REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction

Étude et conception du circuit hydraulique d'une presse hydraulique pour la fabrication de cosses

---

Présenté par :

- **Bouaied Houria**
- **Saifi Ahlem**

Proposé et dirigé par :

Mr : TAKDENTI MOURAD

Mr : BETTACHE FAROUK

Promotion 2019

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier ***ALLAH*** *pour nous avoir guidés vers le bon chemin de la lumière et du savoir et pour nous avoir donné du courage, de la volonté afin de pouvoir réaliser ce modeste travail.*

Nos remerciements à nos parents, pour leurs soutiens et leurs encouragements pendant toute la vie et qui continueront à nous aider dans tous les projets de l'avenir.

Ainsi que tous les membres de nos familles qui ont participé de près ou de loin à nous encourager et nous aider dans notre projet.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur ***Mr. MOURAD TAKDENTI*** *pour l'encadrement de ce mémoire son aide, sa patience et sa confiance qu'il nous a accordée.*

Nous tenons à remercier :les membres de jury ***Mr. ABDALLAH ELHADJ ABDALLAH*** *et* ***Mr. BEN TCHIKOU MOUHAMED*** *pour avoir accepté de juger notre travail.*

Nous Tenons à remercier également ***Mr. GHARNOUTI MAROUANE*** *et* ***SOUHIL BEN AICHA*** *et* ***ALI KACEM MOURAD***

pour leurs disponibilité et leurs orientations précieuses, et à tous les enseignants du département de Génie mécanique.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

« MERCI »

Dédicace

Tout d'abord je tiens à rendre grâce à ALLAH qui m'a guidé sur la bonne voie.

Je dédie avec grand plaisir, ce modeste travail à :

Je puisse les honores ;

A mon père ;

A ma chère mère ;

A mon frère et mes chères sœurs ;

A tout la famille (BOUAIED) ;

A mes amis proches Rima,Ahmed et Abdenour ;

Et à tous les amis sans exception ;

A mon binôme ahlem ;

Et à Tous mes collègues génie mécanique promotion 2019.

houria BOUAIED

Dédicace

Tout d'abord je tiens à rendre grâce à ALLAH qui m'a guidé sur la bonne voie.

Je dédie avec grand plaisir, ce modeste travail à :

Je puisse les honore ;

A mon père ;

A ma chère mère ;

A ma grande mere (Rahimaha allah) ;

A mes tantes et mes oncles ;

A mes cousins ;

A tout la famille Saifi et Boussahoua ;

A mes amis proches H ,fatiha,houria,dalal,fahima et naima ;

Et à tous les amis sans exception ;

A mon binôme houria ;

Et à Tous mes collègues génie mécanique promotion 2019.

Ahlem SAIFI

ملخص

في مشروعنا هدا قمنا بدراسة ميكانيكية وهيدروليكية لألة هيدروليكية ذات قوة ضغط تقدربما يقارب 20 طن

حيث قمنا بتحديد لواحقها وحساب أبعاد أجزائها الأساسية والضغط الناتج عنها.

وفي الأخير قمنا بعمل محاكات لكيفية عمل هذه الألة على برنامج : FESTO .

كلمات مفتاحية :

تصميم , حلقة هيدروليكية , ضاغطة هيدروليكية, Festo , Autocad.

Résumé

Dans notre projet on a fait l'étude hydraulique et mécanique d'une machine hydraulique d'une force de pression de 20 tonnes ou nous avons identifié les organes de la machine et dimensionné chaque partie avec le calcul de la force fournit par cette machine.

En dernier on a fait une simulation du fonctionnement de la machine en utilise le logiciel FESTO.

Mots clés :

Presse hydraulique, Conception, circuit hydraulique, Festo, autocad .

Abstract

In our projet we made the hydraulic study of hydraulic machine with a pressure force of 20 ton where we identify the organes and do sizing the machine pents with the calculation of the force provided by this machine at the last we did a similation of the operatif on the machine on the software festo.

Keys words:

hydraulic press , design , hydraulic circuit, Festo , autocad

chapitre		Page :
	Introduction.	01
	Etat de l'art.	02
	Généralités sur hydraulique	06
Chapitre I : Notions sur les paramètres hydrauliques	I. Introduction	07
	I.1. Les fluides et la viscosité	07
	I.2. Débit et vitesse.	07
	I.3. Régime d'écoulement.	08
	I.4. La pression.	09
	I.5. Les pertes de charges.	10
	I.6. Travail et puissance.	11
	I.7. Le rendement.	12
Chapitre II : les composantes hydrauliques .	II. Description générale.	14
	II.1 : Composition d'un circuit hydraulique.	14
	II.1.1 : Le Centrale hydraulique.	14
	II.1.1.1 : Le réservoir.	15
	II.1.1.2 : les pompes.	16
	II.1.1.2.1 : Les types des pompes volumétriques.	16
	II.2 : récepteur hydraulique el les éléments de liaisons.	21
	II .2.1 : récepteur hydraulique.	21
	II.2.1.1 : les vérins.	21
	II 2.1.1.1 : domaine d'application.	21
	II 2.1.1.2 : constitution d'un vérin.	21
	II .2.1.1.3 : Différents types de vérins.	22
	II. 2.1.1.4: Les principaux types de vérin.	24
	II.2.1.1.5 : Caractéristiques d'un vérin.	32
	II.2.1.1.6 : Fixation.	32
	II.2.1.2 : Le moteur hydraulique.	33

	II.2.1.2.1: Les différents types des moteurs	33
	II.2.2 : les éléments de liaisons.	35
	II.2.2.1 : Distributeurs.	35
	II.2.2.1.1 : constitution.	35
	II.2.2.1.2 : Rôle du distributeur.	35
	II.2.2.1.3 : Fonction du distributeur.	35
	II.2.2.1.4 : Les types de distributeurs.	36
	II.2.2.1.5 : Caractéristiques et classification.	38
	II.2.2.1.6 : représentation chimique.	38
	II.2.2.1.7 : les principaux du distributeur.	39
	II.3 : Autre composants hydraulique.	41
	II.3.1 : Accumulateur.	41
	II.3.1.1: types des accumulateurs.	41
	II.3.2 : Les filtres.	43
	II.3.3 : Manomètres.	44
	II.3.4 : Débitmètre.	44
	II.3.5 : Thermostat.	45
	II 3.6 : Thermomètre.	45
	II 3.7 : Manocontact.	46
	II 3.8 : Echangeurs thermiques.	46
	II .3.9 : Les Clapets.	46
	II .3.10 : Les vannes.	48
	II.4. Les appareils dérégulation.	48
	II .4.1. Organes de réglage du débit.	48
	II .4.2 : les appareils de contrôle de pression.	49
	II.5. Tuyauteries.	53
	II.5.1 : les types tuyauterie.	53
	II.5.2 : Choix des tuyauteries.	54
	II.6 : les fluides.	54
	II.6.1. Propriétés des liquides.	54
		56

Chapitre III: Description de la machine et maintenance de circuit hydraulique	III.1. Description de la machine.	55
	III.1.1 Définition.	55
	III.1.2 Caractéristique de la machine.	55
	III.1.3 Fonction de la machine.	55
	III.1.4. Poste de travail.	55
	III.2. Maintenances de circuit hydraulique.	58
	III.2.1. Définition générale de maintenances.	58
	III.2.2. La maintenance dans l'hydraulique.	59
	III.2.3. Pannes de fonctionnement.	59
	III.2.4. Plan de maintenance pour les composants hydrauliques.	60
	III .2.5. Mise en service d'une installation hydraulique.	60
Chapitre IV: choix et calcul des composantes	IV.1. Le choix des vérins.	61
	IV.1.1. Dimensionnement du vérin**.**	61
	IV.1.2. Détermination de la tige de vérin.	62
	IV.2. Le choix des pompes.	63
	IV.2.1.la cylindrée (cyl).	63
	IV.2.2. La vitesse de rotation.	63
	IV.2.3. Le débit.	63
	IV.2.4. Le rendement.	63
	IV.2.5. Le couple.	63
	IV.2.6 .la puissance nécessaire à l'entrainement.	64
	IV.3. Application sur la partie essentielle de circuit.	64
	IV.3.1. Choix des vérins :	64
	IV.3.1.1 Dimensionnement du vérin**.**	64
	IV.3.1.2. Détermination de la tige de vérin.	65
	IV.4.2. Choix de pompe.	66
	IV.4.3. Choix de moteur hydraulique.	67

	Conclusion	68
	Bibliographiques	69
	Annexes	70

Liste de figure

Figure	Titre	Page :
I.1	Diagramme de l'indice et la température.	8
I.2	Représentation des types d'écoulements.	9
I.3	Répartition de la pression dans un réservoir.	10
I.4	Pertes de la charge linéaire.	11
I.5	Pertes de charges singulières.	11
II.1	La zone de circuit hydraulique.	14
II.2	Composition d'une centrale hydraulique.	15
II.3	Composition d'un réservoir.	15
II.4	Classification des pompes volumétriques.	16
II.5	Pompe a engrenage extérieur.	17
II.6	Pompe à engrenage intérieur.	17
II.7	Pompe à palette.	18
II.8	Pompe à lobes.	19
II.9	Pompe à pistons axiaux (cylindre fixe).	19
II.10	Pompes hydraulique a pistons radiaux.	20
II.11	Pompe à piston.	20
II.12	Constitution d'un vérin.	21
II.13	Vérin pneumatique.	22
II.14	Vérin hydraulique.	22
II.15	Vérin électrique.	23
II.16	Vérin manuel.	24
II.17	Vérin semple effet.	25
II.18	Vérin diaphragme.	25
II.19	Vérin à membrane à piston.	26
II.20	Vérin à soufflet.	26
II.21	Muscle pneumatique.	26
II.22	Vérin double effet.	27
II.23	Vérin sans amortissement.	28
II.24	Vérin avec amortissement.	28
II.25	Vérin son équipe d'amortisseur réglable.	28
II.26	Vérin magnétique.	29

Liste de figure

II.27	Vérin tandem.	29
II.28	Vérin double tige.	29
II.29	Vérin sans tige.	30
II.30	Vérin oscillant.	30
II.31	Vérin oscillant à palette.	31
II.32	Vérin télescopique.	31
II.33	Vérin relatif.	32
II.34	Mode de fixation.	33
II.35	Moteur à palette.	33
II.36	Moteur à engrenage.	34
II.37	Moteur pistons radiaux.	34
II .38	Moteur à pistons axiaux.	35
II.39	Constitution de distributeur.	35
II.40	: distributeur à clapet.	36
II.41	Distributeur à tiroir.	37
II.42	Distributeur à boisseau.	37
II.43	Distributeur pilote.	37
II.44	Distributeur 3/2.	39
II.45	Distributeur 4/2.	39
II.46	Distributeur 4/3.	40
II.47	Distributeur a commandes proportionnelle.	41
II.48	Accumulateur.	41
II.49	Accumulateur à membrane.	42
II.50	Accumulateur à vessie.	42
II.51	Accumulateur à piston.	42
II.52	Manomètres.	44
II.53	De débitmètre.	45
II.54	Thermostat.	45
II.55	Thermomètre.	45
II.56	Manocontact.	46
II.57	Echangeurs thermiques.	46
II.58	Clapets anti-retour .	47
II.59	Clapets pilotée	47

Liste de figure

II.60	Vanne.	48
II.61	Limiteurs de débit.	48
II.62	Régulateur de débit à une voie.	49
II .63	Régulateur de débit à deux voies.	49
II.64	Limiteur de pression.	50
II.65	Limiteur de pression piloté.	50
II.66	Limiteur de pression avec piston équilibré.	51
II.67	Régulateurs de pression.	51
II.68	Soupape de séquence.	52
II .69	Valve de Freinage.	52
II.70	Le réducteur de pression à action directe (1) et indirect (2).	52
II.71	Conjoncteurs – disjoncteurs.	53
II.72	les Tuyauteries souples.	53
III.73	Cousses électrique.	55
III.74	Système cremaillaire.	56
III.75	Schéma de circuit hydraulique de la machine.	57
III.76	Les différentes formes de maintenance.	58
IV77	Piston.	61
IV.78	Schéma sur le flambement d'une tige de piston.	62
IV.79	Facteur de course k en fonction de fixation.	63
IV.80	Abaque de calculs : relation entre couple /cylindrée/pression.	66

Liste de tableaux

Tableaux	Titre	Page :
IV. 01	caractéristiques de vérins.	64

+

Introduction

L’hydraulique est vue de par sa de finition comme la science qui traite des problèmes posés par l’emploi des fluides en mouvement ou en repos. Jusqu'a la Révolution Industrielle, le bois et la force animale fournissaient l'essentiel de l'énergie utilisée par l'homme, mais, utilisée depuis longtemps pour entrainer des machines, l'énergie hydraulique fournissait la plus grande partie de l'énergie mécanique.

L'hydraulique industrielle, voici un domaine de la technologie qui est très étendu qu'il ne donne l'impression. Rien qu'un seul composant peut faire l'objet d'un mémoire entier si l'on voulait tout de tailler au sous composant prés.

Le bon fonctionnement d’un circuit hydraulique n’est pas le fruit du hasard. Si le circuit exécute bien le travail auquel il est destiné, c’est que l’étude des composantes du système et leur sélection ont été faite selon des critères très rigoureux.

Notre travail comporte 4 chapitres essentiels dont le premier chapitre décrit des généralités en mécaniques des fluides.

Le deuxième chapitre est axé sur les différents types d’organes hydrauliques (tel que, les moteurs, les pompes, et les distributeurs autre accessoire hydraulique).

Le troisième chapitre axe sur la description de machine avec les schématisations de circuit hydraulique, et la maintenance des éléments essentiels de circuit hydraulique de la machine.

Le quatrième chapitre traite le choix des organes hydrauliques de circuit de travail et consiste à décrire la méthode de calcul.

On possède de nombreuse témoignage de l'existence d'ouvrage hydraulique datant de la préhistoire, notamment en Egypte et en Mésopotamie ou ont été découvrent des vestiges d'ouvrages D'irrigation remettant à une période antérieure à 4000 ans avant L'ère chrétienne.

En Egypte on a retrouvé les traces des canaux d'assainissement de la vallée du Nil .la construction de puits en Egypte fut un procède utilise postérieurement à la construction de canaux. Un des premiers rois Égyptiens fit construire un barrage en enrochement sur le Nil à Memphis (ancienne capitale de l'Egypte, à 22 Km au sud du Caire).

En Mésopotamie, la région arrosée par le tige et l'Euphrate se prêtait également à l'utilisation des eaux pour l'irrigation : on y a retrouvé des traces de canaux dont la création remonte environ 4000 ans avant l'ère chrétienne.

En inde et au Pakistan, des fouilles ont révélée l'existence de bains alimenté par tuyaux et se déversant dans canalisations souterraines.

En Iran, au moyen orient .et en Afrique du nord des galeries souterraines de captage des nappes de faible profondeur pour les besoins datent de cette époque (les foggaras des oasis saharienne).

En définitive l'hydraulique de l'antiquité fut un art sans aucune base scientifique. En dehors du principe d'approximations successive vers le but cherché. Néanmoins l'œuvre de ces anciens constructeur permis à leur successeur le développement de la sienne de l'hydraulique.

Le développement ultérieur de l'hydraulique repose essentiellement sur l'amélioration des outille mathématique et sur les notions de la mécanique.

Parmi les nombreux manuscrite d'archimède (287-212 av. J-Cà.de l'école d'Alexandrie citons une analyse en deux volumes de l'hydraulique et de la flottabilité qui reforment la théorie de la stabilité des corps flottant, Ctesibios inventeur d'orgues hydraulique et de la première pompe aspirante et foulante appartient à la même école (Alexandrie).

L'hydraulique fut retardé dans son développement jusqu'au moment où la méthode expérimentale fit son apparition dans le domaine de la mécanique.

En cette période apparut léonarde Vinci, Savant universellement (1452-1519), il projetait dirigea des travaux de canalisation et construction portuaires en Italie centrale. Ila établit le projet d'un canal reliant la Loire à la Saône. Léonard de Vinci attachait la

plus grande importance à l'expérience, il écrivit un ouvrage intitule « sur le mouvement et la mesure de l'eau ».
Un mathématicien hollandais de cette époque Simon Stevin (1548-1620) publia son ouvrage d'hydraulique en 1586. Il expliqua le paradoxe hydrostatique connu sous le nom de « paradoxe de Steven » G. Galilée (1564-1642) examina les lois principales sur chute des corps.

Evangelista Torricelli (1608-1647à élève de G. Galilée, applique les lois du maitre au mouvement des liquides. Ce ne fut seulement qu'au milieu du 18^{éme} siècle qu'ou put enfin comprendre que la formule de Torricelli V=2gh s'appliquait seulement à la section contactée de la veine Edmé Mariotte (1620-1684) fut le premier hydraulicien notable du 17 ^{iéme} siècle qui n'appartient pas à l'école italienne. Son principal ouvrage en matière d'hydraulique est le « traité du mouvement des eaux et des autre corps fluides » publie en 1686, deux ans sa mort.

Blaise Pascale (1623-1662) apporta ainsi une très importante contribution à l'hydraulique en donnant la forme définitive de l'hydraulique. Il établit le postulat fondamental de l'hydraulique.

Newton (1642-1728) exprima la proportionnalité de la contraint de frottement au gradient transversal des vitesses.

Leibnitz (1646-1716) introduisit le concept des quantités de mouvement (actuellement énergie cinétique).
Cependant l'apparition de l'hydraulique en tant que science avec une base théorique solide n'est devenu possible qu'après les ouvrage de : Daniel Bernoulli (1700-1782), qui publia en 1738 son ouvrage « hydrodynamique » dans lequel il exposa une équation appelée l'équation de Bernoulli.

Léonard Euler (1707-1783), qui fonda définitivement la science d'hydrodynamique et les équations qui régissent l'écoulement d'un fluide non visqueux.

Joseph –lois Lagrange (1736-1813) qui développa largement les travaux d'Euler.

Pierre-Simon Laplace (1749-1827) contemporain de Lagrange développa surtout la mécanique céleste.
Au début du 18 ^{iéme} siècle, trois méthodes expérimentale avaient été imaginée par Galilée Newton, Mariotte ; Rouse et Robins.

Jean-Charles Bord (1733-1799) a associé l'étude de l'écoulement parles ajustages rentrant, par application des quantités de mouvement, ainsi que la perte de charge résultants d'un élargissement brusque.

L'abbé Charles Bossut (1730-1840) et le conte Du Buât (1737-1809) sont les premiers fondateurs de la technique expérimentale (père des laboratoires d'hydraulique).
L'étude de l'écoulement dans les canaux et l'établissement d'une formule tentant compte de la résistance opposée par les parions et les fond du canal en régime uniforme. Firent l'objet de nombreux travaux et recherche. C'est à ingénieure Antoine Chézy (1718-1798) que revint l'honneur d'établir la premier formule d'écoulement dans les canaux.
Grace à l'expérimental plusieurs dispositifs ont apparu tel que : le piézomètre, le tube de Pitot, le moulinet, le modèle réduit, et le bassin des carènes.

Adhémar Barré de Saint Venant (1797-1886) étudia l'écoulement non permanant.
Henri-Emile Bazin (1829-1917) étudia le mouvement uniforme et l'écoulement par les déversoirs.de très nombreux savant (hydrauliciens, mathématiciens et médecine ...etc.) contribuèrent. Dans plusieurs pays, au développement de l'hydraulique tel que Charles –Augustin de coulomb (1736-1806) le baron Riche de Prony (1755-1839), jean – baptiste Belanger (1789-1874), Ludwig Hagen (1797-1884), Jean-Louis poiseuille (1799-1869), Julius-Eisbach (1806-1871), Jean –Claude barré de saint (1797-1886). Gaspard-Gustave de Coriolis (1792-1843), Ludwig Hagen (1797-1884) et 60 ans plus tard Reynold, Jean-Louis poiseuille (1799-1869) ……etc.

Julius Wei Bach (1806-1871) fut le premier à écrire l'équation de la perte de charge.

George –Gabriel Stokes (1819-1903) introduisit le coefficient de viscosité dynamique et qu'aboutit aux équations classiques de Navier –stoker concernant les fluides visqueux.
Osborne Reynolds (1842-1912) a réalisé un modèle et a étudié expérimentalement le mouvement laminaire et le mouvement turbulent .la technique des bassines des carènes pour l'essai des modèles de navires fut développée par les deux anglais : William Froude (1810-1879) et son fils Robert –Edmund Froude (1846-1924).
Enfin, la fin du 19iéme siècle marqua de développement de l'école américaine, télé que : lestre-Allen Pelton (1829-1908), Clemens Herschel (1842-1930) …etc.
Nicolaï Joukowsky (1872-1934) a étude le phénomène du coup de bélier dans le cas d'une manœuvre brusque.

Au début du 20iéme siècle. L'école allemande prit un essor remarquable avec Hubert Engels (1854-1945), Théodore Reh bock (1864-1950). Hermann Foettinger (1877-1945) (cavitation. Convertisseur hydraulique de couple). Dietrich Thoma (cavitation et l'autrichien Victor Kaplan (1876-1934).

En France M. Camichel (1871-1966) crée le laboratoire d'hydraulique de Toulouse. Vers la même période se crée un autre laboratoire. À Grenoble actuellement devenu SOGREAH (coup de bélier, régulation des turbines. etc.).

Et après la dernière guerre, parmi les ingénieures et chercheurs qui ont contribué au développement du laboratoire de l'ile de Chatoie à proximité de paris, citons :

M. Nizery (1907-1954). Gridel (1903-1970), banal, Val embois et Remanieras. Outre les laboratoires, de nombreuses expérience furent réalisées sur le terrain, notamment dans le domaine de l'hydraulique agricole aux états unis et aux Indes.

Sur le plan mathématique, on développa l'étude analytique du coup de bélier Allievi (1856-1941).

Cette science étend actuellement ses frontières au-delà de son domaine traditionnel. La recherche hydraulique se développe très largement dans les laboratoires industriels et universitaires. Aux outils traditionnels tels que les essais sur modèles réduits, sont venus s'ajouter les techniques de simulation numérique sur ordinateur.

L'hydraulique est un moyen simple de transmission de puissance d'un point à un autre, au même titre que la mécanique et l'électricité.

Domaines d'application de l'hydraulique :

- Machine-outil : presses à découper, presses à emboutir, presses à injecter, bridage de pièces, commande d'avance et de transmission de mouvements, ...
- Engins de travaux publics : pelleteuse, niveleuse, bulldozer, chargeuse, …
- Machines agricoles : benne basculante, tracteur, moissonneuse-batteuse, …
- Manutention : chariot élévateur, monte-charge, …

Les avantages des systèmes hydrauliques :

Les systèmes hydrauliques offrent de nombreux avantages et permettent en particulier :

- La transmission de forces et de couples élevés.
- Une grande souplesse d'utilisation.
- Une très bonne régulation de la vitesse des actionneurs, du fait de l'incompressibilité du fluide.
- La possibilité de démarrer les installations en charge.
- Une grande durée de vie des composants, du fait de la présence de l'huile.

Les inconvénients des systèmes hydrauliques :

Les systèmes hydrauliques engendrent aussi des inconvénients :

- Risques d'accident dus à la présence de pressions élevées (50 à 700 bars).
- Fuites entraînant une diminution du rendement.
- Pertes de charge dues à la circulation du fluide dans les tuyauteries.
- Risques d'incendie, l'huile est particulièrement inflammable.
- Technologie coûteuse (composants chers, maintenance préventive régulière).

I. Introduction : [1]

Les systèmes hydrauliques se retrouvent partout dans les installations industrielles qui requièrent de la force, de la flexibilité et de la fiabilité. De nos jours, l'avènement de l'électronique et de l'informatique a permis de perfectionner les circuits hydrauliques. Ceux et celles qui œuvrent dans ce domaine doivent donc se tenir à l'avant-garde de ce qu'il est convenu d'appeler aujourd'hui l'électro hydraulique.

Pour ce faire, il leur faut bien connaître les principaux facteurs qui conditionnent les systèmes hydrauliques et être en mesure d'utiliser les formules mathématiques qui les déterminent.

I.1.Les fluides et la viscosité :

I.1.1. La viscosité : [2]

Les fluides sont des corps dont les molécules sont très mobiles les unes par rapport aux autres. Ils prennent la forme des vases qui les contiennent. Les fluides se devisent en deux groupes :

- **Les gaz**, qui sont très compressible.
- **Les liquides**, sont très peut compressible. Leur incompressibilité est utilisée en hydraulique pour l'obtention de pression élevée.

Les fluides sont constitués de particules extrêmement petites qui glissent facilement les unes sur les autres. Les forces de cohésion qui maintiennent ces particules en contact ne sont pas les mêmes pour tous les liquides. Ces sont à l'origine de la viscosité.

a) La viscosité dynamique :

Dans une veine fluide en mouvement deux filets fluides s'entrainent par frottement de leurs molécules. Il y a donc perte de vitesse d'un filet fluide à l'autre.

La force de frottement s'écrit :

$$f = \mu S \Delta v / \Delta l$$

***f* :** force de frottement en newton [N].

μ: La viscosité dynamique .

S : surface des filets fluides en [m²].

Δv : la différence de vitesse.

Δl : la distance entre les surfaces fluides considérées.

b) La viscosité cinématique :

C'est le quotient de la viscosité dynamique μ par la masse volumique.

$$\nu = \mu / \rho$$

ν : viscosité cinématique.

ρ : la masse volumique.

C) L'indice de viscosité **:**

L'indice de viscosité caractérise la manière dont la viscosité de fluide en température.

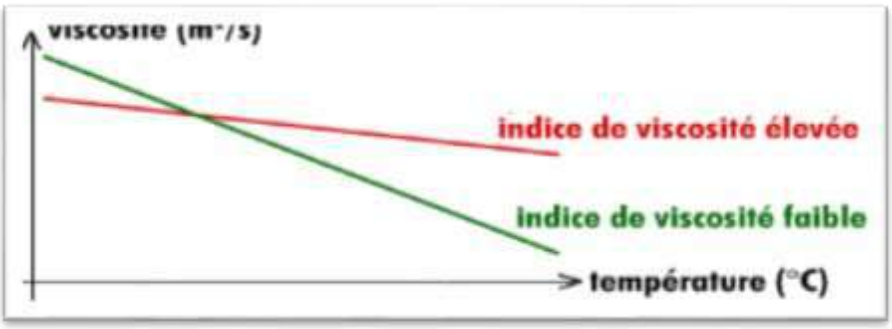


Figure (I.1) : diagramme de l'indice et la température.

Choisir un l'huile à indice de viscosité élevé est important pour systèmes que les évolue dans un environnement présentant un écart de température élevé (aviation un exemple).

I.2.Débit et vitesse : [2]

De façon générale, le débit (Q_v)est défini comme étant un certain volume de matière qui se déplace dans un temps déterminé.

Le débit (Q_v) de fluide dépend directement de la vitesse (v) linéaire de ce fluide et de l'aire (A) de la section de la conduite.

- Q_V : Volume par unité de temps en.
- v : Déplacement linéaire des molécules en unités de longueur par unité de temps(Vitesse).
- A : Aire en unités carrées de la section prises perpendiculairement au déplacement du fluide.

Le débit qui circule dans la conduite est donné par :

$$\mathbf{Q_V = v \times A}$$

I.3.Régime d'écoulement : [1]

Dans une conduite, l'écoulement peut être laminaire, critique ou turbulent.

Il est laminaire lorsque les molécules du fluide se déplacent parallèlement les unes par rapport aux autres.

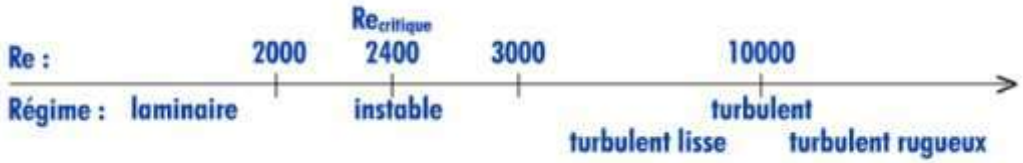
- Ce type d'écoulement minimise les pertes de friction (chaleur) et les vibrations qui sont très néfastes pour les raccords.
- L'écoulement devient turbulent lorsque les molécules se déplacent de façon désordonnée.
- Ce type d'écoulement cause énormément de perte de puissance, en engendrant sur tout de la chaleur.
- Les vibrations et les pertes de pression s'accumulent au détriment du rendement de la machine.
- L'unité utilisée pour évaluer l'écoulement est le Reynolds (Re**)** et la formule pour calculer le nombre de Re est la suivante :

$$\mathbf{Re= (vf * Ø) / v}$$

v = la vitesse d'écoulement en [m/s].

Ø = diamètre intérieur de la conduite en [m].

ν = la viscosité cinématique en [m2/s].



De 0 à 2000 ; l'écoulement est laminaire.

De 2000 à 3000 ; l'écoulement est critique (transition).

De 3000 et plus ; l'écoulement est turbulent.

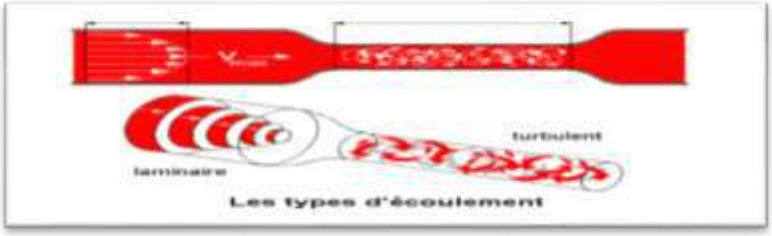


Figure (I.2) : représentation des types d'écoulements. [1]

I.4.La pression : [2]

Toute variation de pression en un point d'un liquide entraine la même variation en tousses points.

Sachant qu'il y a une relation directe entre pression et force, on peut dire qu'une force appliquée sur un liquide en équilibre en modifie la pression qui se transmet intégralement dans toutes les directions à l'intérieur de ce liquide.

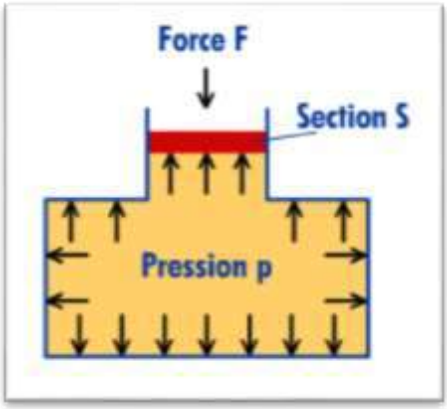


Figure (I.3) : répartition de la pression dans un réservoir.

P = F / S

P : pression en [bar]

F : forces-en [daN]

S : surfaces-en [cm²]

I.5.Les pertes de charges : [3]

Dans une conduite hydraulique, chaque obstruction engendre une perte d'énergie transformée en chaleur qui est directement reliée au débit. Cette perte d'énergie se constate en une chute de pression : la perte de charge ΔP.

$$\Delta P = P_{\text{Hydrostatique en amont}} - P_{\text{Hydrostatique en aval}} = K.P.V^2/2$$

K : coefficient fonction du type de perte de charge

P : masse volumique du fluide[kg/m³]

v : vitesse d'écoulement du fluide [m/s]

a) Pertes des charges linéaires :

Ces sont les chutes de pression qui se produise le longue d'une conduite droite a cause des frottements avec les parois de conduites.

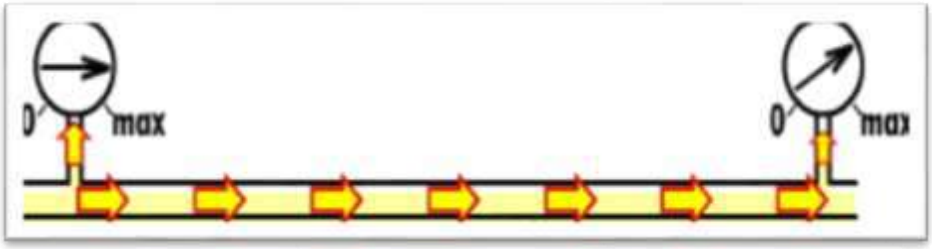


Figure (I.4) : pertes de la charge linéaire.

$$K=\lambda.L / D$$

λ : le coefficient de perte des charges

L : longueur de la canalisation.

D : diamètre de la canalisation.

Le coefficient de perte des charges λ est en fonction de régime d'écoulement

Si :

- RE <2000 (écoulement laminaire) : $\lambda = 64 / RE$
- 3000 < RE<4000 (écoulement turbulent) : $\lambda =0.316 / Re0.25$
- RE<4000 : $\lambda = 0.79. (\xi/\rho)^{1/2}$ ξ dépende de la rugosité du tuyau .

Environ :

- 0.3 Pour un tube en acier hydraulique.
- 0.25 Pour un tube en acier.
- 0.40 Pour un tube en fonte.

b) Pertes des charges singulières :

Les pertes de charge singulières se manifestent dans les raccords, coudes, vannes et les branchements. Elles obéissent à une loi de type :

$$K.\rho.V^2 / 2$$

K : coefficient lié à la forme de la conduite Ces dernières peuvent être estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

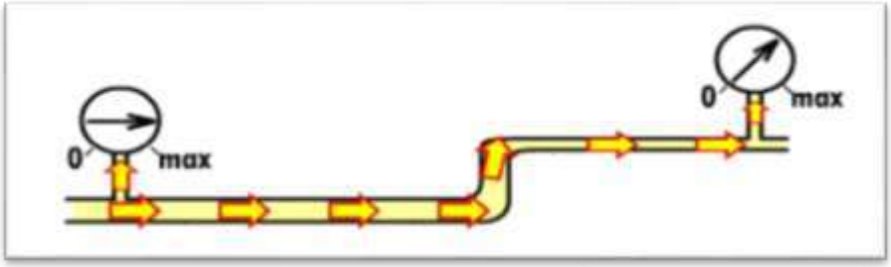


Figure (I.5) : pertes de charges singulières. [3]

I.6.Travail et puissance : [1]

a) Travail :

D'une manière générale, le travail mécanique (W) se définit comme le produit de la force par le déplacement du point d'appui de cette force.

Dans le système international (SI), le travail s'exprime par le produit du nombre de Newtons par la distance en mètres (Nm).

La formule est donc :

$$W_{(méc)} = F \times d$$

Dans laquelle F est en newtons et d est en mètres.

La force hydraulique (F) dans le SI égale **F = P× A** dans laquelle P (pression) s'exprime en pascals (Pa) et A(air) s'exprime en mètres carrés (m2).

Le travail hydraulique dans le SI s'exprime comme suit :

$$W_{(hyd)} = F \times D$$

Sachant que : **Pa = N / m2**

A : aire en [m2]

D : distances-en [m]

On obtient : $W_{(hyd)} = P \times A \times D$

b) La puissance :

En plus du travail mécanique et hydraulique, il faut tenir compte de la puissance qui définit un travail accompli par unité de temps. En général, si l'on exécute un travail rapidement, la puissance (P) exigée est plus grande que si l'on prend plus de temps pour le faire. La formule suivante donne la puissance mécanique :

$$N = (F \times D) / t$$

N : s'exprimes-en [w].

t : s'exprime en seconde.

I.7. Le rendement : [1]

Lorsqu'on évalue la puissance que dissipe un actionneur pour accomplir un travail dans un temps déterminé, on trouve la puissance nette, celle qui satisfait aux de mandes de la machine.

Mais il faut comprendre que la puissance que l'on injecte dans une machine n'est pas transmise intégralement aux actionneurs.

Entre l'entrée et la sortie de puissance, il y a les pertes qui sont de différentes natures :

- Pertes de friction.

- Pertes en ventilation.
- Pertes en chaleur (thermiques).

Par conséquent, la puissance nette, celle qui sert à faire le travail, égale la puissance injectée à l'entrée de l'actionneur moins les pertes.

Ce qui s'exprime mathématiquement par :

Puissance nette(Nn) = puissance injecté(Ni) – pertes

En utilisant la puissance nette et la puissance injectée, on peut calculer le rendement d'un système ou d'une composante du système.

Le rendement correspond donc au rapport entre la puissance nette (utilisable) et la Puissance injectée.

Rendement(ŋ) = puissance nette (Nn) / puissance injecté(Ni)

.

II. Description générale : [4]

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

- **1ere 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.

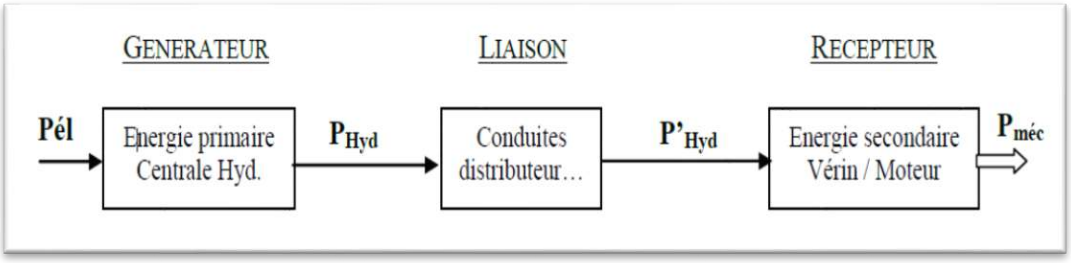


figure (II.1) : la zone de circuit hydraulique.[4]

- On peut trouver dans cette zone :

  - des éléments de distribution (distributeur).

  - des éléments de liaison (tuyaux).

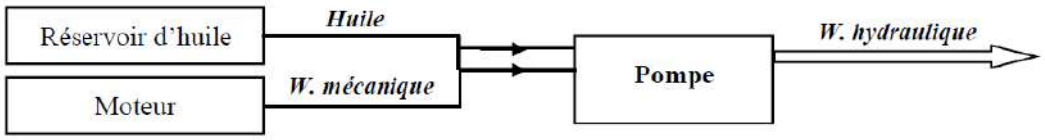
  - des accessoires (appareils de mesure, de protection, de stockage d'énergie et de régulation).

II.1. Composition d'un circuit hydraulique :

II.1.1. Le Centrale hydraulique : [4]

Le 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.

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



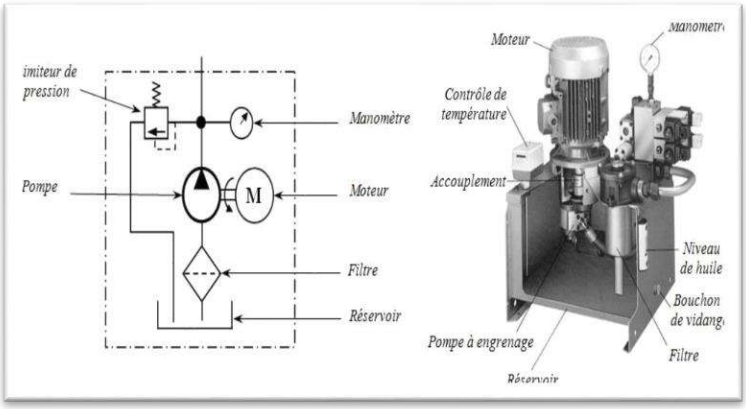


Figure (II.02) : Composition d'une centrale hydraulique. [4]

II.1.1.1. Le réservoir : [4]

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 polluantes).
- 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.

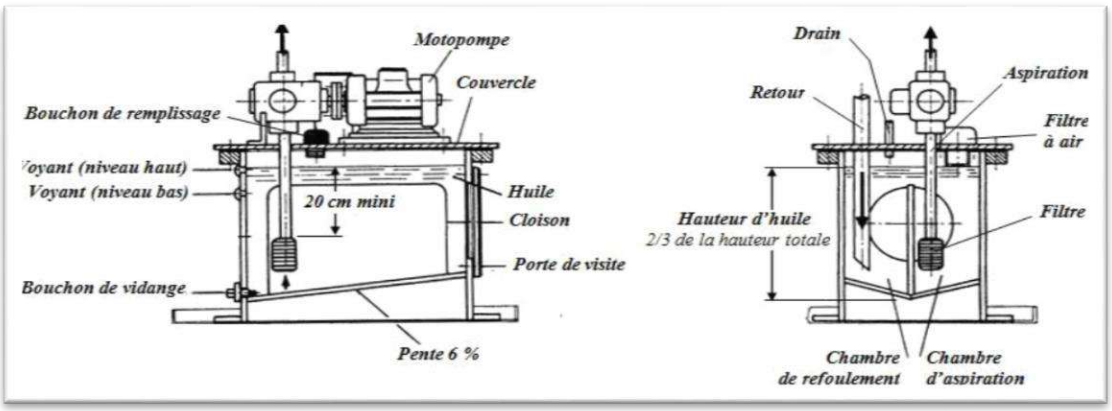


Figure (II.03) : Composition d'un réservoir. [4]

II.1.1.2.les pompes :

La pompe hydraulique est un générateur de débit qui transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique, suivant le principe de fonctionnement, il existe plusieurs types qui se ramènent à deux groupes :

- Pompes non-volumétrique : elles utilisent les variations de vitesse du fluide pompé pour obtenir un accroissement de pression.
- Pompe volumétrique : elles utilisent les variations de volume du fluide pompé pour obtenir un accroissement de pression.

II .1.1.2.1. Les types des pompes volumétriques :

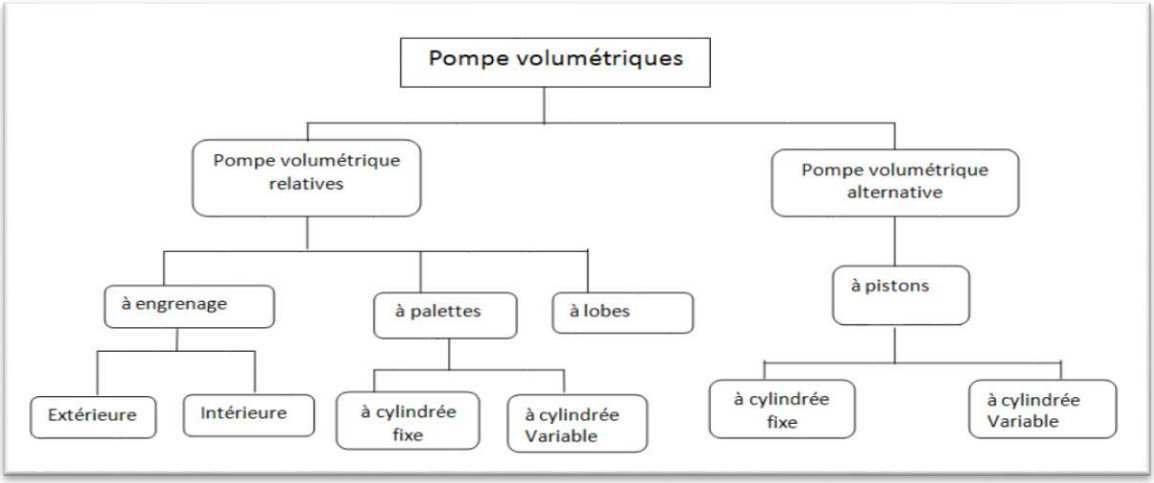


Figure (II.04) : classification des pompes volumétriques.

- **Pompes volumétrique relatives :**

a) les pompes à engrenages : [4]

Ces sont les pompes standards, simples de point de vue construction, admettre un rendement élevé, un petit gabarit une grande dure de vie. Elles ont une cylindrée fixe et fonctionne entre 10 et 250 bars. Il en existe deux types, à dentures extérieures et à dentures intérieures.

- Les pompes à engrenage extérieure : Les pompes à engrenage à denture extérieure sont constituées d'un carter et de deux pignons à denture droite. L'un des pignons, appelé pignon menant est moteur, il est solidaire de l'arbre d'entraînement.

  L'autre pignon mené est entraîné en rotation par engrènement des dents.

L'aspiration dans ces pompes est provoquée par le vide créé au niveau du désaccouplement des dents en **D**.

L'huile en provenance du réservoir arrive en **A** (côté aspiration) remplit les creux de dents des pignons au niveau de la partie supérieure en **C**. Ainsi emprisonnée, l'huile est transportée par les pignons vers la droite et vers la gauche en suivant le contour intérieur du carter. A la fin du cycle de transport, l'huile est refoulée en **R** à cause du rapprochement des dents.

L'engrènement des dents en E assure l'étanchéité entre l'aspiration et le refoulement.

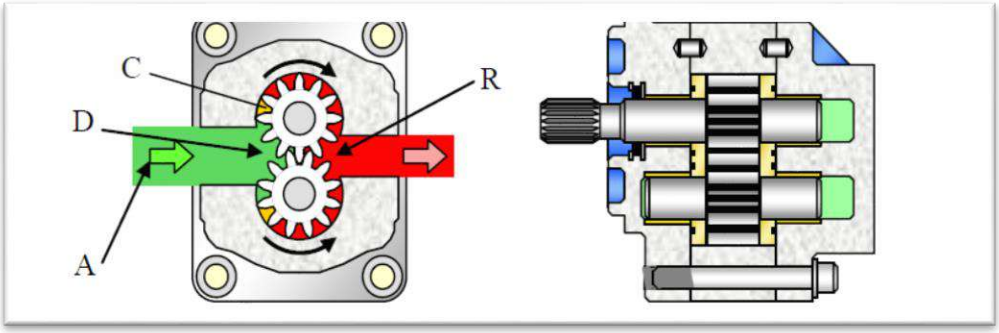


Figure (II.05) : Pompe a engrenage extérieur. [4]

- Avantages :

  -Débit régulier, marche de la pompe réversible, faible encombrement, Prix peu élevé.

- Inconvénients :

  - Nombreuses pièces d'usure, Pas de particules solides dans cette pompe, ni de produits abrasifs, Bruyante.

  -Les pompes à engrenages intérieurs : elles sont compactes et silencieuses, car leur débit est beaucoup plus régulier, leur limite d'utilisation est autour de leur prix est relativement élevé.



Figure (II.06) : Pompe à engrenage intérieur. [4]

b) Les pompes à palettes : [3]

Elle est aussi standard, fonctionne sur la même plage de pression que les pompes à engrenages. Elles sont en revanche très silencieuses. Pour accepter les 200 bar doivent être équilibrées, en effet le déséquilibre pression d'aspiration d'un côté et pression de refoulement de l'autre côté crée des efforts sur les paliers, en revanche si on arrive à doubler le refoulement et l'aspiration de façon symétrique les efforts s'équilibrent. Elles ont un rendement d'environ 0,9. L'unité d'entraînement est accouplée au rotor. Celui-ci est constitué de palette libre radialement. Par la force centrifuge elles viennent frotter sur la surface interne du stator et dans la partie d'agrandissement des volumes aspirer le fluide et dans la partie de rétrécissement des volumes refouler le fluide sous pression. Elles sont aussi bien à cylindrée fixe qu'à cylindrée variable. La variabilité consiste juste à faire varier l'excentricité entre le stator et le rotor.

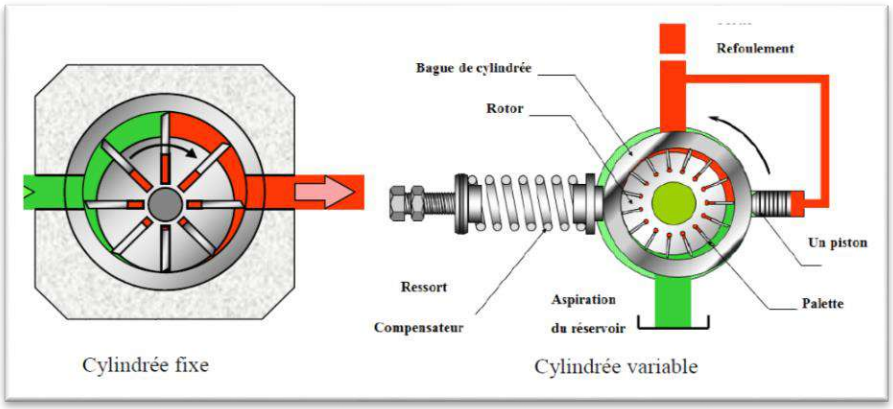


Figure (II.07) : pompe à palette. [4]

c) Les pompes à lobes : [5]

Les pompes volumétriques à lobes standard, en acier inox 316 L, assemblée sur un support palier en fonte revêtu de peinture époxy. Un espace entre le corps de pompe et le support palier est prévu pour insérer les garnitures mécaniques et éviter la contamination entre le fluide pompé et l'huile du palier. Les pieds support sont amovibles pour simplifier l'installation (position de l'arbre haut ou bas) et la position des orifices horizontale ou verticale.



Figure (II.08) : pompe à lobes. [5]

- **Pompe volumétrique alternatives à pistons :**

a) Les pompes à pistons axiaux : [3]

Ce sont des pompes hautes performances. Elles peuvent fournir des débits important (Jusqu'à 500l/mn), On les utilise pour des pressions de 250 à 400 bar elles sont relativement bruyantes et elles ont un rendement d'environ 0.9. En fonction de la technologie utilisée elles sont à cylindrée fixe ou variable.

On peut en définir 4 configurations :

- Glace fixe, bloc cylindre tournant, axe d'entraînement brisé, cylindrée fixe.
- Plateau tournant, bloc cylindre fixe, axe d'entraînement aligné, cylindrée fixe.
- Glace fixe, bloc cylindre tournant, axe d'entraînement aligné, cylindrée variable.
- Plateau fixe mais inclinable, bloc cylindre tournant, axe d'entraînement aligné, cylindrée variable.

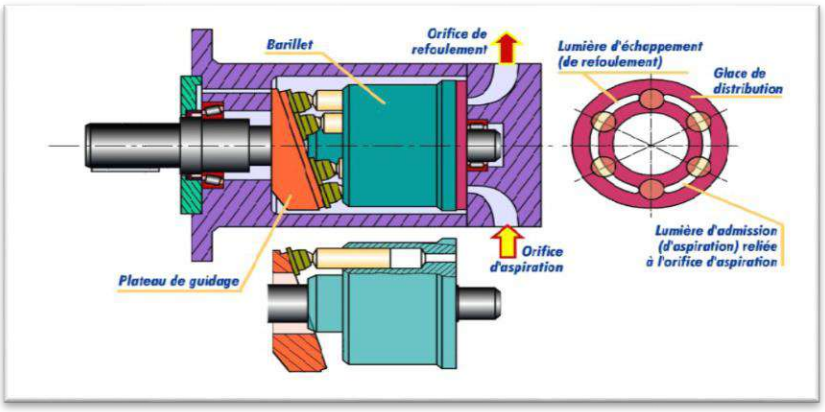


Figure (II.09) : Pompe à pistons axiaux (cylindre fixe) [3].

b) Pompes à piston radiaux : [4]

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

On les utilise pour des pressions supérieures à 350 bars, elles sont très silencieuses, et elles sont utilisées dans les cas de forts débits.

Leurs rendements sont d'environ 0,9, et elles peuvent être à cylindrée fixe ou variable.

Il en existe trois types :

• A système bielle manivelle.

• A excentrique.

• A blocs cylindres excentrés.

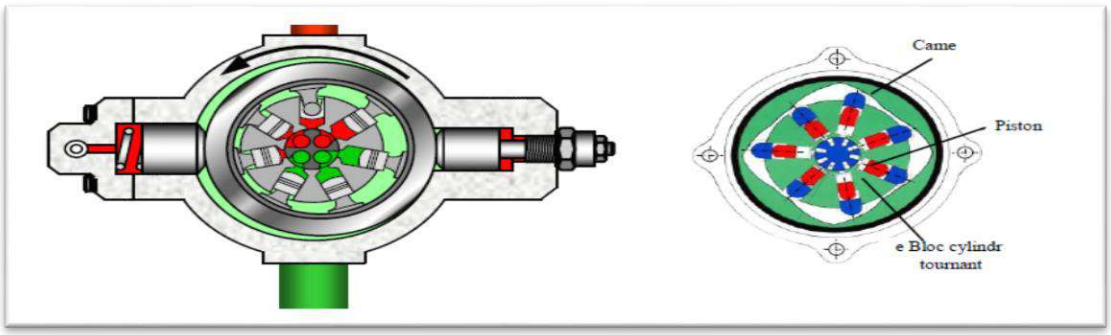


Figure (II.10) : Pompes hydraulique à pistons radiaux. [4]

c) Pompes à piston en ligne : [6]

Ce sont des pompes hautes performances, elles peuvent fournir des débits importants jusqu'à 500l/mn à des pressions élevées de 350 à 500 bar avec des rendements excellent (0.9 à 0.95).

La distribution du fluide se fait par des clapets aménagés dans la partie supérieure des cylindres. Il s'agit d'une pompe à cylindrée constante.

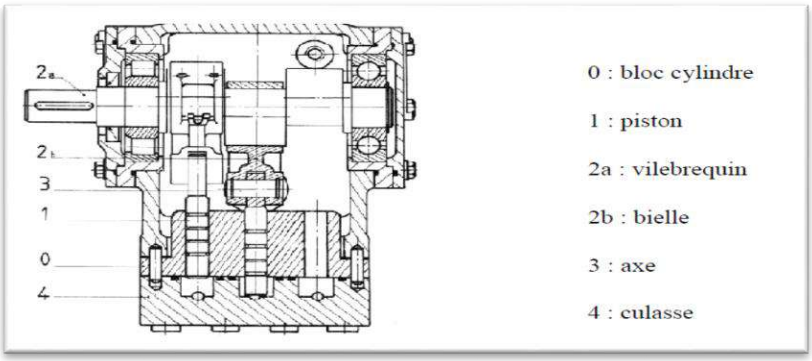


Figure (II.11) : pompe à piston. [6]

II.2. Récepteur hydraulique et les éléments de liaisons :

II.2.1. Récepteur hydraulique :

II.2.1.1. Les vérins : [7]

Ils transforment l'énergie d'un fluide sous pression ou l'énergie électrique en énergie mécanique (mouvement avec effort) Ils peuvent soulever, pousser, tirer, tourner, percuter, abloquer…

En milieu industriel les énergies les plus souvent utilisées sont l'énergie pneumatique et l'énergie hydraulique.



II .2.1.1.1. Domaine d'application : [8]

Le domaine d'application des vérins est très vaste, des machines-outils aux engins des travaux publics, des presses hydrauliques aux monte-charges, de l'aéronautique a la construction navale, presque tous les systèmes nécessitant de gros efforts font intervenir les vérins par le système hydraulique.

II .2.1.1.2. Constitution d'un vérin :

Le vérin se compose d'un cylindre, d'une culasse avant, d'une culasse arrière, d'un piston avec joint, d'une tige de piston, d'un coussinet, d'un joint racleur, d'un certain nombre de pièce de liaison et de joint. Le cylindre est généralement constitué d'un tube en acier étiré sans soudure. Pour augmenter la longévité les surfaces de glissement de cylindre sont généralement superfines. Dans certains cas, le cylindre en alliage d'aluminium, en laiton ou en tube d'acier, la surface de glissement est alors chromée dur.

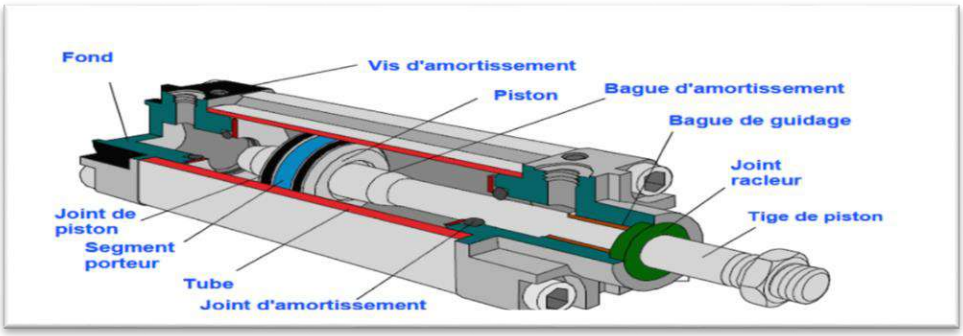


Figure (II.12) : Constitution d'un vérin.

II.2.1.1.3. Différents types de vérins : [7]

- Vérins pneumatique :

Ils utilisent de l'air comprimé, 2 à 10 bars. Très simple à mettre en œuvre, ils sont très nombreux dans les systèmes automatisés.



Figure (II.13) : vérin pneumatique.

Les avantages :

- Facilité pour transmettre la puissance sur de longues distances (bien qu'il faille être équipé en tuyaux).
- Bonne force mécanique.
- Bonne rigidité (résistance à la flexion et au flambage), fortement internes moindres.
- La vitesse d'action peut être pilotée de manière douce, en agissant sur l'angle d'ouverture du sélecteur.

Les inconvénients :

- Peu précis.
- Difficile de contrôler automatiquement des vérins.
- Un bras actionné par un vérin (supposons) retombe si la pression se retire. Cela paraît anodin, mais ça peut poser problème.
- Les tuyaux peuvent sauter sous une trop grande pression.

- Vérins hydrauliques :

Ils utilisent l'huile sous pression jusqu'à 350 bars Par rapport aux vérins pneumatiques ils sont plus couteux et développent des efforts beaucoup plus important. Les vitesses de tige sont plus précises.

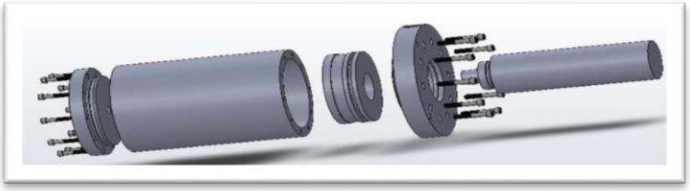


Figure (II.14) : Vérin hydraulique.

Les avantages :

- Les appareils hydrauliques permettent d'obtenir une très large gamme de vitesses de translation ou de rotation de façon continue si nécessaire, en contrôlant le débit.
- L'incompressibilité des fluides hydraulique donne aux appareils une précision d'arrêt ou une régulation de vitesse très satisfaisante.
- L'une des caractéristiques des fluides hydrauliques est son pouvoir lubrifiant qui est bénéfique aux appareils du fait qu'il réduit l'usure et par la même permet d'obtenir un rendement meilleur.

Les inconvénients **:**

- Présence d'air dans le fluide.
- -Pertes de charges.
- -Inflammabilité.

➢ Vérins électriques :

Ils utilisent l'énergie électrique (12V à 230V). Ils sont surtout utilisés dans les applications domestiques (portail,).



Figure (II.15) : Vérins électriques.

Les avantages :

- L'effort de sortie de la tige égale l'effort de rentrée de la tige donc aucun entretien,
- Pas d'installation pneumatique ou hydraulique,
- Une simple prise de courant suffit.

Les inconvénients :

- Problèmes du circuit électrique.
- Coût élevé.

- Le vérin manuel vis-écrou :

La tige du vérin est une vis hélicoïdale (guidée en rotation) entrainée par un écrou (fixe en translation). L'écrou est actionné par un levier ou par un système de vis sans fin qui, en tournant, fait monter ou descendre la tige.



Figure (II.16) : Le vérin manuel(vis-écrou).

Les avantages ***:***

- Précis
- Autobloquant : ne nécessite pas le maintien de la source d'énergie pour maintenir une position.
- Longueur plus importante.

Les inconvénients :

- Frottements internes plus importants.
- Bien moins réalistes que le pneumatique et l'hydraulique.
- Risque de dépassement de butée (s'en suit un matraquage des filetages si aucun système de débrayage n'est prévu).
- Mise en rotation à longue distance peu aisée dans le cas de modèle complexes et là où il Ya des angles et des articulations à passer.

II.2.1.1.4. Les principaux types de vérin : [7]

a. Actionneur linéaire :

- Les Vérins Simple Effet (VSE) :

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. Ils sont consommation de fluide réduite, mais encombrant, course limité.

Ils sont utilisés dans travaux simples (serrage, éjection, levage…).

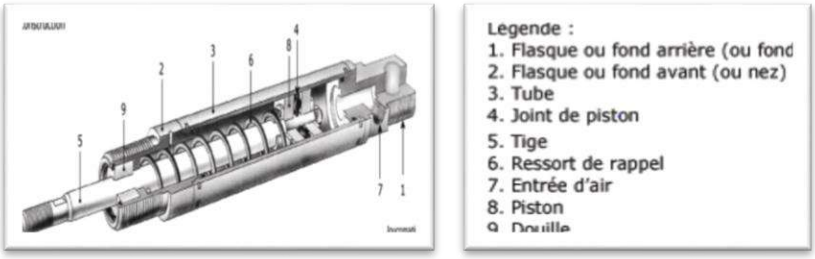


Figure (II.17) : vérin simple effet.

Avantages :

- Ils sont économiques et la consommation de fluide est réduite.

Inconvénients :

- À course égale, ils sont plus longs que les vérins double effet ; la vitesse de la tige est difficile à régler en pneumatique et les courses proposées limitées, jusqu'à 100 mm

Utilisation :

- Travaux simples (serrage, éjection, levage, emmanchements...).

Autres exemples :

- Vérin a diaphragme :

Dans ce type de vérin une membrane incorporée reprend la fonction du piston. La course s'effectue grâce à la légère déformation de la membrane lors de la mise sous pression de celle-ci.

Etant donné que la course ne dépasse pas quelques millimètres, ces modules sont presque uniquement utilisés pour des opérations de serrage. L'avantage de ce type de vérin est son encombrement réduit.

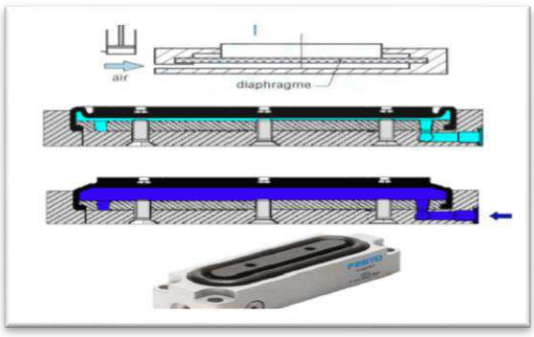


Figure (II.18) : vérin a diaphragme**.**

- Vérin à membrane et piston :

La grande surface de la membrane permet de produire un effort très important.

Ce type de vérin est utilisé par exemple pour l'ouverture et la fermeture de vannes hydrauliques.

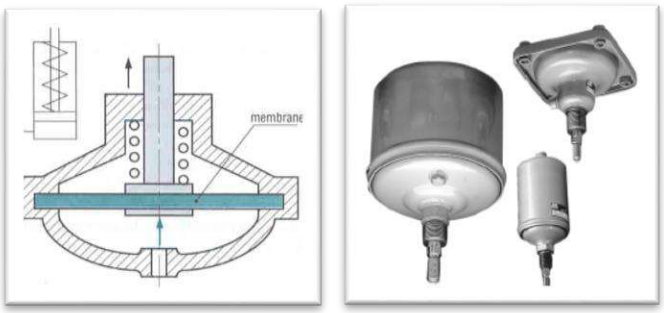


Figure (II.19) : Vérin à membrane et piston

- Vérin à soufflet :

Le vérin à soufflet ne fonctionne également que dans un sens. Ce vérin est surtout utilisé pour serrer, compresser et soulever des produits.

Grâce à la surface relativement grande et en l'absence de perte de frottement entre le piston et le tube du vérin, le vérin à soufflet peut fournir une grande force.



Figure (II.20) : vérin à soufflet**.**

- Muscle pneumatique :

En ajoutant de l'air comprimé, les fibres de la paroi du vérin se contractent, ce qui crée une force de traction entre les deux extrémités. Le muscle pneumatique offre les mêmes avantages que le vérin à soufflet.

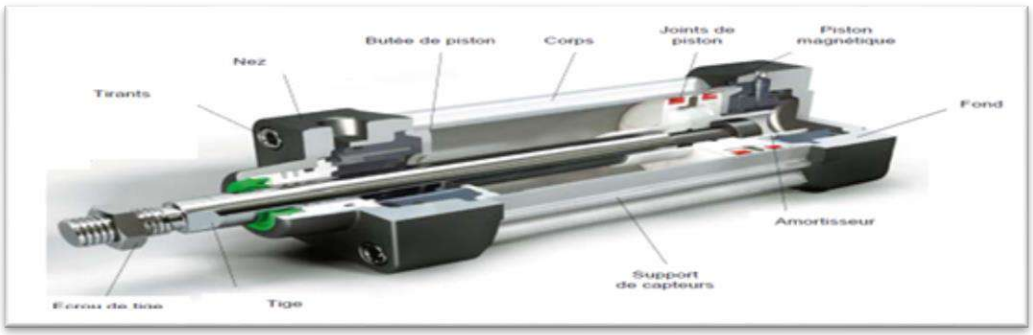


Figure (II.21) : Muscle pneumatique.

❖ 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.

Ils sont plus souples, réglage plus facile de la vitesse, amortissement de fin de course réglable, mais ils sont plus coûteux industrielles.



Figure(II.22) : Vérin double effet.

Avantages :

- Plus grande souplesse d'utilisation ; réglage plus facile de la vitesse, par contrôle du débit à l'échappement ; amortissements de fin de courses, réglables ou non, possibles dans un ou dans les deux sens. Ils offrent de nombreuses réalisations et options.

Inconvénients :

- Ils sont plus coûteux.

Utilisation :

- Les plus utilisés industriellement, ils présentent un grand nombre d'applications.

Autre exemple :

▪ Les vérins sans amortissement :

Les vérins sans amortissement ont en fin de course un contact direct du piston contre chaque flasque. Ils sont indiqués pour un travail avec une course entièrement accomplie à vitesse lente. Pour des vitesses plus élevées, des butées externes équipées d'amortisseurs sont requises. Elles doivent être positionnées pour éviter un contact interne entre le piston et les flasques.

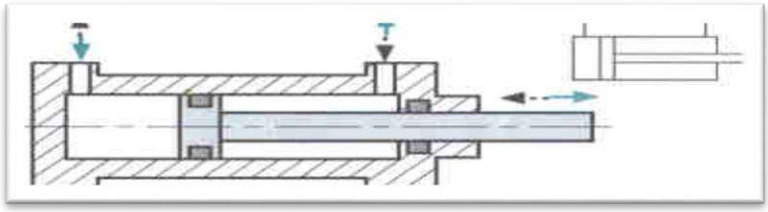


Figure (II.23) : vérins sans amortissement

- Les vérins avec amortisseurs :

Les vérins avec amortisseurs possèdent dans leur construction un système d'absorption des chocs. Les vérins de petit alésage possèdent des amortisseurs non-réglables sous forme de disques élastiques fixés sur les deux flasques côté tige et côté Fond.

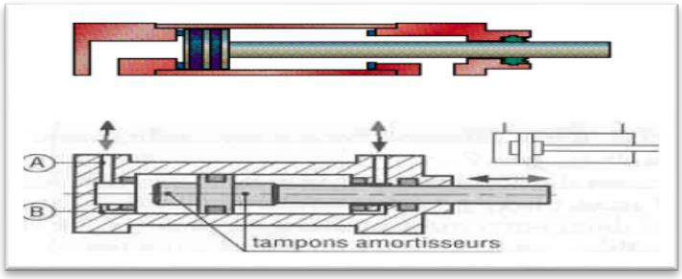


Figure (II.24) : Vérins avec amortisseurs.

- Les autres vérins sont équipés d'amortisseurs réglables :

Les autres vérins sont équipés d'amortisseurs réglables. Ceux-ci ralentissent progressivement la tige dans la dernière partie de la course par contrôle de l'échappement de l'air.

L'amortissement est indispensable aux vitesses et cadences élevées ou sous fortes charges.

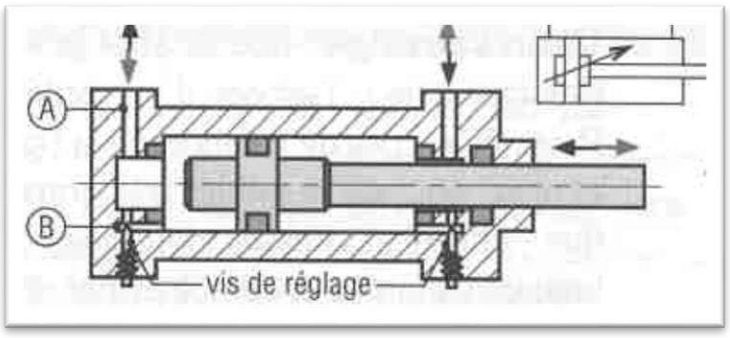


Figure (II.25) : vérins sont équipés d'amortisseurs réglables.

- Les vérins magnétiques :

Les vérins magnétiques possèdent un piston garni d'une bande magnétique sur son pourtour et ont un tube en matière non magnétique.

Le champ magnétique peut s'imaginer comme une plage circulaire entourant le tube. Ce champ se déplace avec le piston lorsque la tige accomplit sa course aller et retour. En plaçant des capteurs magnétiques sur la face extérieure du tube, un à chaque extrémité par exemple, ceux-ci détectent chaque fin de course complète de la tige.

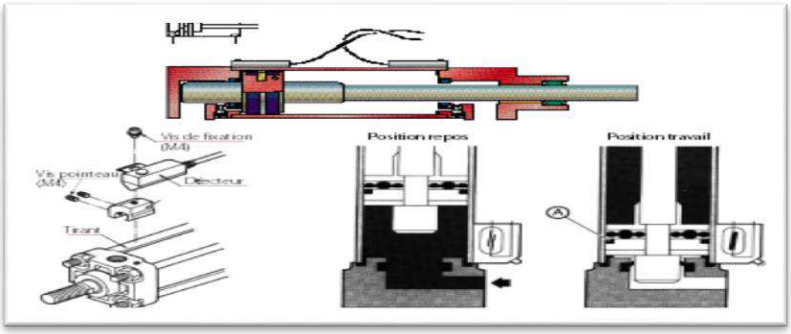


Figure (II.26) : Les vérins magnétiques.

b. Vérins particuliers :

- Vérin tandem :

Les vérins tandem, sont deux vérins couplés en série par une tige commune. Dans cette configuration, la force est presque doublée, ce qui constitue un avantage considérable dans les espaces restreints.



Figure (II.27) : vérin tandem.

- Vérin double tige :

Ce type de vérin absorbe mieux les forces latérales grâce au double palier de la tige.



Figure (II.28) : Vérin double tige.

- Vérin sans tige :

Deux technologies :

- À accouplement magnétique.
- Et à bande.

Transmission du mouvement directement par le Piston.

Réduction de l'encombrement presque de moitié grâce à l'absence de tige.

Arrêts intermédiaires possibles par blocage pneumatique, les sections d'application de la pression étant identiques.

Diamètre : de 6 à 63 mm

Course : de 10 à 4000 mm

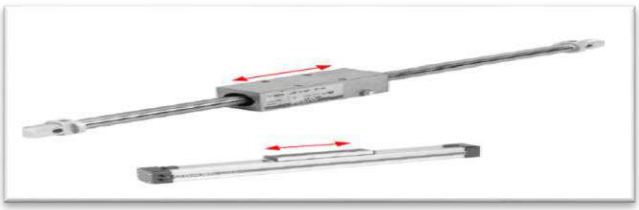


Figure (II.29) : vérin sans tige.

❖ Vérin oscillante :

Le vérin oscillant a pignon/crémaillère est une réalisation spéciale du vérin à double effet.

Ici, la tige de vérin est réalisée en tant que crémaillère qui entraîne un pignon. De ce fait, le déplacement rectiligne de la tige de vérin est transformé en un déplacement rotatif.

Les réalisations standards ont un angle de rotation de 90°, 180°, 270° ou 360°.

Sur certains types de vérins oscillants, l'angle de rotation peut être rectifié à quelques degrés près à l'aide d'une vis de réglage.

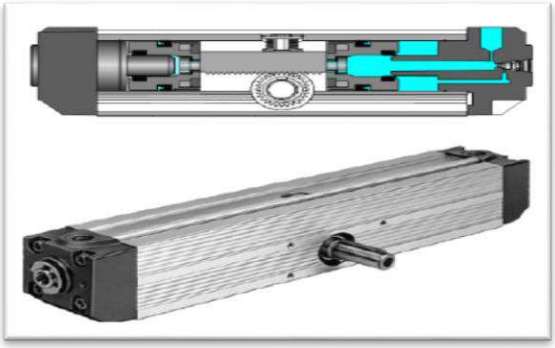


Figure (II.30) : Vérin oscillant.

❖ Vérin oscillant a palette :

Dans le cas du vérin oscillant à palette, la pression agit sur une palette qui engendre un mouvement rotatif.

L'angle de rotation est limité à environ. 270°. L'avantage de ce type de vérin oscillant est sa petite dimension et sa construction simple et peu onéreuse.

De plus l'angle de rotation est, dans la plupart des cas, réglable à l'aide de butées mécaniques. L'inconvénient du vérin oscillant à palettes est que son couple est dans la plupart des cas, limité à 20 Nm.



Figure (II.31) : vérin oscillant a palette.

- Vérin télescopique :

Simple effet et généralement hydraulique, il permet des courses importantes tout en conservant une longueur au repos raisonnable.

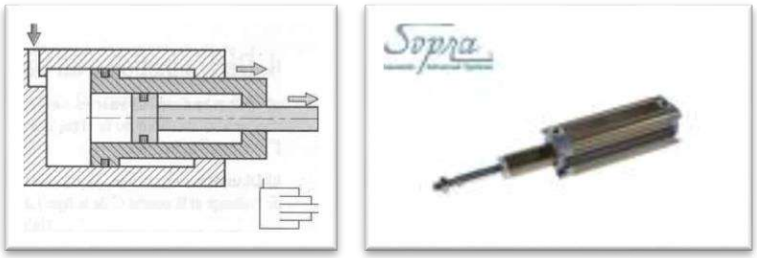


Figure (II.32) : vérin télescopique.

- Vérin rotatif :

Les vérins rotatifs transmettent un mouvement de rotation à un arbre par application d'huile sous pression. L'aptitude du pivotement de l'arbre est limitée Par les butées mécaniques réglables présentes sur l'actionneur ou dans son environnement. L'angle maximale ne dépasse pas 360°.

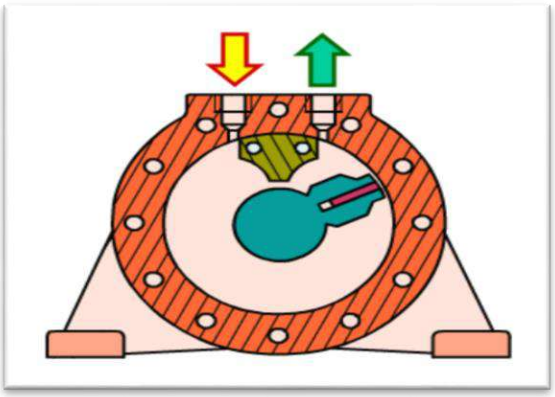


Figure (II.33) : Vérin rotatif. [3]

II.2.1.1.5 Caractéristiques d'un vérin : [9]

Lors de la détermination d'une vérine l'utilisateur devra définir :

- L'alésage du vérin.
- Sa course.
- Le diamètre de sa tige (normale ou renforce).
- S'il doit être ou non équipé d'amortisseur.
- La prissions de service et le type d'usage.
- Le mode de fixation et l'extrémité de la tige.
- La nature de fluide utilisé.

II.2.1.1.6. Fixation : [1]

Le mode de fixation est fonction de l'implantation du vérin sur les dispositifs et les machines. Lorsque le mode de fixation est déterminé de façon définitive, il faut adapter le vérin en conséquence. Etant donné que la charge des vérins ne doit être appliquée que dans la sen axiale, leur fixation ainsi que l'accouplement du piston doivent être soigneusement adaptés en en fonction des applications visées. Toute force transmise par une machine se traduit par une charge appliquée au vérin. Des défauts d'adaptation ou d'alignement de la tige peuvent également entraîner des contraintes sur le palier sur le cylindre et sur la tige, ce qui peut avoir pour conséquence :

- Une forte pression latérale sur le coussinet du vérin et par conséquent une usure plus importante.
- Une forte pression latérale sur les paliers de guidage de la tige du piston.

Des charges importantes et irrégulièrement réparties sur les joints de la tige du piston et du piston.

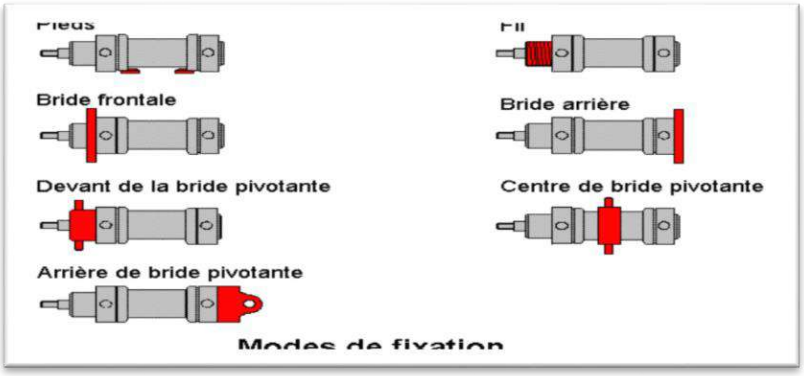


Figure (II.34) : Modes de fixation. [1]

II.2.1.2. Le moteur hydraulique :

Un moteur hydraulique est un moteur qui transforme l'énergie hydraulique fournit par un fluide sous pression en énergie mécanique. Il en résulte un mouvement rotatif de l'arbre de sortie.

Il existe **3** grandes familles de moteurs : le moteur rapide, le moteur semi rapide et le Moteur lent

- Les moteurs rapides [1000 < N □ 5000 trs / min].
- Les moteurs semi rapides [200 < N □ 1000 trs / min].
- Les moteurs lents [40 < N □ 200 trs / min].

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

II.2.1.2.1. Les différents types des moteurs : [3].

a) Moteur à palettes :

L'huile sous pression provoque la rotation des palettes implantées sur le rotor**,** Leur Avantages réalisation simple mais puissance transmise relativement faible.

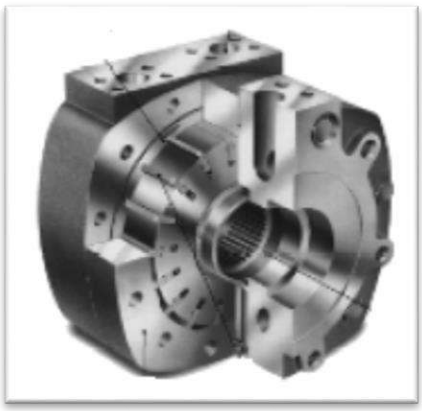


Figure (II.35) : moteur à palette. [3]

b) Moteur à engrenages :

Même conception que la pompe à engrenage, la pression du fluide entraîne en rotation les roues dont l'une est motrice. Ils sont économiques, encombrement très réduit, mais rendement limité.



Figure (II.36) : moteur à engrenage. [3]

c) 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. Leur Avantage couple très important, Mais vitesse faible, encombrante, coûteuse, problèmes d'étanchéité pour la distribution.



Figure (II.37) : moteur pistons radiaux. [3]

d) 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. Le couple est très important, possibilité de varier la cylindrée, vitesse importante, Inconvénient ils sont très coûteux.

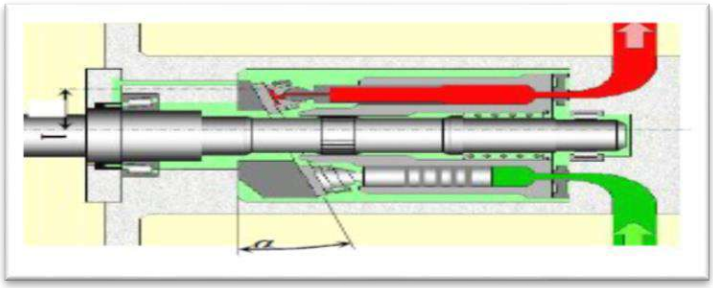


Figure (II.38) : Moteur à pistons axiaux. [3]

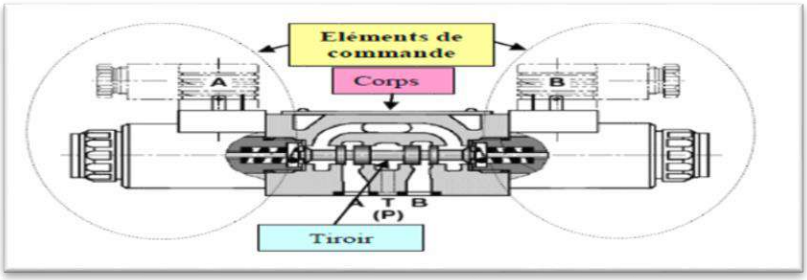
II.2.2. Les éléments de liaisons :

II.2.2.1. Distributeurs :

Les distributeurs sont des robinets directionnels. Ils dirigent le fluide hydraulique issu des organes de de génération, selon les besoins du circuit.il peut être bloqué, orienté ou stoppé en fonction de la configuration du tiroir.

II.2.2.1.1. Constitution :

Le distributeur est constitué de 3 parties : le corps, le tiroir, les éléments de commande.



Figure(II.39) : Constitution de distributeur.

II.2.2.1.2. Rôle du distributeur : [10]

Les chambres d'un vérin en fonctionnement, doivent être, alternativement mises à la pression et à l'échappement.

Il n'est pas question de modifier les branchements des différents tuyaux.

Le distributeur aura pour rôle de réaliser les deux configurations possibles de branchement, en fonction d'un signal de commande extérieur.

II.2.2.1.3. Fonction du distributeur :

- Fonction global :

Les distributeurs Sont des éléments de commande assurant l'ouverture ou la fermeture d'une ou plusieurs voies de passage au fluide.

- Fonctions d'usage :

Commander :

a) Les mouvements d'un vérin simple effet ou double effet.

b) La rotation d'un moteur hydraulique.

C) Les positions marche-arrêt d'un Circuit.

d) Le débrayage d'une pompe hydraulique.

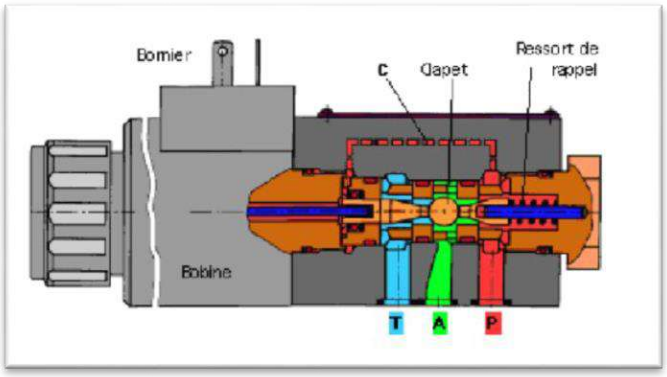
e) Un autre distributeur.

II.2.2.1.4. Les types de distributeurs : [3]

Il en existe trois principaux distributeurs :

a) Distributeurs à clapet :

Destinés aux faibles débits, ils ne présentent pas de débit de fuites lorsque le passage est fermé (contrairement à la technologie à tiroir). Leur coût est supérieur aux distributeurs à tiroirs. L'étanchéité est parfaitement assurée. On peut donc les utiliser pour de fortes pressions.



La conduite C permet l'équilibrage du clapet obturateur

Figure (II.40) : distributeur à clapet. [3]

b) Distributeur à tiroir :

Le distributeur à tiroir sert à diriger le fluide hydraulique dans les parties d'un circuit dans lesquelles on a besoin de la pression engendrée par la circulation du fluide. On distingue deux types de distributeurs à tiroir : ceux à tiroir coulissant et ceux à tiroir rotatif.

La majorité des distributeurs sont de type à tiroir rectiligne.

Leur construction est relativement simple et leur capacité de débit importante.

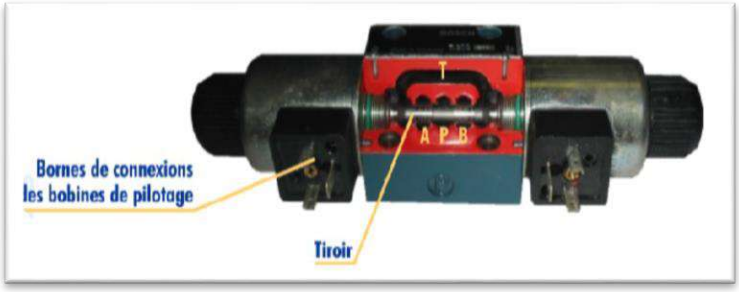


Figure (II.41) : distributeur à tiroirs. [3]

c) Distributeur à boisseau (rotatif) :

Dans ce type de distributeur le changement de la direction du fluide s'effectue par un rotor. Ils sont généralement utilisés dans les installations hydrauliques de faible puissance ou bien comme des auxiliaires secondaires dans les distributeurs à tiroirs.

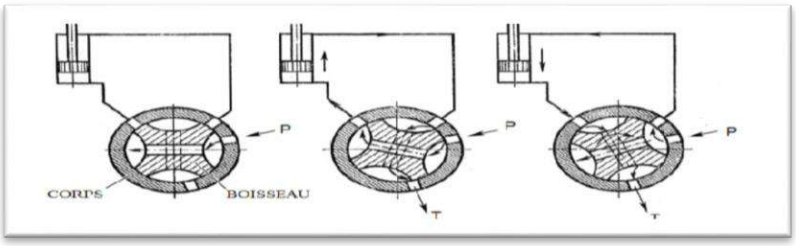


Figure (II.42) : Distributeur à boisseau (rotatif). [3]

d) Distributeurs pilotés :

Lorsque les débits à faire passer sont importants, les distributeurs à commande directe ne suffisent plus. On utilise alors un distributeur à commande directe (dit distributeur Pilote) qui commande (pilote) hydrauliquement un distributeur piloté de forte taille**.**

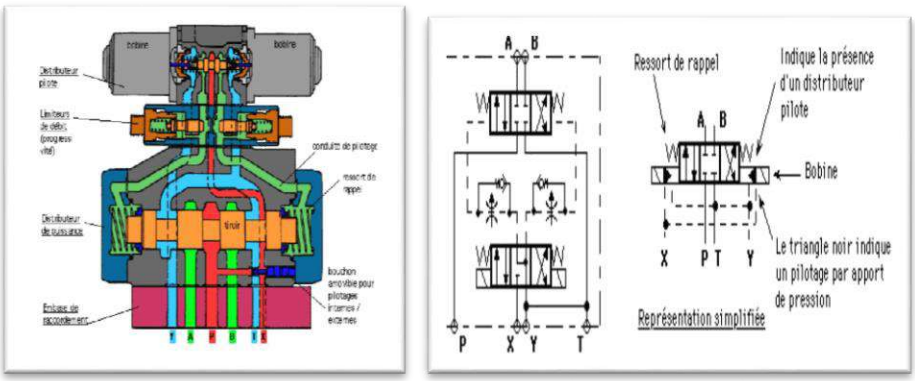


Figure (II.43) : Distributeurs pilotés. [1]

II.2.2.1.5. Caractéristiques et classification :

a) Pression maximum d'utilisation.

b) Débit maximum traversant l'appareil avec pertes de charge en fonction des débite et pressions d'utilisation.

C) Nombre de positions -2, 3 ou 4 en déterminant pour les trois positions la case repos appelée aussi position neutre.

d) Modes de commande.

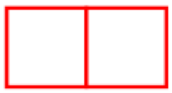
e) Diamètre des orifices et forme du filetage.

f) Montage des tuyauteries directement dans le corps ou sur une embase.

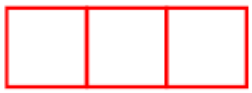
II.2.2.1.6. Représentation schématique : [11]

Chaque position du distributeur est symbolisée par un carré.

Distributeur à deux positions



Distributeur à trois positions

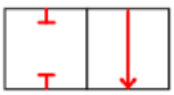


La symbolisation du raccordement des orifices s'effectue de la façon suivante.

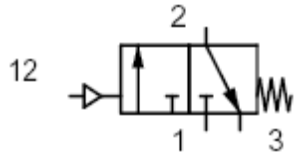
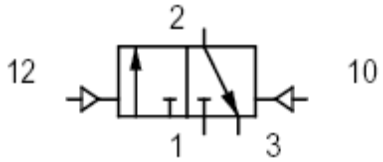
Remarque: Les canalisations aboutissent à la case représentant la position initiale



Une possibilité de passage du fluide est symbolisée par une flèche indiquant le sens de circulation. Un blocage du fluide est symbolisé par un "T".



Distributeur MONOSTABLE	**Distributeur BISTABLE**
Si le distributeur possède un rappel par ressort on dit qu'il est MONOSTABLE. En présente du signal de pilotage, le tiroir bascule et	Si le distributeur possède deux pilotages il est dit BISTABLE. En l'absence de signal de pilotage, le tiroir ne bouge pas et occupe la position qu'il avait précédemment.

reste dans sa position si le pilotage est maintenu. En l'absence de signal de pilotage le tiroir retrouve sa position repos sous l'action du ressort.	
	

II.2.2.1.7. Les Principaux de distributeurs : [12]

- Les distributeurs 3/2 :

Ils autorisent l'écoulement du fluide dans un sens tout en l'interdisant dans l'autre sens. Ils permettent la commande des vérins simple effet.

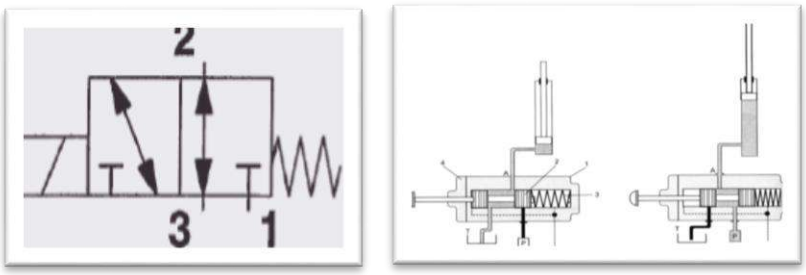


Figure (II.44) : Les distributeurs 3/2.

Lorsque le solénoïde n'est pas excité, le distributeur peut être parcouru de (3) vers (2) ou inversement et l'orifice (1) est bloqué. Lorsque le solénoïde est excité, le distributeur est traversé de (2) vers (1) ou inversement tandis que le passage est bloqué en (3).

- Les distributeurs 4/2 :

Ils autorisent l'écoulement du fluide dans les deux directions. Ils assurent l'alimentation des deux chambres du vérin.

Ils permettent la commande des vérins double effet.

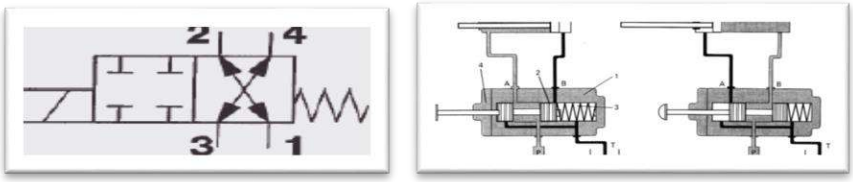


Figure (II.45) : Les distributeurs 4/2.

Lorsque le solénoïde n'est pas excité, le distributeur peut être parcouru de (3) vers (4) ou inversement et de (2) vers (1) ou inversement.
Lorsque le solénoïde est excité, tous les orifices sont bouchés.

- Les distributeurs 4/3 :

Ils autorisent l'écoulement du fluide dans les deux directions en alimentant la chambre arrière ou la chambre avant. Ils possèdent en plus une position médiane.
Ils permettent la commande des vérins double effet, ou des moteurs hydrauliques.

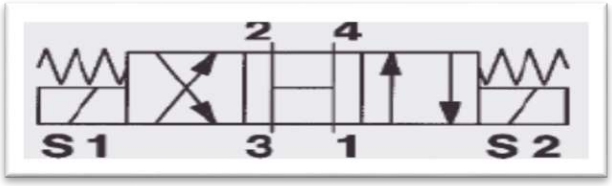


Figure (II.46) : Les distributeurs 4/3.

Lorsque le solénoïde n'est pas excité, tous les orifices sont communicants.
Lorsque le solénoïde S1 est excité, le distributeur est traversé de 3 vers 4 et de 2 vers 1.
Lorsque le solénoïde S2 est excité, le distributeur est traversé de 3 vers 2 et de 4vers 1.

- Distributeurs à commandes proportionnelles :

Contrairement aux distributeurs en TOR, qui présentent un nombre de positions fini, les distributeurs à commande proportionnelle donneront une infinité de positions intermédiaires. Ces positions sont proportionnelles à la commande (par exemple ; la tension de commande). Le tiroir du distributeur a donc un déplacement proportionnel à la commande qui est donnée (mécanique, électrique …).
Ils peuvent donc assurer, en plus de la fonction distribution, celle de contrôle du débit (donc de la vitesse ou de la position du récepteur).
La technologie de ces distributeurs a considérablement évolué ces dernières années, les rendant disponibles à coût raisonnable pour de nombreuses applications :

- Variation de vitesse proportionnelle.
- Phases d'accélération / décélération des charges ; fonctions souvent intégrées aux cartes électroniques de contrôle de ces distributeurs.
- Asservissement en vitesse.
- Asservissement en position si l'écart d'asservissement toléré n'est pas trop faible.

La double barre indique une commande proportionnelle

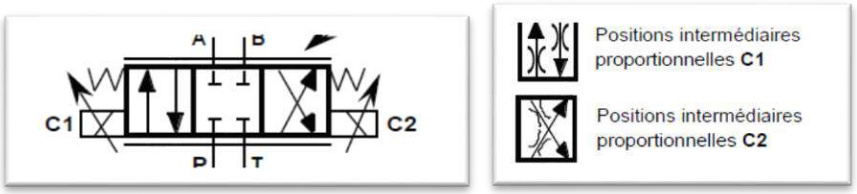


Figure (II.47) : Distributeurs à commandes proportionnelles.

La double barre indique une commande proportionnelle et représente le corps du distributeur lorsque c'est nécessaire (asservissements par exemple). Une flèche sur chaque bobine indique que l'alimentation est bien proportionnelle.

II.3. Autre composants hydrauliques :

II.3.1. Accumulateur : [1]

L'accumulateur emmagasine l'énergie du circuit hydraulique et peut la relâcher dans le circuit au moment opportun.

On utilise les accumulateurs pour trois fonctions :

- Comme réserve d'énergie en cas d'urgence (coupure de courant).
- Comme amortisseur de chocs et de vibrations causés par le débit du fluide.
- Comme économiseur d'énergie.

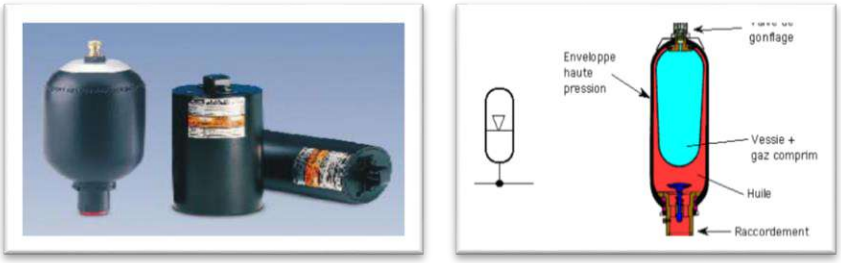


Figure (II.48) : accumulateur [1].

II .3.1.1. Les types d'accumulateurs : [3]

a) Accumulateur à membrane (soudée ou vissée) :

Sont généralement sous une forme sphérique, ayant à l'intérieur une membrane qui assure la séparation des deux fluides.



Figure (II.49) : accumulateur à membrane. [3]

b) Accumulateur à vessie **:**

L'accumulateur à vessie est une bouteille en acier, munie à l'intérieur d'une vessie légèrement conique en caoutchouc.



Figure (II.50) : Accumulateur à vessie. [3]

c)Accumulateur à piston :

Un piston sert à séparer les deux fluides .il se translate à l'intérieur d'un cylindre, cette dernière comporte à ses bases un orifice de remplissage de l'azote et de l'autre un orifice de la tuyauterie de service.

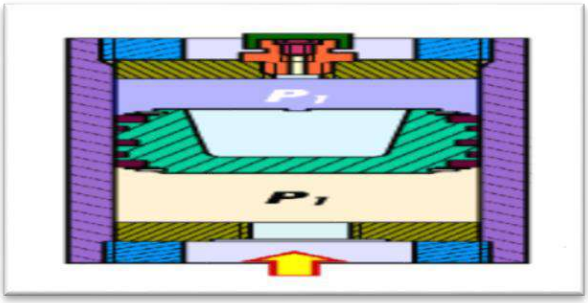


Figure (II.51) : Accumulateur à piston. [3]

II.3.2. Les filtre : [4]

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, Gommes, boues…

a) la Positions des filtres dans l'installation :

Il y a plusieurs possibilités d'installer les filtres dans les circuits hydrauliques. Il est possible de combiner plusieurs de ces possibilités :

- **A l'aspiration :**

Emplacement :	Le filtre est installé avant la pompe
Avantages	- Tout le circuit est protégé, pompe comprise.
Inconvénients	- Augmentation de la perte de charge à l'aspiration - La maille de celui-ci ne peut être très fine

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

- **Au refoulement :**

Emplacement	- 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. - Les parois des filtres doivent supporter la pression du circuit, ce qui donne des filtres volumineux, lourds et chers.

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

- **Au retour :**

Emplacement	- 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.
Inconvénients	- Le circuit doit être confiné (Enfermée). - 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 des tiges que la pollution extérieure s'introduit.

- **Filtration externe :**

Emplacement	- Le filtre est installé sur un circuit externe
Avantages	- La perte de charge dans le circuit principal est minimale.
Inconvénients	- La pompe de filtration n'est pas protégée. - Consommation de puissance supplémentaire

II.3.3Manomètres : [13]

Le manomètre est appareillé donne la valeur de la pression. La conception la plus courante est à tube de bourdon. Ils peuvent être raccordés en permanence ou connectables à volonté. On isole Généralement un manomètre du circuit lorsque la lecture n'est pas nécessaire pour éviter.



Figure (II.52) : Manomètres. [13]

II.3.4. Débitmètre : [1]

Le débitmètre est un type d'instrument de mesure, essentiellement mécanique, conçu pour mesurer le débit volumétrique de fluides, que ce soit des gaz ou des liquides, ou pour la mesure du débit massique. Ces appareils sont généralement placés en ligne avec le tuyau qui transporte le fluide-.l existe plusieurs type de décimètres en fonction de

l'usage qu'on veut en faire (le flotteur est exploité pour les liquides): débitmètre à turbine, débitmètre à flotteur, débitmètre sans pièces en mouvement.

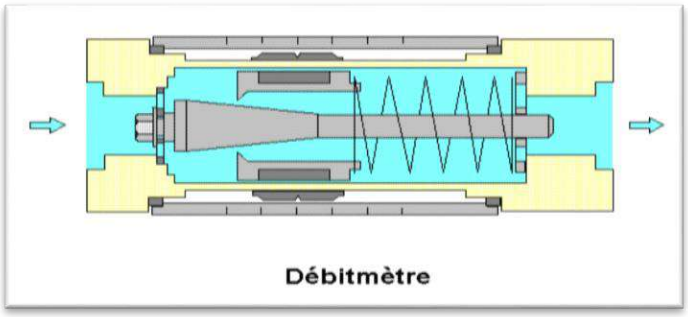


Figure (II.53) : de débitmètre. [1]

II.3.5. Thermostat : [1]

Le thermostat, comme le thermomètre enregistre les variations de températures, mais plus que le thermomètre, il peut garder la température constante en interrompant l'arrivée de chaleur. Il contribue ainsi à l'autocontrôle du système.



Figure (II.54) : Thermostat.

II.3.6. Thermomètre : [1]

Le thermomètre est un appareil qui sert uniquement à relever une mesure de température.



Figure (II 55) : thermomètre.

II.3.7. Manocontact : [1]

Le manocontact est utilisé pour ouvrir ou fermer un circuit électrique sous l'influence de la pression hydraulique.

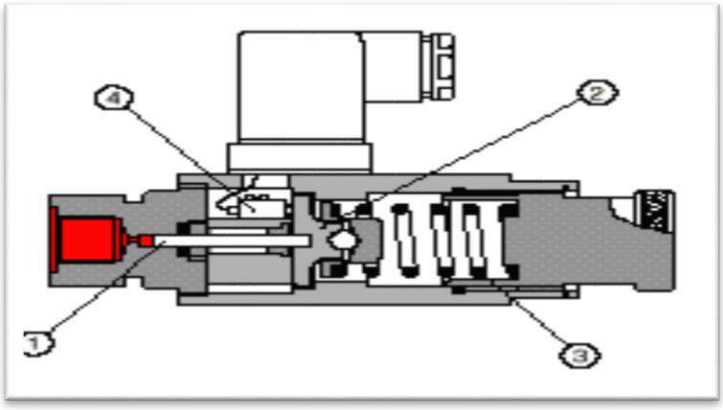


Figure (II 56) : manocontact.

II.3.8. Echangeurs thermiques : [1]

Le rôle des échangeurs thermiques (ou refroidisseurs) est de maintenir la température du fluide à un niveau acceptable afin de satisfaire les exigences du système hydraulique. Leur principe du fonctionnement est illustré à la figure suivante :

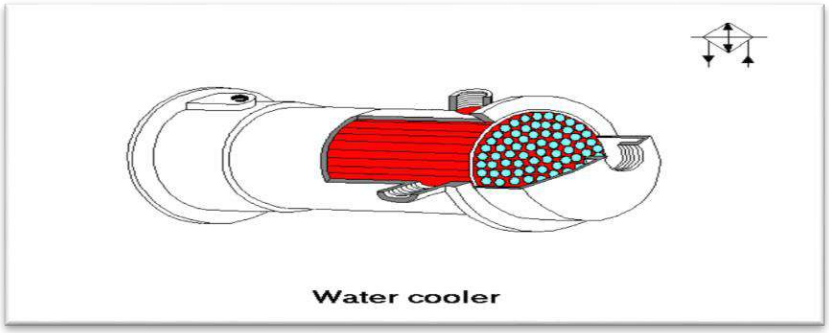


Figure (II .57) ：Echangeurs thermiques. [1]

II.3.9 Les clapets : [12]

Fonction :

C'est un composant hydraulique élémentaire, simple dans sa conception et son fonctionnement, qui est très utilisé seul ou intégré à d'autres appareils.

Il permet la circulation du fluide dans un seul sens. Il est donc implanté dans un Circuit lorsque l'on veut empêcher le retour ou la vidange de la colonne d'huile.

C'est un appareil parfaitement étanche.

a) Clapets anti-retour :

Fonction :

- Autoriser le passage du fluide dans un seul sens.
- Clapet sans ressort de rappel, perte de charge faible mais le débit inverse doit le fermer, donc un peu d'huile repart avant la fermeture.
- Clapet avec ressort de rappel, perte de charge plus importante, mais la fermeture est instantanée si le débit cesse, pas de retour d'huile en sens inverse.

Leur conception est très simple et leur prix faible. Ils existent sous forme de blocs s'adaptant aux différents autres appareils ou autonomes pour s'installer directement sur une conduite (figure ci-dessous).

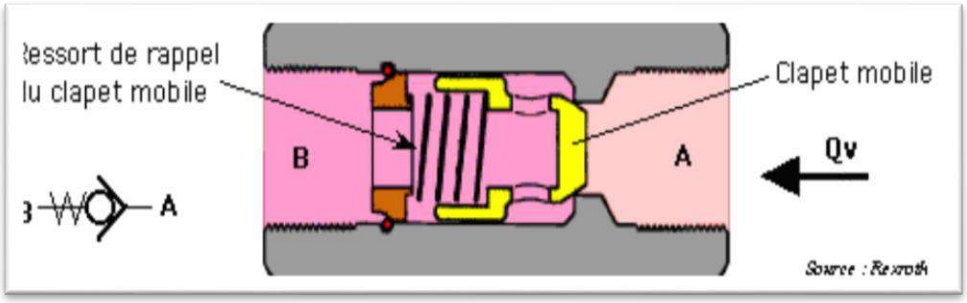


Figure (II.58) : Clapets anti-retour.

b) Clapet piloté :

Il est utilisé dans le but de conserver une pression dans le circuit placé en aval.

Il possible avec ce type de clapets d'établir un débit inverse (B vers A) en pilotant l'orifice de pilotage externe.

Ils sont souvent utilisés comme éléments de sécurité. Il faut par contre prévoir une décompression des canalisations amont et des canalisations de pilotage.

Il est recommandé de placer les clapets au plus près de l'actionneur.

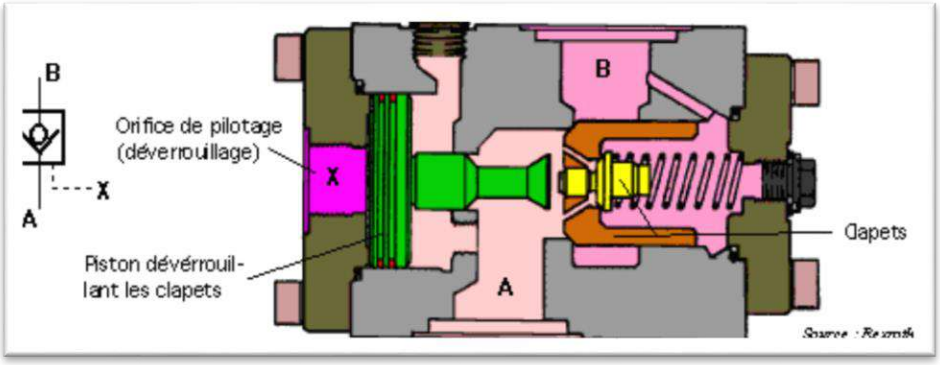


Figure (II.59) : Clapets piloté.

II .3.10. Les vannes : [12]

Ces vannes, appelées aussi robinets, sont utilisées pour contrôler le passage ou l'arrêt d'un fluide hydraulique. Une rotation du levier de 90°obture le passage du fluide :

- Levier parallèle à la canalisation : vanne ouverte ;
- Levier perpendiculaire à la canalisation : vanne fermée.



Figure (II.60) : la vanne. [12]

II.4. Les appareils dérégulation :

II.4.1. Organes de réglage du débit :

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.

a) Les limiteurs de débit : [4]

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.

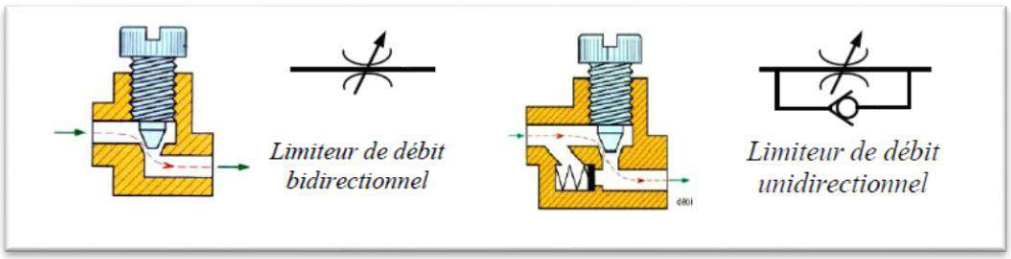


Figure (II.61) : limiteurs de débit. [4]

b) Les régulateurs de débit : [1]

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

- Régulateur de débit à une voie **:**

Les régulateurs de débit servent à maintenir le débit constant par rapport à une valeur prédéterminée.

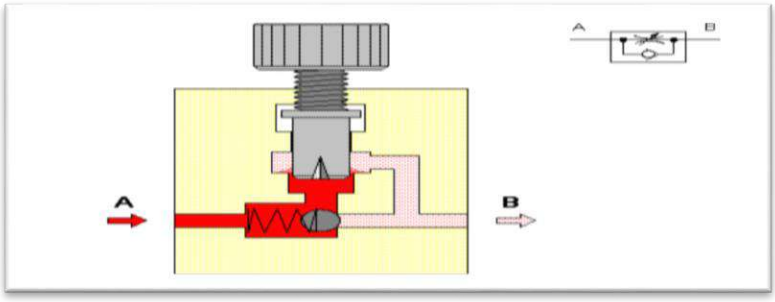


Figure (II.62) : Régulateur de débit à une voie.

- Régulateur de débit à deux voies :

Le régulateur doit être sensible aux variations de viscosité et aux fluctuations de pression. Pour éviter les changements dans la viscosité du fluide, le régulateur est pourvu d'un orifice variable à paroi mince.

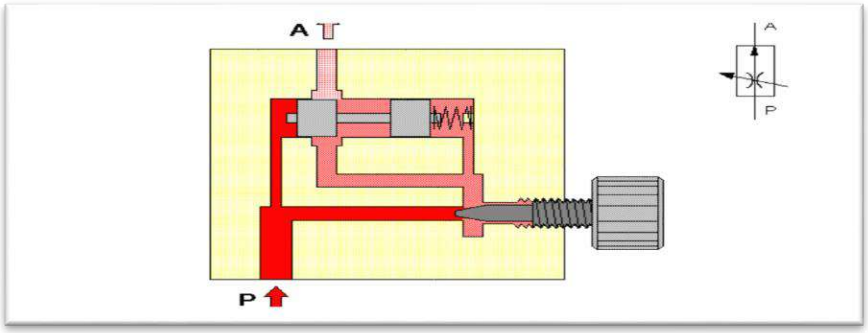


Figure (II.63) : Régulateur de débit à deux voies.

- Régulateurs de débit à trois voies :

Lorsqu'on utilise un appareil de contrôle du débit comme ceux décrits précédemment, le problème vient toujours de l'évacuation du débit en trop (sauf en cas d'alimentation par une pompe autorégulée).

Il existe donc une version régulateur/ diviseur de débit qui sépare le débit d'alimentation en deux, le débit régulé + l'évacuation à la bâche du complément.

II. 4.2. Les appareils de contrôle de pression :

Les appareils principaux ont les fonctions suivantes :

a) Limiteur de pression : [1]

- Fonction principale : assurer la sécurité d'un circuit ou d'une partie de circuit en limitant la pression à un maximum. Cette pression est maintenue.
- Fonctions auxiliaires : assurer la division de débit lors de contrôle du débit ou créer une perte charge pour freinage.

L'appareil est installé en dérivation entre la ligne de circuit et la basse pression (la bâche par exemple). De par sa conception, cet appareil provoque une perte de charge qui est fonction du débit à évacuer.

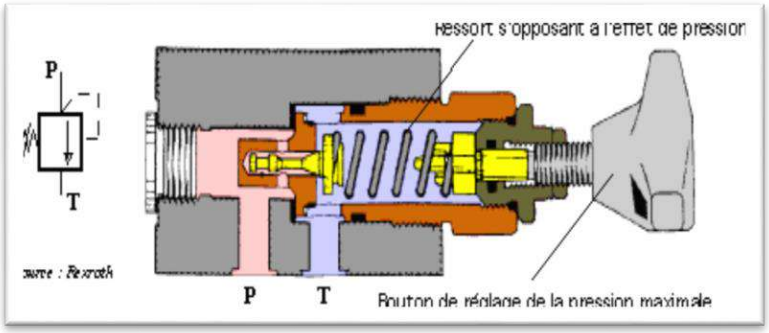


Figure (II.64) : Limiteur de pression.

L'appareil, lorsqu'il s'ouvre et laisse passer le fluide, dégrade la totalité de la puissance hydraulique et la transforme en chaleur. Il va de soi que cette ouverture ne doit pas durer longtemps lorsque la puissance déchargée est importante (cette puissance est intégralement transformée en chaleur).

- **Type de Limiteur de pression : [1]**

- Limiteur de pression piloté :

Puisque le limiteur de pression à action directe est très limité dans ses applications, il a été nécessaire de concevoir d'autres modèles plus adaptés aux circuits hydrauliques modernes.

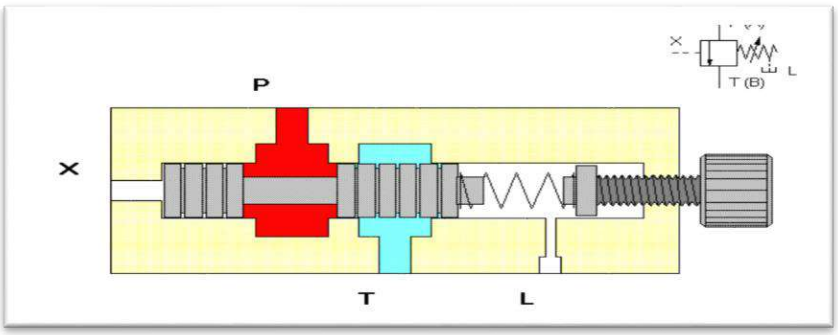


Figure (II.65) : Limiteur de pression piloté. [1]

- Limiteurs de pression avec piston équilibré.

Ce modèle peut admettre un débit plus important vers le réservoir avec moins de pertes de charge. Lorsqu'il est en opération, il est très silencieux. Il est d'installation simple et rapide d'accès pour le dépannage.

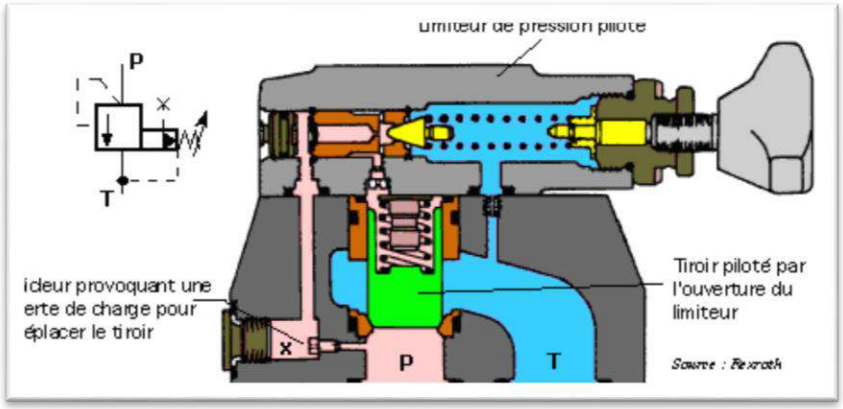


Figure (II.66) : Limiteur de pression avec piston équilibré.

b) Les régulateurs de pression : [4]

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

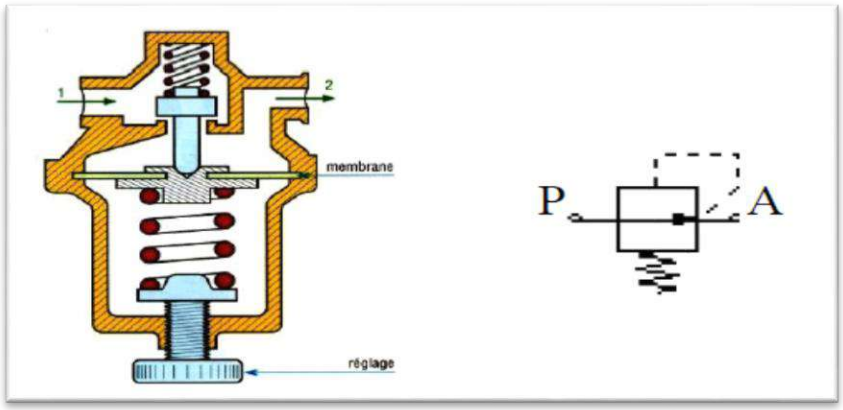


Figure (II.67) : régulateurs de pression. [1]

c) Soupape de séquence :

Elle permet l'alimentation d'un circuit secondaire lorsque la pression dans le circuit primaire a atteint la valeur du tarage de la soupape .la valve de séquence peut être pilotage interne ou externe.

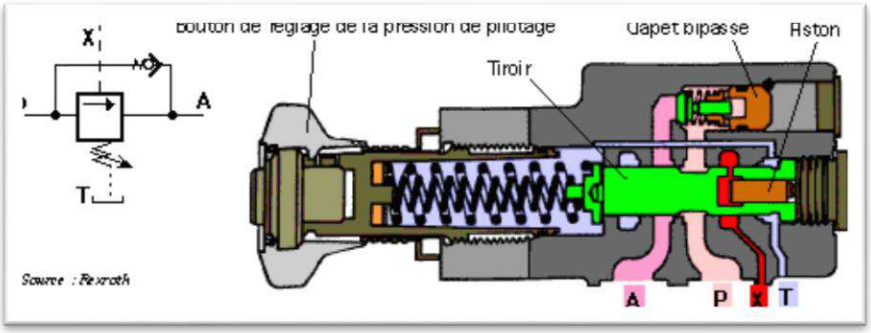


Figure (II.68) : Soupape de séquence. [3]

d) Valve de Freinage (valve d'équilibrage) :

Comme le nom l'indique, elles sont destinées à freiner une charge motrice, elles sont Conçues comme des valves de séquence.

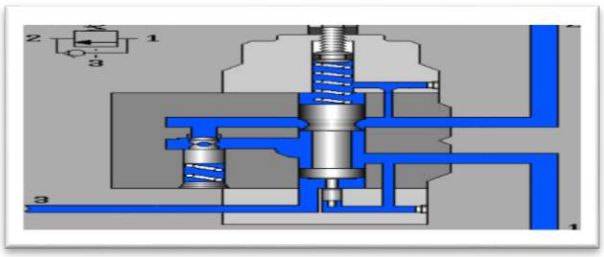


Figure (II.69) : valve de Freinage.

e) Le réducteur de pression :

Le rôle du réducteur de pression est différent, il permet de limiter la pression dans toute une branche d'une installation, cette pression étant bien sûr inférieure à la pression délivrée par la pompe. Il peut être à commande directe ou à commande indirecte.

- A commande directe **:** Dès que la pression P2 est atteinte, le tiroir se déplace pour obturer l'alimentation.
- A commande indirecte **:** Les commandes indirectes sont utilisées pour les grands débits.

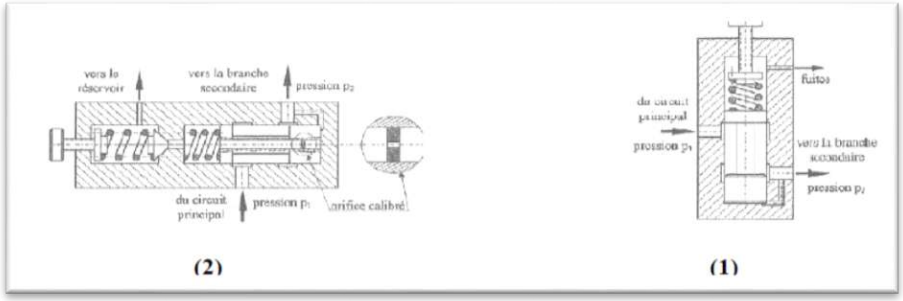


Figure (II.70) : Le réducteur de pression à action directe (1) et indirect (2). [6]

f) Conjoncteurs - disjoncteurs :

Fonction : ils sont destinés à mettre le débit de pompe à la bâche (pression nulle en sortie de pompe) lorsque l'accumulateur est plein (disjonction) puis à remettre l'accumulateur en charge avec la pompe lorsque la pression est insuffisante (conjonction).

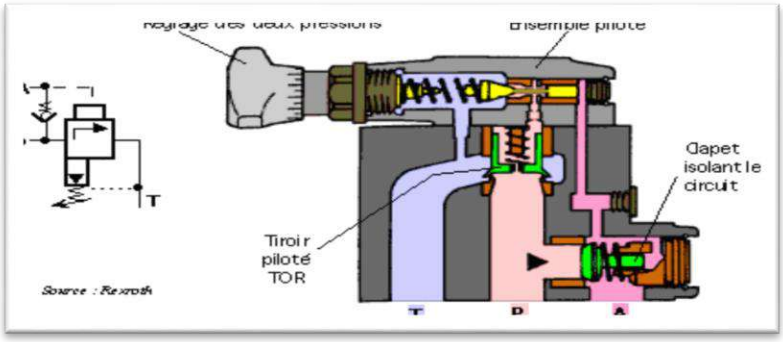


Figure (II.71) : Conjoncteurs – disjoncteurs.

II.5. Tuyauteries : [14]

Ce sont des éléments qui assurent la liaison et le transport de l'énergie hydraulique entre les différents composants du circuit hydraulique, Les tuyaux sont généralement rigides (acier, cuivre) ou flexibles.

II.5.1. Les types de tuyauteries :

a) Tuyauteries rigides **:**

Sont généralement en tube d'acier (XC10, A37) étirées à froid pour l'huile minérale, on utilise aussi des tubes en acier inoxydable pour les fluides synthétiques.

b) Tuyauteries souples :

Constituées d'une tuyauterie de caoutchouc synthétique entourées d'une ou de plusieurs tresses métalliques et d'une gaine assurant une protection contre les agents extérieurs (chocs).

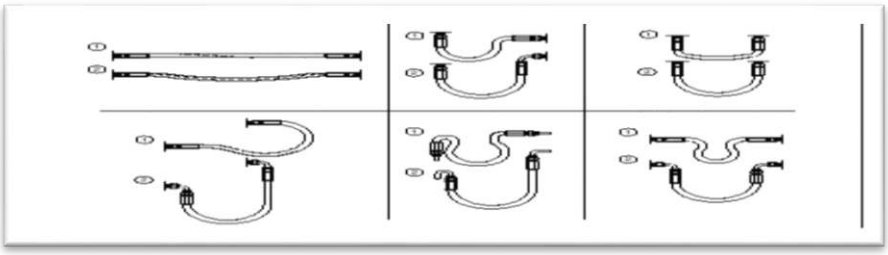


Figure (II.72) : les Tuyauteries souples. [1]

II.5.2. Les Choix des tuyauteries :

Le choix de ces éléments se fait avec les critères suivants :

- La pression statique et dynamique.
- Le débit.
- L'étanchéité.
- Les vibrations mécaniques et hydrauliques.
- L'aisance dans la manipulation.
- Le prix.

Dans notre cas on utilisera des tuyaux flexibles, sont constitués à l'intérieur en caoutchouc synthétique, renforces par des tresses de fils d'acier et à l'extérieur d'un étui en caoutchouc synthétique résistant à l'abrasion, avec une température d'emplois varie de (40 à 100) °c.

II.6. Les fluides : [15]

Les fluides sont classés en deux groupes :

- Les liquides : Très peu compressibles ce qui explique leur utilisation en hydraulique pour des pressions élevées.
- Les gaz : Très compressibles donc ce sont des mauvais transporteurs d'énergie.

II.6.1. Propriétés des liquides :

- Les liquides sont pratiquement incompressibles, d'où leur déplacement est facile par poussée (au moyen d'un piston, par exemple) et possibilité d'exercer sur eux des pressions considérables.
- Les liquides transmettent intégralement les pressions dans tous les sens (principe de pascal) ; d'où possibilité de transmettre par les liquides des pressions importantes, et d'obtenir des poussées considérables (Presse hydraulique Fig.1).
- La viscosité est variable en fonction de la température, mais souvent importante (huile par exemple).
- Le coefficient de dilatation est beaucoup plus élevé que celui des solides, en effet variations de volume qu'il ne faut pas contrarier, si non les réservoirs et les conduites subissent des efforts considérables.
- Certains liquides, tels que l'eau, subissent en se solidifiant une augmentation de volume, d'où risque d'éclatement des conduites en cas de gel.
- La densité est variable suivant les liquides, mais en général importante

III.I. Description de la machine :

III.I.1 Définition :

Cette machine est une presse hydraulique, a plusieurs postes de travail, chaque poste fait une tache bien précise. Cette machine est commandée localement.

III.I.2 Caractéristique de la machine :

- Presse multifonction.
- Presse hydraulique de 5 postes de travail.
- Fabrication de cosses électriques de différents diamètres.
- Alimentation électrique.
- Force maximale 20.38 tonnes.
- Capacité de réservoir 250 L.

III.I.3 Fonction de la machine :

Cette presse hydraulique est utilisée par la fabrication de cosses électriques de différents diamètres.

Cosses électriques : est une pièce en cuivre (bon conducteur d'électricité) utilisée comme connecteur.



Figure (III.73) : cosse électriques.

III.I.4. Poste de travail :

La machine (presse) hydraulique se compose de 5 postes qui prennent leurs places au périmètre d'une table tournante.

- **Poste d'alimentation (poste 1) :**

Ce 1er poste sert au changement des tubes sur le porte pièce qui est fixé sur la table à l'aide de 2 vérins, le 1ere vérin laisse passer un tube à la fois et le 2eme vérin pousse le tube sur le porte pièce.

- **Poste d'écrasement (poste 2) :**

La rotation de la table de 72° fait passer le tube inséré sur la porte pièce (poste1) au (poste 2), ce poste fait l'écrasement d'une partie du tube à l'aide d'un vérin hydraulique.

- **Poste de perçage (poste3) :**

Une autre rotation de la table de 72° fait passer le tube écrasé (poste2) au (poste 3), poste de perçage. A l'aide d'un poinceau monté sur un vérin hydraulique, un trou est réalisé sur le bout écrasé.

- **Poste de gravage (poste4) :**

Après une autre rotation de la table de 72°, le tube écrasé est poinçonné (percé) passe au (poste 4), à l'aide d'un vérin fait poinçonnage de quelques mots et lettres pour définir le logo du fabricant ainsi que les dimensions standard de la cosse.

- **Poste de déchargement (poste5)** :

Après une dernière rotation de 72° de la table, la cosse finie après 3 opérations (écrasement-perçage-gravage). Un vérin vient décharger la pièce finie qui sera regroupée dans un bac au-dessous de poste 5.

- **Table rotative :**

Cette table rotation desserve les 5 postes de travail, qui est à 72° l'un de l'autre, à 2 mouvement combinée une translation vers le haut qui fait effrénée la table avec une cremaillaire, ensuite une rotation de 72°, Ensuite un désengagement de la cremaillaire.



Figure (III.74) : système crémaillères pignon et tige dentée.

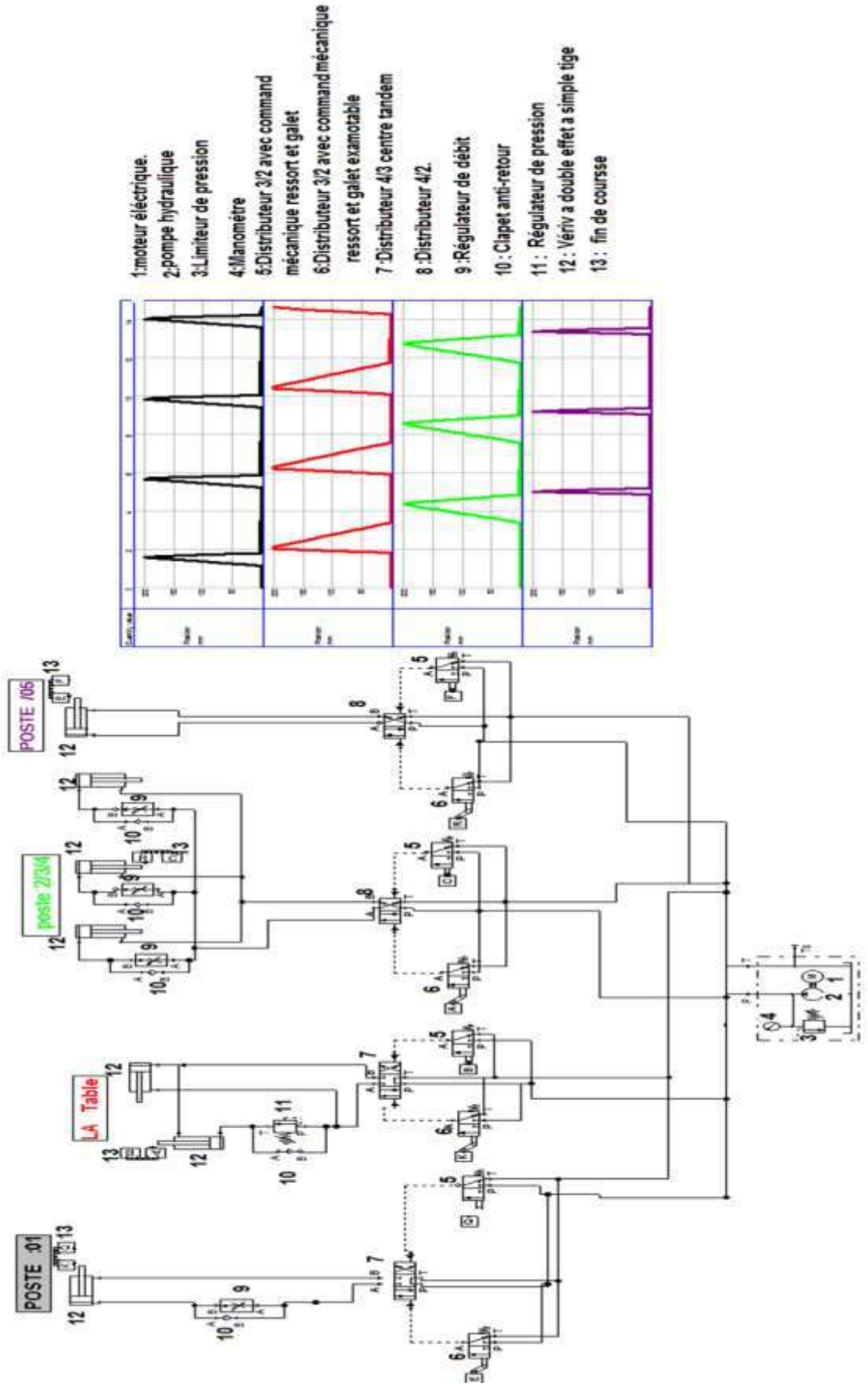


Figure (III.75) : schéma de circuit hydraulique d'une machine.

III.2. Maintenances de circuit hydraulique : [16]

III.2.1. Définition générale de maintenances :

La maintenance est définie comme étant l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Maintenir c'est donc effectuer des opérations qui permettent de conserver le potentiel du Matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production.

- Les différentes formes de maintenance :

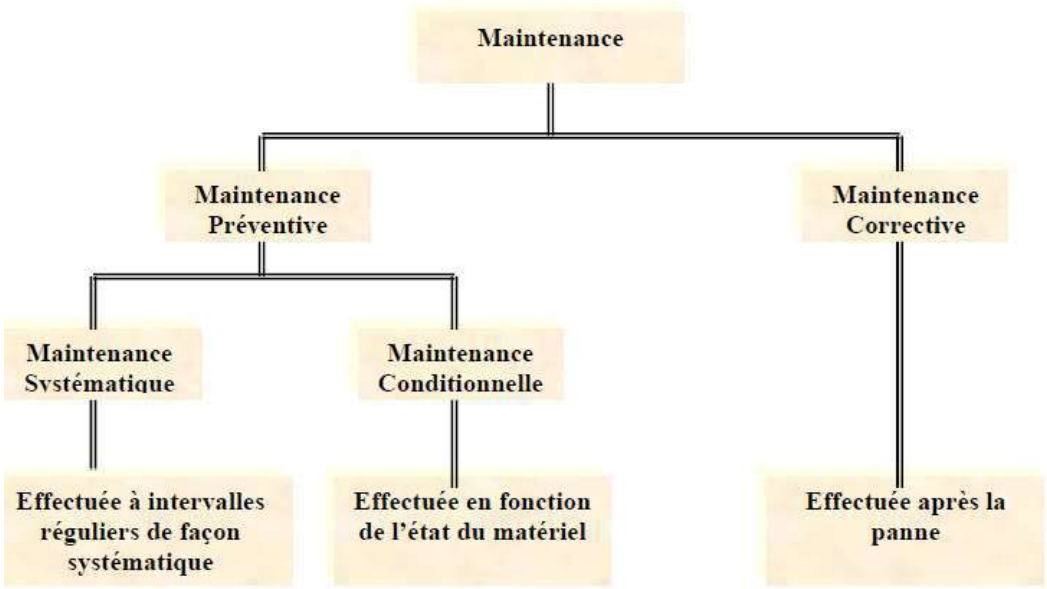


Figure (III.76) : Les différentes formes de maintenance.

a) La maintenance corrective :

- Il s'agit d'une maintenance effectuée après défaillance.

- C'est une politique de maintenance qui correspond à une attitude de réaction à des évènements plus ou moins aléatoires et qui s'applique après la panne.

b) La maintenance préventive

- Maintenance systématique :

Elle comprend les inspections périodiques et les interventions planifiées suivant un calendrier pour assurer le fonctionnement continu des équipements.

Elle a pour objectif :

- De déterminer le coût probable de maintenance.

- De choisir les fréquences d'intervention sur un système.

- De faire de la planification de tâches et renforcer les mesures de sécurité.

- La maintenance conditionnelle :

Réalisée à la suite de relevés, de mesures, de contrôles révélateurs de l'état de dégradation de l'équipement. Elle rend plus efficace la détection des défauts, permet d'améliorer la disponibilité par la planification des opérations. Elle a pour objectif :

- D'éviter les démontages inutiles liés à la maintenance systématique qui peuvent engendrer des défaillances.
- D'accroître la sécurité des personnes.
- D'éviter les interventions d'urgence suivant l'évolution des débuts d'anomalies.

III.2.2. La maintenance dans l'hydraulique :

Face à une concurrence internationale de plus en plus difficile, L'entreprise moderne se voit obligée de rationaliser son système de production. L'équipement moderne, très onéreux, objet d'importance investissements se doit de fonctionner sans défaillance pour compenser son coût élevé.

La maintenance doit éviter les arrêts longs du matériel de production. Pour cela, le Personnel doit agir vite et faire les remplacements dans les plus courts délais.

Il doit également posséder toutes les informations concernant le matériel, par exemple : dans l'hydraulique le rôle du schéma et de donner un moyen pratique simple de représenter une installation hydraulique dans un langage compréhensible par tous les techniciens. Il donne également aux techniciens des services d'entretien, un outil de travail très utile, sinon indispensable dans la recherche des causes de pannes.

III.2.3. Pannes de fonctionnement :

- Principe de recherche :

- Connaître la machine en panne (dossier de la machine, schéma…).
- Interroger l'utilisateur sur les anomalies constatées.
- Etude de la machine et des anomalies.
- Observer et établir des hypothèses.
- Tirer une conclusion : faire un choix définitif de l'appareil en cause ou situer l'endroit exact de la panne.
- Ne procéder au démontage qu'après avoir faire un diagnostic précis.

III.2.4. Plan de maintenance pour les composants hydrauliques :

- Le phénomène de cavitation :

La cavitation se produit généralement dans :

- Les pompes lorsque les conditions d'aspiration correcte ne sont pas remplies.

- Les autres appareils du circuit (vérins, soupapes) lorsque la vitesse de l'huile augmente à un tel point qu'elle crée la dépression décrite précédemment.

La cavitation se remarque de façon sonore :

- Sur une pompe lorsque celle-ci est bruyante.
- Sur un vérin lorsque, suite à un déplacement rapide, on entend un son sifflant.

Lorsqu'une pompe devient bruyante, il faut intervenir rapidement pour éviter une Détérioration prématurée. Les causes sont :

- Vitesse de rotation élevée.
- Mauvaise aspiration de l'huile.
- Aspiration de l'air provoquant une émulsion de l'huile.
- Viscosité de l'huile trop élevée.

Nota : La cavitation par émulsion est le résultat d'une entrée d'air dans le circuit. On observe alors une formation de mousse sur le niveau d'huile et le bruit de la pompe augmentant progressivement. Cette émulsion est très longue à se dissiper dans le réservoir et on sera amené à remplacer le fluide.

III .2.5. Mise en service d'une installation hydraulique :

- Contrôler le niveau d'huile dans le réservoir.
- Contrôler l'aspect de l'huile.
- Contrôler l'encrassement des filtres.
- Contrôler la température de l'huile (55°C pour un fonctionnement normal. Éviter de dépasser 60°C, afin de conserver à l'huile de bonnes qualités de fonctionnement).
- La température du groupe hydraulique.
- Contrôler les pressions de fonctionnement.
- Contrôler l'étanchéité.
- Contrôler le niveau sonore.

Dans ce chapitre on va entamer la méthode de calcul utilisé pour choisir les Composants hydraulique.

IV.1. Le choix des vérins : [6]

Le dimensionnement des vérins s'effectue selon la masse à déplacer ce qui revient à dire, selon la force nécessaire que le vérin doit produire afin que la machine réalise ses taches pour la quelle est conçue.

Aussi le dimensionnement d'un vérin revient à déterminer le diamètre de la tige, qui dépend de la force que le vérin doit générer, et la course avec laquelle on doit vérifier sa résistance au flambage tout en mettant le vérin dans les conditions de travail les plus défavorables.

IV.1.1. Dimensionnement du vérin :

a) détermination de l'effort théorique (sortie de la tige) :

L'huile située dans la chambre arrière applique une poussée sur toute la surface qui l'emprisonne entre autre, sur toute la surface du piston.

Il en résulte un effort axial théorique développé par le vérin et transmis en bout de tige.



Figure (IV.77) : Piston.

F_{th} : effort théorique axial est exprimé en daN : F_{th} =F/0.9

b) détermination du diamètre :

Le diamètre du piston est en rapport direct avec l'effort axial développe par le vérin

On recherche ensuite l'alésage normalisé le plus proche choisir le diamètre de la tige normalisé puis déterminer la nouvelle section de vérin ainsi que la section annulaire coté tige.

c) Déterminer Prissions de service :

Pour augmenter la durée de vie de la pompe il faut que la pompe ne fonctionne pas en charge, donc il faut que la pression maximale de la pompe doive être supérieure à pression de service de vérins.

$$P_n = \frac{Fth}{S1}$$

d) Détermination de la vitesse circulation et de début :

Elle peut se faire, par approximation, avec la course du vérin (c) et le temps d'action requis (t). Connaissant c et t, on détermine la vitesse : V= C/t

Le débite de vérine Q nécessaire cote fond : Q = V × S2

Avec :

- C : est en mm.
- t : est en s .
- V : est en [cm/s].
- Q : est en [cm^3/s].
- S2 est en [cm^2].

IV.1.2. Détermination de la tige de vérin : [6]

Une pièce longue, chargée en bout, aura tendance à fléchir même si la charge est bien dans l'axe. C'est la flexion latérale ou flambage, Les tiges de vérin sont donc des pièces soumises au flambage.



Figure (IV.78): Schéma sur le flambement d'une tige de piston.

$$Fc = \frac{\pi EI}{L_{cr}K} \Rightarrow L_{cr} = \frac{\pi}{K} \times \left(\frac{E.I}{F_c}\right)^{\frac{1}{2}}$$

- L : longueur libre de flambage en [mm].
- L_{Cr} : Longueur critique de la tige du vérin (mm).
- I : moment d'inertie de la section (pour un cercle).
- F_{cr} : la charge critique en [daN].
- E : module d'élasticité longitudinale.
- K : facteur de course qui dépend des attaches de la tige. En effet les conditions de Flambage d'une tige varient selon les fixations et le guidage de la tige.

  Ces conditions sont résumées dans le tableau suivant :

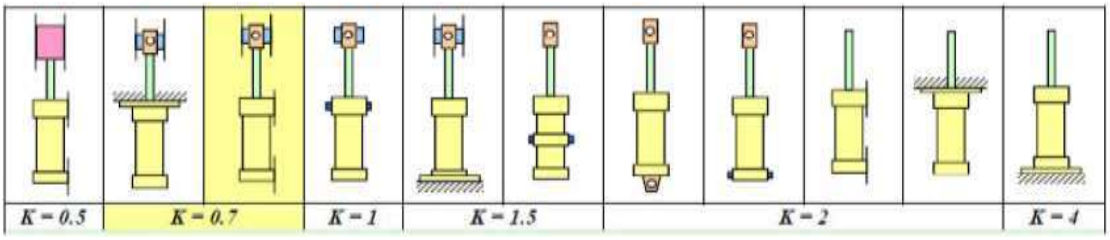


Figure (IV.79) : facteur de course k en fonction de fixation. [6]

IV.2. Le choix des pompes : [9]

IV.2.1.la cylindrée (cyl) :

C'est le volume engendré (en cm³ ou en litre) pour une rotation d'un tour. Dans les pompes à pistons, la cylindrée de la pompe est égale au produit du volume engendré par un piston multiplié par le nombre de pistons.

IV.2.2. La vitesse de rotation :

La vitesse nominale correspond à la vitesse normale d'utilisation pour une pompe chargée continuellement.

La vitesse maximale correspond à la vitesse de rotation à ne pas dépasser.

En dessous de la vitesse minimale la pompe risque de ne pas amorcer.

IV.2.3. Le débit :

- Débit théorique :

$$Q = Cyl \times N$$

- Q : en l/min.
- cyl : en l .
- N ; en tour/min.

Il s'agit du débit théorique qui ne tient pas compte des fuites.

- Le débit réel :

$$Q = Cyl \times N \times \eta_{vol}$$

η_{vol} : rendement volumétrique.

IV.2.4. Le rendement :

$$\eta_{vol} = Q_{réél}/Q_{théo}$$

IV.2.5. Le couple :

C'est le couple nécessaire à l'entrainement de la pompe.

On le détermine à partir du travail effectué par tour :

$$C = (Cyl \times P \times 100) / 2\pi$$

$$C = 15.92 \times cyl \times p$$

Avec :

- C en [Nm].
- Cyl : en [cm3].
- P en [bar].

C'est le couple théorique, qui ne tient pas compte du rendement.

IV.2.6 la puissance nécessaire à l'entrainement :

$$P=QP/600\eta_{glo}.$$

IV.4. Application numérique sur la partie essentielle de circuit :

IV.4.1. Choix des vérins :

IV.4.1.1 Dimensionnement du vérin :

Un vérin utilisé en poussant doit fournir 20000 daN ou bien 20.38 tonne sous 300 bar avec une course de 200 mm parcoure à aller en 2.5 secondes .la durée du retour sera à déterminer en fonction du débit de la pompe. On pondra : rendement du vérin η=0.9.

a) La force théorique :

20000 /0.9 = 22222daN.

b) Section de vérin :

S = F/P =22222/300=74.07 cm^2

c) Détermination de l'alésage d'un vérin :

$S=\pi D^2/4$

$D^2=4S/\pi$

$D^2=74.07 \times 4 /\pi =94.36$ cm

D=9.71cm soit D= 97.1mm

Un alésage de 97.1mm n'est pas normalise. Nous prendrons donc D normalise 100.

Nous aurions le détermine directement l'alésage le plus proche sur le tableau (IV.1) où nous trouvons l'alésage de diamètre de tige des déferont vérin.

Un vérin d'alésage 100 mm.il peut être équipe d'une tige de d=50 ou 70 ou 45 mm.

Nous retiendrons d=50.

Ø de piston mm	80			100			125			
Ø de la tige de piston mm	36	45	56	45	50	70	50	56	63	90

Tableau (IV.01) : caractéristiques des vérins. [17]

d) la section annulaire :

$S_1 = \pi 100^2/4 = 7850 mm^2 = 78.5 cm^2$.

e) Pressions de service pour avoir 22222 daN :

$P_n = 22222/78.5 = 283.08$ bar soit 283 bar.

Ce vérin de caractéristiques suivant :

Alésage 100 mm, tige de d=50, course 200 et il travaille à la prissions de 283 bar.

f) Détermination de la vitesse circulation et de début :

- La vitesse circulation :

  $V = \frac{200}{2.5} = 80$ mm

- Le début :

  $Q = 78.58 = 628\ cm^3/s$ soit Q=37.68l/min

IV.4.1.2. Détermination de la tige de vérin :

a) la longueur libre de flambage :

K= 0.5 et C = 200 mm

L= 200 x 0.5 = 100 (mm) =0.1 m.

b) La Charge critique :

$F_C = F = 0.9 \times 22222$

$F_C = 19999,8$ daN

c) Moment d'inertie de la tige :

$I = (3.14 \times 50)^4) /64$

I=306640.62 mm4

d) Longueur critique de la tige du vérin (mm) :

Module d'élasticité de Young, $E = 2,2 \times 10^5\ N/mm^2$.

$L_{cr} = \pi/K \times (E \times I / F_{cr})^{1/2} = 3.14/0.5 \times (220000 \times 306640.62) /19999,8)^{1/2} = 11533.81$ mm.

La course de notre vérin est de c=200 mm < L_{cr}, donc pas de risque de flambage sur la tige.

IV.4.2 choix de pompe :

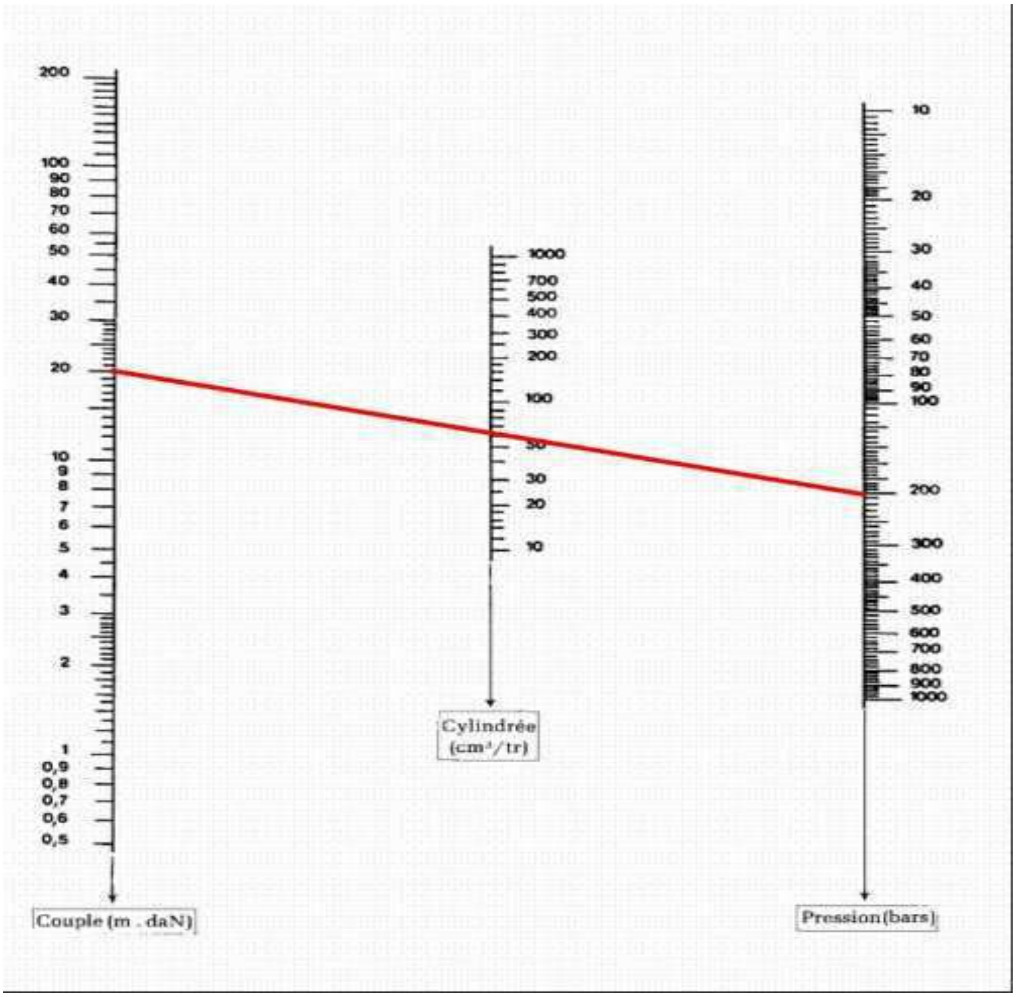


Figure (IV.80) : Abaque de calculs : relations entre couple / cylindrée / pression.[18]

P=300 bar ; $Q_{réel}$= 130l/min ; N=1500 tr/min ; η_g=90 ; c= ;cyl=89cm³ ;c=40m.DaN

- **Débit théorique :**

Q = Cyl × N

Q=0.089×1500=133l/min.

- **Le rendement volumétrique :**

$\eta_{vol} = Q_{réél}/Q_{théo}$

η_{vol}= 130/133 =0.97 → η_{VOL}=97%

- **La puissance nécessaire à l'entrainement :**

$P=QP/600\eta_{glo}$

P= 130×300/600×0.90=72.22 KW

IV.4.3. Choix de moteur électrique :

$Pm=Pp/\eta_m$

$\eta_m = \eta_g/\eta_v = 0.92$

$Pm=72.22/0.92=78.5$

Le travail présenté dans ce mémoire est « étude et conception de circuit hydraulique d'une presse hydraulique pour la fabrication de cosses » nous a permet d'approfondir nos connaissances dans :

Conception d'un circuit hydraulique qui répond au exigence de la fabrication des cosses électriques.

A travers de cette étude, on a appris le fonctionnement de différent composants hydrauliques ainsi que leurs positions dans le circuit hydraulique.

On a appris le processus de fabrication des cosses électriques et leurs besoins industriels.

La synchronisation de déplacement des différents vérins l'un par rapports aux autres, pour les postes de travail ainsi que la table rotative.

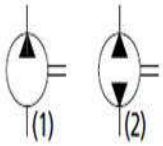
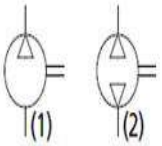
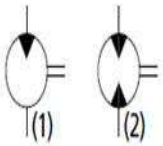
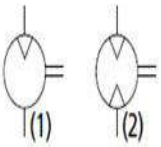
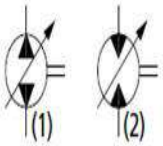
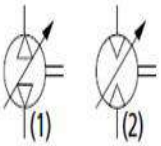
Ce travail nous a initier dans le monde industriel et spécialement l'hydraulique industrielle.

Nous souhaitons que ce travail soit poursuivi dans le cadre de l'automatisation ainsi que l'hydraulique proportionnelle.

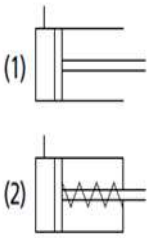
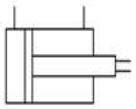
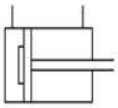
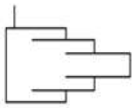
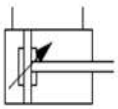
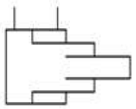
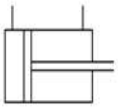
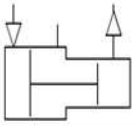
- [1] PDF Conception et maintenance « Sami Rikick ».
- [2] rolden vélaria, josé caroline, « Aide-mémoire hydraulique industriel » Paris. Francis Lefebvre 2002.
- [3] Thierry Schanen, « Le guide des automatismes », V 5.0 2001.
- [4] PDF technologie des systèmes hydraulique, « chouchene Mohamed ».
- [5] guide « twenty years of fluid evolution », www.omacpompe.com-E-mail : info@omacpompe.com.
- [6] J.Diez, «l'hydraulique industrielle appliquée »Ed.l'usine ,paris (1984).
- [7] 12_VERINS.doc « Philippe HOARAU ».
- [8] ACTIONNEURS HYDRAULIQUES UTT LOKO 2009-2010 ».
- [9] Guide hydraulique industrielle appliquée.
- [10] Source : Le guide des automatismes.
- [11] 13_DISTRIBUTEURS.doc « Philippe HOARAU ».
- [12] BTS maintenance industrielle. Système hydraulique industrielle « lysée Paul Emile Victor CHAMPAGNOLE.
- [13] la cour hydraulique.
- [14] Liens :
  - Technique de l'ingénieur.com.
  - Extpdf.com/fiche-technique-tiska-pdf.html.
  - Moodle.polymtl.ca/pluginfile.php/79632/mod_resource/content/0/Acetates 2010/
  - Instabilite_flambement_poutre-colonne-v2.pdf.
  - Technocalcul.com/FR/protec_corrosion.html#code_traitement.Extpdf.com /fiche-techniquetiska-pdf.html.
- [15] Support de Cours (Conception 1) - 4 - Systèmes hydrauliques et P LA-GM (CFM4).
- [16] généralités de maintenance « Sami Ballah et Iset Nabeul ».
- [17] PDF vérin hydraulique. Bosch Rexorth AG.
- [18] 05-bp-intervention –pompes-engrenages.pdf.

La représentation symbolique des principaux organes hydrauliques issus de la norme NF E 04-056, sont représentés sur le tableau ci- dessus :

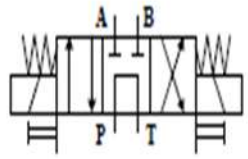
Transformation de l'énergie :

	Pompe hydraulique à cylindrée fixe (1) à un seul sens de flux (2) à deux sens de flux		Compresseur à cylindrée fixe (1) à un seul sens de flux (2) à deux sens de flux
	Moteur hydraulique à cylindrée fixe (1) à un seul sens de flux (2) à deux sens de flux		Moteur pneumatique à cylindrée fixe (1) à un seul sens de flux (2) à deux sens de flux
	Pompe (1) et moteur (2) hydrauliques à cylindrée réglable et à deux sens de flux		Compresseur (1) et moteur (2) pneumatique à cylindrée réglable et à deux sens de flux

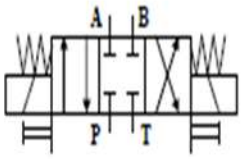
Vérins :

	Vérin à simple effet (1) à rappel par force non définie (2) à rappel par un ressort		Vérin différentiel
	Vérin à double effet avec amortisseur fixe d'un côté		Vérin télescopique à simple effet
	Vérin à double effet avec amortisseurs réglables des deux côtés		Vérin télescopique à double effet
	Vérin à double effet à simple tige		Multiplicateur de pression à une seule nature de fluide (ici pneumatique)

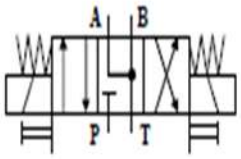
Distributeurs :



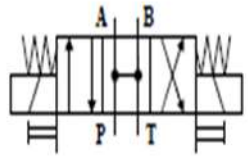
4/3 centre tandem, c^de électrique, retour par ressort et c^de manuelle de secours



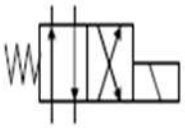
4/3 centre fermé, c^de électrique, retour par ressort et c^de manuelle de secours



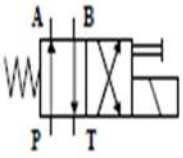
4/3 centre Y, c^de électrique, retour par ressort et c^de manuelle de secours



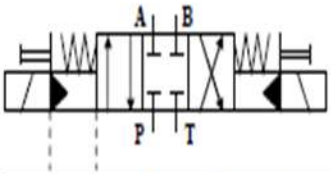
4/3 centre ouvert, c^de électrique, retour par ressort et c^de manuelle de secours



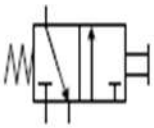
4/2 c^de électrique, retour par ressort



4/2 c^de électrique, retour par ressort et c^de manuelle de secours



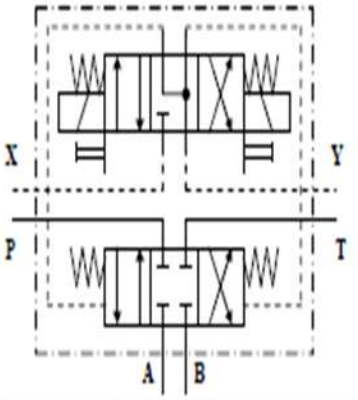
4/3 centre fermé, 2 étages, c^de électrohydraulique et manuelle de secours. Pilotage et drain externe (symbole simplifié).



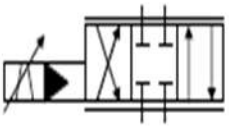
3/2 NF à c^de manuelle

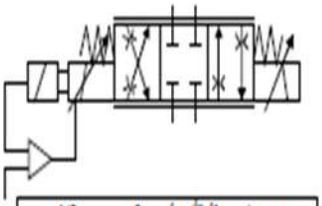


4/2 c^de électrique, monostable, c^de manuelle de secours et recouvrement positif (symbole détaillé)



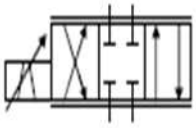
4/3 centre fermé, 2 étages, c^de électrohydraulique et manuelle de secours. Pilotage et drain externes (symbole détaillé)





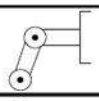
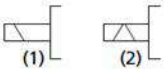
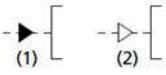
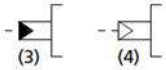
4/3 centre fermé, 2 étages, c^de électrohydraulique proportionnelle à 2 enroulements. Pilotage et drain internes (symbole simplifié)

4/3 centre fermé, c^de électrique proportionnelle. Pilotage et drain internes et capteur de position (symbole simplifié)

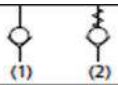
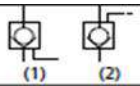
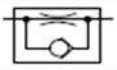
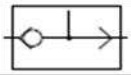
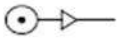
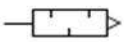
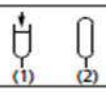


4/3, centre fermé à c^de électrique proportionnelle à 2 enroulements

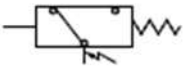
Commande :

	Commande musculaire		Commande mécanique poussoir
	Commande bouton-poussoir		Commande mécanique ressort
	Commande levier		Commande mécanique galet
	Commande pédale		Commande mécanique galet escamotable
	Commande électrique (1) à un enroulement (2) à deux enroulements		Commande directe par augmentation de pression (1) hydr. (2) pneum.
	Commande électrique moteur électrique		Commande indirecte par augmentation de pression (3) hydr. (4) pneum.

Accessoires :

	Clapet de non retour (1) sans ressort (2) avec ressort		Clapet de non retour (1) piloté pour ouvrir (2) piloté pour fermer
	Clapet de non retour avec étranglement		Sélecteur de circuit
	Réducteur de pression ou détendeur		Diviseur de débit
	Réducteur de débit réglable		Réducteur de débit non réglable
	Robinet d'isolement		Purge d'air
	Source de pression pneumatique		Source de pression hydraulique
	Orifice d'évacuation d'air non connectable		Orifice d'évacuation d'air connectable
	Prise bouchée		Prise avec conduite branchée
	Raccordement rapide sans clapet		Raccordement rapide avec clapet
	Silencieux		Réservoir sous pression
	Accumulateur (1) à ressort à poids (2) hydropneumatique		Filtre, crépine
	Purgeur à commande manuelle		Purgeur automatique
	Déshydrateur		Lubrificateur

Appareils de mesure :

	Manomètre		Manomètre différentiel
	Thermomètre		Débitmètre
	Compteur		Contact électrique à pression