



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed  
معهد الصيانة و الأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

**Département de Maintenance en Instrumentation**

## **MÉMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de **Master**

**Filière :** Génie Industrielle

**Spécialité :** Ingénierie de la Maintenance en Instrumentation

### **Thème**

# **Dimensionnement d'un Système Hydraulique**

Présenté et soutenu publiquement par:

**Behira Fatima & Bekenniche Ahlem**

Devant le jury composé de :

| Nom et Prénom     | Grade | Établissement | Qualité           |
|-------------------|-------|---------------|-------------------|
| Adjloua Abdelaziz | MCA   | IMSI          | <b>Président</b>  |
| Boulekhra Amina   | MCB   | IMSI          | <b>Encadrante</b> |
| Bouhafs Mohamed   | MCA   | IMSI          | <b>Examineur</b>  |

**Année Académique : 2024/2025**

---

# *Remerciements*

---

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame Boulekhras Amina, notre encadrante, pour son accompagnement précieux tout au long de ce travail. Sa disponibilité, ses conseils pertinents et son encadrement rigoureux ont été essentiels à la réalisation de ce mémoire.*

*Je remercie également l'ensemble des enseignants et le personnel du département pour leur soutien durant ma formation.*

*Je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'accomplissement de ce projet.*



## Dédicace

Je dédie ce mémoire avec  
amour et reconnaissance

À la mémoire de ma mère  
bien-aimée Dahmache  
Malha qui reste à jamais  
présente dans mon coeur

A mon père,  
Abderrahmane pour son  
soutien inestimable tout  
au long de mon parcours

A mon frère, Younes, pour  
sa présence et son  
encouragement.

A mes frères, mes soeurs  
et à leurs enfants  
véritables trésors de ma  
vie

A mes amies chères,  
Asmae et Ikram, pour leur  
amitié sincère

Et à ma camarade de fin  
d'études. Ahlem, pour son  
soutien et sa précieuse  
collaboration.

Behira Fatima





## Dédicace

Avec toute ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux que je n'arriverai jamais à remercier suffisamment pour leur amour sincère.

A mon père à celui qui a été mon pilier et mon soutien à chaque étape de ma vie, à celui qui m'a appris les valeurs et les principes, et qui m'a honoré de son amour et de sa bienveillance.

Ta mémoire restera gravée dans mon cœur, et mes prières pour toi ne me quitteront jamais. Que Dieu te fasse miséricorde et t'accueille dans son vaste paradis.

À la femme qui a souffert sans me laisser ressentir le poids de ses luttes, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui a déployé tous les efforts pour me rendre heureuse: mon adorable mère Djamila.

À ma chère sœur et à mon marie, qui ont toujours été là pour me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leur accorde chance et bonheur.

À ma petite sœur et mon frère, qui sait toujours comment apporter joie et bonheur à notre famille.

Sans oublier mon binôme Fatima, pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail  
Bekenniche Ahlem

# Sommaire

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Introduction Générale: .....                                                    | -1-       |
| Chapitre 1 : Description d'un système hydraulique                               |           |
| <b>I Introduction: .....</b>                                                    | <b>3</b>  |
| I.1 Développement de l'hydraulique industrielle : .....                         | 3         |
| I.2 Description d'un circuit hydraulique : .....                                | 4         |
| <b>I.2.1 Structure générale: .....</b>                                          | <b>4</b>  |
| <b>I.2.2 Composition d'un circuit hydraulique : .....</b>                       | <b>6</b>  |
| <b>I.2.3 Structure schématique des systèmes hydrauliques : .....</b>            | <b>10</b> |
| I.3 Principe de fonctionnement de l'hydraulique : .....                         | 10        |
| <b>I.3.1 Le principe de Pascal : .....</b>                                      | <b>11</b> |
| <b>I.3.2 Le principe du levier mécanique : .....</b>                            | <b>12</b> |
| <b>I.3.3 Principe de Conservation de débit ou Equation de Continuité : ....</b> | <b>12</b> |
| <b>I.3.4 Le principe de Bernoulli : .....</b>                                   | <b>13</b> |
| <b>I.3.5 Le rendement et les pertes hydrauliques : .....</b>                    | <b>15</b> |
| I.4 Les étapes de fonctionnement de système hydraulique : .....                 | 15        |
| <b>I.4.1 La montée en pression: .....</b>                                       | <b>15</b> |
| <b>I.4.2 La répartition du volume ou du débit : .....</b>                       | <b>16</b> |
| <b>I.4.3 La conversion en énergie mécanique : .....</b>                         | <b>16</b> |
| <b>I.4.4 Le retour du fluide hydraulique : .....</b>                            | <b>16</b> |
| I.5 Choix d'un fluide hydraulique : .....                                       | 16        |
| I.6 Les avantages des systèmes hydrauliques : .....                             | 16        |
| I.7 Inconvénients de l'énergie hydraulique : .....                              | 17        |
| I.8 Les domaines d'application de l'hydraulique : .....                         | 17        |
| <b>I.8.1 L'hydraulique dans le secteur industriel: .....</b>                    | <b>18</b> |
| <b>I.8.2 L'hydraulique dans le domaine agricole: .....</b>                      | <b>18</b> |

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>I.8.3 Les autres engins hydrauliques:</b> .....                       | 19 |
| <b>I.9 Conclusion :</b> .....                                            | 19 |
| Chapitre 2 : Dimensionnement d'un système Hydraulique.                   |    |
| <b>II Introduction:</b> .....                                            | 21 |
| <b>II.1 La Pompe hydraulique:</b> .....                                  | 21 |
| <b>II.1.1 Définition:</b> .....                                          | 21 |
| <b>II.1.2 Classification des pompes:</b> .....                           | 21 |
| <b>Avantages et Inconvénients des pompes volumétriques :</b> .....       | 27 |
| <b>II.1.3 Choix de la pompe hydraulique :</b> .....                      | 28 |
| <b>II.1.4 Dimensionnement de la pompe hydraulique :</b> .....            | 30 |
| <b>II.2 Les Moteur hydrauliques:</b> .....                               | 33 |
| <b>II.2.1 Définition:</b> .....                                          | 34 |
| <b>II.2.2 Principaux types des moteurs hydrauliques :</b> .....          | 34 |
| <b>II.2.3 Symboles:</b> .....                                            | 37 |
| <b>II.2.4 Choix du moteur hydraulique :</b> .....                        | 37 |
| <b>II.3 Les distributeurs hydrauliques:</b> .....                        | 38 |
| <b>II.3.1 Définition :</b> .....                                         | 38 |
| <b>II.3.2 Symboles:</b> .....                                            | 43 |
| <b>II.4 Les vérins hydrauliques :</b> .....                              | 43 |
| <b>II.4.1 Définition:</b> .....                                          | 43 |
| <b>II.4.2 Les composants du vérin hydraulique :</b> .....                | 43 |
| <b>II.4.3 Le principe de fonctionnement hydraulique:</b> .....           | 44 |
| <b>II.4.4 Les types des vérins hydrauliques :</b> .....                  | 45 |
| <b>II.4.5 Symbolisation graphique des vérins hydraulique :</b> .....     | 48 |
| <b>II.4.6 Choix des vérins hydrauliques :</b> .....                      | 48 |
| <b>II.4.7 Avantages et inconvénients des vérins hydrauliques :</b> ..... | 50 |
| <b>II.4.8 Les applications des vérins hydraulique :</b> .....            | 51 |
| <b>II.4.9 Flambage:</b> .....                                            | 52 |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| <b>II.4.10 Régulation de la pression:</b>                          | 53 |
| <b>II.4.11 Limiteur de la pression :</b>                           | 54 |
| <b>II.4.12 Réducteur de la pression :</b>                          | 54 |
| II.5 Le contrôle de débit:                                         | 56 |
| II.6 Conclusion:                                                   | 57 |
| Chapitre 3: Simulation d'un système hydraulique                    |    |
| <b>III Introduction:</b>                                           | 59 |
| III.1 La simulation hydraulique :                                  | 59 |
| <b>III.1.1 Définition :</b>                                        | 59 |
| <b>III.1.2 Applications pour circuits et vérins hydrauliques :</b> | 59 |
| <b>III.1.3 Avantages de la Simulation :</b>                        | 59 |
| III.2 Logiciel de Simulation FLuidSIM :                            | 60 |
| <b>III.2.1 Présentation de FluidSIM :</b>                          | 60 |
| <b>III.2.2 Les objectifs didactiques de FluidSIM :</b>             | 60 |
| <b>III.2.3 Avantages de FluidSIM :</b>                             | 60 |
| III.3 Système hydraulique de levage :                              | 61 |
| <b>III.3.1 Ordre des opérations:</b>                               | 62 |
| 1. Initialisation du Système                                       | 62 |
| <b>III.3.2 Les dimensions des éléments de ce système :</b>         | 63 |
| III.4 Simulation sous FluidSim :                                   | 66 |
| III.5 Résultats de la simulation :                                 | 67 |
| III.6 Conclusion :                                                 | 71 |
| Conclusion générale                                                | 72 |
| BIBLIOGRAPHIE :                                                    | 73 |

## Liste des Figures

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| figure I- 1 Ancien moulin à eau. ....                                           | 3  |
| figure I- 2 les composants de circuit hydraulique .....                         | 5  |
| figure I- 3 Les zones de circuits hydrauliques .....                            | 5  |
| figure I- 4 Schéma de principe d'un circuit hydraulique .....                   | 6  |
| figure I- 5 Schématique des systèmes hydraulique .....                          | 10 |
| figure I- 6 Loi de pascal. ....                                                 | 11 |
| figure I- 7 Schéma de levier mécanique. ....                                    | 12 |
| figure I- 8 Tube de flux .....                                                  | 13 |
| figure I- 9: Daniel Bernoulli .....                                             | 13 |
| figure I- 10 Tube de ventur. ....                                               | 14 |
| figure I- 11 Pertes mécaniques dans un circuit hydraulique .....                | 15 |
| figure I- 12 Barrage d'eau. ....                                                | 18 |
| figure II- 1 Pompe hydraulique .....                                            | 21 |
| figure II- 2 Types des pompes hydrauliques .....                                | 22 |
| figure II- 3 Les pompes à pistons radiaux à bloc cylindre tournant .....        | 23 |
| figure II- 4 Les pompes à pistons radiaux et cylindre fixes .....               | 23 |
| figure II- 5 Les pompes à pistons axiaux à barillet rotatif à axe droit .....   | 24 |
| figure II- 6 Les pompes à pistons axiaux et débit variable .....                | 24 |
| figure II- 7 Pompes à pistons axiaux à axe coude: à cylindrée constante .....   | 25 |
| figure II- 8 Pompes à pistons à axe brisé à cylindrée variable .....            | 25 |
| figure II- 9 Les pompes à engrenage à denture extérieur .....                   | 26 |
| figure II- 10 Les pompes à engrenage à denture intérieur droite non composée .. | 26 |
| figure II- 11 Les pompes à engrenage à denture intérieure type rotor .....      | 27 |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| figure II- 12 Structure d'une pompe centrifuge .....                 | 28 |
| figure II- 13 Guide de la hauteur manométrique d'une pompe. ....     | 31 |
| figure II- 14 Courbe caractéristique des pompes SIL 410. ....        | 32 |
| figure II- 15 Courbe de réseau hydraulique .....                     | 33 |
| figure II- 16 Courbe de point de fonctionnement. ....                | 33 |
| figure II- 17 Structure de moteur hydraulique. ....                  | 34 |
| figure II- 18 Moteur à palettes. ....                                | 35 |
| figure II- 19 Moteur à pistons axiaux .....                          | 35 |
| figure II- 20 Moteur à engrenage .....                               | 36 |
| figure II- 21 Moteur à pistons radiaux. ....                         | 36 |
| figure II- 22 Distributeurs hydrauliques. ....                       | 39 |
| figure II- 23 Distributeurs rotatif. ....                            | 39 |
| figure II- 24 Distributeurs à clapet. ....                           | 39 |
| figure II- 25 Distributeurs à tiroir. ....                           | 40 |
| figure II- 26 Fonctionnements d'un distributeurs. ....               | 41 |
| figure II- 27 Les composants d'un vérin hydraulique. ....            | 44 |
| figure II- 28 Vérin hydraulique à double effet. ....                 | 44 |
| figure II- 29 Les vérins .....                                       | 45 |
| figure II- 30 Les vérin linéaires double effet. ....                 | 46 |
| figure II- 31 Les vérin spéciaux :à tige télescopique .....          | 46 |
| figure II- 32 Les vérin rotatifs à palettes. ....                    | 46 |
| figure II- 33 Les vérin rotatifs crémaillère .....                   | 47 |
| figure II- 34 Les vérin rotatifs à vis. ....                         | 47 |
| figure II- 35 Sortie du vérin. ....                                  | 48 |
| figure II- 36 Rentrée du vérin. ....                                 | 49 |
| figure II- 37 Vitesse en sortie du vérin .....                       | 50 |
| figure II- 38 Vitesse en retour du vérin. ....                       | 50 |
| figure II- 39 : Banc d'essai hydraulique pour vérins linéaires ..... | 51 |

|               |                                            |    |
|---------------|--------------------------------------------|----|
| figure II- 40 | Chargement du matériaux. ....              | 52 |
| figure II- 41 | Grue maritime avec vérin hydraulique ..... | 52 |
| figure II- 42 | Le flambage. ....                          | 53 |
| figure II- 43 | Limiteur de pression. ....                 | 54 |
| figure II- 44 | Symbole de limiteur de pression. ....      | 54 |
| figure II- 45 | Réducteur de pression. ....                | 55 |
| figure II- 46 | Symbole de réducteur de la pression. ....  | 55 |
| figure II- 47 | Accumulateur hydraulique. ....             | 55 |
| figure II- 48 | Symboles des accumulateurs. ....           | 56 |
| figure II- 49 | Régulateurs de débit. ....                 | 56 |
| figure II- 50 | Symboles des régulateurs de débit. ....    | 57 |
| figure III- 1 | Interface FluidSIM. ....                   | 60 |

## Liste des Tableaux

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau I- 1 Les composants d'un système hydraulique. ....                             | 9  |
| Tableau II- 1: Types des pompes volumétriques. ....                                    | 27 |
| Tableau II- 2: Symboles des pompes centrifuges ....                                    | 28 |
| Tableau II- 3: Les différents symboles normalisés des moteurs hydrauliques ....        | 37 |
| Tableau II- 4: les symboles des différents types de commande des distributeurs. ....   | 42 |
| Tableau II- 5: Symboles des distributeurs ....                                         | 43 |
| Tableau II- 6: Symbolisation graphique des vérins hydraulique ....                     | 48 |
| Tableau III- 1:Description des composants du système de levage hydraulique simulé .... | 67 |

## Résumé:

---

Ce mémoire explore les systèmes hydrauliques, une technologie essentielle fondée sur la mécanique des fluides, qui permet la transmission de puissance à travers un fluide sous pression. Après avoir présenté les principes fondamentaux et la structure des circuits hydrauliques, le document aborde le dimensionnement des composants tels que les pompes, moteurs, distributeurs et vérins. Une simulation d'un système de levage hydraulique est également réalisée via le logiciel FluidSIM, permettant d'illustrer le fonctionnement et l'efficacité du système modélisé. Ce travail vise à combiner les connaissances théoriques et les compétences pratiques nécessaires à la conception et à l'analyse des systèmes hydrauliques modernes.

**Mots-clés :** Système hydraulique – Dimensionnement – Simulation.

## ملخص:

يتناول هذا المذكرة دراسة الأنظمة الهيدروليكية، وهي تقنية أساسية تعتمد على ميكانيكا الموائع وتستخدم لنقل الطاقة عبر سائل مضغوط. بعد تقديم المبادئ الأساسية وبنية الدوائر الهيدروليكية، يتناول البحث حساب أبعاد المكونات مثل المضخات والمحركات والموزعات والأسطوانات. كما تم تنفيذ محاكاة لنظام رفع هيدروليكي باستخدام برنامج ، مما يوضح كيفية عمل النظام وكفاءته. يهدف هذا العمل إلى دمج المعرفة النظرية مع المهارات التطبيقية FluidSIM وتحليل الأنظمة الهيدروليكية الحديثة. المطلوبة لتصميم

## الكلمات المفتاحية:

المحاكاة – التحديد – النظام الهيدروليكي

## Abstract:

This thesis examines hydraulic systems an essential technology based on fluid mechanics, used to transmit power through pressurized fluids. It first outlines the fundamental principles and structure of hydraulic circuits, then proceeds to the sizing of key components such as pumps, motors, distributors, and cylinders. A hydraulic lifting system is also simulated using FluidSIM software, demonstrating the system's functionality and efficiency. This work aims to integrate theoretical knowledge with practical skills for the design and analysis of modern hydraulic systems.

**Keywords:** Hydraulic system – Sizing – Simulation

## *Introduction générale*

Au cœur de chaque grande avancée technologique, une force invisible et immense façonne l'avenir : l'hydraulique. Le mot "hydraulique" provient du grec ancien, de deux racines :

1. "Hydor" (ὕδωρ), qui signifie eau.
2. "Aulos" (αὐλός), qui signifie tube ou canal.

Un système hydraulique utilise un fluide sous pression pour accomplir des tâches mécaniques en exploitant la différence de pression pour créer des mouvements. Fondé sur la mécanique des fluides, il est composé de composants comme des vérins et des pompes pour générer et contrôler cette énergie. L'hydraulique trouve des applications variées, avec des systèmes en boucle ouverte ou fermée, des transmissions à variation continue (CVT) et des systèmes régénératifs.

Le circuit hydraulique se compose de plusieurs éléments clés : un réservoir, une ou plusieurs pompes assurant la mise en pression et la circulation de l'huile, des organes de commande (distributeurs), des organes récepteurs tels que les vérins et moteurs hydrauliques, des organes de filtration, un refroidisseur, ainsi que des tuyauteries reliant ces composants entre eux. Grâce à leurs propriétés avantageuses, ces systèmes

hydrauliques sont utilisés dans divers secteurs professionnels. Dans le domaine de la construction et de l'agriculture, on les retrouve dans des machines telles que les excavatrices, grues et tracteurs, ainsi que dans les fonctions de godet et de basculement. Dans les ateliers, ils sont présents dans des équipements comme les ponts élévateurs, les outils et les crics hydrauliques. En automobile, les systèmes hydrauliques sont utilisés pour l'embrayage, les freins, la direction assistée et le châssis. Dans la technique de stockage, on les retrouve dans les gerbeuses à fourche et les transpalette manuels. Enfin, ils jouent également un rôle essentiel dans les ascenseurs, les presses hydrauliques, les bancs d'essai et les convoyeurs à courroie dans le secteur de la production.

Nous avons divisé ce projet de fin d'étude en trois chapitres :

En ce qui concerne le premier chapitre on fait la description d'un système hydraulique, puis dans le deuxième chapitre on parle du dimensionnement d'un système hydraulique, par contre dans le troisième chapitre on décrit une simulation et enfin on finit notre mémoire par une conclusion.

---

## *Chapitre I :*

---

### *Description d'un système hydraulique*

## I Introduction:

Le système hydraulique (ou installation hydraulique) est un ensemble complet de composants qui utilise un fluide sous pression pour effectuer un travail mécanique. À partir d'une énergie électrique (alimentant par exemple un moteur électrique) ou thermique (dans un moteur à combustion interne), un système hydraulique permet de produire une énergie hydraulique.

L'énergie hydraulique utilisée peut se présenter sous trois formes d'énergie:

- L'énergie potentielle (par gravité), exemple : un château d'eau.
- L'énergie cinétique (par vitesse), exemple : une turbine hydroélectrique.
- L'énergie par pression.

### I.1 Développement de l'hydraulique industrielle :

Dans le monde moderne d'aujourd'hui, les composants hydrauliques jouent un rôle important dans la vie quotidienne des gens. L'origine du mot hydraulique se rapporte à deux mots grecs "Hydra "et" Aulos " La première signifie l'eau et le second les tubes, donc les deux mots impliquent la Signification de l'eau dans les tubes. L'être humain a découvert l'importance de l'hydraulique depuis les temps préhistoriques, où les récits historiques montrent que les principes hydrauliques ont été utilisés pour convertir l'énergie de l'eau courante à l'énergie mécanique utile par les roues hydrauliques.



figure I-1 Ancien moulin à eau.

Depuis, la science de l'hydraulique a été développée, mais le traitement du comportement physique de l'eau dans le repos et le mouvement a fait partie du génie civil longtemps. Après l'invention de la machine à vapeur par James Watt, la nécessité d'une transmission efficace de l'énergie, du point de vue de la production jusqu'au point d'utilisation, est apparue. De nombreux types de dispositifs mécaniques, tels que l'arbre de transmission, les engrenages, les poulies et les chaînes ont été découverts et, par

conséquent, un nouveau champ d'hydraulique apparaît représentant le concept de transmission d'énergie à travers des fluides incompressibles. Pour distinguer cette branche de l'hydraulique, un nouveau nom appelé "hydraulique industrielle" a été inventé. L'importance de choisir ce nom réside dans le fait que ce domaine de l'hydraulique utilise l'huile comme un moyen de transmission. En raison de ses propriétés résistantes à la corrosion ainsi que le glissement et la lubrification, l'huile est généralement le fluide privilégié dans la transmission de l'énergie hydraulique. L'étude de l'hydraulique industrielle a commencé déjà à la fin du XVIIe siècle, lorsque Pascal a découvert une loi qui a formé la base de tous les systèmes hydrauliques. Plus tard, Joseph Brahmah développa une machine basée sur la loi de Pascal, tandis que Bernoulli développa une loi sur la conservation de l'énergie. Cette loi, ainsi que la loi Pascal, sont au cœur des applications de gestion des fluides, bien qu'elles n'aient été appliquées dans l'industrie qu'après la révolution industrielle en Grande-Bretagne en 1850. Les développements ultérieurs ont entraîné l'utilisation d'un système de conduites d'eau à haute pression entre les stations de pompage à vapeur et les usines nécessitant de l'énergie. Cependant, ce projet a été mis de côté pour deux raisons principales, l'indisponibilité de différents systèmes hydrauliques et deuxièmement le développement rapide de l'électricité, qui s'est avéré plus pratique et plus facile à utiliser. À la fin du XIXe siècle, l'électricité est apparue comme une technologie dominante, ce qui a entraîné une réorientation des priorités, au détriment de l'énergie de l'hydraulique. Au début du XXe siècle est venue l'ère moderne de l'énergie hydraulique, où les systèmes électriques ont été remplacés par le système hydraulique pour soulever et resserrer le contrôle des canons du navire de guerre USS Virginia, c'était en effet une étape importante dans la naissance des systèmes hydrauliques. Après la seconde guerre mondiale, l'énergie hydraulique a été évoluée de façon spectaculaire et de nos jours la majorité des machines utilisent le principe de l'huile hydraulique pour transmettre l'énergie, de sorte que l'hydraulique est devenue la Science du comportement physiques des fluides. [1]

## **I.2 Description d'un circuit hydraulique :**

### **I.2.1 Structure générale:**

Les circuits hydrauliques sont des systèmes essentiels pour la transmission de puissance à l'aide de fluides. Ils sont largement utilisés dans de nombreuses industries pour contrôler des mouvements et des forces. Cette section définira ce qu'est un circuit hydraulique en présentant sa structure et ses composants principaux.

Un circuit hydraulique industriel est constitué de 3 zones :

- 1ère zone : Source d'énergie : c'est un générateur de débit (centrale hydraulique) ;
- 2ème zone : Récepteur hydraulique : transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique (Vérin, moteur hydraulique) ;

- **3ème zone** : liaison entre les deux zones précédentes.

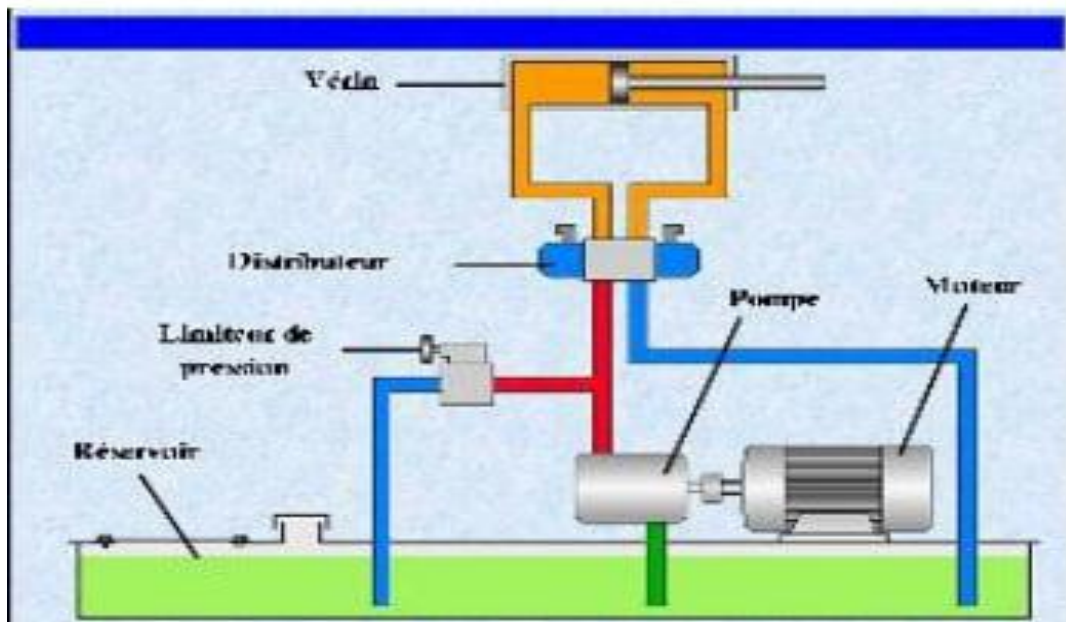


figure I-2 les composants de circuit hydraulique

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).

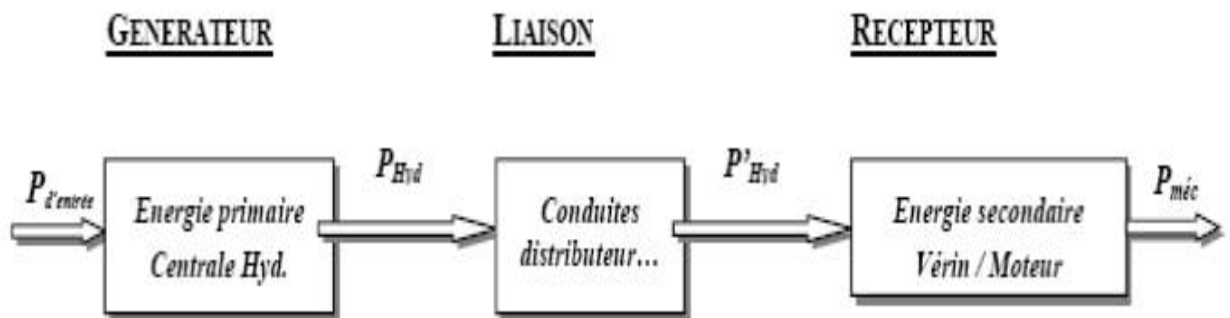


figure I-3 Les zones de circuits hydrauliques

### I.2.2 Composition d'un circuit hydraulique :

Un circuit hydraulique industriel est représenté schématiquement par des symboles conventionnels normalisés. Un schéma hydraulique représente l'équipement toujours en Position de repos ou initiale. [2]

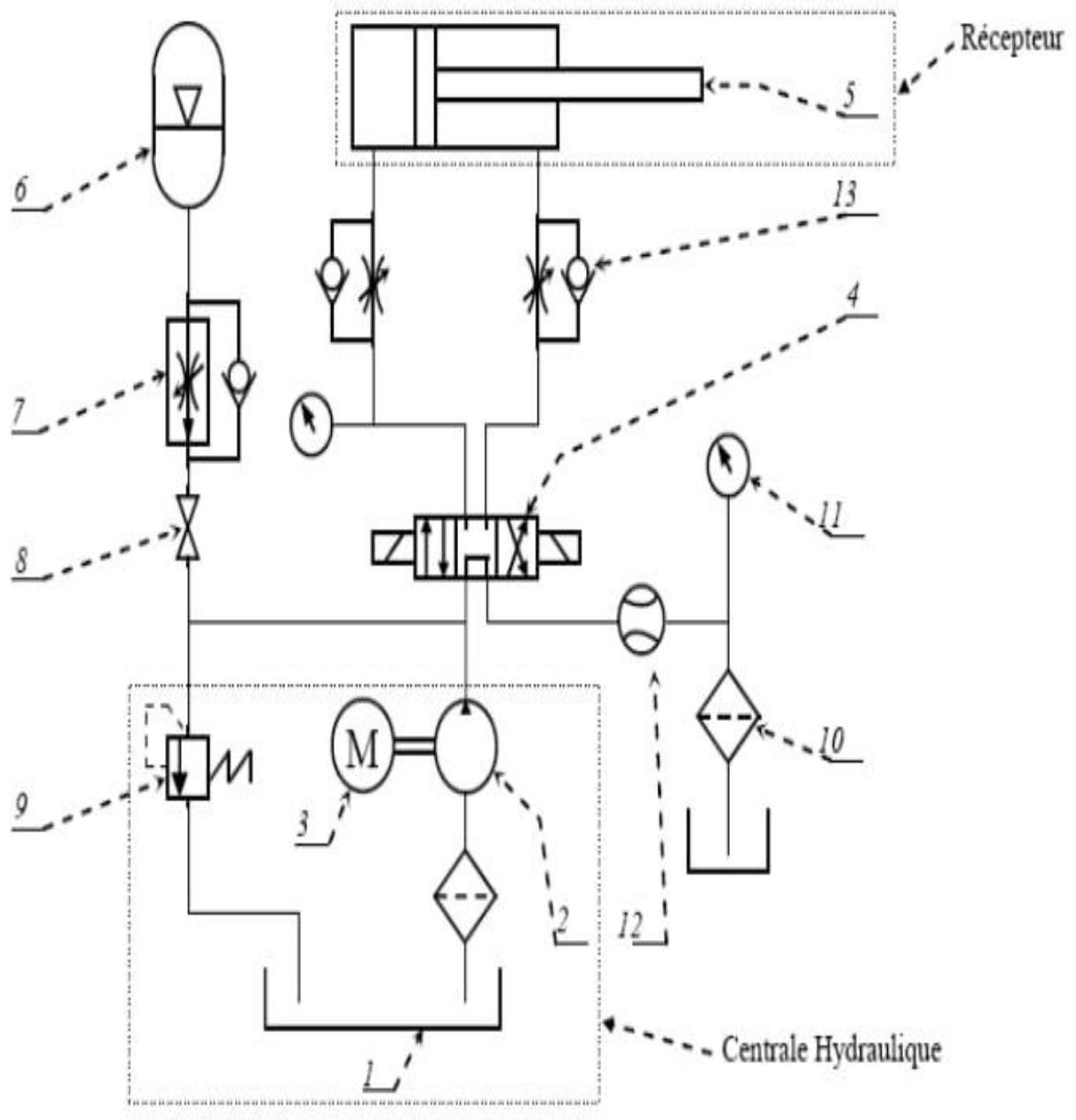
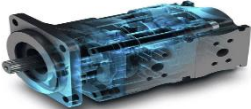


figure I- 4 Schéma de principe d'un circuit hydraulique

| Rep | Désignation                         | Fonction                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Figure                                                                                |
|-----|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <b>Réservoir Hydraulique</b>        | Est un récipient destiné à contenir le fluide nécessaire à l'alimentation du système, comprenant une réserve pour couvrir les pertes dues aux fuites mineures et à l'évaporation. Le réservoir peut être conçu pour fournir un espace pour la dilatation du fluide, permettre à l'air entraîné dans le fluide de s'échapper et contribuer au refroidissement du fluide. |    |
| 2   | <b>Pompe hydraulique</b>            | Une machine de travail qui déplace des volumes de fluide de manière continue et/ou discontinue, et générer la puissance hydraulique.                                                                                                                                                                                                                                    |   |
| 3   | <b>Moteur électrique</b>            | Est une machine électromécanique capable de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique, elle actionner la pompe.                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| 4   | <b>Distributeur hydraulique 4/3</b> | Est un composant hydraulique qui permet de répartir le fluide hydraulique dans les différentes parties d'un système hydraulique, il permet de distribuer la puissance hydraulique au vérin.                                                                                                                                                                             |  |

|   |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                       |
|---|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | <b>Vérin double effet</b>  | Est un dispositif mécanique qui permet de créer un mouvement linéaire dans les deux directions. Il transforme la puissance hydraulique en puissance mécanique en utilisant un fluide pour déplacer un piston, générant ainsi un travail dans les deux sens.                                                                              |    |
| 6 | <b>Accumulateur</b>        | Est un dispositif de stockage d'énergie. Il s'agit d'un récipient sous pression relativement simple de par sa conception qui stocke l'énergie sous forme de fluide hydraulique sous pression et la restituer en cas de besoin. Lorsque la pression dans un système hydraulique augmente, l'accumulateur absorbe le fluide sous pression. |    |
| 7 | <b>Régulateur de débit</b> | Un appareil utilisé pour Contrôler et régler le débit et la vitesse de fluide .                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| 8 | <b>Vanne</b>               | Un dispositif qui distribuer ou interrompre le passage du fluide.                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |

|    |                             |                                                                                                                    |                                                                                       |
|----|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Limiteur de pression</b> | Protéger l'installions contre les suppressions.                                                                    |    |
| 10 | <b>Filtre</b>               | Empêcher les impuretés de s'infiltrer dans les organes sensibles.                                                  |    |
| 11 | <b>Manomètres</b>           | Est un instrument de mesure utilisé pour indiquer la valeur de la pression d'un fluide, qu'il soit liquide ou gaz. |   |
| 12 | <b>Débitmètres</b>          | Est un instrument de mesure utilisé pour indiquer la valeur de la débit d'un fluide, qu'il soit liquide ou gaz.    |  |
| 13 | <b>clapet anti-retour</b>   | Dispositif qui autoriser le passage de fluide dans un seul sens.                                                   |  |

Tableau I- 1 Les composants d'un système hydraulique.

### I.2.3 Structure schématique des systèmes hydrauliques :

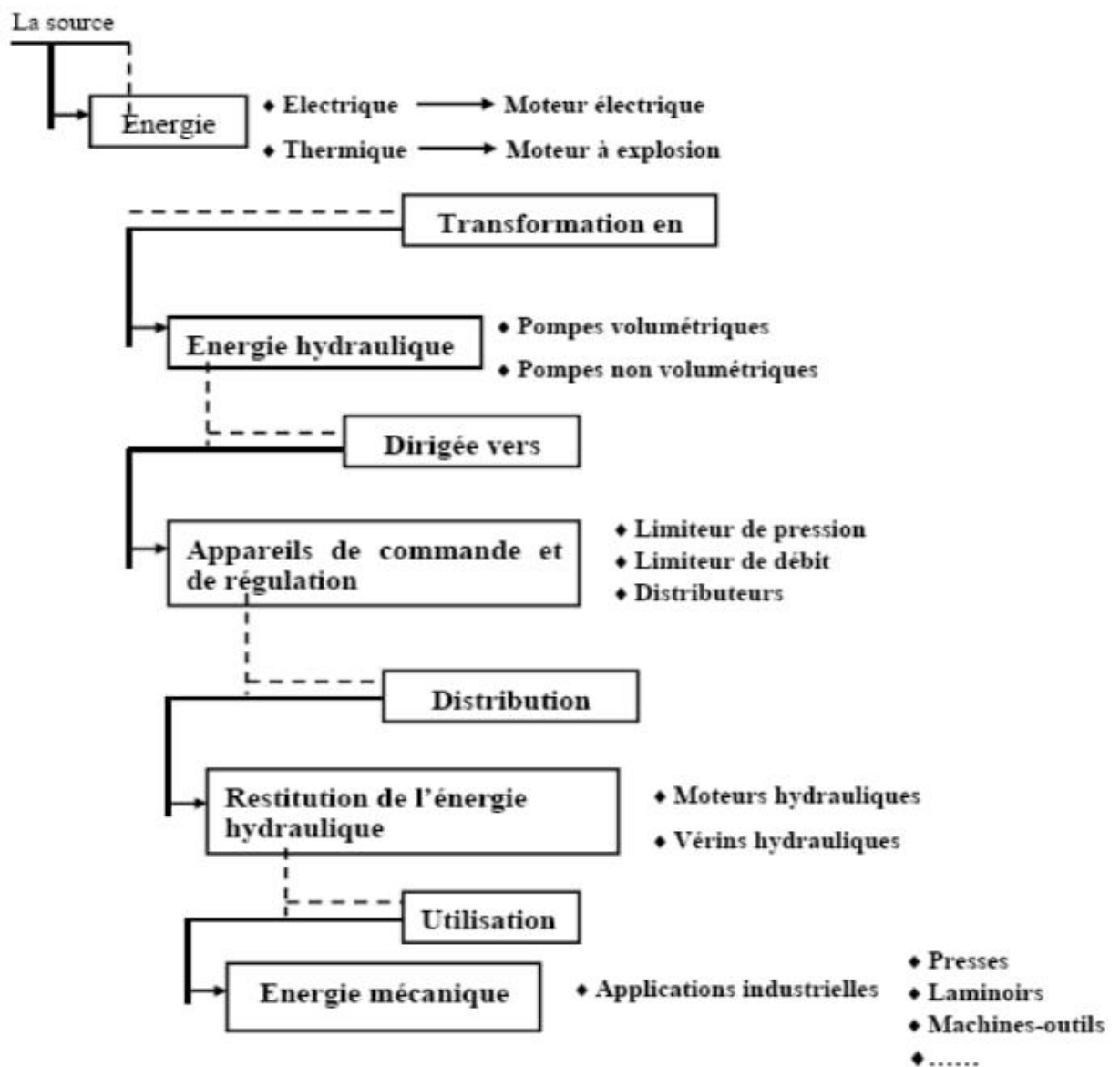


figure I- 5Schématique des systèmes hydraulique

### I.3 Principe de fonctionnement de l'hydraulique :

L'hydraulique permet de transmettre et d'amplifier une force en utilisant un fluide incompressible. Ce principe est largement utilisé dans les machines et systèmes mécaniques pour optimiser l'effort nécessaire à une action donnée

Le fonctionnement de l'hydraulique repose sur plusieurs principes fondamentaux :

### I.3.1 Le principe de Pascal :

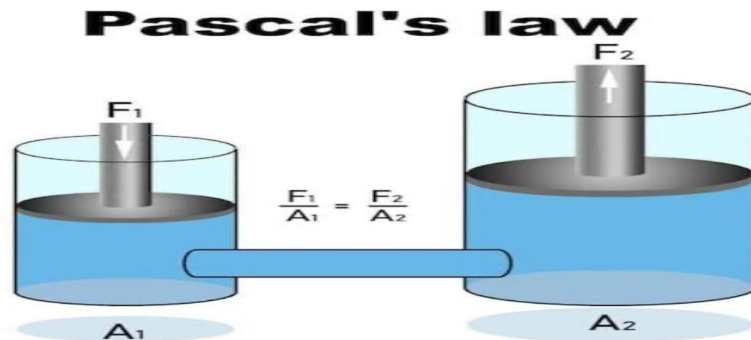


figure I-6 Loi de pascal.

Enoncée par Blaise Pascal au XVIIe siècle, stipule que toute variation de pression exercée sur un fluide incompressible confiné se transmet intégralement et uniformément à toutes les parties du fluide et aux parois du récipient. Ce principe repose sur la nature des fluides, capables de se déformer sans perdre de pression. [3]

#### I.3.1.1 Applications en mécanique des fluides :

- **Systèmes hydrauliques :**
  - Vérins hydrauliques : Amplifient la force appliquée pour déplacer des charges lourdes.
  - Freinage hydrauliques : Dans les voitures, la pression exercée sur la pédale de frein est transmise uniformément aux quatre roues, assurant un freinage équilibré.
- **Statique des fluides :**
  - Manomètres : Mesurent la pression dans un récipient fermé grâce à la transmission uniforme de la pression.
  - Barrages hydrauliques: La pression de l'eau augmente avec la profondeur et est uniformément répartie sur les parois du barrage.
- **Équilibre des forces sous l'eau :**
  - En plongée, la pression augmente avec la profondeur (environ 1 atmosphère tous les 10 mètres), nécessitant des combinaisons adaptées pour protéger les plongeurs des effets de la pression.
- **Transformation et transfert d'énergie :**
  - Presses hydrauliques : Utilisent la transmission de la pression pour exercer des forces massives, notamment dans les industries automobile et aéronautique.

- Broyeurs hydrauliques : Compactent ou recyclent des matériaux avec un minimum d'effort mécanique.

### I.3.1.2 Avantages des systèmes basés sur la loi de Pascal :

- **Efficacité énergétique** : Une faible force d'entrée peut produire une puissance élevée.
- **Fiabilité** : Moins d'usure mécanique que les systèmes traditionnels.
- **Contrôle précis** : Permet une manipulation fine et adaptée dans les environnements industriels.

On utilise la formule :  $P = \frac{F}{A}$  ; où :  $F$  est la pression et  $A$  est la surface .

### I.3.2 Le principe du levier mécanique :

L'hydraulique fonctionne d'après le même principe qu'un levier mécanique, une machine simple qui fonctionne comme une bascule. Quand on pousse sur un bout d'un levier pour le faire baisser, l'autre bout monte. Si le levier est bien conçu, une machine peut soulever un objet très lourd sans grand effort. Ceci est particulièrement vrai lorsque le point d'appui du levier se trouve près de la charge à soulever.

Si le point d'appui d'un levier est près de la charge, même une petite force peut soulever une grande masse. Cependant, un vérin hydraulique possède de gros avantages par rapport à un levier mécanique. Par exemple, dans un vérin hydraulique, un petit piston reçoit une faible force qui est ensuite transmise à un grand piston générant une force plus élevée. Ce principe est utilisé dans les engins de levage, les grues hydrauliques et les machines de chantier. [4]



figure I-7 Schéma de levier mécanique.

### I.3.3 Principe de conservation de débit ou équation de continuité :

Le principe de continuité est basé sur la conservation de débit. Il stipule que, dans un écoulement de fluide incompressible et en régime permanent (sans variation dans le temps), le débit volumique reste constant tout au long du système.

Cela signifie que si la section d'un conduit diminue, la vitesse du fluide augmente proportionnellement.

Ce principe s'appuie sur la Formule suivante :  $Q = V \times A$  ; où  $V$  est la vitesse de fluide en (m/s) et  $A$  est la surface en ( $m^2$ ) . Ce principe est fondamental dans le dimensionnement des circuits hydrauliques, des pompes et des vannes de régulation. [5]

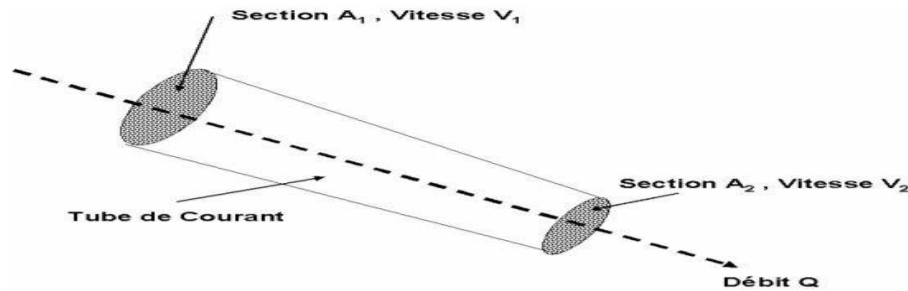


figure I- 8 Tube de flux

### I.3.4 Le principe de Bernoulli :

#### I.3.4.1 Historique :

Établi en 1738 par Daniel Bernoulli, le principe de Bernoulli relie la vitesse d'un fluide et sa pression en un point donné. Il permet d'analyser l'écoulement permanent d'un fluide Incompressible.

Le théorème de Bernoulli apparaît pour la première fois en 1738 dans l'ouvrage *Hydrodynamica – De Viribus et motibus fluidorum commentarii*. Il est formulé comme un bilan macroscopique et une méthode de calcul pour résoudre le problème de la durée de vidange des réservoirs percés. Ce travail fonde l'hydrodynamique moderne.

Grâce à Leonhard Euler, le théorème est reformulé de manière plus contemporaine. Il l'adapte pour une application en aérodynamique, alors que Bernoulli l'avait conçu pour les fluides en mouvement dans des conduits.



figure I- 9: Daniel Bernoulli

### I.3.4.2 Énoncé du principe de Bernoulli :

Le principe de Bernoulli s'énonce ainsi :

« Dans un fluide s'écoulant horizontalement, la pression est plus faible aux points où la vitesse est élevée qu'aux points où la vitesse est plus faible. »

Un fluide en mouvement depuis une zone de haute pression vers une basse pression accélère, car la résultante des forces agit dans le sens de l'écoulement.

- **Il existe deux types de pressions :**

1. Pression interne : force exercée dans toutes les directions lors de l'écoulement.
2. Pression d'impact : exercée sur un objet obstruant l'écoulement, pouvant ralentir ou arrêter le fluide.

### I.3.4.3 Formule du théorème de Bernoulli :

Pour un écoulement :

- De fluide parfait (non visqueux)
- Incompressible (masse volumique constante)
- En régime stationnaire
- Sans transfert d'énergie thermique.

L'équation est :  $P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{constant}$  ; dans cette formule :

- **P** représente la pression (en pascals, Pa)
- **V** désigne la vitesse de fluide (en mètres par seconde, m/s)
- **$\rho$**  correspond à la densité du fluide (en kilogrammes par mètres cube,  $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- **g** représente l'accélération gravitationnelle ( en mètres par seconde au Carré ,  $\text{m}/\text{s}^2$ )
- **h** est la hauteur ou l'altitude (en mètres, m)

Cette équation traduit la conservation d'énergie des fluides en mouvement. La somme des pressions reste constante tout au long du conduit. [6]

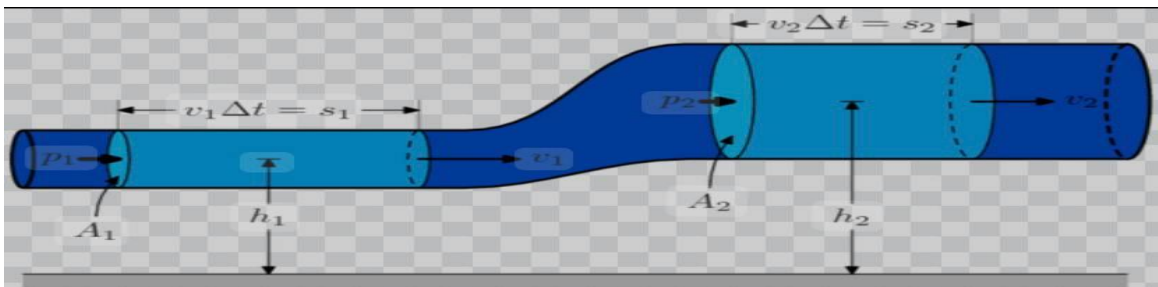


figure I- 10 Tube de venturi.

#### I.3.4.4 Applications du théorème de Bernoulli :

- a) **Loi de l'hydrostatique** : Si la vitesse est nulle, on obtient la loi de l'hydrostatique.
- b) **Effet Magnus** : Lorsqu'un cylindre tournant est placé dans un fluide, la vitesse augmente d'un côté et diminue de l'autre, créant une force latérale.
- c) **Effet Venturi** : Si le conduit se rétrécit, la vitesse du fluide augmente et la pression diminue.
- d) **Tube de Pitot** : Cet appareil mesure la vitesse d'écoulement d'un fluide en comparant la pression entre deux points d'une ligne de courant.

#### I.3.5 Le rendement et les pertes hydrauliques :

Dans un système hydraulique, les rendements mesurent les pertes d'énergie entre l'énergie absorbée et celle restituée. Ils sont essentiels lors de la conception et de la maintenance.

**On distingue trois types de rendements :**

- Rendement volumétrique : Il mesure les pertes de débit dues aux fuites internes. Plus la pression et la température augmentent, plus les fuites sont importantes. Une baisse de ce rendement réduit la performance du système.
- Rendement mécanique : Il évalue les pertes d'énergie causées par les frottements internes. Ces pertes augmentent avec la vitesse et la température, réduisant ainsi l'efficacité énergétique.

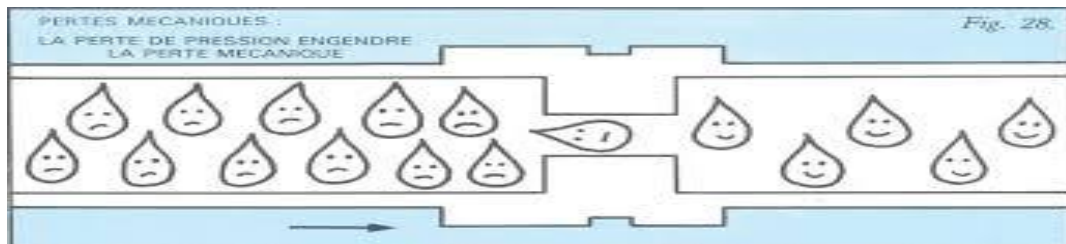


figure I- 11 Pertes mécaniques dans un circuit hydraulique

- Rendement global : C'est le produit des rendements volumétrique et mécanique. Il permet de calculer la puissance réelle nécessaire pour obtenir la performance souhaitée. Un rendement global faible entraîne des pertes d'énergie et une usure accrue. [7]

### I.4 Les étapes de fonctionnement de système hydraulique :

#### I.4.1 La montée en pression:

La pompe hydraulique est soit manuelle et donc actionnée manuellement, par exemple via un levier ou une pédale soit motorisée. Le mouvement du piston diminue

l'espace disponible pour l'huile hydraulique ce qui entraîne une augmentation de la pression.

### **I.4.2 La répartition du volume ou du débit :**

Le liquide sous pression également appelé débit volumétrique ou débit d'alimentation se répartit dans l'installation via les tuyaux hydrauliques. Dans les installations complexes des vannes permettent de contrôler la direction dans laquelle le débit volumétrique s'écoule.

### **I.4.3 La conversion en énergie mécanique :**

Une fois le liquide répandu dans les tuyaux et ayant accumulé suffisamment de pression, il déclenche un deuxième moteur ou vérin hydraulique permettant la conversion en énergie mécanique. Le résultat de cette conversion étant par exemple le levage d'une plateforme de levage ou le déclenchement du frein.

### **I.4.4 Le retour du fluide hydraulique :**

Ensuite, afin de faire redescendre la pression, il suffit de faire glisser le levier dans sa position initiale dans le cadre des systèmes manuels à ressort – comme les systèmes de freinages par exemple. Sur les gros engins de chantier ou les gerbeurs manuels, il y a généralement un deuxième interrupteur permettant d'abaisser le piston et d'éventuellement ouvrir une vanne de retour pour laisser l'huile hydraulique se répartir de nouveau uniformément dans le système.

## **I.5 Choix d'un fluide hydraulique :**

Les systèmes hydrauliques utilisent pour la plupart un autre fluide que l'eau. En effet, il est plutôt courant de les voir fonctionner à l'aide d'une huile spéciale (huile hydraulique). Grâce à ses propriétés, l'huile garantit un fonctionnement doux dans la mécanique de précision des machines hydrauliques et des moteurs. Il est aussi possible d'utiliser d'autres liquides pour effectuer cette tâche tant que ceux-ci possèdent les **propriétés requises** au bon fonctionnement du système :

- Visqueux et lubrifiants.
- Mouillants et adhérents.
- Résistants au vieillissement.
- Sans acide.
- Non moussants.
- Faible compressibilité (le volume doit éviter de diminuer sous la pression). [8]

## **I.6 Les avantages des systèmes hydrauliques :**

Les avantages d'utiliser un système hydraulique sont nombreux, en voici la plupart :

- Maîtrise complète et production propre : L'énergie hydraulique est bien maîtrisée, sans rejets nocifs, ce qui en fait la source la plus propre pour produire de l'électricité à grande échelle.
- Rendements élevés : Les centrales hydrauliques, situées dans des zones géographiques favorables, permettent de produire d'importantes quantités d'énergie avec une efficacité remarquable.
- Flexibilité et adaptabilité : Les barrages peuvent ajuster le débit d'eau selon les besoins du réseau, tandis que les systèmes hydrauliques s'adaptent facilement à l'espace disponible grâce aux tuyaux flexibles.
- Force et précision : Les systèmes hydrauliques offrent une transmission de force élevée et permettent un contrôle précis des mouvements, qu'ils soient rapides ou lents.
- Sécurité et durabilité : L'énergie hydraulique est l'une des plus sûres car elle n'utilise ni carburants fossiles ni nucléaires. Les systèmes hydrauliques, bien entretenus, sont résistants et durables, l'huile servant à la fois de lubrifiant et de liquide de refroidissement. [8]

### **I.7 Inconvénients de l'énergie hydraulique :**

- Coût élevé des investissements : La construction de barrages nécessite des dépenses considérables en génie civil pour assurer leur solidité et leur durabilité sur le long terme.
- Conséquences environnementales : L'édification de barrages perturbe les écosystèmes locaux, modifie les paysages naturels et impose la création d'infrastructures supplémentaires comme des lignes électriques et des routes d'accès.
- Vulnérabilité aux sécheresses : La dépendance à l'eau rend l'énergie hydraulique sensible aux périodes de sécheresse. Une baisse significative du débit peut interrompre totalement la production d'électricité, provoquant des perturbations majeures sur le réseau énergétique, un phénomène difficile à anticiper.
- Exigence de conditions géographiques spécifiques : La production d'énergie hydraulique nécessite des zones avec un relief adapté, comme les régions montagneuses où les chutes d'eau sont importantes. Cependant la majorité des sites exploitables étant déjà utilisés, il est peu probable d'augmenter significativement la contribution de l'hydroélectricité dans le mixe énergétique à l'avenir.[9]

### **I.8 Les domaines d'application de l'hydraulique :**

Lorsque le terme « hydraulique » est mentionné, la plupart des personnes pensent tout de suite à l'eau. Pourtant l'hydraulique est retrouvé dans des secteurs bien différents : agricole, industriel ou encore travaux publics. C'est d'ailleurs le sujet que nous allons aborder dans cet article : les différents usages de l'hydraulique et donc ses domaines d'application.

### **I.8.1 L'hydraulique dans le secteur industriel:**

Dans le monde de l'industrie, les outils hydrauliques sont très prisés. Comme leur nom l'indique, ces outils misent sur la technologie hydraulique pour fonctionner. Parmi eux, nous pouvons citer la pompe hydraulique, mais également la presse hydraulique reconnue pour sa polyvalence. Réglable, elle peut s'adapter à toutes sortes de travaux. Il



figure I- 12 Barrage d'eau.

existe également les vérins hydrauliques qui peuvent être simples ou double effet. Ils sont utilisés pour absorber et répartir les charges. La plupart du temps les outils hydrauliques sont utilisés pour les charges lourdes et lors de la réalisation de travaux conséquents. Utiliser des outils hydrauliques présente des avantages intéressants : Leurs composants sont bien lubrifiés. Avec la technologie hydraulique c'est l'huile qui est utilisée. En permettant une bonne lubrification de chaque élément, l'huile permet un entretien simple et une maintenance peu importante de l'outil. Ces outils sont efficaces et performants, ce sont des outils qui présentent une solidité et une durabilité intéressante.

### **I.8.2 L'hydraulique dans le domaine agricole:**

Voici un autre usage de l'hydraulique. Utilisée dans le secteur agricole, cette technologie est d'ailleurs devenue essentielle à ce domaine ! L'un de ses avantages principaux est qu'elle permet de fournir des caractéristiques supplémentaires aux matériels, rendant le travail des agriculteurs plus simple. En agriculture, l'hydraulique est notamment utilisé sur les tracteurs : sur ces engins, le circuit hydraulique peut être à « centre ouvert » ou à « centre fermé » selon les besoins. Les centres ouverts concernent davantage les tracteurs dont la puissance est peu élevée (100 ch.) et nécessitant un petit débit (ne dépassant pas les 110l/mn). Pour les débits supérieurs et pour les tracteurs plus puissants, c'est le circuit hydraulique « centre fermé » qui est retrouvé. L'usage de l'hydraulique dans le monde agricole présente les avantages suivants :

- La longévité : les équipements fonctionnant à l'hydraulique peuvent s'utiliser sans problème sur une durée intéressante.

- La fiabilité et les performances : les systèmes hydrauliques sont efficaces et tombent peu en panne.
- La polyvalence : les systèmes hydrauliques en agriculture peuvent par exemple être utilisés comme élément de confort et de sécurité.

### **I.8.3 Les autres engins hydrauliques:**

Utiliser un engin hydraulique est conseillé dans le cadre de travaux importants tels qu'une démolition et un terrassement. Plusieurs sortes d'engins hydrauliques peuvent être retrouvés:

- Les bulldozers
- Les chariots élévateurs
- Les bétonnières
- Les pelles mécaniques
- Les chargeurs Etc...

Sur ce type d'engins, le fluide hydraulique est transmis à plusieurs éléments mécaniques comme les vérins ou les moteurs après avoir été pompé. Utiliser un engin hydraulique a des avantages considérables. Une telle machine est notamment capable de soulever un poids important et de faire preuve d'une grande souplesse lors de son utilisation. Par ailleurs, ce système se révèle plus économique à comparer des systèmes mécaniques et électriques. En revanche, le fluide transmis est inflammable. Il y a donc un risque d'incendie. [10]

## **I.9 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons exploré l'histoire et la description des systèmes hydrauliques, en détaillant leurs composants, structure et fonctionnement. Nous avons également discuté du choix du fluide, des avantages et inconvénients, ainsi que des diverses applications.

---

# *C*hapitre II :

---

## **Dimensionnement d'un système Hydraulique.**

## **II Introduction:**

L'hydraulique industrielle est un domaine très étendu. Dans un premier temps, il est important de se concentrer sur les composants essentiels qui interviennent dans la création des circuits hydrauliques, tels que les pompes, les distributeurs, les vérins, les limiteurs de pression et les limiteurs de débit.

Ce chapitre aborde les caractéristiques de ces composants ainsi que les principes fondamentaux des systèmes hydrauliques.

### **II.1 La Pompe hydraulique:**

#### **II.1.1 Définition:**

Les pompes hydrauliques sont des machines de travail qui déplacent des volumes de fluide de manière continue et/ou discontinue. La pompe permet de faire circuler par l'intermédiaire de canalisations un fluide hydraulique qui déplacera des charges grâce à des vérins ou à des moteurs hydrauliques. [11]



figure II- 1 Pompe hydraulique

#### **II.1.2 Classification des pompes:**

Pour répondre à toutes les applications industrielles, plusieurs types de pompes ont été mis au point.

On regroupe toutes ces pompes sous deux grandes familles :

- Les pompes hydrauliques volumétriques.
- Les pompes hydrauliques centrifuges

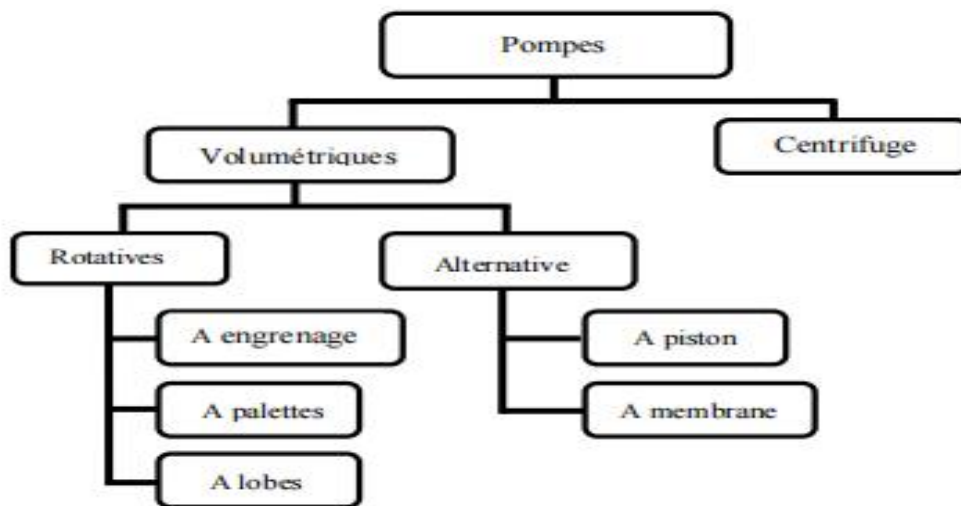


figure II-2 Types des pompes hydrauliques

### **II.1.2.1 Les pompes volumétriques :**

Les pompes volumétriques se composent d'un élément mobile se déplaçant à l'intérieur d'un corps fixe parfaitement ajusté. Le fluide est déplacé par le mouvement entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement, ce qui crée une diminution de pression. On distingue principalement deux catégories :

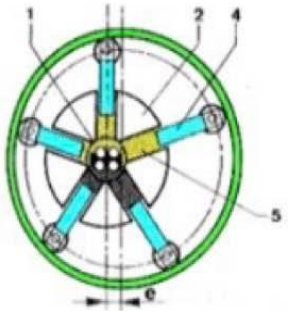
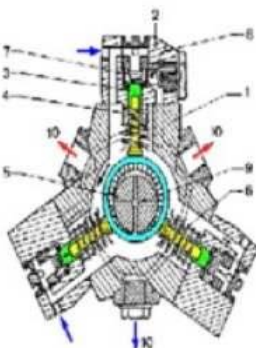
- 1) Pompes volumétriques alternatives: comprenant des pistons axiaux et radiaux.
- 2) Pompes volumétriques rotatives: incluant des modèles à engrenages, à palettes et à lobes.

Ces pompes sont généralement auto-amorçantes. Dès leur mise en marche, elles engendrent une réduction de pression en amont, permettant ainsi l'aspiration du liquide. Toutefois, il est essentiel de consulter la notice du fabricant.

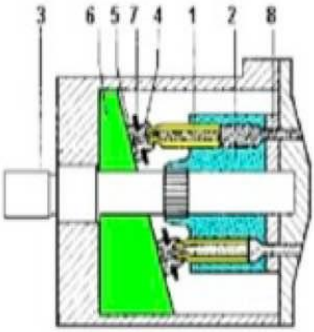
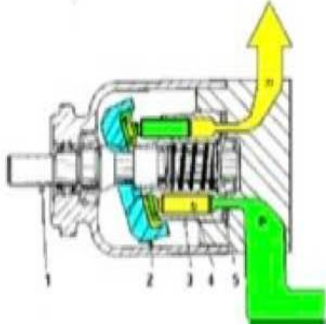
Les pompes volumétriques offrent des hauteurs manométriques totales nettement supérieures à celles des pompes centrifuges, ce qui entraîne une pression de refoulement plus élevée. Cependant, leur débit est généralement plus limité. Leur rendement est souvent proche de 90 %, sauf en cas de fuites internes. Les pompes volumétriques sont idéales pour les applications nécessitant un débit constant même sous haute pression. Elles conviennent aux fluides visqueux ou légèrement chargés en particules. Leur entretien est essentiel pour éviter les pertes de rendement dues à l'usure des composants. Le choix du type de pompe dépend des besoins en pression, en précision et en maintenance. Elles sont très utilisées dans les systèmes hydrauliques et le dosage industriel. [12]

## Chapitre II : Dimensionnement d'un système Hydraulique.

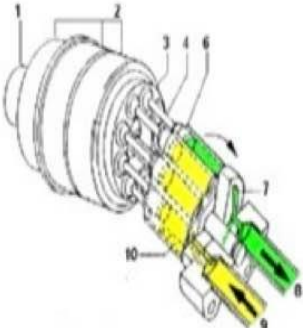
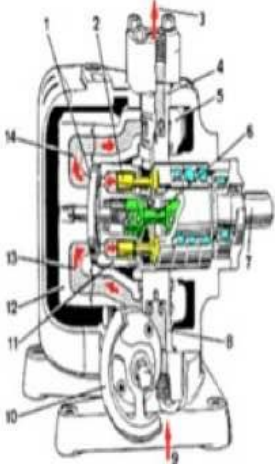
Les tableaux ci-dessous illustrent les différents types de pompes volumétriques.

| Types                                                 | Figure                                                                                                                                                | Composants                                                                                                                                                                                           | Caractéristiques techniques                                                                                    |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Les pompes à Pistons Radiaux à bloc cylindre tournant |  <p>figure II-3 Les pompes à pistons radiaux à bloc cylindre</p>     | (1) Le boisseau fixe<br>(2) Un bloc cylindre<br>(3) La couronne extérieure<br>(4) La course des pistons<br>(5) Les alésages<br>(6) Désaxage permet un mouvement de pompage.                          | Cylindrée=16-80cm <sup>3</sup> /tr<br>Pression=280-350 bar<br>Vitesse de rotation = 3500 tr/min                |
| Les pompes à Pistons Radiaux et cylindres fixes       |  <p>figure II-4 Les pompes à pistons radiaux et cylindre fixes</p> | (1) Carter<br>(2) Eléments de pompage<br>(3) Alésage<br>(4) Piston<br>(5) Excentrique<br>(6) Ressort<br>(7) Clapet d'alimentation<br>(7) Clapet de Refoulement<br>(9) Croisillon<br>(10) Les sorties | Petite cylindrée = 0.4-2 Cm <sup>3</sup> /tr<br>Pression = 600-700 bar<br>Vitesse de rotation=1000-3500 tr/min |

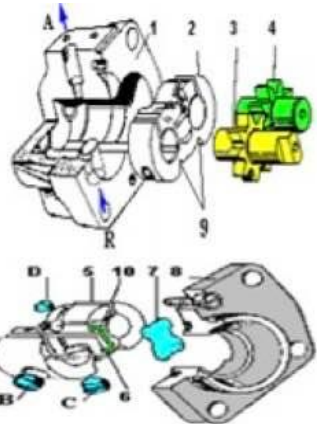
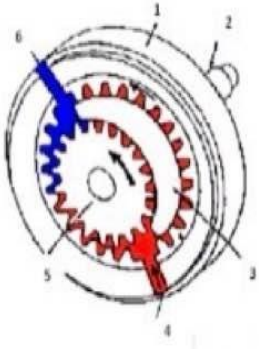
## Chapitre II : Dimensionnement d'un système Hydraulique.

|                                                                               |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Les pompes à<br/>Pistons axiaux<br/>À barillet<br/>Rotatif à axe droit</p> |  <p>figure II-5 Les pompes à pistons axiaux à barillet rotatif à axe droit</p> | <p>(1) Piston<br/>(2) Barillet<br/>(3) Arbre menant<br/>(4) Embout sphérique<br/>(5) Patin<br/>(6) Plateau fixe incliné<br/>(7) Plaque d'appui<br/>(8) Glace de distribution</p> | <p>Cylindrée =<br/>Pression = 280- 300 bar<br/>Vitesse de rotation =1000 tr/min</p> |
| <p>Les pompes à<br/>Pistons axiaux et<br/>débit<br/>Variable</p>              |  <p>figure II-6 Les pompes à pistons axiaux et débit variable</p>             | <p>(1) Arbre d'entraînement<br/>(2) Le plateau Inclinaable<br/>(3) Le bloc cylindre<br/>(4) Piston<br/>(5) La tête de distribution</p>                                           | <p>Cylindrée =<br/>Pression =17-210 Bar<br/>Vitesse de rotation = 3500 tr/min</p>   |

## Chapitre II : Dimensionnement d'un système Hydraulique.

|                                                                                    |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Pompes à<br/>Pistons<br/>Axiaux a axe<br/>coude : à<br/>cylindrée constante</p> |  <p>figure II-7 Pompes à pistons axiaux à axe coude: à cylindrée constante</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) L'arbre menant</li> <li>(2) Roulements</li> <li>(3) Plateau de l'arbre D'entraînement</li> <li>(4) Bielles de piston</li> <li>(6) Pistons</li> <li>(7) Une lumière</li> <li>(8) Orifice De refoulement</li> <li>(9) Orifice d'aspiration</li> <li>(10) Barillet avec les alésages des pistons</li> </ul>                                                                                                                                                | <p>Cylindrée =<br/>Pression = jusqu'à 350 bars<br/>Vitesse de rotation = 1500/2800 tr/min<br/>Débit = 30/500 l/min</p> |
| <p>Pompes à<br/>Pistons à axe<br/>Brise à<br/>cylindrée variable</p>               |  <p>figure II-8 Pompes à pistons à axe brise à cylindrée variable</p>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Glace de distribution</li> <li>(2) piston</li> <li>(3) Refoulement</li> <li>(4) Pivot de sortie</li> <li>(5) Etrier de pompe</li> <li>(6) Joint universel</li> <li>(7) Arbre D'entraînement</li> <li>(8) Pivot d'entrée</li> <li>(9) Aspiration</li> <li>(10) Volant De commande de l'angle D'inclinaison</li> <li>(11) Barillet</li> <li>(12) Carter de Distribution</li> <li>(13) Circuit d'admission</li> <li>(14) Circuit de refoulement</li> </ul> | <p>Cylindrée =<br/>Pression =206/350 Bars<br/>Vitesse de rotation =1200 /1800 tr/min<br/>Débit =190/570 l/min</p>      |

## Chapitre II : Dimensionnement d'un système Hydraulique.

|                                                                        |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Les pompes à Engrenage à denture extérieure</p>                     |  <p>figure II-9 Les pompes à engrenage à denture extérieur</p>                        | <p>(1) Carter de pompe<br/>(2) Jumelle arrière<br/>(3) Pignon menant<br/>(4) Pignon mené<br/>(5) Jumelle avant<br/>(6) Joint torique<br/>Délimitant la zone D'équilibrage axiale<br/>(7) Plaque de Réaction<br/>(8) Couvercle et Joint étanchéité<br/>(9) Charnières<br/>(10) Fentes de Compensation<br/>(A) Orifice D'alimentation<br/>(B) Tampon de Compensation<br/>(C) Tampon de Poussée<br/>(D) Tampon D'étanchéité<br/>(R) Orifice de refoulement</p> | <p>Cylindrée = 1-5 <math>\text{cm}^3/\text{tr}</math><br/>Pression = 220-550 Bar<br/>Vitesse de rotation = 750/4000 tr/min</p> |
| <p>Les pompes à Engrenage à Denture Intérieure Droite non composée</p> |  <p>figure II-10 Les pompes à engrenage à denture intérieur droite non composée</p> | <p>(1) Carter<br/>(2) Arbre<br/>(3) Séparateur<br/>(4) Arrivée huile<br/>(5) Pignon menant<br/>(6) Sortie huile</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Cylindrée<br/>Pression = max 50 Bars<br/>Vitesse de rotation = élevée<br/>Débit = important</p>                             |

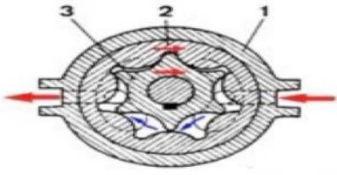
|                                                               |                                                                                                                                                               |                                                                                                          |                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Les pompes à Engrenage à Denture intérieure type rotor</p> |  <p>figure II- 11 Les pompes à engrenage à denture intérieure type rotor</p> | <p>(1) Carter<br/>(2) Un pignon à Denture Intérieur.<br/>(3) Un pignon central à denture extérieure.</p> | <p>Cylindrée =<br/>Pression =max 150 Bars<br/>Vitesse de rotation =5/6000 tr/min</p> |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|

Tableau II- 1: Types des pompes volumétriques.

- **Avantages et Inconvénients des pompes volumétriques :**

- **Avantages :**

- Rendement élevé :Excellente puissance d'aspiration et de refoulement.
- Amorçage automatique :Fonctionne sans intervention manuelle.
- Compatibilité :Adaptée à tous types de fluides, y compris ceux à haute viscosité.
- Pression élevée :Supporte jusqu'à 200 bars.
- Silencieuse :Efficace à faibles vitesses de rotation.

- **Inconvénients :**

- Entretien fréquent : Nécessite plus de maintenance en raison de sa complexité.
- Pas de limite de pression :Nécessite une soupape de sécurité.
- Sensibilité aux vitesses :Certaines ne supportent pas des vitesses élevées et peuvent être encombrantes. [13]

### II.1.2.2 Les pompes centrifuges:

Une pompe centrifuge est un appareil rotatif qui déplace un liquide en le forçant à travers une roue à aubes ou une hélice désignée comme impulseur (souvent appelée à tort turbine). C'est le type de pompe le plus répandu dans l'industrie. Grâce à la rotation de l'impulseur, le fluide est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, avant d'être refoulé de manière tangentielle. [14]

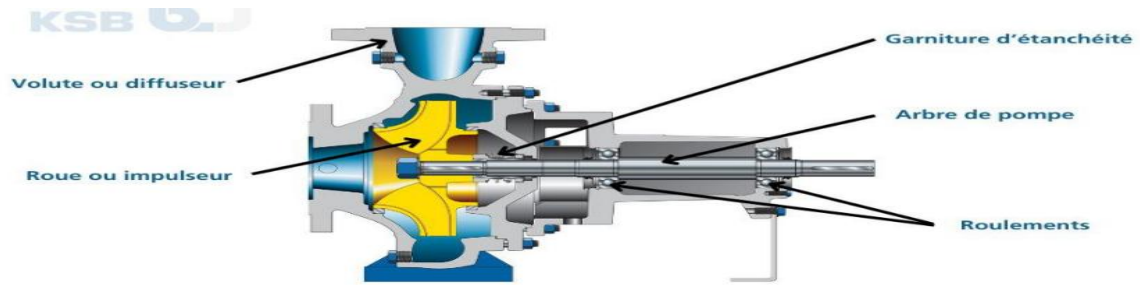


figure II- 12 Structure d'une pompe centrifuge

• **Avantages et inconvénients des pompes centrifuges :**

▪ **Avantages :**

- Faible coût d'entretien : Nécessite peu de maintenance.
- Compacité : Très compacte par rapport à son rendement.
- Légèreté : Légère malgré sa taille compacte.

▪ **Inconvénients :**

- Amorçage : Nécessite d'être en charge et doit être purgée d'air.
- Compatibilité : Efficace uniquement avec des fluides à faible viscosité. [13]

**II.1.2.3 Symboles:**

|                                          |                                              |                                            |                                                |                                                     |                                                         |
|------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                                          |                                              |                                            |                                                |                                                     |                                                         |
| Pompe à un sens de flux à cylindrée fixe | Pompe à un sens de flux à cylindrée variable | Pompe à deux sens de flux à cylindrée fixe | Pompe à deux sens de flux à cylindrée variable | Pompe à un sens de flux à cylindrée fixe avec drain | Pompe à un sens de flux à cylindrée variable avec drain |

Tableau II- 2: Symboles des pompes centrifuges

**II.1.3 Choix de la pompe hydraulique :**

La pompe hydraulique se caractérise par :

- **Débit volumétrique :** C'est le volume d'huile que la pompe peut fournir pendant L'unité de temps.

$$Q = \frac{V}{T} \dots \dots \dots (2.1)$$

**Q:** Débit volumétrique en (l/min), ou (m³/s).

**T:** Unité du temps (min) ou (s).

- **Cylindrée:** Elle correspond au volume d'huile théorique débitée par tour en litre.

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

$$Q = Cyl \times N \dots \dots \dots (2.2)$$

Avec :

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

**Cyl:** Cylindrée, en litres/tour(l/tr).

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

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

$$Ph = \Delta P \times Q \dots \dots \dots (2.3)$$

Avec :

**Q:** débit, en m³/s.

**$\Delta P = PS - PE$  :** La différence de pression entre l'entrée et la sortie de la pompe et **PS** en Pascal (Pa).

La puissance donnée à la pompe par le moteur dont l'axe tourne à la vitesse (**N**) et

Transmet un couple (**C**) est la puissance mécanique (absorbée).

S'écrit:

$$PA = C \times \omega \dots \dots \dots (2.4)$$

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

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

**PA:** La puissance absorbée par la pompe (W).

- **Rendements :**

- Rendement Volumétrique ( **$\eta_v$** )

- Rendement Mécanique( $\eta_m$ )

- Rendement Global( $\eta_g$ )

- \* **Le rendement volumétrique** : rapport du débit réel au débit théorique, (qui permettra de connaître les fuites)

$$\eta_v = \frac{Q_{Reel}}{Q_{th}} = \frac{Q_{reel}}{Cyl \times N} \dots \dots \dots (2.5)$$

Q théorique – Q réel = Fuites internes

- \* **Le rendement mécanique** : rapport de la pression théorique la pression réelle, où le rapport du couple théorique au couple réel.

$$\eta_m = \frac{p_{reelle}}{p_{th}} \dots \dots \dots (2.6)$$

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

- \* **Le rendement global:**

$$\eta_g = \eta_v \times \eta_m \dots \dots \dots (2.7)$$

Il est également fonction du rapport puissance hydraulique et puissance mécanique :

$$\eta_g = \frac{P_h}{P_a} = \frac{\Delta P \times Q}{C \times \omega} \dots \dots \dots (2.8)$$

- \* **La vitesse de rotation :**

La vitesse de rotation maximale en fonctionnement continu (dite vitesse nominale) est Principalement limitée par la capacité de la pompe d'aspirer le fluide dans certaines conditions spécifiques. [12]

#### **II.1.4 Dimensionnement de la pompe hydraulique :**

Le dimensionnement d'une pompe repose sur:

- La valeur de **la hauteur manométrique totale (HMT)**
- La valeur du **débit utile** à l'installation.

##### **II.1.4.1 La hauteur manométrique totale (HMT):**

La hauteur manométrique d'une pompe est la hauteur maximale à laquelle elle peut élever un fluide, et elle diminue lorsque le débit augmente.

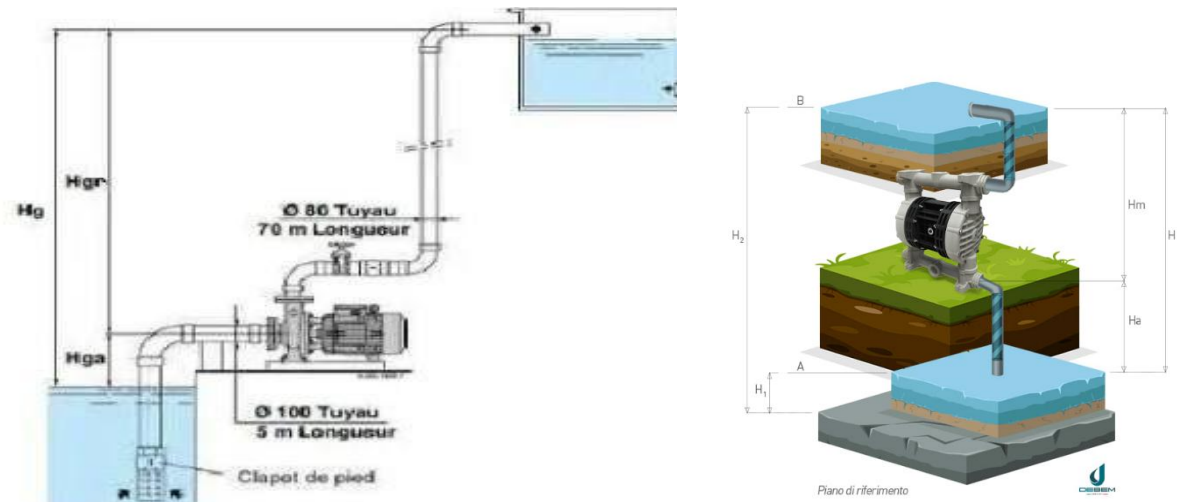


figure II- 13 Guide de la hauteur manométrique d'une pompe.

La **hauteur manométrique totale (HMT)** est :

$$\text{HMT} = (\text{Hga} + \text{pdc}_a) + (\text{Hgr} + \text{pdc}_r) + \text{pression utile.}$$

**Hga:** Hauteur géométrique à l'aspiration.

**pdc<sub>a</sub>:** pertes de charge (linéaires + singulières) à l'aspiration.

**Hgr:** Hauteur géométrique au refoulement.

**pdc<sub>r</sub> :** pertes de charge (linéaires + singulières) au refoulement.

**Pu :** Pression utile en sortie du refoulement.

#### II.1.4.2 Le débit utile :

Le débit hydraulique désigne la quantité de liquide qui traverse une section donnée d'un conduit ou d'une rivière en un temps donné, généralement mesurée en mètres cubes par seconde ( $\text{m}^3/\text{s}$ ). Il est essentiel pour analyser et gérer les systèmes hydrauliques, tels que les barrages et les réseaux d'irrigation. [16]

La formule générale pour calculer le débit hydraulique (Q) est donnée par :

$$Q = A \times V \text{ où :}$$

**Q:** débit hydraulique ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

**A:** aire de la section transversale du conduit ( $\text{m}^2$ ).

**V:** vitesse du fluide ( $\text{m}/\text{s}$ ).

### II.1.4.3 Point de fonctionnement :

Une fois Déterminée les valeurs de :

- La hauteur Manométrique totale( HMT).
- Le débit utile a l'installation .

On peut sélectionner la pompe capable correspondant .

### II.1.4.4 Sélection de la pompe :

Une fois le point de fonctionnement utile déterminé en fonction des besoins du projet (c'est à-dire le couple de paramètres : Hauteur Manométrique Totale (HMT) et Débit

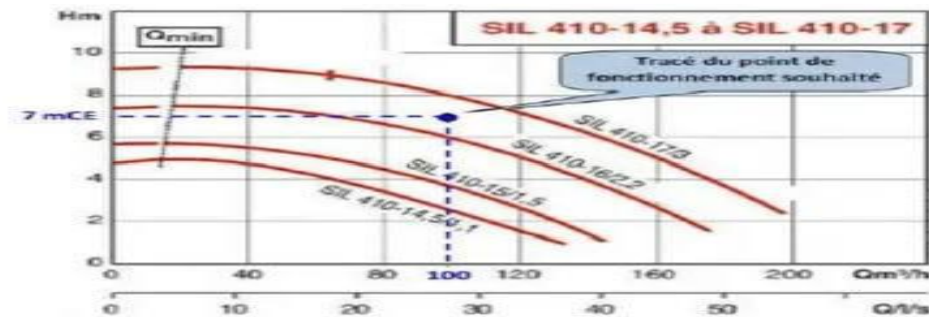


figure II- 14 Courbe caractéristique des pompes SIL 410.

(Q), il suffit de le placer sur le diagramme de la famille de pompes présélectionné. Supposons que nous avons choisi une famille de pompes en fonction du diagramme H,Q, après avoir calculé les besoins, nous obtenons une HMT de 7 mCE et un débit de 100 m³/h.

#### Sélection de la Pompe :

En positionnant le point de fonctionnement sur le diagramme, nous constatons que la pompe SIL 410-17/3 convient, car elle est capable de fournir la pression et le débit requis.

#### a. Courbe de réseau hydraulique :

Dans un circuit hydraulique ou aéraulique les débits peuvent varier de 0 jusqu'à la valeur du débit maximal. Or les pertes de charges augmentent avec le carré de la vitesse, on peut donc tracer une **caractéristique  $HMT=f(\text{débit})$  qui est une parabole** voir figure

ci-après.

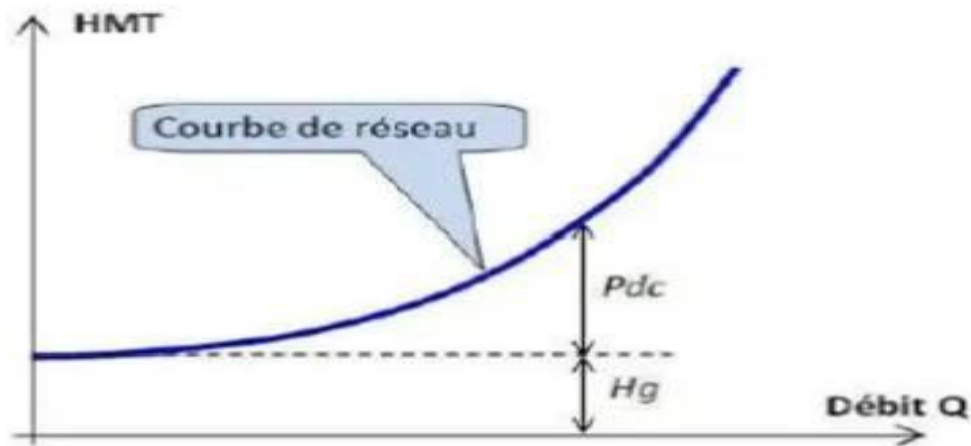


figure II- 15 Courbe de réseau hydraulique

**b. Point de fonctionnement:**

Le point de fonctionnement réel d'un circuit correspondra à l'intersection de la courbe de réseau avec la courbe de pompe. [15]

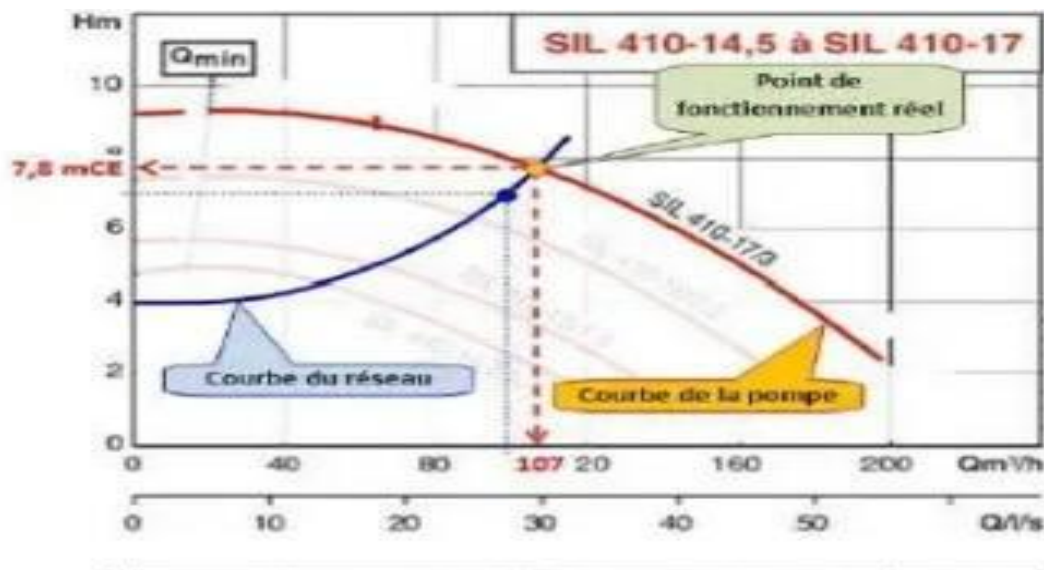
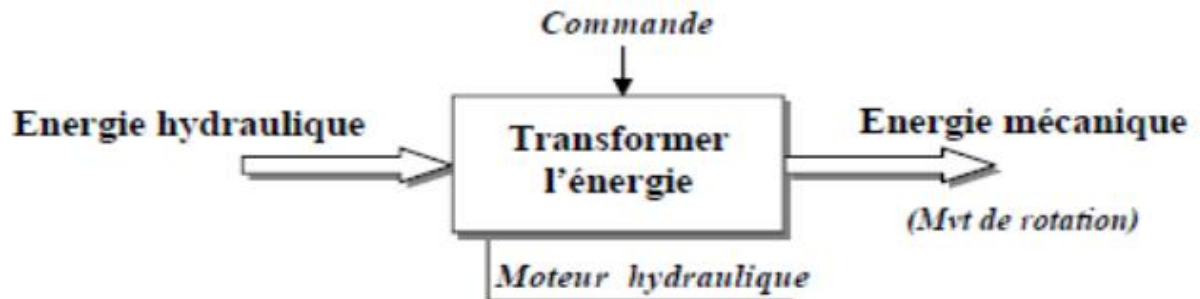


figure II- 16 Courbe de point de fonctionnement.

**II.2 Les Moteur hydrauliques:**

### II.2.1 Définition:

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



sortie. Les moteurs hydrauliques présentent deux caractéristiques: le couple moteur et la vitesse de rotation. Ces moteurs entraînent des systèmes mécaniques. Si le couple résistant devient trop important, la pression monte. Quand elle atteint la valeur de réglage du limiteur de pression, le débit retourne au réservoir. Leur avantage c'est qu'ils développent une grande puissance pour un encombrement réduit. [17]

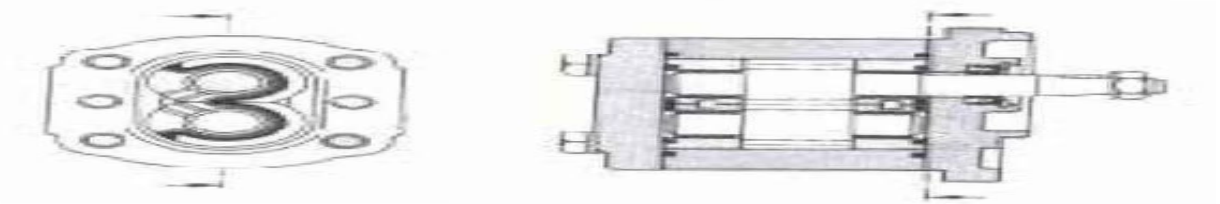


figure II- 17 Structure de moteur hydraulique.

### II.2.2 Principaux types des moteurs hydrauliques :

Les moteurs sont classés en deux familles :

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

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

**Avantages:** réalisation simple

**Inconvénients:** puissance transmise relativement faible.

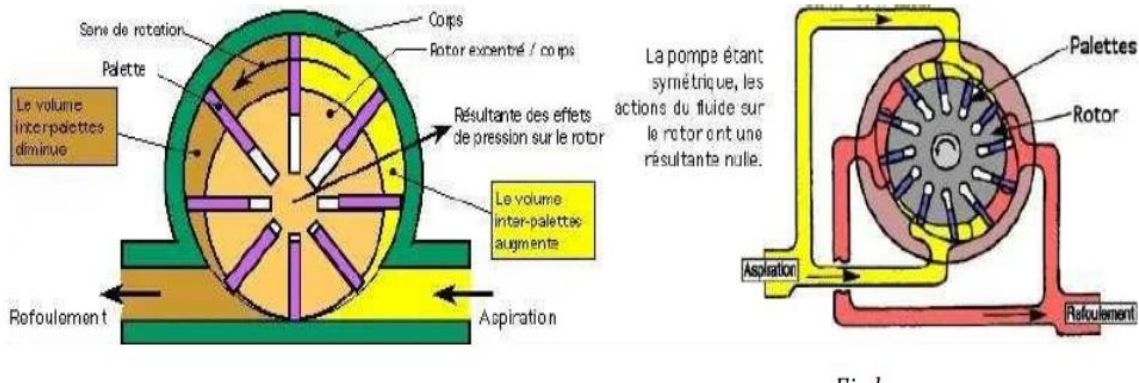


figure II- 18 Moteur à palettes.

### ▪ 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.  $C_y = 2r.n.s.tana$

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

**Inconvénient:** coûteux.

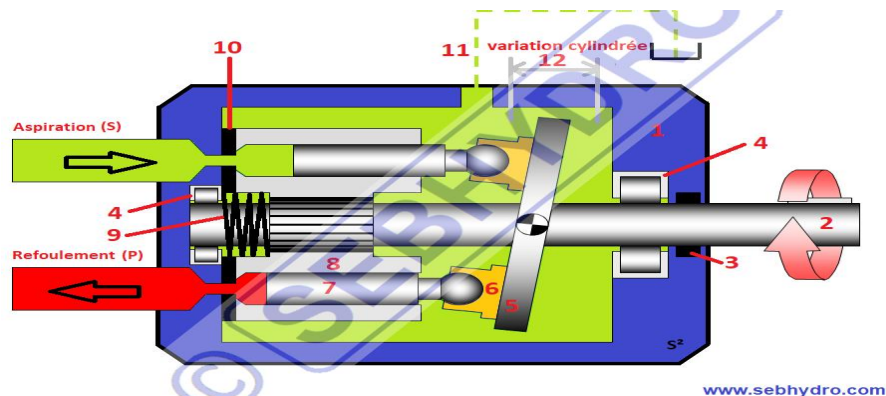


figure II- 19 Moteur à pistons axiaux

### ▪ Moteur à engrenage :

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

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

**Inconvénients:** rendement limité

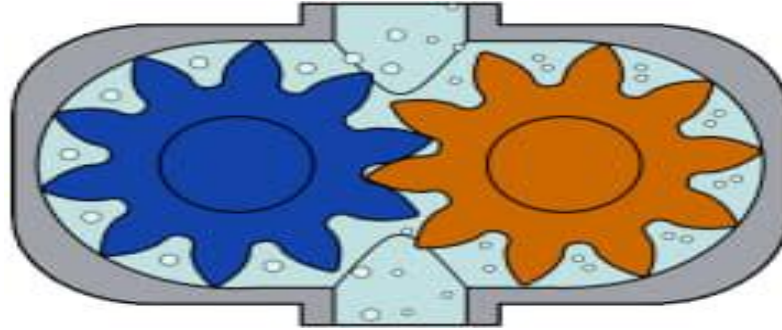


figure II- 20 Moteur à engrenage .

▪ **Moteur à pistons radiaux :**

Contrairement aux pompes à pistons radiaux, les pistons peuvent tourner sur une came (stator) permettant d'avoir plusieurs courses par tour.

Le nombre des pistons est impair pour la continuité de débit et l'équilibrage. Possibilité d'avoir une distribution cylindrique ou plane du fluide

**Avantages:** couple très important.

**Inconvénients:** vitesse faible, encombrant, coûteux, problèmes d'étanchéité pour la distribution . [17]

$$C_y = N \cdot N' \cdot C \cdot S.$$

**N:** nombre des pistons

**N':** nombre de courses par tour.

**C:** course.

**S:** surface du piston.

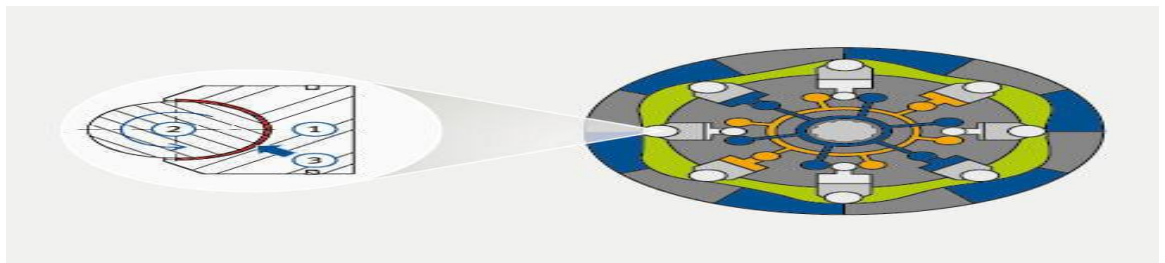


figure II- 21 Moteur à pistons radiaux.

### II.2.3 Symboles:

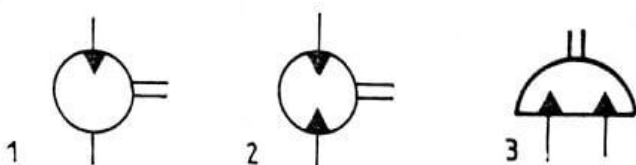
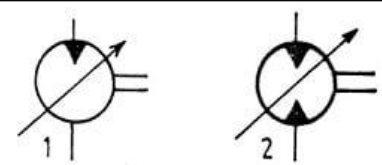
| MOTEURS                                                                           |                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SYMBOLE                                                                           | SIGNIFICATION                                                                                            |
|  | Moteur hydraulique à cylindrée fixe<br>1 – à un sens de flux<br>2 – à deux sens de flux<br>3 - oscillant |
|  | Moteur hydraulique à cylindrée variable<br>1 – à un sens de flux<br>2 – à deux sens de flux              |

Tableau II- 3: Les différents symboles normalisés des moteurs hydrauliques

### II.2.4 Choix du moteur hydraulique :

Le choix de moteur hydraulique est se fait à l'aide ces paramètres suivants

- **Puissance :**

La puissance hydraulique nécessaire pour assurer le fonctionnement du moteur. [12]

$$P = \frac{Q \times \Delta p}{60000} \dots\dots\dots (2.9)$$

**P** : est une puissance hydraulique (W)

**Δ p** : est une pression de côté refoulement (Pa)

**Q** : est un débit volumique (l/min)

- **Vitesse de rotation :**

$$N = \frac{Q \times 1000}{Cyl} \dots\dots\dots (2.10)$$

**Q**: Le débit (l/m)

**N**: Vitesse de rotation (tr/min)

**Cyl**: cylindrée du moteur ( $m^3/tr$ )

- **Couple :**

Couple sur l'arbre de sortie du moteur hydraulique

$$C = C_{th} \times \eta \dots\dots\dots (2.11)$$

$$C_{th} = \frac{Cyl \times \Delta p}{2\pi} \dots\dots\dots (2.12)$$

**C:** couple (N/m)

**C<sub>th</sub>:** couple théorique (N/m)

**η :** le rendement du moteur

**Cyl:** cylindrée du moteur (m³/tr)

**Δ p:** différence de pression (Pa)

▪ **Puissance mécanique :**

Puissance sur l'arbre du moteur hydraulique

$$P_m = C \times \omega \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \dots\dots\dots (2.14)$$

**P<sub>m</sub>:** La puissance mécanique (W)

**N:** Vitesse de rotation (tr/min)

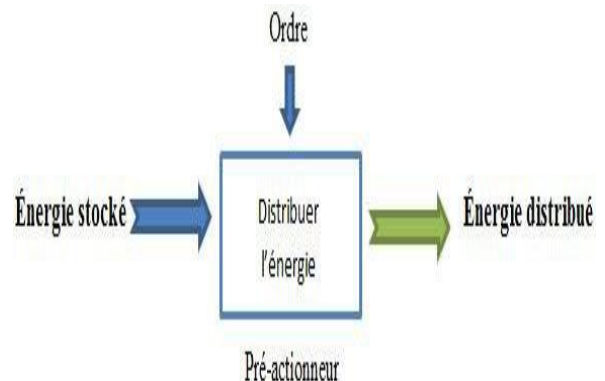
**C :** couple (N/m)

**ω :** vitesse angulaire (rad/s)

## II.3 Les distributeurs hydrauliques:

### II.3.1 Définition :

Le distributeur hydraulique est un des éléments clés du circuit hydraulique. Il équipe de nombreuses machines dans les domaines agricoles, des travaux publics et de l'industrie. Ils sont des robinets directionnels qui permettent l'orientation ou l'interruption de l'écoulement du fluide hydraulique en fonction des besoins de l'installation. [18]



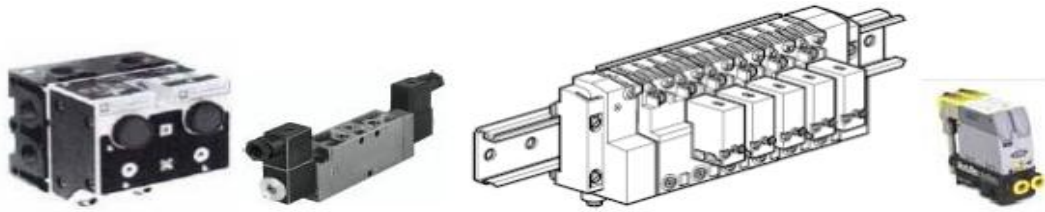


figure II- 22 Distributeurs hydrauliques.

**Il existe 3 types de distributeurs :**

- **Distributeurs rotatif :**

Un distributeur rotatif est constitué d'un disque échancré mobile enfermé au sein d'un assemblage de carters. [20]



figure II- 23 Distributeurs rotatif.

- **Distributeurs à clapet :**

Ils ont pour fonction d'orienter la trajectoire du fluide hydraulique dans des directions définies tout en reliant les raccords correspondants ou en les isolant sans huile de fuite. [19]



figure II- 24 Distributeurs à clapet.

### ▪ Distributeurs à tiroir :

Ils commandent le sens de déplacement et la vitesse d'actionneurs hydrauliques simple et double effet. [21]



figure II- 25 Distributeurs à tiroir.

- **Positions** :Chaque position d'un distributeur est représentée par une case qui peut être carré ou rectangulaire. Au nombre de case correspond le nombre de positions de service de l'appareil.
- **Orifices** :Le sens d'écoulement du fluide hydraulique pour chaque position, Est représenté par des flèches et l'arrêt par des traits transversaux.

Les orifices sont repérés par des lettres majuscules.

- **A, B, C, D** = Orifices de travail
  - **P** = Conduite d'arrivée de pression
  - **T**=Conduite de retour au réservoir
  - **X**=Conduite de pilotage
  - **Y**=Conduite de drainage
- 
- En **rouge** l'huile sous pression
  - En **bleu** l'huile sans pression (circuit de retour)
- ➔ **Position 0**: Les orifices -A- et -B- sont obturé par le tiroir du distributeur immobilisant le vérin en position. Le fluide hydraulique issu de la pompe retourne directement au réservoir par les orifices -P- et -T- qui communiquent.
  - ➔ **Position 1**: L'alimentation électrique positionne le tiroir du distributeur de manière à mettre en communication les orifices -P- vers -A- et -B- vers -T-. Provoquant la sortie du vérin.
  - ➔ **Position 2**: L'alimentation électrique positionne le tiroir du distributeur de manière à mettre en communication les orifices -P- vers -B- et -A- vers -T-. Provoquant la rentrée du vérin. [12]

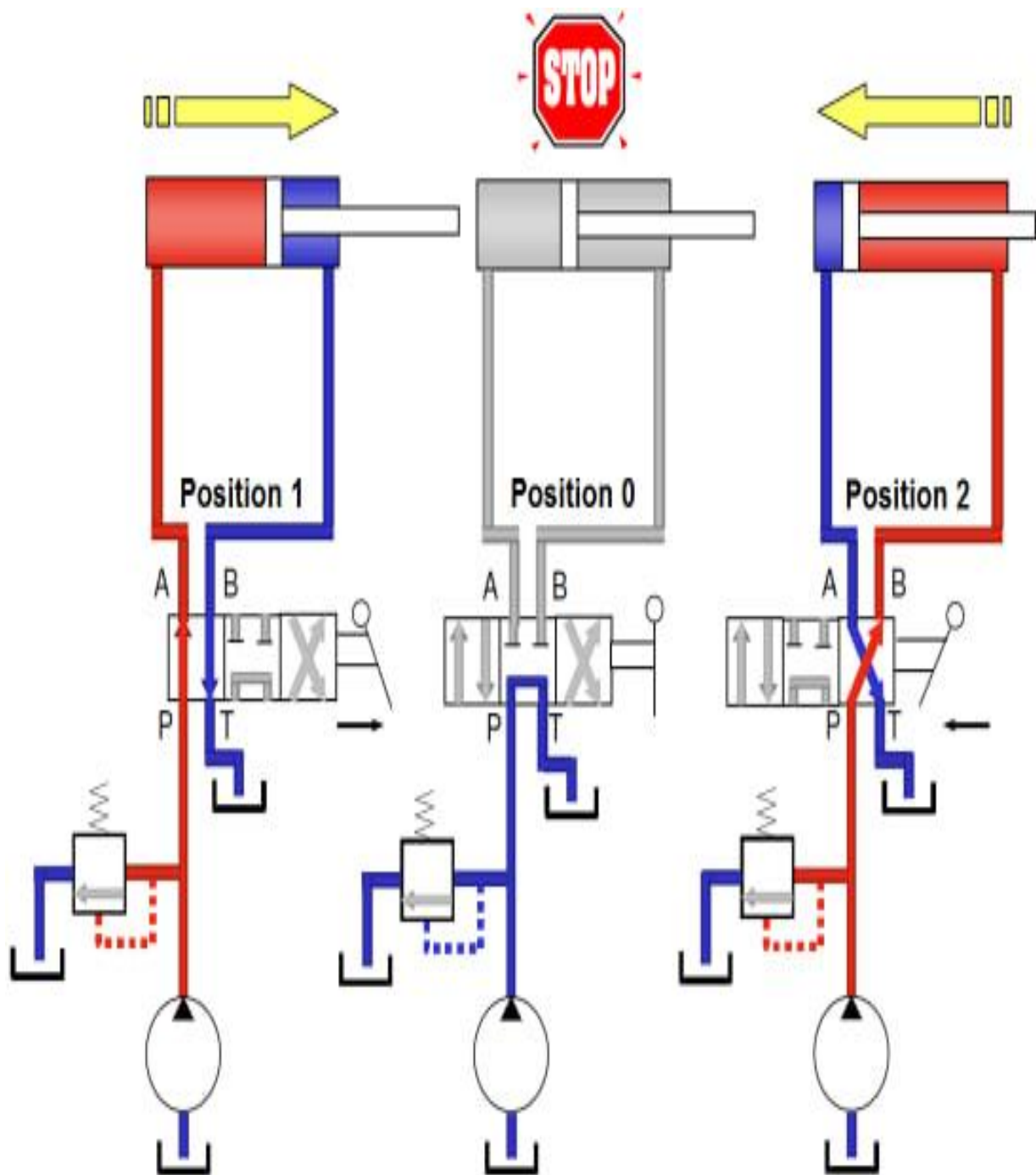


figure II-26 Fonctionnements d'un distributeurs.

## Chapitre II : Dimensionnement d'un système Hydraulique.

Ce tableau représente les symboles des différents types de commande des distributeurs :

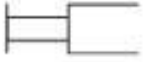
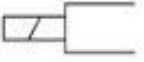
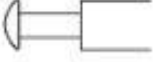
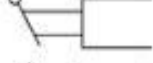
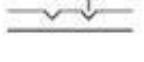
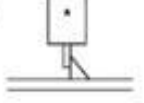
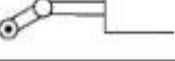
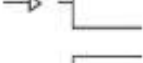
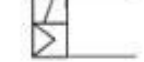
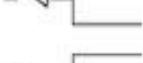
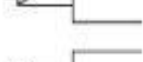
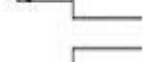
| Commandes manuelles                                                                                                                             | Commandes électriques                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| En général                                                     | Électro-aimant : 1 enroulement (1 sens)                                                               |
| A bouton poussoir (1 sens)                                     | Électro-aimant : 2 enroulements sens contraire dans même ensemble (2 sens de fonctionnement)          |
| Par levier                                                     | <b>Éléments mécaniques</b>                                                                                                                                                               |
| Par pédale (simple effet)                                      | Dispositif de maintien en position (2 sens)                                                           |
| <b>Commandes mécaniques</b>                                                                                                                     | Dispositif de verrouillage 1 sens (symbole du verrouillage de commande à préciser dans le rectangle)  |
| Par ressort                                                    | Dispositif à détente brusque (basculeur) 2 sens                                                       |
| Par plongeur                                                   | <b>Pression hydraulique</b>                                                                                                                                                              |
| Par galet                                                     | Commande indirecte par application d'une pression d'huile                                            |
| Par galet escamotable                                         | <b>Commandes combinées</b>                                                                                                                                                               |
| <b>Commandes pneumatiques</b>                                                                                                                   | Commande parallèle (OU) Électrique ou hydraulique                                                   |
| Commande directe par pression                                | Électrique OU pneumatique                                                                           |
| Commande directe par dépression                              | Commande en série (ET) Électrique ET hydraulique                                                    |
| Commande indirecte par pression (par distributeur pilote)    | Électrique ET pneumatique (électropneumatique)                                                      |
| Commande indirecte par dépression (par distributeur pilote)  |                                                                                                                                                                                          |
| Commande par pression auto-alimentée                         |                                                                                                                                                                                          |

Tableau II- 4: les symboles des différents types de commande des distributeurs.

### II.3.2 Symboles:

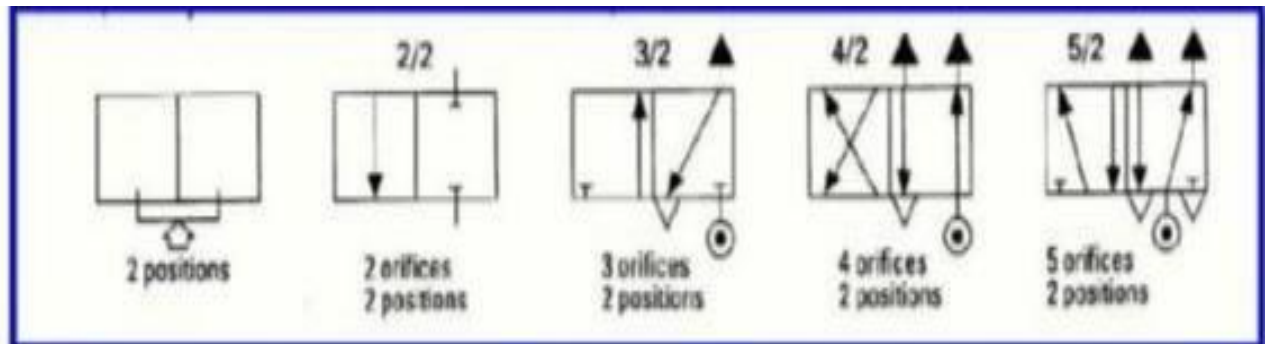
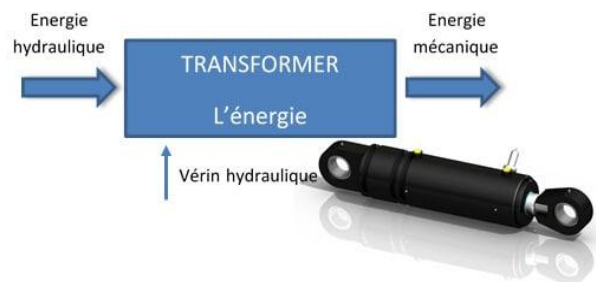


Tableau II- 5: Symboles des distributeurs

## II.4 Les vérins hydrauliques :

### II.4.1 Définition:

Un vérin hydraulique est un actionneur qui génère un mouvement linéaire mécanique pour transmettre une force et réaliser un déplacement par pression. On les utilise principalement dans le matériel agricole, les engins de travaux publics, la carrosserie industrielle, le secteur et les machines industrielles.



### II.4.2 Les composants du vérin hydraulique :

- Tête de vérin hydraulique : Partie supérieure du vérin où se fixe le piston. Elle contient souvent des joints pour assurer l'étanchéité.
- Embases de cylindre : Supporte le cylindre et assure la fixation du vérin à la structure.
- Blocs de soupapes portés : Régulent le flux d'huile dans le vérin, permettant ainsi de contrôler le mouvement du piston.
- Pistons : Élément mobile à l'intérieur du cylindre qui convertit la pression hydraulique en Force mécanique.
- Chape Femelle Usinée: Permet de relier le vérin à d'autres éléments de la machine, souvent Fixée à la tige du piston.
- Supports de chape (tourillon, bride): Offrent des points de fixation pour la chape, assurant La stabilité et la direction du mouvement.
- Capuchons d'extrémité : Protègent les extrémités du vérin et contribuent à l'étanchéité.

- Embouts de tige : Connectent la tige du vérin à d'autres composants, facilitant le transfert de force.



figure II- 27 Les composants d'un vérin hydraulique.

### II.4.3 Le principe de fonctionnement hydraulique:

Un vérin hydraulique opère grâce à la pression d'un fluide, généralement de l'huile hydraulique. Le déplacement de ce fluide sous pression dans le cylindre actionne la tige du vérin, entraînant un mouvement de sortie ou de rentrée.

#### II.4.3.1 Fonctionnement d'un vérin hydraulique :

Le fonctionnement d'un vérin hydraulique repose sur le principe de la loi de Pascal, qui indique que la pression appliquée à un fluide incompressible se transmet intégralement dans toutes les directions. Lorsque le liquide sous pression entre dans la chambre du vérin, il exerce une force proportionnelle à la surface du piston, entraînant le déplacement de la tige. Plus la surface du piston est grande, plus la force exercée est importante, ce qui permet de soulever des charges lourdes.

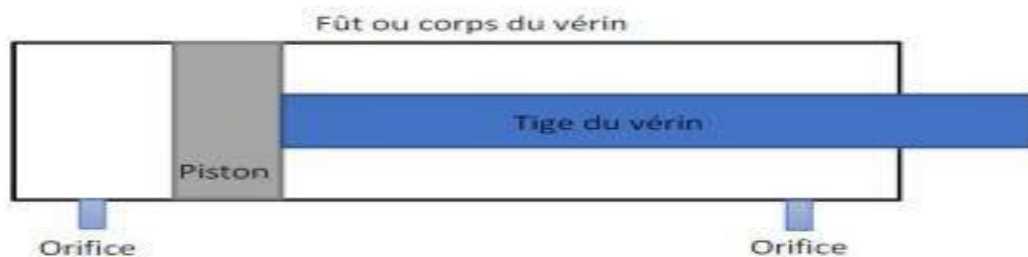


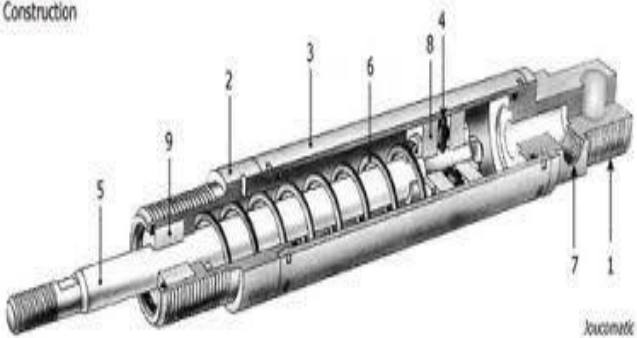
figure II- 28 Vérin hydraulique à double effet.

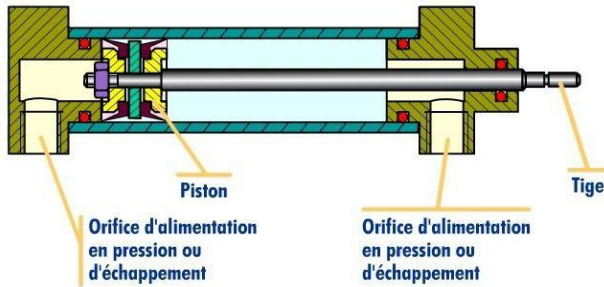
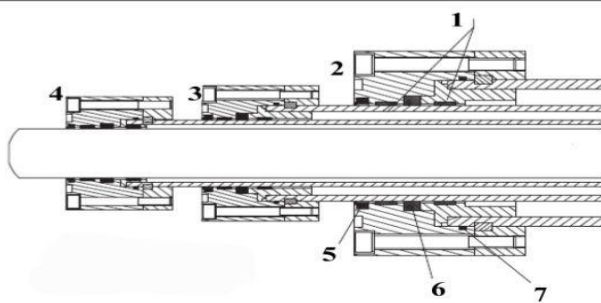
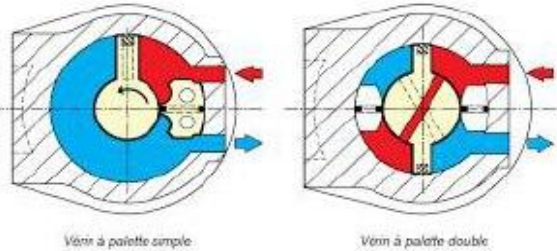
**II.4.3.2 Types de mouvements possibles :**

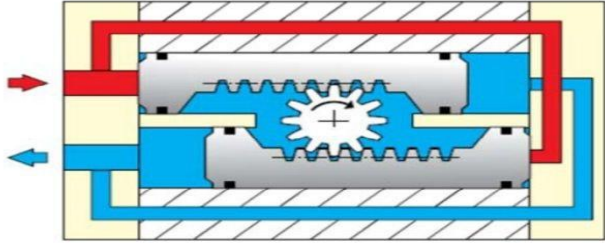
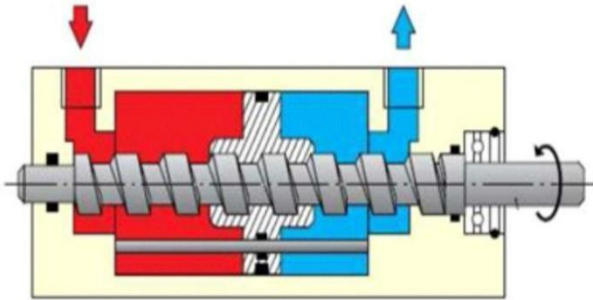
En fonction de la pression appliquée et de la configuration du vérin, la tige effectue un mouvement de sortie ou de rentrée. Lorsqu'une pression est appliquée sur un côté du piston, elle fait sortir la tige ; lorsqu'elle est appliquée sur l'autre côté, la tige rentre. Les mouvements et les conditions de pression associées varient selon la conception du vérin, à simple ou à double effet pour répondre aux besoins des applications.

**II.4.4 Les types des vérins hydrauliques :**

Les vérins hydrauliques sont utilisés dans divers systèmes pour assurer des mouvements linéaires. Ils se distinguent par leur mode d'action, leur structure et leur utilisation. Le tableau suivant regroupe les principaux types de vérins hydrauliques en mettant en évidence leurs composants, leur fonctionnement, ainsi que leurs avantages et inconvénients respectifs. Cette classification permet de mieux comprendre le choix du vérin en fonction des besoins techniques. [12]

| Types                                   | Figure / Composants                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fonctionnement/<br>Avantages / Inconvénients                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Les vérins<br>Linéaires<br>simple effet | <p>Construction</p>  <p>1) Flasque ou fond arrière<br/>2) Flasque ou fond avant<br/>3) Tube<br/>4) Joint de piston</p> <p>figure II- 29Les vérins<br/>Linéaires simple effet.</p> <p>5) Tige<br/>6) Ressort de rappel<br/>7) Entrée d'air<br/>8) Piston<br/>9) Douille</p> | <p>L'ensemble tige piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression. Le retour est effectué par un ressort ou charge.</p> <p><b>Avantages :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Economique et consommation de fluide réduite.</li></ul> <p><b>Inconvénients :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Encombrant et course limitée.</li></ul> |

|                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Les vérins<br/>Linéaires<br/>double effet</p>             |  <p>Piston</p> <p>Tige</p> <p>Orifice d'alimentation en pression ou d'échappement</p> <p>Orifice d'alimentation en pression ou d'échappement</p> <p>figure II-30 Les vérin linéaires double effet.</p>                                                                                        | <p>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.</p> <p><b>Avantages :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus souple, réglage plus facile</li> <li>- de la vitesse, amortissement de fin decourse réglable.</li> </ul> <p><b>Inconvénients :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus coûteux.</li> </ul>                  |
| <p>Les vérins<br/>spéciaux : à<br/>tige<br/>télescopique</p> |  <p>figure II-31 Les vérin spéciaux :à tige télescopique</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anneaux guide</li> <li>2. Tête de chemise</li> <li>3. Tête du 1er piston</li> <li>4. Tête du 2ème piston</li> <li>5. Racleur</li> <li>6. Collier</li> <li>7. Joint torique</li> </ol> | <p>Ce vérin de fabrication très soigné se rencontre surtout lorsque l'on doit avoir une course de travail importante, pour un emplacement réduit.</p> <p><b>Avantages :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintenance facile, fond vissé</li> <li>- la vitesse de sortie augmente au fur et à mesure.</li> </ul> <p><b>Inconvénient :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rentrée s'effectue à l'aide d'une force extérieure</li> </ul> |
| <p>Les vérins<br/>rotatifs à<br/>palettes</p>                |  <p>Vérin à palette simple</p> <p>Vérin à palette double</p> <p>figure II-32 Les vérin rotatifs à palettes.</p>                                                                                                                                                                             | <p>La palette simple, cette dernière divise le cylindre en deux chambres reliées alternativement à l'alimentation et au retour.</p> <p><b>Avantages :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les vitesses de rotation sont identiques dans les deux sens</li> <li>- Variation angulaire est de 280° à 300°.</li> </ul> <p><b>Inconvénient :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La qualité de l'air est</li> </ul>                           |

|                                   |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   |                                                                                                                                        | <p>essentielle pour assurer la longévité de l'actionneur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Il faut assurer que le vérin est purgé et isolé de la source d'air comprimé avant faire intervention.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                             |
| Les vérins rotatifs à crémaillère |  <p>figure II- 33 Les vérin rotatifs crémaillère</p> | <p>Une ou deux crémaillères entraînent en rotation un pignon.</p> <p><b>Avantages :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-La rotation de cet appareil est de L'ordre de 400°.</li> </ul> <p><b>Inconvénient :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Il faut éviter les vitesses élevées Avec de grandes courses et de Lourdes charges.</li> <li>- Il faut évaluer les caractéristiques de l'environnement du vérin</li> </ul> |
| Les vérins Rotatifs à vis         |  <p>figure II- 34 Les vérin rotatifs à vis.</p>     | <p>Le piston guidé par une tige qui Provoque lors de son déplacement la rotation de celle-ci grâce au filetage Taillé sur son pourtour.</p> <p><b>Avantages :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La rotation angulaire peut aller Jusqu'à 2 tours soit 720°.</li> </ul> <p><b>Inconvénient :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Effectuer un test de course et régler la course réelle.</li> </ul>                     |

### II.4.5 Symbolisation graphique des vérins hydraulique :

| VERINS  |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SYMBOLE | SIGNIFICATION                                                                                                                                                                                                                                                         |
|         | <p>Vérin à simple effet :</p> <p>1, 2 – à rappel par force non-défini.</p> <p>3 – à rappel par ressort</p>                                                                                                                                                            |
|         | <p>Vérin à double effet :</p> <p>1 – à simple tige</p> <p>3 – à double tige</p>                                                                                                                                                                                       |
|         | <p>Vérin différentiel</p>                                                                                                                                                                                                                                             |
|         | <p>Vérin avec amortisseur :</p> <p>1 – amortisseur fixe agissant dans un seul sens</p> <p>2 – amortisseur fixe agissant dans les deux sens</p> <p>3 – amortisseur réglable agissant dans un seul sens</p> <p>4 – amortisseur réglable agissant dans les deux sens</p> |
|         | <p>Vérin télescopique :</p> <p>1 – simple effet</p> <p>2 – double effet</p>                                                                                                                                                                                           |
|         | <p>Multiplicateur de pression</p> <p>détaillé      simplifié</p>                                                                                                                                                                                                      |

Tableau II- 6: Symbolisation graphique des vérins hydraulique

### II.4.6 Choix des vérins hydrauliques :

Le choix de moteur hydraulique est se fait à l'aide ces paramètres suivants :

- Efforts exercés dans les deux sens :

- Sortie du vérin :

$$F = P \times S \dots \dots \dots (2.15)$$

$$F = P \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \dots \dots \dots (2.16)$$

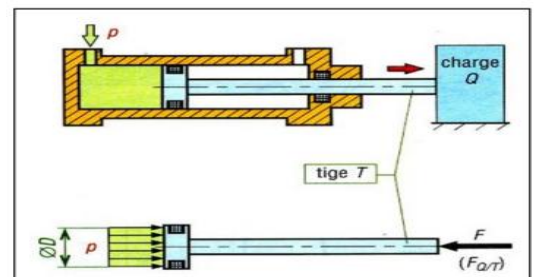


figure II- 35 Sortie du vérin.

- Rentrée du vérin

$$F' = P \times S' \dots\dots\dots (2.15)$$

$$F' = P \times \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) \dots\dots (2.17)$$

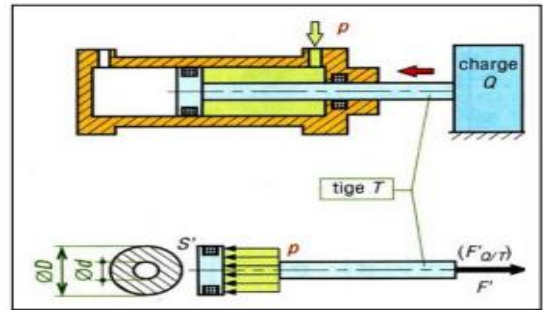


figure II- 36 Rentrée du vérin.

**F:**Force (N)

**F':** Force (N)

**S:** Section de piston ( $cm^2$ ).

**S' :** Section d'alésage ( $cm^2$ )

**D:** Diamètre de piston (cm)

**d:** Diamètre de la tige (cm)

**P:** Pression (Pa)

- **Force développée :**

- Considérons un vérin parfait:

$$\sum F = 0 \dots\dots\dots (2.19)$$

$$P \times S - P' \times S' - P_{atm} (S - S') - F = 0 \dots (2.20)$$

$$F = (P - P_{atm}) \times S - (P' - P_{atm}) \times S' \dots (2.21)$$

$$F = S \times \Delta P - S' \times \Delta P' \dots (2.22)$$

$$\Delta P' \ll \Delta P \text{ donc: } F = S \times \Delta P \dots (2.23)$$

- Pour un vérin réel :

$$F = S \times \Delta P \times \eta \dots\dots\dots (2.24)$$

**P atm :**Pression atmosphérique (1atm =1.013 bar)

**$\eta$  :** Rendement du vérin

• **Vitesse de déplacement :**

- En sortie de tige :

$$V = \frac{Q}{S_t} \dots\dots\dots(2.25)$$

Où :

$$V = \frac{C}{T} \dots\dots\dots(2.26)$$

**C** : Course (m)

**T** : Unité du temps (s)

**Q** : Débit rentrant dans le vérin (m³/s)

**V**:vitesse de sortie de la tige (m/s).

**St**: Section de la tige (m²)

- En retour de tige :

$$V' = \frac{Q'}{S} = \frac{Q''}{S} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$Q' = Q \times \frac{S}{S'} \dots\dots\dots(2.28)$$

On a:

$S < S'$  et  $F > F'$  et  $V < V'$

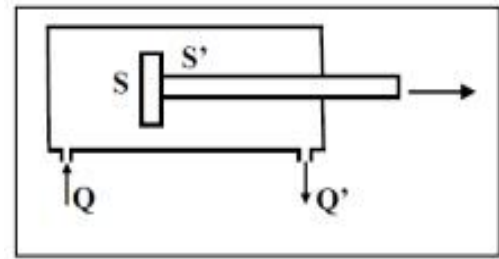


figure II- 37 Vitesse en sortie du vérin

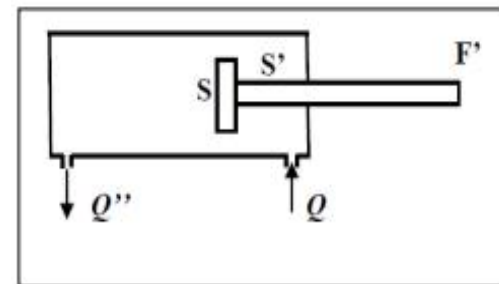


figure II- 38 Vitesse en retour du vérin.

• **Puissance :**

- Puissance absorbée en sortie ou en retour de tige :

$$P_{ab} = \Delta p \times Q \dots\dots\dots(2.29)$$

- Puissance utile en sortie de tige :

$$P = F v \dots\dots\dots(2.30)$$

**II.4.7 Avantages et inconvénients des vérins hydrauliques :**

 **Avantages :**

- **Puissance élevée:** Capacité à générer une force importante.
- **Fonctionnement fluide :** Mouvement stable avec un contrôle de vitesse.
- **Variété :** Disponibles en différentes tailles et configurations.

- **Fiabilité** : Conçus pour résister à des charges avec des tests rigoureux.
- **Entretien facile** : Composants accessibles pour maintenance.
- **Efficacité énergétique**: Conversion efficace de l'énergie hydraulique.
- ✍ **Inconvénients** :
- **Risques de fuites** : Les fuites de fluide hydraulique peuvent affecter les performances et Être difficiles à nettoyer.
- **Rouille** : Un mauvais choix de matériau peut provoquer de la rouille, compromettant la durabilité.
- **Exigences d'entretien**: Un entretien régulier est nécessaire pour un fonctionnement Optimal.
- **Bruit et vibration** : Leur fonctionnement peut être bruyant et provoquer des vibrations.
- **Impact environnemental** : Une mauvaise élimination du fluide hydraulique peut nuire à L'environnement.

### II.4.8 Les applications des vérins hydraulique :

Les vérins hydrauliques sont essentiels dans :

- **Construction** : Levage et grues.
- **Équipements lourds**: Stabilisation et manipulation.
- **Automobile** : Freins et direction.
- **Aérospatiale**: Propulsion et contrôle.
- **Maritime** : Levage et stabilisation.
- **Vérins hydrauliques pour applications industrielles** :
- Machines-outils: Formage, poinçonnage et découpe.
- Presses industrielles : Moulage et emboutissage avec pression constante.
- Équipements de levage : Grues et chariots élévateurs pour soulever des charges lourdes.
- Machines de construction : Excavatrices et bulldozers pour des mouvements précis.



figure II- 39 : Banc d'essai hydraulique pour vérins linéaires

### ➤ Vérins hydrauliques pour applications agricoles :

- Soulever et abaisser les outils avec précision.
- Ajuster la profondeur et la largeur des machines de travail du sol.
- Manutentionner les animaux et automatiser les systèmes d'alimentation.
- Réguler l'irrigation pour une distribution uniforme de l'eau.



figure II- 40 Chargement du matériaux.

### ➤ Vérins hydrauliques pour applications marines :

- Contrôlant les gouvernails et hélices pour diriger les navires.
- Actionnant les rampes d'accès et portes étanches pour garantir l'étanchéité.
- Soulevant des charges lourdes avec des grues et treuils à bord.
- Stabilisant les navires pour améliorer le confort et l'efficacité.



figure II- 41 Grue maritime avec vérin hydraulique

### II.4.9 Flambage:

Le flambage (ou flambement) est un phénomène de rupture brutal qui survient Lorsqu'une poutre élancée est soumise à de la compression, Pour dimensionner les tiges de vérin, on applique la formule de la **charge critique d'Euler**, pour les différents cas de

montage, on définit la longueur libre d'Euler  $L_0$  (dans tous les cas, la longueur  $L$  va du point d'attache du corps de vérin au point d'attache de la tige).

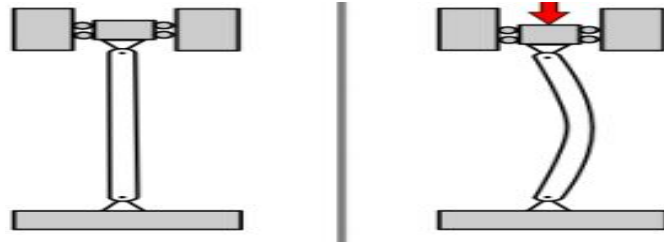


figure II- 42 Le flambage.

- **La formule d'Euler :**

La formule d'Euler qui suit, utilisée pour les tiges de vérins, est bien sûr applicable à toutes les poutres subissant ce type de contraintes. Cette formule donne la charge maximale en service en fonction des autres paramètres. Il faut considérer la longueur  $L$  avec la tige entièrement sortie.

$$F \leq \frac{\pi^2 \times E \times I}{s \times L_0^2} \dots \dots \dots (2.31)$$

**E**: module d'élasticité longitudinal (» 20 000 daN/mm<sup>2</sup> pour l'acier).

**I**: moment d'inertie ou moment quadratique en flexion.

$$I = \frac{\pi \times d^4}{64}$$

**d** : Ø de la tige.

**s** : coefficient de sécurité (3,5 pour les vérins).

**L<sub>0</sub>** : longueur libre de flambage.

### II.4.10 Régulation de la pression:

Les régulateurs de pression hydraulique maintiennent la pression de sortie d'un système hydraulique à une valeur définie afin de minimiser les fluctuations dans une ligne sous pression.

De nombreux appareils peuvent contrôler la pression, notamment les suivants :

- Limiteur de la pression.
- Réducteur de la pression.

- Accumulateur.

### II.4.11 Limiteur de la pression :

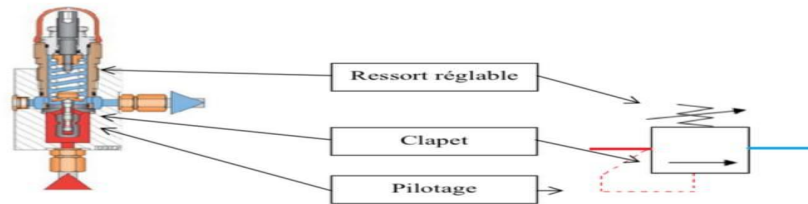


figure II-43 Limiteur de pression.

Le limiteur de pression est placé en dérivation dès la sortie de refoulement de pompe. Il a pour rôle de limiter la pression de refoulement et de protéger la pompe dans un circuit hydraulique. Suivant l'endroit où il se trouve dans un circuit il pourra avoir une fonction et donc des noms différents. [22]

✓ Symbole :

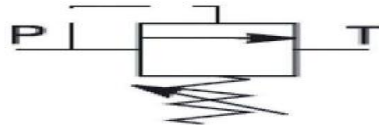


figure II-44 Symbole de limiteur de pression.

### II.4.12 Réducteur de la pression :

Réducteur-régulateur de pression est toujours normalement ouvert et installé en série sur la partie de circuit dont la pression doit être régulée :

- On prélève l'information de pression en aval de l'appareil,
- Cette pression est comparée à une valeur limite obtenue par le tarage d'un ressort par exemple,
- Lorsque la pression en A dépasse ce seuil, le réducteur-régulateur se ferme en créant une perte de charge permettant de limiter la pression en B à la valeur de la pression de tarage.
- Si la pression en A est inférieure à la pression de tarage, la pression en B est égale (en négligeant la perte de charge du composant) à la pression en A. [23]



figure II-45 Réducteur de pression.

✓ Symbole :

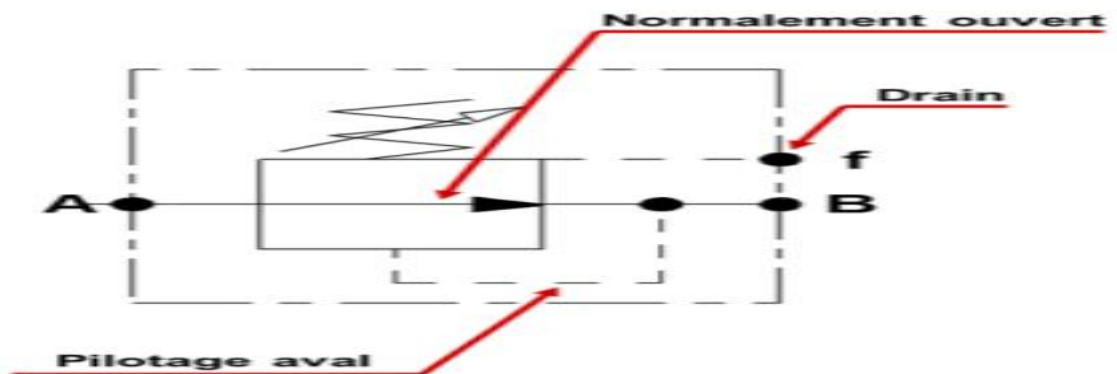


figure II-46 Symbole de réducteur de la pression.

### II.4.13 Accumulateur hydraulique:

Un accumulateur hydraulique, ou accumulateur de pression hydraulique, est un réservoir sous pression de gaz pouvant contenir un volume variable d'un liquide sous pression, utilisé pour fournir un débit important pendant un temps assez court, mais aussi un petit débit, tant qu'il reste de la pression. [24]

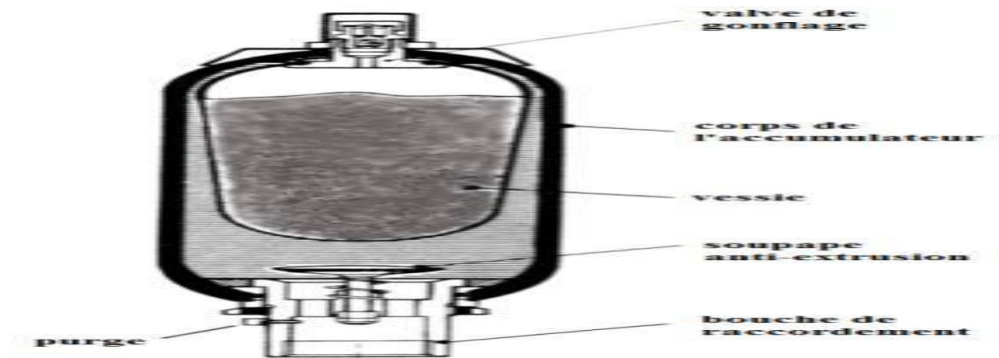


figure II-47 Accumulateur hydraulique.

### ✓ Symbole



figure II-48 Symboles des accumulateurs.

### II.5 Le contrôle de débit:

Le contrôle de débit est une fonction hydraulique qui consiste à réguler la quantité de fluide circulant dans une partie d'un circuit, afin de maîtriser la vitesse de déplacement des actionneurs (vérins ou moteurs). Il est assuré par des dispositifs appelés régulateurs ou limiteurs de débit, qui ajustent le débit en fonction des besoins du système, tout en maintenant la stabilité malgré les variations de pression. Cette régulation permet d'optimiser le fonctionnement de l'installation, d'éviter les à-coups et de garantir la précision des mouvements.

Il existe des régulateurs de débit simples (à orifice fixe) et des modèles plus complexes compensés en pression.

Un bon contrôle de débit améliore la sécurité, réduit l'usure des composants et diminue la consommation énergétique.

Dans les systèmes de levage hydraulique, il est essentiel pour contrôler la montée et la descente des charges avec précision. [25]

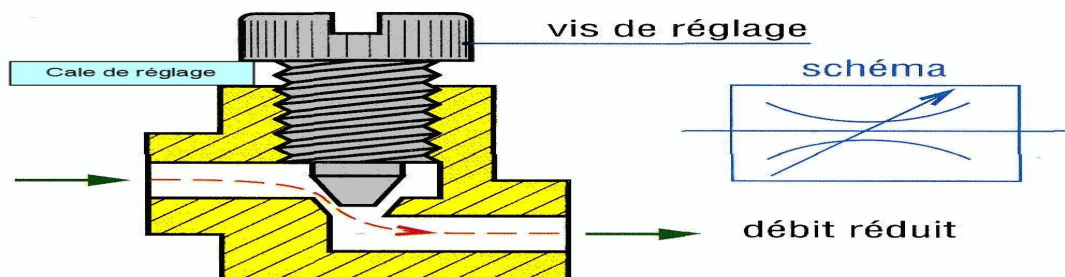


figure II-49 Régulateurs de débit.

✓ Symbole:

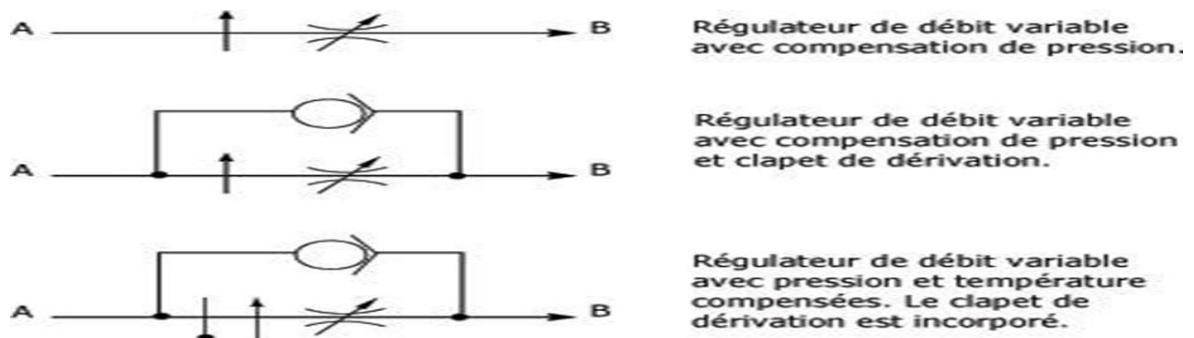


figure II- 50 Symboles des régulateurs de débit.

## II.6 Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons tenté de décrire les principaux composants hydrauliques, en expliquant leur dimensionnement et fonctionnement ainsi que les critères de sélection et les caractéristiques. Ces informations nous serviront de base pour l'étude de cas à venir.

---

## *Chapitre III :*

---

## *Simulation d'un système hydraulique*

### **III Introduction:**

Dans ce chapitre, nous abordons la simulation d'un système hydraulique de levage en utilisant un vérin hydraulique, réalisé avec le logiciel FluidSim. Cette simulation nous permet d'analyser le fonctionnement et l'efficacité du système dans des conditions variées. En utilisant FluidSim, nous modélisons le circuit hydraulique et étudions l'impact de différents paramètres sur les performances du vérin. Cette approche nous aide à mieux comprendre les dynamiques de levage et à identifier les optimisations possibles pour des applications industrielles.

#### **III.1 La simulation hydraulique :**

##### **III.1.1 Définition :**

La simulation est un processus de modélisation qui reproduit le comportement d'un système dans un environnement virtuel. Elle permet de tester divers scénarios sans nécessiter de prototypes physiques. Grâce à des outils informatiques avancés, les ingénieurs peuvent analyser les résultats et prendre des décisions éclairées. En somme, la simulation est un outil clé pour l'innovation et l'optimisation dans de nombreux domaines.

##### **III.1.2 Applications pour circuits et vérins hydrauliques :**

- Conception et optimisation des systèmes hydrauliques avant la fabrication.
- Analyse du comportement dynamique des vérins et composants.
- Détection des erreurs ou pannes potentielles.
- Amélioration de la performance et de l'efficacité énergétique.
- Formation et apprentissage sans risques réels.
- Réduction des coûts de prototypage.

##### **III.1.3 Avantages de la Simulation :**

- Réduction des coûts.
- Gain de temps.
- Amélioration de la fiabilité.
- Flexibilité.
- Innovation.
- Précision accrue.

### III.2 Logiciel de Simulation FLuidSIM :

#### III.2.1 Présentation de FluidSIM :

FluidSIM est le logiciel de simulation leader depuis plus de 25 ans, spécialisé dans les circuits pneumatiques, hydrauliques et électrotechniques. Il permet de concevoir, simuler et optimiser des circuits, garantissant efficacité et qualité tout en prévenant les erreurs. Récompensé par plusieurs prix, il compte plus de 300 000 installations dans le monde, faisant de lui un outil clé pour la formation en mécatronique.

#### III.2.2 Les objectifs didactiques de FluidSIM :

FluidSIM vise à renforcer les compétences pratiques en automatisation. Ses principaux objectifs pédagogiques sont :

- Concevoir des schémas de circuits.
- Identifier et corriger les erreurs.
- Simuler et optimiser des solutions via des outils interactifs.
- Comprendre le processus de développement des systèmes.
- Observer les résultats en temps réel pour mieux analyser les effets.

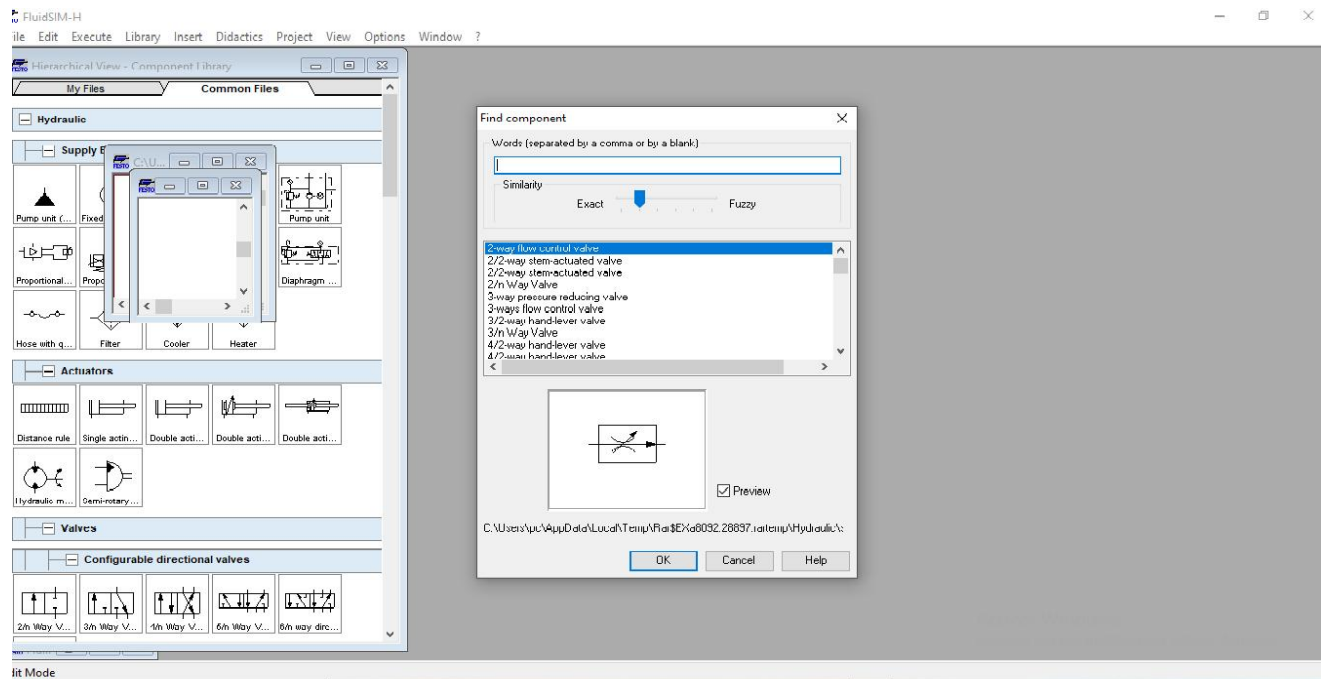


figure III- 1 Interface FluidSIM.

#### III.2.3 Avantages de FluidSIM :

- 1) **Création et simulation simplifiées :** Conception interactive de circuits.

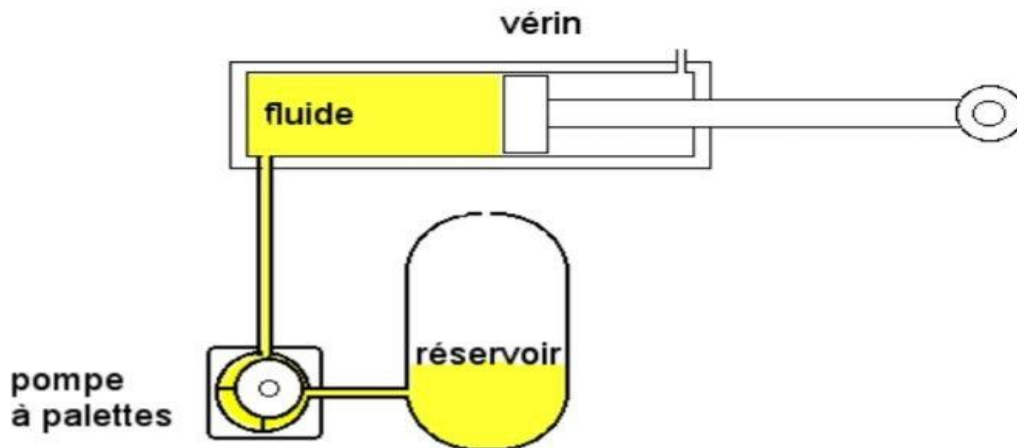
- 2) **Contenus adaptés:** Alignement avec les systèmes d'apprentissage de Festo Didactic. Apprentissage interactif: Compréhension immédiate des effets des modifications techniques grâce à la simulation en temps réel.
- 3) **Bibliothèque riche :** Accès à une variété de composants pneumatiques, hydrauliques, électrotechniques, électroniques et numériques.
- 4) **Appareils de mesure:** Utilisation d'outils virtuels et réels.
- 5) **Modèles d'erreurs:** Développement des compétences en recherche et prévention.
- 6) **Flexibilité d'apprentissage :** Préparation rapide et apprentissage personnalisé.

#### III.3 Système hydraulique de levage :

Les systèmes de levage hydrauliques sont essentiels pour le déplacement de charges lourdes dans divers secteurs comme l'industrie, l'agriculture ou le BTP. Ils fonctionnent grâce à un fluide incompressible (souvent de l'huile) et à un vérin, selon le principe de Pascal. Ce principe permet de convertir la pression du fluide en une force mécanique importante, utilisée pour le levage. Ces systèmes sont appréciés pour leur fiabilité, leur puissance et leur facilité de contrôle, ce qui les rend indispensables dans de nombreuses machines.

Il s'agit d'un ensemble de composants hydrauliques mettant sous pression un fluide dans Le but d'effectuer un travail mécanique.

Le schéma et les composants de ce système sont donné dans la figure suivante.



**Ses composants sont :**

- Le réservoir hydraulique : est une chambre de stockage conçue pour la fonction principale de contenir le fluide hydraulique.

- Le vérin hydraulique : transforme l'énergie hydraulique (pression, débit) en énergie mécanique (effort, vitesse).
- Pompe à palette : génère la pression nécessaire pour déplacer le fluide.
- Distributeur hydraulique à 3 positions : gère le flux d'huile vers un vérin, permettant son mouvement dans deux directions (levée et descente) et l'arrêt en position centrale.
- Fluide hydraulique : c'est un fluide synthétique (fabriqué par l'homme) ou minéral, incompressible, utilisé pour transférer la puissance des machines et équipements hydrauliques.

#### **III.3.1 Ordre des opérations:**

##### **1. Initialisation du Système**

- Vérifiez le niveau de fluide dans le réservoir.
- Assurez-vous que toutes les connexions sont correctement installées.

##### **2. Mise en Marche de la Pompe**

- Bouton de démarrage (Start) : Appuyez sur ce bouton pour activer la pompe à palettes.
- Lampe verte : S'allume pour indiquer que le système est en marche.
- La pompe aspire le fluide du réservoir et crée une pression dans le circuit.

##### **3. Position 1 (Avance)**

- Bouton d'avance (start ) : Appuyez sur ce bouton pour diriger le fluide vers le vérin.
- Action du Distributeur :  
Le distributeur se positionne pour envoyer le fluide vers la chambre d'extension du vérin.
- Mouvement du Vérin :  
Le vérin s'étend, effectuant le travail requis.
- Retour du Fluide :  
Le fluide de l'autre chambre s'écoule vers le réservoir.

##### **4. Maintien de la Position**

- Maintenez le bouton d'avance enfoncé tant que le mouvement est nécessaire.

- Vérifiez que la pression est suffisante pour maintenir le vérin en position.

### **5. Changement de Position (Retrait)**

- Bouton de retrait (Return) : Relâchez le bouton d'avance et appuyez sur ce bouton.
- Action du Distributeur :  
Le distributeur change de position pour diriger le fluide vers l'autre chambre du vérin.
- Mouvement du Vérin :  
Le vérin se rétracte, revenant à sa position d'origine.
- Retour du Fluide :  
Le fluide s'écoule vers le réservoir.

### **6. Arrêt de la Pompe**

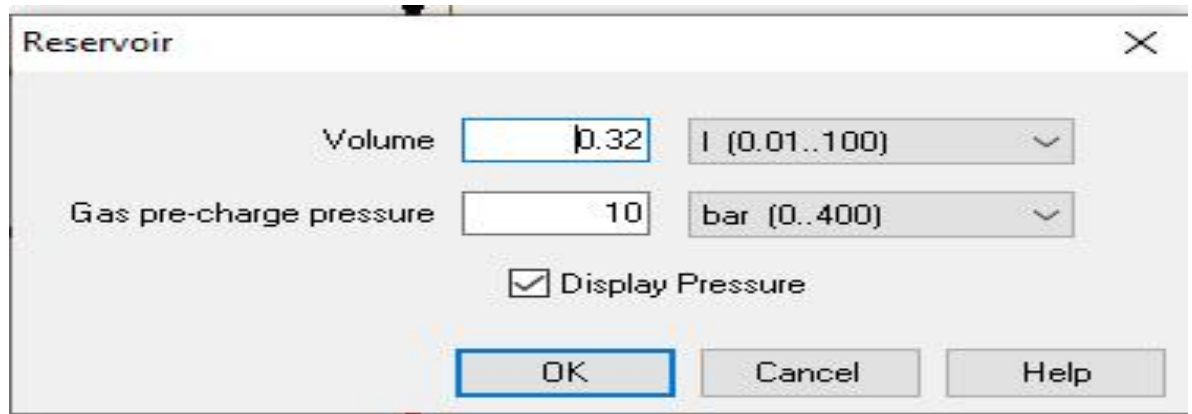
- Bouton d'arrêt (Stop) : Appuyez sur ce bouton pour arrêter la pompe une fois le mouvement terminé.
- Lampe jaune : S'allume pour indiquer que le système est arrêté.
- Le système revient à l'état de repos.

### **7. Vérifications Finales**

- Vérifiez les niveaux de fluide.
- Assurez-vous qu'il n'y a pas de fuites dans le circuit.

#### **III.3.2 Les dimensions des éléments de ce système :**

1. Le réservoir hydraulique :



Reservoir

Volume  l (0.01..100) ▼

Gas pre-charge pressure  bar (0..400) ▼

☒ Display Pressure

### 2. Le vérin hydraulique :

The 'Configure Cylinder' dialog box is shown with the 'Configuration' tab selected. The 'Description' field contains 'Double acting cylinder'. Under 'Piston rod type', 'One piston rod' is selected with the 'Through' option. Under 'Cylinder type', 'Double acting' is selected. The 'Properties' section has 'Cushioning' and 'Sensing' options, both unchecked. The 'Mirror' section shows 'Horizontal' and 'Vertical' options, both unchecked. A schematic diagram of a double-acting cylinder is displayed on the right. The 'OK', 'Annuler', and 'Aide' buttons are at the bottom.

The 'Configure Cylinder' dialog box is shown with the 'Parameters' tab selected. The 'max. Stroke' is 200 mm (1..5000). The 'Piston Position' is 20 cm (0..500). The 'Piston diameter' is 1.6 cm (0.1..100). The 'Piston rod diameter' is 10 mm (0..1000). The 'Mounting angle' is 0 Angular degrees (Deg) (0..360). The 'Internal leakage' is 0 l/(min\*bar) (0..10). The 'Calculated parameters' section shows 'Piston Area' as 2.01 qcm and 'Ring Area' as 1.23 qcm. The 'Display Quantity' section has 'Velocity [m/s]' and 'Force [N]' options, both unchecked. The 'OK', 'Annuler', and 'Aide' buttons are at the bottom.

3. La pompe :

The 'Pump unit' dialog box is shown with the following settings:

- Pressure relief valve:** Operating Pressure is set to 70 bar (range 0.1..400).
- Pump:** Flow is set to 1.4 l/min (range 0..500). Internal leakage is set to 0.004 l/(min\*bar) (range 0..10).

Buttons at the bottom: OK, Cancel, Help.

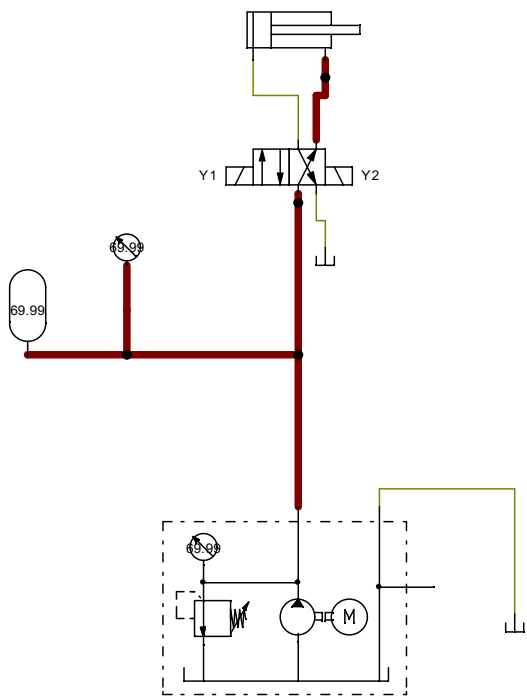
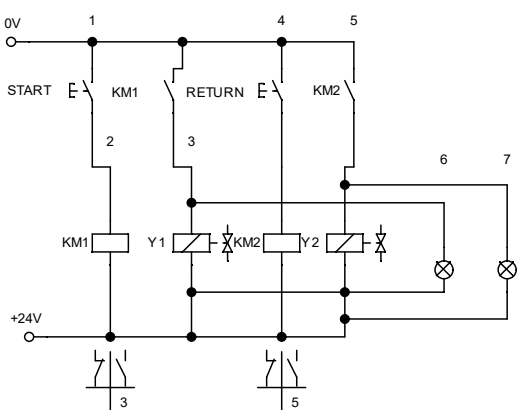
4. Distributeur hydraulique à 2 positions :

The 'Configure Way Valve' dialog box is shown with the following settings:

- Left Actuation:** ☐ Spring-returned, ☐ Piloted, ☐ External supply. Manually: [dropdown], Mechanically: [dropdown], Hydraulically/Electrically: [dropdown].
- Description:** 4/n Way Valve.
- Valve Body:** ☐ Reversible. Initial Position: [radio buttons].
- Right Actuation:** ☐ Spring-returned, ☐ Piloted, ☐ External supply. Manually: [dropdown], Mechanically: [dropdown], Hydraulically/Electrically: [dropdown].
- Signal Selection:** ☐ Left, ☐ Dominant Signal, ☐ Right.
- Hydraulic resistance:** 0.01 MPa/(l/min)<sup>2</sup> (range 1e-007..100). Button: Curve...
- Mirror:** ☐ Horizontal, ☐ Vertical.
- Diagram:** A schematic diagram of a 4-way valve is shown.

Buttons at the bottom: OK, Cancel, Help.

III.4 Simulation sous FluidSim :



| Composant | Description                                                                                                                                                   |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | Vérin double effet (en haut)<br>→ C'est l'actionneur hydraulique qui effectue le mouvement de levage.                                                         |
|           | Distributeur 4/3 électrohydraulique<br>→ Avec deux électroaimants Y1 et Y2 pour changer les positions du tiroir (commande du vérin dans les deux directions). |
|           | Réservoir hydraulique                                                                                                                                         |

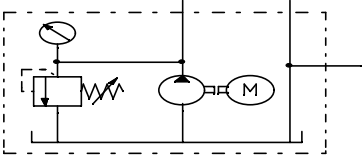
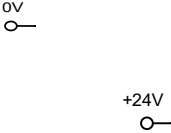
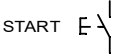
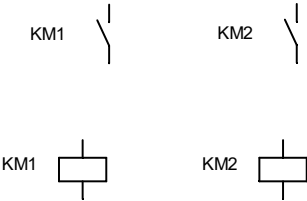
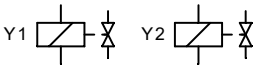
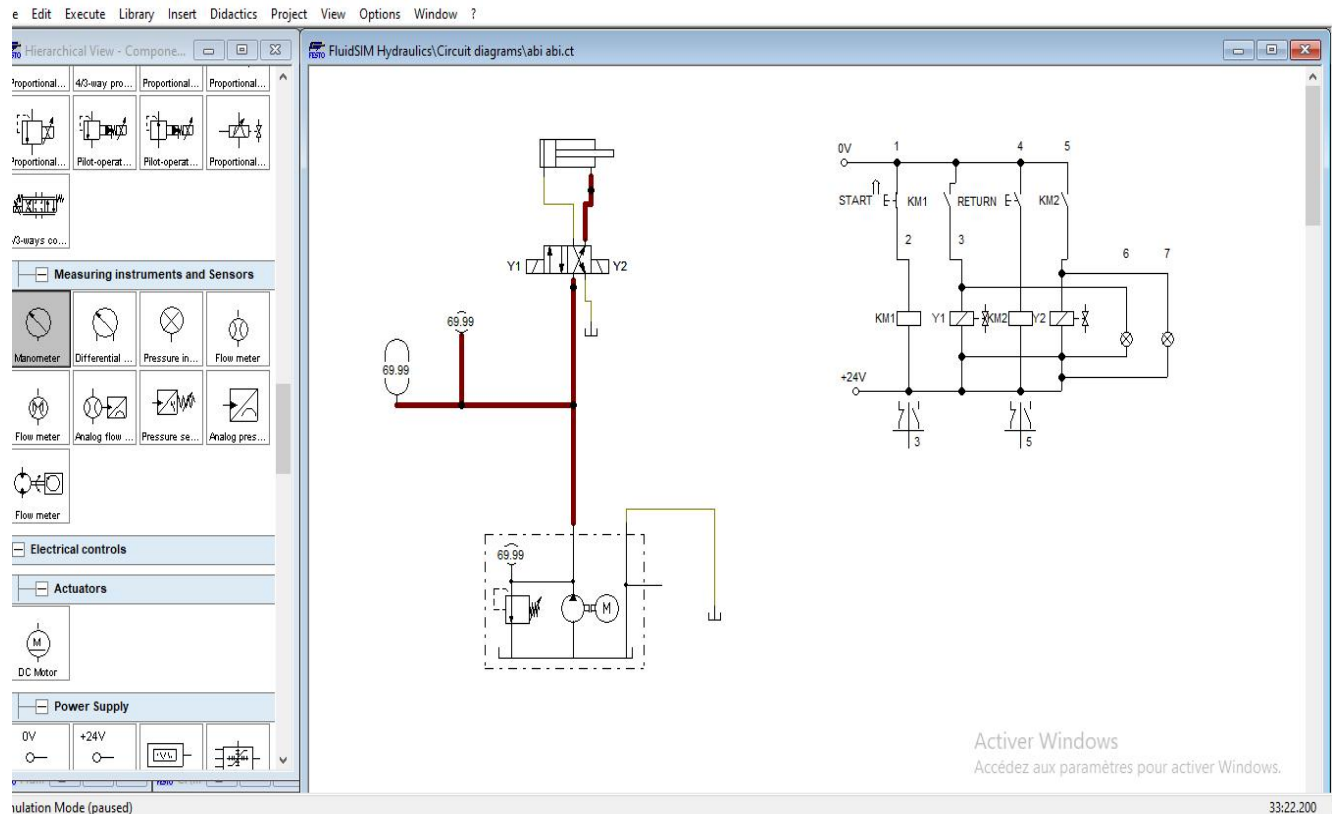
|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>Pompe hydraulique entraînée par un moteur électrique (en bas)</p> <p>→ À l'intérieur du cadre pointillé, on voit le réservoir, la pompe, le moteur M et la soupape de sécurité (pour protéger le circuit).</p> |
|    | <p>Manomètres</p> <p>→ Disposés sur les lignes pour mesurer la pression.</p>                                                                                                                                      |
|    | <p>Alimentation :</p> <p>0V (masse) en haut à gauche,<br/>+24V en bas à gauche.</p>                                                                                                                               |
|    | <p>Bouton poussoir START (E1)</p> <p>→ Lance la séquence de mise en marche (avancement du vérin).</p>                                                                                                             |
|    | <p>Fin de course (E2 RETURN)</p> <p>→ Capteur de fin de course pour activer le retour automatique (KM2 → Y2).</p>                                                                                                 |
|  | <p>Relais KM1 et KM2</p> <p>→ Représentent les contacteurs/temporisateurs pour contrôler les sorties.</p>                                                                                                         |
|  | <p>Y1 et Y2</p> <p>→ Électroaimants du distributeur :</p> <p>Y1 active l'avance du vérin,<br/>Y2 commande le retour.</p>                                                                                          |
|  | <p>lampes (indicateurs lumineux)</p>                                                                                                                                                                              |

Tableau 0- 1:Description des composants du système de levage hydraulique simulé

### III.5 Résultats de la simulation :

### ❖ Étape 1 – Mise sous tension



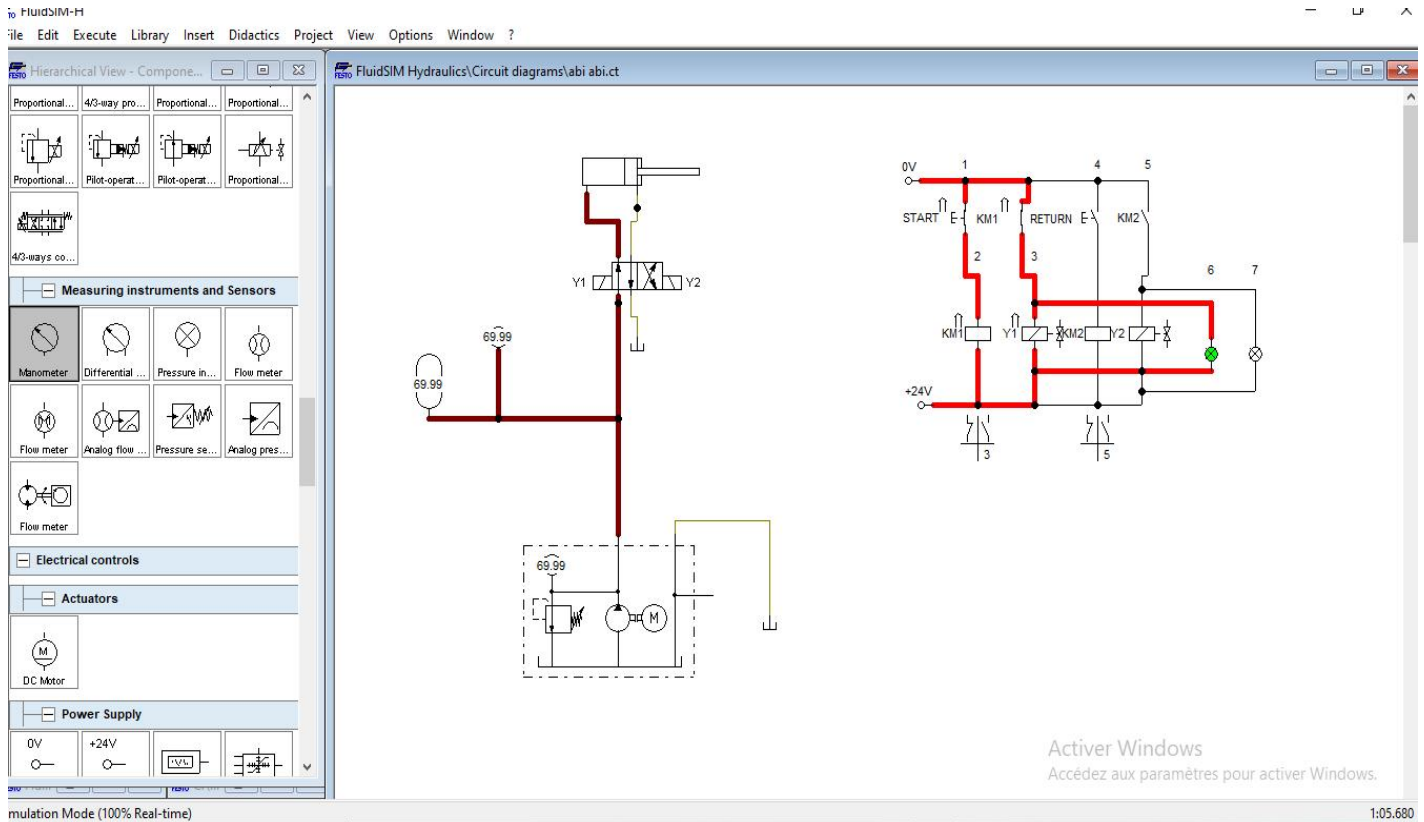
Le circuit est alimenté en 24V DC côté commande électrique.

- Les voyants indiquent l'état d'attente :
  - Aucun électroaimant (Y1/Y2) n'est encore activé.
  - Lampe vert OFF (le système n'a pas encore démarré)
  - Lampe jaune OFF (aucun retour en cours) Le système est en état d'attente.

### ❖ Étape 2 – Démarrage du cycle (appui sur START)

- L'opérateur appuie sur le bouton START (E1).
- Cela alimente le relais KM1, qui ferme ses contacts :
  - Le contact KM1 active l'électroaimant Y1 du distributeur 4/2.
  - Allume la lampe verte : signal visuel que le cycle de levage est en Cours.

- Le distributeur change de position, envoyant de l'huile vers la chambre A du vérin.



#### ❖ Étape 3 – Avancement du vérin

- L'huile sous pression pousse le piston du vérin vers l'avant.
- L'huile de la chambre B retourne au réservoir.
- Le vérin avance et effectue le levage.
- Le manomètre sur la chambre a affiche la pression d'avance.
- La lampe vert reste allumée pendant toute cette phase.

#### ❖ Étape 4 – Détection de fin de course (RET)

- En fin de course, un capteur (E2 RETURN) est activé (fin de course avancée).

Cela déclenche le relais KM2, qui :

- Active Y2 (électroaimant de retour).

- Désactive Y1.
- Éteint la lampe verte.
- Allume la lampe jauge: signal que le vérin est en retour

❖ **Étape 5 – Retour du vérin**

- Le distributeur bascule en sens inverse
- L'huile va maintenant vers la chambre B (retrait du vérin) Et la chambre A se vide vers le réservoir.
- Le vérin revient à sa position initiale.
- La lampe jaune reste allumée pendant cette phase.

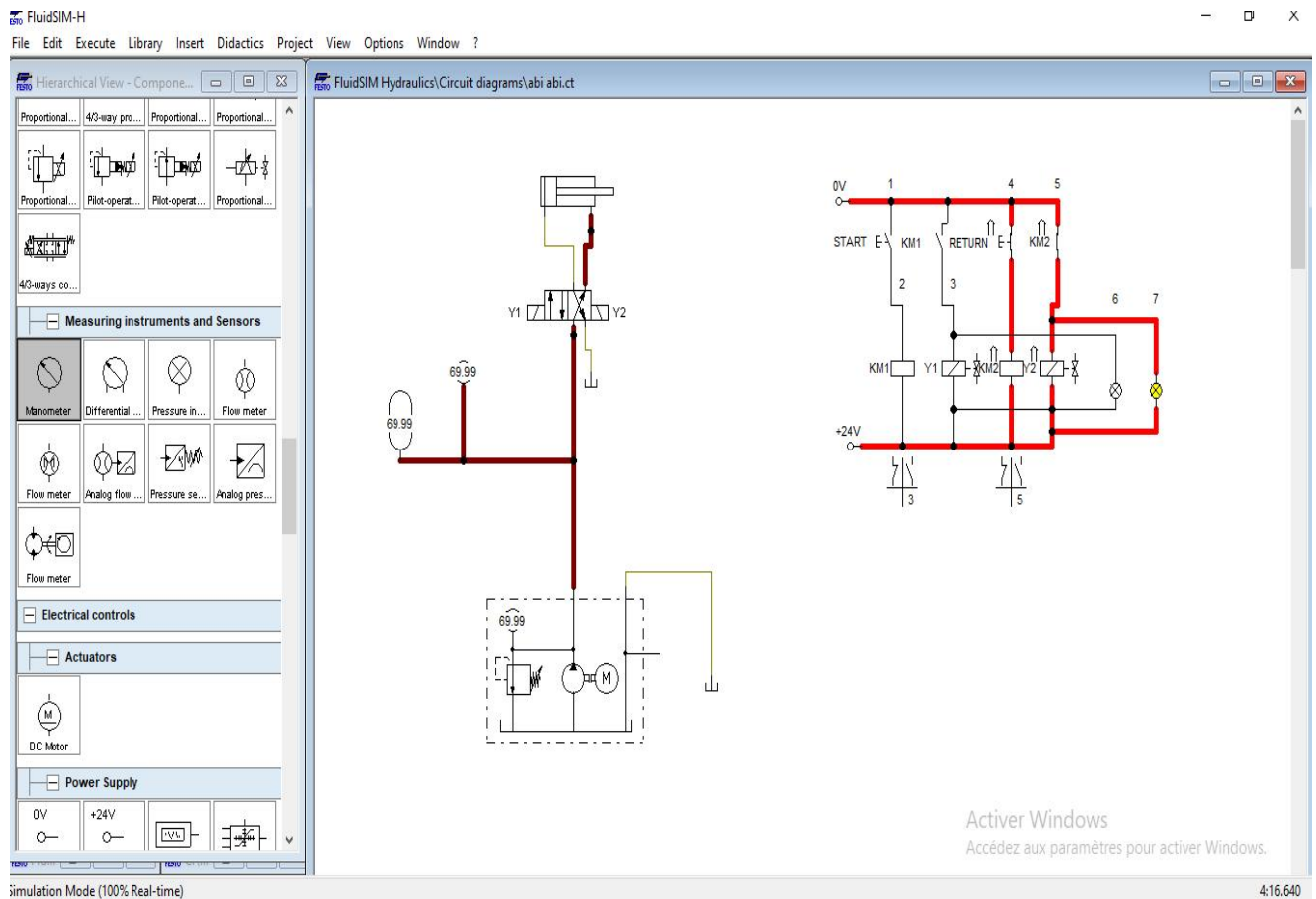
❖ **Étape 6 – Fin de cycle**

Une fois le vérin revenu à sa position de départ :

- Le capteur de fin de course de retour ouvre le circuit de commande.
- Désactivation de Y2,
- La lampe jaune s'éteint.
- Le système revient en état d'attente. Tous les voyants sont à nouveau éteints.

 **Remarques utiles**

- Les manomètres permettent d'observer les pressions dans chaque chambre.
- Le distributeur 4/2 à commande électrique dirige le fluide selon la commande reçue (Y1 ou Y2).
- Le contact auxiliaire XKM2 sert à verrouiller le relais KM2 pendant le retour.



### III.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons réalisé la simulation complète d'un système de levage hydraulique à l'aide du logiciel FluidSIM. Cette modélisation nous a permis de représenter et de comprendre le fonctionnement global du système, tant sur le plan hydraulique que sur le plan électrique. Chaque composant a été sélectionné et configuré selon les exigences du cycle de levage, depuis la mise en marche jusqu'au retour du vérin.

La simulation obtenue constitue une base solide pour les étapes suivantes de ce travail, notamment le dimensionnement des éléments et l'analyse des comportements en cas de panne.

## Conclusion générale

---

Ce mémoire a porté sur l'étude complète d'un système de levage hydraulique, depuis sa description jusqu'à sa simulation.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté les principes de base de l'hydraulique ainsi que la description détaillée des composants du système étudié, tels que la pompe, le vérin, les distributeurs et les actionneurs. Cette phase a permis de comprendre le rôle de chaque élément dans le fonctionnement global du système.

Le deuxième chapitre a été consacré au dimensionnement du système, en s'appuyant sur les paramètres techniques nécessaires au bon fonctionnement du circuit : débit, pression, surface du vérin, course utile, etc. Ces calculs ont permis d'adapter chaque composant aux exigences du système, en garantissant sécurité, efficacité et performance.

Enfin, le troisième chapitre a permis de valider la conception par une simulation sur le logiciel FluidSIM. Cette simulation a confirmé le bon fonctionnement du système, en reproduisant le cycle de levage selon les conditions prévues, et en montrant la cohérence entre la modélisation théorique et le comportement dynamique simulé.

Cette étude a mis en évidence l'importance d'une démarche méthodique allant de l'analyse fonctionnelle à la simulation, pour concevoir un système hydraulique fiable, efficace et conforme aux besoins. Ce travail constitue une base solide pour des projets similaires ou des approfondissements futurs dans le domaine de l'hydraulique industrielle.

## BIBLIOGRAPHIE :

---

- [1] ,[12] Toumi, F. (2019). Dimensionnement et simulation d'une installation hydraulique industrielle [Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar - Annaba]. Université Badji Mokhtar - Annaba. <https://biblio.univ-annaba.dz>.
- [2] Bellalah, S. (2017, février 14). Hydraulique industriel [Présentation] SlideShare. <https://fr.slideshare.net/slideshow/hydrauliqueindustriel/72135262>
- [3] Les Sherpas. (2025, mai 14). Loi de Pascal : principe et applications en mécanique des fluides. <https://sherpas.com/p/physique/loi-pascal.html>
- [4] Parlons sciences. (2023, août 15). Hydraulique 101. <https://parlonsciences.ca/ressources-pedagogiques/les-stim-expliquees/hydraulique101#:~:text=L'hydraulique%20fonctionne%20d'apr%C3%A8s,tr%C3%A8s%20lourd%20sans%20grand%20effort>
- [5] Krimil, F. (s.d.). Résumé Chapitre 04 & Chapitre 05 [Document PDF]. Université Batna 2. [https://staff.univbatna2.dz/sites/default/files/krimil\\_farida/files/resume\\_chap\\_04chap\\_05.pdf](https://staff.univbatna2.dz/sites/default/files/krimil_farida/files/resume_chap_04chap_05.pdf)
- [6] Le Garrec. (s.d.). Théorème de Bernoulli. <https://www.legarrec.com/entreprise/theoremebernoulli/#:~:text=Qu'%C3%A9nonce%20le%20principe%20de,sa%20vitesse%20est%20plus%20faible.%20%C2%BB>
- [7] In Situ Experts Hydrauliciens. (2018, mars). Cours 73 – Les rendements [Document PDF]. <https://experts-insitu.com/wp-content/uploads/2018/03/cours-hydraulique-73-rendements.pdf>
- [8] Jungheinrich PROFISHOP. (2023, 27 septembre). Hydraulique – Définition, fonctionnement et domaines d'application. <https://www.jungheinrich-profishop.fr/fr/guide-pro/hydraulique/>
- [9] Total Energies. (2020, 8 avril). Énergie hydraulique : avantages et inconvénients. <https://www.totalenergies.fr/particuliers/parlons-energie/dossiers-energie/energie-renouvelable/energie-hydraulique-avantages-et-inconvenients>
- [10] Au Comptoir Hydraulique. (s.d.). Quels sont les usages de l'hydraulique

<https://search.app/?link=https%3A%2F%2Fwww.au-comptoir-hydraulique.fr%2Ffr%2Fconseils-actualites%2Finfo-verins-hydrauliques%2F4-quels-sont-les-usages-de-l-hydraulique-.html>

[11] Debem. (2022, 28 décembre). Pompes hydrauliques : définition et types.

<https://search.app/eNc41y468YDmzTyi7>

[13] Bedouelle Distribution. (2024, 25 janvier). Différence entre pompe centrifuge et pompe volumétrique : je vous explique tout.

<https://bedouelledistribution.com/actualites/difference-entre-pompe-centrifuge-et-pompe-volumetrique-je-vous-explique-tout-n12>

[14] Wikipédia. (2025, 22 février). Pompe centrifuge.

[https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Pompe\\_centrifuge](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Pompe_centrifuge)

[15] Hichosen. (s.d.). Dimensionnement des pompes [Document PDF].

<https://fr.scribd.com/document/501945506/Dimensionnement-des-pompes>

[16] Study Smarter. (s.d.). Débit hydraulique : définitions et formules.

<https://search.app/nAWQ8XGMSKbyB74D6>

[17] Khider, M. (s.d.). Moteurs Hydrauliques [Document PDF]. Scribd.

<https://search.app/YVjB4V1jHvxg5VJL9>

[18] ISPM – Agadir. (s.d.). S34 – Machines marines [Document PDF].

<https://www.ispm.ac.ma/wp-content/uploads/2020/03/S34-machines-marines.pdf>

[19] HAWE Hydraulik SE. (2023, juin). Distributeur à clapet types WN, WH [Documentation produit D 7470 A/1]. <https://search.app/2HJne4MC7eg2bvD18>

[20] Wikipédia. (2023, 23 avril). Distributeur rotatif.

<https://search.app/X7CKZ1kDfbXiZYJ17>

[21] HAWE Hydraulik SE. (2022, avril). Distributeur à tiroir, types SG et SP [Documentation produit D 5650/1].

<https://search.app/2RkoUmZkwstBgwxq7>

[22] In Situ Experts Hydrauliciens. (2014, décembre). Newsletter N°48 – Le limiteur de pression, action directe et pilotée [Document PDF]. <https://search.app/GF6Z12ZcHVTLxKqu8>

[23] Cortier, T. (s.d.). Fonction et symboles. Dans Hydraulique : De la mécanique des fluides la transmission de puissance. Université de Limoges.

<https://search.app/CQ9rUWTuNkV8wT6J9>

[24] Wikipédia. (2024, 4 décembre). Accumulateur hydraulique.<https://search.app/pY8S6JiqcAMpgPYY9>

[25] Ministère de la Transition écologique (France). (s.d.). Limiteur de débit (HU). Wikhydro.

[http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Limiteur\\_de\\_d%C3%A9bit\\_\(HU\)](http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Limiteur_de_d%C3%A9bit_(HU))

[26] Luce Hydro. (s.d.). Qu'est-ce qu'un vérin hydraulique ? – Définition.

<https://www.luce-hydro.fr/definition-verin-hydraulique/>