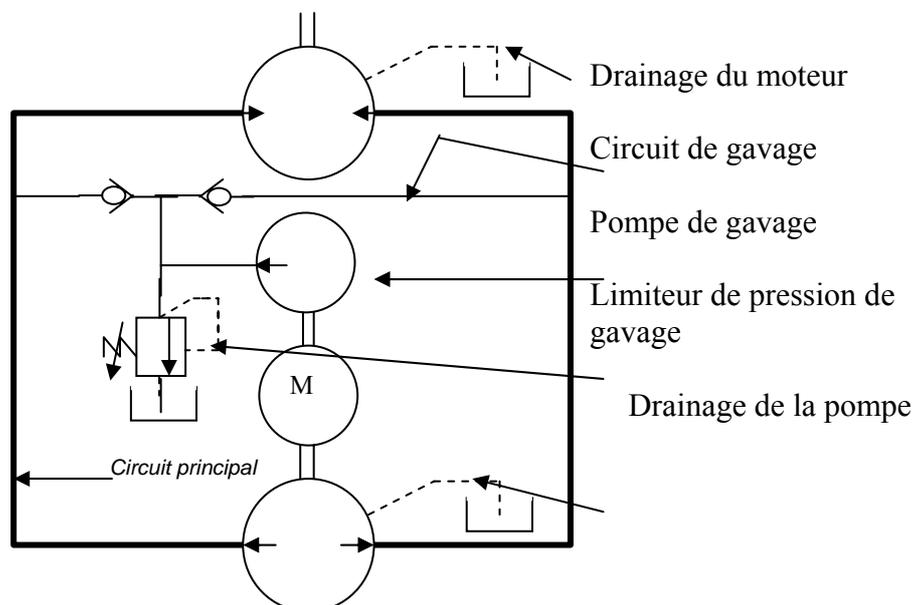
c) Problèmes rencontrés:

*** gavage des moteurs hydrauliques:**

Lorsque la pression est coupée, le moteur continue à tourner sous l'effet de l'inertie créant ainsi une dépression dans le circuit et fonctionne comme une pompe, risque d'un phénomène de cavitation, d'où la nécessité d'un circuit secondaire appelé *circuit de gavage* permettant d'alimenter le moteur quand la pression dans le circuit principale s'annule, le moteur s'arrête alors progressivement.

*** Drainage des moteurs hydrauliques:**

Pour les moteurs à pistons les fuites peuvent causer des perturbations de fonctionnement (accumulation d'huile derrière les pistons) pour cette raison il faut prévoir un circuit de retour de ces fuites vers le réservoir appelé circuit de drainage.



*** 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 :

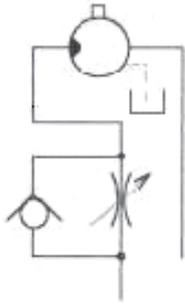
- Une pompe à débit variable : dans ce cas, le moteur seul doit être alimenté par la Pompe
- Un limiteur de débit : dans ce cas, le montage peut s'effectuer de deux façon différentes.

Remarque :

La plupart des moteurs sont prévus pour tourner dans les deux sens. Pour inverser le sens de rotation, il suffit d'inverser l'alimentation et le retour au réservoir

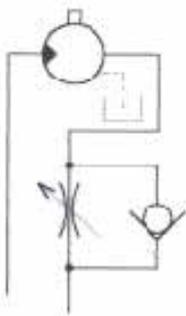
1^{er} Cas : Réglage sur l'entrée du moteur :

Ce dispositif ne peut être utilisé seul, si le couple résistant risque de devenir moteur.



2^{ème} Cas : Réglage en sortie du moteur :

Ce dispositif quant à lui, peut être utilisé dans tous les cas, même si le couple devient moteur.



d) Caractéristiques associées aux moteurs hydrauliques :

Grandeurs	Vitesse de rotation (tr/min)		Pression maxi En bars	Rendement	
	mini	maxi			
Moteurs à palettes	100	500	170	0.85	
Moteurs à engrenages	400	2500	170	0.8	
Moteurs à pistons radiaux	Quelques tours	500	20	0.9	1 course / tour
	5	800	200	0.85	Plusieurs courses / tour
Moteurs à pistons axiaux	50	3500	400	0.95	Plateau incliné
	50	3500	250	0.9	Barillet incliné

* Puissance hydraulique:

C'est la puissance d'entrée pour le moteur.

$$P_h = Q_e \cdot \Delta p \quad \text{avec } \Delta p = (p_e - p_s)$$

Δp en [Pa], Q_v en [m^3/s] P_h en [W].

Le fluide entre dans le moteur avec un débit Q_e débité réellement par la pompe, mais le moteur ne peut refouler que le débit $Q_s = C_y.N$ le débit excédentaire constitue les fuites on peut écrire alors : $Q_e = Q_s + q_{fuites}$ et le rendement volumétrique est :

$$\eta_v = \frac{Q_s}{Q_e} = \frac{C_y.N}{Q_e} \quad (N \text{ en } [tr/s])$$

*** Puissance mécanique:**

C'est la puissance de sortie développée par le moteur :

$$P_m = C.\omega$$

C en [mN], ω en [rad/s] P_m en [W]

*** Rendement:**

Le rendement global du moteur est :

$$\eta_g = \frac{P_m}{P_h} = \frac{C.\omega}{Q_e.\Delta p} = \eta_m.\eta_v$$

Où η_m est le rendement mécanique du moteur.

En remplaçant dans l'expression précédente Q_e par $C_y.N/\eta_v$ et ω par $2\pi N$, on trouve :

$$\eta_m = \frac{2\pi.C}{C_y.\Delta p}$$

APPLICATIONS :

Exercice 1:

Un moteur hydraulique consomme 75 cm^3 par tour et fait 720 tr/min. La pression est de 200 bars. Calculer la puissance et le moment de son couple :

.....
.....
.....
.....
.....

Exercice 2:

Un moteur hydraulique a une cylindrée de $13,4 \text{ cm}^3/tr$. Il reçoit un débit de 16 L/min. Le débit de fuite est de 1 L/min. Quel est le couple du moteur et sa fréquence de rotation ?

.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

Exercice 3:

Une pompe débite réellement 100L/mn à une pression de 90 bar, alimente un moteur hydraulique à pistons radiaux à quatre alvéoles, les cylindres sont au nombre sept de diamètre 20mm chacun et la course d'un piston est 16mm.

- 1) Calculer la cylindrée du moteur.
- 2) Déterminer la fréquence de rotation en tr/mn sachant que le rendement volumétrique est $\eta_v = 0,85$.
- 3) Calculer le couple moteur si le rendement mécanique est $\eta_m = 0,9$.

La pression de sortie du moteur étant fixé à 15bar

.....

..... $Cy = 140,7cm^3$

.....

..... $N = 604tr/mn$

Exercice4 :

Le moteur hydraulique d'une machine doit fournir un couple de 70 mdaN. La pression dans le système dans le système est de 80 bars et la vitesse de rotation de 200 tr / min. Le rendement est de 0.9

Calculer la cylindrée

$$Cyl = \frac{\text{Couple}}{15.9 \times p \times \eta} = \frac{700}{15.9 \times 80 \times 0.9} = 0.52 \text{ L}$$

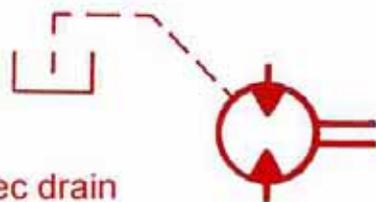
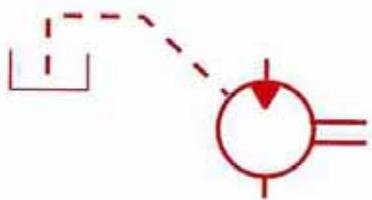
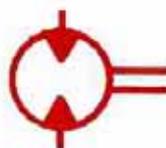
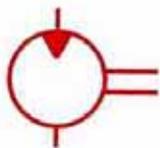
Sur le catalogue constructeur, un moteur de cylindrée 0.5 litres pourrait convenir à ce type de travail. Sa cylindrée réelle est 0.492 et son rendement volumique de 0.95. Calculer le débit absorbé par ce moteur en utilisant la formule suivante

$$Q = \frac{Cyl \times N}{\eta \text{ vol}} = \frac{0.492 \times 200}{0.95} = 0.95 \text{ l / min}$$

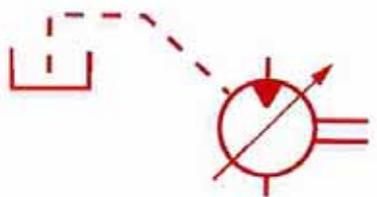
d) symbolisation :

Moteur à 1 sens de rotation

moteur à 2 sens de rotation



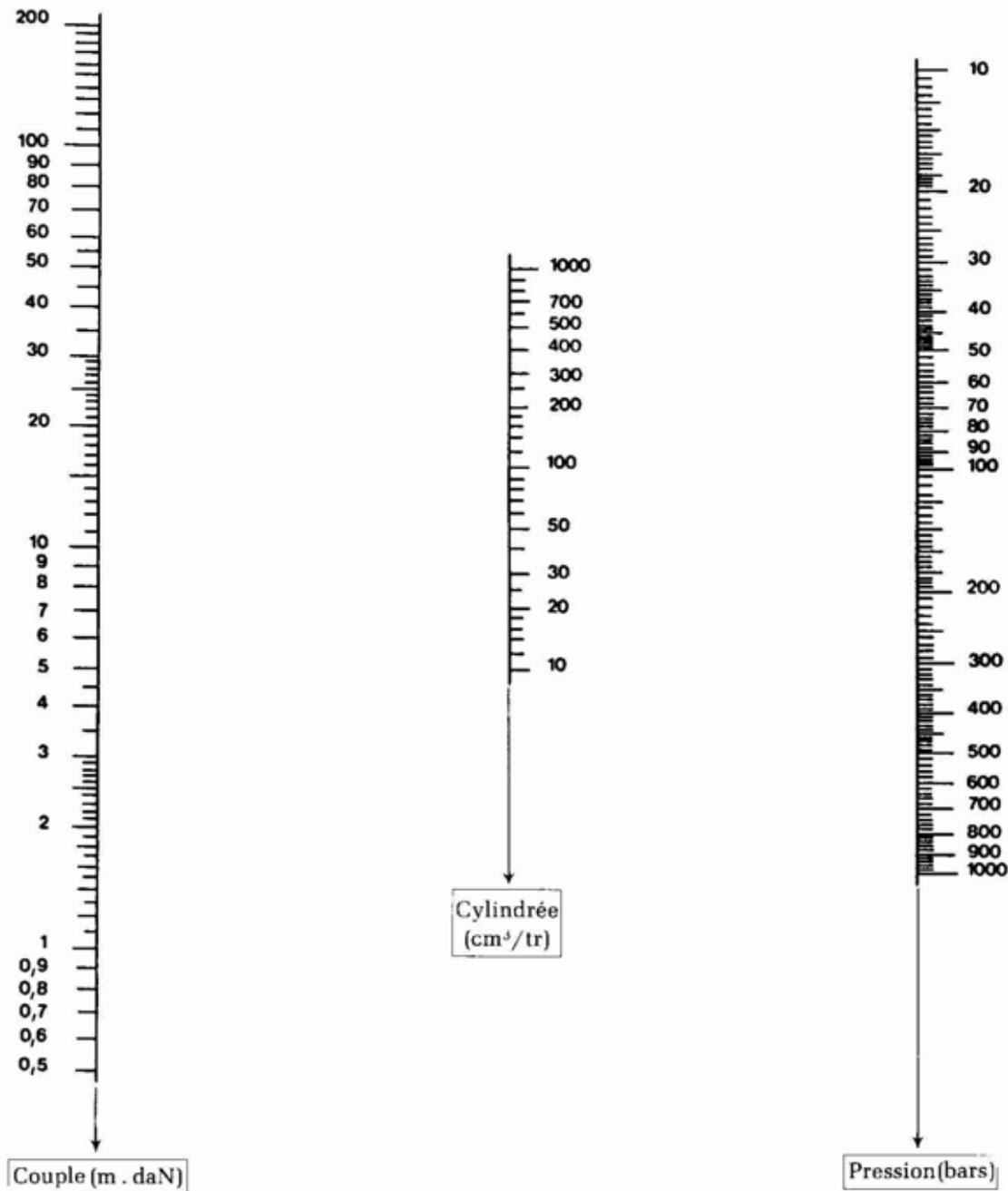
avec drain



à cylindrée variable

f) Utilisation de l'abaque :

L'abaque ci dessous permet de vérifier ou de déterminer les caractéristiques d'un moteur hydraulique. Connaissant deux paramètres, il permet de déterminer le troisième élément.

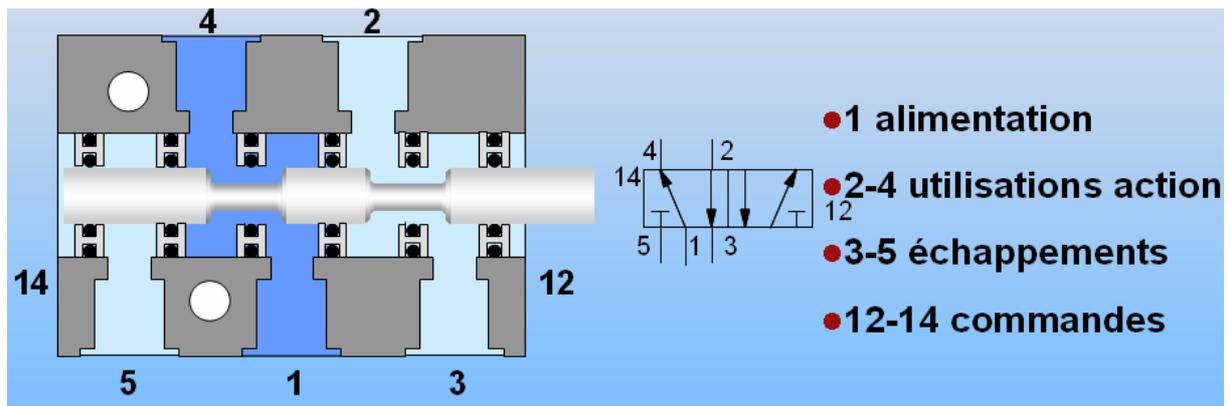
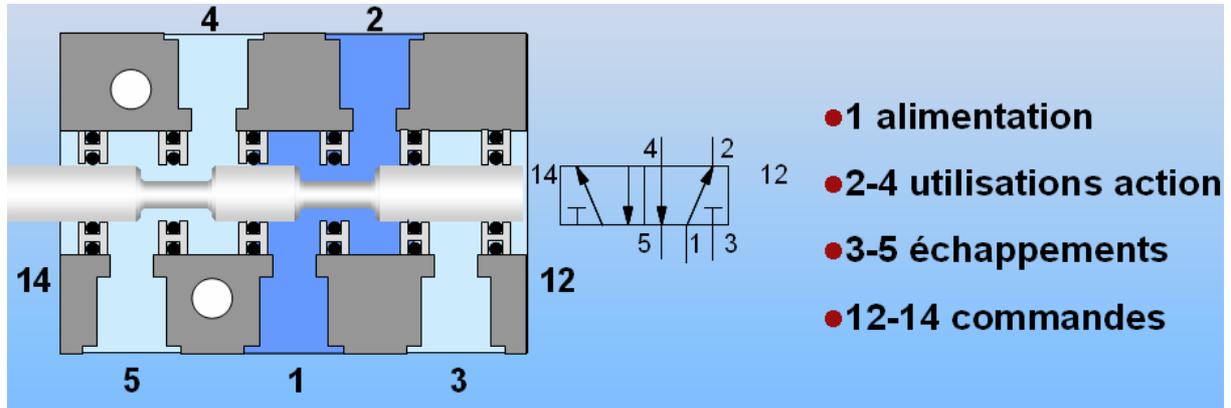


3) Les distributeurs :

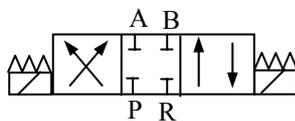
Le rôle d'un distributeur est de diriger le fluide dans une ou plusieurs directions.

Un distributeur est caractérisé par un nombre d'orifices et un nombre de positions.

Un distributeur peut être à commande manuelle, mécanique, électrique (électromagnétique), hydraulique ou pneumatique.



Exemple :



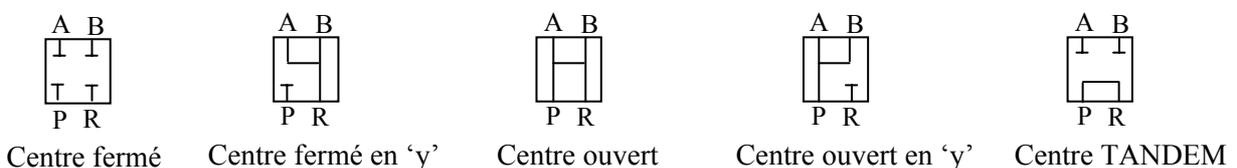
P : arrivée de pression

R : retour au réservoir

A et B : utilisations

Distributeur 4/3 (4 orifices et 3 position) à centre fermé et à commande électromagnétique par 2 bobines et retour au repos par ressorts.

La position de centre d'un distributeur 4/3 peut être :



4) Les appareils de protection et de régulation :

*** Clapet anti-retour :**

Il permet la circulation du fluide dans un seul sens.

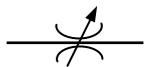


*** Réglage du débit :**

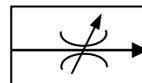
La vitesse d'un récepteur hydraulique (vérin ou moteur) est fonction du débit.

Le réglage du débit est obtenu par un étranglement.

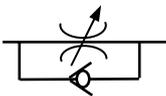
On trouve les limiteurs de débit, les régulateurs de débit et les diviseurs de débit.



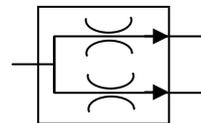
Limiteur de débit bidirectionnel



Limiteur de débit bidirectionnel



Limiteur de débit unidirectionnel

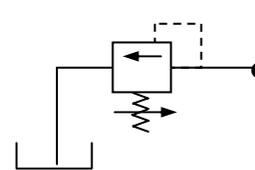


Limiteur de débit unidirectionnel

*** Régulation de pression :**

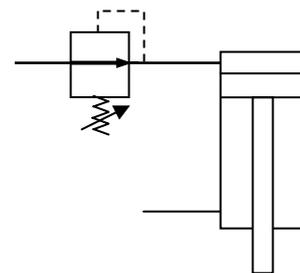
On rencontre :

Le limiteur de pression : (soupape de sûreté) décrit précédemment, est monté en dérivation avec le circuit et relié au réservoir.



Le réducteur de pression à action direct :

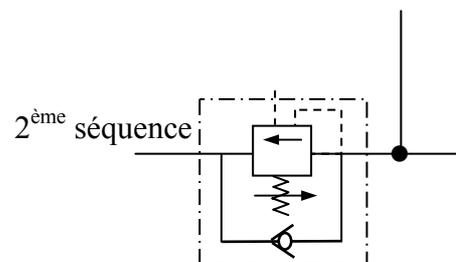
Il est normalement ouvert au repos et lorsque la pression en aval dépasse la valeur de tarage, elle coupe la communication entre l'entrée et la sortie.



1^{ère} séquence

La valve de séquence :

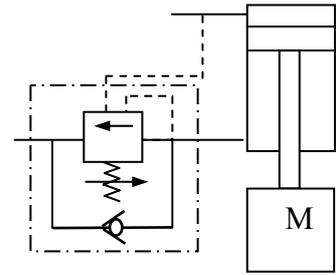
Elle permet d'alimenter un circuit secondaire lorsqu'une certaine pression est atteinte dans le circuit primaire.



2^{ème} séquence

La valve d'équilibre :

Son rôle est de maintenir en position un récepteur hydraulique (vérin ou moteur). Elle peut être envisagée avec deux pilotages.



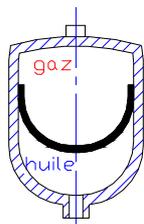
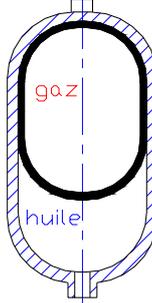
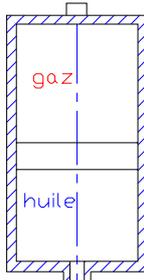
Les accumulateur :

Les accumulateurs sont des appareils entrant dans la constitution des systèmes hydrauliques. Ils servent à emmagasiner une réserve d'énergie.

Ils se montent en dérivation avec le circuit principal permettant de stocker une quantité de fluide sous pression et la restituer (donner) en cas de besoin, par exemple en cas de chute de pression accidentelle, compensation des fuites, équilibrage des forces... Dans certains cas l'utilisation d'un accumulateur est indispensable pour la sécurité, ex élévateur des charges.

Accumulateurs hydropneumatique

Ce sont des accumulateurs à gaz avec élément de séparation entre le gaz et le fluide. Le gaz le plus souvent utilisé est l'azote (inerte et de bonne compressibilité)

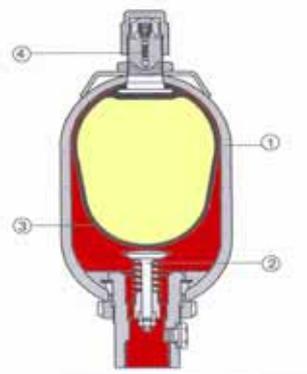
à membrane	à vessie	à piston
		
Forme approximativement sphérique, volume à restituer faible, bonne étanchéité.	Volume à restituer moyen, réaction rapide, bonne étanchéité et durée de vie.	Volume à restituer important, mauvaise étanchéité qui cause la variation de la pression du gaz à long terme. Temps de réponse important à cause de l'inertie du piston.

Domaine d'utilisation:

Les accumulateurs hydrauliques peuvent assurer des fonctions variées et en particulier :

- * Le stockage d'énergie permettant d'économiser la puissance des pompes dans les installations à fonctionnement intermittent.
- * Une réserve d'énergie (en secours) pouvant intervenir lors d'une panne de la pompe ou d'une baisse de pression dans le circuit, ainsi que la compensation des fuites.

Constitution d'un accumulateur:



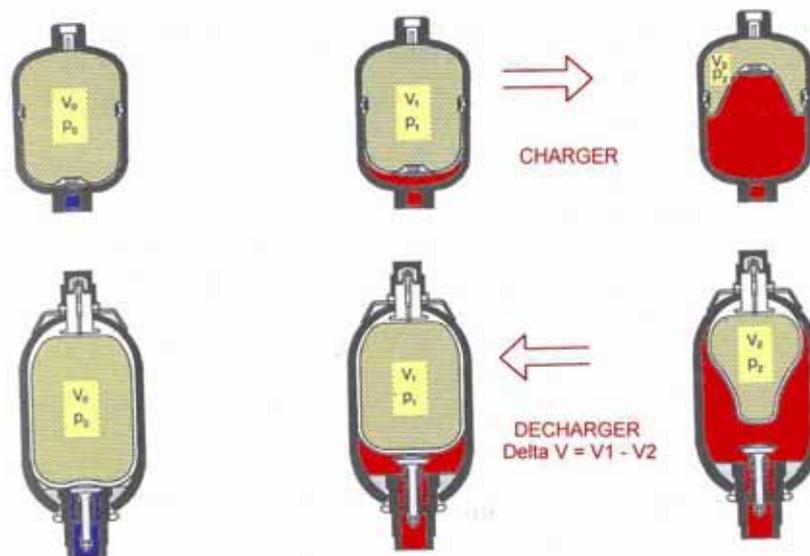
- 1 : corps
- 2 : soupape
- 3 : vessie
- 4 : valve de gonflage

Fonctionnement:

Dans les circuits hydrauliques, le fluide ne peut pas être comprimé. Afin de sauvegarder une réserve d'énergie sous pression, on se sert d'un gaz : l'azote.

Ce gaz est comprimé dans un réservoir par le fluide hydraulique.

En cas de besoin, le gaz se détend pour restituer le fluide sous pression dans le circuit.



Le gaz et le fluide ne sont pas en contact. Ces deux éléments sont séparés dans deux chambres par une paroi élastique. Selon la paroi, il existe trois catégories d'accumulateurs :

- à piston
- à vessie
- à membrane

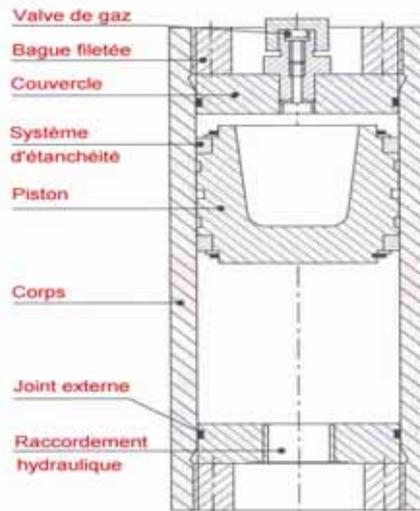
TYPES D'ACCUMULATEURS

1. L'accumulateur à piston:

Les deux parties de l'accumulateur sont isolées l'une et l'autre par un piston qui assure l'étanchéité.

Le piston est généralement muni d'un système de compensation d'usure des garnitures.

L'accumulateur à piston ne nécessite aucun entretien, ni regonflage. Il peut fonctionner dans n'importe quelle position, mais il est préférable de le monter verticalement (valve de gaz en haut), afin d'éviter le dépôt de particules polluantes véhiculées par l'huile sur les joints du piston.



2. L'accumulateur à vessie

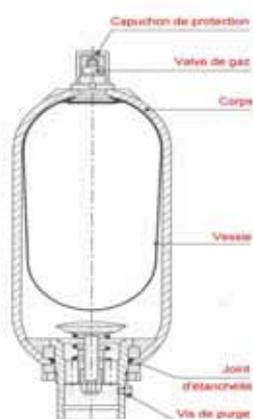
L'azote sous pression est contenu dans une enveloppe appelée : vessie, qui isole l'huile de l'azote.

Le clapet installé vers l'arrivée d'huile empêche la vessie de se déformer jusqu'à l'orifice d'arrivée d'huile ; il empêche un phénomène d'extrusion. Ce clapet se ferme aussi si le débit maximum, pour lequel l'appareil est conçu, venait à être dépassé.

Cet accumulateur peut fonctionner dans n'importe quelle position comprise entre :

- la verticale (valve de gaz en haut)
- l'horizontale

Il permet des cycles à fréquence élevée pouvant atteindre les 120 hertz.



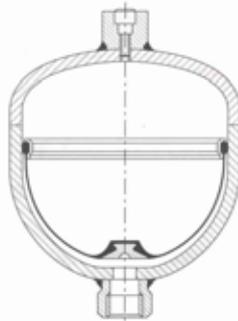
3. L'accumulateur à membrane :

L'azote et l'huile sont séparés par une membrane élastique mais étanche. La pastille située en bas de la membrane empêche l'extrusion de celle-ci en cas de décharge brusque.

Cet accumulateur s'installe comme un accumulateur à vessie.

1. MONTAGE:

Les accumulateurs à vessie sont montés en principe verticalement (valve à huile vers le bas).



Les accumulateurs à membrane sont montés indifféremment. Toutefois, la fixation doit être robuste et l'emplacement facile d'accès.

TRAVAUX SUR LES INSTALLATIONS :

Les installations équipées d'accumulateurs permettent l'exécution de mouvements, pendant un temps déterminé, lorsque la pompe est arrêtée, grâce au fluide sous pression emmagasiné dans la capacité.

Lors d'une intervention, il convient de décharger hydrauliquement l'accumulateur. A cet effet, il est impératif de prévoir des blocs de sécurité avec valve de décharge à commande électromagnétique.

Avant toute intervention sur une installation hydraulique possédant un accumulateur, il faut obligatoirement décharger hydrauliquement l'installation.

En aucun cas il ne faut effectuer des travaux de soudure ou des travaux mécaniques sur des accumulateurs. Il est donc recommandé de s'adresser à des ateliers spécialisés ou des agents agréés de la marque en cas de réparation.

2. LE GROUPE DE SECURITE

Chaque accumulateur doit être accompagné d'un groupe de sécurité. Ce groupe ou bloc de sécurité est monté sur l'accumulateur, du côté de l'orifice hydraulique.

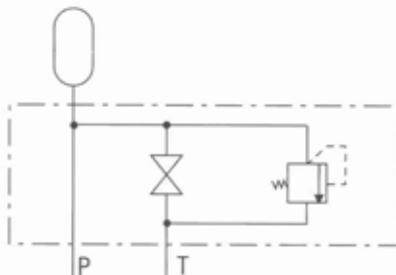
Il doit obligatoirement comporter :

- un dispositif de limitation de pression qui limite la pression de l'huile dans l'accumulateur
- un dispositif de vidange qui permet la mise au bac de l'huile contenue dans l'accumulateur

Deux dispositifs de vidange sont possibles :

A. Si le volume de l'accumulateur ne dépasse pas 2,5 litres et si l'accumulateur est utilisé pour un maintien en pression ; le dispositif peut être un robinet du type « quart de tour », à commande manuelle.

Dans ce cas, un panneau d'avertissement doit être apposé visiblement et durablement à



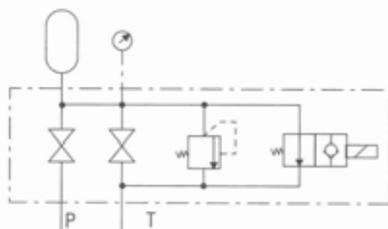
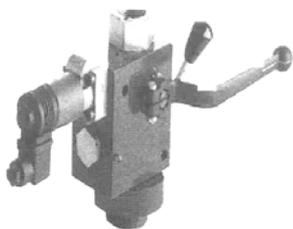
proximité du robinet de vidange. Il doit comporter les indications suivantes :

**DANGER ACCUMULATEUR SOUS
PRESSION VIDANGE MANUELLE**

B. Dans les autres cas, le système de vidange sera un électro-distributeur, ouvert au repos, qui assurera la vidange de l'accumulateur lors de l'arrêt du groupe générateur de pression.

Il peut également comporter:

- une prise de pression permettant le raccordement d'un manomètre
- une commande manuelle pour le limiteur de pression, permettant la décompression progressive de l'accumulateur
- un robinet permettant d'isoler l'accumulateur du circuit de pression



3. REGLEMENTATION:

Si le produit de la pression maximum (en bar) par la contenance (en litre) est supérieur à 80, les accumulateurs sont soumis à la réglementation concernant les appareils sous pression de gaz, définie par les arrêtés et décrets ministériels du 18/01/1943, du 23/07/1943, du 15/01/1978 et du 24/11/1982.

3.1. LA MISE EN SERVICE

La mise en service d'un accumulateur neuf est subordonné à une première épreuve dans les conditions soumises à la réglementation. Ils sont éprouvés à une pression égale à 4 fois la pression d'utilisation, sous la responsabilité du fabricant.

3.2. MAINTENANCE

- Le propriétaire est tenu d'assurer les nettoyages, réparations et remplacements nécessaires. Ces appareils doivent être visités périodiquement à la demande de l'utilisateur.
- Une nouvelle épreuve est obligatoire tous les 10 ans.
- Une nouvelle épreuve est obligatoire tous les 5 ans, dans les cas où la face interne est en contact avec :
 - un gaz autre que l'azote
 - un autre fluide autre qu'une huile minérale spécialement destinée aux transmissions hydrauliques
- avant une nouvelle épreuve, une visite intérieure est obligatoire.

3.3. SECURITE

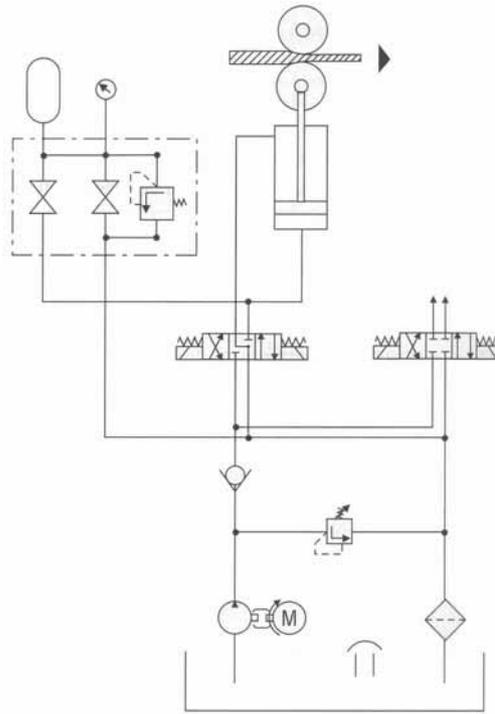
- La pression de remplissage en gaz doit être portée sur chaque accumulateur, sous la responsabilité de l'utilisateur.
- Le gaz de gonflage de l'accumulateur est de l'azote. En aucun cas de l'air ou un autre gaz ne doivent être utilisés
- (risque d'explosion).

4. LES DIFFERENTES FONCTION D'UN ACCUMULATEUR

4.1. EN MAINTIEN DE PRESSION

L'accumulateur compense les fuites d'un circuit sous pression et assure le maintien des efforts sur les récepteurs.

- Quand le distributeur est piloté du côté **X** : le vérin sort et l'accumulateur se décharge.
- Quand le distributeur revient au centre : l'accumulateur maintient la pression au vérin.
- Quand le distributeur est piloté du côté **//** : le vérin rentre et l'accumulateur se décharge.



4.2. EN RESERVE D'ENERGIE

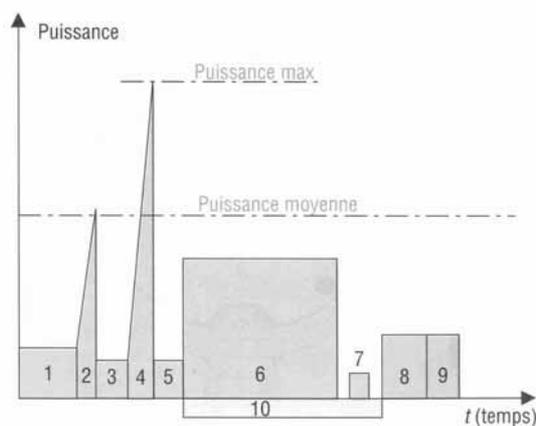
On stocke une quantité d'huile dans l'accumulateur et on restitue la totalité de cette huile sous pression.

Deux cas peuvent se présenter :

- A un moment donné, on a besoin d'une pointe de puissance

Exemple : cycle de presse à injecter.

Au lieu de dimensionner la pompe pour le débit maximum, on la dimensionne pour un débit moyen que l'on complète par celui d'un accumulateur, que la pompe a préalablement chargé.



1. Fermeture du moule
2. Montée en pression après fermeture
3. Avance du système d'injection
4. Injection
5. Maintien en pression
6. Plastification
7. Recul du système d'injection
8. Ouverture du moule
9. Éjection
10. Temps de refroidissement

- L'huile stockée dans l'accumulateur permet d'alimenter des actionneurs pour initialiser le système dans le cas d'une défaillance du groupe hydraulique.

4.3. EN AMORTISSEMENT DE CHOCS

Deux cas peuvent se présenter :

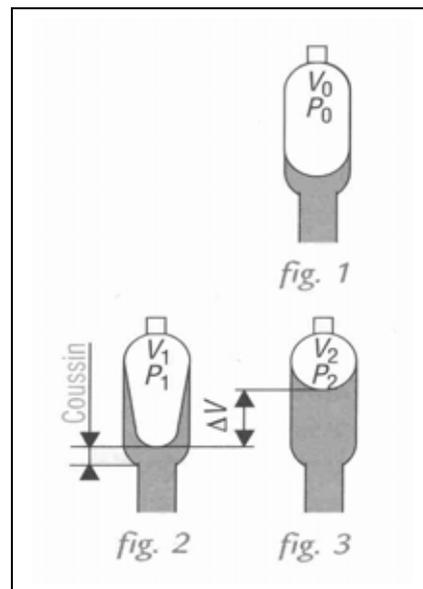
➤ **anti-coups de bélier :**

Lorsque l'on coupe brutalement une circulation d'huile sous pression, on provoque un choc dans le circuit. Plus la puissance transmise est importante, plus le choc dû à la décélération instantanée est important.

L'accumulateur est placé à l'endroit de la coupure, se remplit. Le « coups de bélier » est absorbé par l'accumulateur qui joue ainsi le rôle d'accumulateur de choc.

➤ **Antichoc mécanique :**

Lorsque des chocs mécaniques, externes au circuit hydraulique, viennent perturber ce dernier, on installe un accumulateur. Il absorbera l'énergie due au choc en se remplissant d'huile qu'il restituera dans le circuit, après le choc.



5. LES COURBES DE CALCUL

Bien que cette tâche n'incombe pas, généralement à un agent de maintenance, nous allons traiter deux exemples de calcul.

Le problème consiste à calculer V_0 : C'est le volume d'un accumulateur qui gonflé à la pression P_0 (fig. 1), est chargé à la pression P_2 (le volume d'azote étant alors égale à V_2 - fig. 3), pourra restituer une quantité d'huile ΔV , en assurant en fin de décharge une pression égale ou supérieure à P_1 alors que le volume d'azote est égal à V_1 (fig. 2).

On peut écrire : $\Delta V = V_1 - V_2$

Les relations fixes entre les paramètres d'un accumulateur sont les suivantes :

$$V_1 = V_0 * 0,9$$

$$P_0 = P_1 * 0,9 \text{ (réserve de 10 \% pour le coussin d'huile)}$$

La formule est donc :

$$V_0 = (P_2 * \Delta V) / [0,9 * (P_2 - P_1)]$$

5.1. EXEMPLE 1 :

Un accumulateur doit pouvoir restituer 2 litres d'huile à une pression comprise entre 100 et 150 bars.

- Si la fréquence est lente et à température constante (formule ci-dessus) :

$$V_0 = (P_2 * \Delta V) / [0,9 * (P_2 - P_1)] = (150 * 2) / [0,9 * (150 - 100)] = 6,67 \text{ l}$$

$$P_0 = P_1 * 0,9 = 100 * 0,9 = 90 \text{ bars}$$

- Si la fréquence est rapide : moins de 1 min par cycle, il faut multiplier V_0 par 1,4
- Si la température extérieure est variable, les formules sont modifiées (cas de figure non traité)

5.2. EXEMPLE 2 :

Sur une presse d'ébénisterie, après la mise sous pression, on souhaite assurer le maintien du serrage par un accumulateur pendant 30 minutes.

La pression normale de serrage est de 150 bars, on tolère qu'elle descende à 140 bars. Le débit de fuite mesuré sur les vérins est de 0,2 pour 30 minutes.

Quel volume d'accumulateur faudrait-il installer ?

$$V_0 = (P_2 * \Delta V) / [0,9 * (P_2 - P_1)] = (150 * 0,2) / [0,9 * (150 - 140)] = 3,33 \text{ l}$$

5.3 APPLICATION:

Le cycle de fonctionnement d'un vérin est donné par la figure suivante :

1^{ère} solution : utiliser une pompe qui débite 40 L/mn

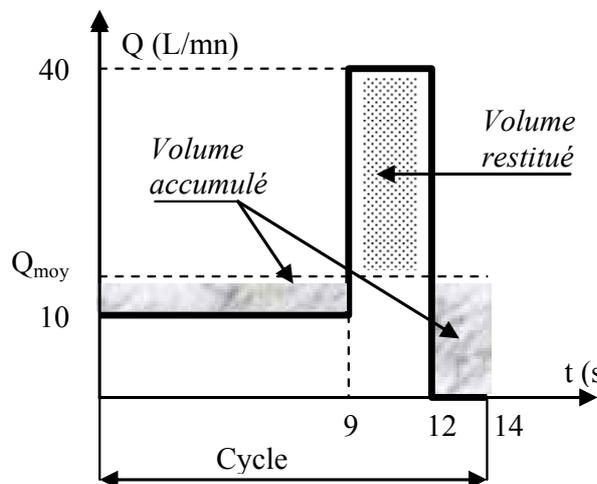
inconvenient :

2^{ème} solution : utiliser un accumulateur avec une pompe de débit $Q_{\text{moy.}} = 15 \text{ L/mn}$

Calculer le volume de fluide à restituer par l'accumulateur.

..... $V = 1,25 \text{ L}$

Ce volume est un paramètre pour la détermination de l'accumulateur.



Les filtres :

Les polluants présents dans un circuit occasionnent des dommages et/ou une usure prématurée des composants

Ces polluants peuvent être de deux types :

- **Solides**, par exemple :
 - Particules venant de l'extérieur (exemple : silice)
 - Particules d'usure venant des composants
- **Solubles ou non solides**, par exemple :
 - Eau (condensation, infiltration...)
 - Lubrifiant, fluide de coupe, solvant
 - Air en émulsion
 - Gommages, boues ... provoquant des dépôts

Nous ne décrivons que les filtres destinés à l'élimination des particules solides, en se rappelant qu'il existe des appareils et procédés spécifiques pour les autres polluants (l'eau en particulier).

Les filtres les plus courants sont constitués d'une grille dont la maille est appropriée à la taille des particules à retenir. Cette grille peut être constituée de différents matériaux : grillage, feutre, papiers, synthétiques...

D'autres filtres utilisent un champ magnétique pour piéger les particules magnétiques.

1- Position des filtres dans les circuits :

Il y a plusieurs possibilités qui ont leurs avantages et inconvénients. Il est possible de combiner plusieurs de ces possibilités.

a) A l'aspiration:

Le filtre est installé avant la pompe.

Avantages : tout le circuit est protégé, pompe comprise.

Inconvénients : la perte de charge provoquée par le filtre devant être faible (pour éviter une cavitation de la pompe), la maille de celui-ci ne peut être très fine.

Ces filtres, appelés aussi crépines, sont presque toujours présents dans les bâches, mais ils ne suffisent généralement pas à la protection du circuit et doivent être complétés par une des solutions suivantes.

b) Au refoulement:

Le filtre est installé après la pompe (ou avant une portion de circuit).

Avantages : la perte de charge étant indifférente, la maille du filtre peut être très fine. Tout le circuit est protégé.

Inconvénients : la pompe n'est pas protégée, ce qui impose une bache confinée (c'est le cas généralement). Les parois des filtres doivent supporter la pression du circuit, ce qui donne des filtres volumineux, lourds et chers. Ils doivent être protégés contre le colmatage.

On évite cette solution lorsque c'est possible, bien que cela soit la filtration la plus efficace pour le circuit.

c) Au retour:

Le filtre est installé sur les canalisations de retour d'huile.

Avantages : la perte de charge étant indifférente, la maille du filtre peut être très fine. La pression étant faible, les filtres sont plus légers et moins chers. Les particules étant collectées et/ou produites dans le circuit, elles sont arrêtées avant de polluer la bâche.

Inconvénients : la bâche doit être confinée. Ils doivent être protégés contre le colmatage. Cette solution efficace et économique est très souvent employée. A noter qu'il peut être intéressant de filtrer les retours de drains, car c'est aux passages de tiges ou d'arbres que la pollution extérieure s'introduit.

2 -Sécurité des filtres :

Il s'agit essentiellement d'une protection contre le colmatage. A force d'arrêter des particules, le filtre finit par se boucher (se colmater) et il est nécessaire de le remplacer.

Si ce remplacement n'est accidentellement pas fait, les parois du filtre colmaté vont se déchirer sous l'effet de la perte de charge ainsi occasionnée et toutes les particules accumulées vont se déverser d'un coup dans le circuit ; on imagine aisément la catastrophe que cela représente !

Les protections courantes sont:

- Les indicateurs de colmatage, fig1: ils donnent une information lorsque la perte de charge provoquée par le colmatage devient inacceptable. Cette information peut être un voyant, un contact géré par la partie commande...

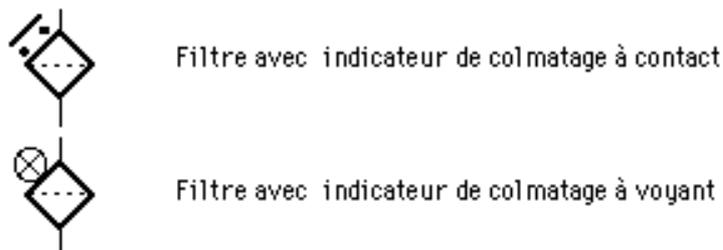


Fig 1

- Les limiteurs de pression bipasses, fig2 : dès que la perte de charge provoquée par le colmatage devient inacceptable, le débit d'huile passe à côté du filtre. Ce dispositif protège également le filtre lors des démarrages à froid, lorsque la viscosité de l'huile est trop importante.

La plupart des filtres sont équipés de ce dispositif.

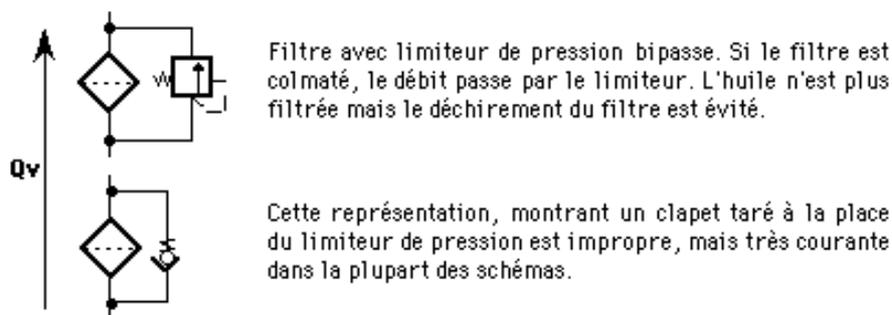


Fig 2

- Les clapets anti-retour, fig 3 : ils évitent un débit à contresens, ce qui provoquerait un retour des impuretés accumulées dans le circuit. Cette protection est nécessaire en particulier pour les filtres au retour lorsque le circuit peut (ou doit) "réaspirer" de l'huile (présence de vérins en particulier).



Fig 3

3- Efficacité des filtres :

L'efficacité d'un filtre s'exprime par la taille des particules arrêtées par celui-ci, exprimée en μm (10^{-3} mm).

a) Efficacité absolue:

On indique alors la taille minimale des particules qui seront toutes arrêtées. Par exemple, un filtre absolu à $10 \mu\text{m}$ ne laissera passer aucune particule de taille $> 10 \mu\text{m}$.

C'est une indication contraignante pour le fabricant, ce qui explique pourquoi cette garantie est peu utilisée; on parle plus souvent d'efficacité relative.

b) Efficacité relative:

On donne l'efficacité relative d'un filtre, par taille nominale de particules, en indiquant le pourcentage de particules arrêtées. Par exemple, un filtre ayant une efficacité de 95% à $10 \mu\text{m}$ ne laissera passer que 5% de particules de $10 \mu\text{m}$, en un seul passage. On peut indiquer plusieurs efficacités pour des tailles de particules différentes.

Les fabricants utilisent souvent une autre façon de désigner l'efficacité, le β_x . Ce β_x est indiqué par taille de particule et calculé de la manière suivante:

$$\beta_x = \frac{\text{nombre de particules de taille } x \text{ en amont du filtre}}{\text{nombre de particules de taille } x \text{ en aval du filtre}}$$

Par exemple, un filtre ayant un $\beta_{10} = 200$ ne laissera passer que 0,5% de particules de $10 \mu\text{m}$ (son efficacité relative est alors de 99,5%).

4- Remplissage et dépollution des installations :

a) Remplissage:

Les huiles industrielles livrées en fûts sont garanties à une classe de pollution maximale donnée, qui peut être insuffisante pour certaines installations. Il est alors nécessaire de remplir la bache avec un groupe de remplissage équipé d'un filtre adéquat. Cette méthode peut être utile lorsque les fûts sont ouverts depuis longtemps (nombreuses ouvertures et fermetures de la bonde), pour éviter un remplissage d'huile polluée.

b) Dépollution:

Lorsqu'une installation présente une huile polluée (classe de pollution non acceptable) et que la vidange représente un coût important, on peut utiliser ce même groupe pour filtrer l'huile en dérivation jusqu'à ce que celle-ci reprenne une classe de pollution acceptable. Le contrôle de la pollution en cours d'opération est bien sûr nécessaire.

Ces groupes peuvent également recevoir des "filtres" pour l'élimination de l'eau.