

Chapitre II : les circuits hydrauliques industriels

Circuits hydrauliques industriels

INTRODUCTION :

L'hydraulique industriel, c'est un domaine très vaste, alors on s'intéresse d'abord aux composants essentiels participant à la réalisation des circuits hydrauliques :(pompes, distributeurs, vérins, limiteur de pression, limiteur de débit...).

Ce chapitre présente les caractéristiques de ces composants et les notions de base des systèmes hydrauliques.

Les Circuits De Transport Des Liquides :

Un circuit de transport permet de déplacer un liquide d'une source à un réservoir de stockage.

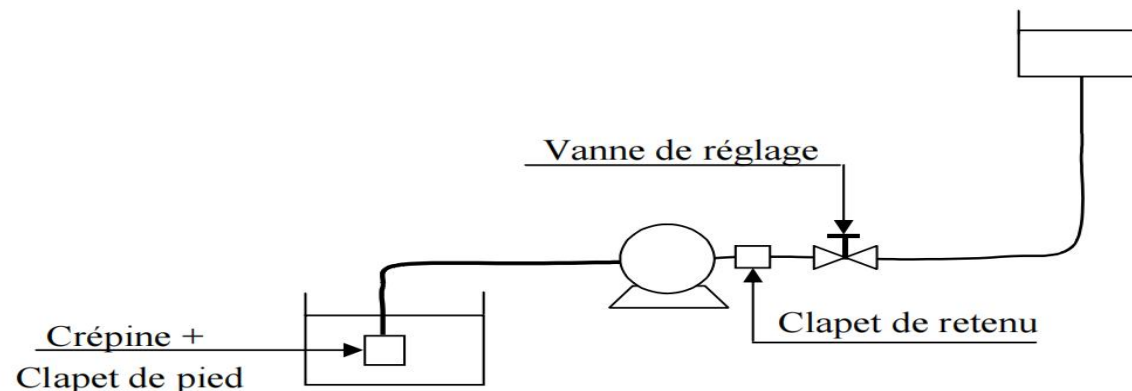


Fig.1 : circuit de transport.

Circuits hydrauliques industriels

Introduction aux systèmes hydrauliques :

a) - Les Circuits De Transport Des Liquides :

a)Description générale :

Un circuit de transport permet de déplacer un liquide d'une source à un réservoir de stockage.

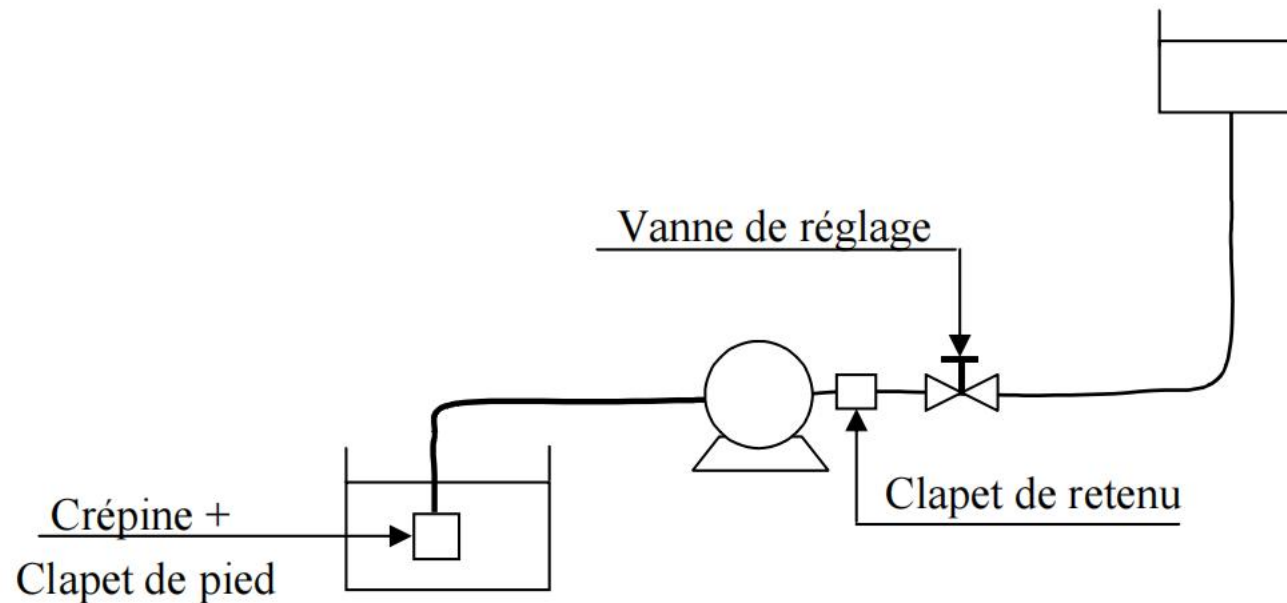
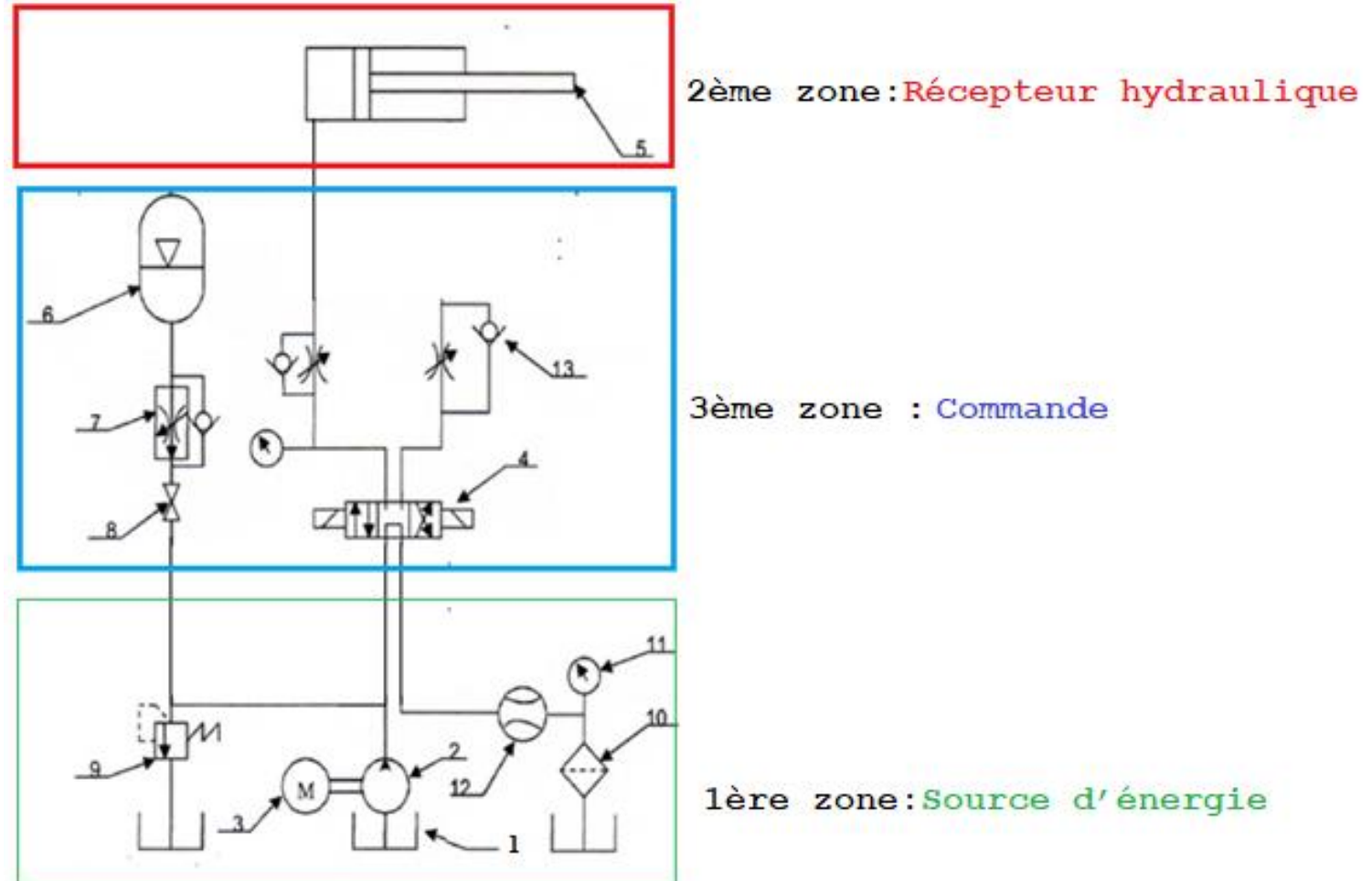


Fig.1 : circuit de transport.

Circuits hydrauliques industriels

Description générale :

Un circuit d'hydraulique industriel 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.

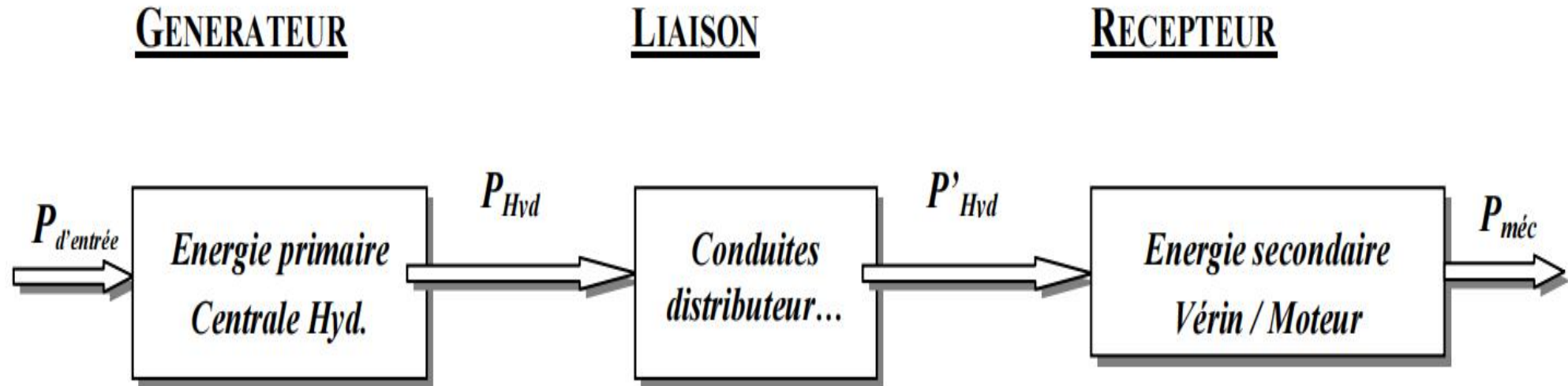


Circuits hydrauliques industriels

Rép.	Désignation	Fonction
1	Réservoir	Stocker le fluide
2	Pompe hydraulique	Transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique
3	Moteur électrique	Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique
4	Distributeur 4/3	Distribuer la puissance hydraulique au vérin
5	Vérin double effet	Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique
6	Accumulateur	Stocker l'énergie hydraulique et la restituer en cas de besoin
7	Régulateur de débit	Régler le débit et la vitesse du fluide
8	vanne	Distribuer ou interrompre le passage du fluide
9	Limiteur de pression	Protéger l'installation contre les surpressions
10	filtre	Empêcher les impuretés de s'infiltrer dans les organes sensibles
11	Manomètre	Indiquer la valeur de la pression
12	débitmètre	Indiquer la valeur de débit
13	Clapet anti-retour	Autoriser le passage du fluide dans un seul sens

Circuits hydrauliques industriels

Structure schématique des systèmes hydrauliques :



Circuits hydrauliques industriels

Un schéma hydraulique représente toujours l'équipement en position repos ou initiale, il nous permet de comprendre l'installation dans le but surtout de détecter les défaillances et par suite savoir où on doit intervenir.

Constitution d'un circuit industriel:

- Un circuit hydraulique industriel 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 :

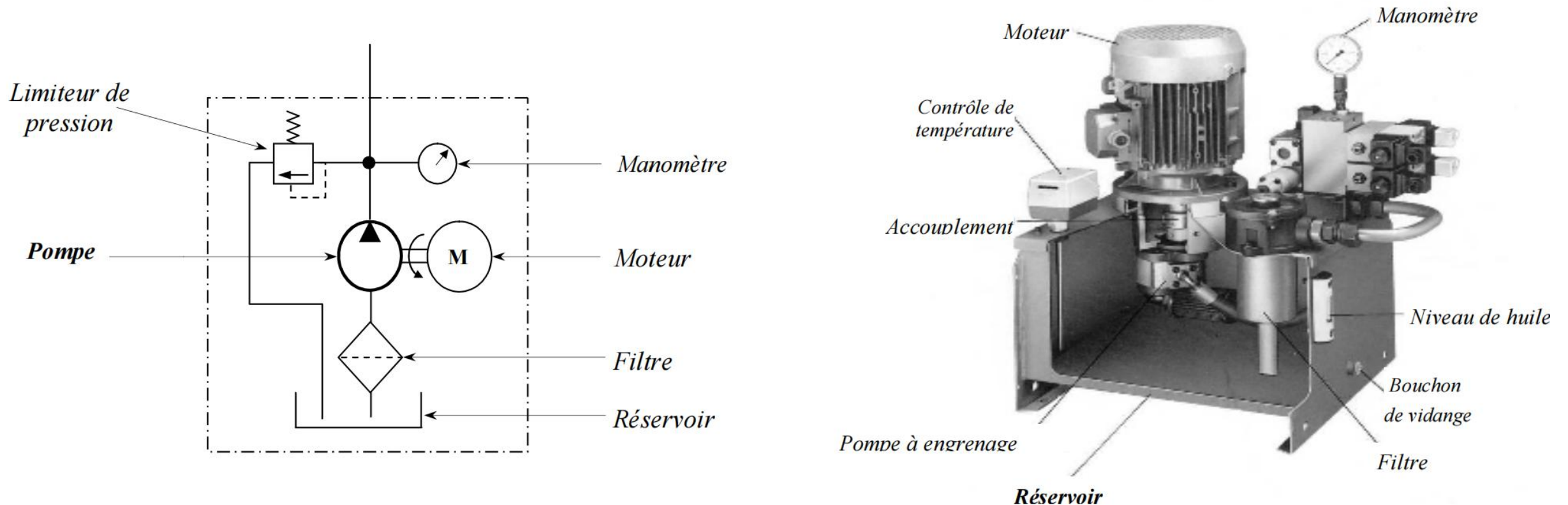
- Des éléments de distribution (*distributeur*).
- Des éléments de liaison (*tuyaux*).
- Des accessoires (*appareils de mesure, de protection et de régulation*).

Circuits hydrauliques industriels

Centrale hydraulique :

Définition d'une Centrale hydraulique :

Les centrales hydrauliques(ou groupe hydraulique, en hydromécanique) sont l'ensemble des composants hydrauliques permettant de fournir à l'installation l'énergie hydraulique nécessaire. Elle est constituée essentiellement d'un réservoir d'huile, d'un moteur et d'une pompe.



Circuits hydrauliques industriels

Réservoir : il permet le stockage de l'huile, protection contre des éléments qui peuvent le polluer, et le refroidissement

Filtre : il est utilisé pour éliminer les impuretés et les particules solides du fluide (**garder la qualité du fluide**).

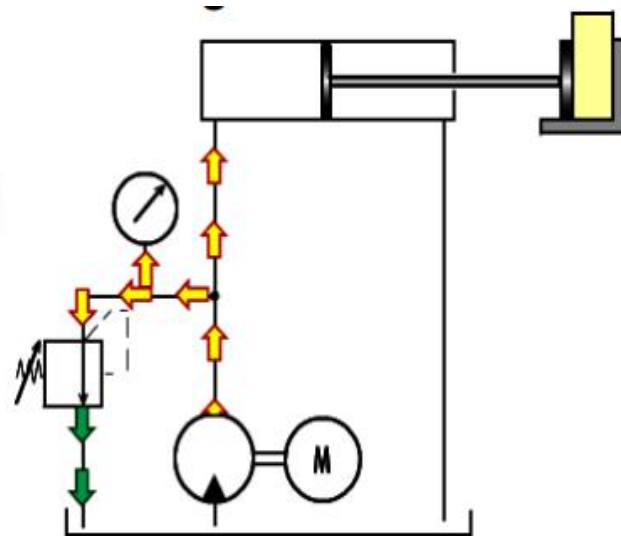
Pompe : sa fonction consiste à :

- ✓ Générer un débit de liquide
- ✓ Mettre sous pression l'huile sous forme d'énergie hydraulique.

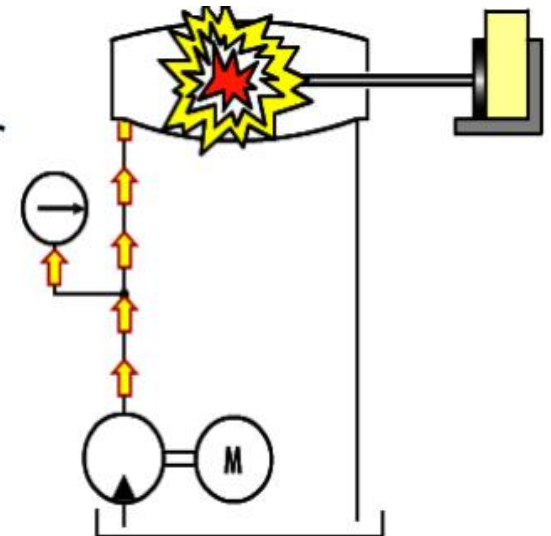
Circuits hydrauliques industriels

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. L'exemple en bas permet d'illustrer le rôle essentiel joué par un limiteur de pression dans une installation hydraulique/pneumatique. La pompe restant en fonctionnement, le liquide continu d'être envoyée vers le vérin mais la tige est maintenant bloquée :

Le limiteur de pression change d'état (ouverture du clapet) quand la pression dépasse la valeur de tarage. Le surplus de débit est évacué vers le réservoir la pression est maintenue dans le vérin, mais pas dépassée.



La pression va encore augmenter jusqu'à dépasser la limite de résistance de l'élément le plus fragile.



Circuits hydrauliques industriels

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

Pompes : Les pompes utilisées dans les circuits d'hydraulique industrielle sont de type volumétrique.

Moteur : Transforme l'énergie électrique (ou thermique) en énergie mécanique.

La pompe hydraulique :

La pompe c'est le cœur du circuit hydraulique. Elle transforme l'énergie mécanique reçue du moteur électrique ou thermique en énergie hydraulique. Elle aspire l'huile du réservoir dont la pression est atmosphérique puis elle la refoule dans le circuit. Puisque le circuit est généralement fermé, la pression monte jusqu'à une valeur maximale. **Donc la pompe est un générateur de débit** dont sa puissance liée à sa valeur de pression générée.

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Débit : En hydraulique, Un débit permet de mesurer le flux d'une quantité relative à une unité de temps au travers d'une surface quelconque. Son unité dérivée du SI est le mètre cube par seconde (m^3/s). En pratique, ont été calculés des coefficients de sorte à conserver un débit en l/mn (litres par minute)

Q : débit en (m^3/s)..

Il faut préciser, pour faciliter la compréhension :

* **Le débit** : Q c'est un volume de liquide déplacé par unité de temps

* **La vitesse** : v c'est la distance parcourue par unité de temps.

Unité SI v en m/s , unité pratique : cm/s , mm/s

$Q = v \times S$, où: v = vitesse de déplacement, S = surface de la section perpendiculaire au déplacement,

$Q = V / t = \text{Volume} / \text{temps} \Rightarrow$ le débit volumique

$v = l / t = \text{vitesse en } m/s$, où : l chemin (longueur) de déplacement, m

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Cylindrée : Elle correspond au volume théorique débitée par tour en m³.

V_g : [m³/tr] cylindrée

Donc le débit Q correspond à la cylindrée par la vitesse de rotation.

$Q = V_g \cdot N$ Avec

Q : débit en (m³/min)

V_g : Cylindrée, en [m³/tr] ;

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

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Problème

Calculer le débit d'huile, en litres par minute, refoulé par une pompe ayant une cylindrée de 75 cm³/tr et ayant une vitesse de rotation de 1 500 tr/min.

Calculer le débit (en l/min)

$$Q_v = V_g \times N$$

$$Q_v = 75 \frac{\text{cm}^3}{\text{tr}} \times 1\,500 \frac{\text{tr}}{\text{min}}$$

$$Q_v = 112\,500 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

$$Q_v = 112\,500 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \div 1\,000 \frac{\text{cm}^3}{\text{l}}$$

$$Q_v = 112,5 \text{ l/min}$$

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Exercice

Calculer la cylindrée, en centimètres cubes par rotation, d'une pompe qui fournit 40 l/min à une vitesse de rotation de 1 200 tr/min.

Calculer la cylindrée (en cm³/tr)

$$Q_v = V_g \times N$$

$$V_g = \frac{Q_v}{N}$$

$$Q_v = 40 \text{ l/min} \times 1\,000 \text{ cm}^3/\text{l}$$

$$Q_v = 40\,000 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$V_g = 40\,000 \text{ cm}^3/\text{min} \div 1\,200 \text{ tr/min}$$

$$V_g = 33,33 \text{ cm}^3/\text{tr}$$

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Rendements :

Rendement volumétrique :

Le rendement volumétrique est le rapport entre le débit d'huile réellement fourni par la pompe et le débit théorique. Il représente les pertes volumétriques dans la pompe (les fuites).

$\eta_v = \text{débit réel (débit sortant)} / \text{débit théorique}$

$\eta_v = Q_p / Q_{pt}$

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Rendement volumétrique :

Problème

Une pompe hydraulique d'une cylindrée de 9 cm³/tr est entraînée par une source motrice à une vitesse de 1 200 tr/min. Dans ces conditions, le débit fourni par la pompe est de 10 l/min. Calculer le rendement volumétrique de cette pompe.

1e étape

Calculer le débit théorique de la pompe (en l/min)

$$Q_v = V_g \times N$$

$$Q_v = 9 \frac{\text{cm}^3}{\text{tr}} \times 1\,200 \frac{\text{tr}}{\text{min}}$$

$$Q_v = 10\,800 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

$$Q_v = \frac{10\,800 \text{ l}}{1\,000 \text{ min}}$$

$$Q_v = 10,8 \text{ l/min}$$

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Rendement volumétrique :

2e étape

Calculer le rendement volumétrique (en %) en effectuant le rapport entre le débit réel et le débit théorique.

$$\eta_v = \frac{\text{Débit d' huile en fonctionnement}}{\text{Débit théorique}}$$

$$\eta_v = 10 \text{ l/min} \div 10,8 \text{ l/min}$$

$$\eta_v = 0,926 \text{ ou } 92,6 \%$$

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Rendement global (Rendement hydraulique et mécanique)

- **La puissance hydraulique** à la sortie d'une pompe, traitant le débit volumique Q est :

$P_h = \Delta P \cdot Q$ avec Q : débit, en m³/s

$\Delta P = P_s - P_e$: 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 ω et transmet un couple C, s'écrit : $P_a = C \cdot \omega$

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

ω : 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

$$\eta_g = \frac{P_H}{P_a} = \frac{\Delta P \cdot Q}{C \cdot \omega}$$

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Rendements :

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) ;

- 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 :

$$\eta_g = \eta_v \cdot \eta_m$$

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Problème

Le fabricant d'une pompe hydraulique annonce que le rendement volumétrique de celle-ci est de 92 % et que le rendement mécanique est de 87 %. Calculer le rendement total de cette pompe.

Calculer le rendement total (en %)

$$\eta_t = \eta_v \times \eta_m$$

$$\eta_t = 0,92 \times 0,87$$

$$\eta_t = 0,80 \text{ ou } 80 \%$$

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Problème

Le fabricant d'une pompe hydraulique annonce que le rendement volumétrique de celle-ci est de 92 % et que le rendement mécanique est de 87 %. Calculer le rendement total de cette pompe.

Calculer le rendement total (en %)

$$\eta_t = \eta_v \times \eta_m$$

$$\eta_t = 0,92 \times 0,87$$

$$\eta_t = 0,80 \text{ ou } 80 \%$$

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Problème 2

Quel est le rendement total d'une pompe si la puissance qu'elle reçoit de sa source motrice est de 0,746 kW et que la puissance hydraulique qu'elle fournit est de 0,6 kW ?

Calculer le rendement total (en %)

$$\eta_t = \frac{\text{puissance de sortie}}{\text{puissance d'entrée}} \times 100$$

$$\eta_t = \frac{0,6 \text{ kW}}{0,746 \text{ kW}} \times 100$$

$$\eta_t = 80,4 \%$$

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Cylindrée réelle $V_{gré}$

La cylindrée réelle qui tient compte des fuites internes. Ces fuites dépendent de nombreux paramètres : viscosité de l'huile, pression d'utilisation, vitesse d'utilisation, etc. La cylindrée réelle est donc variable et fonction de ces paramètres. Ces cylindrées sont déterminées par les constructeurs (essais) et sont indiquées dans les catalogues en fonction des différents paramètres. La cylindrée réelle d'une pompe est plus petite que sa cylindrée théorique, ce qui est l'opposé pour un moteur... On note la cylindrée réelle $V_{gré}$.

Pour une pompe: $V_{gré} = V_g \cdot \eta_v$

(en effet, la pompe réelle fournit moins d'huile par tour que la pompe parfaite)

Pour un moteur: $V_{gré} = V_g / \eta_v$

(en effet, le moteur réel absorbe plus d'huile par tour que le moteur parfait)

Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

Débit réel

Le débit réel volumique Q fourni par une pompe ou absorbé par un moteur :

$$Q = n \cdot V_{gré}$$

Le couple sur l'arbre

Si le rendement d'une pompe (ou d'un moteur) était de 1, alors les puissances d'entrée et de sortie seraient identiques, c'est à dire que: $P_h = P_a$

$$\Delta P \cdot Q = C \cdot \omega$$

$$C = \Delta P \cdot Q / \omega$$

$$C = \Delta P \cdot V_g / 2\pi$$

Si en prise en compte les pertes

-Pour un moteur $C = \Delta P \cdot Q / \omega \cdot \eta_g$

$$C = \Delta P \cdot V_g / 2\pi \cdot \eta_g$$

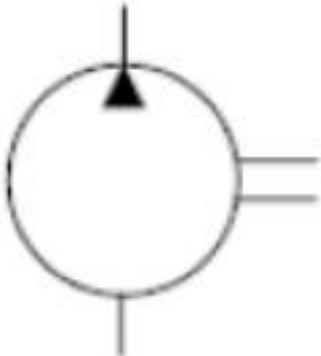
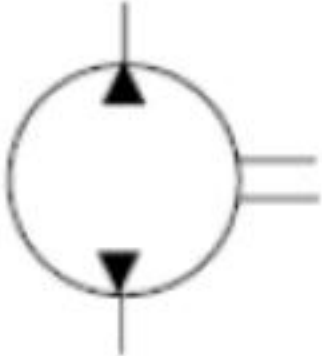
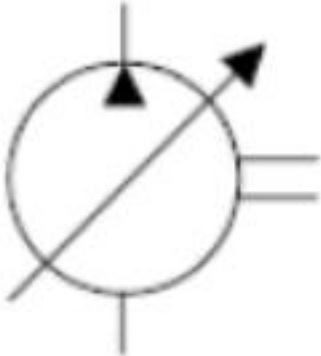
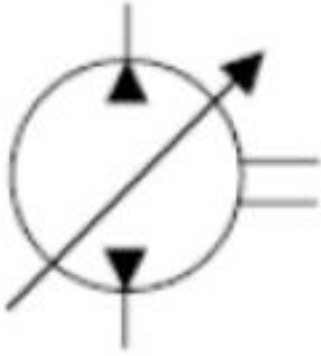
Circuits hydrauliques industriels

Caractéristiques générales d'une pompe:

La puissance nécessaire

$$P = C \cdot \omega \cdot \eta \cdot g$$

Cette équation est utilisée pour déterminer la puissance nécessaire pour produire le débit à un certain différentiel de pression.

Pompes à débit constant		Pompes à débit variable	
à un sens de flux	à deux sens de flux	à un sens de flux	à deux sens de flux
			

Symbole des pompes

Circuits hydrauliques industriels

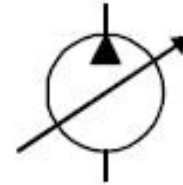
10. POMPES



Source d'énergie
hydraulique

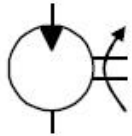


A cylindrée fixe

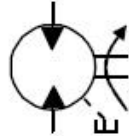


A cylindrée variable

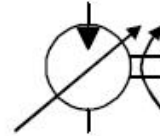
11. MOTEURS



A cylindrée fixe



A cylindrée fixe à 2
sens de rotation



A cylindrée variable
1 sens de rotation



Moteur ou vérin oscillant
à 2 sens de rotation

Les Actionneurs hydrauliques (les récepteurs hydrauliques)

INTRODUCTION :


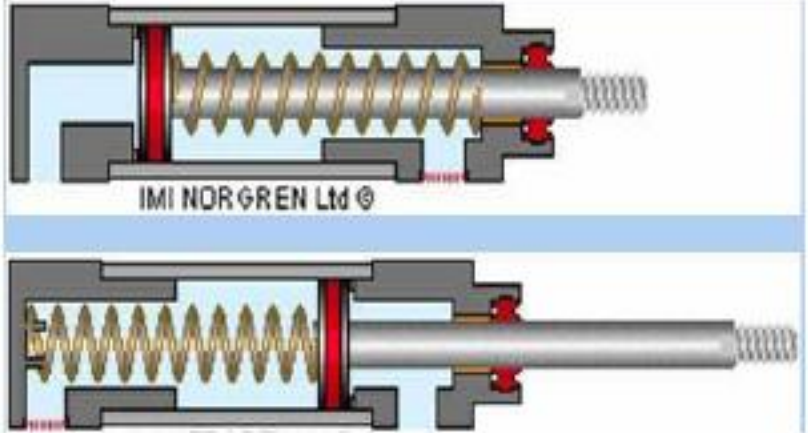
Les actionneurs hydrauliques transforment l'énergie hydraulique en énergie mécanique. On distingue:

Les récepteurs pour mouvement de translation: les vérins.

Les récepteurs pour mouvement de rotation: les moteurs hydrauliques.

1. Les vérins:

1.1. Principaux types de vérin :

	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.</p> <p>Avantages : économique et consommation de fluide réduite.</p> <p>Inconvénients : encombrant, course limitée.</p> <p>Utilisation : travaux simples (serrage, éjection, levage...)</p>		

1. Les vérins:

1.1. Principaux types de vérin :

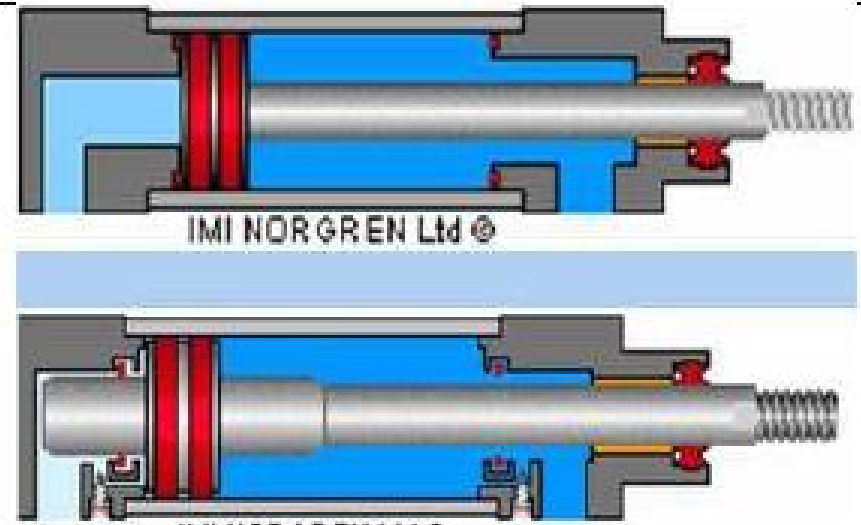
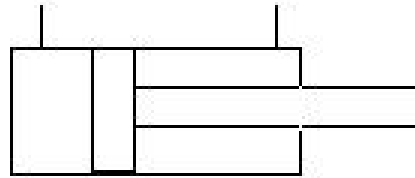
Vérin double effet

L'ensemble tige piston peut se déplacer 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

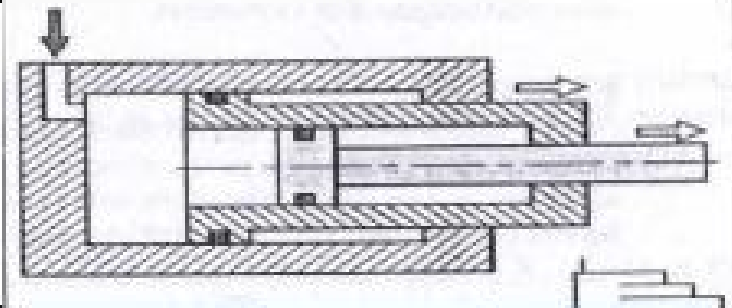
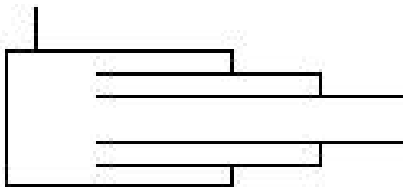


1. Les vérins:

1.1. Principaux types de vérin :

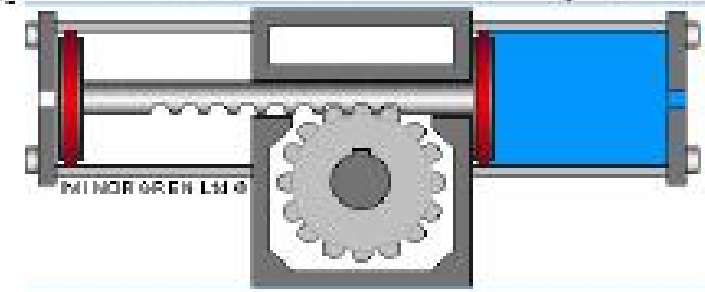
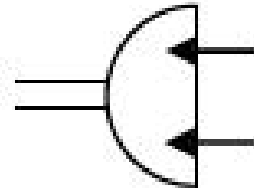
Vérins spéciaux

1- *Vérin à tige télescopique* : simple effet permet des courses importantes tout en conservant une longueur repliée raisonnable.



2- *Vérin rotatif* : l'énergie du fluide est transformée en mouvement de rotation.

L'angle de rotation peut varier de 90° à 360° . Les amortissements sont possibles.



1. Les vérins:

1.2. Dimensionnement des vérins :

Un vérin peut travailler en poussée ou en traction, la poussée correspond à la sortie de la tige, la traction à sa rentrée.

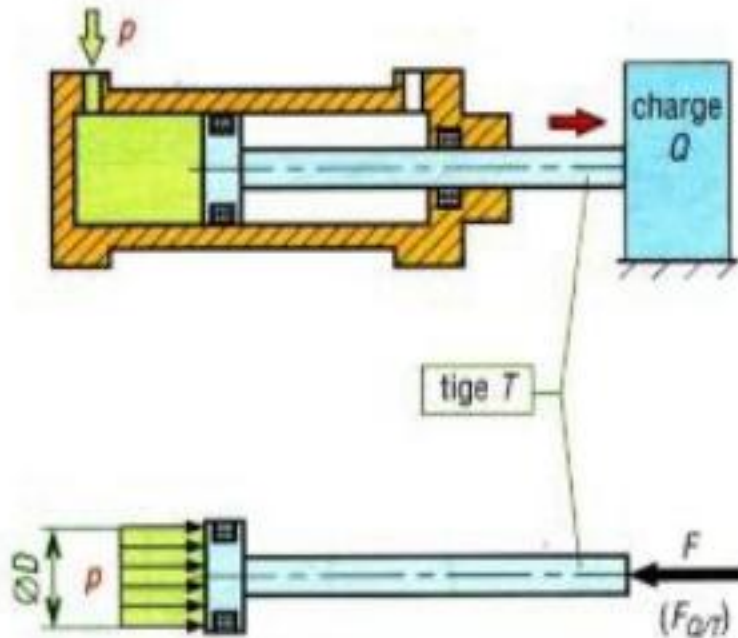
Un vérin hydraulique est caractérisé par les paramètres suivants : exemple : Hx100x70x800

- H pour vérin hydraulique ou P pour pneumatique,
- 100 : diamètre du piston en mm,
- 70 : diamètre de la tige en mm,
- 800 : course, c'est l'amplitude maximale de la partie mécanique en mouvement en mm, La cylindrée est le volume de fluide nécessaire pour réaliser la course.

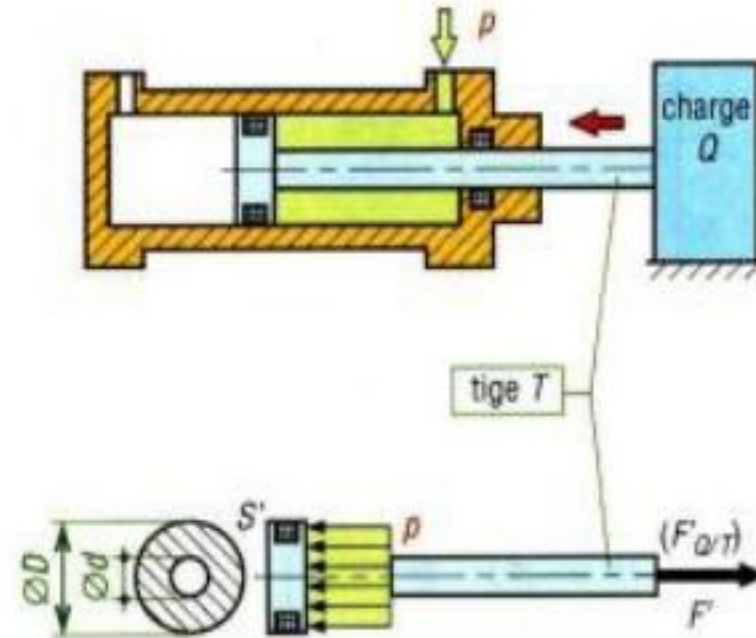
Circuits hydrauliques industriels

1. Les vérins:

- Efforts exercés dans les deux sens, en poussant et en tirant dans un vérin.



$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S \rightarrow F = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$
$$\rightarrow F = 0,7854 \cdot p \cdot D^2$$



$$p = \frac{F'}{S'} \rightarrow F' = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$
$$\rightarrow F' = 0,7854 \cdot p \cdot (D^2 - d^2)$$

Circuits hydrauliques industriels

Les vérins:

Exercice d'application

Sur la tige d'un vérin on place une masse de 3 000 kg, l'alésage du cylindre du vérin est de 80 mm.

Calculez :

- la force pressante exercée sur l'huile
- la surface pressée
- la pression en Pa, en bar

Solution

a) force pressante sur l'huile, $F = m \times g, \quad 3\,000 \times 10 = 30\,000 \text{ N}$

b) surface pressée, $S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,08)^2}{4} = 0,005 \text{ m}^2 = 50 \text{ cm}^2$

c) pression en Pa, $p = \frac{F}{S} = \frac{30\,000}{0,005} = 6\,000\,000 \text{ Pa}$

en bar $\frac{3\,000}{50} = 60 \text{ daN/cm}^2$ ou **60 bar**

