République démocratique populaire algérienne
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de
La Recherche Scientifique
Université Yahia Fares de Médéa



Faculté de Technologie

Département du Génie Mécanique

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Technologie

Spécialité : Energie Renouvelable

Thème

UTILISATION D'UN DISTRIBUTEUR A COMMANDE PROPORTIONNELLE SUR UN APPAREIL DE LEVAGE

Présenté par :

Oussama Sifoun Abdenour Defilia

Devant le jury :

✓ DIDI Faouzi	Encadreur	Unv Médéa
✓ AMARI Malika	Président	Unv Médéa
✓ CHIBA Younes	Examinateur	Unv Médéa
✓ Sahnoune Chaouche Moustafa	Examinateur	Unv Médéa

Année universitaire : 2023 – 2024

REMERCIEMENT

Avant tout, nous remercions DIEU qui a illuminé notre chemin et qui nous a armés de courage pour achever nos études.
« Quiconque ne remercie pas les gens, ne remercie pas Dieu ».

Nous présentons nos vifs et sincères remerciements à notre encadreur Dr DIDI Faouzi (MCB) d'avoir posé un sujet très intéressent et pour leur conseils, leur disponibilité et pour nous avoir fait profiter de leur connaissances et de leur qualité tant professionnelle qu'humaine.

Nous remercions aussi également les membres des jurys, AMARI Malika et CHAOUCHE Moustafa pour l'effort qu'ils feront dans le but d'examiner ce modeste travail, *et tous les enseignants de département de Génie Mécanique.

Nous tenons à remercier aussi
Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de notre mémoire.
Merci

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

À ma Mère qui par sa présence seule, apaise le coeur et donne le goût de vivre.
À mon Père qui est à la fois mon idole et ma sécurité, jamais je saurai ce que j'aurai été sans lui.

À tout spécialement aux plus cher personne à ma vie qui étaient toujours présente pour moi « ma femme ».

À tous les étudiants de notre promotion « Energie Renouvelable »

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Oussama

DEDICACES

Je dédie ce mémoire

À ma très chère mère, pour ton soutien maternel exceptionnel envers moi. Que Dieu te donne longue vie

À mon cher père, pour tous ses sacrifices, son amour, sa tendresse, son soutien et ces prières

À mes chères soeurs, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

À mes chers grands-parents, oncles et tantes

À toute mes amis pour leur soutien tout en long de mon parcours universitaire

À ma promotion Energie Renouvelable 2024/2024
À tous ceux que j'aime
Merci d'être toujours là pour moi

Abdenour

Résumé

Les grues sont considérées comme l'une des machines qui contribuent grandement au domaine des industries et de la construction, et avec le développement technologique, les formes et les tailles des grues ont beaucoup évolué, et de nouvelles technologies sont apparues qui peuvent contribuer au contrôle des machines de levage. Une de ces techniques est le distributeur proportionnel, qui fait l'objet de notre intérêt. Et les performances de ce distributeur peuvent être évaluées à travers notre contribution à cette recherche en le comparant au système hydraulique classique, qui est basé sur les lois de l'hydraulique classique. Grande puissance fournie par le système hydraulique simple, il reste limité dans les positions, et les résultats obtenus grâce à la comparaison ont montré que le distributeur proportionnel modifie au mieux les performances de l'appareil de levage et peut le contrôler dans différentes positions.

Mots clé distributeur proportionnel, les grues, l'hydraulique, système hydraulique.

Abstract

Cranes are considered to be one of the machines that greatly contribute to the field of industries and construction, and with the development of technology, the shapes and sizes of cranes have changed a lot, and new technologies have appeared that can help control lifting machinery. One of these techniques is the proportional distributor, which is the subject of our interest, and the performance of this valve can be evaluated through our contribution to this research by comparing it to the classical hydraulic system, which is based on the laws of classical hydraulics. great power provided by the simple hydraulic system, it remains limited in the positions, and the results obtained through the comparison showed that the proportional valve best modifies the performance of the lifting device and can control it in different positions.

Keywords proportional valve, Cranes, hydraulic, hydraulic system.

ملخص

تعتبر الرافعات من الآلات التي تساهم بشكل كبير في مجال الصناعات و الإنشاء، و مع التطور التكنولوجي وقد تطورت أشكال و أحجام الرافعات بشكل كبير و ظهرت تقنيات جديدة يمكن ان تساهم في التحكم في آلات الرفع من بين هذه التقنيات الموزع التناسبي و الذي يعتبر موضوع اهتمامنا، و يمكن تقييم أداء هذا الموزع من خلال مساهمتنا في هذا البحث عبر القيام مقارنته بالنظام الهيدروليكي الكلاسكي الذي يعتمد على قوانين الهيدوليكا الكلاسيكية، رغم القوة الكبيرة التي يوفرها النظام الهيدروليكي البسيط إلا أنه يبقى محدود الوضعيات و قد اظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من خلال المقارنة أن الموزع التناسبي يغير من أداء آلة الرفع إلى الأحسن و التحكم بها بوضعيات مختلفة.

الكلمات المفتاحية الموزع التناسبي، الرافعات، الهيدروليكا، النظام الهيدروليكي

LIST DES MATIERES

REMERCIEMENTS I
DEDICACE……..... II
RESUME IV
TABLE DES MATIERES ..... … VII
LISTE DES FIGURES VIII
LISTE DES TABLEAUX XI
NOTATIONS ET ABRIVIATIONS X

INTRODUCTION GENERALE ……..……..……..……1

Chapitre I : Généralité sur les systèmes hydrauliques

I.1 Introduction :..... 3
I.2 Les systèmes hydrauliques :..... 3
I.2.1 Les Circuits hydrauliques :..... 3
I.2.2 les Types de circuits (ouverts ou fermés) :..... 3
I.2.3 La centrale hydraulique :..... 5
I.3 Les composants d'un systèmes hydrauliques : 5
I.3.1 Pompes et moteurs : 5
I.3.2 Vérins : 10
I.3.3 Appareils de contrôle de la pression : 13
I.3.4 Appareils de contrôle du débit: 15
I.3.5 Obturateurs et distributeurs : 15
I.3.6 Filtration : 19
I.3.7 Bâches et groupes :..... 19
I.3.8 Divers : 20
I.4 Certains appareils de levage fonctionnant avec un système hydraulique : 22
1.4.1 Grue à tour : 22
1.4.2 Chariot élévateur : 22
1.4.3 Grue à chenilles : 23
1.4.4 Bulldozer : 23
I.5 Conclusion : 25

Chapitre II : Les distributeurs à commandes proportionnelles

II.1 Introduction : 27
II.2 Servo- valves : 27
II.3 Distributeurs à commandes proportionnelles : 28
Definition:..... 28
Principe de fonctionnement :..... 28
Composants du distributeur proportionnel : 29

LIST DES MATIERES

Caractéristiques du distributeur proportionnel : 33
II.4 La différence entre les distributeurs proportionnelles et les servo- valve : 36
II.5 Vannes proportionnelles pour le contrôle de la pression : 37
Vannes proportionnelles à limite de pression : 37
Vannes proportionnelles pour réduire la pression : 37
II.6 Vannes proportionnelles pour le contrôle de débit : 38
Vanne proportionnelle de limitation de débit : 38
Régulateur de débit à vanne proportionnelle : 38
II.7 Conclusion : 39
Chapitre III : Dimensionnement des éléments et Simulation d'un circuit hydraulique
III.1 Introduction : 41
III.2 Carnet de charge pour le circuit hydraulique : 41
III.3 Dimensionnement : 42
III.3.1 Les vérins : 42
III.3.2 Les Pertes entre le distributeur et les vérins : 44
III.3.3 Pression faible au niveau du distributeur : 45
III.3.4 les pompes : 46
III.4 Simulation : 48
III.4.1 L'interface du logiciel : 48
III.4.1 Méthodologie de gestion du logiciel : 49
III.5 Simulation de circuit hydraulique : 51
III.5.1 Première réalisation : 51
III.5.1 la deuxième réalisation : 60
III.6 Conclusion : 63
CONCLUSION GENERALE 65
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 66

LIST DES FIGURES

Figure I-1: exemple de circuit ouvert 4
Figure I- 2 : exemple de circuit fermé 4
Figure I-3 : Centrale hydraulique 5
Figure I-4 : Pompes à pistons axiaux 7
Figure I-5 : Moteur à pistons axiaux 7
Figure I-6 : Pompe / moteur à axe brisé 7
Figure I-7 : Moteur à pistons radiaux 8
Figure I-8 : Moteur à pistons radiaux 8
Figure I-9 : Coupe de pompe à engrenage externe 9
Figure I-10 : Pompe à engrenage externe 9
Figure I-11 : Pompe à engrenage interne 9
Figure I-12 : Pompe à engrenage interne 9
Figure I-13 : Pompe à palettes 9
Figure I-14 : Pompe à palettes 9
Figure I-15 : Fonctionnement d'un distributeur 16
Figure I-16 : Distributeurs à tiroir 18
Figure I-17 : Distributeurs à clapets 18
Figure I-18 : Distributeurs rotatifs 18
Figure I-19 : Symbole de filtre 19
Figure I-20 : Grue à tour 22
Figure I-21 : Chariot élévateur 22
Figure I-22 : Grue à chenilles 23
Figure I-23 : Pelle sur pneus 24
Figure I-24 : Excavatrice sur chaînes 24
Figure I-25 : Circuit hydraulique pour contrôler le bulldozer 24
Figure II-27 : Symbole de Servo- valves 27
Figure II-26 : Servo- valves 27
Figure II-29 : distributeurs à commande proportionnelle 28
Figure II-28 : Symbole de distributeurs proportionnelle 28
Figure II-30 : Schéma de principe d'un dispositif à commande proportionnelle 29
Figure II-31 : Composants du Bobines électriques 30
Figure II-32 : Le champ magnétique dans la bobine 30
Figure II-33 : Curseurs cylindriques 30
Figure II-34 : Recouvrement nul 31
Figure II-35 : Recouvrement négatif 31
Figure II-36 : Recouvrement positif 32
Figure II-37 : Linear variable différentiel transformer 33
Figure II-38 : Courbe de linéaire 33
Figure II-39 : Courbe de valeur à contre-courant 34
Figure II-40 : Courbe d'erreur de répétabilité 34
Figure II-41 : Courbe montrant le concept d'hystérésis 35
Figure II-42 : Courbe montrant la notion de sensibilité 35
Figure II-43 : Courbe représentant la notion de réponse en fréquence 36
Figure II-44 : Symbole de valve proportionnelle de limite de pression 37
Figure II-45 : Symbole du réducteur de pression proportionnel 38
Figure II-46 : Vanne proportionnelle de régulation de débit 38

LIST DES FIGURES

Figure III-47 : Indice du distributeur N6 ou N10 46
Figure III-48 : L'interface du logiciel 48
Figure III-49 : Ateliers disponibles à la bibliothèque 50
Figure III-50 : Atelier hydraulique 50
Figure III-51 : Atelier pneumatique 50
Figure III-52 : Atelier de contrôle électrique 50
Figure III-53 : Données d'éléments (composant) 51
Figure III-54 : Insertion des vérins double effet A, B, C et D 52
Figure III-55 : Insertion de la pompe 52
Figure III-56 : Insertion du distributeur 53
Figure III-57 : Cycle Cubique 53
Figure III-58 : Schéma de circuit créé dans Automation studio pour une simulation hydraulique classique 54
Figure III-59 : Etat de repos d'un circuit hydraulique 55
Figure III-60 : État Sortie des vérins A et B 56
Figure III-61 : État sortie du vérin C 57
Figure III-62 : État sortie du vérin D 58
Figure III-63 : État de retour vérins 59
Figure III-64 : Schéma de circuit sur Automation Studio pour l'hydraulique proportionnelle 60
Figure III-65 : Le système est au repos 61
Figure III-66 : État Sortie des vérins A et B 62
Figure III-67 : Sortie des vérins A, B et C ensemble 63

LIST DES TABLEAUX

Tableau I-1 : Symbols des moteurs hydrauliques 10
Tableau I-2 : Symbols des pompes hydrauliques 10
Tableau I-3 : Les Différentes types des vérins et Symbolisation..... 12
Tableau I-4 : Appareils de contrôle de la pression 13
Tableau I-5 : Appareils de contrôle du débit 15
Tableau I-6 : Symbolisation du Distributeur 17
Tableau I-7 : Symbolisation du bâches 20
Tableau II-8 : La différence entre les distributeurs proportionnelles et les servo- valve 36
Tableau III-9 : Données de Carnet charge 42
Tableau III-10 : Indice de la relation entre la section du piston et la force qui lui est appliquée ... 43
Tableau III-11 : Ajustement tube/pression 44

NOTATION ET ABREVIATION

Q :	Débit volumétrique en (l/min), ou (m^3/s)
t :	Unité du temps (min) ou (s)
Cyl :	Cylindrée, en litres/tour (l/tr)
N :	Vitesse de rotation, en tours /minute (tr/min)
ω :	La vitesse angulaire de l'arbre d'entraînement de la pompe (rad/s)
Pa :	La puissance absorbée par la pompe (ω)
ηv :	Rendement Volumétrique
ηm :	Rendement Mécanique
ηg :	Rendement Global
F :	Force (N)
P :	Pression (Pa)
S :	Section de piston (cm^2)
D :	Diamètre de piston (cm)
Patm :	Pression atmosphérique
C :	Course (m)
L :	longueur libre de flambage
Cth :	couple théorique (N/m)
Δp :	déférence de pression (Pa)
Lmax :	Longueur maximal (m)
Ft :	Force réelle totale da.N
K :	Coefficient du mode de fixation
Qab :	Détermination du débit absorbé
Qmax :	Débit maximale
QA :	Débit vérin A
QB :	Débit vérin B
Qmhyd :	Débit moteur hydraulique
Re :	Nombre de Reynolds
λ :	Coefficient des pertes de charge

Introduction Générale

Introduction Générale :

Les grues sont des outils ou des mécanismes utilisés pour soulever de lourdes charges ou les déplacer d'un endroit à un autre. Les grues sont un élément essentiel des industries, des chantiers de construction, des ports, des entrepôts et d'autres secteurs qui nécessitent de soulever et de transporter de grosses charges. Les pousseurs (vérins) sont considérés comme l'élément le plus important des machines de levage, où chaque opération de sortie et d'entrée est le mouvement du piston pousseur et est réalisée par la pression d'huile à l'intérieur du cylindre, qui se produit via un générateur hydraulique.[29]

Le générateur hydraulique est constitué de plusieurs éléments, dont le distributeur classique ou valve de contrôle de sens, qui contrôle la direction du vérin, qu'il entre ou sorte du piston. Cela se fait par les orifices d'huile puis vers le vérin. Le problème de cette vanne est le manque de contrôle sur la distance de sortie de la tige du vérin. À différentes vitesses, pour résoudre ce problème, nous proposons un distributeur proportionnel.

La technologie du distributeur à commande proportionnelle vise à améliorer la qualité de la puissance fournie par les pompes hydrauliques au niveau d'utilisation répétée. Elle donne des positions infinies dans une position, et la course du distributeur se déplace proportionnellement en fonction du signal de contrôle du débit de fluide, contrôlant ainsi la vitesse de la course ou la distance qu'il parcourt.[30]

Dans ce travail, on a appuyé sur le simulateur Automation studio en simulant deux systèmes, l'un classique et l'autre proportionnel, sur un engin de levage. Nous avons divisé le travail en trois chapitres.

Le premier chapitre comprend des généralités sur le système hydraulique classique, ses différents composants et son principe de fonctionnement.

Dans le deuxième chapitre, on a concentré sur le distributeur à commande proportionnelle car c'est l'objet de notre intérêt, et nous y avons abordé comment l'installer et ses différentes parties.

Et dans le troisième chapitre, nous avons simulé deux circuits de commande dans un engin de levage, le premier un circuit classique et le second un circuit proportionnel, puis nous les avons comparés.

Chapitre I

Généralité sur Les systèmes hydrauliques

Chapitre I : Généralité sur les systèmes hydrauliques

I.1 Introduction :

Dans le domaine industriel, il existe de nombreuses options pour faire fonctionner différentes machines et permettre tout travail à faire, Le système hydraulique est utilisé beaucoup dans le domaine industriel tel que le domaine énergétique avec les centrales, le domaine mécanique avec les vérins ou encore le domaine du stockage avec les réservoirs. Ces domaines sont les plus utilisés et les plus demandés car ils continuent à augmenter et à s'améliorer [1].

Dans ce chapitre, nous allons présenter des systèmes hydrauliques et les domaines d'application typiques de ces systèmes.

I.2 Les systèmes hydrauliques :

Un système hydraulique est un assemblage de composants fonctionnant de manière unitaire et souvent en interaction afin d'utiliser un fluide sous pression pour effectuer un travail mécanique. Un tel système peut aussi être appelé installation hydraulique, son principal élément est la centrale hydraulique. [1]

I.2.1 Les Circuits hydrauliques :

Un circuit hydraulique est un système qui comprend un groupe interconnecté de composants distincts qui déplacent le fluide, le but de ce système est de contrôler où les fluides s'écoulent (comme dans un réseau de canalisations de liquide de refroidissement système thermodynamique) ou pour contrôler la pression du fluide (comme dans les amplificateurs hydrauliques), par exemple les machines hydrauliques sont des circuits hydrauliques dans lesquels le fluide est forcé sous pression via des pompes hydrauliques , tuyaux, flexibles, moteurs, vérins, etc. Pour déplacer des charges lourdes, abordez le système fluidique en termes de les composants discrets s'inspirent du succès de la théorie des circuits électriques, tout comme la théorie des circuits électriques fonctionne lorsque les éléments sont discrets et linéaires. La théorie des circuits hydrauliques fonctionne mieux lorsque les éléments sont discrets et linéaire, cela signifie généralement que l'analyse des circuits hydrauliques fonctionne mieux avec des tuyaux longs et fins avec pompes séparées, comme celles que l'on trouve dans les systèmes de flux de procédés chimiques ou dans les instruments de précision. [2]

Pour que le liquide hydraulique fasse son travail, il doit s'écouler vers l'actionneur ou les moteurs puis retourner dans le réservoir et être filtré le fluide et son repompage, le chemin qu'emprunte le fluide s'appelle le circuit hydraulique, dont il existe plusieurs types circuits en boucle ouverte et fermée.

I.2.2 les Types de circuits (ouverts ou fermés) :

a) Circuits ouverts :

Le fluide hydraulique circule en repassant systématiquement par la bâche à pression atmosphérique.

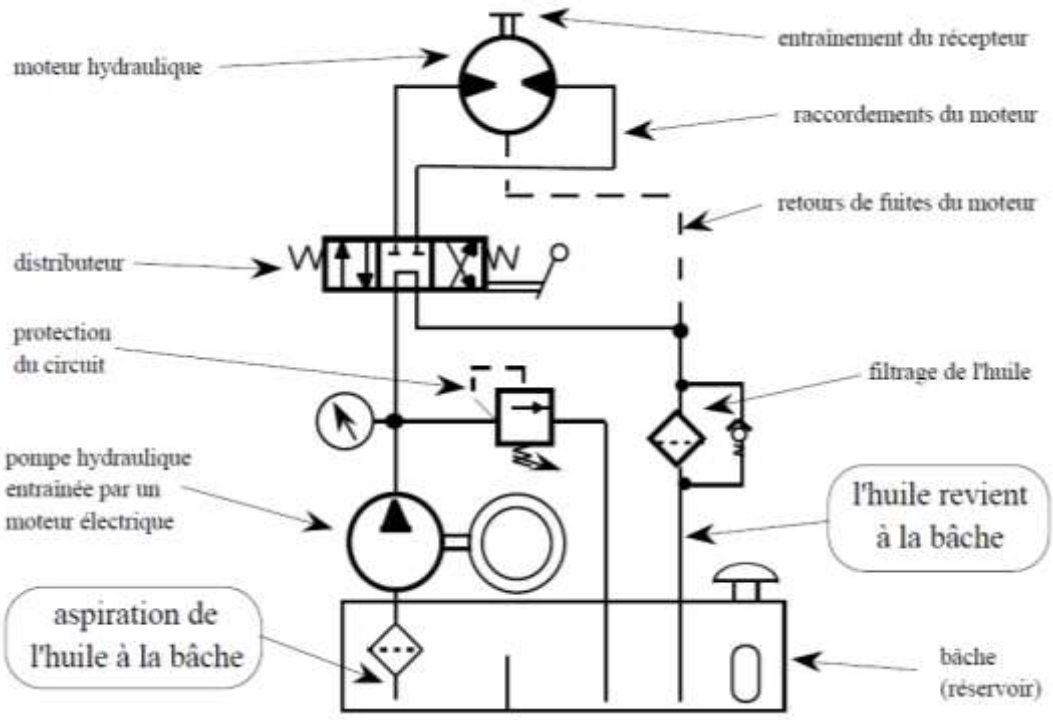


Figure I-1: exemple de circuit ouvert

Source: Manring, N. (2001). Hydraulic Control Systems. Wiley.

b) <u>Circuits fermés :</u>

Pour remédier au défaut précédent il suffit de faire aspirer la pompe directement à une pression beaucoup plus importante (dite pression de gavage) que celle de l'atmosphère. Pour cela le moteur recrachera directement son huile à la pompe à la pression de gavage. Les tubulures de la pompe peuvent donc être de sections plus faibles. [3]

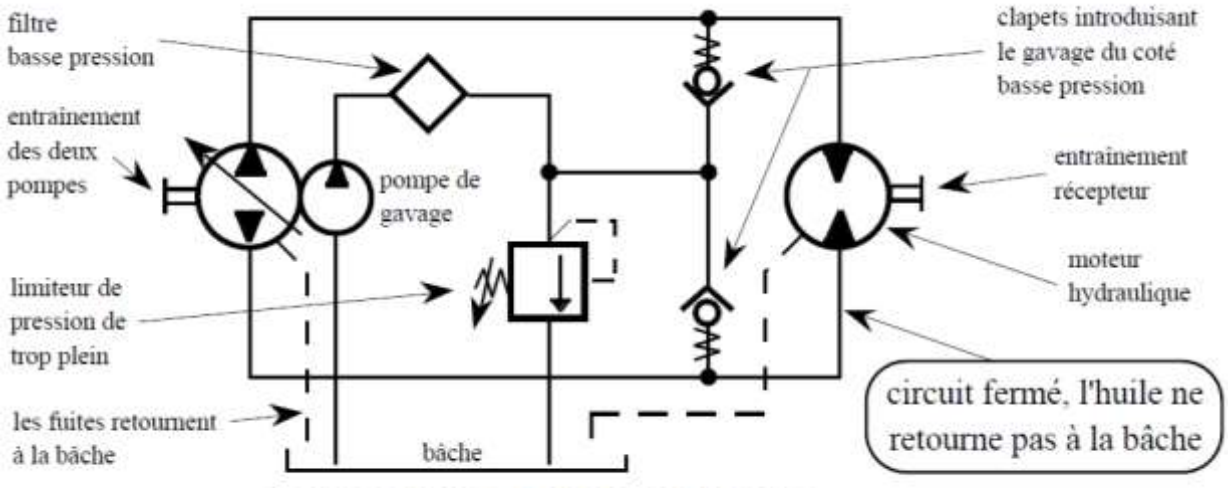


Figure I- 2 : exemple de circuit fermé

Source: Manring, N. (2001). Hydraulic Control Systems. Wiley.

I.2.3 La centrale hydraulique :

La centrale hydraulique (appelé aussi groupe hydraulique) est un générateur de débit et pas de pression. La pression augmente lorsqu'il y a résistance à l'écoulement. Elle est constituée essentiellement d'un réservoir d'huile, d'un moteur et d'une pompe et d'un système de filtration. [2]



Figure I-3 : Centrale hydraulique

Source : "Hydraulic Power Plant Design, Second Edition" par A. K. Gupta et S. Chaturvedi, PHI Learning Pvt. Ltd., 2013

I.3 Les composants d'un systèmes hydrauliques :

I.3.1 Pompes et moteurs :

a) Définition:

Ce sont des appareils qui convertissent l'énergie hydraulique en énergie mécanique (moteurs) ou inversement (pompe). [4]

b) Caractéristiques :

- **La cylindrée :** C'est la quantité d'huile engendrée (aspirée ou refoulée) pendant un cycle. elle s'exprime en volume/cycle comme par exemple : cm3/tr (moteur et pompes).

<u>On distingue deux sortes de cylindrées :</u>

- La *cylindrée géométrique* (ou *théorique*) qui est calculée sur plan à partir des dimensions et formes du composant. Cette cylindrée ne tient pas compte des fuites internes, c'est celle qu'aurait le composant s'il était parfait.
- La cylindrée réelle qui tient compte des fuites internes. Ces fuites dépendent de nombreux paramètres : viscosité de l'huile, pression d'utilisation, vitesse d'utilisation, âge du composant … La cylindrée réelle est donc variable et fonction de ces paramètres. Ces cylindrées sont déterminées

par les constructeurs (essais) et sont indiquées dans les catalogues en fonction des différents paramètres.

Le rendement volumétrique η**v** caractérise les fuites internes de ces composants et dépend évidemment des mêmes paramètres que la cylindrée réelle.

Le rendement mécanique η**m** caractérise les pertes par frottements et les pertes de charge internes.

Le rendement global η**g** ou η , lui, caractérise le rapport entre la puissance entrant dans le composant et celle en ressortant (définition de tout rendement énergétique). Ce rendement ne peut être déterminé que par des essais et il est indiqué par les constructeurs sous forme de tableaux ou de courbes. [4]

$$\eta g = \eta v \times \eta m$$

On établit la relation entre les deux cylindrées et le rendement volumétrique :

Pour une pompe : $\mathbf{Cyl.réelle = Cyl.géométrique \times \eta v}$

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

Pour un moteur : $\mathbf{Cyl.réelle = Cyl.géométrique / \eta v}$

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

- **Le débit volumique Qv fourni (pompe) ou absorbé (moteur) :**

$$Q_v = N \times Cyl.réelle$$

N étant la fréquence de rotation de l'arbre.

L'unité de Q_v sera en [unité de volume de la Cyl.] / [unité temps de N]

- **Le couple nécessaire à l'entraînement de l'arbre :** Si le rendement d'une pompe (ou d'un moteur) était de 1, alors les puissances d'entrée et de sortie seraient identiques, c'est à dire que :

$$p.Q_v = C.\Omega$$

en remplaçant Qv par son expression précédente on arrive à :

$$C = \frac{p.N.Cyl}{\Omega} \quad \text{or comme} \quad \frac{N}{\Omega} = \frac{1}{2.\pi} \quad \text{alors} \quad C = \frac{p.Cyl}{2.\pi}$$

On considère également que les pertes volumétriques (fuites) n'ont pas d'effet sur le couple, en effet seules la pression et les surfaces actives (pistons, engrenages, palettes …) entrent en compte dans la détermination géométrique du couple.

Seuls influent les frottements (paliers, joints …) et les pertes de charges Δp internes. Or on peut considérer, à bas régime, que ces pertes sont faibles devant les pertes volumétriques, en conséquence on admet la formule suivante comme acceptable :

$$C = \frac{p \,.\, Cyl_{géométrique}}{2.\pi}$$

Si les pertes mécaniques et de charges internes sont considérées comme négligeables.

Les Différentes types :

Différents types de pompes et moteurs sont disponibles:

- ✓ à pistons axiaux
- ✓ à engrenages
- ✓ à pistons radiaux
- ✓ à palettes

- **<u>Unités (pompes et moteur) à pistons axiaux :</u>**

On entend par ce terme : « unité dont les pistons sont disposés parallèlement à l'axe ». Ces unités sont adaptées, de par leur technologie, à des vitesses relativement élevées. Elles peuvent être à cylindrée fixe ou variable. Gamme de pressions → 450 bar. La course des pistons est provoquée par l'inclinaison d'une glace par rapport au barillet contenant les pistons. Si l'inclinaison est variable, alors la cylindrée est variable. Le nombre de pistons détermine la stabilité du débit aux orifices : en effet chaque piston est soit à l'aspiration, soit au refoulement, le débit présente donc des irrégularités d'autant plus grandes que le nombre de pistons est faible ou que celui-ci est pair. [5]



Figure I-4 : Pompes à pistons axiaux

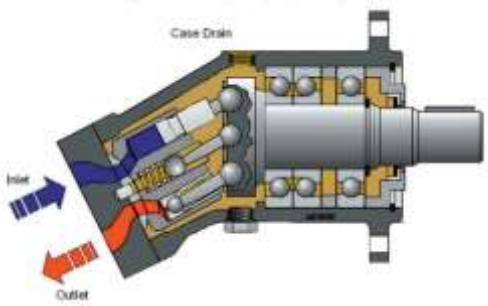


Figure I-5 : Moteur à pistons axiaux

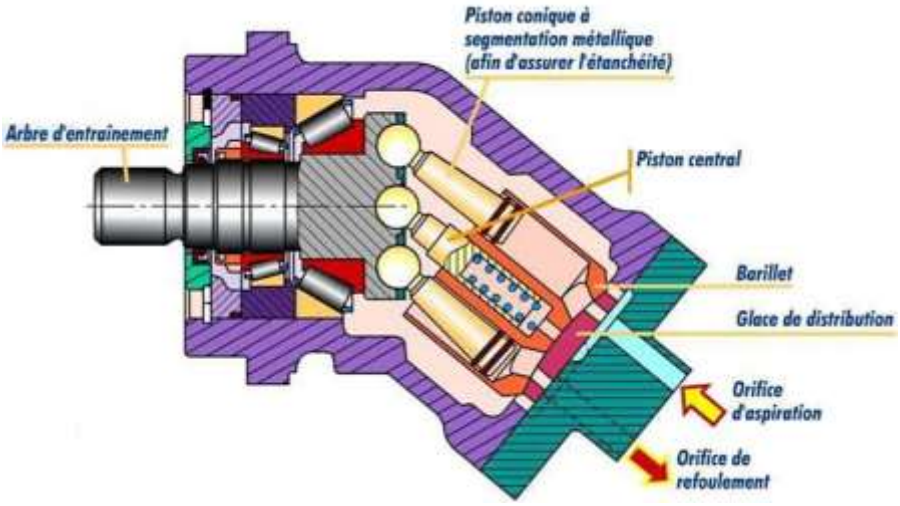


Figure I-6 : Pompe / moteur à axe brisé

Source : "Hydraulic Piston Pumps" par Peter Dyke, publié par Elsevier en 2009.

- **Unités à pistons radiaux :**

On entend par ce terme: «unité dont les pistons sont disposés radialement à l'axe», les pistons sont donc perpendiculaires à l'axe. Ces unités sont adaptées, de par leur technologie, à des vitesses relativement faibles et à des couples très élevés (pour les moteurs). Elles peuvent être à cylindrée fixe ou variable. La course des pistons est provoquée par un excentrique ou "vilebrequin". Leur cylindrée est par conséquent généralement fixe. Il existe des moteurs "multi-cylindrées" (à 2 ou 3 cylindrées), permettant plusieurs gammes de vitesses. [6]



Figure I-7 : Moteur à pistons radiaux

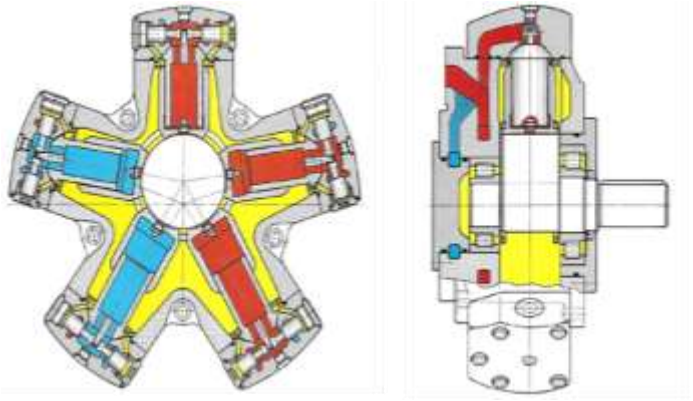


Figure I-8 : Moteur à pistons radiaux

Source : "Radial Piston Hydraulic Machines : Design and Application" par Siegfried Hanbuch, publié par Springer en 2011.

Unités à engrenages :

Constituées de 2 pignons engrenant dans un boîtier, lorsque les dents se quittent, le volume inter - dents augmente ; c'est l'aspiration. L'huile transite ensuite entre les dents par la périphérie de l'engrenage. Lorsque les dents engrènent, le volume inter - dents diminue ; c'est le refoulement. L'engrenage peut être à denture externe ou interne.

Ces unités sont adaptées à des vitesses ($\rightarrow$ 2000 tr/min) et pressions moyennes (eng. externe $\rightarrow$ 250 bar, eng.interne $\rightarrow$ 250-300 bar).

Elles sont à cylindrée fixe. Leur prix est modique, et elles sont assez bruyantes. Les pompes à engrenages peuvent être accouplées les unes à la suite des autres (jusqu'à 4) sur le même arbre.
Les équilibrages hydrostatiques sur les paliers sont poussés, car les étanchéités internes se font sur des distances faibles (dents). Les jeux doivent être nuls, sans efforts pièces / pièces. En conséquence elles ne supportent souvent qu'un seul sens de rotation, à moins de démonter et d'inverser certaines pièces. [7]



Figure I-9 : Coupe de pompe à engrenage externe

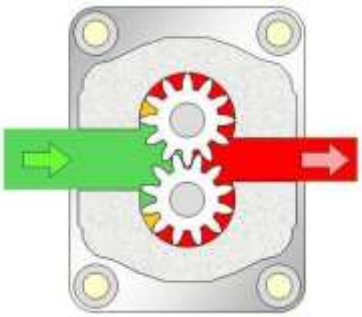


Figure I-10 : Pompe à engrenage externe



Figure I-11 : Pompe à engrenage interne

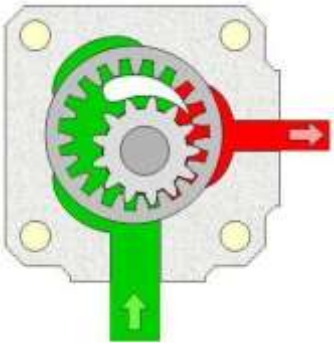


Figure I-12 : Pompe à engrenage interne

Source : "Internal Gear Pumps" par William S. Jowitt, publié par CRC Press en 2011.

- **Unités à palettes :**

Un rotor tourne dans un anneau excentré. Le volume compris entre ces deux éléments est fractionné par des palettes coulissant dans le rotor. Sur un demi-tour le volume inter - palettes augmente ; c'est l'aspiration. Sur l'autre demi-tour, le volume inter - palettes diminue, c'est le refoulement. [5]



Figure I-13 : Pompe à palettes

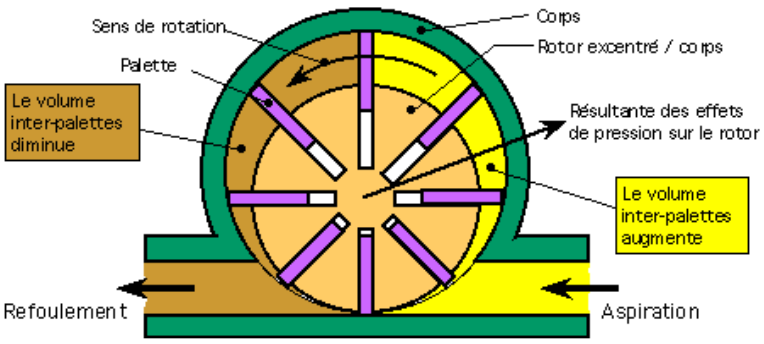


Figure I-14 : Pompe à palettes

c) Symbolisation :

Tableau I-1 : Symbols des moteurs hydrauliques

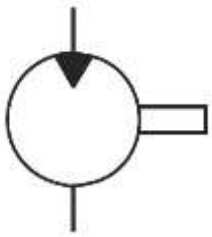
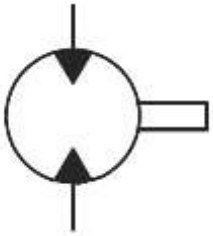
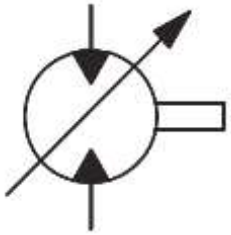
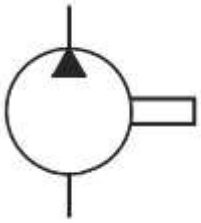
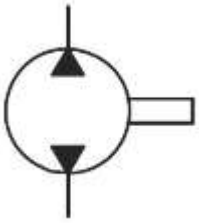
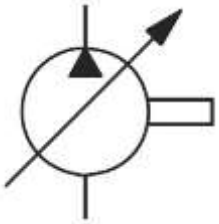
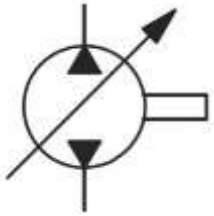
Symbols des moteurs hydrauliques		
Moteur hydraulique à cylindrée fixe à un seul sens de flux	*Moteur hydraulique à cylindrée fixe à deux sens de flux.*	*Moteur hydraulique à cylindrée réglable et à deux sens de flux.*
		

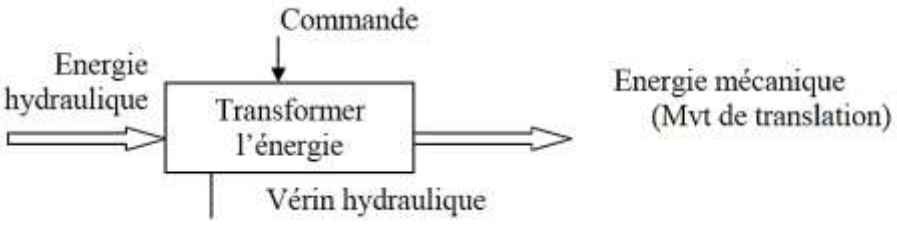
Tableau I-2 : Symbols des pompes hydrauliques

Symbols des pompes hydrauliques			
Pompes à débit constant		*Pompes à débit variable*	
à un sens de flux	*à deux sens de flux*	*à un sens de flux*	*à deux sens de flux*
			

I.3.2 Vérins :

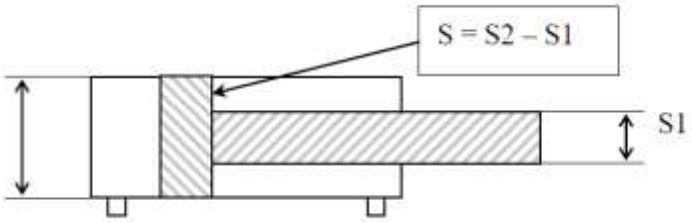
a) Definition :

Les vérins sont des moteurs (ou pompes) linéaires. On considère généralement que les fuites internes de ces organes sont négligeables, et donc que leur rendement volumétrique est proche de 1. On ne décrira ici que les vérins à tige simple, le raisonnement pour les vérins à double tige est analogue. [8]



b) Caractéristiques :

➢ **La pression (p) d'utilisation d'un vérin :** Pour déterminer la pression (p) d'utilisation d'un vérin, il faut connaître la force F nécessaire à développer. Et la section annulaire S.



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

➢ **Vitesses de sortie et de rentrée des tiges**

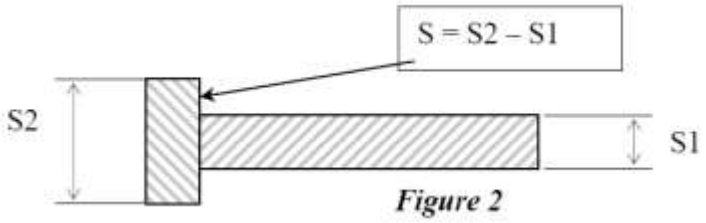


Figure 2

Formule classique :

$$V = \frac{Q}{S_2}$$

Avec: V est en [m/ s] ; Q est en [m^3/s] et S_2 et en [m^2]

Formule pratique :

$$V = \frac{Q}{0.06 \times S_2}$$

Avec: V est en [cm/ s] ; Q est en [l/mn] et S_2 et en [cm^2]

➢ **Travail et rendement d'un vérin :**

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

Formule : **W = F × d**

F = force utile du vérin

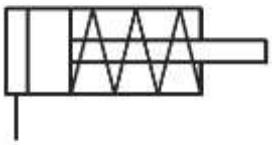
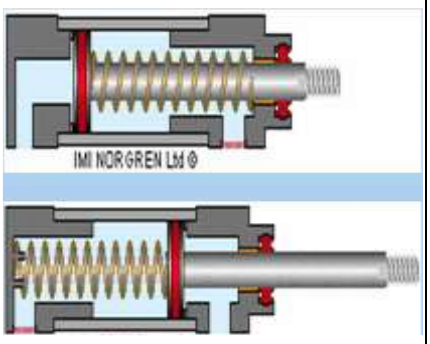
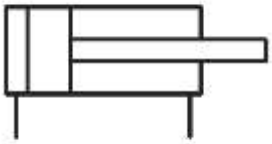
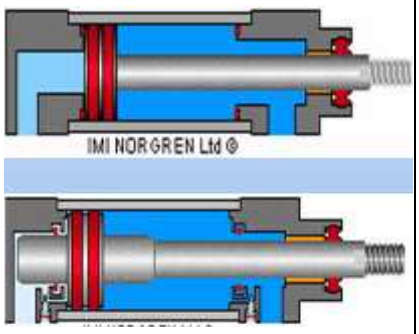
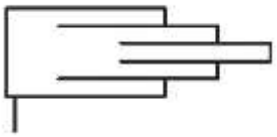
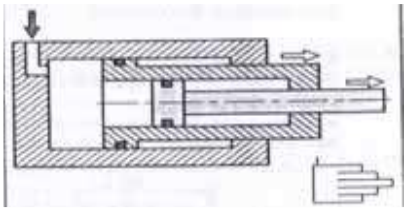
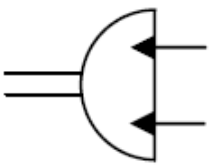
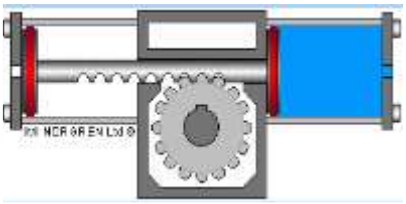
d = diamètre de piston (Cm)

On appelle rendement (η) le rapport :

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

c) Les Différentes types et Symbolisation :

Tableau I-3 : Les Différentes types des vérins et Symbolisation

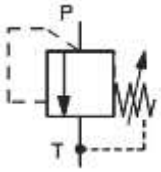
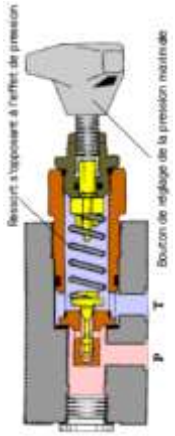
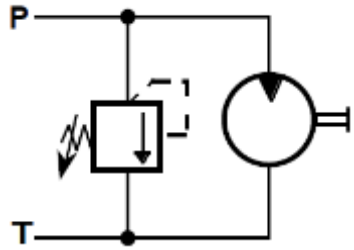
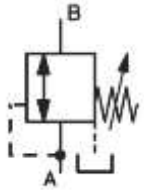
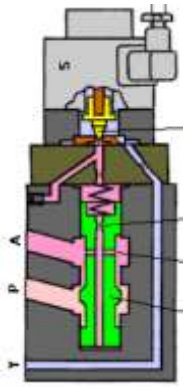
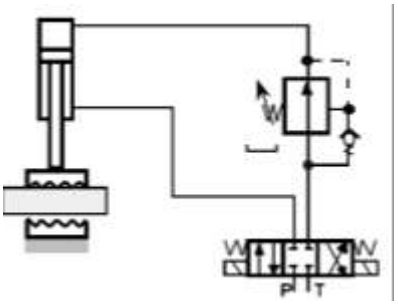
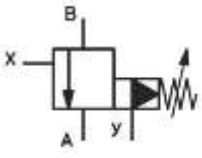
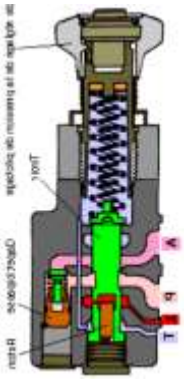
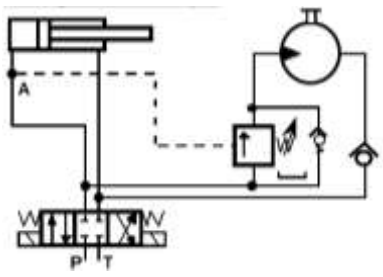
Définition	*Symboles*	*Schémas*
Vérin simple effet L'ensemble tige piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression. Le retour est effectué par un ressort ou charge.		
Vérin double effet L'ensemble tige piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide. L'effort en poussant est légèrement plus grand que l'effort en tirant.		
Vérins spéciaux ✓ Vérin à tige télescopique : simple effet permet des courses importantes tout en conservant une longueur repliée raisonnable.		
✓ *Vérin rotatif :* l'énergie du fluide est transformée en mouvement de rotation. L'angle de rotation peut varier de 90° à 360°. Les amortissements sont possible.		

I.3.3 Appareils de contrôle de la pression :

Les appareils principaux ont les fonctions suivantes: [9]

- ✓ Limitation de la pression
- ✓ Réduction de la pression
- ✓ Séquence (passage) en fonction de la pression
- ✓ Conjonction - disjonction des circuits à accumulation
- ✓ Freinage de charges motrices

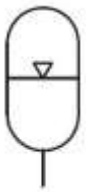
Tableau I-4 : Appareils de contrôle de la pression

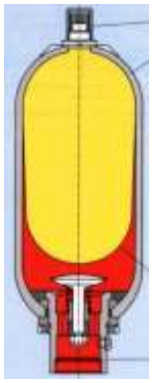
Définition	*Symboles*	*Schémas*	*Exemples de montage*
Limiteurs de pression : Les limiteurs de pression permettent d'assurer la sécurité d'un circuit ou d'une partie de circuit, en limitant la pression à un maximum.			
Réducteurs de pression: Il est normalement ouvert au repos et lorsque la pression en aval dépasse la valeur de tarage, il coupe la communication entre l'entrée et la sortie, le réducteur de pression permet d'assurer une pression inférieure à la pression d'alimentation, et constante.			
***Valves de séquence*:** laisser passer le fluide hydraulique sur une ligne P $\rightarrow$ A lorsque la pression de commande X a atteint sa valeur de tarage.			

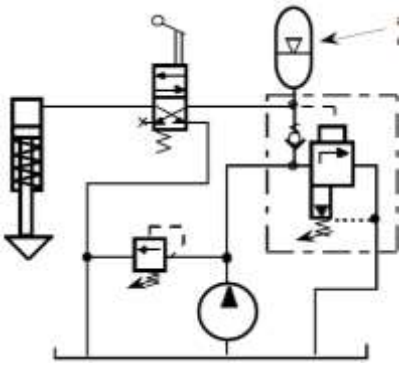
Circuits à accumulation, conjoncteurs - disjoncteurs:

✓ *Accumulateurs de pression:*

Ils sont destinés à restituer de l'énergie ou une pression. On les utilise en particulier dans les circuits où la puissance moyenne utilisée est faible, mais la puissance instantanée importante. Le graphe ci-dessous indique unepuissance nécessaire au fonctionnement importante, alors que la puissance moyenne installée pourrait être beaucoup plus faible.

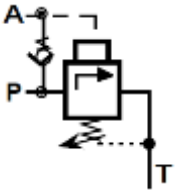


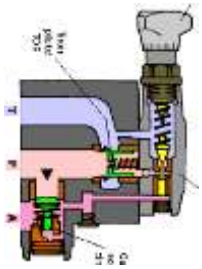




✓ *Conjoncteurs - disjoncteurs:*

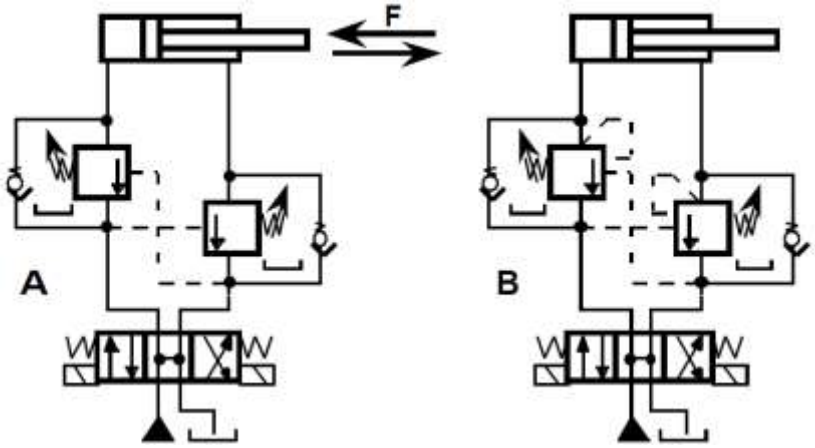
Ils sont destinés à mettre le débit de pompe à la bâche (pression nulle en sortie de pompe) lorsque l'accumulateur est plein (disjonction) puis à remettre l'accumulateur en charge avec la pompe lorsque la pression est insuffisante (conjonction).





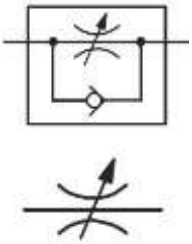
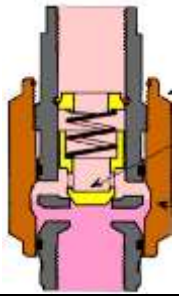
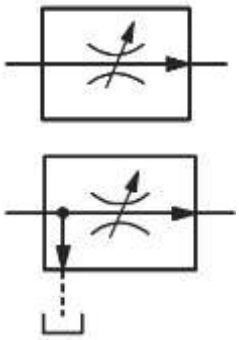
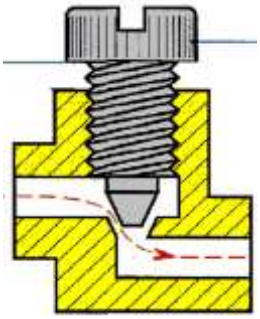
Valves de freinage:

Comme leur nom l'indique, elles sont destinées à freiner une charge motrice (sur un vérin ou un moteur). Elles sont parfois appelées valves d'équilibrage. Elles convertissent la totalité de l'énergie hydraulique qui les traverse en chaleur



I.3.4 Appareils de contrôle du débit : [3]

Tableau I-5 : Appareils de contrôle du débit

Définition	*Symboles*	*Schémas*
Limiteurs de débit: Le rôle de limiteur de débit ou de régulateur de débit est de faire varier la section dans laquelle le fluide circule.		
Régulateurs de débit: Ils sont constitués de deux étranglements successifs, l'un est réglable par l'utilisateur, l'autre change automatiquement en fonction des variations de pression pour conserver un débit constant. De plus, la plupart sont dits		

I.3.5 Obturateurs et distributeurs :

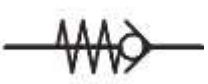
Ces appareils sont pour la plupart des préactionneurs. Ne seront pas décrites les vannes, en raison de leur simplicité et de leur connaissance dans le langage courant.

I.3.5.1 Clapets anti-retour :

Fonction : autoriser le passage du fluide dans un seul sens.



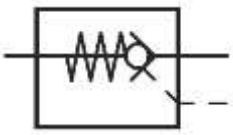
Clapet sans ressort de rappel, perte de charge faible mais le débit inverse doit le fermer, donc un peu d'huile repart avant la fermeture. [10]



Clapet avec ressort de rappel, perte de charge plus importante, mais la fermeture est instantanée si le débit cesse, pas de retour d'huile en sens inverse.

I.3.5.2 Clapets pilotés déverrouillables:

Fonction : assurer la fonction d'un clapet anti-retour, avec un déverrouillage de cette fonction pour laisser le libre passage dans les deux sens.



Ils sont utilisés pour le maintien en position des différents actionneurs, lorsque les distributeurs ne peuvent le faire (centres ouverts, fuites entre tiroir et corps …). Il faut installer ces appareils le plus près possible des actionneurs entraînant lesrécepteurs (vérins par exemple).

I.3.5.3 Distributeurs :

a) Definition:

Les distributeurs sont des robinets directionnels qui dirigent le fluide selon les besoins du circuit hydraulique. Il peut être bloqué, orienté ou stoppé en fonction de la configuration du tiroir. [11]

✓ **Positions :** Chaque position d'un distributeur est représentée par une casequi peut être carré ou rectangulaire. Au nombre de case correspond le nombre de positions de service de l'appareil.

✓ **Orifices :** Le sens d'écoulementdu fluide hydraulique pour chaque position, estreprésenté par des flèches et l'arrêt par des traits transversaux. Les orifices sont repérés par des lettres majuscules.

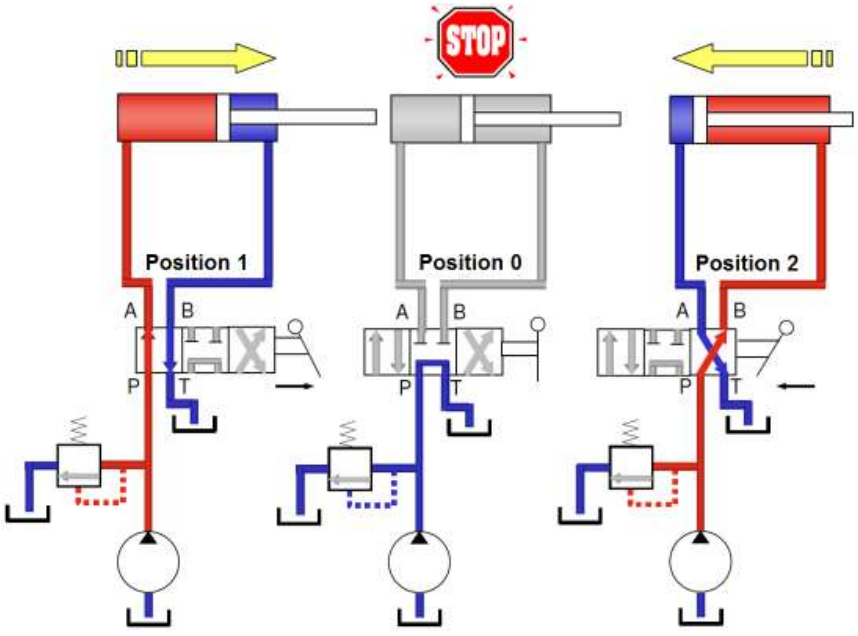


Figure I-15 : Fonctionnement d'un distributeur

Source: "Principles of Hydraulic Systems Design" Peter Chapple, Wiley-Blackwell,2010.

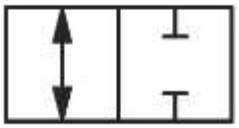
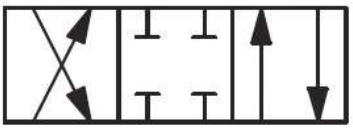
A, B, C, D = Orifices de travail
P = Conduite d'arrivée de pression
T = Conduite de retour au réservoir
En **rouge** l'huile sous pression

X = Conduite de pilotage
Y = Conduite de drainage

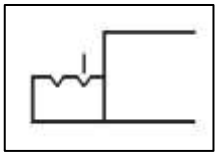
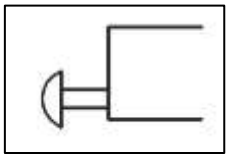
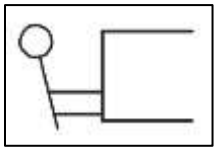
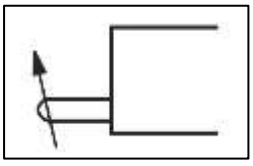
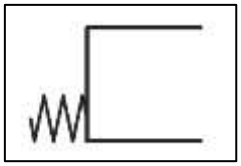
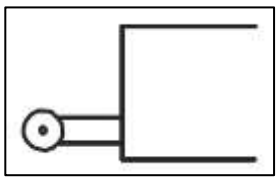
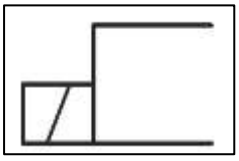
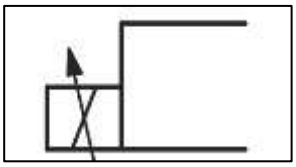
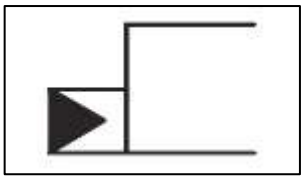
En **bleu** l'huile sans pression (circuit de retour)

b) Symbolisation :

Tableau I-6 : Symbolisation du Distributeur

Distributeur hydraulique 2 voies - symbole 2 positions. 	***Distributeur hydraulique 3 voies - symbole 2 positions.*** 
Distributeur hydraulique 4 voies - symbole 2 positions. 	***Distributeur hydraulique 4 voies - symbole 3 positions.*** 

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

Actionneur à détente pour symbole de valve de commande directionnelle. 	***Actionneur à bouton-poussoir pour symbole de valve de commande directionnelle.*** 	***Actionneur à levier pour symbole de valve de commande directionnelle.*** 
Actionneur à course réglable pour symbole de valve de commande directionnelle. 	***Actionneur à ressort pour symbole de valve de commande directionnelle.*** 	***Actionneur à venu pour symbole de distributeur.*** 
Actionneur électrique pour symbole de valve de commande directionnelle. 	***Actionneur électrique proportionnel pour symbole de distributeur.*** 	***Actionneur hydraulique pour symbole de valve de commande directionnelle.*** 

c) Les Différentes types :

- **Les distributeurs à tiroir (les plus courants) :**

Le tiroir est une pièce de révolution rectifiée, possédant des gorges qui mettent en communication les différents orifices du distributeur.

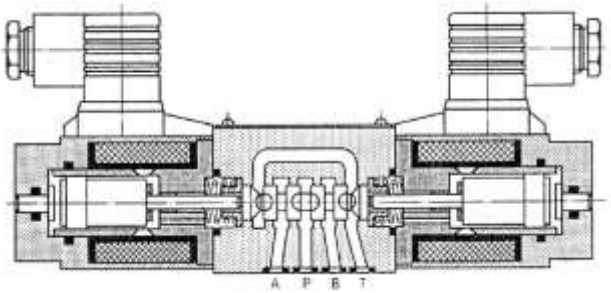


Figure I-16 : Distributeurs à tiroir

- **Distributeurs à clapets :**

Destinés aux faibles débits, ils ne présentent pas de débit de fuites lorsque le passage est fermé (contrairement à la technologie à tiroir). Leur coût est supérieur aux distributeurs à tiroirs.

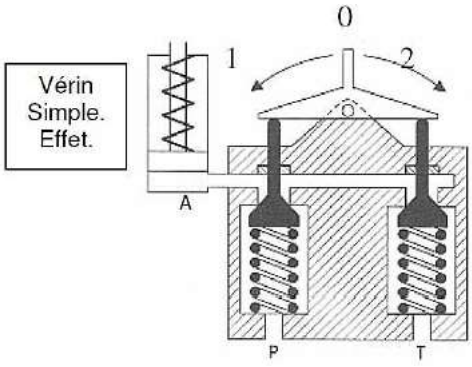


Figure I-17 : Distributeurs à clapets

- **Distributeurs rotatifs :**

Appelés aussi distributeurs à boisseau. Utilisation : Commande de table de rectifieuse (mouvement allerretour), Faibles débits et basses pressions.

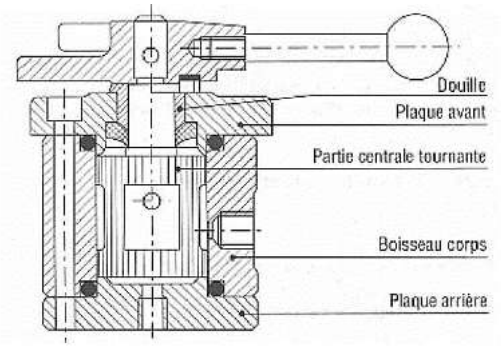


Figure I-18 : Distributeurs rotatifs

Source: "Distributors and their Control Mechanisms" Peter Rohner et Rolf Thürlimann, Bosch Rexroth AG, 2008.

I.3.6 Filtration :

a) Definition:

Les polluants présents dans un circuit occasionnent des dommages et/ou une usure prématurée des composants, Ces polluants peuvent être de deux types : [12]

- ✓ **Solides,** par exemple :
  - particules venant de l'extérieur (exemple: silice)
  - particules d'usure venant des composants
- ✓ **Solubles ou non solides,** par exemple :
  - eau (condensation, infiltration…)
  - lubrifiant, fluide de coupe, solvant
  - air en émulsion
  - gommes, boues …provoquant des dépôts

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

b) Symbolisation :

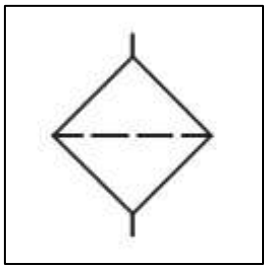


Figure I-19 : Symbole de filtre.

I.3.7 Bâches et groupes :

I.3.7.1 Bâches :

a) Definition:

La bâche (ou réservoir) a bien sûr pour fonction principale de contenir la réserve d'huile nécessaire au fonctionnement de l'installation, à l'abri des polluants extérieurs. [13]

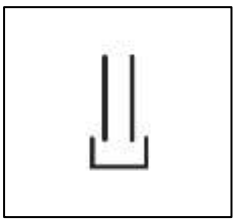
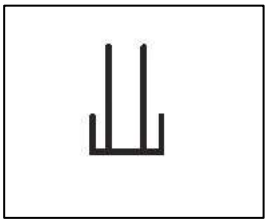
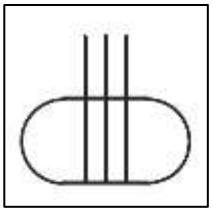
Mais elle a d'autres fonctions :

- Refroidissement du fluide par échange direct avec l'extérieur.
- Décantation du fluide (séparation des insolubles solides et liquides).
- Désémulsion du fluide (séparation des gaz).

La capacité de la bâche dépendra de tous ces facteurs et de sa respiration . La respiration est la quantité d'huile entre les niveaux minimum et maximum. Cette variation de niveau est causée, en particulier, par la rentrée/sortie des tiges des vérins présents dans le circuit.

b) Symbolisation

Tableau 7 : Symbolisation du bâches

Symbole de réservoir (tuyaux au-dessus du niveau).	***Symbole réservoir (tuyaux sous niveau).***	***Symbole de réservoir sous pression.***
		

I.3.7.2 groupes :

On entend par groupe hydraulique un ensemble complet [motopompe + bâche + éventuellement bloc de préactionneurs]. Ces groupes peuvent être livrés complets, standards ou sur mesure en fonction d'un schéma hydraulique fourni par le client.

Un ensemble complet pré-monté est souvent une solution pratique et économique pour le client, le fournisseur ayant la compétence et l'expérience dans le domaine. [3]

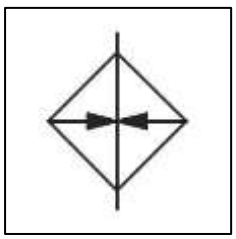
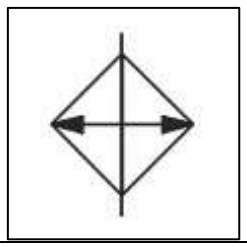
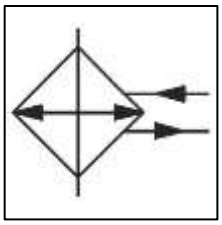
I.3.8 Divers :

I.3.8.1 Échangeurs de chaleur :

a) Definition:

Aussi appelés "radiateurs", ils sont destinés au réchauffement ou plus souvent au refroidissement du fluide hydraulique.

b) Symbolisation :

Symbole de l'échangeur de chaleur (chauffage).	***Symbole de l'échangeur de chaleur (refroidisseur).***	***Symbole de l'échangeur de chaleur (refroidisseur à liquide).***
		

I.3.8.2 Thermoplongeurs :

Ce sont des résistances immergées dans la bâche, destinées à réchauffer l'huile, notamment pendant les phases de démarrage. Un thermostat limite ou régule l'apport de chaleur. [14]

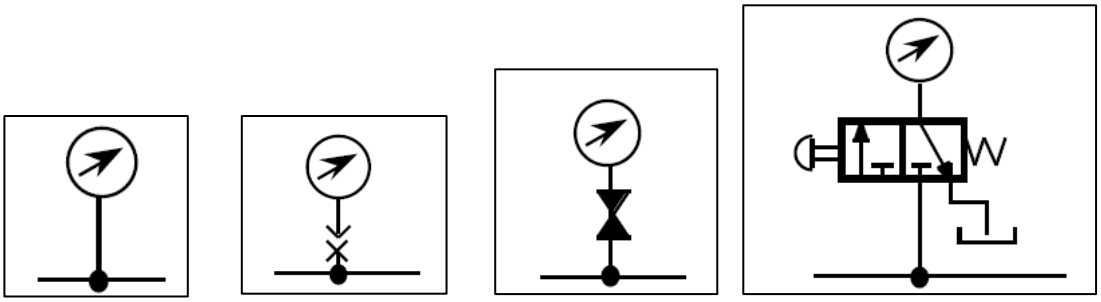
I.3.8.3 Mesure de la pression :

La mesure de la pression dans un circuit est destinée à plusieurs fonctions:

- Contrôle du fonctionnement.
- Réglage des appareils.
- Donner des informations à la partie commande.

a) Manomètres :

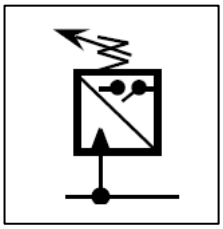
Ils donnent la valeur de la pression. La conception la plus courante est à tube de bourdon. Ils peuvent être raccordés en permanence ou connectables à volonté. On isole généralement un manomètre du circuit lorsque la lecture n'est pas nécessaire, pour éviter la fatigue de celui-ci (voir exemples ci-après).



mano. branché en permanence ***mano. connectable à volonté*** ***mano. isolé par vanne*** ***mano. lisible à volonté***

b) Mano-contacts :

Ils basculent un contact lorsque la pression préréglée est atteinte. Ils sont utiles pour renvoyer des informations à la partie commande. Il existe des mano-contacts ou capteurs de pression donnant une information proportionnelle à la pression.



I.4 Certains appareils de levage fonctionnant avec un système hydraulique :

1.4.1 Grue à tour :

Les grues à tour sont considérées comme l'un des outils les plus couramment utilisés sur les grands chantiers de construction, car elles atteignent généralement des centaines de pieds dans les airs. Elles ont la forme d'un L inversé, capable de soulever plusieurs tonnes à des hauteurs élevées. cette grue est qu'elle est auto-construite, et permet de construire à proximité... A partir d'elle et autour d'elle. Elle peut également atteindre la hauteur requise, quelle que soit sa distance. Le principe de fonctionnement de la grue à tour est très simple. La base de sa conception est de s'opposer aux forces du gabarit pour maintenir l'équilibre.La distance entre la colonne porteuse et la charge affecte la stabilité de la grue, elle soulève donc de lourdes charges à proximité de la colonne porteuse. [15]



Figure I-20 : Grue à tour

1.4.2 Chariot élévateur :

Il s'agit d'un équipement lourd, mobile et motorisé utilisé pour déplacer, pousser, tirer ou empiler des matériaux. Il peut être actionné par des moteurs électriques, des moteurs à combustion ou à vapeur. On lui a donné ce nom parce que ses bras de levage ressemblent beaucoup à une fourche. Le chariot élévateur et la charge doivent être considérés comme une unité dont le centre de gravité change constamment à chaque mouvement de la charge. Un chariot élévateur ne doit jamais effectuer de virages à grande vitesse avec une charge élevée, car les forces centrifuges peuvent se combiner pour provoquer un accident de retournement catastrophique. [16]



Figure I-21 : Chariot élévateur

1.4.3 Grue à chenilles :

Les grues sur chenilles sont généralement utilisées pour des besoins de levage courts et des charges légères à moyennement lourdes. Mais selon la taille de la grue, elle peut être utilisée pour des poids lourds, dans des lieux de travail de grande taille et pour tout type de matériaux qui doivent être déplacés vers un autre endroit.La grue sur chenilles se distingue par une caractéristique différente, qui est la chenille. système, qui représente toute la base de la grue et le système de propulsion, car il fonctionne avec un système hydraulique interne sous la forme de deux ensembles de pompes hydrauliques habituelles, ce qui lui donne une quantité suffisante pour soulever régulièrement une grande quantité de poids [17]



Figure I-22 : Grue à chenilles

1.4.4 Bulldozer :

La pelle hydraulique est un outil supérieur avec une polyvalence d'utilisation inégalée, en raison de la multiplicité des outils qui peuvent y être installés. Elle est l'un des plus utilisés dans les flottes d'équipements des entrepreneurs en raison de sa capacité à creuser, couper et transporter le sol. Elle se caractérise également par la capacité de déplacer de grandes quantités avec une puissance de propulsion élevée et tous les mouvements et fonctions effectués par la pelle. Elle s'appuie sur l'utilisation de fluides hydrauliques actionnés par pression, que ce soit avec le piston ou ses actionneurs. Il présente une adaptabilité automatique à la vitesse de travail et à la charge externe. Lorsque la charge externe est faible, vous souhaitez augmenter le débit de sortie de la pompe variable et augmenter la vitesse de déplacement de l'actionneur. Lorsque la charge externe est importante, vous souhaitez réduire le débit de sortie de la pompe variable et réduire la vitesse de déplacement. de l’actionneur. [18]



Figure I-23 : Pelle sur pneus



Figure I-24 : Excavatrice sur chaînes

- **Exemple de système de contrôle pour machines de levage :** [19]

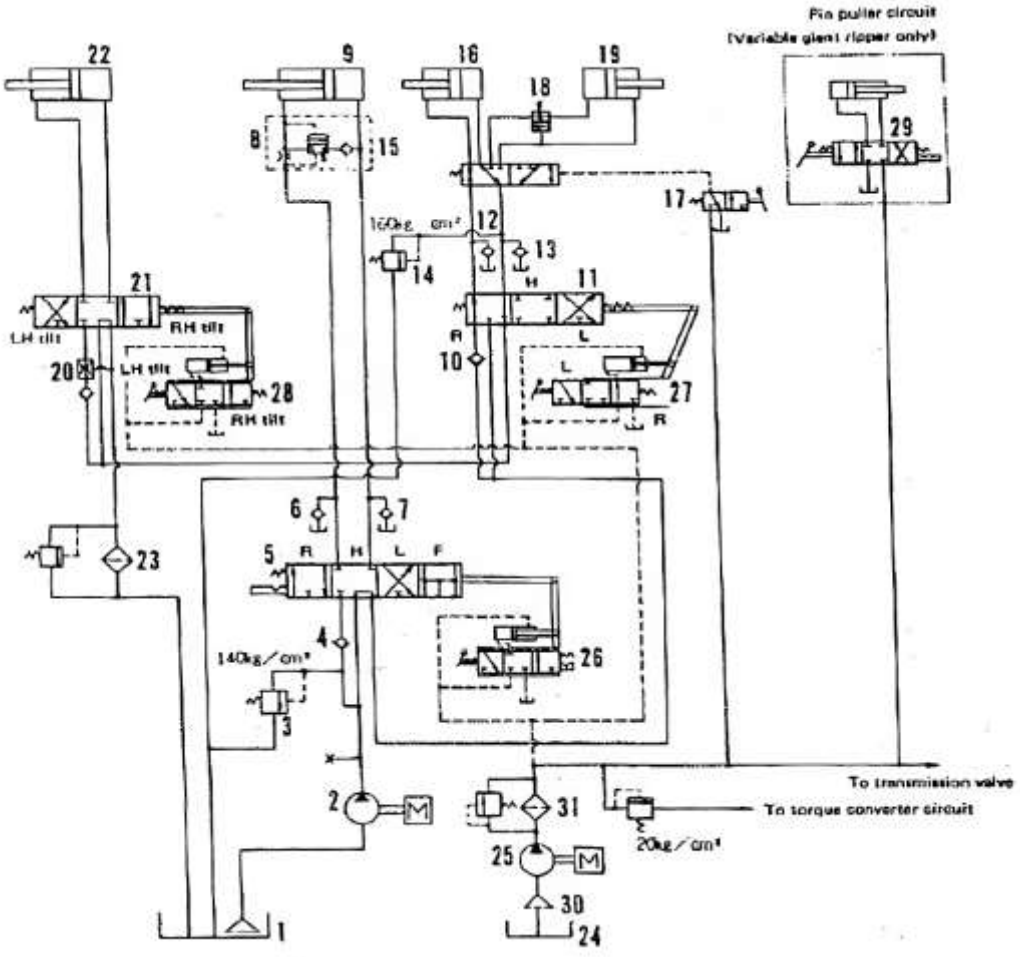


Figure I-25 : Circuit hydraulique pour contrôler le bulldozer

Le circuit hydraulique d'un bulldozer commence par une pompe hydraulique. Cette pompe est généralement montée sur le moteur du bulldozer et est entraînée par celui-ci. La pompe est

responsable de fournir la pression hydraulique nécessaire pour actionner les différents composants du bulldozer.

Et aussi un réservoir hydraulique qui stocke le fluide hydraulique nécessaire au fonctionnement du circuit. Il est généralement monté à proximité de la pompe hydraulique et est équipé d'un filtre pour assurer la propreté du fluide.

Et Il contient également les soupapes de commande directionnelle, Vérins hydrauliques, Filtres hydrauliques, Accumulateurs hydraulique ..

Ces composants travaillent ensemble pour fournir la puissance hydraulique nécessaire au fonctionnement des différents systèmes et accessoires d'un bulldozer, permettant ainsi à l'opérateur de réaliser diverses tâches telles que le nivellement, le déplacement de matériaux, etc.

I.5 Conclusion :

En conclusion, on peut dire que le système hydraulique est une technologie vitale et efficace dans le domaine de l'ingénierie et de la fabrication, car il nous permet d'utiliser du fluide hydraulique pour transmettre la force et réaliser un mouvement de manière précise et efficace, ce qui le rend utile. dans de nombreuses applications différentes. Avec le développement technologique continu et l'innovation dans le domaine des systèmes hydrauliques, il est en cours d'amélioration. Poursuivant en termes d'efficacité et de contrôle automatique, l'hydraulique proportionnelle a émergé, une technologie qui utilise des vannes proportionnelles pour obtenir un contrôle précis et variable. du débit et de la pression des fluides, qui fera l’objet de notre prochain chapitre.

Chapitre II

Les distributeurs à commandes proportionnelles

Chapitre II : Les distributeurs à commandes proportionnelles

II.1 Introduction :

Grâce à notre étude du système hydraulique, il nous est apparu clairement que ce système est un système de contrôle, que ce soit pour une roue ou un moteur, mais il y a une chose négative dans le système hydraulique simple que nous pouvons représenter dans cet exemple comme un système hydraulique. Système constitué d'un cylindre, où la valeur de la vitesse linéaire du piston pendant le fonctionnement doit être variable pendant les phases de fonctionnement de la machine. Ce réglage peut être effectué en plaçant une vanne de débit là où la section transversale du Le trou de passage d'huile peut être changé. Dans l'hydraulique traditionnelle, ce processus peut être effectué manuellement chaque fois que nous sommes obligés de modifier la vitesse du piston du cylindre, mais bien sûr, le dispositif de régulation de débit manuel a évolué. Il existe donc la possibilité de télécommande dans une manière électrique ou pneumatique, qui nous permet d'automatiser (mécaniser) le système, et c'est ce qu'on appelle le système hydraulique proportionnel ou hydraulique proportionnelle. Le contrôle proportionnel nous donne une plus grande flexibilité et précision de fonctionnement pour les systèmes hydrauliques en plus de la possibilité d'ajustement continu de éléments pendant le fonctionnement, et permet de contrôler des cycles de fonctionnement complexes à l'aide d'unités composées d'éléments spécifiques, ces doseurs permettent d'obtenir des vitesses et des accélérations extrêmement variables, alors qu'en hydraulique conventionnelle le même résultat nous oblige à utiliser plusieurs dispositifs hydrauliques.

II.2 Servo- valves :

Ce sont des distributeurs à commande proportionnelle dont l' hystérésis est nulle. De plus, ces composants permettent des fréquences de commande beaucoup plus importantes que pour les distributeurs à commande proportionnelle. Ces appareils à la conception délicate nécessitent une filtration poussée, leur prix de revient (installés) est élevé. Ils sont maintenant réservés à des emplois très particuliers (pour les applications courantes, ils sont remplacés de plus en plus par des distributeurs à commande proportionnelle à tiroir). [20]

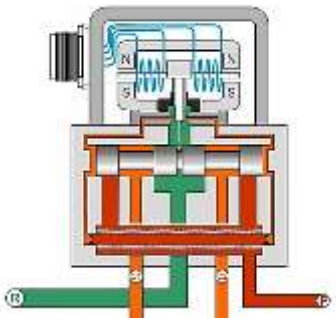


Figure II-27 : Servo- valves

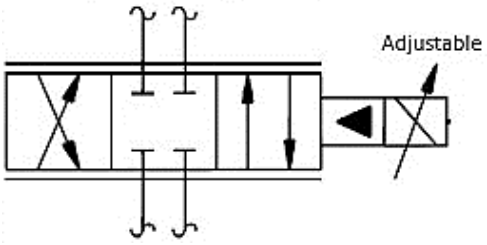


Figure II-26 : Symbole de Servo- valves

Source : "Servo Valves and Proportional Valves: A User's Guide" par W. E. Boyes, publié par CRC Press, 1996.

II.3 Distributeurs à commandes proportionnelles :

I.3.1 Definition :

Contrairement aux distributeurs en TOR, qui présentent un nombre de positions fini, les distributeurs à commande proportionnelle donneront une infinité de positions intermédiaires. Ces positions sont proportionnelles à la commande (par exemple ; la tension de commande). Le tiroir du distributeur a donc un déplacement proportionnel à la commande qui est donnée (mécanique, électrique …). Ils peuvent donc assurer, en plus de la fonction distribution, celle de contrôle du débit (donc de la vitesse ou de la position du récepteur). [21]

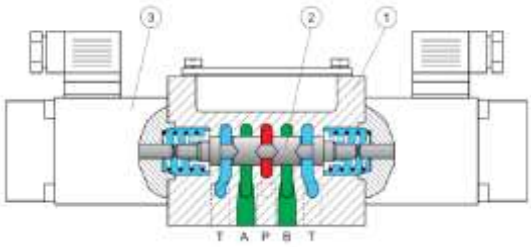


Figure II-28 : distributeurs à commande proportionnelle

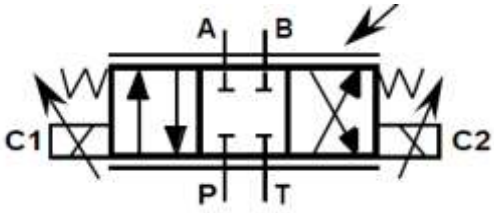


Figure II-29 : Symbole de distributeurs proportionnelle

Source: "Proportional and Servo Valve Technology" Jack L. Johnson, CRC Press, 2010.

I.3.2 Principe de fonctionnement :

Un distributeur à commande proportionnelle n'est en fait qu'un élément d'un dispositif comprenant un manipulateur, un ou deux solénoïdes proportionnels et une carte électronique de traitement du signal, qui peut être intégrée ou non dans le corps des solénoïdes.

Le manipulateur délivre une tension électrique proportionnelle à son déplacement angulaire. Une carte électronique de traitement, propre à chaque distributeur, transforme ensuite cette tension en un courant électrique. Le solénoïde proportionnel opère la transformation de ce courant en un déplacement (ou en une force), directement appliquée au tiroir du distributeur. Ce dernier délivre ainsi un début (ou une pression) hydraulique, proportionnel au déplacement angulaire du manipulateur. Lorsque les solénoïdes ne sont pas excités (manipulateur en position neutre), la position du tiroir du distributeur est obtenue par des ressorts de rappel.

En option, certains distributeurs peuvent être équipés d'un capteur qui recopie la position réelle du tiroir pour la retrans- mettre à la carte électronique. On parle alors de distributeur à rétroaction électrique. La tension délivrée par ce capteur est comparée à la valeur de consigne, ce qui constitue une boucle de régulation de position, destinée à diminuer l'hystérésis et le défaut de reproductibilité du distribu- teur proportionnel. Le choix d'un distribu- teur avec ou sans rétroaction dépend essentiellement des performances fonc- tionnelles demandées par l'application : précision, effort, reproductibilité, etc.

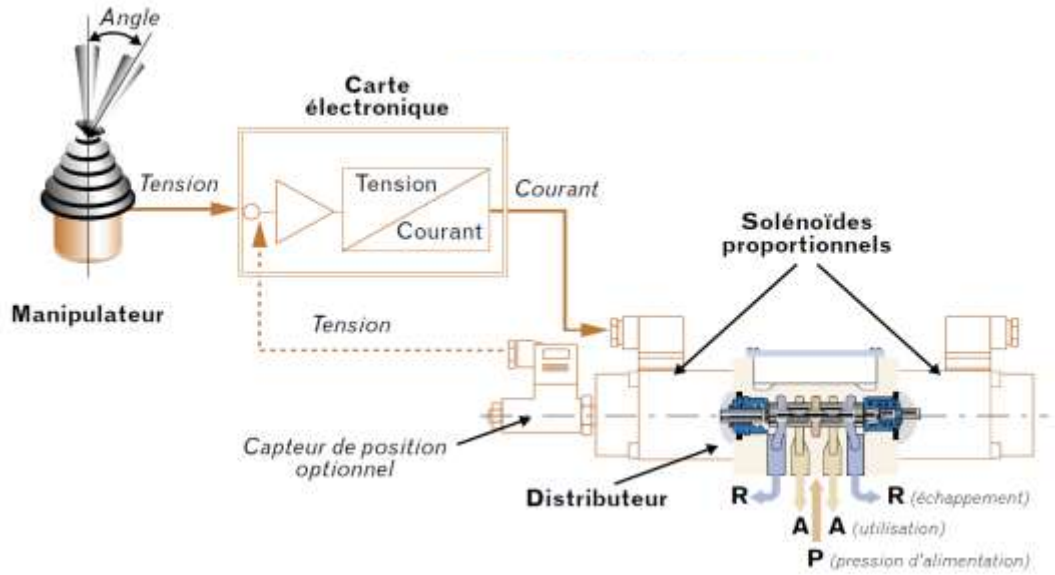
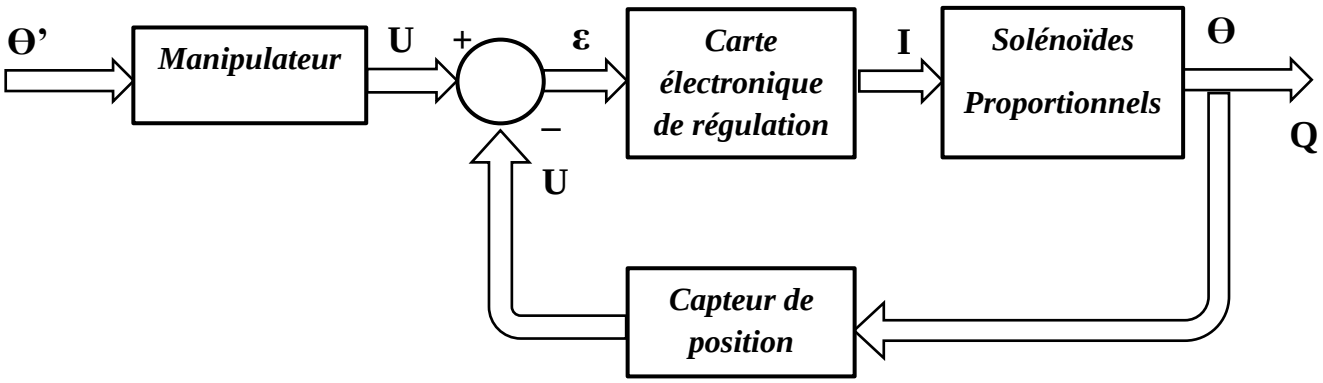


Figure II-30 : Schéma de principe d'un dispositif à commande proportionnelle

Source: "Proportional-Valve Controls" W. E. Boyes Instrument Society of America, 2009.

- **<u>Schéma de régulation proposé:</u>**



Θ': *Position de référence* ***I :*** *Courant électrique*
U : *Tension électrique* ***Θ :*** *Position à régler*
ε : *L'erreur* ***Q :*** *Débit*

Le rôle du schéma de régulation est diminué l'hystérésis et le défaut de reproductibilité du distributeur.

I.3.3 Composants du distributeur proportionnel :

- ***<u>Bobines électriques :</u>***

C'est l'élément principal du fonctionnement de la vanne proportionnelle. Il est recouvert d'un blindage en polyester et à l'intérieur se trouve un tube contenant le noyau de la bobine mobile, ou ce qu'on appelle le boîtier magnétique. Ce tube est constitué d'un matériau composé de deux métaux,

dont l'un est magnétique et l'autre amagnétique. Cette méthode permet d'intensifier au maximum les lignes de flux de force. Il est possible entre le noyau mobile de la bobine et le support fixe (une pièce polaire ou un boîtier à aimant fixe). Lorsque la bobine est chargée avec le courant I, un champ magnétique est produit grâce à ce dernier et déplace le noyau de la bobine en direction du support fixe. Il y a un anneau présent devant le support fixe. L'avantage de ceci est que les lignes de force pour le champ L'aimant produit par la bobine génère une magnétisation dans le support fixe, ce qui

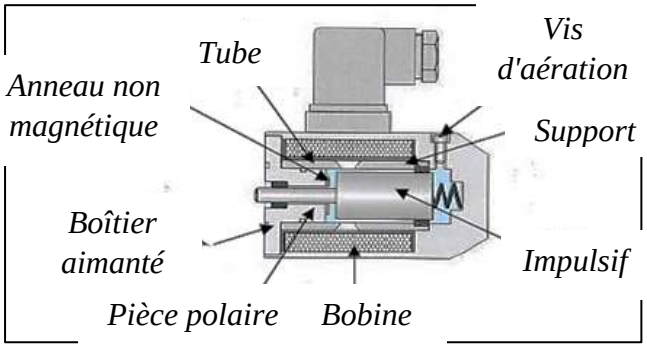


Figure II-31 : Composants du Bobines électriques

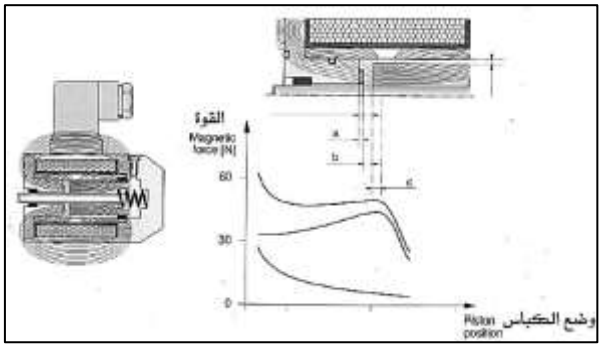


Figure II-32 : Le champ magnétique dans la bobine

lui fait maintenir le noyau de la bobine avec lui lorsque le courant est déconnecté. L'anneau magnétisé fait l'espace entre le noyau de la bobine et le support fixe augmente, ce qui fait diminuer le champ magnétique et donc la force d'attraction également. [22]

- ***<u>Raccord coulissant :</u>***

Les vannes proportionnelles sont généralement constituées d'une partie électrique constituée d'une bobine de dosage et d'un élément de commande électronique, d'une partie mécanique constituée soit d'un coulisseau cylindrique ou plat, d'un élément à cartouche ou d'un clapet anti-retour. Les coulisseaux cylindriques sont les plus couramment utilisés et il en existe deux types : glissière creuse et glissière à fente. Les vannes actionnées par des glissières creuses sont les plus utilisées

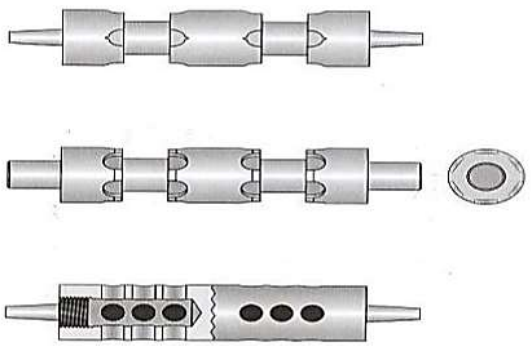


Figure II-33 : Curseurs cylindriques

- ***Recouvrement :***

Le recouvrement peut être défini comme étant la longueur comprise entre l'arête du tiroir et l'arête des rainures d'alimentation ou de refoulement. Il existe trois types de recouvrement : [23]

- Recouvrement nul :

Ce type de recouvrement demande une grande précision de fabrication ; on le rencontre surtout dans les organes qui exigent une grande sensibilité de commande et une réponse rapide tels que les servo-valves.

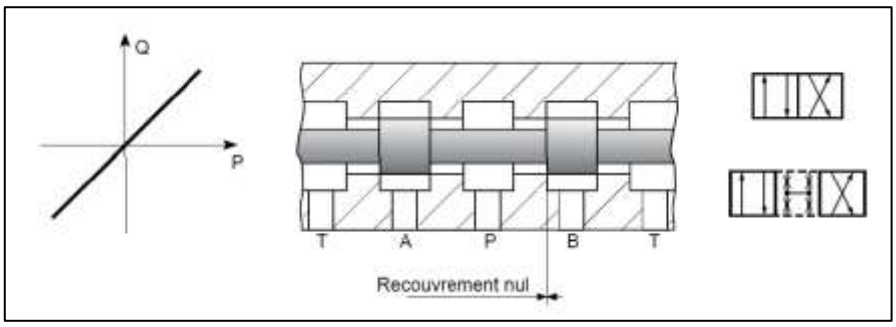


Figure II-34 : Recouvrement nul

- Recouvrement négatif :

Pendant cette phase, tous les orifices sont en communication durant un court instant, ce qui aura pour conséquence d'éviter les pointes de pression en permettant au débit de retourner librement à la bâche.

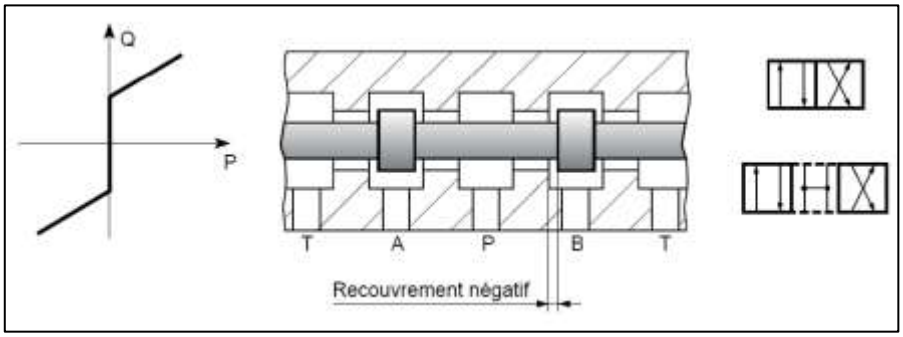


Figure II-35 : Recouvrement négatif

- Recouvrement positif :

Dans ce genre de recouvrement tous les orifices sont durant un court instant obturés, ce qui a pour conséquence de créer des pointes de pression, mais présente l'avantage de maintenir la pression du circuit.

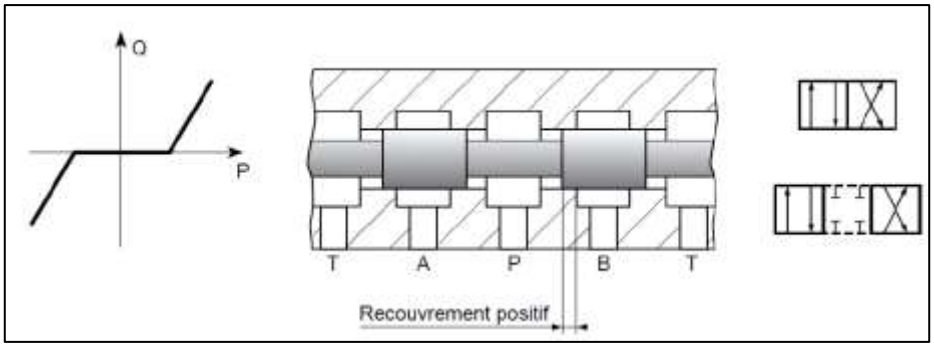


Figure II-36 : Recouvrement positif

- ***<u>linear variable différentiel transformer :</u>***

Le capteur de position est généralement un capteur sans contact. Ce dernier peut fonctionner sur le principe de l'induction électromagnétique. Ce type de capteur est appelé transformateur différentiel linéaire. Il est constitué d'une bobine primaire et de deux bobines secondaires qui sont enroulées sur le même aimant. noyau en acier malléable. Ces éléments sont montés sur une tige. Pour entraîner la bobine de commande, la bobine primaire est chargée avec une différence de tension haute fréquence. Cette dernière produit une modification du champ magnétique à l'intérieur du noyau magnétique, tout comme il se produit à l'intérieur du transformateur. La modification du champ magnétique produit par la bobine primaire génère une force électromécanique dans chaque bobine secondaire, si les deux bobines secondaires sont connectées entre elles. En série, de sorte que les forces électromécaniques soient de pôles opposés. Lorsque le Le noyau de la bobine est en position centrale, les forces électromécaniques sont égales et opposées, et donc le signal de sortie est nul. Si le noyau magnétique quitte cette position centrale, les forces électromécaniques dans les deux bobines secondaires deviennent inégales, l'une augmente et l'autre Listen, qui produit une différence de tension de sortie dont la valeur est égale à la valeur algébrique des deux forces et elles ont une relation proportionnelle avec le déplacement du noyau magnétique. Le signal de sortie est envoyé au transformateur qui convertit le signal oscillatoire en un signal continu. signal proportionnel au déplacement, où sa polarité est fonction de la direction de déplacement du curseur. Le signal d'entrée peut être contrôlé À partir d'une source de courant continu appelée oscillateur, cet élément électronique peut faire partie d'un amplificateur électronique ou, plus souvent, une vanne proportionnelle, c'est à dire au niveau d'un transformateur différentiel linéaire. Cette dernière méthode permet de charger un transformateur différentiel linéaire avec une différence de potentiel constante. L'obtention d'un signal stable sous forme de tension ou de courant au niveau de l'amplificateur électronique, et si le retour se présente sous la forme d'un signal standard 4-20 mA, cela nous permet de détecter l'interruption du signal de retour. [24]

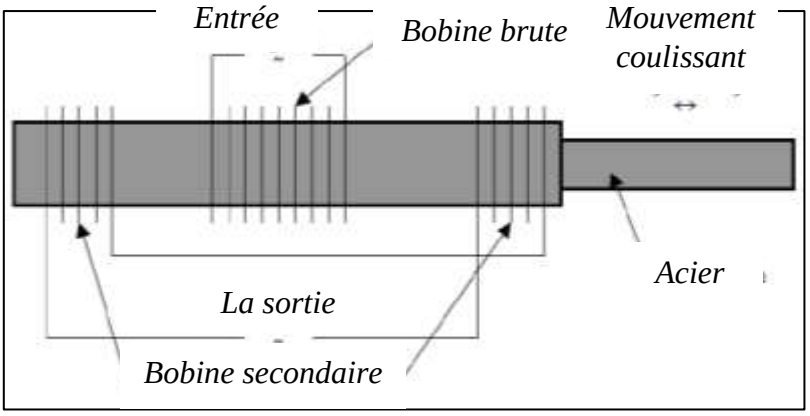


Figure II-37 : Linear variable différentiel transformer

I.3.4 Caractéristiques du distributeur proportionnel :

- ***Linéarité :***

C'est une propriété de l'élément proportionnel de produire une valeur à la sortie (débit, par exemple), proportionnelle à la valeur d'entrée (courant), mais les vannes proportionnelles n'ont pas une linéarité parfaite, et il y a donc une erreur ou un écart de linéarité. . Cet écart de linéarité est la différence maximale qui existe entre la courbe réelle et la courbe théorique. Pour un flux idéal, cette caractéristique est calculée en pourcentage du courant nominal du bobinage. [24]

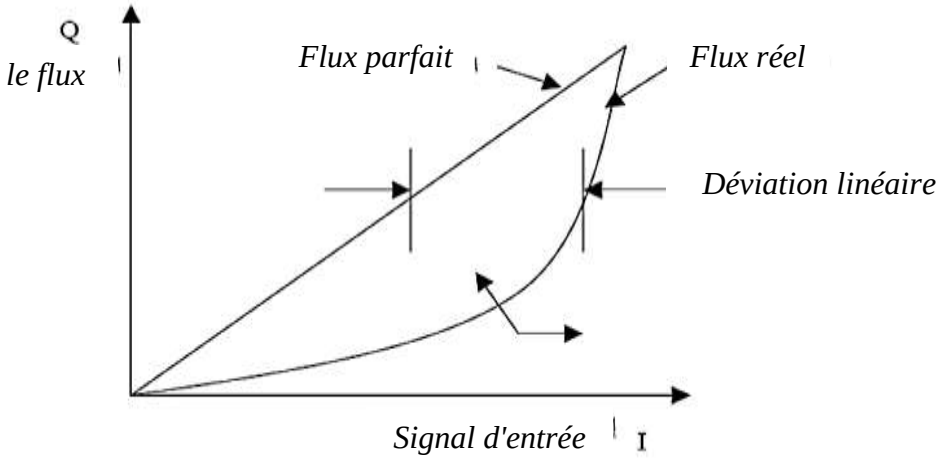


Figure II-38 : Courbe de linéaire

- ***Seuil à contre-courant :***

Nous parlons ici de la valeur du courant qui peut être appliqué à un signal d'entrée ascendant, pour obtenir une variation descendante du signal de sortie.

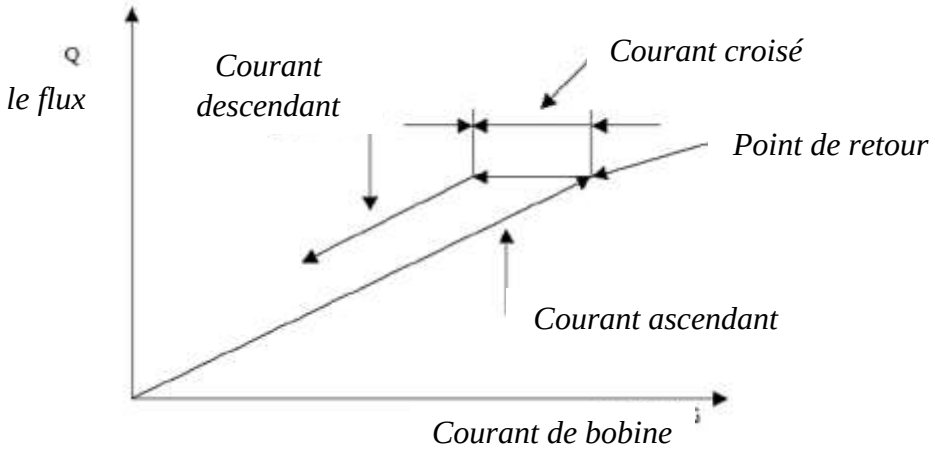


Figure II-39 : Courbe de valeur à contre-courant

- ***Erreur de redondance :***

C'est la capacité d'un élément ou d'un dispositif à répéter la même valeur hydraulique en sortie, lorsque l'on applique plusieurs fois successives le même courant à l'entrée avec le même schéma de variation par rapport au curseur de commande, ce qui signifie une différence de position. pouvant aller jusqu'à environ 1% si la vanne est équipée d'un capteur, mais elle peut être de l'ordre de 2 à 3% Pour une vanne sans capteur, on peut constater un certain courant de commande croissant dans un sens de 0 à I. Il apparaît ici pour nous que le débit n'est pas constant.Cette caractéristique nous montre qu'il y a une erreur dans la vanne hydraulique, ($Q_1>Q_2>Q_3$ lorsque le courant augmente de 0 à I) [23]

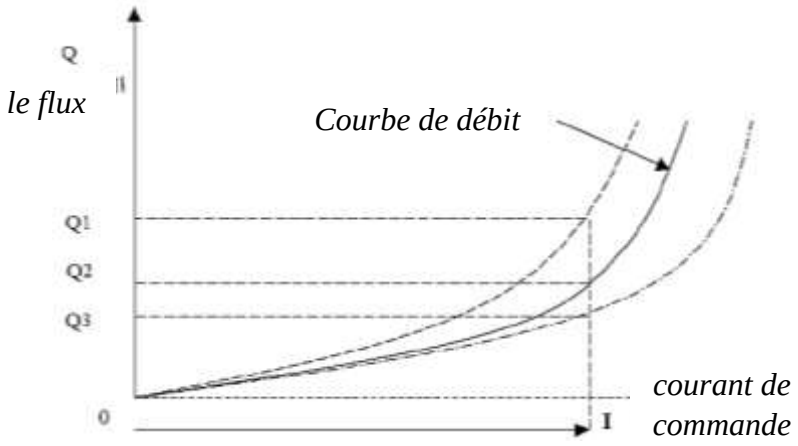


Figure II-40 : Courbe d'erreur de répétabilité

- ***Hystérésis :***

L'hystérésis signifie qu'il y a une différence dans le débit qui traverse la vanne lorsque le courant augmente (I_1 monte et nous donne Q_1) et le débit Q_2 est ce que nous obtenons lorsque le courant diminue (I_2 descend et nous donne Q_2), et on peut aussi dire que l'hystérésis est un paramètre lié à la partie électrique et mécanique au niveau de la bobine. Le glissement (frottement sec et frottement

dû au débit d'huile) est aussi la différence maximale en pourcentage de débit, débit ou pression et a la même valeur au cours d'un cycle (de 0 à la valeur maximale, et de la valeur maximale à 0). [23]

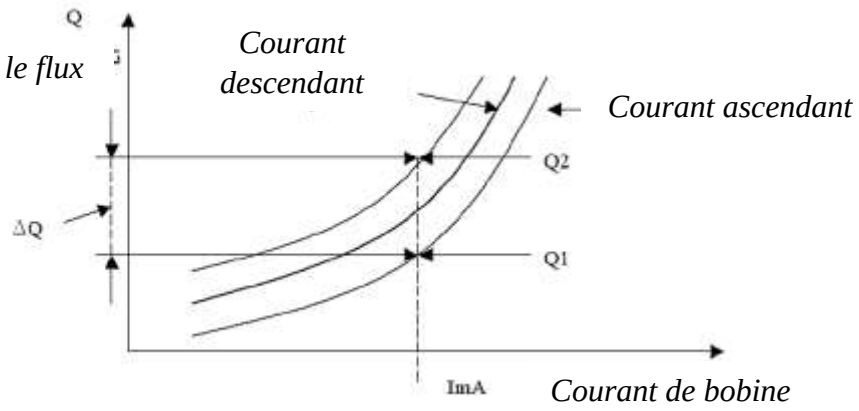


Figure II-41 : Courbe montrant le concept d'hystérésis

- ***Sensibilité :***

Il détermine la valeur du changement de courant pour obtenir un changement mesuré de la valeur de sortie à partir d'un point d'arrêt et en augmentant le signal dans la même direction initiale.

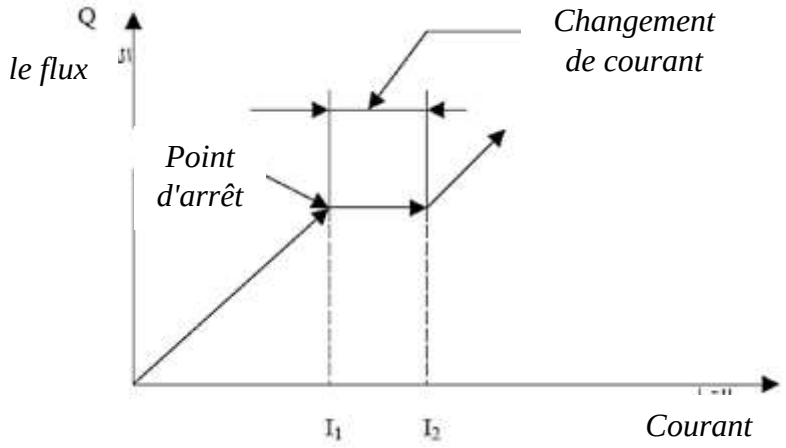


Figure II-42 : Courbe montrant la notion de sensibilité

- ***Fréquence de réponse :***

C'est la capacité de l'élément électrohydraulique à répondre aux changements du signal de commande, et c'est la fréquence maximale de réflexion du signal d'entrée à laquelle l'élément présente un décalage de phase entre l'entrée et la sortie. [23]

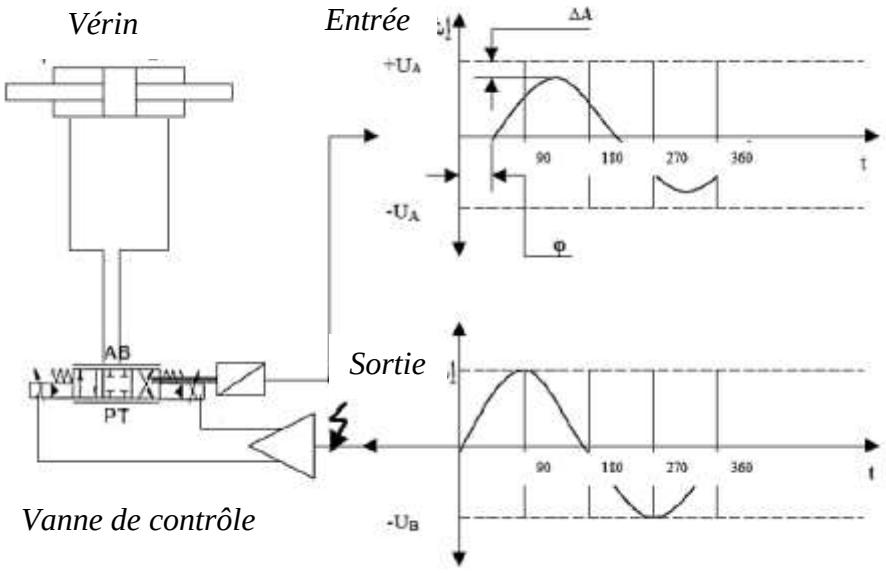


Figure II-43 : Courbe représentant la notion de réponse en fréquence

II.4 La différence entre les distributeurs proportionnelles et les servo- valve :

Tableau II-8 : La différence entre les distributeurs proportionnelles et les servo- valve

Distributeurs proportionnelles	***Servo- valve***
✓ Contrôle en circuit ouvert ✓ Coût inférieur à celui des servovalves ✓ Nécessite plus de puissance (50 W) ✓ Filtration moyenne (30µm) ✓ Les poulies sont télescopiques ✓ Les caractéristiques du flux-Courant ne sont pas linéaires ✓ Hystérésis 0,5% ✓ Ils peuvent être utilisés pour contrôler le débit, la pression et la direction ✓ Il peut être utilisé en contrôle en circuit fermé, mais dans des cas particuliers.	✓ Contrôle en circuit fermé ✓ Coût très élevé ✓ Faible puissance en entrée (0,1 - 0,3 W) ✓ Filtration profonde (1 - 5µm) ✓ Interférence critique des poulies ✓ Les caractéristiques du flux-Courant ne sont linéaires ✓ Il est principalement utilisé dans le contrôle, la pression et le débit en circuit fermé. ✓ Il a de bonnes caractéristiques lorsqu'il est utilisé dans le contrôle en circuit fermé

II.5 Vannes proportionnelles pour le contrôle de la pression :

Il existe deux types de vannes proportionnelles pour contrôler la pression, à savoir les vannes proportionnelles à limite de pression et les vannes proportionnelles à réduction de pression.

II.5.1 Vannes proportionnelles à limite de pression :

- ***Fonctionnement direct :***

Il se présente sous la forme d'une vanne à tête convexe composée d'un corps, d'une bobine proportionnelle avec un transformateur électrique, d'un siège de vanne, d'une tête de vanne et d'un ressort de contraction. Le signal électrique est transformé à travers l'amplificateur en une course à la bobine proportionnelle, de sorte que la course soit proportionnelle à l'intensité du courant, ce qui entraîne la contraction du ressort par La plaque à ressort appuie la tête de soupape sur le siège de soupape, la position du patin de pression et donc la valeur de pression requise est surveillé au moyen d'un transducteur de position électrique, et tout écart est corrigé par un circuit de commande fermé, ce qui permet de compenser le changement de la valeur de consigne résultant du frottement de la bobine, ce qui conduit à son tour à une précision et une pré-contraction élevées L'impulsion est répétable et si un signal zéro est appliqué à l'entrée, la vanne est automatiquement réglée sur la pression minimale.

- ***Fonctionnement guider :***

De telles vannes sont utilisées dans les applications où les débits sont élevés. Elles contiennent une vanne pilote à bobine proportionnelle avec un régulateur de pression maximale de sécurité, une vanne principale et un tiroir principal. Cette vanne pilote diffère dans son fonctionnement en ce que le ressort de contraction est remplacé par un bobine proportionnelle avec contrôle de force, et lorsque le signal électrique est appliqué à la bobine, nous obtenons une force proportionnelle sur la tête de guidage et donc une pression proportionnelle.

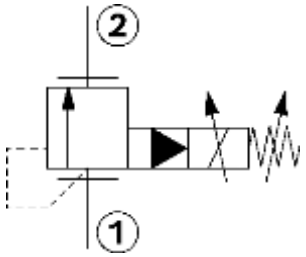


Figure II-44 : Symbole de valve proportionnelle de limite de pression

II.5.2 Vannes proportionnelles pour réduire la pression :

Contrairement au limiteur de pression proportionnel, le rôle du réducteur de pression proportionnel est d'ajuster et de réguler en continu la pression de fonctionnement en fonction du cycle de fonctionnement de la machine. [25]

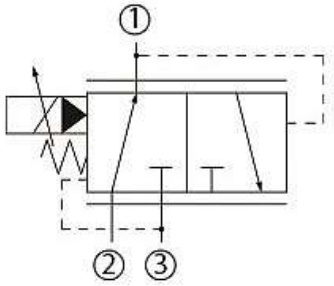


Figure II-45 : Symbole du réducteur de pression proportionnel

II.6 Vannes proportionnelles pour le contrôle de débit :

Il existe deux types de vannes proportionnelles de contrôle de débit, une vanne proportionnelle à limitation de débit et une vanne proportionnelle à régulation de débit.

II.6.1 Vanne proportionnelle de limitation de débit :

Dans cette vanne, on remarque que lorsque la bobine proportionnelle est chargée, le noyau de la bobine pousse directement le tiroir de la vanne contre le ressort de rappel. Selon la position du tiroir, la vanne ouvre différentes sections de passage, ce qui rend le débit Le débit change progressivement. Les encoches progressives sur le coulisseau déterminent la valeur du débit au point de fonctionnement. Pour un débit maximum, les deux chambres à ressort de rappel situées aux extrémités du coulisseau ont une relation avec les trous de retour de fuite, ce qui fait que le T trou chargé à la pression maximale. Grâce à cette propriété, plusieurs directions différentes de passage de l'huile deviennent possibles. [26]

II.6.2 Régulateur de débit à vanne proportionnelle :

Cette vanne assure un débit constant quels que soient les changements de pression à l'entrée (pression du système) et à la sortie (charge), et se compose d'un élément de dosage et d'un élément d'équilibrage de pression. [27]

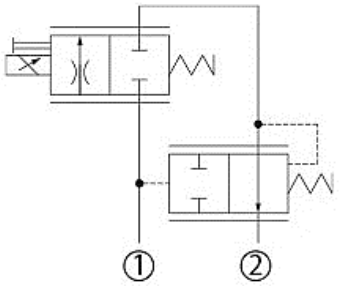


Figure II-46 : Vanne proportionnelle de régulation de débit

II.7 Conclusion :

Après avoir pris connaissance des différents éléments du circuit hydraulique proportionnel et de son principe de fonctionnement, nous avons constaté que le système proportionnel est un moyen de contrôle précis malgré la force de pression ou la charge élevée. Il suit également l'évolution technologique. Son importance vient de sa capacité à fournir une grande puissance et un couple élevé grâce à des systèmes de petite taille. Avec un minimum de bruit et de vibrations, l'hydraulique proportionnelle est une technologie fiable et sûre qui peut être facilement contrôlée et manipulée en toute sécurité.

Chapitre III

Dimensionnement des éléments hydrauliques et Simulation d'un circuit hydraulique

Chapitre III : Dimensionnement des éléments et Simulation d'un circuit hydraulique

III.1 Introduction :

On sait que chaque élément du système hydraulique est caractérisé par certaines caractéristiques. Par exemple, les pompes se distinguent par leur efficacité, leur capacité, leur taille, leur précision de contrôle et leur pression maximale. La roue se distingue également par la longueur de la tige, le diamètre de la tige, la largeur du cylindre. zone de section, en plus de la force d'équilibre et de la force réelle pour déplacer la charge. De plus, les roues sont l'hydraulique sont l'une des parties essentielles du système hydraulique, car elles convertissent l'énergie hydraulique en énergie mécanique pour faire fonctionner les machines et les équipements. Les dimensions correctes de la roue sont un facteur crucial pour garantir des performances idéales et une efficacité élevée dans le système hydraulique. Cette étude vise à déterminer les dimensions exactes des roues et l'importance de l'utilisation de distributeurs proportionnels et de moteurs et pompes hydrauliques et leur impact sur le Les performances du système hydraulique seront analysées. Les différents facteurs qui affectent les dimensions des roues seront explorés, tels que la pression de travail, la vitesse d'écoulement, la vitesse de rotation, les besoins en puissance et le poids de la charge. Une comparaison sera également faite entre les dimensions. Des différentes roues et l'impact de ces dimensions seront évalués. Sur les performances globales du système hydraulique, l'étude s'appuiera sur des théories et des concepts d'ingénierie liés à l'hydraulique, et utilisera des outils d'analyse et de modélisation pour atteindre l'objectif spécifié.

III.2 Carnet de charge pour le circuit hydraulique :

Nous souhaitons réaliser un modèle d'appareil de levage composé de quatre poussoirs et de trois moteurs hydrauliques.

- Les quatre vérins ont les mêmes caractéristiques mais des modes différents.
- Les vérins A et B sont synchronisées pour déplacer 6000 kg sur une distance de 350 mm avec une avance rapide de 200 mm à une vitesse de 0,15 m/s, le reste en une avance lente à une vitesse de 0,05 m/s, puis un retour à une vitesse de 0,2 m/s.
- Ensuite, les deux autres vérins C et D travaillent simultanément pour déplacer 6000 kg sur une distance de 350 mm avec 200 mm en avance rapide se déplaçant à une vitesse de 0,15 m/s, le reste en avance lente à une vitesse de 0,05 m/s pendant C, et D à une vitesse constante de 0,2 m/s, puis le retour s'effectue à une vitesse de 0,2 m/s.

On peut considérer que la phase d'accélération représente environ 1/5 du temps total.
On posera ηve : Efficacité volumétrique = 0,9

Le cycle :

1- Avance rapide des vérins A et B.
2- Avance lente des vérins A et B et rotation du moteur hydraulique.
3- Avance rapide du Cylindre C.
4- Avance lente du vérin C et rotation du moteur hydraulique.
5- Avance de la vérin D.
6- Retour Cylindre D, Retour Cylindre C, Retour vérins A et B.

Données :

Tableau III-9 : Données de Carnet charge

Les vérins	*Le poids [Kg]*	*La course C [mm]*	*Vitesse de sortie [m /s] Vs*	*Vitesse de retour [m/s] Vr*	*Rendement ŋ [%]*
A	*6000*	*200* *150*	*Rapide : 0,15* *Lent : 0,05*	*0.2*	*0.9*
B	*6000*	*200* *150*	*Rapide : 0,15* *Lent : 0,05*	*0.2*	*0.9*
C	*6000*	*200* *150*	*Rapide : 0,15* *Lent : 0,05*	*0.2*	*0.9*
D	*6000*	*350*	*0.2*	*0.2*	*0.9*

III.3 Dimensionnement :

III.3.1 Les vérins :

Puisque les vérins A, B, C et D ont les mêmes caractéristiques, On a suffi d'en spécifier un seul.

Caractéristiques de la Cylindre A :

Vs = Vitesse de progression rapide = 0.15 m/s

C = La course = 200 mm

m = la charge = 6000 Kg

ŋ = Rendement de vérin = 0.9

g = la gravité = 10 m/s²

Pour déterminer les dimensions de vérin, Certains calculs doivent être effectués sur les forces appliquées.

- *Force requise pour atteindre l'équilibre (P) :*

$$P = m * g \quad \text{…… (III.1)}$$

$$P = m * g = 6000 * 10 = 60000\ N = 6000\ daN$$

- *Force requise pour obtenir l'accélération (F1) :*

$$F1 = m * a \quad \text{…… (III.2)}$$

$$A = v / t \quad \text{…… (III.3)}$$

La durée de l'accélération représente 1/5 du temps total

$$t = 1/5 * T \quad \text{…… (III.4)}$$

$$C = v * T \quad \text{…… (III.5)}$$

$$T = C/v = 0.2/0.15 = 1.3333\ s$$

$$t = 1/5 * T = 1/5 * 1.333 = 0.2666\ s$$

$$a = v/t = 0.15/0.2666 = 0.5625\ m/s^2$$

$$F1 = m * a = 6000 * 0.5625 = 3375\ N = 337.5\ daN$$

- *La force réelle requise pour déplacer la charge (Ft) :*

$$Ft = (P+F1)/\eta \qquad \text{……. (III.6)}$$

$$Ft = (P+F1)/\eta = (6000+337.5)/0.9 = 7041.66\ daN$$

Après avoir déterminé la force réelle pour déplacer la charge, on trouve les diamètres des poussoirs (diamètre du piston, diamètre de la tige), et cela se fait à l'aide du tableau suivant :

Tableau III-10 : Indice de la relation entre la section du piston et la force qui lui est appliquée

ø D Alésage	ø d Tige	6020/2	6020/1	6122	S1 (cm²)	S2 (cm²)	S1/S2	Effort poussant : F1 (en daN) 160 bar	200 bar	250 bar	Effort tirant : F2 (daN) 160 bar	200 bar	250 bar	Débit à 0,1 m/s Qv1 (L/min)	Qv2 (L/min)
25	12	X			4,91	3,78	1,30	785			604			2,9	2,3
	18		X			3,37	1,46				539			2,9	2,0
	18	X	X			2,36	2,08				378			2,9	1,4
32	14	X			8,04	6,50	1,24	1287			1040			4,8	3,9
	18	X	X			5,50	1,46				880			4,8	3,3
	22	X	X			4,24	1,90				679			4,8	2,5
40	18	X			12,57	10,02	1,25	2011			1603			7,5	6,0
	22	X	X			8,77	1,43				1402			7,5	5,3
	28	X	X			6,41	1,96				1025			7,5	3,8
50	22	X			19,63	15,83	1,24	3142	3927	4909	2533			11,8	9,5
	28	X	X			13,48	1,46				2156			11,8	8,1
	32			X		11,59	1,69				1855	2318	2898	11,8	7,0
	36	X	X	X		9,46	2,08				1513	1891	2364	11,8	5,7
63	28	X			31,17	25,01	1,25	4988	6234	7793	4002			18,7	15,0
	36	X	X			20,99	1,48				3359			18,7	12,6
	40			X		18,61	1,68				2977	3721	4652	18,7	11,2
	45	X	X	X		15,27	2,04				2443	3054	3817	18,7	9,2
80	36	X			50,27	40,09	1,25	8042	10053	12566	6414			30,2	24,1
	45	X	X			34,36	1,46				5498			30,2	20,6
	50			X		30,63	1,64				4901	6126	7658	30,2	18,4
	56	X	X	X		25,64	1,96				4102	5127	6409	30,2	15,4
100	45	X			78,50	62,64	1,25	12566	15708	19635	10022			47,1	37,6
	56	X	X			53,91	1,46				8626			47,1	32,3
	63			X		47,37	1,66				7579	9473	11842	47,1	28,4
	70	X	X	X		40,06	1,96				6409	8011	10014	47,1	24,0
125	56	X			122,72	98,09	1,25	19635	24544	30680	15694			73,6	58,9
	70	X	X			84,23	1,46				13477			73,6	50,5
	80			X		72,45	1,69				11592	14491	18113	73,6	43,5
	90	X	X	X		59,10	2,08				9456	11820	14775	73,6	35,5
160	70	X			201,06	162,58	1,24	32170	40212	50265	26012			120,6	97,5
	90	X	X			137,44	1,46				21991			120,6	82,5
	100			X		122,52	1,64				19604	24504	30631	120,6	73,5
	110	X	X	X		106,03	1,90				16965	21206	26507	120,6	63,6
200	90	X			314,16	240,54	1,25	50265	62832	78540	40087			188,5	150,3
	110	X	X			219,13	1,43				35060			188,5	131,5
	125			X		191,44	1,64				30631	38288	47860	188,5	114,9
	140	X	X	X		160,22	1,96				25635	32044	40055	188,5	96,1
250	160			X	490,87	289,81	1,69	78540	98175	122718	46370	57962	72453	294,5	73,9
	180			X		236,40	2,08				37825	47281	59101	294,5	141,8

D'après le tableau, nous constatons que les diamètres qui correspondent à la force réelle sont :

D1 = 63 mm, D2 = 80 mm, d1 = 45 mm et d2 = 45 mm (où D : diamètre du piston et d : diamètre de la tige).

Détermination la pression de Cylindre :

- Pour D1 = 63 mm

$$P1 = Ft/(S_1) = (4 * Ft)/(\pi * D_1^2) = (4 *7046)/(\pi * 6.3^2) = 226\ bars$$

- Pour D2 = 80 mm

$$P2 = Ft/(S_2) = (4 * Ft)/(\pi * D_2^2) = (4 *7046)/(\pi * 8^2) = 140\ bars$$

Pour des raisons économiques (réduction de la consommation de la pompe), nous devons choisir une pompe qui génère la pression la plus faible , Nous choisissons donc la vérin aux dimensions : (Ø80 x 45)

III.3.2 Les Pertes entre le distributeur et les vérins :

✓ *Choix du tuyau* : A travers le tableau suivant nous choisissons le type de tube

Tableau III-11 : Ajustement tube/pression

DN Module Pouce Type tuyau	Ø5 3 3/16	Ø6 4 1/4	Ø8 5 5/16	Ø10 6 3/8	Ø13 8 1/2	Ø16 10 5/8	Ø19 12 3/4	Ø25 16 1"	Ø32 25 1"1/4	Ø38 24 1"1/2	Ø50 32 2"
	Pression de service maxi (bar)										
R7 Polyamide	210	210	190	160							
P1T Polyamide			250	225	190						
R8 Polyamide		350	300	280	245						
1SC		225	215	210							
2SN R2AT		400	350	330	275	250	215	165	125	90	80
2SC		400	350	330	275	250	215				
3SP					470	410	375	327	240		
4SP					415	350	380	320			
4SH							420	380	350		

Le type Qui convient la pression est **2SN R2AT** avec un **diamètre Ø32.**

✓ *Afin de réduire les pertes de charge résultant des turbulences au sein des canaux (tuyaux), nous acceptons les vitesses d'écoulement suivantes :*
- Vitesse d'aspiration : de 0,6 à 1,2 m/s
- Décharge : de 3 à 6 m/s
- Retour : 2 à 3 m/s
- Le fluide choisi est une huile conforme DIN/ISO, de viscosité : 30 cst (1 cst = 10^{-6} m^2/s) .

✓ *A partir de l'indice d'impulsion, on choisit le flux :* Q = 30.2 l/min = 5.04 10^{-4} m^3/s

$$Vt = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\frac{\pi * d^2}{4}} = \frac{5.04 * 10^{-4}}{\frac{\pi * 32^2 * 10^{-6}}{4}} = 0.6267 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{V_t * D}{V_c} = \frac{0.6267 * 0.032}{30 * 10^{-6}} = 668.48$$

Avec ; Re : Constante de Reynolds
D : diamètre du tuyau (mm)
Vt : vitesse d'aspiration du fluide (m/s)
Vc : viscosité cinématique (m^2/s)
Q : Débit de fluide (m^3/s)
S : section du tuyau (m^2)
Rc : Critique = 2 300
Ecoulement laminaire si : Re < Rc
Ecoulement turbulent si : Re > Rc

- ✓ *On a Re = 668,46 donc l'écoulement est un écoulement laminaire :*
  - Longueur du tuyau : L = 5 m
  - Diamètre du tuyau : D = 35 mm
  - Masse volumétrique de fluide : ρ = 9,4 kg/dm
  - Coefficient de perte de charge : λ = 5,48

Si écoulement laminaire : $\lambda = \frac{64}{R_e}$

Si écoulement turbulent : $\lambda = 0.316 R_e^{-0.25}$

$$\Delta p = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{\rho}{2} * Vt^2 = \frac{64}{688.48} * \frac{5}{0.032} * \frac{9.4}{2} * 0.6267^2 = 27.61 \text{ bars}$$

Où : Δp est la différence de pression entre les ports du distributeur.

III.3.3 Pression faible au niveau du distributeur :

La pression qui doit atteindre le distributeur est :

$$P_{distr} = (P_2 + \Delta p) * 2 = (140 + 27.61) * 2 = 335.22 \text{ bars}$$

La pression à la sortie du distributeur est :

$$P_{distr\,s} = P_{distr} + \Delta p_1 \qquad \text{……. (III.7)}$$

Grâce à l'index de distributeur suivant on trouve Δp_1 :

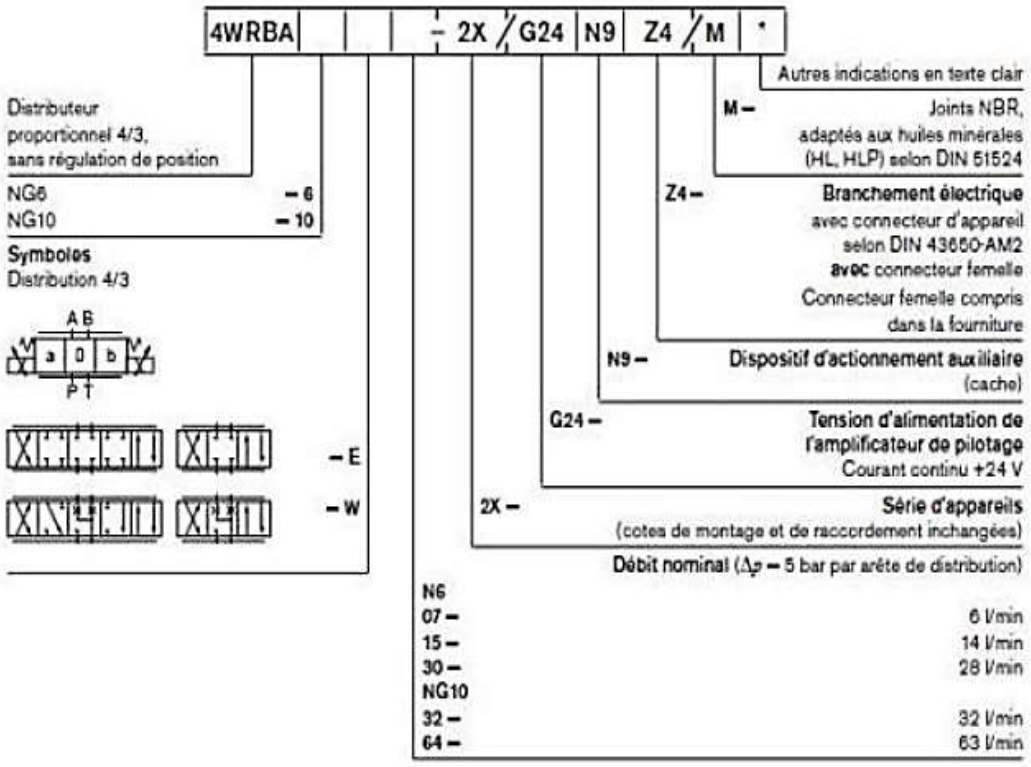


Figure III-47 : Indice du distributeur N6 ou N10

Grâce à cet indice on trouve que : $\Delta p_1 = 5$ bars

$$\text{Donc : } P_{distr\,s} = 335.22 + 5 = 340.22 \text{ bars}$$

III.3.4 les pompes :

Afin d'augmenter la durée de vie de la pompe, elle ne doit pas fonctionner sous une charge excessive, c'est pourquoi la pression maximale de la pompe doit être supérieure à la pression du système, c'est-à-dire qu'il est nécessaire de choisir une pompe avec une pression maximale comme suit :

$$P_{max} = (P_{service} + \Delta p) \qquad \text{…….. (III.8)}$$

- ✓ *La pression au niveau de la pompe est :*

$$P_{pompe} = (P_{distr} + \Delta p_2) = 340.22 + 27.61 = 367.83 \text{ bars}$$

- ✓ *Déterminer la volumétrie de la pompe Cyl :*

Dans le catalogue de construction Bosch, nous choisissons une pompe à pistons axiaux de type F12 30 avec les dimensions suivantes : Cyl = 30 cm³/tr

Avec ; N = 1400 tr/min , $\eta_{vol} = 0.9$

- ✓ *Débit de la pompe Q :*

$$Q = \frac{N * Cyl}{1000} = \frac{1400 * 30}{1000} = 42 \text{ l/min} = 0.7 \text{ l/s}$$

- ✓ *Puissance de la pompe P :*

$$P = \frac{p * Q}{600 * \eta_{vol}} = \frac{420 * 42}{600 * 0.90} = 32.67 \text{ kw}$$

- ✓ *Puissance à l'arbre moteur :*

$$P_{arbre} = P_{pompe}$$

- ✓ *Puissance électrique du moteur Pelc :*

$$P_{el} = \frac{P_{pompe}}{\eta_{vol}} = \frac{32.67}{0.9} = 36.3 \text{ kw}$$

III.4 Simulation :

Pour simuler ce projet, nous utilisons Automation studio 7.0, septième édition

- ✓ ***Découverte d'Automation Studio 7.0 :***

Le programme Automation Studio permet de dessiner des circuits hydrauliques et pneumatiques, ainsi que des circuits électriques et des schémas à contacts pour les contrôler. Il permet également de les simuler et d'assurer leur fonctionnement. Le programme est conçu sous forme d'unités appelées atelier, qui permettent de dessiner les circuits pour eux. Par exemple, nous trouvons Atelier hydraulique, qui permet de dessiner des circuits. Hydraulique. Le programme permet également la création de projets afin que chaque projet puisse inclure plusieurs dessins. Cet outil est très utile lorsque vous souhaitez faire une simulation pour que tous les dessins d'un projet interagissent les uns avec les autres. Le processus de dessin est complété par la sélection de composants dans les bibliothèques fournies par le programme, puis par leur insertion dans les dessins. Les connexions entre les composants sont également établies via des éléments de bibliothèque. [28]

Nous expliquerons dans les paragraphes suivants comment gérer ce programme et comment saisir des données et dessiner différents circuits, qu'il s'agisse de circuits pneumatiques hydrauliques ou de circuits électriques.

III.4.1 L'interface du logiciel :

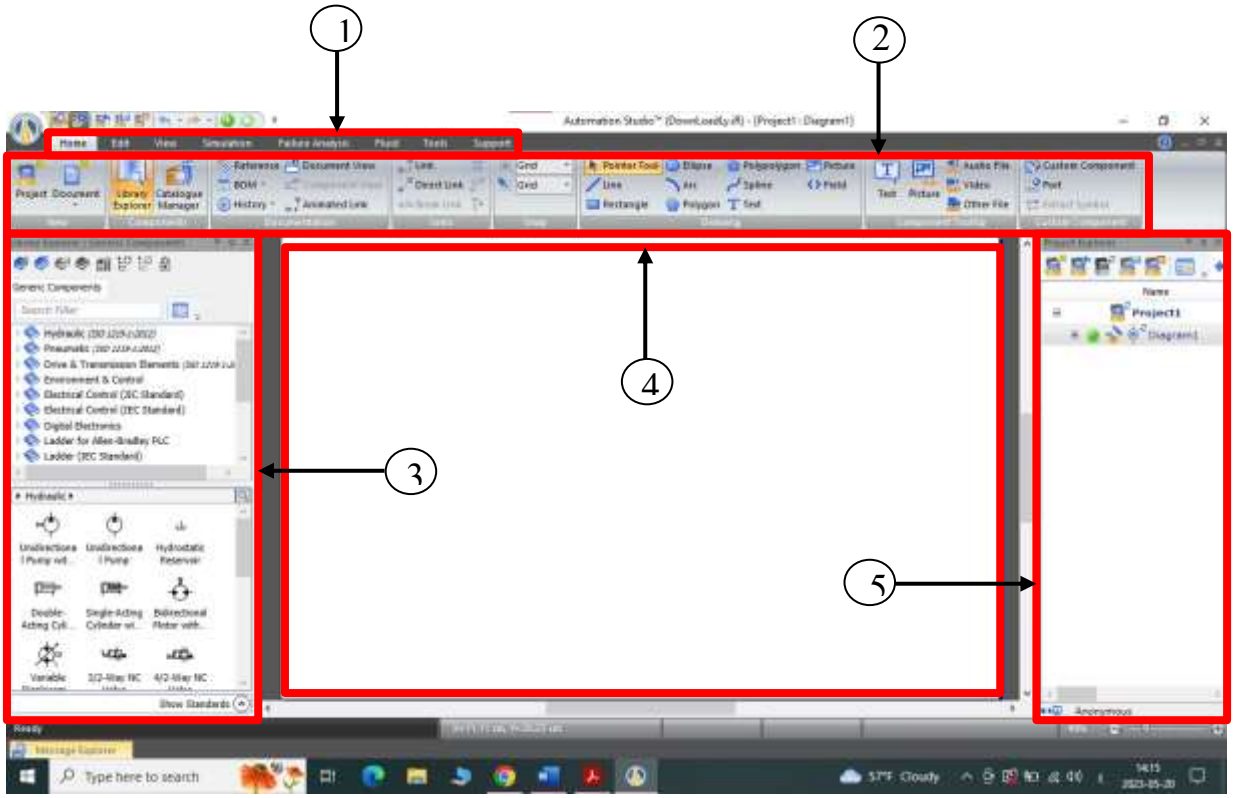


Figure III-48 : L'interface du logiciel

L'interface du programme contient cinq sections principales :

1- Menu déroulant
2- Barres d'outils
3- Bibliothèque
4- Zone de dessin
5- Explorateur de projets

Notez que les barres d'outils contiennent plusieurs barres, qui sont :

- Barre d'outils d'édition :



- Barre d'outils d'Affichage :



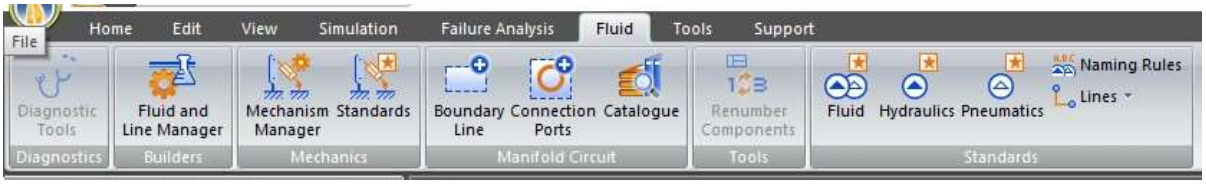
- Barre d'outils Simulation :



- Barre d'analyse des erreurs :



- Barre fluide :



- Barre d'outils :



III.4.1 Méthodologie de gestion du logiciel :

La bibliothèque contient également plusieurs ateliers, et en cliquant sur l'un d'eux, la liste des composants liés à cet atelier apparaît. Lorsque vous choisissez un composant, son icône apparaît dans la figure inférieure de la fenêtre, puis vous le faites glisser et le placez dans le lieu de travail.

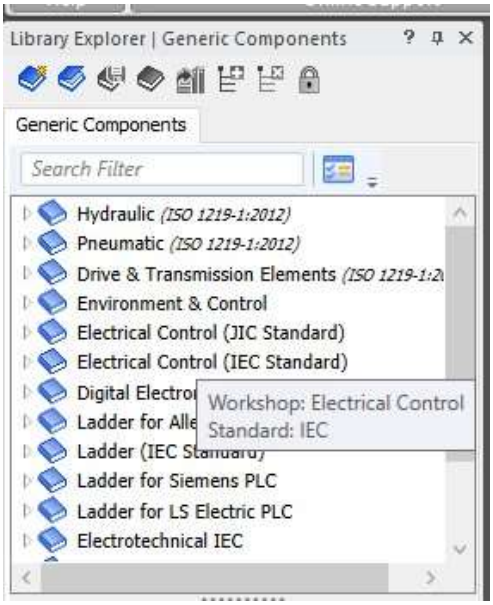


Figure III-49 : Ateliers disponibles à la bibliothèque



Figure III-52 : Atelier de contrôle électrique

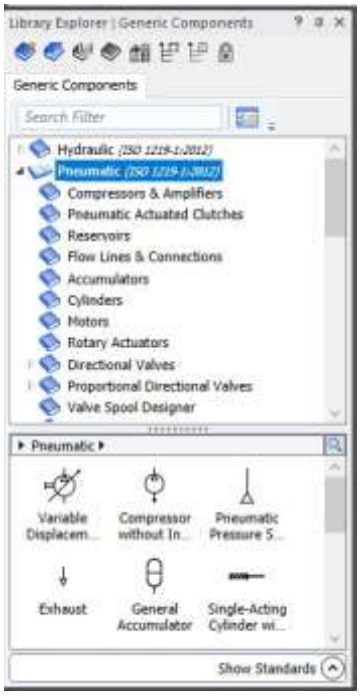


Figure III-51 : Atelier pneumatique



Figure III-50 : Atelier hydraulique

Il est également possible de saisir des données d'éléments telles que la valeur du débit maximum de la pompe ou un changement du type de vanne, et le mode de contrôle de celle-ci (manuelle, électrique, ...), en cliquant deux fois dessus et la fenêtre illustré dans la figure suivante apparaît :

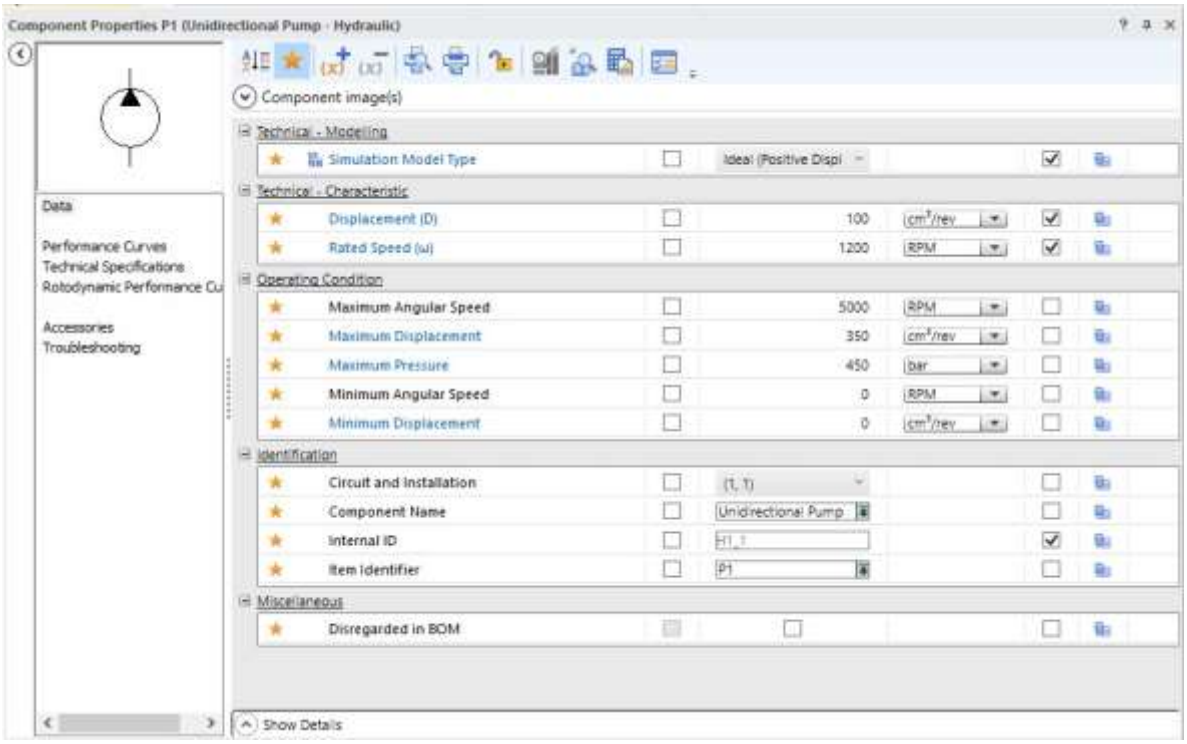


Figure III-53 : Données d'éléments (composant)

III.5 Simulation de circuit hydraulique :

Pour la simulation, nous appliquerons deux exemples, le premier exemple déplace la charge avec un circuit hydraulique classique et le deuxième exemple est avec un circuit hydraulique proportionnel.

III.5.1 Première réalisation :

Éléments utilisés dans le circuit :

- 4 roues vérins effet, diamètre de piston D = 80 mm et diamètre de tige D = 45 mm
- Pompe à pistons axiaux F12, débit Q = 0,7 l/s, volumétrique = 30 cm³/tr
- Moteur électrique d'une puissance P = 36,3 kW
- 3 distributeurs type 4/3 et distributeurs 2/2
- Filtre, 2 limiteurs de débit, limiteur de pression, réservoir hydrostatique
- 5 capteurs, 5 bobines magnétiques, 5 aimants, bouton de démarrage manuel, alternateur

Insertion des éléments dans le programme :

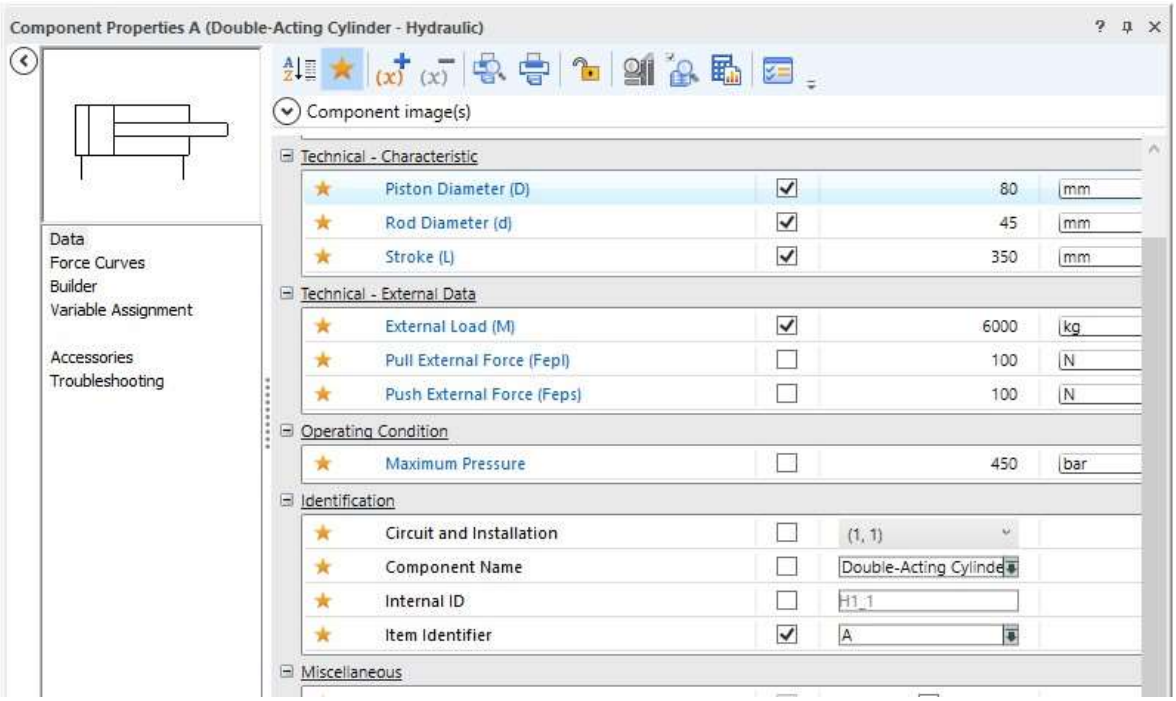


Figure III-54 : Insertion des vérins double effet A, B, C et D

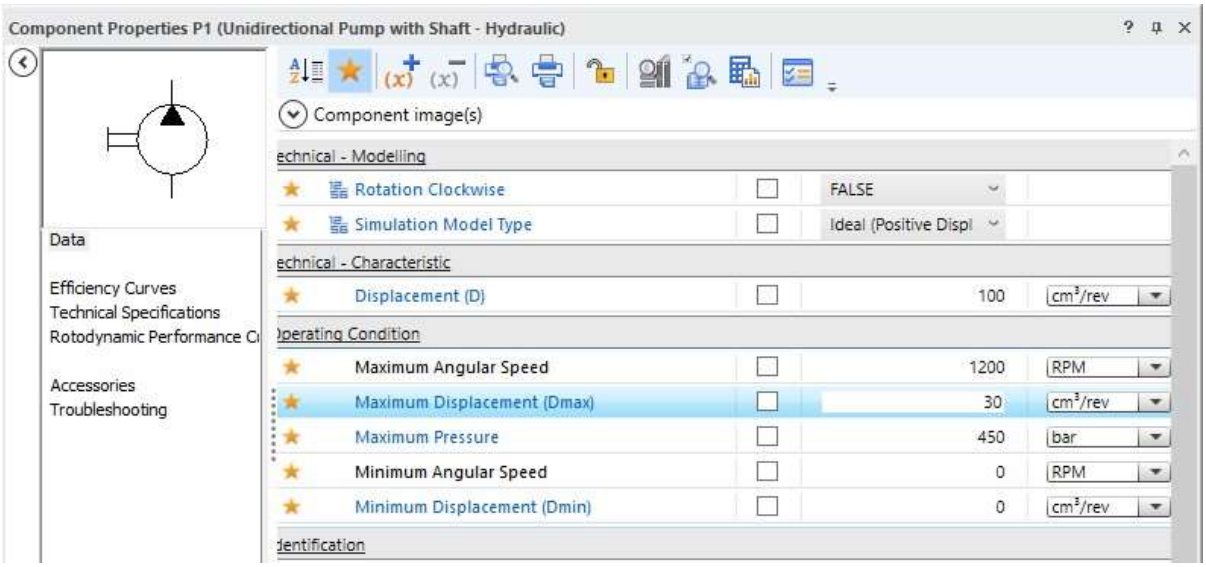


Figure III-55 : Insertion de la pompe

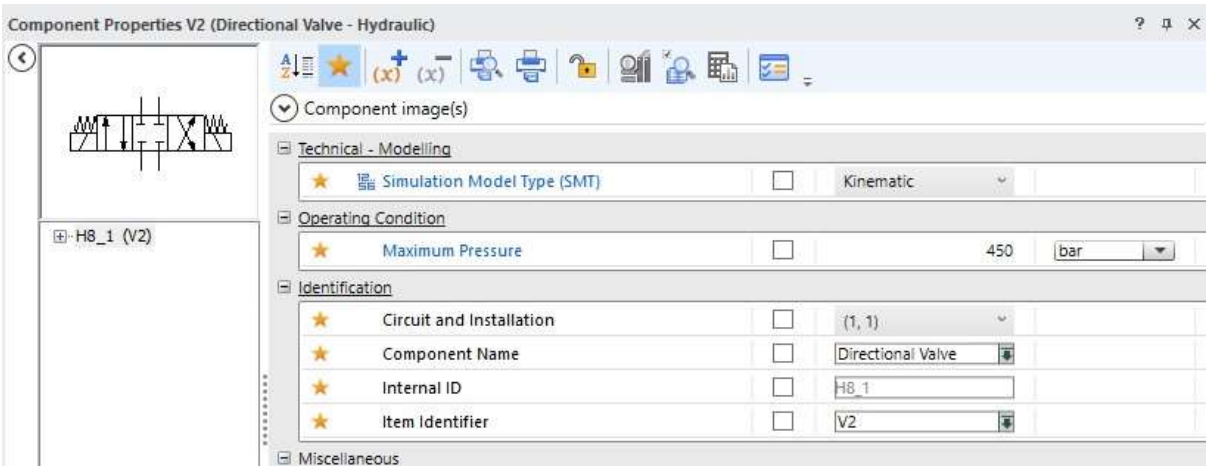


Figure III-56 : Insertion du distributeur

Cycle Cubique :

Le cycle cubique traduit le déplacement des vérins asynchrones qui sont reliés aux capteurs, c'est à dire la sortie de la tige du vérin et son contact avec le capteur.

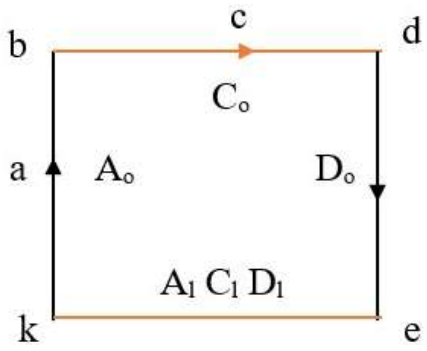


Figure III-57 : Cycle Cubique

Avec ; k : bouton de fonctionnement manuel

a, b, c et e : capteurs

A_o, C_o, D_o : sortie de la tige du vérin

A_l, C_l, D_l : entrée de la tige du vérin

✓ **Schéma de Première réalisation :**

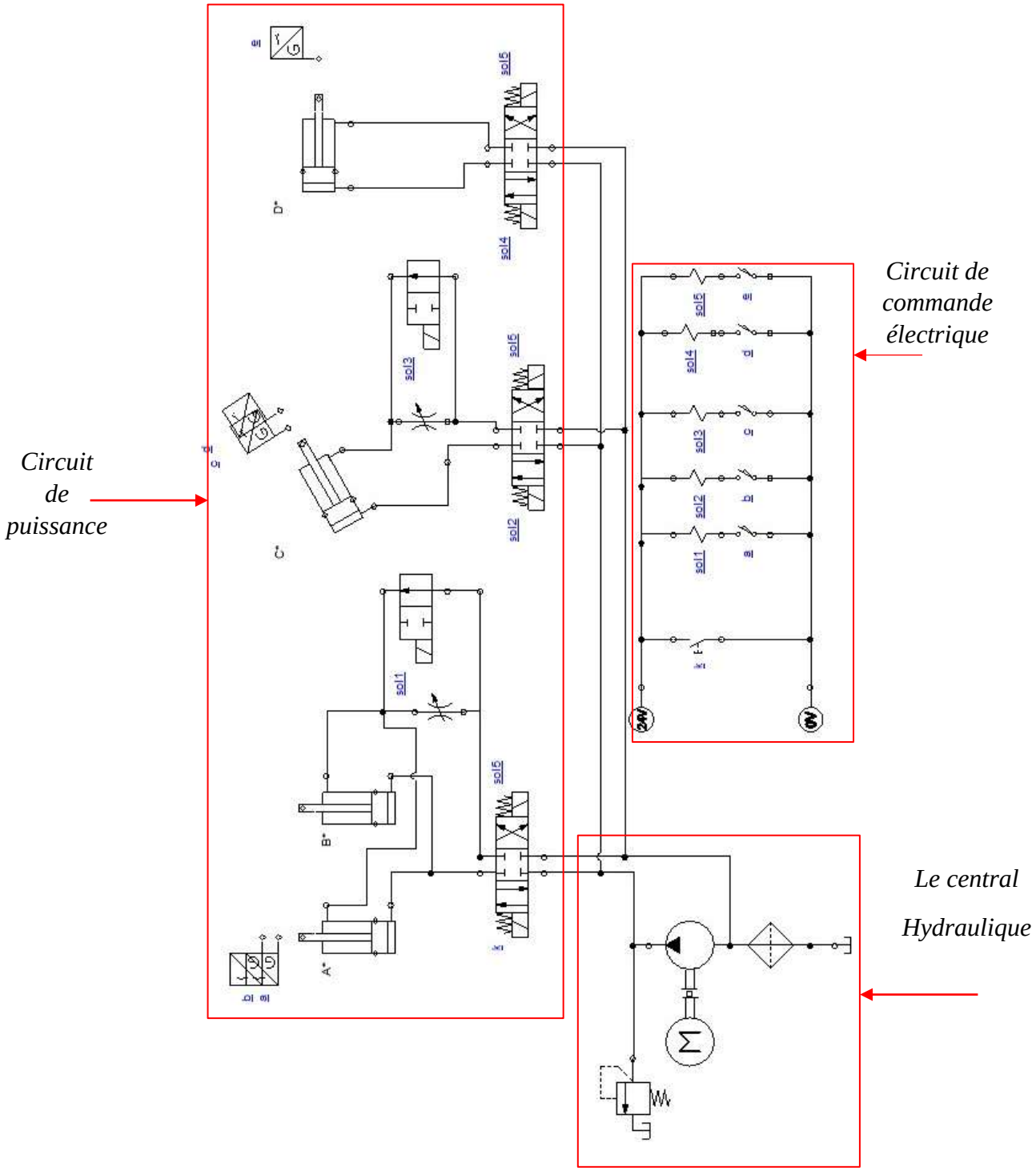


Figure III-58 : Schéma de circuit créé dans Automation studio pour une simulation hydraulique classique

- **État de repos :**

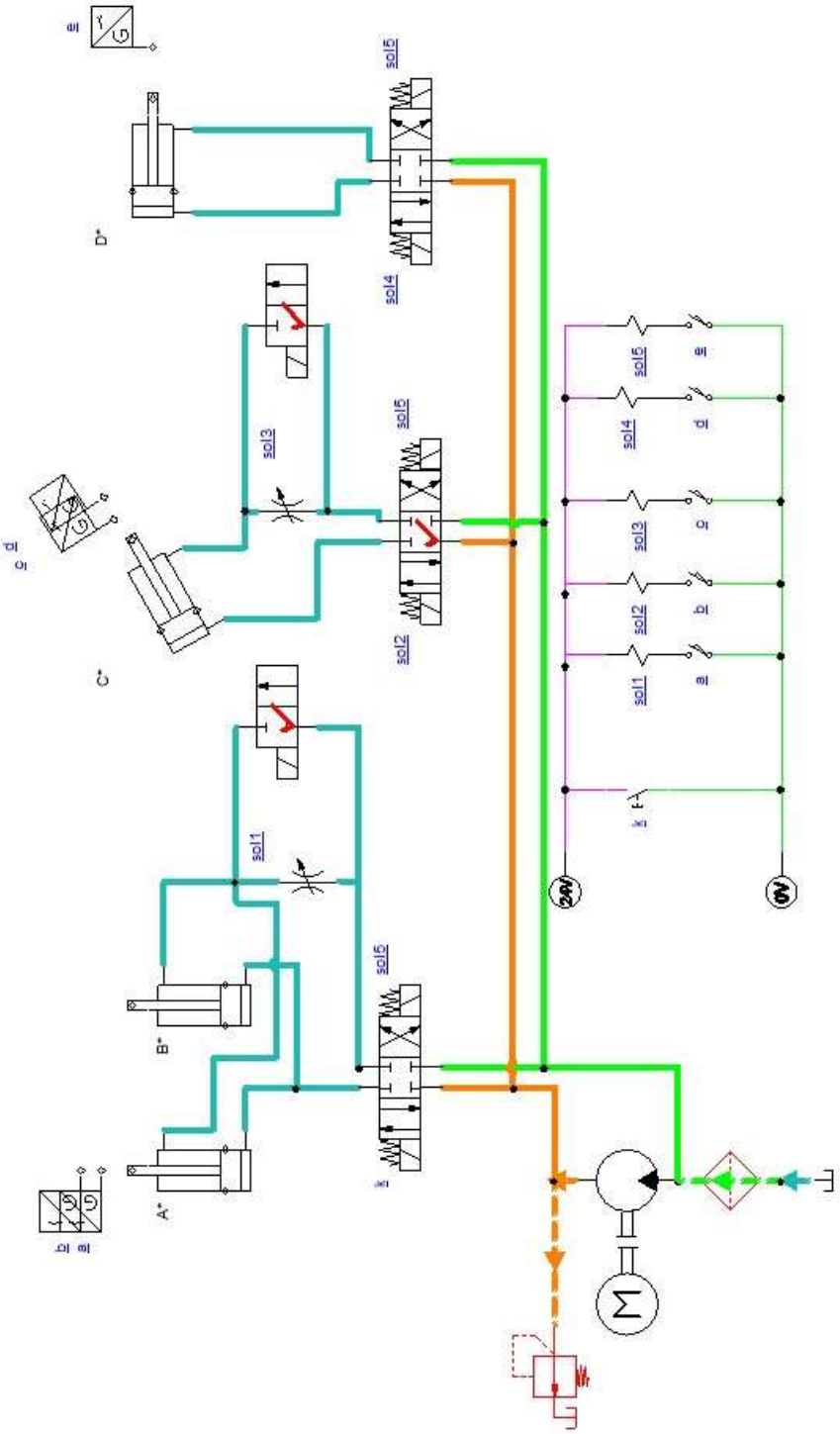


Figure III-59 : Etat de repos d'un circuit hydraulique

On remarque qu'à l'état de repos il n'y a pas de mouvement ou d'écoulement des fluides hydrauliques du fait de la présence du distributeur en état de préparation, ce qui gêne le passage de l'huile et donc son retour au réservoir.

- **Sortie des vérins A et B :**

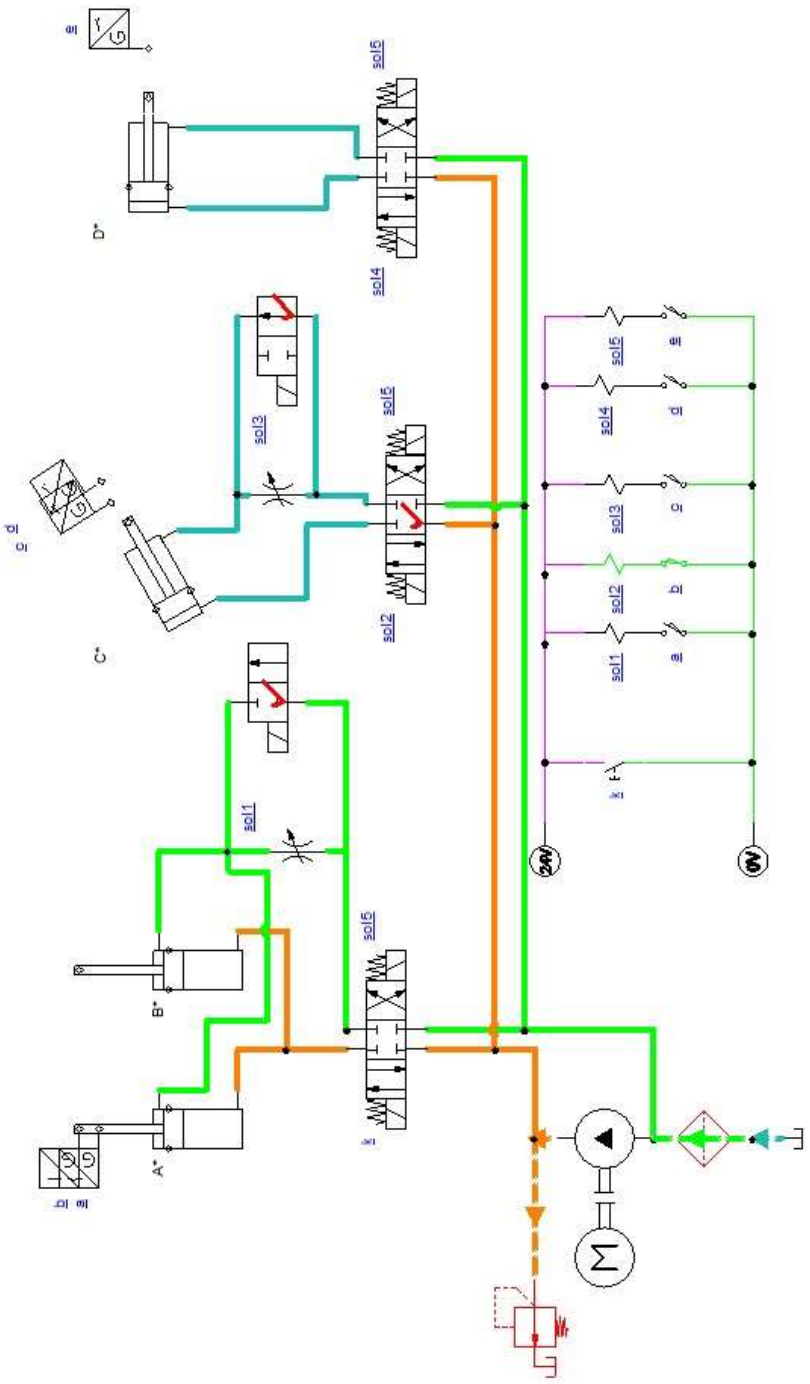


Figure III-60 : État Sortie des vérins A et B

Dans ce cas, l'huile passe par les orifices de première position du premier distributeur, cela se fait en appuyant sur le bouton k, ce qui fait sortir les tiges des vérins A et B vers les capteurs a à une vitesse $v_1 = 0{,}15$ m/s, ce qui est à 200 mm. Ensuite les tiges complètes sa sortie à une vitesse $v_2 = 0{,}05$ m./s avec une distance de 150 mm.

- **Sortie du vérin C :**

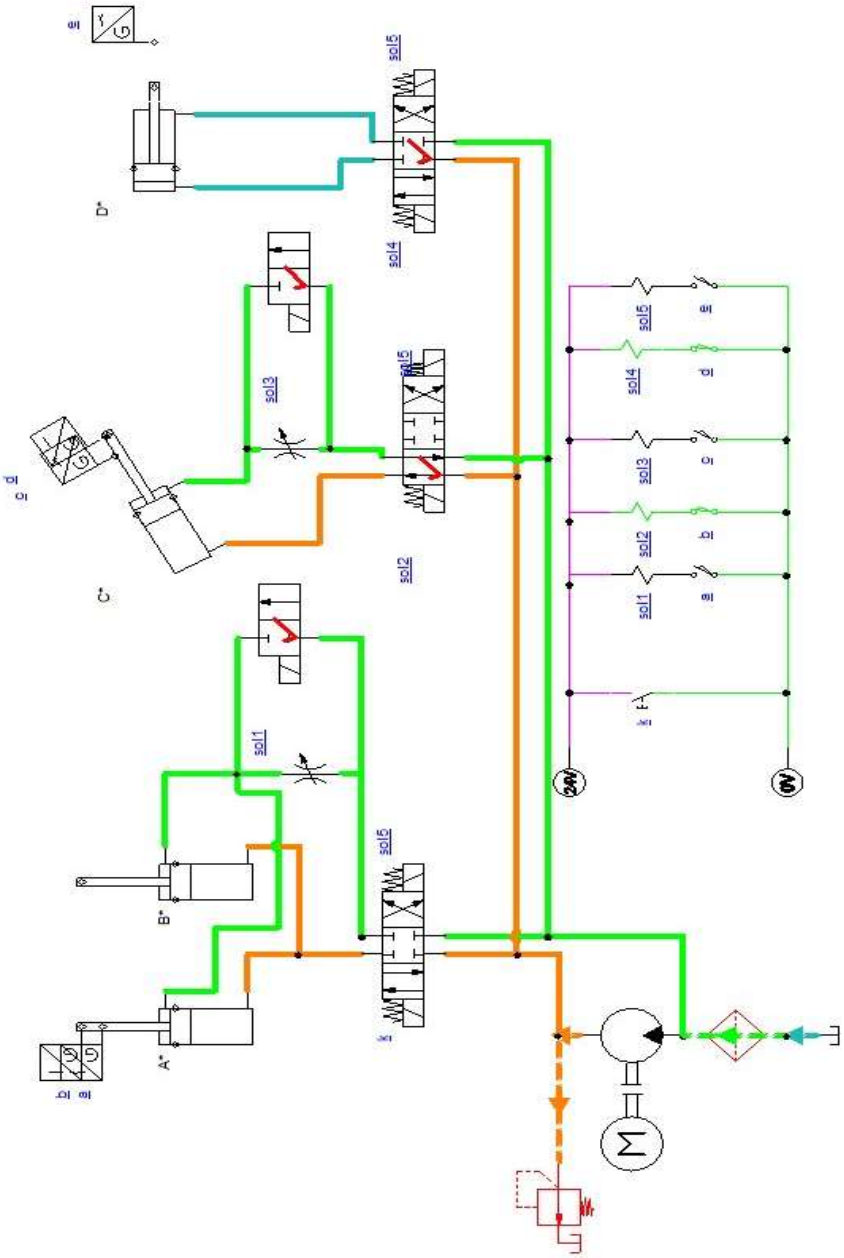


Figure III-61 : État sortie du vérin C

Une fois que la tige du vérin A atteint le capteur b , le signal est donné au deuxième distributeur via la bobine magnétique sol2, ce qui entraîne l'activation du deuxième distributeur et ainsi la tige du vérin C sort à une vitesse de $v_1 = 0{,}15$ m/s. , puis à une distance de 200 mm, puis complétant à une vitesse de $v_2 = 0{,}05$ m/s pour une distance de 150, mm.

- **Sortie du vérin D :**

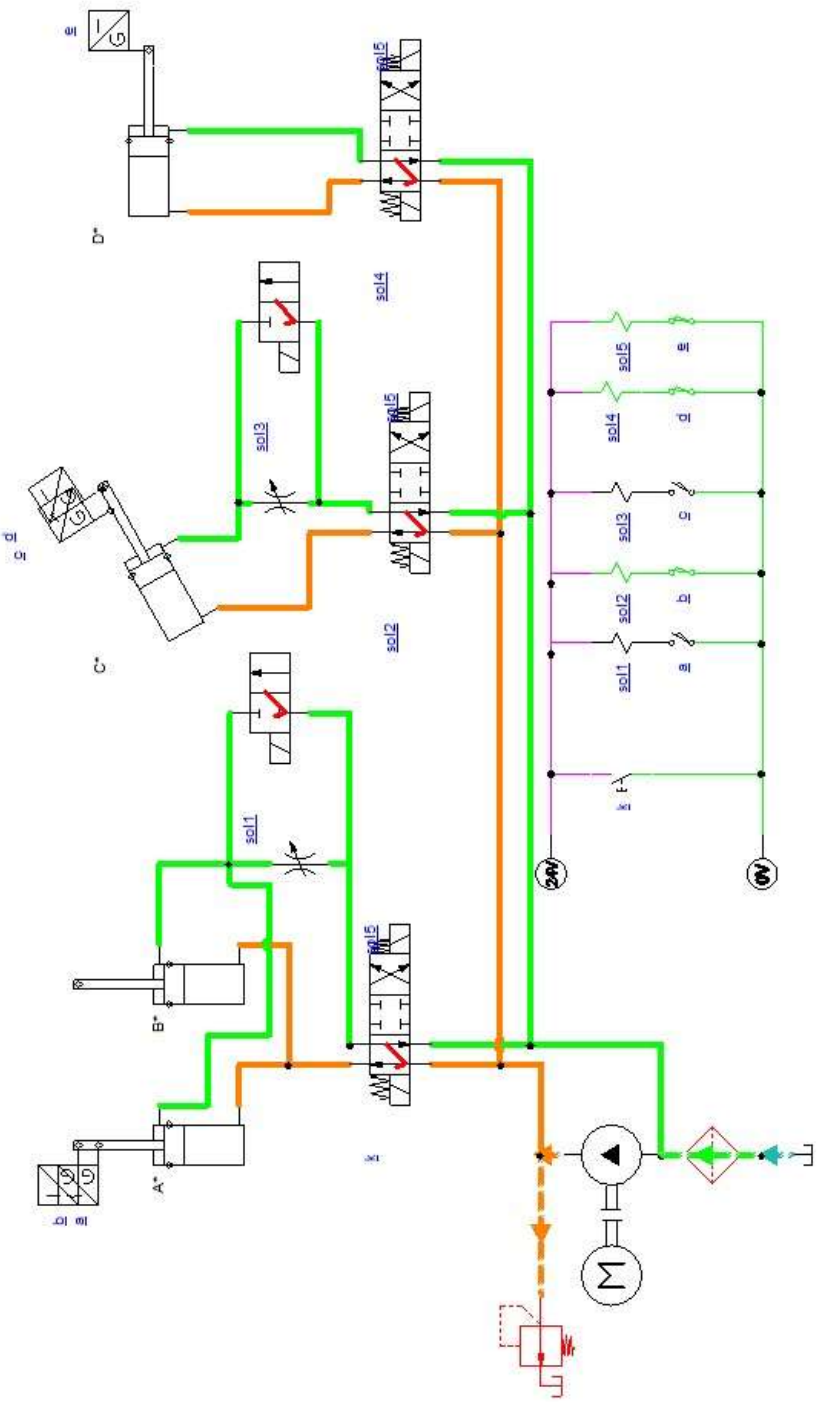


Figure III-62 : État sortie du vérin D

Une fois que la tige du vérin C atteint le capteur d, le signal est donné au troisième distributeur via la bobine magnétique Sol4, ce qui entraîne l'activation du deuxième distributeur et ainsi la tige du vérin D sort à une vitesse de v = 0,2 m/s. pour une distance de 350 mm.

- **État de retour :**

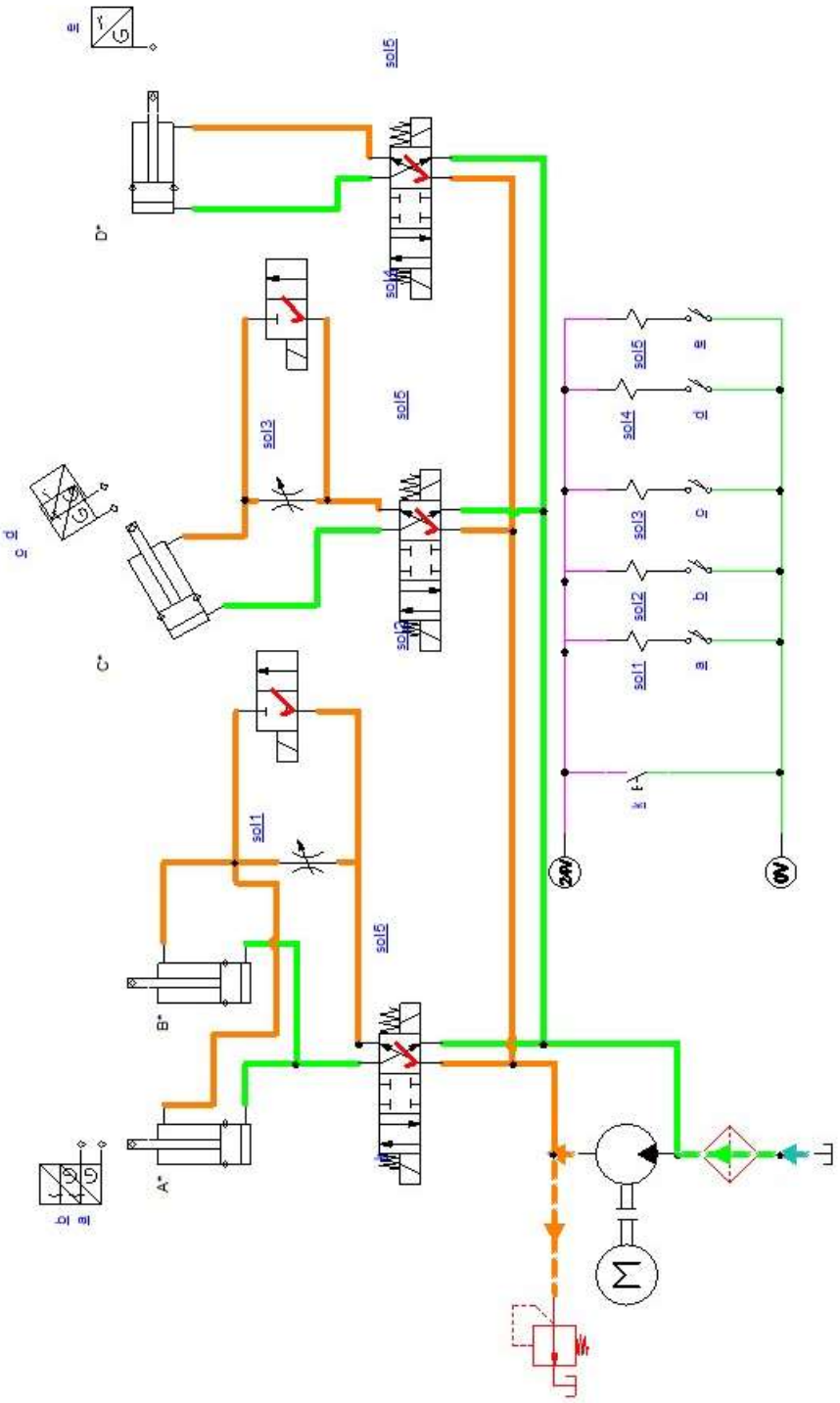


Figure III-63 : État de retour vérins

Une fois que la tige du vérin D touche le capteur e , le signal est donné à la bobine magnétique sol5, ce qui entraîne l'ouverture des interrupteurs et fait ainsi passer les trois positions du distributeur à l'état déchargé, ce qui conduit les trois vérins à revenir à leur position d'origine. et ensemble, transférer l'huile vers le réservoir.

III.5.1 la deuxième réalisation :

Éléments utilisés dans le circuit :

- 4 roues vérins effet, diamètre de piston D = 80 mm et diamètre de tige D = 45 mm
- Pompe à pistons axiaux F12, débit Q = 0,7 l/s, volumétrique = 30 cm³/tr
- Moteur électrique d'une puissance P = 36,3 kW
- 3 distributeurs proportionnels type 4/3
- Filtre, limiteur de pression, réservoir hydrostatique
- 3 manettes

✓ **Schéma de deuxième réalisation :**

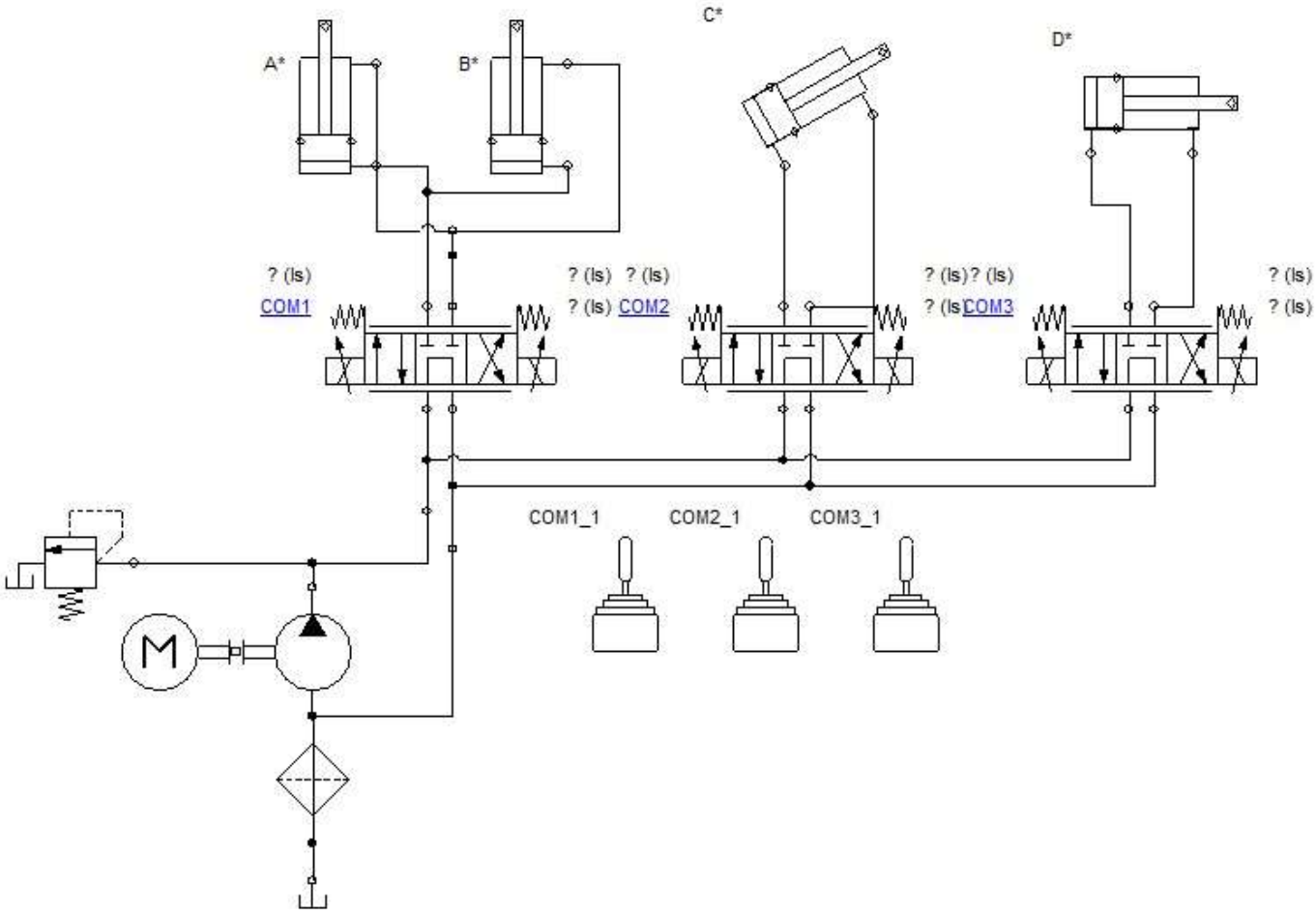


Figure III-64 : Schéma de circuit sur Automation Studio pour l'hydraulique proportionnelle

- **État de repos :**

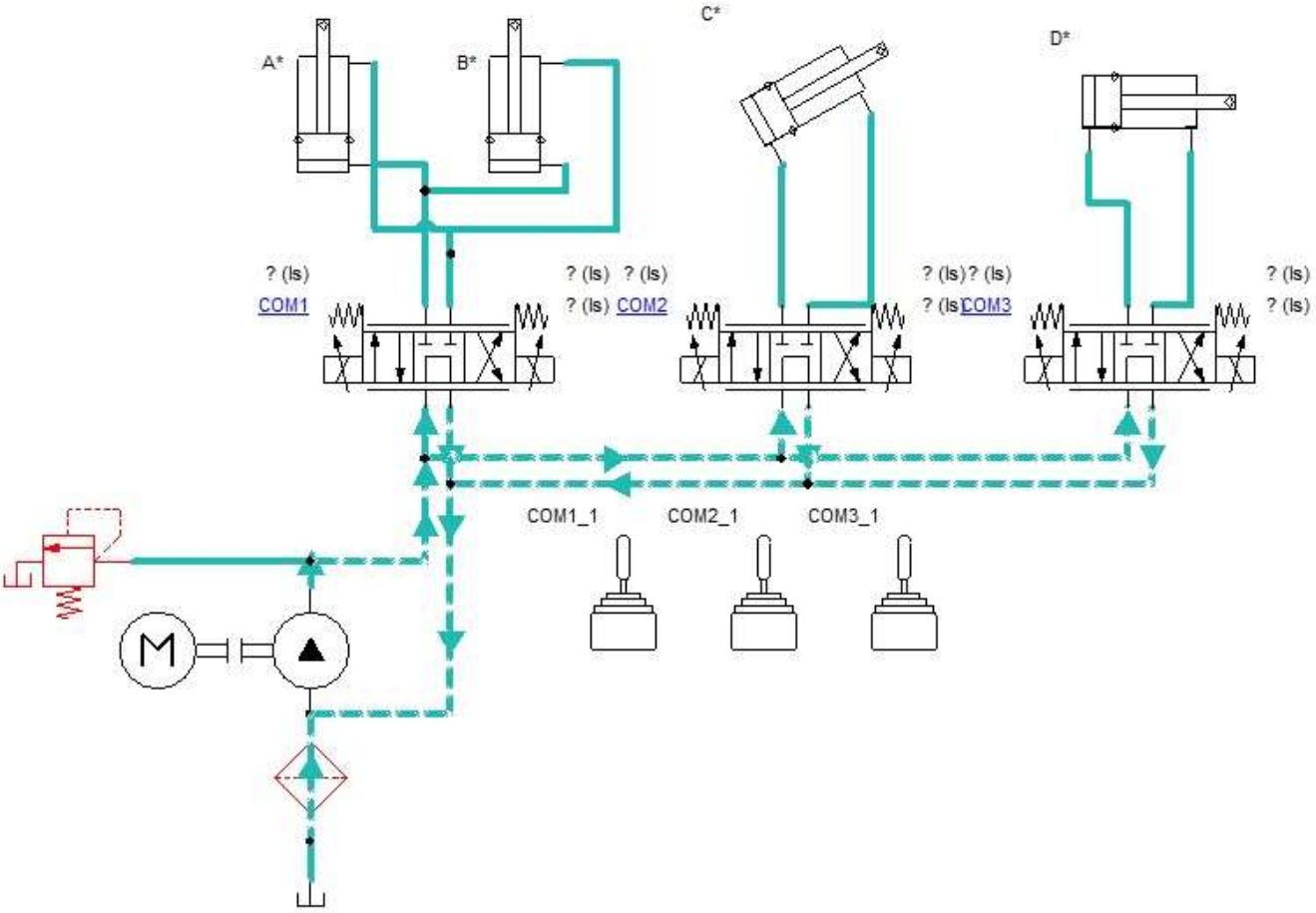
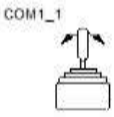
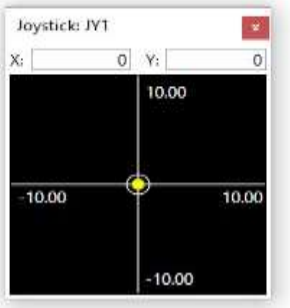


Figure III-65 : Le système est au repos

Au repos, nous remarquons que l'huile sort du réservoir et y retourne, car le distributeur hydraulique proportionnel est en position d'attente et il n'y a aucun mouvement ni écoulement de fluides hydrauliques. La raison est due à l'absence d'alimentation électrique. signal du levier de commande qui est placé en position (0,0). Quant au levier de commande, il est Sa représentation dans le programme est la suivante et pour l'animer



Nous appuyons sur le point jaune puis déplacé sur le côté positif pour déplacer le distributeur vers l'état d'insertion d'huile et ainsi sortir des vérins. En déplacé sur le côté négatif, le distributeur expulse l'huile et renvoie ainsi la roue.



- **Sortie des vérins A et B :**

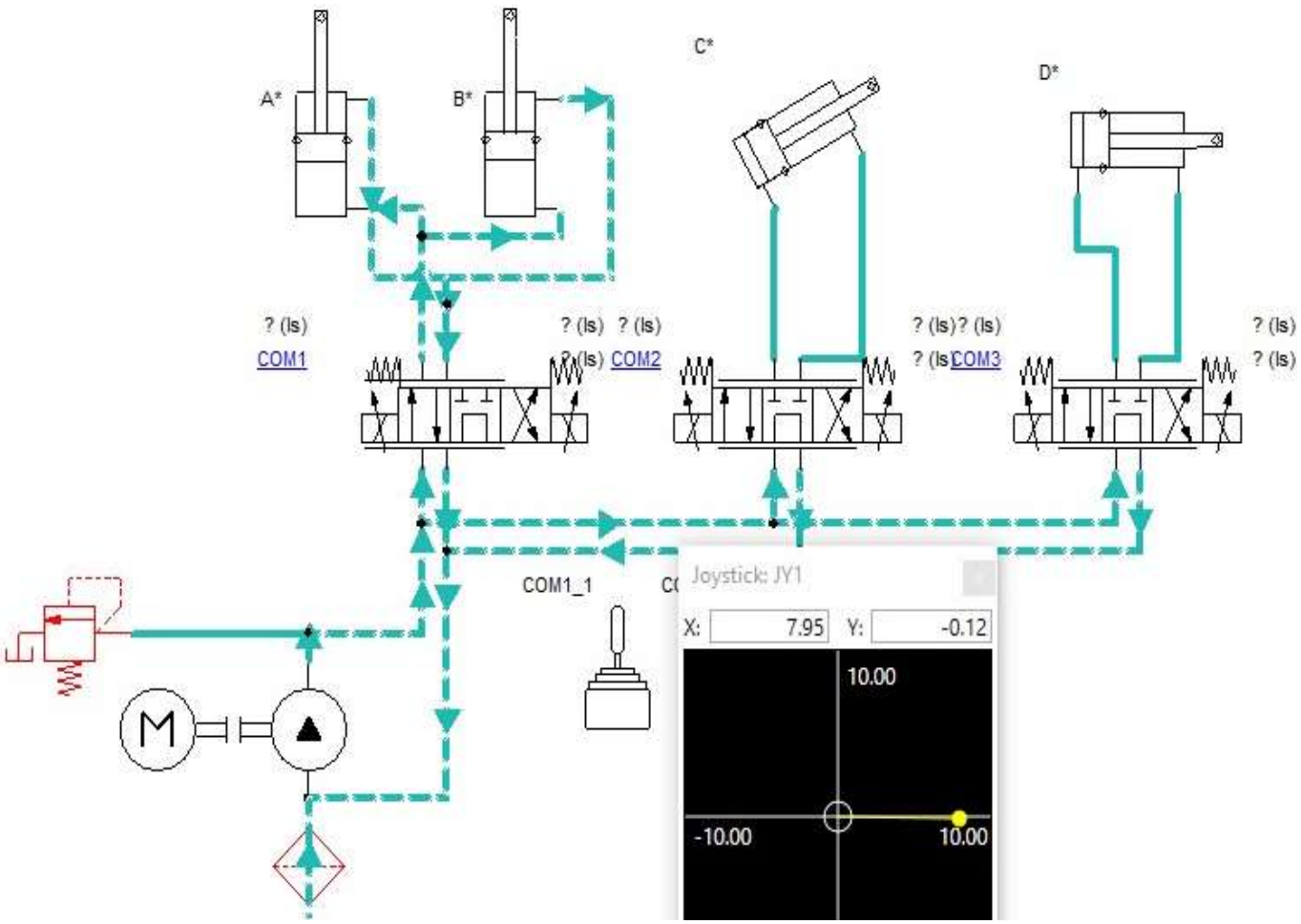


Figure III-66 : État Sortie des vérins A et B

Après avoir déplacé le levier de commande COM1 vers le côté positif, cela active le distributeur proportionnel, et la pompe pousse l'huile qui passe par le distributeur proportionnel des vérins A et B, ce qui conduit à la sortie des vérins A et B jusqu'à ce que le plein la longueur de course est atteinte. La vitesse varie en fonction du pourcentage d'inclinaison du bras de commande.

- **Contrôle les vérins A, B et C ensemble :**

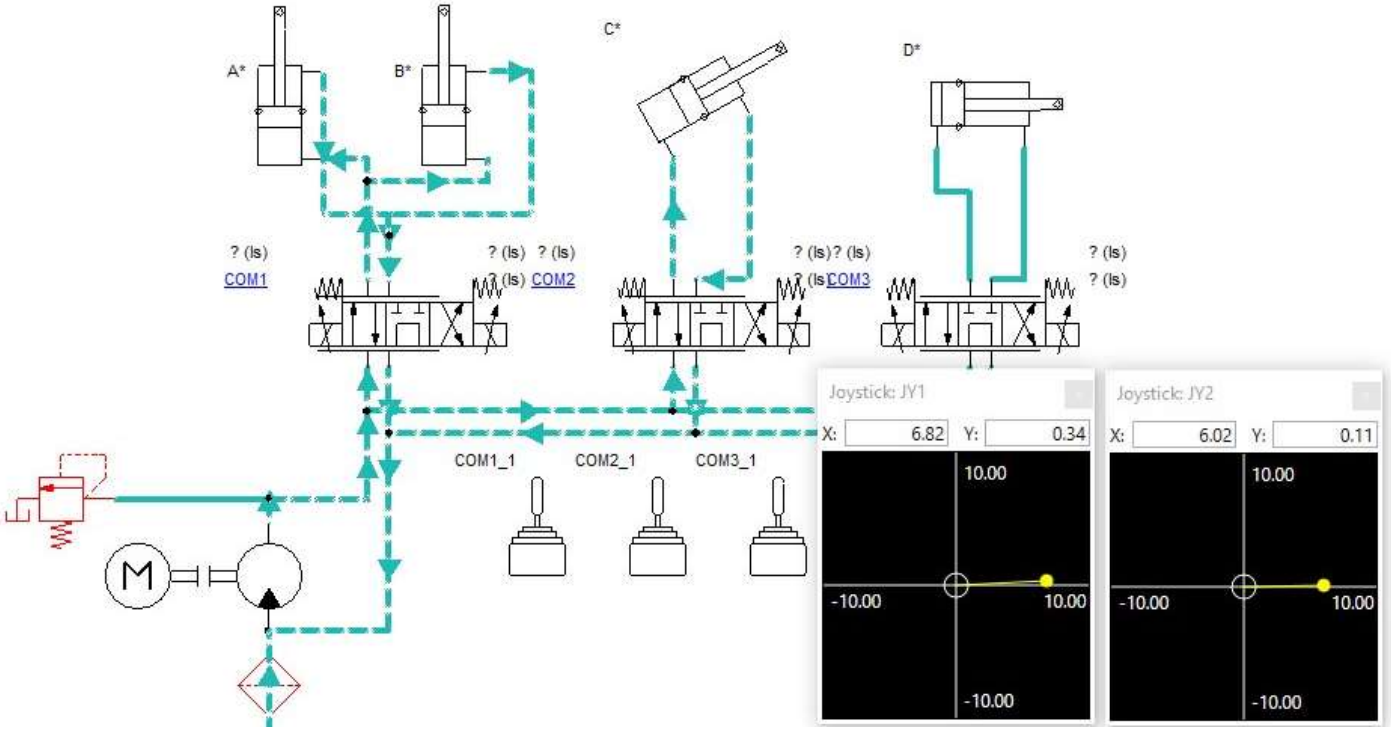


Figure III-67 : Sortie des vérins A, B et C ensemble

Après la sortie des vérins A et B par le levier COM1, on déplace la tige du vérin C vers l'extérieur en activant son distributeur proportionnel à l'aide du levier de commande COM2.

III.6 Conclusion :

Après avoir expérimenté le contrôle de charge à l'aide de deux systèmes, l'un classique et l'autre proportionnel, nous avons constaté que le système hydraulique proportionnel comporte moins de composants, contrairement à son homologue, le système classique à modes limités et débit constant, et est également plus précis en termes de débit. et détermine ainsi différentes vitesses selon des pourcentages spécifiques avec la présence également de modes illimités. Il est plus facile à contrôler car il y a un bras électrique qui envoie des signaux électriques au distributeur proportionnel pour contrôler le débit et la vitesse du débit, car il permet nous permet de contrôler la sortie de la tige du vérin à différentes vitesses et également d'ajuster et d'ajuster la vitesse, la position et l'accélération, et c'est ce dont nous avons parlé dans le deuxième chapitre dans lequel nous avons expliqué les caractéristiques du distributeur proportionnel.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale :

En premier place et parmi nos priorités, nous avons donné une définition générale des systèmes hydrauliques et de leurs circuits, en plus des sources d'énergie hydrauliques, puis avons introduit leurs éléments de base, depuis la pompe et le moteur hydraulique, les types de chacun d'eux, le principe d'utilisation, et les lois propres à chacun, puis a abordé les vérins et les distributeurs, ainsi que les vannes, en mentionnant les types en plus d'autres éléments tels que le réservoir, le filtre et les manomètres.

Quant au deuxième chapitre, qui était à la base de notre intérêt, nous avons discuté des distributeurs proportionnels et des servo-valves, en mentionnant les types et les caractéristiques, et en donnant des exemples de schéma en boîte pour le circuit de commande hydraulique proportionnelle, puis en comparant et en donnant la différence entre eux, en s'appuyant sur diverses sources et plusieurs documents pour obtenir les théories nécessaires à notre travail.

Dans le troisième chapitre, qui était une simulation de circuits hydrauliques, nous avons utilisé le simulateur Automation Studio, qui est utilisé dans la conception, la modélisation et la simulation de systèmes hydrauliques automatiques et est considéré comme un environnement de développement intégré, dans lequel nous avons créé un système hydraulique classique et un système hydraulique avec un distributeur proportionnel en utilisant le livre de charge utile selon les conditions requises pour les quatre propulseurs et les a comparés, tels qu'ils étaient. Les résultats que nous avons obtenus sont tout à fait cohérents avec les théories spéciales des premiers et deuxièmes chapitres. La raison en est due aux limitations du système classique en termes de conditions d'utilisation, en plus de l'utilisation d'un débit constant, qui rend la vitesse constante et ne change pas, avec imprécision et difficulté de contrôle, contrairement au système qui utilise le distributeur proportionnel dans lequel il y a un débit précis et à un pourcentage spécifique, ce qui donne au système des paramètres illimités en plus des vitesses relatives et variables avec précision et réponse rapide dans le système.

En perspective de cette étude préliminaire, nous espérons que les résultats obtenus à partir de la modélisation seront pris en compte, en tenant compte des conditions de l'étude afin d'obtenir des résultats plus précis dans de meilleures conditions.

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] أ. محمد, تأليف أساسيات الأنظمة الهيدروليكية, الزقازيق, 2014, pp. 05-04.

[2] T. Boulay, in Hydraulique Licence GSI, france, 2013.

[3] J.-J. VEUX, in HYDRAULIQUE INDUSTRIELLE,, France, 2000, pp. 32-38.

[4] B. mei, Le Groupe hydraulique et ses constituants, france.

[5] E. Presta, Pompes hydraulique, 2009.

[6] H. LEDUC, Pompes à pistons pour camions, 2018.

[7] R. Kant, HYDRAULIC SYSTEMS, India, 2013.

[8] S. Bellalah, L'hydraulique Industriel, 2010.

[9] G. barré, la shématique hydraulique, 2012.

[10] EATON, Moteurs hydrauliques lents a couple élevé, france, 2000.

[11] N. Dahmane, Les Distributeurs, 2008.

[12] B. SOFIANE, TRANSMISSION DES PUISSANCES, INSTITUT SUPERIEUR DES ETUDES.

[13] M. DAKHLAOUI, Fonctionnement hydraulique des structures réservoirs, france: HAL, 1996.

[14] R. francese, manomètre et thermomètre, lion.

[15] m. m. h. omar, control of gantry and tower cranes, blacksburg virginia, 2003, pp. 63-67.

[16] ANSI, Safety Standard for Low, High Lift Trucks, USA, 2020.

[17] OSH, Sécurité lors de l'utilisation des grues, Arabie Saoudite, 2017, p. 14.

[18] «. une. Joy, Diagnostic des pannes et entretien des équipements lourds , Composition des types d'équipements de forage et leur utilisation, Bagdad, 2011.

[19] C. Komatsu, exploitation et maintenance du bulldozer D355A, Japon, 2017.

[20] I. c. devision, ELECTRO-HYDRAULIC VALVES, East Aurora: MOOG , 2016.

[21] H. SE, Distributeurs à tiroir à commande proportionnelle, MÜNCHEN, 2003.

[22] «Hydraulique-pneumatique et Auto-3».*UFMC 1/ISTA.*

[23] J. L. R. Li, Analysis of Electro-hydraulic Proportional Speed Control System on Conveyer, China, 2012.

[24] «Hydraulique proportionnelle et parallèle,» Organisation générale pour la formation technique et professionnelle, Arabie Saoudite, 2008.

[25] M. A. Oleiwi, Practical Study for Investigation Proportional Pressure, Eng. & Tech. Journal, 2009.

[26] Proportional Elctro-Hydraulic Contorols,, Series-Hybrid Components, 2016.

[27] Proportional flow control valve,, Bosch Rexroth AG, 2017.

[28] automation studio guide, Famic Technologies Inc.

[29] J. A. MacDonald, Handbook of Rigging: Lifting, Hoisting, and Scaffolding for Construction and Industrial Operations, McGraw-Hill Education, 2009.

[30] J. M. Fitzpatrick, Fluid Power Technology: Hydraulics Fundamentals and Hydraulic Components, Pearson, 2015.