

INTRODUCTION À L'HYDRAULIQUE

Source : S.Bellalah (Iset Nabeul) & M.Chouchene (iset siliana) Synthèse: H.Hamdi (UFMCI)

Plan

1- Description générale d'un circuit hydraulique

- 1.1-Structure générale
- 1.2 Composition d'un circuit hydraulique
- 1.3 Structure schématique des systèmes hydrauliques

2- La centrale hydraulique

- 2.1-Définition d'une Centrale hydraulique
- 2-2 Le réservoir
- 2-3 La pompe hydraulique

3- Les organes de liaison

- 3-1 Les organes de commande (les distributeurs)
- 3-2 Les organes de protection et de régulation
- 3.3 Autres composants hydrauliques : accumulateur

1- Description d'un circuit hydraulique

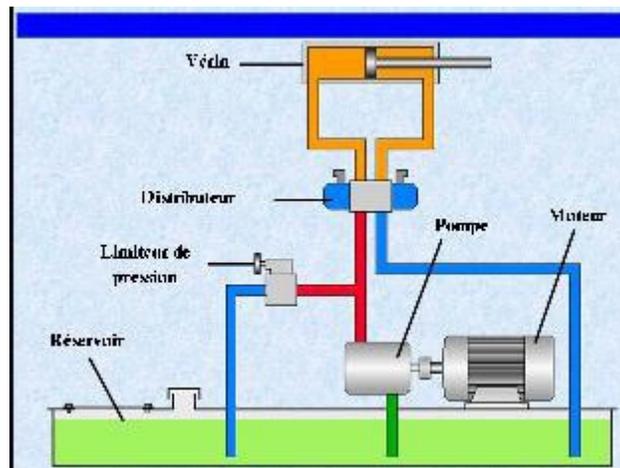


Fig.1 : Installation hydraulique

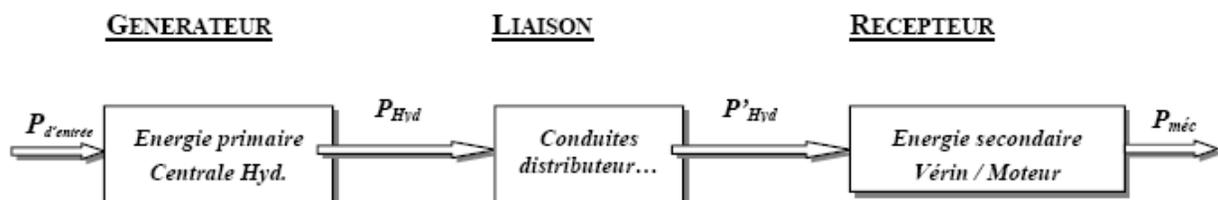
1.1-Structure générale

Un circuit hydraulique industriel est constitué de 3 zones :

- **1ère zone** : Source d'énergie : c'est un générateur de débit (centrale hydraulique) ;
- **2ème zone** : Récepteur hydraulique : transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique (vérin, moteur hydraulique) ;
- **3ème 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, de stockage d'énergie et de régulation).



1.2 Composition d'un circuit hydraulique

Un circuit hydraulique industriel est représenté schématiquement par des symboles conventionnels normalisés. Un schéma hydraulique représente l'équipement toujours en position de repos ou initiale.

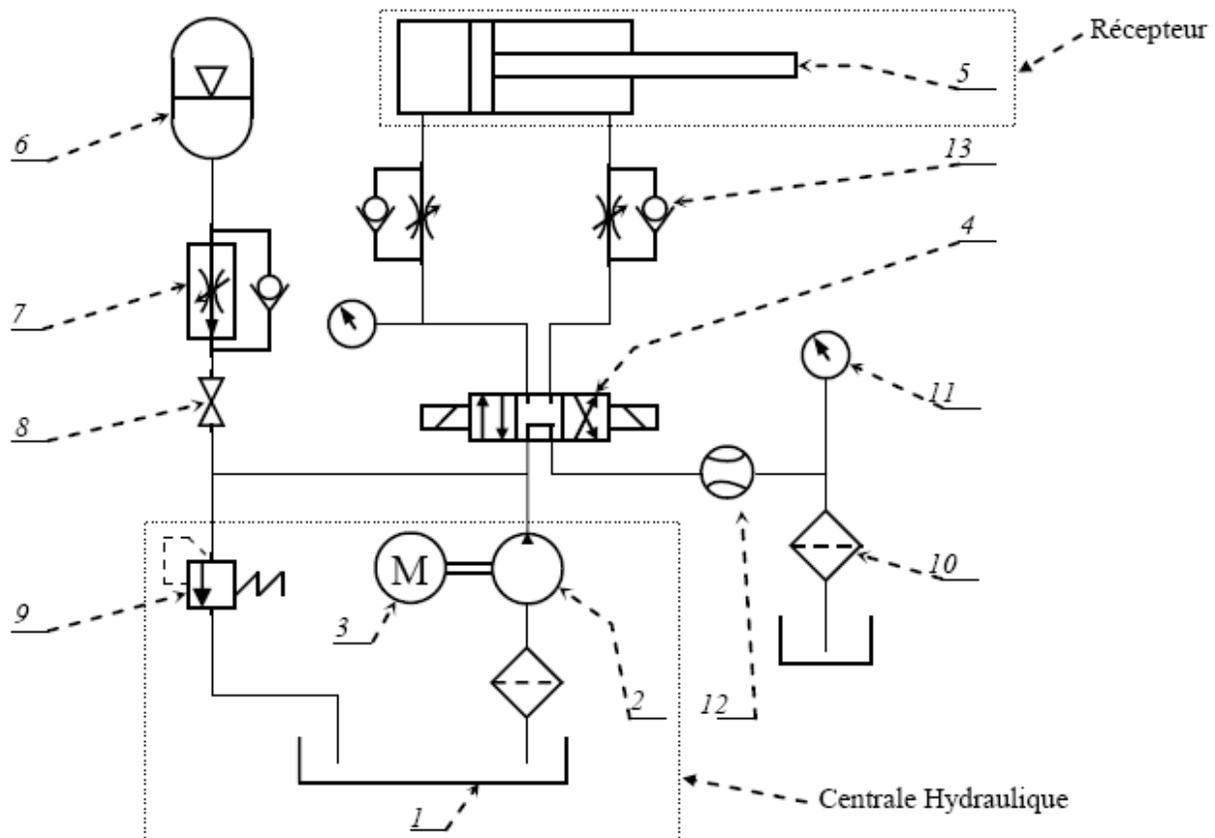
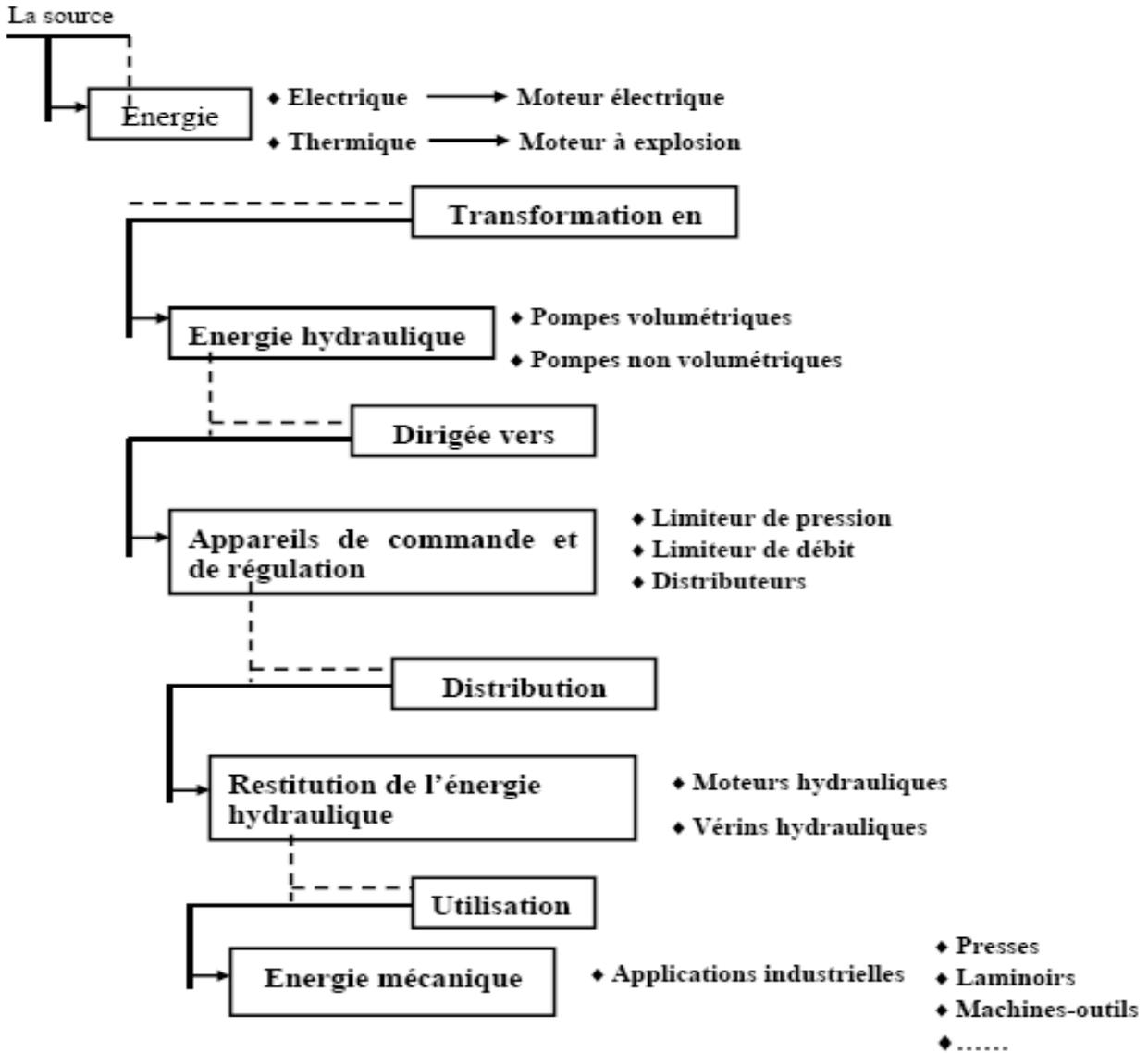


Fig.2.a : Schéma de principe d'un circuit hydraulique

Tableau2.b : Légende

Rép.	Désignation	Fonction
1	Réservoir	Stocker le fluide
2	Pompe hydraulique	Générer la puissance hydraulique
3	Moteur électrique	Actionner la pompe
4	Distributeur 4/3	Distribuer la puissance hydraulique au vérin
5	Vérin double effet	Transformer la puissance hydraulique en puissance 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

1.3 Structure schématique des systèmes hydrauliques



2- La centrale hydraulique

2.1 Définition d'une centrale hydraulique

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

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

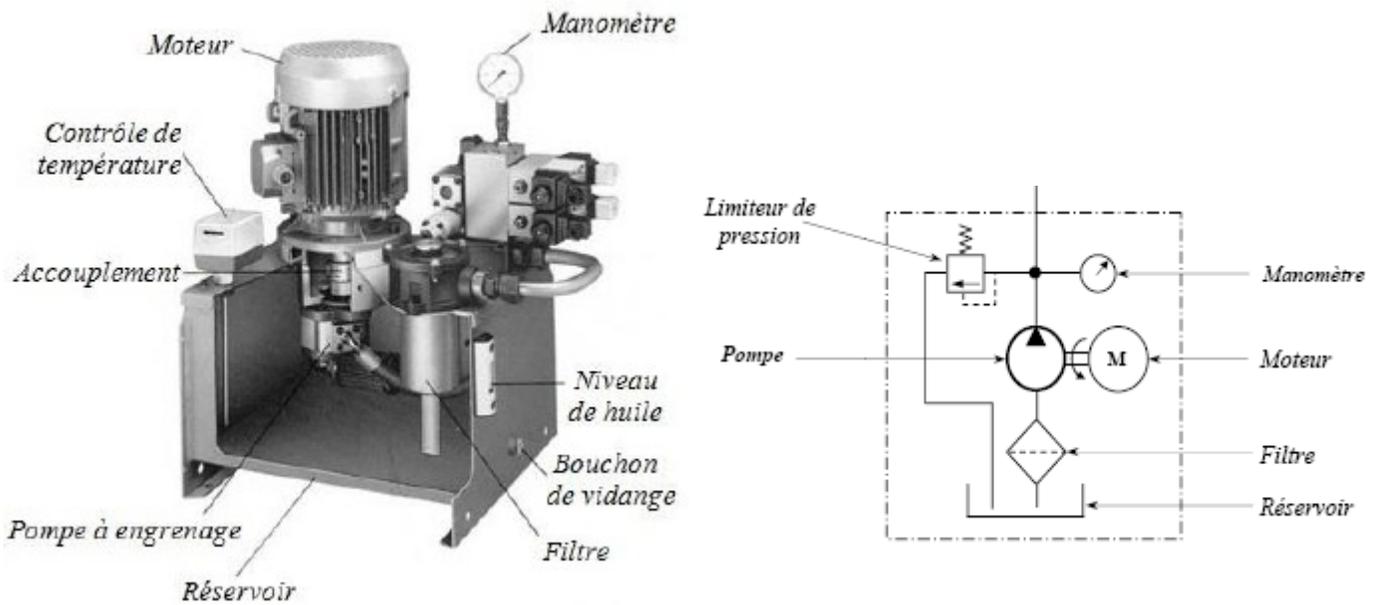


Figure 2.1 : centrale hydraulique

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

Système de filtration : il est utilisé pour éliminer les impuretés et les particules solides du fluide.

Les polluants présents dans un circuit occasionnent des dommages et/ou une usure prématurée des composants. Ces polluants peuvent être de deux types :

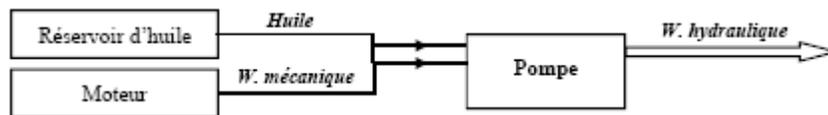
- solides : les particules d'usure venant des composants et les particules venant de l'extérieur ;
- solubles (non solides) : eau, gommages, boues...

Filtre avec indicateur de colmatage à contact	Filtre avec indicateur de colmatage à voyant	Filtre avec limiteur de pression by-pass	Filtre avec clapet anti-retour taré	Filtre protégé contre le retour de l'huile

Figure 2.2 : différents symboles normalisés des filtres

Pompe : sa fonction consiste à :

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



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

2.2 Le réservoir

a- Constitution

Le réservoir est utilisé pour le stockage des fluides. Il est constitué de :

- Une cuve en acier séparée en deux chambres par une cloison de stabilisation : une chambre d'aspiration (où se trouve le filtre d'aspiration) et une chambre de retour (pour isoler les polluants).
- Un couvercle assurant l'étanchéité et supportant l'ensemble motopompe.
- Un bouchon de vidange et éventuellement un autre de remplissage.
- Une porte de visite utilisée pour le changement du filtre, la réparation et le nettoyage.
- Deux voyants pour indiquer le niveau de fluide.
- Un filtre monté sur la tuyauterie d'aspiration.

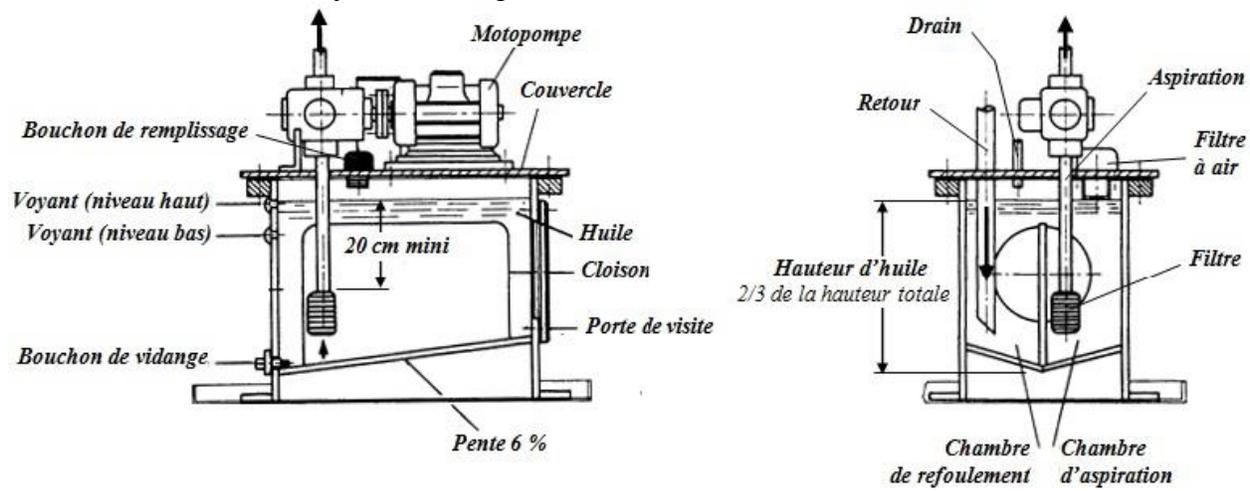


Figure 2.3: Composition d'un réservoir

Remarque : La capacité utile du réservoir est supérieure à trois fois la variation possible de volume du circuit.

b- Symboles

Réservoir à pression atmosphérique	Réservoir sous pression	Tuyauterie partant d'un réservoir en charge	Tuyauterie immergée	Tuyauterie au-dessus du niveau de l'huile

2-3: La pompe hydraulique

a- Rôle de la pompe dans un système hydraulique

La pompe est destinée à transformer une énergie mécanique fournie par un moteur, en énergie hydraulique. Son rôle se limite à aspirer l'huile de réservoir et de la refouler.

La pompe fournit un débit. C'est donc **un générateur de débit**.

b- Caractéristiques générales d'une pompe

Une pompe se caractérise par :

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

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)

Cylindrée :

Elle correspond au volume d'huile théorique débitée par tour en cm³ ou en litre. Donc le débit Q correspond à la cylindrée par la vitesse de rotation.

$Q = \text{Cyl} \cdot N$ Avec Q : débit, en litres /minute (l/min) ;

Cyl : Cylindrée, en litres (l/tr) ou en cm³/tr ;

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

Rendements :

- 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 :

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

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) ;

$$\eta_{vp} = \frac{Q}{Q_{th}} = \frac{Q}{\text{Cyl} \cdot N}$$

Q_{th} : C'est le débit théorique, $Q_{th} = \text{Cyl} \cdot N$.

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).

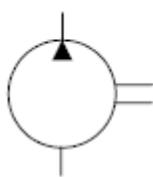
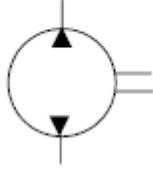
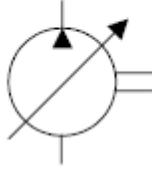
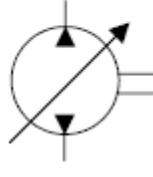
Le produit de ces deux rendements est évidemment le rendement global :

$$\eta_p = \eta_{vp} \cdot \eta_{mp}$$

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.

c- Symboles

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
			

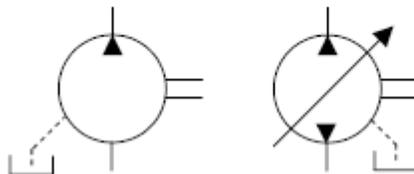


Fig 3.1. Symbole des pompes

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.

d- Classification des pompes

On classe les pompes en deux grandes familles :

- Les pompes *non volumétriques* ; dans lesquelles 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.

e- Les pompes volumétriques

Principe

- 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.

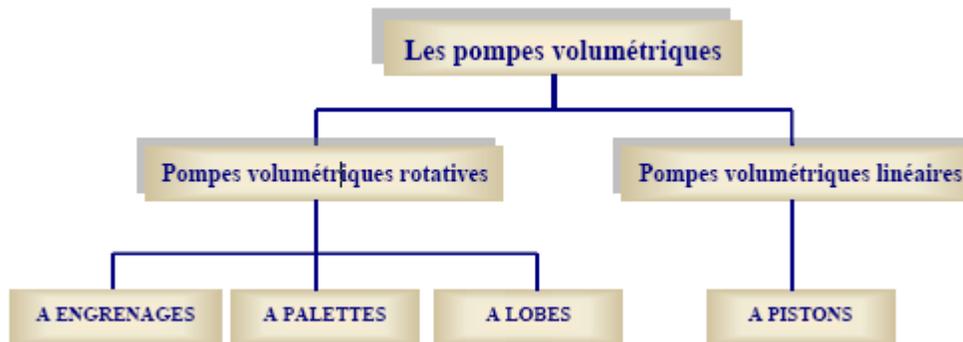


Figure 3.2 : pompes volumétriques

Les pompes volumétriques rotatives sont les pompes les plus utilisées.

3- Les organes de liaison

3-1/ Organes de commande (distributeurs)

a/- Rôle

Les distributeurs sont utilisés pour commuter et contrôler le débit du fluide sous pression, à la réception d'un signal de commande qui peut être mécanique, électrique ou hydraulique, afin de commander l'organe récepteur (vérin ou moteur).

b/- Symbolisation

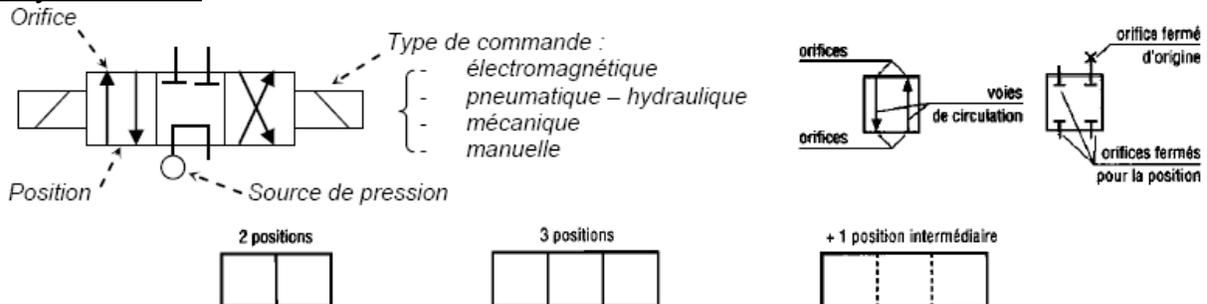
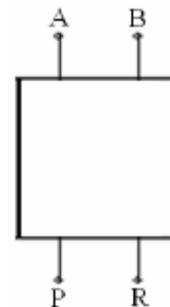


Figure 3.3 : symbole normalisé du distributeur

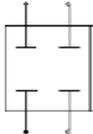
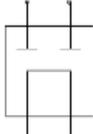
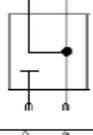
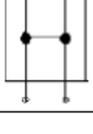
* *Désignation* : Nombre d'orifices / Nombre de positions, nature du centre du distributeur si Nombre de positions est 3, type de commande.

* *Orifices* : Les différents orifices d'un distributeur sont :

- P : orifice en connexion avec la pompe.
- R : orifice d'échappement.
- A : orifice en connexion avec l'orifice A de l'organe récepteur.
- B : orifice en connexion avec l'orifice B de l'organe récepteur.



* *Types de centres*

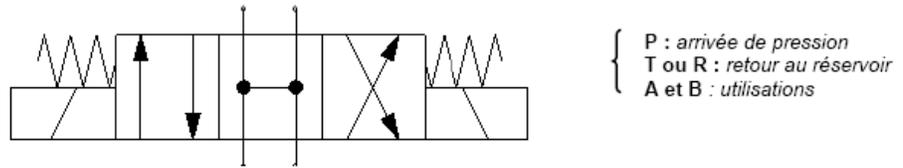
Désignations	Représentations
Centre fermé	
Centre tandem	
Centre semi ouvert	
Centre ouvert	

* *Types de commandes*

Désignations		Représentations
Commande manuelle sans maintient en position	Bouton poussoir	
	Levier	
	Bouton poussoir-tirette	
Commande manuelle avec maintien en position (levier à accrochage)		
Commande électrique		
Commande électrique avec ressort de rappel		
Commande hydraulique		
Commande hydraulique avec ressort de rappel		

* Exemples

- Distributeur 4/3 à centre ouvert à commande électrique avec ressorts de rappel



- Distributeur 4/2 NO commandé par levier à accrochage	- Distributeur 4/2 NF commandé par levier à accrochage

P : arrivée de pression
T ou R : retour au réservoir
A et B : utilisations

3-2/ Organes de protection et de régulation

a/- Organes de réglage du débit : limiteur de débit, régulateur de débit

Le rôle de ces composants est de faire varier la section dans laquelle le fluide circule.

En effet la vitesse d'un récepteur hydraulique (*vérin ou moteur*) est fonction du débit. Le réglage de ce débit est obtenu par un étranglement de section.

* *Limiteur de débit*

Destiné à agir sur le débit pour contrôler la vitesse d'un récepteur (*vérin, moteur*) mais n'assure pas la stabilité de débit au cours des variations de la pression.

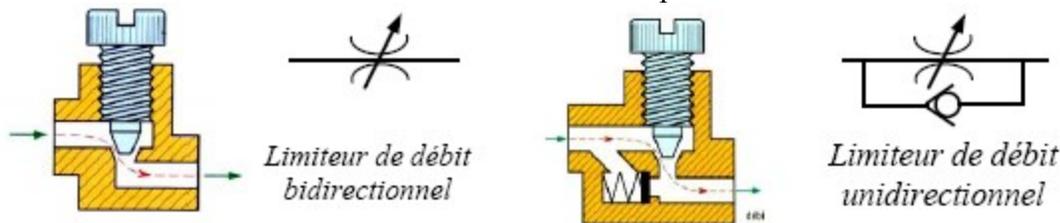


Figure 3.4 : limiteur de débit

NB : le limiteur de débit ne permet pas le contrôle du débit lorsque la charge est variable.

* *Régulateur de débit*

Conçu comme le limiteur de débit mais une variation de la pression permet de plus ou moins ouvrir l'étranglement du passage du fluide.

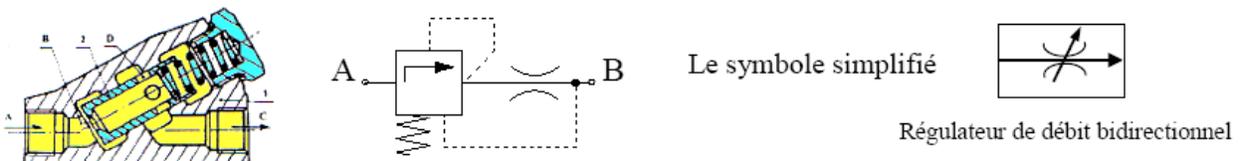


Figure 3.5: Régulateur de débit

Son principe de fonctionnement est basé sur :

- un tiroir qui a pour fonction de composer toute variation de charge du récepteur et permet de maintenir une différence de pression p constante de part et d'autre de l'étranglement ;
- un étranglement qui permet d'ajuster le débit en fonction de la vitesse.

b/- Organes de réglage de pression

* *Limiteur de pression* (soupape de sûreté)

Monté en amont du circuit, en dérivation avec la pompe et relié au réservoir, il permet de protéger le circuit contre les surpressions.

Fonction:

Réduire la pression du réseau principal et la maintenir constante dans une partie du circuit. La nécessité de limiter la pression maximale du fluide hydraulique est évidente : afin de protéger les différents éléments (pompe, actionneurs, etc.) constituant le circuit.

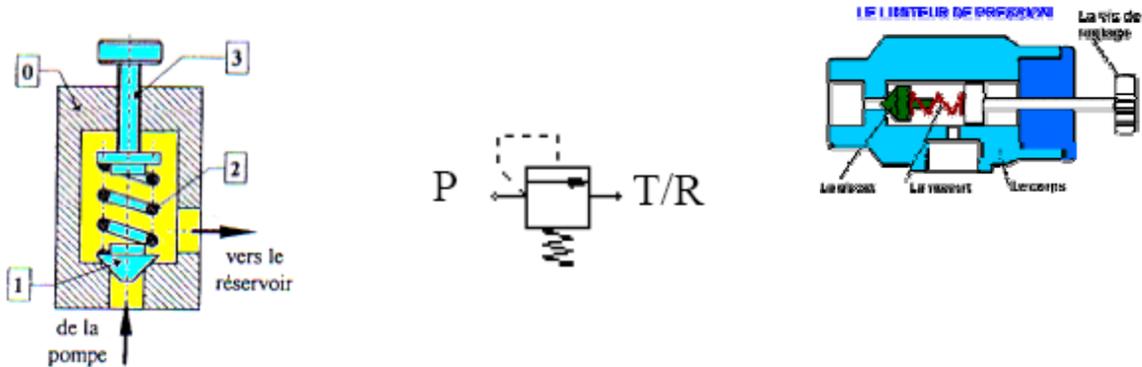


Figure 3.6: Limiteur de pression

* *Régulateur de pression*

Monté en amont de la branche secondaire du circuit, il permet de limiter la pression dans une branche du circuit à une valeur constante et inférieure à la pression de service.

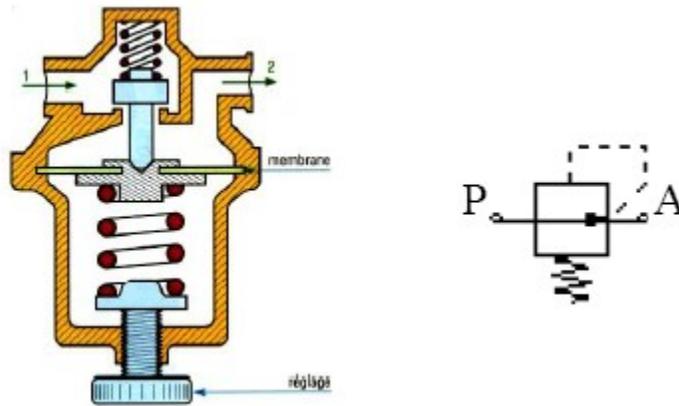


Figure 3.7: régulateur de pression

* *Valve de séquence*

La valve de séquence ne permet la circulation de l'huile vers une portion du circuit (alimenter le circuit secondaire) *que si* la pression dans la ligne principale (circuit primaire) a atteint la valeur de sa pression de pilotage.

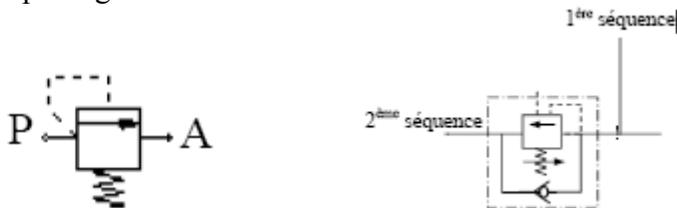


Figure 3.8 : valve de séquence

c/-Amortissement de fin de course des vérins

Cet amortissement est indispensable aux vitesses ou cadences élevées et sous fortes charges. Si des blocs en élastomère suffisent lorsque l'énergie à amortir est modérée, les dispositifs avec tampons amortisseurs sont recommandés aux plus hautes énergies. Dès que le tampon entre dans son alésage, le fluide à l'échappement est obligé de passer par l'orifice **B** plus petit, au lieu de l'orifice créant l'amortissement.

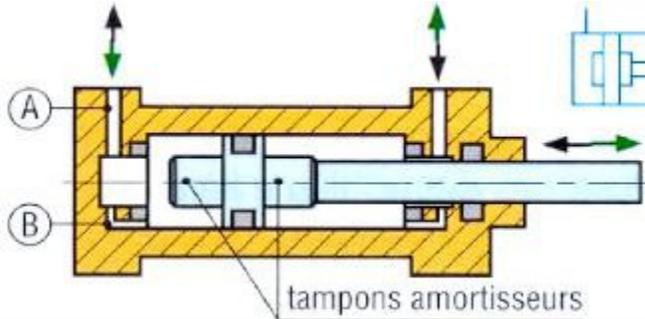


Fig.17 : Vérin double effet à amortissement non réglable

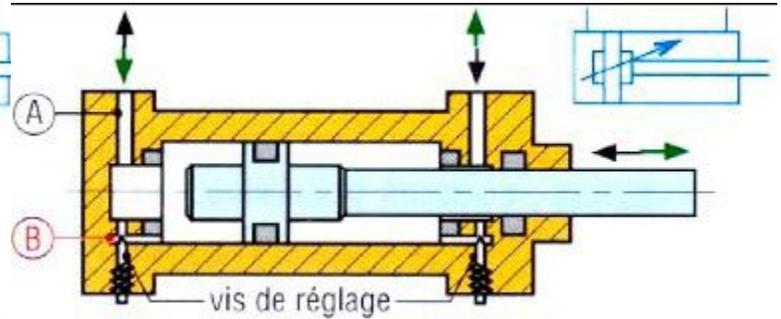


Fig.18 : Vérin double effet à amortissement réglable

3.3 Autres composants hydrauliques : 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.

1-1 : Principe:

L'accumulateur consiste à emmagasiner l'énergie cinétique engendrée par une colonne de fluide en mouvement lors d'une fermeture brutale du circuit (vanne, électro-vanne...) ou, plus généralement, lors d'une variation brutale de pression dans le circuit.

Accumulateur a vessie :

1-2 : Constitution :

1. Corps.
2. Soupape d'huile.
3. Vessie.
4. Valve de gonflage.

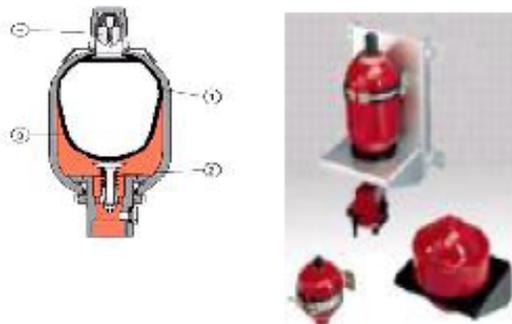
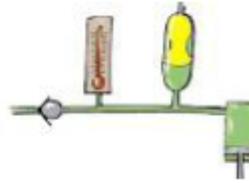


Figure 3.9 : accumulateur à vessie

1-3 : Les Différentes Fonction D'un Accumulateur :

• Dilatation thermique:

L'augmentation de volume due à l'élévation de température sera absorbée par la mise en place d'un accumulateur.



• Amortissement de chocs:Suspension :

L'accumulateur, par son rôle d'amortisseur, diminue la fatigue des composants hydrauliques et mécaniques.

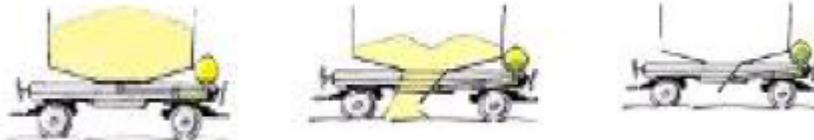
Exemple:

-Élévateurs, chariots de manutention, machines agricoles.



• Récupération et restitution d'énergie:

L'énergie fournie par la descente d'une charge peut être absorbée par l'accumulateur et restituée à un mouvement mécanique.



• Amortissement de pulsations:

L'adjonction d'un accumulateur sur un circuit hydraulique permet de limiter le taux d'irrégularité des pompes : il s'en suit un meilleur fonctionnement de l'installation, protection et augmentation de la durée de vie des éléments du circuit, ainsi qu'une diminution sensible du niveau sonore.



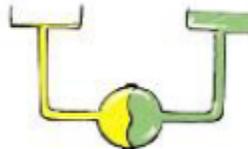
• Compensation de fuites:

Une fuite dans un circuit hydraulique peut entraîner une chute de pression. L'accumulateur compense alors la perte de volume et maintient ainsi une pression sensiblement constante dans le circuit.



• Transfert:

L'accumulateur rend possible le transfert entre deux fluides incompatibles. C'est la membrane qui assure la séparation entre les deux fluides.



• Réserve d'énergie:

Dans un circuit sous pression, l'accumulateur permet de tenir immédiatement disponible une réserve de fluide. On peut ainsi utiliser, au cours d'un cycle, dans un temps très court, une énergie importante, accumulée par une installation de faible puissance pendant les périodes de non consommation.

