

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A-MIRA de BEJAIA



FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département de Génie Electrique

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Electromécanique

Option : Electromécanique

Thème

Structure des circuits hydrauliques et pneumatiques

Application à DANONE

Présenté par :

- KEBBI Mohamed
- BOUKIR Sofiane

Encadré par :

- Mr MOKRANI Ahmed

Examineur :

Mr IMAOUCHEN Yacine

Président :

Mr MEZIANAI Smail

Promotion 2018/2019

Remerciements

Tout d'abord, nous exprimons nos remerciements à Allah le Clément qui nous a donné la force et le courage d'aller au bout de notre objectif.

Nous avons l'honneur et le plaisir d'exprimer notre profonde gratitude à M^r MOKRANI Ahmed, notre promoteur pour ses conseils, orientations et sa disponibilité le long de l'élaboration de ce travail.

Nous tenons aussi à remercier nos encadreurs au niveau de DANONE qui n'ont à aucun moment lésinés leurs efforts pour nous aider.

Nous adressons nos sincères remerciements à l'ensemble des enseignants de la faculté de Technologie qui ont contribué à notre formation.

Nous adressons aussi nos vifs et sincères remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu juger notre travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents

*Et à cette occasion je vous dis merci d'avoir consacré
votre vie pour bâtir la mienne.*

*Que dieu vous protège et vous prête bonne santé et
longue vie.*

A mes frères et sœurs

*A tous mes amis, et ceux qui m'ont soutenu de près ou
de loin en pensées et en prières.*

KEBBI Mohamed

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents

*Et à cette occasion je vous dis merci d'avoir consacré
votre vie pour bâtir la mienne.*

*Que dieu vous protège et vous prête bonne santé et
longue vie.*

A mes frères et sœurs

*A tous mes amis, et ceux qui m'ont soutenu de près ou
de loin en pensées et en prières.*

BOUKIR Sofiane

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Fonctionnement Des Composants Hydrauliques

I.1	Introduction.....	1
I.2	Description générale	1
I.3	Centrale hydraulique	2
I.3.1	Définition d'une Central Hydraulique.....	2
I.3.2	Composition d'une Centrale Hydraulique	3
I.3.3	Structure Schématique Des Systèmes Hydrauliques	4
I.3.4	Les Réservoirs	5
I.3.4.1	Constitution.....	5
I.3.4.2	Symboles.....	6
I.3.5	Les Système de Filtration	6
I.3.5.1	Sélection d'un filtre	6
I.3.5.2	Types de filtres	6
a)	Filtre de compensation d'air	6
b)	Filtre d'aspiration	6
c)	Filtre de pression	7
d)	Filtre de retour	7
e)	Filtre hors-ligne.....	7
I.3.5.3	Efficacité des filtres	7
a)	Efficacité absolue	8
b)	Efficacité relative	8
I.3.6	Les pompes	8
I.3.6.1	Différents types de pompes	8
a)	Les pompes non volumétriques	8
b)	Les pompes volumétriques	9
1)	Les pompes à engrenages	9
a)	À engrenages extérieur	9
b)	À engrenages intérieurs	10
2)	Pompe a palettes	11

3) Pompes à pistons axiaux	12
4) Pompes à piston radiaux	12
I.3.7 Les circuits hydrauliques	13
a) Circuits ouverts	13
b) Circuits fermés	14
I.3.8 Réalisation d'un circuit hydraulique	14
I.4 Les Organes de liaison	15
I.4.1 Les distributeurs	15
I.4.1.1 Symbolisation.....	15
I.4.1.2 Principe de la symbolisation.....	16
I.4.1.3 Les types de distributeurs	16
a) Distributeurs à clapet	17
b) Distributeur à tiroir	17
c) Distributeur à boisseau	17
Distributeurs pilotés	18
I.4.1.4 Les différents types de centres	18
I.4.2 Les Organes de protection et de régulation	19
I.4.2.1 Limiteur de pression	19
a) Le limiteur de pression (soupape de sureté)	19
1- Limitation de pression directe (Standard).....	19
2- Limitation de pression pilotée	20
b) Soupape de séquence	21
c) Le réducteur de pression	21
1- A commande directe	21
2- A commande indirecte	21
I.4.2.2 Réglage de débit	22
a) Les limiteurs du débit	22
b) Régulateur du débit	22
c) Le diviseur de débit	22
I.4.3 Les canalisations	22
a) Les tuyauteries souples	23

b) Les tuyauteries rigides	23
I.4.3.1 Les raccords	24
I.5 Les Organes Récepteurs	24
I.5.1 Les Vérins	24
I.5.1.1 Les différents types de vérin	24
a) Vérin simple effet.....	25
b) Vérin double effet.....	25
c) Vérins spéciaux.....	25
I.5.1.2 Caractéristique d'un vérin	25
I.5.2 Les moteurs hydrauliques	25
I.5.2.1 Principaux types de moteurs hydrauliques	26
a) Moteur à palettes.....	26
b) Moteur à engrenages	26
c) Moteur à pistons radiaux	27
d) Moteur à pistons axiaux	27
I.6 Notions sur les fluides et les paramètres hydrauliques.....	28
I.6.1 Les fluides Hydrauliques.....	28
a) Les huiles minérales	28
b) Les produits aqueux	29
I.6.2 La viscosité	29
a) La Viscosité dynamique	29
b) La viscosité cinématique	29
c) Indice de viscosité V_i	30
I.6.3 Débit et vitesse	31
I.6.4 La Pression	31
I.6.5 Régime d'écoulement	32
I.6.6 Les pertes de charges	33
a) Pertes de charge linéaire	33
b) Pertes de charge singulière	34
I.6.7 Grandeurs associées aux composants du circuit hydraulique	34
I.6.7.1 Caractéristiques associées aux pompes hydrauliques	34

a) La cylindrée	34
b) Les débits	35
1) Le débit moyen théorique	35
2) Le débit moyen réel	35
c) Les puissances	35
1) La puissance mécanique	35
2) La puissance hydraulique	35
d) Les rendements	35
1) Le rendement volumétrique	35
2) Le rendement mécanique	36
3) Le rendement hydromécanique	36
4) Le rendement Global	36
e) Le couple d'entraînement	36
I.7 Autre composants hydrauliques.....	37
I.7.1 Les accumulateurs	37
I.7.1.1 Principe.....	37
I.7.1.2 Les types d'accumulateurs.....	37
a) Accumulateur à membrane	37
b) Accumulateur à piston.....	37
c) Accumulateur à vessie	38
Conclusion.....	38

Chapitre II : Fonctionnement Des Composants Pneumatiques

Introduction :.....	39
II.1 Caractéristiques de la source d'énergie	40
II.1.1 Lois physiques appliquées à la pneumatique	40
II.1.1.1 Loi de Boyle-Mariotte	40
II.1.1.2 Loi de Gay-Lussac	41
II.1.1.3 Equation des gaz parfaits	41
II.1.2 La pression	42

II.1.2.1 Pression atmosphérique :.....	42
II.1.2.2 Pression absolue	42
II.1.2.3 Pression relative	42
II.1.3 Le débit :.....	42
II.1.4 Production de l'air comprimé.....	43
II.1.4.1 Les Composants constituant la centrale d'air comprimé.....	43
II.1.4.2 Les compresseurs d'air	44
II.1.4.2.1 Compresseurs volumétriques	45
II.1.4.2.2 Compresseurs dynamiques	45
A) Compresseurs Rotatifs A Vis	45
B) Compresseurs à palettes	45
C) Compresseurs à pistons	46
D) Compresseur centrifuge	46
II.1.5 Traitement de l'air comprimé	47
II.1.5.1 Les Filtres à air	48
II.1.5.2 Le régulateur (détendeur / mano-détendeur)	48
II.1.5.3 Le lubrificateur	48
II.1.6 Principe de fonctionnement	49
II.1.7 les démarreurs progressifs	51
II.1.8 Sectionneur	51
II.2 les distributeurs.....	52
II.2.1 Constitution	52
II.2.2 Symbolisation des positions repos et activation	52
II.2.3 Stabilité des distributeurs	53

II.2.3.2 Distributeur normalement ouvert NO	53
II.2.3.1 Distributeur normalement fermé NF	53
II.2.3.3 Distributeur monostable	53
II.2.3.4 Distributeur bistable	53
II.2.3.5 Distributeur multi stable	53
II.3 Les Actionneurs.....	54
II.3.1 Caractéristiques des actionneurs linéaires	54
II.3.2 Caractéristiques des moteurs pneumatiques	55
II.3.3 Vérins pneumatiques	55
II.3.3.1 Constitution et principe de fonctionnement d'un vérin	55
II.3.4 Les vérins linéaires simples effet	56
II.3.5 Vérins linéaires double effet	57
II.3.5.1 Principe de fonctionnement	58
II.3.6 L'amortissement fin de course	58
II.3.7 Vérins spéciaux	59
II.3.7.1 Vérin à tige télescopique	59
II.3.7.2 Le vérin à piston ovale	59
II.3.7.3 Le vérin rotatif	59
II.3.7.4 Multiplicateur de pression	60
II.3.7.5 Les vérins sans tige	60
II.3.8 Les moteurs pneumatiques	61
II.3.8.1 Générateur de vide	61
II.3.8.2 Effet venturi	61
II.3.9 Dimensionnement et choix de vérin	62

II.3.9.1 Détermination de la course du vérin	62
II.3.9.2 Détermination du diamètre	62
II.3.9.2.1 Effort théorique	62
II.3.9.2.2 Force dynamique (effort réel).....	63
II.3.10 Calcul de l'effort de rentrée de tige	63
II.3.11 Vitesse du pison	64
II.4 Constituants de modulation de l'énergie.....	64
II.4.1 Le réglage de la vitesse	64
II.4.1.1 Principe de réglage	65
II.4.2 Technique de réglage par limiteur de débit	65
II.4.3 Le réducteur de débit unidirectionnel (RDU)	65
II.4.3.1 Le RDU Vissable	66
II.4.4 Description d'un régleur de vitesse.....	67
II.4.5 Principe de fonctionnement	67
II.4.6 Les bloqueurs	67
II.4.6.1 Techniques de blocage des vérins	67
II.4.6.1.1 Bloqueurs 2/2	67
II.4.6.1.2 Blocage par distributeur 2/2.....	68
II.4.7 Clapet anti-retour	68
II.5 Comparaison entre pneumatique et l'hydraulique.....	69
Conclusion.....	71

Chapitre III : Composants De La Chaîne De Production

III.1 Introduction.....	72
III.2 Présentation de l'entreprise	72
III.2.1 Historique de l'entreprise	72
III.2.2 Situation géographique de l'entreprise	72
III.3 Les différents éléments de la ligne de conditionnement ERCA B4	72
1- Trémie.....	72
2- Le mélangeur	73
3- La conditionneuse	73
4- Doseur.....	74
• Les différents éléments du doseur	74
5- Pompe Pneumatique (DOSYS PUMP)	75
III.4 Description de DOSYS PUMP	75
III.4.1 Les différents raccordements de DOSYS PUMP	76
III.4.2 Les Capteur Utilisés	77
a) Les capteurs I.L.S	77
1- Fonctionnement du capteur I.L.S	77
2- Utilisation du capteur I.L.S sur un vérin	77
b) Capteur BH	77
c) Les électrovannes	77
III.4.3 Principe de fonctionnement du DOSYS-PUMP	78
a) Mode Nettoyage	78
b) Mode Amorçage	78
c) Mode Production	79
III.4.3.1 Procédure de démarrage	81
III.5 Conclusion.....	81

Chapitre IV : Résultats Pratique

IV.1 Introduction.....	82
IV.2 Description fonctionnelle du DOSYS-PUMP.....	82

IV.3 Le Cahier des charges	82
IV.3.1 Les cahiers des charges de notre système.....	82
a) Phase de Production	83
b) Phase de Nettoyage	83
c) Phase d'Amorçage	84
IV.4 GRAFCET.....	84
IV.4.1 Définition.....	84
IV.4.2 Elaboration Des GRAFCETS	84
IV.4.3 Présentation du logiciel AUTOMGEN	85
IV.4.4 Table Des Mnémoniques	86
IV.4.5 Grafcet du principe de fonctionnement du DOSYS PUMP	87
IV.4.6 Grafcet Phase Production (Injection) Niveau 1	88
IV.4.7 Grafcet Phase Production (Injection) Niveau 2	89
IV.4.8 Grafcet Phase Nettoyage Niveau 1	90
IV.4.9 Grafcet Phase Nettoyage Niveau 2	91
IV.4.10 Grafcet Phase Amorçage Niveau 1	92
IV.4.11 Grafcet Phase Amorçage Niveau 2	93
IV.5 Schéma pneumatique proposé pour notre système	94
IV.6 Conclusion.....	94

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

Chapitre I :

Figure I-01 : Centrale Hydraulique.....	3
Figure I-02 : Composition d'un réservoir.....	5
Figure I-03 : Filtre d'aspiration à crépine.....	7
Figure I-04 : Filtre de pression.....	7
Figure I-05 : Symbole de base des pompes.....	8
Figure I-06 : Pompe à engrenages extérieur.....	10
Figure I-07 : Pompe à engrange intérieur.....	10
Figure I-08 : Pompe a palettes à cylindrée fixe.....	11
Figure I-09 : Pompe a palettes à cylindrée variable.....	12
Figure I-10 : Pompe à piston axial (cylindrée fixe).....	12
Figure I-11 : Pompe à piston radial.....	13
Figure I-12 : Circuit hydraulique.....	14
Figure I-13 : Symbole normalisé des distributeurs.....	16
Figure I-14 : Distributeurs à clapet.....	17
Figure I-15 : Distributeur à tiroir.....	17
Figure I-16 : Distributeur à boisseau.....	18
Figure I-17 : Distributeur à commande combinée.....	18
Figure I-18 : Valve de limitation de pression a action directe.....	20
Figure I-19 : Valve de limitation de pression pilotée.....	20
Figure I-20 : Soupape de séquence.....	21
Figure I-21 : Réducteur de pression a action direct (1), et indirect (2).....	21
Figure I-22 : Limiteur du débit.....	22
Figure I-23 : Moteur à palettes.....	26
Figure I-24 : Moteur à engrenages.....	27
Figure I-25 : Moteur à pistons radiaux.....	27
Figure I-26 : Moteur à pistons axiaux.....	28
Figure I-27 : La variation e la viscosité en fonction de la température.....	30
Figure I-28 : Répartition de la pression dans un réservoir.....	31
Figure I-29 : Représentation des types d'écoulements.....	33
Figure I-30 : Accumulateur à membrane.....	37
Figure I-31 : Accumulateur à piston.....	38
Figure I-32 : Accumulateur à vessie.....	38

Chapitre II :

Figure II-01 : Loi de Boyle- Mariotte.....	40
Figure II-02 : Graphique des pressions.....	42
Figure II-03 : Centrale d'air comprimé.....	43
Figure II-04 : Symbole du compresseur intégré.....	44
Figure II-05 : Coupe d'un compresseur rotatif à vis.....	45
Figure II-06 : Principe technologique d'un compresseur à palettes.....	46
Figure II-07 : Compresseurs à pistons.....	46
Figure II-08 : Bloc de conditionnement de l'air.....	48
Figure II-09 : Symboles des filtres à air.....	49
Figure II-10 : Symbole du lubrificateur.....	49
Figure II-11 : Principe de fonctionnement des filtres.....	49
Figure II-12 : Principe de fonctionnement des régulateurs de pression.....	50
Figure II-13 : Principe de fonctionnement de lubrificateur.....	50
Figure II-14 : Principe de fonctionnement d'un démarreur progressif.....	51
Figure II-15 : Symbole du sectionneur.....	51
Figure II-16 : Image réelle d'un distributeur.....	52
Figure II-17 : Constitution d'un distributeur.....	52
Figure II-18 : Exemple de représentation et symbolisation des positions repos et activation....	53
Figure II-19 : Constitution d'un vérin pneumatique.....	56
Figure II-20 : Constitution d'un vérin à simple effet.....	56
Figure II-21 : Symbole d'un vérin simple effet en poussant.....	57
Figure II-22 : Symbole d'un vérin simple effet en tirant.....	57
Figure II-23 : Vérins linéaires double effet.	57
Figure II-24 : Symboles des Vérins linéaires double effet.....	58

Figure II-25 : Vérins doubles effets à amortissement réglable et non réglable.....	58
Figure II-26 : Vérin simple effet a tige télescopique.....	59
Figure II-27 : Vérin à piston ovale.....	59
Figure II-28 : Exemple de réalisation d'un vérin rotatif.....	60
Figure II-29 : Multiplicateur de pression.....	60
Figure II-30 : Vérin double effet sans tige avec amortissement des deux côtés.....	60
Figure II-31 : Symbole d'un vérin double effet sans tige.....	60
Figure II-32 : Image réelle et schéma synoptique du moteur pneumatique à palettes.....	61
Figure II-33 : Constituants d'un générateur de vide.....	61
Figure II-34 : Schéma synoptique déterminant la course d'un vérin.....	62
Figure II-35 : Schéma de principe calculant la poussé d'un vérin.....	62
Figure II-36 : Schéma de principe calculant l'effort de rentrée de tige.....	64
Figure II-37 : Principe de réglage de la vitesse d'un vérin.....	65
Figure II-38 : Principe du réducteur de débit réglable.....	65
Figure II-39 : Principe du réducteur de débit unidirectionnel réglable.....	66
Figure II-40 : RDU fixé sur le distrubuteur.....	66
Figure II-41 : RDU fixé sur le verin.....	66
Figure II-42 : Fonctionnement d'un régleur de vitesse.....	67
Figure II-43 : Blocage des vérins par des bloqueurs 2/2 et distributeurs 2/2.....	68
Figure II-44 : Clapet anti- retour.....	68
Figure II-45 : Clapet anti retour piloté.....	68
Chapitre III :	
Figure III-01 : Procédure de remplissage.....	73
Figure III-02 : Image d'un DOSYS PUMP.....	75

Figure III-03: Raccordements du DOSYS-PUMP.....	76
Figure III-04 : Schéma du Dosys en mode nettoyage.....	78
Figure III-05 : Ensemble Piston-Clapet.....	79
Figure III-06 : Barrière Hydraulique et joints.....	80
Figure III-07 : Clapet Décollé de son siège.....	80
Chapitre IV :	
Figure IV-01 : GRAFCET niveau 2 du principe de fonctionnement du DOSYS-PUMP.....	87
Figure IV-02 : GRAFCET Niveau 1 Phase Production (Injection).....	88
Figure IV-03 : GRAFCET Niveau 2 Phase Production (Injection).....	89
Figure IV-04 : GRAFCET Niveau 1 Phase Nettoyage.....	90
Figure IV-05 : GRAFCET Niveau 2 Phase Nettoyage.....	91
Figure IV-06 : GRAFCET Niveau 1 Phase Amorçage.....	92
Figure IV-07 : GRAFCET Niveau 2 Phase Amorçage.....	93
Figure IV-08 : Schéma pneumatique de notre système.....	94

Chapitre I :

Tableau I-01 : Symboles normalisé des réservoirs.....	6
Tableau I-02 : Représentations de centres.....	19
Tableau I-03 : Les propriétés des huiles de transmission hydraulique TISKA.....	29

Chapitre II :

Tableau II-01 : Caractéristiques des actionneurs linéaires.....	54
Tableau II-02 : Caractéristiques des moteurs pneumatiques.....	55
Tableau II-03 : Comparatif entre l'énergie pneumatique et hydraulique.....	70

Chapitres III :

Tableau III-01 : Les différents Raccordements du DOSYS-PUMP.....	76
--	----

Chapitre IV :

Tableau IV-01 : Les différentes entrées et sorties du DOSYS PUMP.....	86
---	----

La liste des abréviations

Symbole	Désignation
F	La force développée par le vérin
P	la pression de service
S	la section (S) du piston
μ	viscosité dynamique
f	force de frottement en Newton.
s	surface des filets fluides
dv	différence de vitesse.
dl	la distance entre les surfaces fluides considérées.
ν	viscosité cinématique
ρ	Masse volumique
V_i	Indice de viscosité
L	viscosité de l'huile asphaltique
U	viscosité de l'huile paraffinique
H	viscosité de l'huile examiné
Q_v	Débit volumique
V	Déplacement linéaire des molécules en unités de longueur par unité de temps
A	Aire en unités carrées de la section prises perpendiculairement au déplacement du fluide.
Re	Nombre de Reynolds
U	La vitesse d'écoulement
D	le diamètre intérieur du tube
λ	Le coefficient de perte de charge.
l	La longueur de la canalisation
g	accélération de la pesanteur
ε	hauteur moyenne des aspérités
ξ	coefficient de perte de charge fonction de la singularité
$Q_{théo}$	Le débit moyen théorique
N	La vitesse de rotation
Cyl	La Cylindrée
Qréel	Le débit moyen réel
P_m	La puissance mécanique
C	Couple d'entraînement de pompe
ω	vitesse angulaire
P_{sth}	Pression de sortie théorique

La liste des abréviations

P_e	Pression d'entrée
P_{hyd}	La puissance hydraulique
η_v	Le rendement volumétrique
η_m	Le rendement mécanique
η_{hd}	Le rendement hydromécanique
ΔP	Différence de pression aux bornes de la pompe
η_g	Le rendement global
PC	La partie commande
α	Coefficient de dilatation isobare.
K	Constante des gazes parfaits.
SI	Système international.
Pabs	Pression absolue.
Prel	Pression relative.
Patm	Pression atmosphérique.
FRL	Filtre régulateur et lubrificateur.
NO	Normalement ouvert.
NF	Normalement fermé.
Q	Débit d'air comprimé.
P	Pression de service.
E	Orifices d'échappement de l'air.
Pc	Pression d'alimentation.
Pu	Pression utile.
RDU	Réducteur de débit unidirectionnel
Ft	Effort théorique axial.
Fr	Effort réel.
Ff	Forces de frottement et divers.
Fs	Force statique.
Fcharge	Effort à vaincre pour déplacer la charge
T	Taux de charge.
Stige	La surface de la tige.
Spiston	La surface du piston

Introduction générale

A travers l'histoire l'être humain n'a pas cessé de recourir à différentes techniques permettant l'usage de différentes formes d'énergies pour accomplir des tâches qui lui sont impossibles, difficiles, ou à caractère répétitif.

Parmi ces énergies on citera l'énergie hydraulique et l'énergie pneumatique qui sont le sujet de notre étude.

L'hydraulique est une science appliquée qui traite l'étude des propriétés mécaniques des fluides ; de nos jours son évolution permet d'exploiter des forces avec économie dans différents environnements pour déplacer, soulever ou descendre des charges importantes dans différentes directions et vitesses. La longue durée de vie des composants incite à faire recours à cette dernière dans les installations industrielles. Un circuit hydraulique est composé des éléments suivants :

- Générateur (centrale hydraulique)
- Éléments de liaison (distributeur, canalisation, organes de protection et de régulation)
- Récepteurs hydrauliques (vérins, moteurs hydrauliques)

Le mot pneumatique, vient du grec pneumos, qui signifie souffle ; dans le passé l'air a été utilisé dans le domaine des transports maritimes pour la propulsion des bateaux, et dans l'entraînement des moulins. Dans l'industrie contemporaine un nombre important de machines et de procédés fonctionnent à base de cette énergie pour des tâches appliquées à des charges légères qui nécessitent une vitesse d'exécution plus élevée. Une chaîne d'énergie pneumatique se compose des éléments suivants :

- Compresseur
- Unité de conditionnement
- Distribution
- Actionneur

Afin de fournir des automatismes évolués avec les deux énergies (hydraulique et pneumatique) associées à l'énergie électrique.

Au cours de ce mémoire l'étude théorique des circuits hydrauliques et pneumatiques nous a conduit à résoudre notre problématique qui s'intitule comme suit : étude des différents modes de fonctionnement du système DOSYS PUMP de la machine ERCA-B4 au sein de l'entreprise DANONE SPA Algérie, et l'implémentation des graphiques réalisés sous AUTOMGEN.

Dans le premier chapitre, on a présenté les caractéristiques des composants et les notions de base des systèmes hydrauliques.

Dans le deuxième chapitre, nous avons étudiés les différents composants qui constituent les circuits pneumatiques.

Le troisième chapitre est consacré à la description les différents éléments de la ligne de conditionnement et la présentation des équipements de la pompe doseuse d'arômes de la machine ERCA B4 ainsi que leurs identifications.

Le quatrième chapitre présentera la description du fonctionnement séquentiel du cahier de charge et l'élaboration des différents GRAFCETs.

Chapitre I

Fonctionnement Des Composants Hydrauliques

I.1 Introduction

L'hydraulique est un moyen de transmission d'énergie à distance par l'intermédiaire d'un liquide. Les liquides étant très peu compressibles, une très faible réduction de volume amène une rapide augmentation de pression qui se transforme en tous point du circuit.

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

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

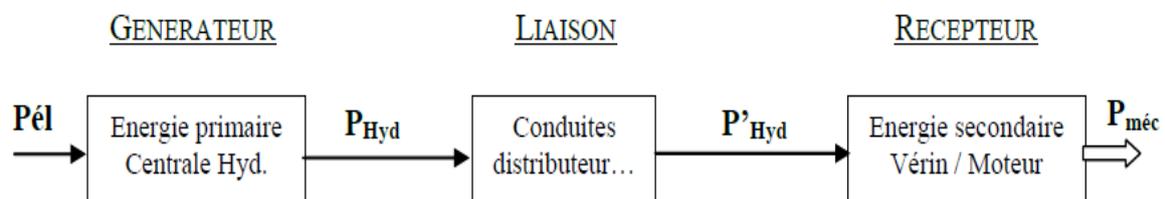
I.2 Description générale

Un circuit d'hydraulique industrielle est constitué de 3 zones [1] :

- **1^{er} zone** : Source d'énergie : c'est un générateur de débit. (Centrale hydraulique)
- **2^{ème} zone** : Récepteurs hydrauliques : transforment l'énergie hydraulique en énergie mécanique. (Vérin, moteur hydraulique)
- **3^{ème} zone** : Liaison entre les deux zones précédentes.

On peut trouver dans cette zone :

- Des éléments de distribution (distributeur).
- Des éléments de liaison (tuyaux ou canalisations).
- Des accessoires (appareils de mesure, de protection, de stockage d'énergie et de régulation).



I.3 Centrale hydraulique

I.3.1 Définition d'une Central 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.

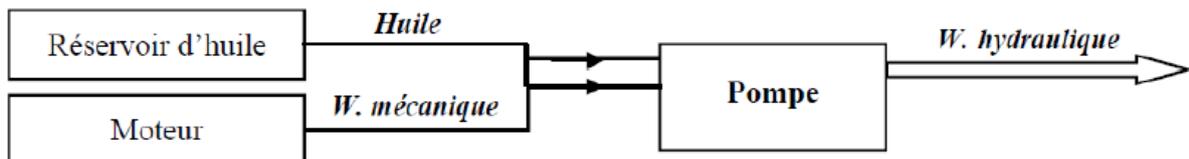
Elle est constituée essentiellement d'un réservoir d'huile, d'un moteur et d'une pompe et d'un système de filtration.

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

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

Pompe : sa fonction consiste à :

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



Une centrale hydraulique doit contenir aussi d'autres composants (filtre, limiteur de pression, manomètre, ...) [2].

I.3.2 Composition d'une Centrale Hydraulique

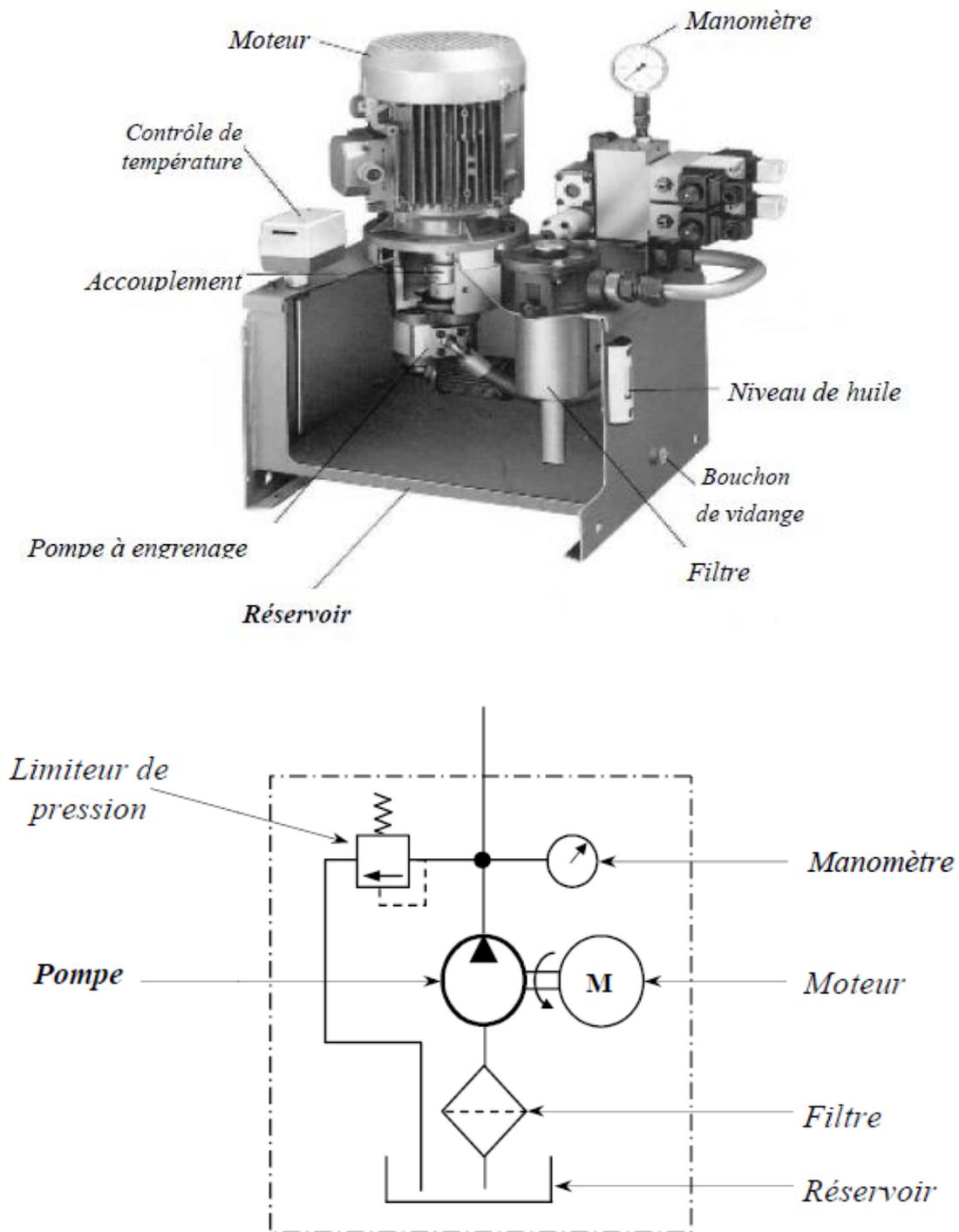
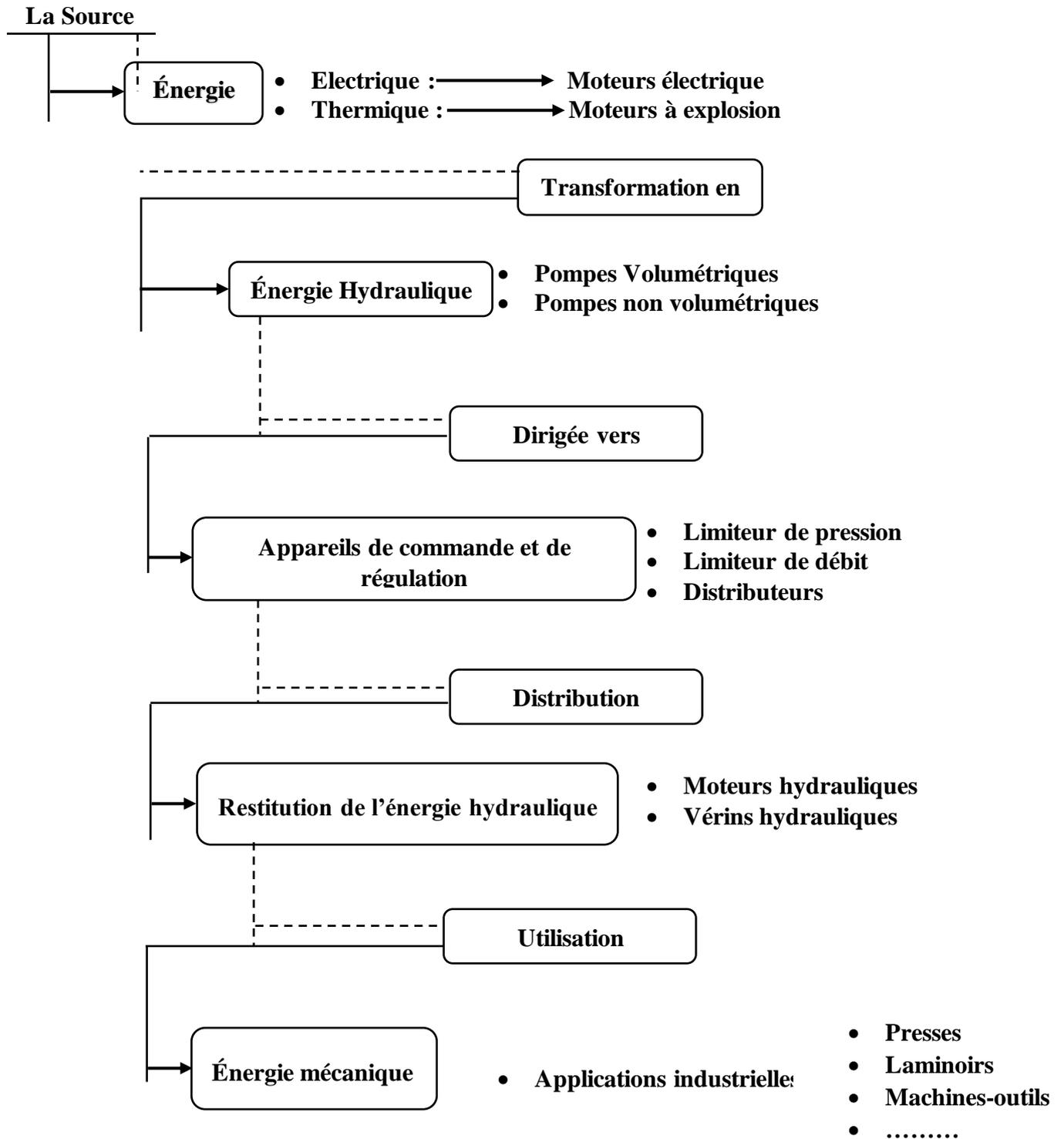


Figure I-01 : Centrale Hydraulique.

I.3.3 Structure Schématique Des Systèmes Hydrauliques



I.3.4 Les Réservoirs

Toute installation hydraulique possède un réservoir qui doit principalement recueillir le fluide de travail nécessaire au fonctionnement de cette installation. Il s'agit généralement d'huile. Ce réservoir doit toutefois remplir d'autres tâches pour lesquelles, bien sûr il a été fabriqué. Ainsi, le réservoir sert aussi au refroidissement du fluide par le circuit hydraulique. Sa taille s'adapte au débit de la pompe et au réchauffement qui en résulte.

On choisit le volume du réservoir afin qu'il ait environ 3 et jusqu'à 4 fois le débit de la pompe par minute [1].

I.3.4.1 Constitution

Un réservoir est constitué de :

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

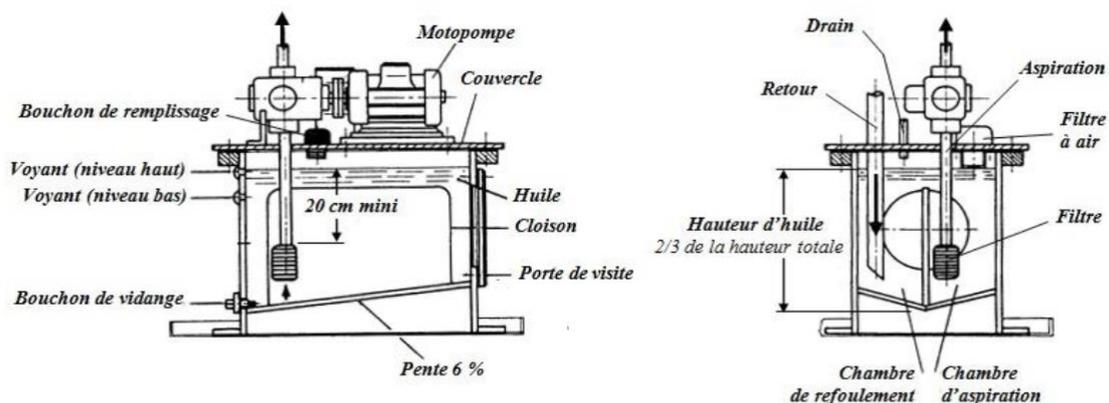


Figure I-02 : Composition d'un réservoir.

I.3.4.2 Symboles

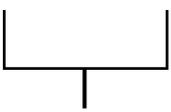
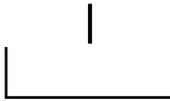
				
Réservoir à pression atmosphérique	Réservoir sous pression	Tuyauterie partant d'un réservoir en charge	Tuyauterie immergée	Tuyauterie au-dessus du niveau de l'huile

Tableau I-01 : Symboles normalisé des réservoirs.

I.3.5 Les Système de Filtration

Si on analyse, les pannes se produisant sur les installations hydrauliques, on constate qu'un grand nombre de celle-ci proviennent du mauvais état du fluide hydraulique.

L'huile sous pression, circulant dans l'installation, véhicule toutes sortes d'impuretés peuvent être abrasives ou non abrasives. Dans tous les cas, il faut absolument les éliminer, car elles provoqueront des pannes et une usure anormale des composants amenant rapidement des fuites. C'est le rôle de la filtration [1].

I.3.5.1 Sélection d'un filtre

Le choix du filtre et de ses dimensions dépend des conditions techniques suivantes [1] :

- Du type d'installation.
- De la pression de l'installation.
- Du débit d'huile au passage par l'installation.

I.3.5.2 Types de filtres [1], [2]**a) Filtre de compensation d'air**

Lorsque le niveau de fluide varie dans le réservoir à la suite d'une fluctuation (besoin inégal) dans le circuit, le filtre d'air assure la compensation d'air entre le réservoir et l'environnement. On dit alors que le réservoir respire.

b) Filtre d'aspiration

Appelés aussi crépines, le montage du filtre se fait dans la canalisation d'aspiration pour protéger la pompe des dommages causés par des corps étrangers.



Figure I-03 : Filtre d'aspiration à crépine.

c) Filtre de pression

Le filtre de pression est monté, comme son nom l'indique, dans le débit du fluide. On pose le filtre, le plus souvent directement avant l'appareil de pilotage ou avant l'appareil de régulation.



Figure I-04 : Filtre de pression.

d) Filtre de retour

Le montage des filtres se fait sur la conduite de retour situés entre la vanne de contrôle et le réservoir de fluide. La totalité de l'huile est filtrée. Ils sont conçus pour capturer les débris résultant de l'usure mécanique des composants du système hydraulique avant que le fluide revienne dans le réservoir.

e) Filtre hors-ligne

Ces filtres sont utilisés indépendamment du système hydraulique pour nettoyer le fluide hydraulique avant qu'il pénètre dans le système hydraulique même. Le fluide est envoyé depuis le réservoir dans le filtre, puis revient dans le réservoir [3].

I.3.5.3 Efficacité des filtres

L'efficacité d'un filtre s'exprime par la taille des particules arrêtées par celui-ci, exprimée en μm (10^{-3}mm) [3].

a) Efficacité absolue

On indique alors la taille minimale des particules qui seront toutes arrêtées. Par exemple, un filtre absolu à 10 μm ne laissera passer aucune particule de taille $> 10 \mu\text{m}$. C'est une indication contraignante pour le fabricant, ce qui explique pourquoi cette garantie est peu utilisée, on parle plus souvent d'efficacité relative.

b) Efficacité relative

On donne l'efficacité relative d'un filtre, par taille nominale de particules, en indiquant le pourcentage de particules arrêtées. Par exemple, un filtre ayant une efficacité de 95% à 10 μm ne laissera passer que 5% de particules de 10 μm , en un seul passage. On peut indiquer plusieurs efficacités pour des tailles de particules différentes.

I.3.6 Les pompes

Les pompes sont des appareils conçus pour transformer une énergie mécanique ou électrique en énergie hydraulique. Elle aspire avec une très faible dépression, le fluide contenue dans un réservoir à pression atmosphérique. La pompe produit le débit nécessaire pour l'établissement de la pression mais ne peut d'elle-même produire une pression. C'est le freinage à la circulation de ce débit qui crée l'augmentation de la pression dans le circuit. Donc, la pompe est une génératrice de débit dont la résistance mécanique est liée à une pression maximale de refoulement [2], [4].

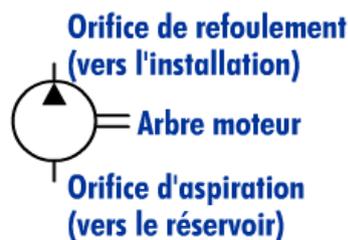


Figure I-05 : Symbole de base des pompes.

I.3.6.1 Différents types de pompes

Il existe sur le marché plusieurs types de pompes hydrauliques [2], [4], à savoir :

a) Les pompes non volumétriques

Une pompe transforme généralement une énergie cinétique en énergie de pression. Les pompes communiquent aux molécules d'huile une certaine vitesse que l'on transforme en pression, ce sont :

- Les pompes centrifuges.

- Les pompes à hélices.

Ces pompes n'ayant pas d'étanchéité interne ne permettent pas de gain de pression important, leur fuites internes sont élevées. Elles fournissent des débits élevés sous de faible pression et sont surtout utilisées comme pompe de transfert [4].

b) Les pompes volumétriques

Le débit est généralement pulsatile et varie peu lorsque la pression augmente. En effet, il existe une étanchéité entre les pièces en mouvement donc les fuites internes des pompes sont assez faibles. L'un des paramètres essentiels des pompes volumétriques est sa cylindrée (volume du cylindre) [2].

Nous étudierons ici que les pompes volumétriques qui sont utilisées généralement en hydraulique.

1) Les pompes à engrenages

Ces sont les pompes standards, simples de point de vue construction, admettre un rendement élevé, un petit gabarit une grande durée de vie. Elles ont une cylindrée fixe et fonctionne entre 10 et 250 bars. Il en existe deux types, à dentures extérieures et à dentures intérieures [4], [5].

a) À engrenages extérieur

Cette pompe comporte deux pignons, le pignon menant entraîne le second pignon. L'huile est entraînée dans les espaces laissés libre entre les dents des pignons et les parois du carter. Arrivée à l'orifice de refoulement, l'huile est expulsée vers la canalisation extérieure [1].

- Avantages et caractéristiques

- Aisée à mettre e œuvre
- Faible prix de revient
- Débit de sortie régulier
- Pression de service jusqu'à 250 bars
- Vitesse de rotation jusqu'à 4000 tr/mn
- Cylindrée de 3 à 150 cm³
- Rendement relativement faible de 0.7 à 0.8.

- Inconvénient

- Bruyante et durée de vie moyenne (frottement)

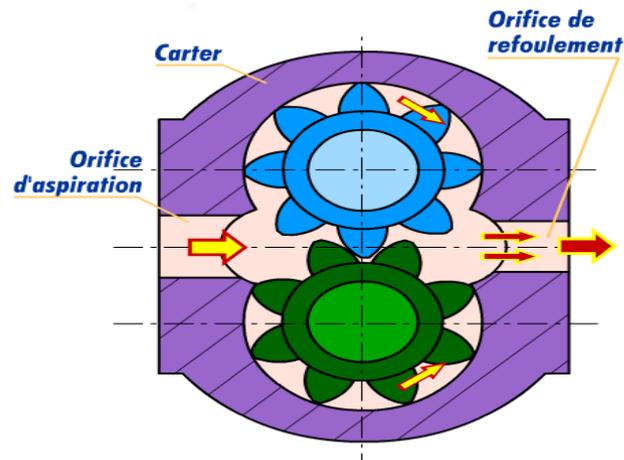


Figure I-06 : Pompe à engrenages extérieur

b) À engrenages intérieurs

Cette pompe comporte un rotor denté qui entraîne une roue à denture interne. L'espace entre les dents, en zone d'aspiration, augmente et l'huile est aspirée. Dans le même temps, l'espace entre les dents dans la zone de refoulement diminue et l'huile est expulsée vers le circuit hydraulique [5].

- Avantages et caractéristiques

- 1- Très bas niveau sonore.
- 2- Débit de sortie régulier.
- 3- Auto aspirante.
- 4- Pression de service jusqu'à 250 bars.
- 5- Vitesse de rotation de 300 à 3000 tr/mn.
- 6- Cylindrée de 3 à 250 cm³.
- 7- Rendement acceptable 0.9.

- Inconvénient

- 1- Le prix est relativement élevé

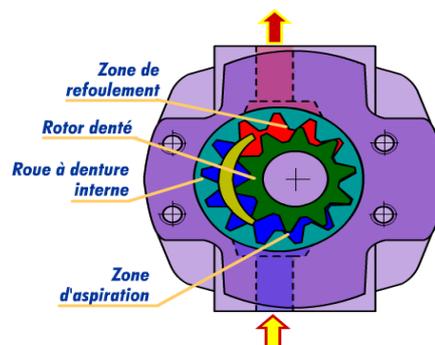


Figure I-07 : Pompe à engrange intérieur

2) Pompe a palettes

Elle est aussi standard, fonctionne sur la même plage de pression que les pompes à engrenages. Elles sont en revanche très silencieuses.

Pour accepter les 200 bars, Elles doivent être équilibrées, en effet le déséquilibre pression d'aspiration d'un côté et pression de refoulement de l'autre côté crée des efforts sur les paliers, et si on arrive à doubler le refoulement et l'aspiration de façon symétrique les efforts s'équilibrent. Elles ont un rendement d'environ 0,9. L'unité d'entraînement est accouplée au rotor. Celui-ci est constitué de palette libre radialement. Par la force centrifuge elles viennent frotter sur la surface interne du stator et dans la partie d'agrandissement des volumes aspirer le fluide et dans la partie de rétrécissement des volumes refouler le fluide sous pression.

Elles sont aussi bien à cylindrée fixe qu'à cylindrée variable. La variabilité consiste juste à faire varier l'excentricité entre le rotor et le stator [4], [5].

- Avantages et caractéristiques

- 1- Aisée à mettre en œuvre.
- 2- Faible prix de revient.
- 3- Débit de sortie régulier.
- 4- Auto aspirante.
- 5- Pression de service jusqu'à 250 bars.
- 6- Vitesse de rotation de 300 à 3000 tr/mn.
- 7- Cylindrée de 10 à 280 cm³.
- 8- Rendement acceptable 0.8 à 0.9.

- Inconvénient

- 1- Usure du corps par frottement des palettes, Prix élevé.

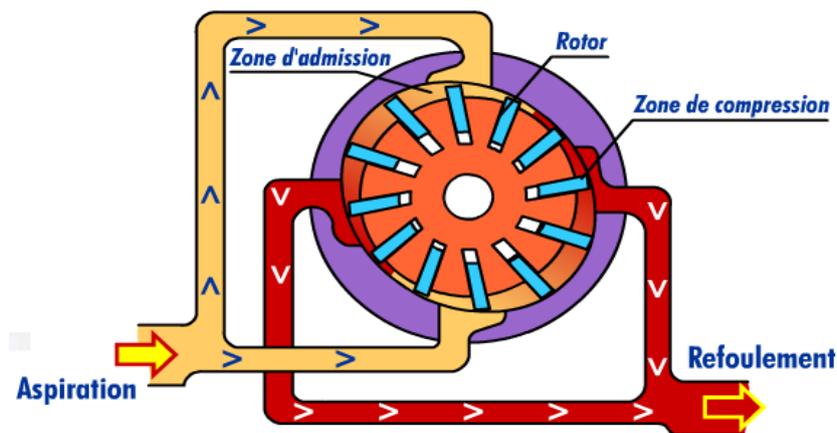


Figure I-08 : Pompe a palettes à cylindrée fixe

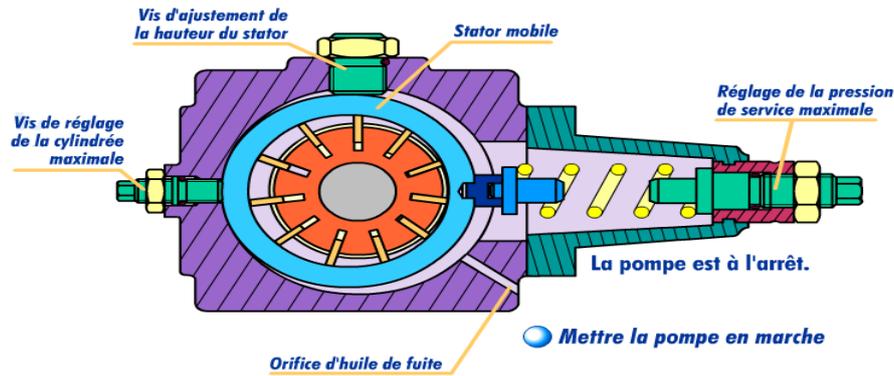


Figure I-09 : Pompe à palettes à cylindrée variable.

3) Pompes à pistons axiaux

Ce sont des pompes hautes performances. Elles peuvent fournir des débits importants (jusqu'à 500l/mn).

On les utilise pour des pressions de 250 à 400 bars, elles sont relativement bruyantes et elles ont un rendement d'environ 0,9. En fonction de la technologie utilisée elles sont à cylindrée fixe ou variable.

On peut en définir 4 configurations :

- Glace fixe, bloc cylindre tournant, axe d'entraînement brisé, cylindrée fixe.
- Plateau tournant, bloc cylindre fixe, axe d'entraînement aligné, cylindrée fixe.
- Glace fixe, bloc cylindre tournant, axe d'entraînement aligné, cylindrée variable.
- Plateau fixe mais inclinable, bloc cylindre tournant, axe d'entraînement aligné, cylindrée variable [1], [5].

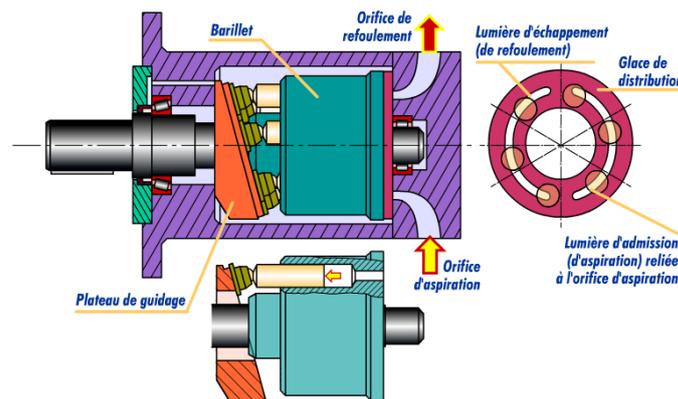


Figure I-10 : pompe à piston axial (cylindrée fixe).

4) Pompes à piston radiaux

Cette pompe dispose d'un arbre moteur avec un excentrique qui actionne alternativement les pistons situés sur sa circonférence. L'encoche creusée dans l'excentrique

permet la circulation de l'huile vers le piston vers la phase d'aspiration. Deux clapets qui permettent d'isoler la chambre de refoulement.

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

On les utilise pour des pressions supérieures à 350 bars, elles sont très silencieuses, et elles sont utilisées dans les cas de fort débit. Leurs rendements sont environ 0,9, et elles peuvent être à cylindrée fixe ou variable [2], [5].

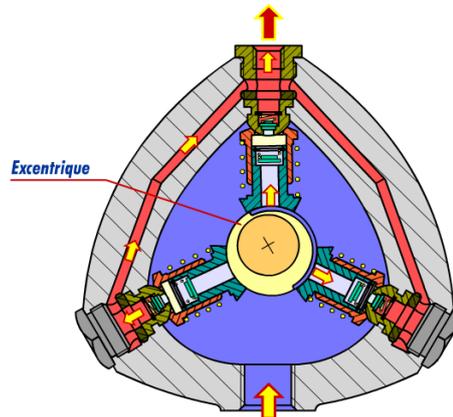


Figure I-11 : Pompe à piston radial

I.3.7 Les circuits hydrauliques

Un circuit d'hydraulique industriel est représenté schématiquement par des symboles conventionnels normalisés. Le rôle d'un schéma hydraulique est de donner un moyen pratique et simple de représentation d'une installation hydraulique [6], [7].

a) Circuits ouverts

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

Ces circuits sont les plus simples à concevoir mais présentent un inconvénient : en effet, la pompe aspirant à la pression atmosphérique (à 1 bar de pression absolue), celle-ci ne peut créer qu'une perte de charge minimale (de l'ordre de -0,2 bar maxi) dans la conduite d'aspiration la reliant à la bêche. En conséquence, pour un débit donné, la taille de la pompe devra être relativement importante à cause de ses tubulures d'aspiration (externes et internes).

Si la perte de charge à l'aspiration venait à augmenter, alors une cavitation se produirait, détériorant la pompe rapidement.

b) Circuits fermés

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.

I.3.8 Réalisation d'un circuit hydraulique

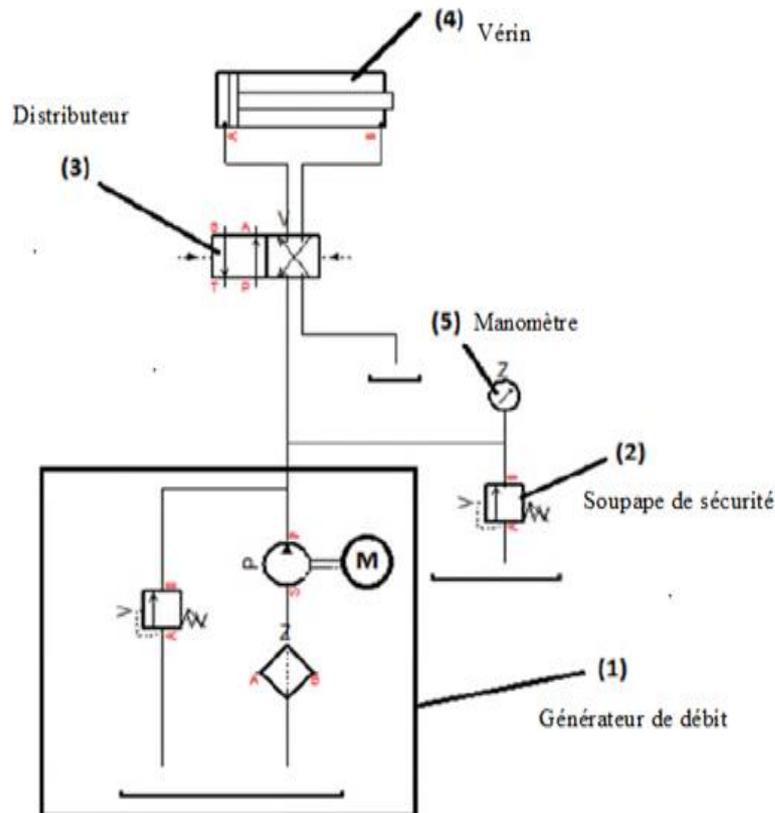


Figure I-12 : Circuit hydraulique

Toute installation hydraulique possède un groupe générateur de débit (bloc 1) comprenant le réservoir d'huile ou bêche. La pompe et le moteur électrique (ou thermique) d'entraînement de la pompe. Le choix de celle-ci, organe principal du circuit hydraulique, est fait en fonction du service qu'elle doit effectuer, la pression et le débit nécessaire sont les deux facteurs qui vont conditionner essentiellement le choix de cette pompe.

Pour protéger l'installation et éviter, en particulier, la destruction de la pompe en cas de surcharge accidentelle, il faut placer sur la tuyauterie de refoulement en dérivation, un organe de sécurité limitant la pression à une valeur tout au plus égale à la pression maximale d'utilisation de la pompe.

Ce rôle est joué par les limiteurs de pression (2) à commande directe ou indirect. Même avec les pompes à débit variable, dites à annulation de débit, il sera judicieux de placer un limiteur de pression de type à commande directe de manière à obtenir une ouverture aussi rapide que possible. Le limiteur de pression taré à une valeur légèrement supérieure de celle du compensateur de pression de la pompe.

Il arrive fréquemment que le temps de fonctionnement des organes récepteurs (4) hydraulique soit très court. Aussi, pendant les temps d'arrêt, un maintien de pression n'est pas nécessaire (dans le cas d'utilisation d'une pompe à débit constant), il est conseillé de prévoir une décharge libre de la pompe au réservoir. Pour cela, il est possible à un limiteur de pression à commande indirecte de fonctionner en valve de décharge [7].

I.4 Les Organes de liaison

I.4.1 Les distributeurs

Les distributeurs sont des appareils qui permettent d'orienter ou de diriger la veine fluide dans une direction donnée. Il peut être à deux, trois, quatre ou une multitude d'orifice. Les différentes positions de service sont obtenues au moyen de commandes manuelles, électriques, pneumatiques ou hydrauliques. Le distributeur est constitué de trois parties : le corps, le tiroir et les éléments de commande et se caractérise par le nombre d'orifices, le nombre de positions, la nature de la commande, le débit et la pression maximale admissible [1].

I.4.1.1 Symbolisation

Un distributeur est caractérisé par :

- Par le nombre des orifices : 2, 3, 4 ou 5 (Pneumatique) et A, B, P et T (hydraulique).
- Par le nombre des modes de distribution ou positions : 2 ou 3.
- Par le type de commande du pilotage assurant le changement de position : simple pilotage avec rappel par ressort ou double pilotage, avec éventuellement rappel au centre par ressort dans le cas des distributeurs à 3 positions.
- Par la technologie de pilotage : Hydraulique-pneumatique, électropneumatique ou mécanique.
- Par la technologie de commutation : clapets, tiroirs cylindriques, tiroirs plans [1].

I.4.1.2 Principe de la symbolisation

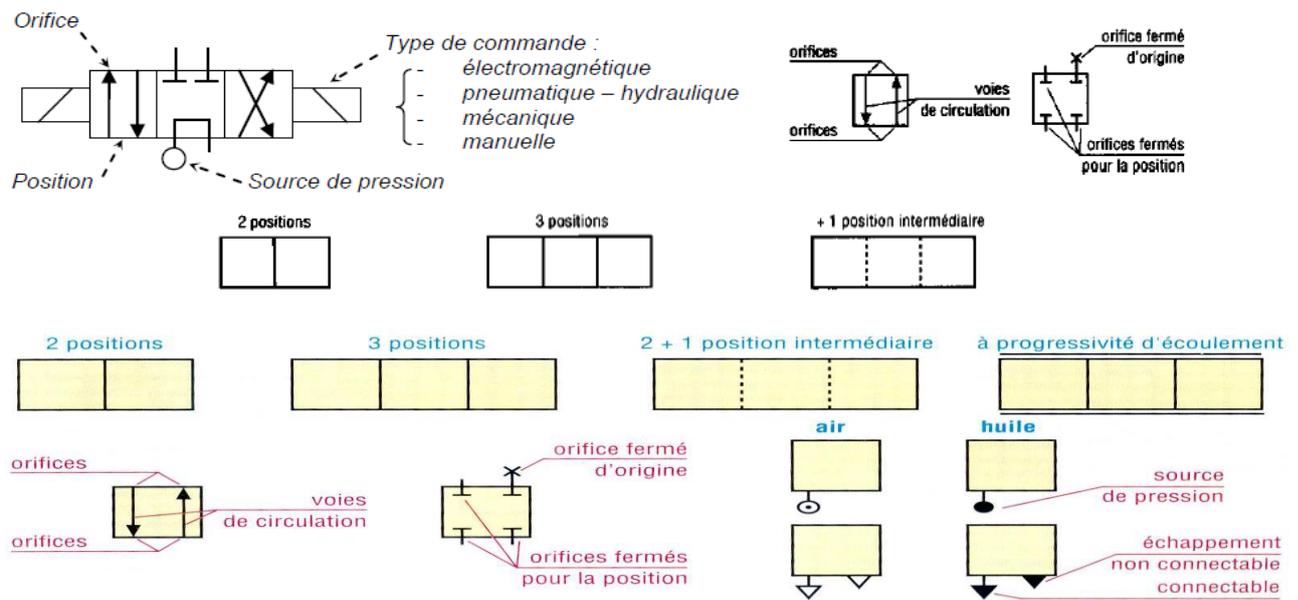


Figure I-13 : Symbole normalisé des distributeurs

Nombre de cases : il représente le nombre de positions de commutation possibles, une case par position. S'il existe une position intermédiaire, la case est délimitée par des traits pointillés.

Flèches : dans chaque case ou position, les voies sont figurées par des flèches indiquant le sens de circulation du fluide entre les orifices.

T : les orifices non utilisés dans une position sont symboliquement obturés par un T droit ou inversé

Source de pression : elle est indiquée par un cercle noir en hydraulique, clair en pneumatique.

Echappement : il est symbolisé par un triangle noir en hydraulique, clair en pneumatique.

Position initiale : les lignes de raccordement entre réseau et distributeur aboutissent toujours à la case symbolisant la position initiale ou repos, cette case est placée à droite pour les distributeurs à deux positions, au centre pour ceux à trois positions [1].

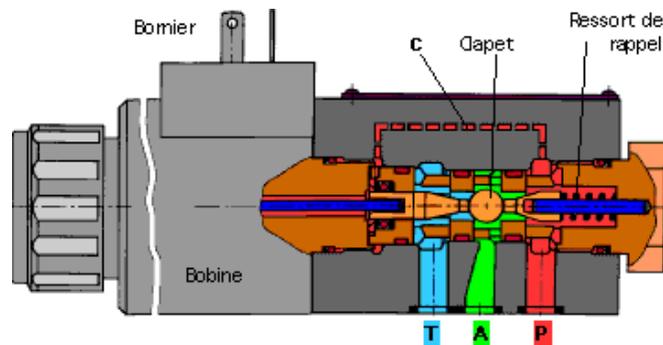
I.4.1.3 Les types de distributeurs

Il en existe trois principaux distributeurs :

- A tiroir.
- A clapet.
- A boisseau.

a) Distributeurs à clapet

Destinés aux faibles débits, ils ne présentent pas de débit de fuites lorsque le passage est fermé (contrairement à la technologie à tiroir). Leur coût est supérieur aux distributeurs à tiroirs. L'étanchéité est parfaitement assurée. On peut donc les utiliser pour de fortes pressions [5].



La conduite C permet l'équilibrage du clapet obturateur

Figure I-14 : Distributeurs à clapet

b) Distributeur à tiroir

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

La majorité des distributeurs sont de type à tiroir rectiligne. Leur construction est relativement simple et leur capacité de débit importante [5].

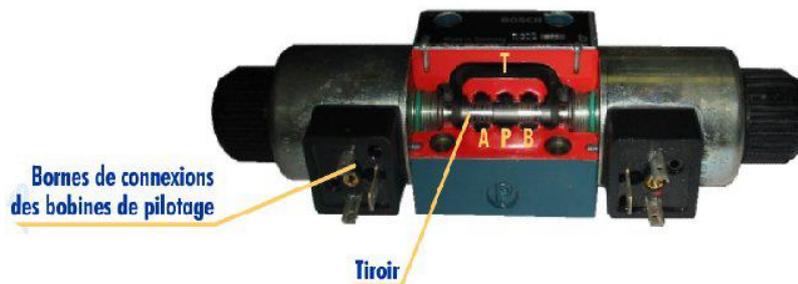


Figure I-15 : Distributeur à tiroir.

c) Distributeur à boisseau

Un distributeur à boisseau muni de passage assure la mise en communication des différents orifices. Ces distributeurs sont généralement à commande manuelle. Ils peuvent prendre deux ou trois positions. L'arrêt en position est obtenu par verrou à bille. En utilisation industriel, ils sont limités en débit et pression, ils sont généralement utilisés dans les

installations hydrauliques de faible puissance ou bien comme des auxiliaires secondaires dans les distributeurs à tiroirs [8].

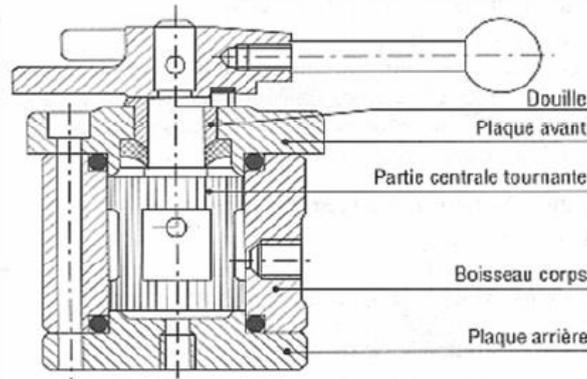


Figure I-16 : Distributeur à boisseau

- Distributeurs pilotés

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

Ce distributeur se compose d'un étage pilote, et d'un étage principal chargé de la fonction 'distribuer l'énergie'.

L'étage pilote, en général une électrovanne à commande directe de petite taille, dirige le flux hydraulique selon un signal électrique de commande, au bout du tiroir principal, ce qui provoque le déplacement de celui-ci [8].

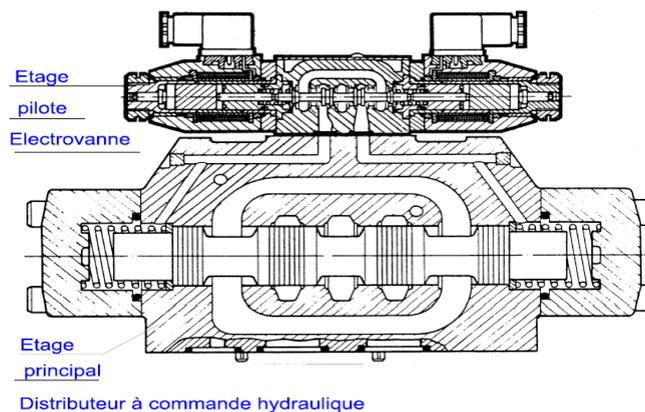


Figure I-17 : Distributeur à commande combinée

I.4.1.4 Les différents types de centres

Les différents types de centres sont obtenus en modifiant la largeur et la position des portées sur le tiroir. On distingue plusieurs types de centres [1], [9].

- **Centre ouvert** : au repos tous les orifices sont en communication avec le réservoir.
- **Centre fermé** : au repos tous les orifices sont fermés. Les organes moteurs peuvent être stoppés au cours de course ou de rotation.
- **Centre tandem** : le débit provenant de la pompe retourne au réservoir alors que les organes moteurs sont stoppés.

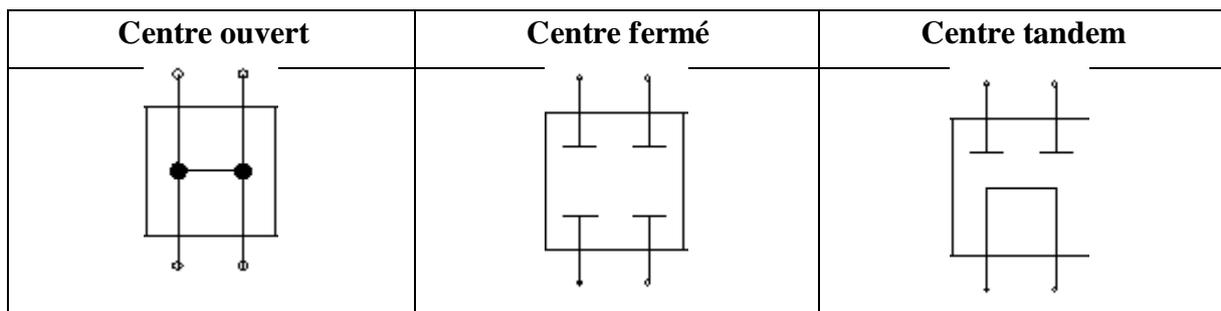


Tableau I-02 : Représentations de centres.

I.4.2 Les Organes de protection et de régulation

I.4.2.1 Limiteur de pression

Les limiteurs de pression sont des appareils de type normalement fermé. Leur mission première est de limiter de façon sûre la pression dans une installation afin de protéger les appareils et les tuyauteries contre un éclatement ou une surcharge. C'est pour cette raison qu'on les nomme aussi : limiteur de pression maximale ou soupape de sécurité. Ils sont commandés par la pression du circuit et dirigent le débit à contrôler vers le réservoir lorsque la pression de réglage est atteinte [1].

Trois grandes familles de limiteur de pression sont à considérer :

a) Le limiteur de pression (soupape de sureté)

Ce sont des valves de sécurité qui évitent la rupture des organes hydrauliques. Elles sont soit à action directe ou pilotée.

1- Limitation de pression directe (Standard)

Comme son nom l'indique il permet le passage du fluide dans un sens et l'interdit dans l'autre.

L'orifice -P- reçoit la pression du circuit à contrôler. L'orifice -T- correspond à la décharge d'huile directement reliée au réservoir. Le clapet -3- demeure plaqué sur son siège par l'action du ressort -2-. Lorsque la pression provoque sous le clapet -3- une force supérieure à

celle exercée par le ressort le réglage, celui-ci se soulève de son siège. L'huile s'écoule alors de la canalisation -P- vers -T- et évite toute élévation de la pression dans le circuit. Lorsque la pression chute la force de pression devient inférieure à celle du ressort, et le clapet -3- se referme. Le coussin d'huile, en dessous du clapet joue le rôle d'un amortisseur et limite sensiblement les vibrations du clapet [2], [5].

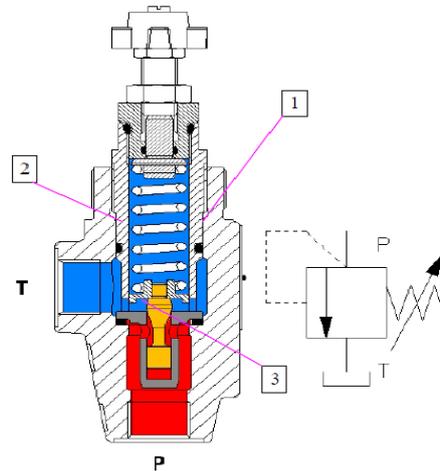


Figure I-18 : Valve de limitation de pression à action directe

2- Limitation de pression pilotée

Comme le montre la figure suivante, lorsque la pression du système atteint la valeur tarée par l'action du ressort -1- de l'étage pilote le clapet -3- se décolle de son siège. Aussitôt un débit d'huile traverse le gicleur -6- la pression -P- continue à croître légèrement sous le clapet principal en fonction de la force du ressort -2-. Dès que la force résultant de la différence de pression rapportée sur les sections -SA- et -SX- dépasse la force du ressort, le clapet principal -5- se soulève ouvrant le passage entre les orifices -P- et -T-. La pression dans le système à l'orifice -P est ainsi limitée [2].

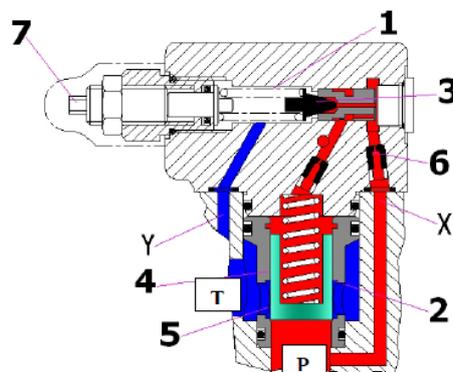


Figure I-19 : Valve de limitation de pression pilotée

La figure représente un limiteur de pression à action pilotée du type à clapet, il est constitué des éléments :

- 1, 3, 6, et 7 qui forment l'étage pilote.
- 2, 4, et 5 qui forment l'étage principale du régulateur de pression.

A savoir que : L'orifice -P- est raccordé au circuit à contrôler, et l'orifice -T- correspond à la décharge et se trouve raccordé directement au réservoir.

b) Soupape de séquence

Elle permet l'alimentation d'un circuit secondaire lorsque la pression dans le circuit primaire a atteint la valeur du tarage de la soupape. La valve de séquencé peut être à pilotage interne ou externe [5].

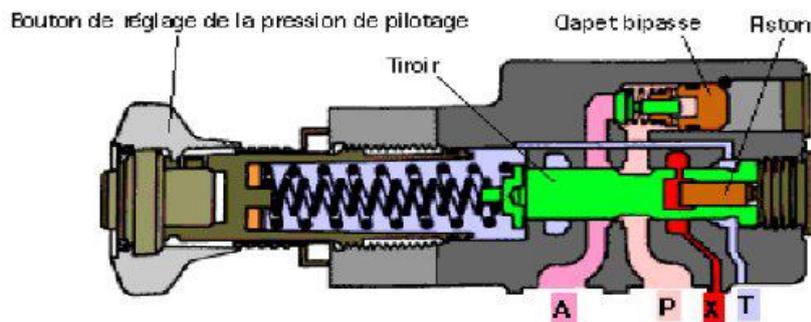


Figure I-20 : Soupape de séquence.

c) Le réducteur de pression

Le rôle du réducteur de pression est différent, il permet de limiter la pression dans toute une branche d'une installation, cette pression étant bien sûr inférieure à la pression délivrée par la pompe. Il peut être à commande directe ou à commande indirecte [1], [2].

- 1- **A commande directe** : Dès que la pression P_2 est atteinte, le tiroir se déplace pour obturer l'alimentation.
- 2- **A commande indirecte** : Les commandes indirectes sont utilisées pour les grands débits.

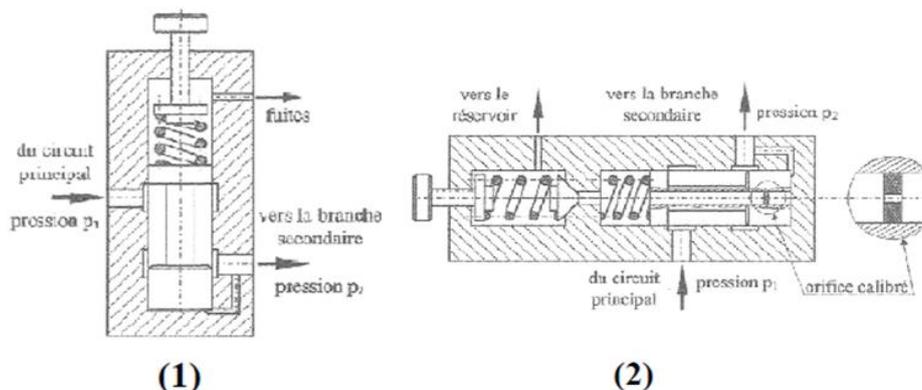


Figure I-21 : Réducteur de pression à action direct (1), et indirect (2)

I.4.2.2 Réglage de débit

La diversité des récepteurs dans une installation hydraulique, vis-à-vis des vitesses de rotation et de translation, ou de la force à fournir et du couple à produire, engendre la diversité du débit. Cela nous impose une limitation et une régulation de débit. Cette dernière est faite à l'aide d'une pompe à débit variable (pompe à palette, à piston radiaux, à pistons axiaux, à plateau ou à barillet inclinable). Si notre installation comporte une pompe à débit constant on est prêt d'adapter des limiteurs ou des régulateurs de débit [1], [2].

a) Les limiteurs de débit

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

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

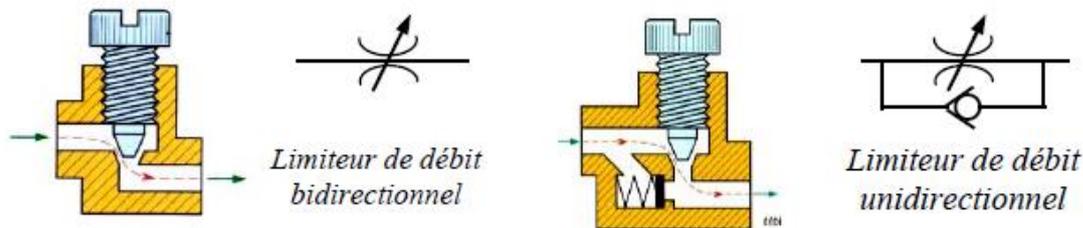


Figure I-22 : Limiteur du débit.

b) Régulateur du débit

Le régulateur de débit doit fournir un débit d'huile constant à une valeur déterminée indépendamment des variations de charge, de viscosité ou de pression.

Il est constitué d'un étranglement réglable permettant d'afficher le débit souhaité et d'un étranglement mobile piloté par un dispositif de comparaison. Il sert à comparer la pression de part et d'autre de l'étranglement réglable et maintient le débit constant [2].

c) Le diviseur de débit

Son rôle est simple, il doit diviser le débit entrant en deux parties toujours proportionnelles. Pour une division en parties inégales il suffit de modifier les caractéristiques de l'un des deux diaphragmes [2].

I.4.3 Les canalisations

Les tuyaux couramment utilisés dans les canalisations entre les différents appareils du circuit hydraulique sont [2] :

- Des tuyauteries souples (Flexibles) si l'un des appareils ou les deux sont mobiles.

- Des tuyauteries rigides si les différents appareils sont fixes.

a) Les tuyauteries souples

La tuyauterie souple appelée aussi "flexible" est constituée d'un tube à plusieurs couches [2] :

- Une robe intérieure en caoutchouc synthétique assure l'étanchéité.
- Un ou plusieurs tresses de fils d'acier au moyenne et haute pression. Mais on peut utiliser les tresses en textiles en basse pression.
- Une robe extérieure en caoutchouc synthétique noir résistant à des agents extérieurs.

Le flexible est déterminé par :

- Son diamètre intérieur.
- Sa gamme de pression.
- La nature du fluide et sa température.
- Le type d'exploitation.
- Les embouts qui y seront montés.

b) Les tuyauteries rigides

C'est un tube en acier généralement de nuance A37 pour les moyennes et les hautes pressions, par contre il peut être en cuivre, aluminium et ses alliages pour les basses pressions [2].

Lors de l'utilisation :

- Le rayon de cintrage du tube, S'il existe, doit être supérieur au moins à trois fois le diamètre extérieur du tube.
- Le nombre de coudes est minimisé au maximum.

Les tubes déterminés par le diamètre intérieur et l'épaisseur du tube. Ces deux derniers sont en fonction du débit qu'il doit transporter, de la pression maximale qu'il doit subir et de la perte de charge admise.

Pour concevoir dans les tuyauteries en écoulement laminaire on admet en pratique les vitesses de circulation suivantes :

- 3 à 6 m/s dans les conditions de refoulement.
- 2 à 3 m/s dans les conditions de retour.
- 0.6 à 1.2 m/s dans les conditions d'aspirations.
- 1 à 1.5 m/s dans les conditions de drain.

I.4.3.1 Les raccords

Le raccord est un système de jonction entre canalisation ou entre canalisation et appareil, il assure une liaison démontable et une bonne étanchéité (jusqu'à 300-400 bars) [1].

Les raccords sont réalisés en deux points :

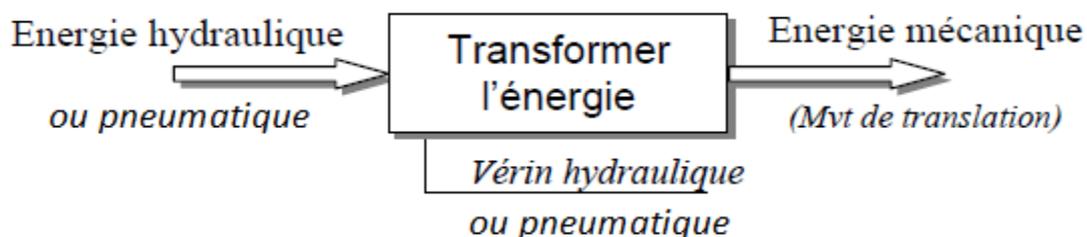
- Entre le tube et le raccord au moyen d'une bague sertie ou encore d'un cône préforme sur le tube.
- Entre le filetage du raccord et l'appareil sur lequel il est monté par un joint ou simplement par la forme du filet.

I.5 Les Organes Récepteurs

I.5.1 Les Vérins [5]

Vérin est un appareil de levage qui soulève ou baisse progressivement de lourds fardeaux. Du point de vue hydraulique, un vérin est un moteur qui transforme une énergie hydraulique en énergie mécanique. C'est le moyen le plus simple pour obtenir une force (F) animée d'un mouvement rectiligne, (il peut être moteur dans un seul sens ou dans les deux sens, alors on distingue les vérins à simple effet et les vérins à double effet). La force développée par le vérin dépend de la section (S) du piston et de la pression de service (P) c'est-à-dire [5] :

$$F = P.S \quad (I.1)$$



Remarque : Vue la très grande similarité entre les actionneurs hydrauliques et pneumatiques, on limitera l'étude dans ce chapitre aux notions les plus importantes. Le développement sera présenté dans le chapitre suivant.

I.5.1.1 Les différents types de vérin

Il existe trois types de vérins en hydraulique [5] :

a) Vérin simple effet

Le vérin simple effet n'est relié au distributeur que par une canalisation, seul le mouvement de sortie de la tige permet d'appliquer un effort, le mouvement de retour du piston et de la tige est provoqué par : un ressort, une force extérieure ou le propre poids du piston et de la tige.

b) Vérin double effet

L'ensemble tige piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide, l'effort en poussant est légèrement plus grand que l'effort en tirant.

Ils sont plus souples, réglage plus facile de la vitesse, amortissement de fin de course réglable, mais ils sont plus coûteux. Ils sont utilisés grand nombre d'applications industrielles

c) Vérins spéciaux

On distingue plusieurs vérins spéciaux, comme :

- Vérins à tige télescopique
- Vérins rotatifs
- Vérin sans tige ...

I.5.1.2 Caractéristique d'un vérin

Un vérin est défini par les caractéristiques suivantes [11] :

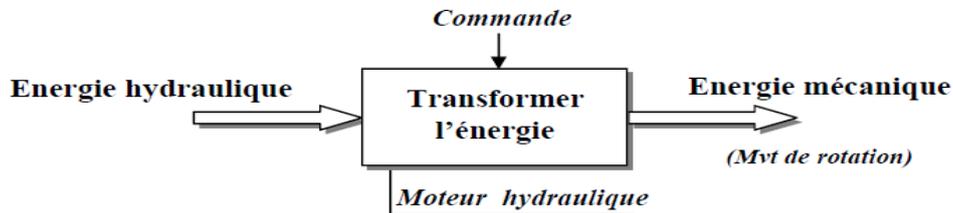
- Sa course.
- Le diamètre de sa tige.
- S'il doit être ou non équipé d'amortisseur.
- La pression de service et le type d'usage.
- Le mode de fixation et l'extrémité de la tige.
- La nature du fluide utilisé.

I.5.2 Les moteurs hydrauliques

Définition :

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

Le moteur hydraulique est entraîné par le débit, la charge provoque la monte en pression jusqu'à concurrence au tarage du limiteur de pression. Le couple dépend donc de la pression existante entre l'amont et l'aval de moteur [2], [6].



I.5.2.1 Principaux types de moteurs hydrauliques

Les moteurs sont classés en deux familles [1], [2], [6] :

- Les moteurs rapides (les moteurs à palettes, à engrenages, à pistons axiaux et à Pistons radiaux).
- Les moteurs lents (cylindrée élevée).

a) Moteur à palettes

L'huile sous pression provoque la rotation des palettes implantées sur le rotor, leur avantage est la simplicité de réalisation mais puissance transmise relativement faible.

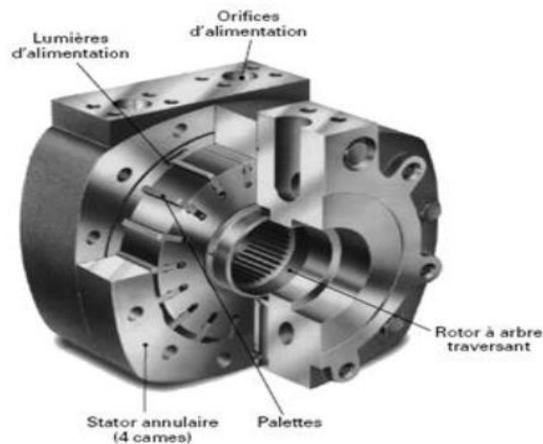


Figure I-23 : Moteur à palettes

b) Moteur à engrenages

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



Figure I-24 : Moteur à engrenages.

c) Moteur à pistons radiaux

Contrairement aux pompes à pistons radiaux, les pistons peuvent tourner sur une came (stator) permettant d'avoir plusieurs courses par tour. Le nombre des pistons est impair pour la continuité de débit et l'équilibrage. Possibilité d'avoir une distribution cylindrique ou plane du fluide. Leur Avantage couple très important, Mais vitesse faible, encombrante, coûteuse, problèmes d'étanchéité pour la distribution.



Figure I-25 : Moteur à pistons radiaux.

d) Moteur à pistons axiaux

Les pistons en communication avec la haute pression se déplacent en tournant et par une liaison rotule avec le tourillon obligent ce dernier à tourner. Le couple est très important, possibilité de varier la cylindrée, vitesse importante, Inconvénient ils sont très coûteux.

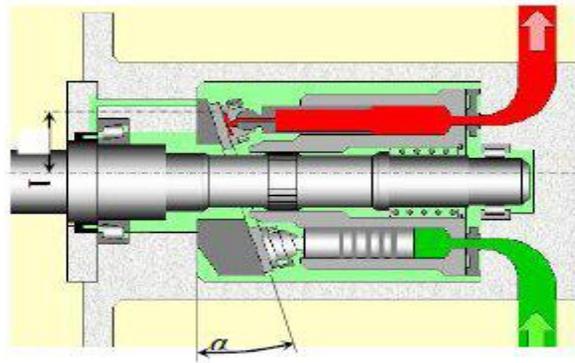


Figure I-26 : Moteur à pistons axiaux.

I.6 Notions sur les fluides et les paramètres hydrauliques

I.6.1 Les fluides Hydrauliques

Un fluide peut être considéré comme étant une substance formée d'un grand nombre de particules matérielles, très petites et libres de se déplacer les unes par rapport aux autres. C'est donc un milieu matériel continu, déformable, sans rigidité et qui peut s'écouler.

Les liquides, qui sont très peu compressibles. Leur incompressibilité est utilisée en hydraulique pour l'obtention de pression élevée.

Les fluides utilisés en hydrauliques sont classés en deux grands groupes [2] :

a) Les huiles minérales

Les huiles minérales pour transmission hydrauliques sont classées en quatre catégories [2] :

- **Les fluides de la catégorie « HH »** : ce sont des fluides minéraux non inhibés, pratiquement purs et qui possèdent un pouvoir lubrifiant médiocre.
- **Les fluides de la catégorie « HL »** : ce sont des fluides minéraux qui possèdent des propriétés anti-oxydantes et anticorrosion particulières.
- **Les fluides de la catégorie « HM »** : ce sont des fluides de la catégorie « HL », qui possèdent des propriétés anti-usures particulières.
- **Les fluides de catégorie « HV »** : ce sont des fluides de la catégorie « HM » qui possèdent un indice de viscosité élevé.

Il existe sur le marché plusieurs types d'huile de transmission hydraulique parmi ces huiles on trouve les huiles TISKA, qui sont caractérisés par des propriétés anti-usure, antioxydants, anti-mousse et anticorrosion. La TISKA HVI, en plus des propriétés citées, elle présente un indice de viscosité spécialement élevé. Leur propriété sont représentées dans le tableau suivant :

Produits	Densité à 15°C	Viscosité à 40 °C	Viscosité à 100°C
TISKA ISO 10	0,842 à 0.844	9.5 à 10,6	25 à 207
TISKA ISO 46	0.86 à 0.87	43 à 49	6 à 6,6
TISKA HVI 46	0.86 à 0.88	43 à 49	7,5 à 8,5

Tableau I-03 : Les propriétés des huiles de transmission hydraulique TISKA.

b) Les produits aqueux

L'eau est le fluide qui remplit le mieux la caractéristique d'inflammabilité. On y rajoutait souvent de la glycérine pour abaisser sa température de congélation ainsi qu'améliorer son pouvoir graissant. Aujourd'hui, c'est le glycol qui remplace la glycérine [2].

I.6.2 La viscosité

C'est une grandeur qui caractérise les frottements internes du fluide, autrement dit sa capacité à s'écouler. Elle caractérise la résistance d'un fluide à son écoulement lorsqu'il est soumis à l'application d'une force. C'est-à-dire, les fluides de grande viscosité résistent à l'écoulement et les fluides de faible viscosité s'écoulent facilement. Ils y'a deux types de viscosité [3] :

a) La Viscosité dynamique

La viscosité dynamique exprime la proportionnalité entre la force qu'il faut exercer sur une plaque lorsqu'elle est plongée dans un courant et la variation de vitesse des veines de fluide entre les 2 faces de la plaque. Elle est exprimée par un coefficient représentant la contrainte de cisaillement nécessaire pour produire un gradient de vitesse d'écoulement d'une unité dans la matière. la formule s'écrit comme suit :

$$\mu = \frac{f}{s \frac{dv}{dl}} \quad (I.2)$$

Avec :

f : force de frottement en Newton.

s : surface des filets fluides (m²).

dv : la différence de vitesse.

dl : la distance entre les surfaces fluides considérées.

b) La viscosité cinématique

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

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{I.3})$$

Avec :

v : viscosité cinématique (m^2/s).

ρ : Masse volumique (Kg/m^3).

c) Indice de viscosité V_i

Cet indice est fondamental dans le domaine de l'hydraulique industrielle. Il s'agit en effet d'un indice qui prend en compte la variation de la viscosité en fonction de la température [3].

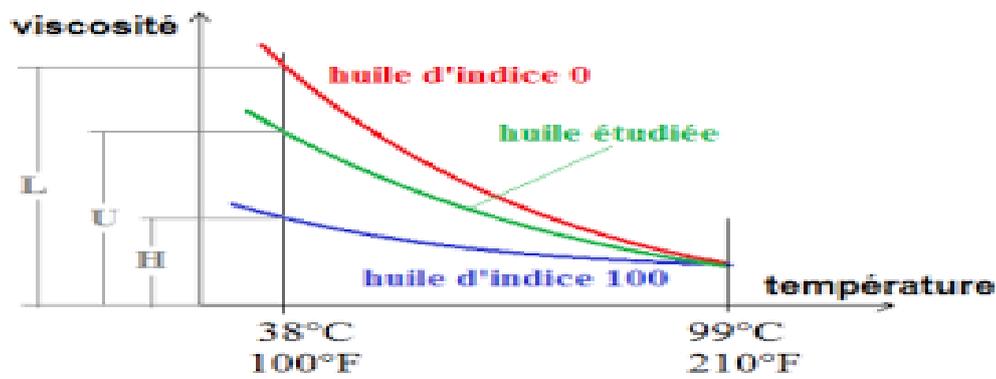


Figure I-27 : La variation de la viscosité en fonction de la température.

Variation de la viscosité en fonction de la température

L'huile d'indice 0 est une huile asphaltique ayant une variation de viscosité importante avec la température et à laquelle on attribue un indice 0.

L'huile d'indice 100 est une huile paraffinique ayant une faible variation de viscosité avec la température et à laquelle on attribue un indice 100.

L'indice de viscosité V_i est calculé à la température de 100°F (38°C) tandis que les deux huiles de référence ont une viscosité à 210°F (99°C) identique.

$$V_i = \frac{L-U}{L-H} \cdot 100 \quad (\text{I.4})$$

Avec :

L : viscosité de l'huile asphaltique

U : viscosité de l'huile paraffinique

H : viscosité de l'huile examiné

A retenir : Pour les fluides hydrauliques, on exige un indice de viscosité proche de 100. Plus l'indice est élevé moins il y a de risque que le fluide subisse un changement de viscosité avec

une variation de la température. A froid on observe souvent des phénomènes de cavitation. La viscosité double au-delà de 350 bars.

I.6.3 Débit et vitesse

De façon générale, le débit (Q_v) est défini comme étant un certain volume de matière qui se déplace dans un temps déterminé [3].

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

Q_v : Volume par unité de temps en (m^3/s).

V : Déplacement linéaire des molécules en unités de longueur par unité de temps (vitesse) en (m/s).

A : Aire en unités carrées de la section prises perpendiculairement au déplacement du fluide.

Le débit qui circule dans la conduite est donné par :

$$Q_v = V \cdot A \quad (I.5)$$

I.6.4 La Pression

Toute variation de pression en un point d'un liquide entraîne la même variation en tous ses points.

Sachant qu'il y a une relation directe entre pression et force, on peut dire qu'une force appliquée sur un liquide en équilibre en modifie la pression qui se transmet intégralement dans toutes les directions à l'intérieur de ce liquide [2].

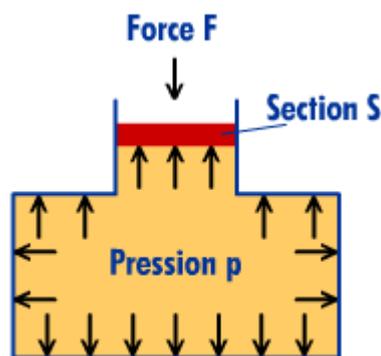


Figure I-28 : Répartition de la pression dans un réservoir.

$$P = \frac{F}{S} \quad (I.6)$$

Avec :

P : La pression en (bar).

F : La force en (daN).

S : La surface en (cm²).

I.6.5 Régime d'écoulement

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

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

Ce type d'écoulement minimise les pertes de friction (chaleur) et les vibrations qui sont très néfastes pour les raccords.

L'écoulement devient Critique (Transitoire), lorsque on augmente la vitesse d'écoulement, alors il devient instable.

L'écoulement devient turbulent lorsque les molécules se déplacent de façon désordonnée.

Ce type d'écoulement cause énormément de perte de puissance, en engendrant surtout de la chaleur.

Les vibrations et les pertes de pression s'accumulent au détriment du rendement de la machine.

L'unité utilisée pour évaluer l'écoulement est le Reynolds (Re) et la formule pour calculer le nombre de Re est la suivante [1], [2] :

$$\mathbf{Re} = \frac{v.D}{\nu} = \frac{\rho.U.D}{\mu} \quad \mathbf{(I.7)}$$

Avec :

U : La vitesse d'écoulement en (m/s).

D : le diamètre intérieur du tube (m).

ν : la viscosité cinématique (m²/s).

ρ : la masse volumique (Kg/m³).

μ : la viscosité dynamique. (Kg/m.s).

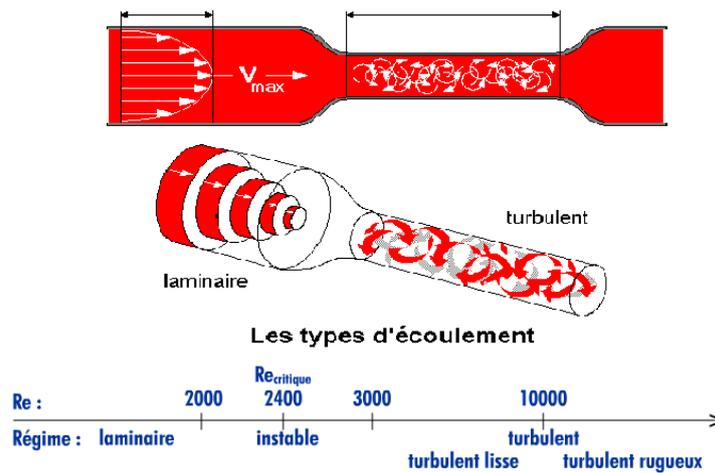


Figure I-29 : Représentation des types d'écoulements

De 0 à 2000 ; l'écoulement est laminaire.

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

De 3000 et plus ; l'écoulement est turbulent.

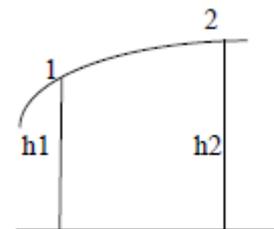
I.6.6 Les pertes de charges

Les pertes de charge ou perte d'énergie le long d'un écoulement liquide est due aux frottements fluide-paroi ou interaction des particules entre elles [1], [2].

L'application de la formule de Bernoulli entre les deux points (1) et (2) nous donne :

- Pour un fluide parfait :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2}{2g} + h_2 \quad (\text{I.8})$$



Cette relation traduit la conservation de l'énergie mécanique.

- Dans le cas d'un fluide réel la relation précédente devient :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2}{2g} + h_2 + H \quad (\text{I.9})$$

H : étant la hauteur qui représente la perte de charge entre le point (1) et (2).

a) Pertes de charge linéaire

Il existe une relation entre la chute de pression le long d'une conduite, la longueur de celle-ci, son diamètre et l'énergie cinétique. D'où [1], [2] :

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{D} \rho \frac{V^2}{2} \quad (\text{I.10})$$

On utilise souvent la perte de charge en équivalent de hauteur de fluide, avec : $\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$

$$H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = \lambda \frac{l \cdot U^2}{2 \cdot D \cdot g} \quad (\text{I.11})$$

Avec :

λ : Le coefficient de perte de charge.

l : La longueur de la canalisation (m).

D : Le diamètre de la conduite (m).

ρ : la masse volumique (Kg/m³).

U : vitesse d'écoulement du fluide (m/s).

g : accélération de la pesanteur (m/s²).

- Pour un régime laminaire : $\lambda = \frac{64}{Re}$ (I.12)

- Pour un régime turbulent lisse : $\lambda = 0.316 \times Re^{-0.25}$ (I.13)

- Pour un régime turbulent rugueux : $\lambda = 0.79 \times \sqrt{\frac{\varepsilon}{d}}$ (I.14)

Avec :

ε : hauteur moyenne des aspérités (mm) En pratique pour les tubes en acier soudés : $\varepsilon \in [0.15, 0.25]$

b) Pertes de charge singulière

Quand la conduite subit de brusque variation de section ou de direction, il se produit des pertes de charges dites singulières, elles se manifestent dans les raccords, coudes, vannes et les branchements, elles obéissent à une loi de type [1], [2] :

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \cdot U^2}{2} \quad (\text{I.15})$$

Avec :

ξ : coefficient de perte de charge en fonction de la singularité.

I.6.7 Grandeurs associées aux composants du circuit hydraulique

I.6.7.1 Caractéristiques associées aux pompes hydrauliques [1], [2]

a) La cylindrée (Cyl)

Le volume de fluide refoulé ou aspiré par une pompe en l'absence des fuites, pendant une révolution de l'arbre principal.

- Unités : (m³ /tr), (l/min) ou (l/tr).

b) Les débits**1) Le débit moyen théorique ($Q_{théo}$)**

Le volume moyen refoulé par unité de temps, connaissant la cylindrée ce débit est déterminé par :

$$Q_{théo} = Cyl \times N \quad (I.16)$$

Avec :

N : La vitesse de rotation en (tr/s).

Cyl : La Cylindrée en (m³/tr)

2) Le débit moyen réel ($Q_{réel}$)

Le volume refoulé par la pompe en pratique, mesuré en une unité de temps.

c) Les puissances :**1) La puissance mécanique (P_m)**

Puissance fournie à l'arbre d'entraînement de la pompe par le moteur et peut être donnée par les deux relations suivantes :

$$P_m = C \cdot \omega \quad (I.17)$$

Où :

$$P_m = Q_{théo} \cdot (P_{sth} - P_e) \quad (I.18)$$

Avec :

C : Couple d'entraînement de pompe en (Nm).

ω : vitesse angulaire en (rad /s).

P_{sth} : Pression de sortie théorique en (Pa).

P_e : Pression d'entrée en (Pa).

2) La puissance hydraulique (P_{hyd})

Puissance fournie par le fluide à la sortie de la pompe donnée par :

$$P_{hyd} = Q \cdot \Delta P \quad (I.19)$$

Avec :

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

d) Les rendements**1) Le rendement volumétrique**

Compte tenu des fuites et de la compressibilité du fluide, le débit réel et toujours différent du débit théorique, on définit ainsi un rapport :

$$\eta_v = \frac{Q_{réel}}{Q_{théo}} \quad (I.20)$$

2) Le rendement mécanique

Rapport du couple théorique au couple réel (qui permettra de connaître les pertes mécaniques : Frottement).

$$\eta_m = \frac{C_{réel}}{C_{théo}} \quad (I.21)$$

3) Le rendement hydromécanique

A cause des frottements mécaniques entre les différentes pièces et du frottement du liquide contre les parois, le couple reçu par la pompe ne sera pas entièrement transformé en pression :

$$\eta_{hd} = \frac{Cyl.\Delta P}{2.\pi.C} \quad (I.22)$$

Avec :

Cyl : Cylindrée en (m³/tr).

ΔP : Différence de pression aux bornes de la pompe en (Pa).

C : Couple en (N.m)

4) Le rendement Global

Le rendement global d'une pompe, traduit en termes de performance le rapport en la puissance hydraulique fournie par la pompe et la puissance mécanique reçue par le moteur.

$$\eta_g = \frac{P_{hyd}}{P_m} = \eta_m \cdot \eta_v \quad (I.23)$$

e) Le couple d'entraînement

Le couple à appliquer à l'arbre d'entraînement de la pompe.

$$P_{hyd} = \eta_g \cdot P_m \iff (P_s - P_e) \cdot Q_{v moy r} = \eta_g \cdot C \cdot \omega \quad (I.24)$$

$$Q_{v moy r} = Cyl.N.\eta_v \quad \text{avec : } \omega = 2.\pi.N \quad (I.25)$$

$$\text{On aura donc : } Cyl.N.\eta_v.(P_s - P_e) = \eta_g.C.2.\pi.N \quad (I.27)$$

D'où :

$$C = \frac{Cyl.(P_s - P_e)}{2.\pi.\eta_m} \quad (I.28)$$

I.7 Autres composants hydrauliques

I.7.1 Les accumulateurs

Les accumulateurs sont des appareils entrant dans la constitution des systèmes hydrauliques, ils permettent de restituer de l'énergie ou une pression dans le circuit lors d'un appel brutal de puissance importante ou pour compenser des pertes dues à des fuites.

Installé derrière la pompe, ils accumulent l'énergie hydraulique pendant les temps morts et la restituer lorsqu'une baisse subite de pression apparait. Ils peuvent aussi absorber les surplus dus à des irrégularités de fonctionnement

Dans certains cas l'utilisation d'un accumulateur est indispensable pour la sécurité de fonctionnement [1], [2], [5].

I.7.1.1 Principe

Une chambre à deux orifices séparés par un élément étanche. L'un des orifices est relié au système et l'autre permet le remplissage avant utilisation d'un gaz générant un contre effort. Le gaz utilisé est l'azote (gaz inerte) [2].

I.7.1.2 Les types d'accumulateurs

Il en existe 3 principaux types :

a) Accumulateur à membrane

Sont généralement sous une forme sphérique, ayant à l'intérieur une membrane qui assure la séparation des deux fluides. Ce sont les plus légers des accumulateurs et fonctionne en toutes positions [5].



Figure I-30 : Accumulateur à membrane.

b) Accumulateur à piston

Un piston sert à séparer les deux fluides. Il se translate à l'intérieur d'un cylindre, ce dernier comporte à ses bases un orifice de remplissage de l'azote et de l'autre, un orifice de la tuyauterie de service [5].

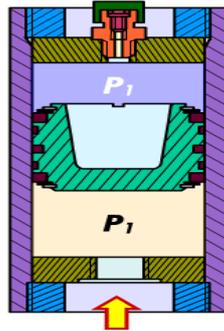


Figure I-31 : Accumulateur à piston.

c) Accumulateur à vessie

L'accumulateur à vessie est une bouteille en acier, munie à l'intérieur d'une vessie légèrement conique en caoutchouc. Ce type d'accumulateur a comme caractéristiques une bonne séparation des deux fluides (huile hydraulique et azote), un rendement volumique maximal, la surface d'échange est maximale pour un volume donné ce qui leur donne une réponse rapide [5].



Figure I-32 : Accumulateur à vessie.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de donner une image globale sur la transformation de l'énergie hydraulique en énergie mécanique et donner un aperçu sur tous les éléments constituant les circuits hydrauliques et comprendre leurs principes de fonctionnement.

Chapitre II

Fonctionnement Des Composants Pneumatiques

Introduction

Le pneumatique est un domaine dans lequel est utilisé le gaz sous pression pour la création d'un mouvement mécanique. On utilise généralement de l'air sec ou lubrifié comme gaz sous pression, celle-ci exerce une force sur un actionneur final qui peut être un vérin, c'est d'ailleurs l'application la plus fréquente des systèmes pneumatiques. Leur application ne se limite cependant pas à ça, en effet, il peut s'agir de systèmes plus complexes, spécifiquement conçus pour différents types d'applications

Pour un système pneumatique, la chaîne d'énergie est composée de quatre parties principales suivantes :

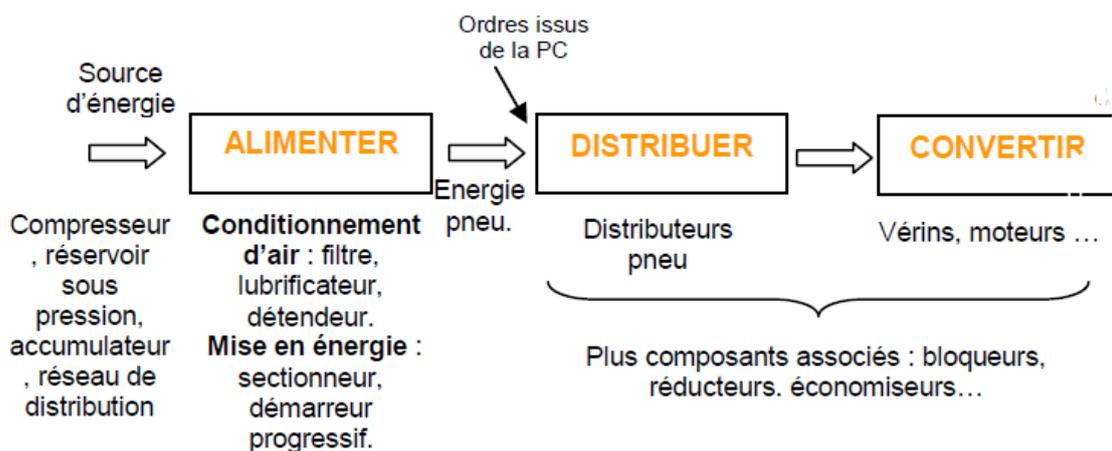
Partie 01 : D'un **compresseur** qui est le générateur de fluide (air comprimé) qui alimente le réseau d'utilisation.

Partie 02 : D'une **unité de traitement de l'air** afin de Filtrer, Réguler et Lubrifier en fonction des besoins propres à l'équipement.

Partie 3 : D'un **distributeur** qui distribue de l'air comprimé aux actionneurs pneumatiques (vérins, générateurs de vide, moteurs à palettes...).

Partie 4 : D'un **actionneur** qui transforme l'énergie de l'air comprimé en travail mécanique.

La chaîne d'action pneumatique et ses constituants :



II.1 Caractéristiques de la source d'énergie

Le fluide pneumatique le plus couramment utilisé est de l'air dont la pression usuelle d'emploi est comprise entre 3 et 8 bars. Dans certains cas, on peut utiliser de l'azote.

L'air comprimé est utilisé comme fluide énergétique (air travail ou air moteur) pour alimenter des actionneurs (vérins et moteurs pneumatiques). Il peut aussi intervenir dans une chaîne de contrôle ou de mesure (air instrument). De plus, il peut être en contact direct avec le produit dans un processus de fabrication ou avec les utilisateurs (air respirable) avec des risques possibles de contamination et d'intoxication. [16]

II.1.1 Lois physiques appliquées au pneumatique

L'air se caractérise par sa faible cohésion ; les forces qui s'exercent entre les molécules de l'air sont négligeable, l'air, comme tout l'ensemble des gaz n'ont pas de forme ni de volume propre, ils occupent le volume du récipient dans lequel ils se trouvent. [17]

II.1.1.1 Loi de Boyle-Mariotte

L'air peut être comprimé, et tend naturellement à se dilater, ce sont ces propriétés qui décrit la loi de Boyle-Mariotte, a température constante, le volume d'une quantité de gaz enfermée dans une enceinte est inversement proportionnel à la pression absolue, d'un autre sens le produit de la pression d'un gaz par son volume est constant pour une quantité de gaz donnée.

$$P1 \cdot v1 = p1 \cdot v2 = p3 \cdot v3 = \text{constante} \quad P1/P2 = V2/V1$$

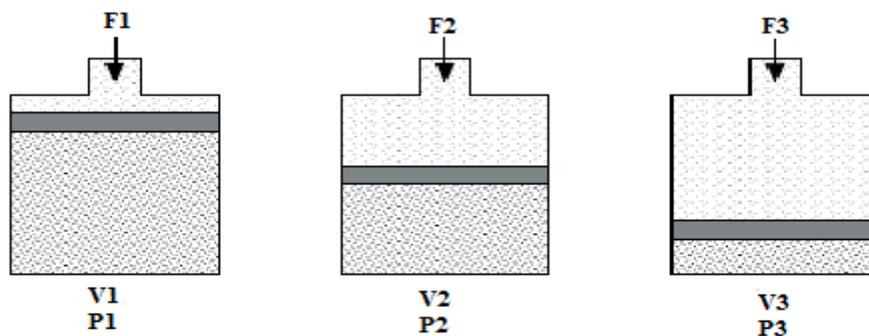


Figure II-01 : Loi de Boyle- Mariotte.

P1, V1 : Pression et volume dans l'enceinte 1.

P2, V2 : Pression et volume dans l'enceinte 2.

P3, V3 : Pression et volume dans l'enceinte 3.

II.1.1.2 Loi de Gay-Lussac

L'air se dilate, à pression constante, de 1/273 de son volume lorsqu'il subit un échauffement de 1°K à une température de 273 °K. La loi de Gay-Lussac énonce le principe suivant : le volume d'une quantité de gaz enfermée est proportionnel à la température absolue tant que la pression ne varie pas.

$$\frac{V1}{V2} = \frac{t1}{t2} \quad \text{ou} \quad V/T = \text{constante}$$

Deuxième formulation de la loi, à volume constant, la pression d'un gaz parfait varie

Proportionnellement à sa température absolue : $\frac{P1}{P2} = \frac{t1}{t2}$

V1, P1 : Volume et pression enfermés à la température T1 ;

V2, P2 : Volume et pression enfermés à la température T2 ;

➤ Dilatation des gaz

Lorsqu'un gaz est chauffé, son volume augmente si la pression reste constante, ou sa pression augmente si le volume ne varie pas.

Le coefficient de dilatation isobare α décrit le changement relatif de volume d'un gaz en fonction de la température :

$$V = V0 * (1 + \alpha T)$$

V : Volume du gaz chauffé ;

V0 : Volume du gaz à l'état T=273K ;

α : Coefficient de dilatation isobare ;

II.1.1.3 Equation des gaz parfaits

Un gaz parfait est un gaz dont les particules peuvent être traitées comme des points matériels sans interactions entre eux. Les gaz parfaits obéissent aux Boyle-Mariotte et de Gay-Lussac :

$$\frac{P * V}{t} = \frac{P0 * V0}{t0} = \frac{n * k * p * v}{t}$$

P, V : Pression et volume d'un gaz parfait à l'instant **t** ;

P0, V0 : Pression et volume d'un gaz parfait à l'instant **t0** ;

n : Quantité molaire du gaz parfait ;

K : Constante des gaz parfaits.

II.1.2 La pression

C'est la première grandeur fondamentale, qui caractérise l'énergie pneumatique, On la mesure souvent en donnant la différence avec la pression atmosphérique. [5]

L'unité de pression du système international (SI) est le pascal mais l'unité usuelle en automatismes est le bar.

$$1\text{pa}=1\text{N}/\text{m}^2 \quad 1\text{ bar}= 1\text{daN}/\text{cm}^2 \quad 1\text{bar}= 10^5\text{ pa}$$

En pneumatique on distingue 3 types de pression :

- La pression atmosphérique.
- La pression absolue.
- La pression relative ou manométrique.

II.1.2.1 Pression atmosphérique

L'air qui nous entoure exerce une pression sur les éléments, qui varie en fonction de l'altitude à laquelle on se trouve au-dessus du niveau de la mer.

II.1.2.2 Pression absolue

La pression absolue est la valeur de la pression en rapport avec le vide (pression zéro) comme référence.

II.1.2.3 Pression relative

La pression relative est égale à la différence algébrique entre la pression absolue et la pression atmosphérique. C'est la valeur de pression lue sur un manomètre.

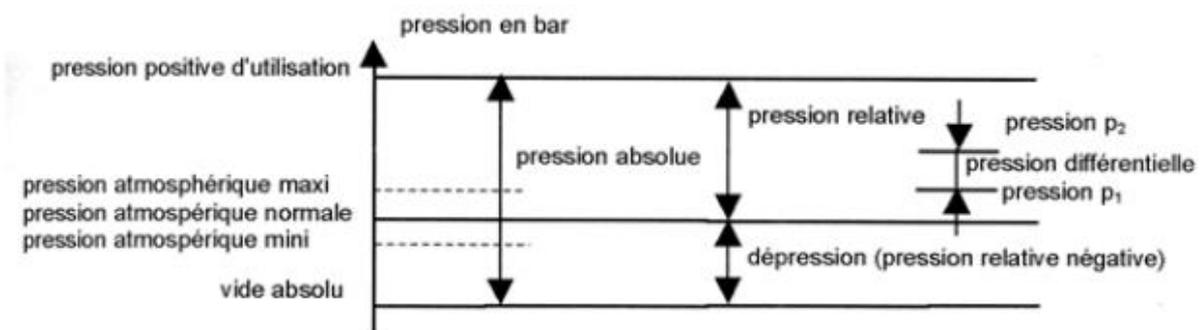


Figure II-02 : Graphique des pressions. [1]

II.1.3 Le débit

Il demeure l'autre grandeur fondamentale de l'énergie pneumatique. Il se définit comme étant la quantité d'air qui s'écoule au travers d'une section par unité de temps. Les

unités sont le mètre cube par seconde (m^3/s), le litre par seconde (L/s) ou le litre par minute (L/min). [18]

$$Q (\text{m}^3/\text{s}) = V/S$$

II.1.4 Production de l'air comprimé

La production de l'air comprimé nécessite l'installation d'une centrale chargée de comprimer l'air, mais aussi de le stocker et de le maintenir disponible et de bonne qualité pour les équipements. [5]

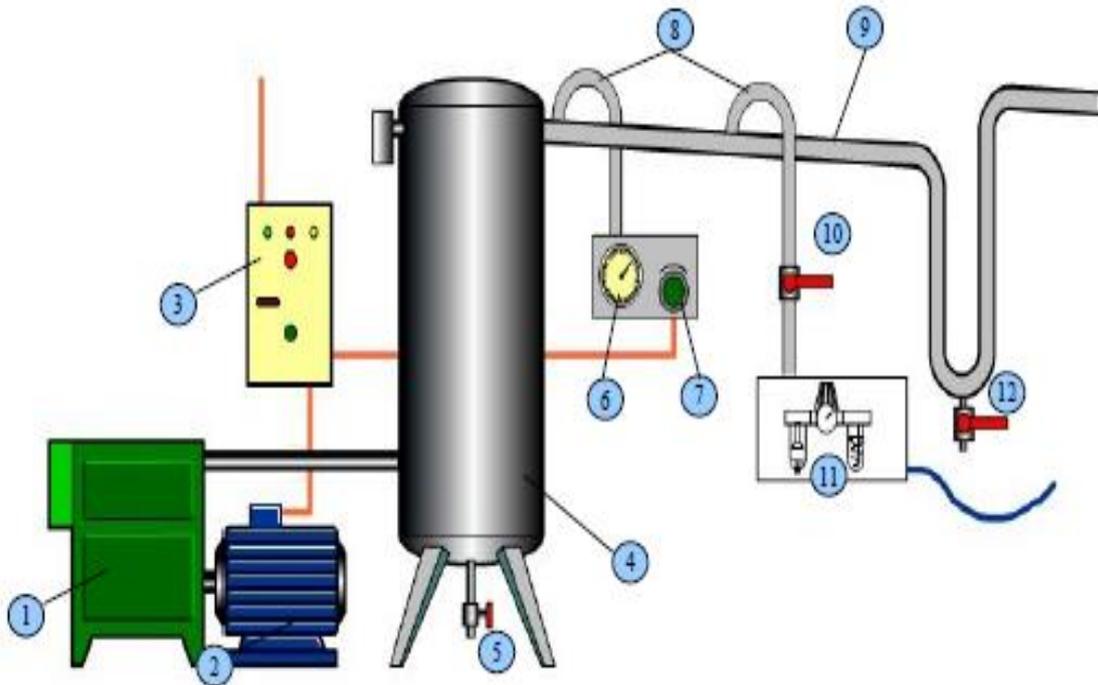


Figure II-03 : Centrale d'air comprimé. [5]

II.1.4.1 Les Composants constituant la centrale d'air comprimé

1. **Compresseur / Refroidisseur** : Il est chargé d'augmenter la pression de l'air. L'augmentation de la pression de l'air provoque une élévation de température de l'air qu'il faut refroidir.
2. **Moteur électrique** : Il est chargé d'entraîner le compresseur.
3. **Armoire électrique de commande** : Elle est chargée de commander le moteur en fonction des consignes de l'utilisateur et des informations fournies par le pressostat.
4. **Réservoir** : Il permet de stocker l'air comprimé par le compresseur pour ménager des temps d'arrêt et uniformiser le débit d'air dans l'installation.

5. **Purge du réservoir** : L'air comprimé contient de la vapeur d'eau qui finit par condenser dans le réservoir. Il convient de le purger régulièrement.
6. **Manomètre** : Il permet de mesurer la pression relative à l'intérieur du réservoir.
7. **Pressostat** : Il permet de définir la pression souhaitée dans le réservoir et de commander la mise en marche ou l'arrêt du moteur.
8. **Piquages** : Ils permettent d'alimenter les unités de production. Ils sont réalisés par le dessus de la canalisation principale afin d'éviter la condensation.
9. **Canalisation** : La canalisation principale, si possible en boucle pour équilibrer les pressions, suit une légère pente (1 à 3 %) afin que la condensation s'écoule vers un coude qui comporte un réservoir et une purge.
10. **Vanne d'isolement** : Elle permet d'isoler l'installation de la distribution générale en énergie pneumatique.
11. **Groupe de conditionnement (bloc FR ou FRL)** : Chaque équipement contient son propre groupe de conditionnement afin de Filtrer, Réguler et Lubrifier en fonction des besoins propres à l'équipement.
12. **Vanne de purge** : Chaque point bas est équipé d'un réservoir pour récolter la condensation et d'une purge. [5]

II.1.4.2 Les compresseurs d'air

Un compresseur est une machine qui a pour fonction d'élever la pression du fluide compressible qui le traverse. Son nom traduit le fait que le fluide se comprime (son volume diminue) au fur et à mesure de l'augmentation de pression. [19]

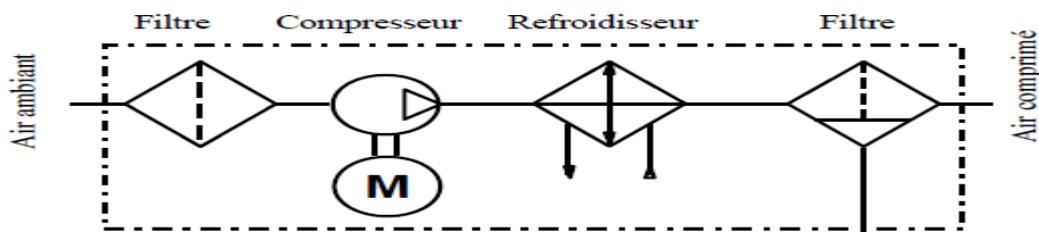


Figure II-04 : Symbole du compresseur intégré.

Il existe en gros deux types fondamentaux de compresseurs :

- Les compresseurs volumétriques
- Les compresseurs dynamiques.

II.1.4.2.1 Compresseurs volumétriques

Dans le type volumétrique, une quantité donnée d'air est aspirée dans une chambre de compression puis le volume que l'air occupe est diminué, ce qui entraîne une augmentation correspondante de sa pression avant qu'il soit refoulé. Les compresseurs d'air rotatifs à vis, les compresseurs à palettes et les compresseurs à pistons sont les trois types les plus répandus de compresseurs volumétriques utilisés dans les petites et moyennes industries.

II.1.4.2.2 Compresseurs dynamiques

Les compresseurs d'air dynamiques, qui comprennent des machines centrifuges et des machines axiales, sont courants dans les très grosses installations de fabrication.

A) Compresseurs Rotatifs A Vis

Depuis les années 1980, les compresseurs rotatifs à vis connaissent une certaine popularité et ont conquis une part intéressante du marché (par rapport aux compresseurs à pistons). Ils sont les plus répandus pour des puissances comprises entre 5 et 900 HP. Le type le plus courant de compresseur rotatif est le compresseur à vis à deux rotors hélicoïdaux. Deux rotors accouplés sont engrainés ensemble, emprisonnant l'air et réduisant son volume le long des rotors. Selon les exigences de pureté de l'air, les compresseurs rotatifs à vis sont du type lubrifié ou sec.

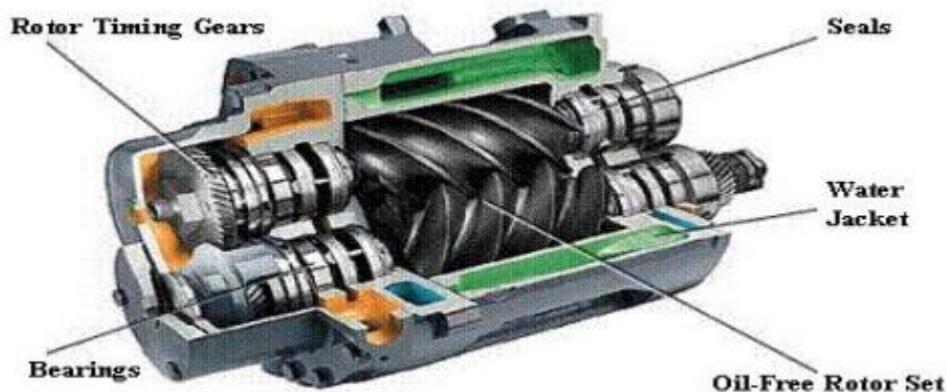


Figure II-05 : Coupe d'un compresseur rotatif à vis (avec la permission d'AtlasCopco).

B) Compresseurs à palettes

Un compresseur rotatif à palettes met en jeu un rotor à rainures excentré, situé dans un cylindre. Les rainures longitudinales du rotor sont équipées chacune d'une palette. Lorsque le rotor tourne, ces palettes sont plaquées vers l'extérieur par la force centrifuge et elles coulisent

à l'intérieur des rainures en raison de l'excentricité du rotor par rapport au stator. Les palettes balayent le cylindre, aspirant l'air d'un côté et le rejetant de l'autre. Les compresseurs à palettes servent généralement dans des applications de petite puissance lorsqu'existent des problèmes d'encombrement ; ils ne sont toutefois pas aussi efficaces que les compresseurs rotatifs à vis.

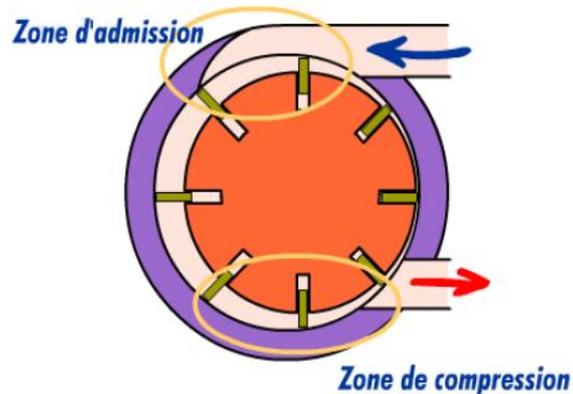


Figure II-06 : Principe technologique d'un compresseur à palettes. [5]

C) Compresseurs à pistons

Les compresseurs de ce type comportent un piston entraîné par un vilebrequin et un moteur électrique. Les compresseurs à piston à usage général sont disponibles sur le marché dans des puissances comprises entre moins de 1 HP et 30 HP environ. Ils sont souvent employés pour fournir de l'air à des dispositifs de régulation et d'automatisation dans les bâtiments.

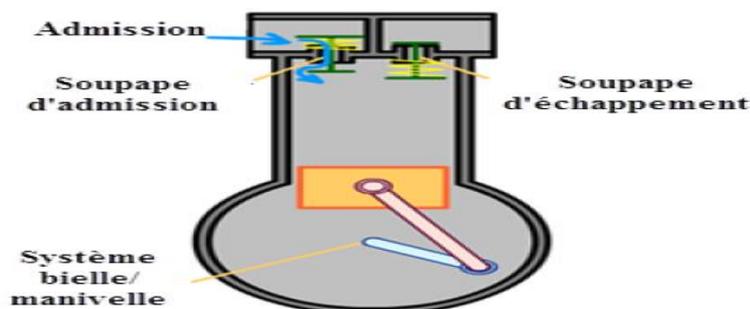


Figure II-07 : Compresseurs à pistons. [5]

D) Compresseur centrifuge

Dans un compresseur centrifuge, le parcours de l'air s'effectue radialement à partir des roues, et l'air passe à travers des diffuseurs d'un étage à l'autre avant d'être refoulé. L'air peut être refroidi efficacement entre les étages en refroidissant le carter : on obtient ainsi une compression presque idéale à chaque étage. Sauf pour les compresseurs de très grandes

dimensions, le rendement global des compresseurs centrifuges est inférieur à celui des compresseurs volumétriques à cause de la perte d'énergie important dans les diffuseurs. Les compresseurs centrifuges fournissent une pression de refoulement constante pour une vaste gamme de débit d'air. Le refroidissement entre les étages des compresseurs centrifuges est en général assuré par la circulation de l'eau dans la carter. Les appareils dont le refoulement est inférieur à 400 kPa ne nécessitent habituellement pas de refroidissement.

➤ **Moteurs des compresseurs**

Les moteurs électriques constituent le moyen le plus courant d'entraînement des compresseurs. En tant que moteurs d'entraînement, ils doivent délivrer une puissance suffisante pour démarrer le compresseur, l'accélérer jusqu'à sa pleine vitesse, et assurer son fonctionnement dans les diverses conditions prévues. La plupart des compresseurs d'air utilisent des moteurs électriques triphasés à induction classiques.

II.1.5 Traitement de l'air comprimé

L'air contient toujours de la vapeur d'eau. Lorsqu'il est comprimé, il s'échauffe il se refroidit ensuite dans le réseau de distribution, ce qui entraîne la condensation sous forme de brouillard, d'une partie de la vapeur d'eau. Cette eau se mélange à l'huile émise par le compresseur et aux poussières de rouille des tuyauteries du réseau. Malgré les précautions prises en amont, une partie de ces impuretés liquides et solides atteint les machines. Dans tous les cas, il y a donc lieu de filtrer l'air en entrée de machine et de retenir les impuretés liquides, Le compresseur de l'installation travaille entre une pression minimale (mise en marche) et une pression maximale (arrêt). Sur chaque machine, cette fluctuation de la pression du réseau peut être accentuée par les variations de la demande en air des machines voisines. Pour obtenir une constance de travail des machines, il est donc important de réguler cette pression et de l'ajuster à la valeur optimale pour chaque machine.

Enfin, il est recommandé de lubrifier l'air à l'entrée des machines (Figure II-08) cela s'avère indispensable pour certains actionneurs tels les moteurs rotatifs pneumatiques. La lubrification est toutefois moins nécessaire pour les vérins ces derniers évoluent vers un fonctionnement n'exigeant plus d'apport d'huile. [20]

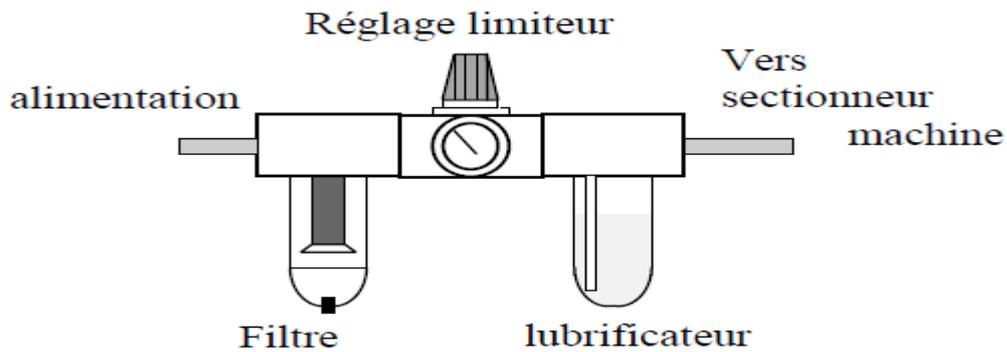


Figure II-08 : Bloc de conditionnement de l'air. [20]

II.1.5.1 Les Filtres à air

Le filtre a pour rôle de débarrasser l'air comprimé de toutes les impuretés et de l'eau condensée en suspension afin de protéger les équipements de l'installation. Selon la cartouche filtrante choisie pour le filtre, les impuretés retenues varieront de $0,01 \mu\text{m}$ à $40 \mu\text{m}$. Il convient de vider régulièrement le bol de la condensation récupérée et de nettoyer la cartouche des impuretés qui pourraient obturer ses pores. [5]

II.1.5.2 Le régulateur (détendeur / manodétendeur)

Le régulateur de pression, ou détendeur, permet de garantir une pression de travail (pression du secondaire) aussi régulière que possible tant que la pression d'alimentation (pression du primaire) est supérieure à la pression demandée. Le réglage de la pression souhaitée se fait manuellement. [5]

II.1.5.3 Le lubrificateur

Le lubrificateur n'est pas systématiquement utilisé dans les installations. Il est chargé de lubrifier l'air comprimé en injectant un brouillard d'huile dans le fluide. Ce brouillard d'huile ira se déposer sur les surfaces en mouvement des appareils pneumatique. Il participera à leur lubrification, réduisant les forces de frottement et prévenant l'usure et la corrosion.

Aujourd'hui, les matériaux utilisés pour fabriquer la majorité des vérins permettent de se passer de lubrifiant.

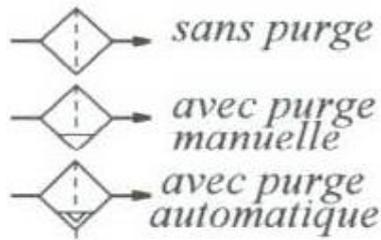


Figure II-09 : Symboles des filtres à air.

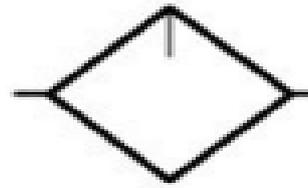


Figure II-10 : Symbole du lubrificateur.

II.1.6 Principe de fonctionnement

- **Les filtres**

Les impuretés sont retenues par centrifugation et par filtrage, la centrifugation est obtenue par des ailettes en forme de turbine. Le filtre est une paroi poreuse.

Le calibrage est choisi par le débit d'air qui s'exprime par la taille des orifices. De façon simple, il est déterminé par la consommation du plus gros actionneur. [20]

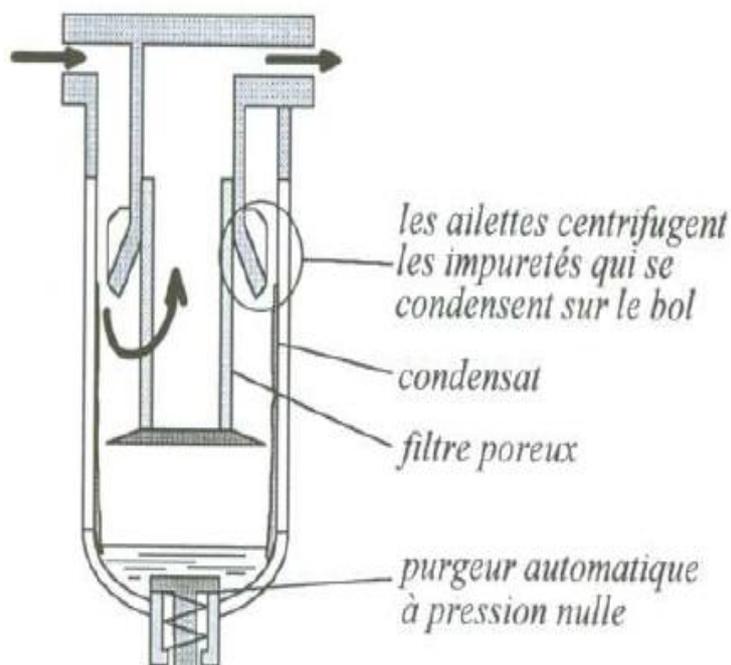


Figure II-11 : Principe de fonctionnement des filtres

- **Les régulateurs de pression**

La pression d'alimentation P_c fournie par le réseau est supérieure à la pression utile P_u dans le système. Le régulateur stabilise P_u malgré les fluctuations de la consommation en amont ou en aval. Lorsque la pression augmente, le tiroir se ferme en comprimant le ressort.

Sans débit, le tiroir se ferme dès que $P_c > P_u$. Avec débit, le tiroir ne se ferme pas totalement mais suffisamment pour créer une perte de charge. [20]

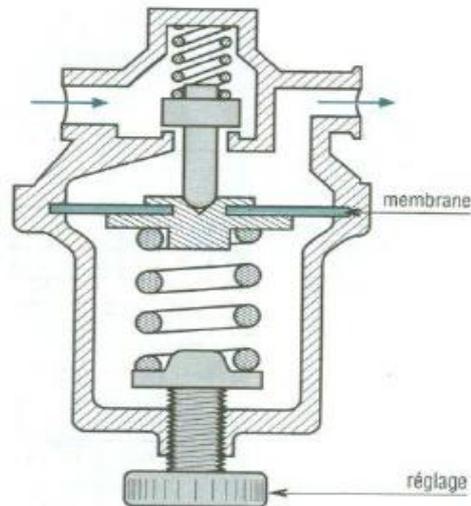


Figure II-12 : Principe de fonctionnement des régulateurs de pression

- **Les lubrificateurs**

Les lubrificateurs utilisent le plus souvent l'effet « venturi ». La pression de l'air parcourant le lubrificateur va augmenter la pression dans le réservoir d'huile et provoquer la montée de l'huile dans le tuyau plongeur. L'huile est mise en suspension dans l'air en mouvement (grâce à l'effet venturi) et est entraînée sous forme d'un fin brouillard mélangé à l'air comprimé. Les gouttes trop grosses retombent dans le réservoir. [5]

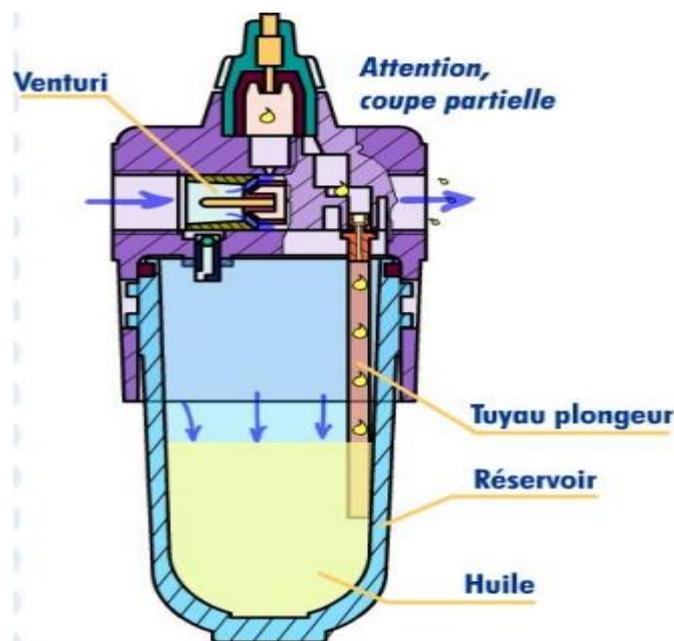


Figure II-13 : Principe de fonctionnement de lubrificateur.

II.1.7 les démarreurs progressifs

Ils servent à diminuer le débit d'air en appel à la mise sous pression lorsqu'il y a un risque de mouvement intempestif. [20]

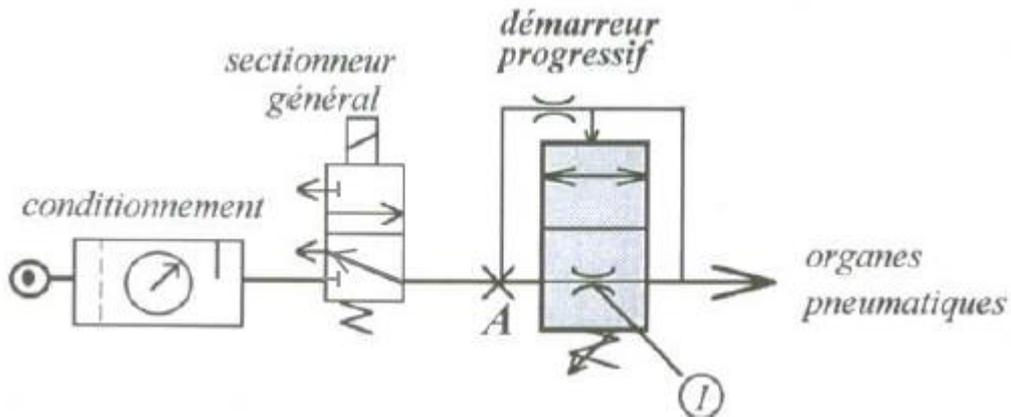


Figure II-14 : principe de fonctionnement d'un démarreur progressif.

Lorsque la pression en A est nulle, le démarreur est en position repos. Au moment de la mise sous pression, le débit est limité par l'étrangleur 1, et la pression reste faible. Les vérins se déplacent à vitesse limitée jusqu'à ce qu'ils se bloquent en fin de course. Dès que tous les vérins sont à l'arrêt, la pression augmente jusqu'à déplacer le tiroir. Le démarreur progressif se déplace en position travail. Le passage de l'air devient libre.

Le retour en position de travail est amorti pour absorber les fluctuations de la pression en cours de cycle.

* **Remarque** : il est important de placer le démarreur progressif après le sectionneur pour que le démarrage soit effectif à chaque coupure du sectionneur général.

II.1.8 Sectionneur

Afin de mettre le système en ou hors énergie, on utilise un sectionneur pneumatique. C'est un distributeur de type 3/2, qui peut être manœuvré manuellement ou électriquement.

Son rôle est d'isoler le circuit pneumatique du système par rapport à la source, et de vider ce circuit lors de la mise hors énergie. [16]

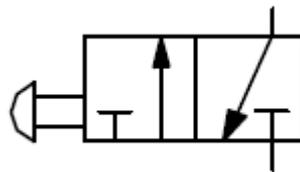


Figure II-15 : Symbole du sectionneur.

II.2 les distributeurs

Ils sont utilisés pour commuter et contrôler le débit du fluide sous pression, comme des sortes d'aiguillage, à la réception d'un signal de commande qui peut être mécanique, électrique ou pneumatique. Ils permettent de : [16]

- Contrôler le mouvement de la tige d'un vérin ou la rotation d'un moteur hydraulique ou pneumatique (distributeurs de puissance) ;
- Choisir le sens de circulation d'un fluide (aiguiller, dériver, etc.) ;
- Démarrer ou arrêter la circulation d'un fluide (robinet d'arrêt, bloqueur, ...) ;
- Être des capteurs de position (course d'un vérin).



Figure II-16 : image réelle d'un distributeur

II.2.1 Constitution

Un coulisseau ou un tiroir se déplace dans le corps du distributeur, il permet de fermer ou d'ouvrir des orifices d'air et ainsi de piloter différents actionneurs. [23]

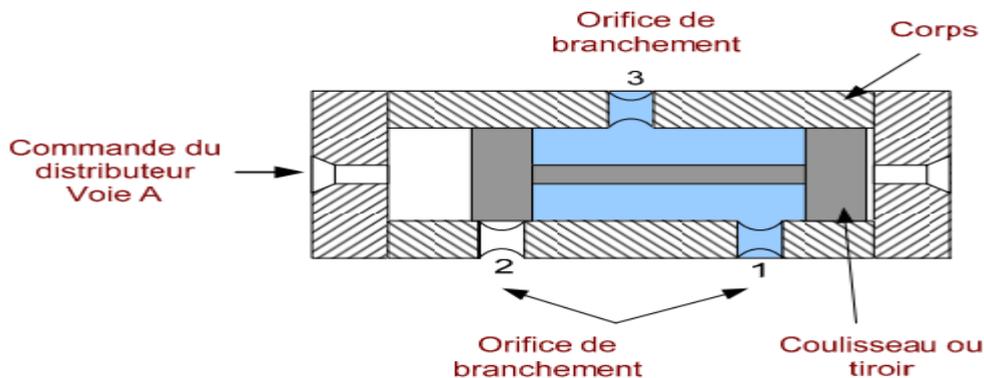


Figure II- 17 : Constitution d'un distributeur. [23]

II.2.2 Symbolisation des positions repos et activation

Les lignes de raccordement entre réseau et distributeur aboutissent toujours à la case symbolisant la position initiale au repos ; cette case est placée à droite pour les distributeurs à deux positions, au centre pour ceux à trois positions.

Le symbole de la pression (cercle) est mis à droite de la case de repos s'il n'y a qu'un échappement (triangle), au milieu s'il y a deux échappements.

Les orifices sont repérés par des lettres en hydraulique et par des chiffres en pneumatique.

[16]

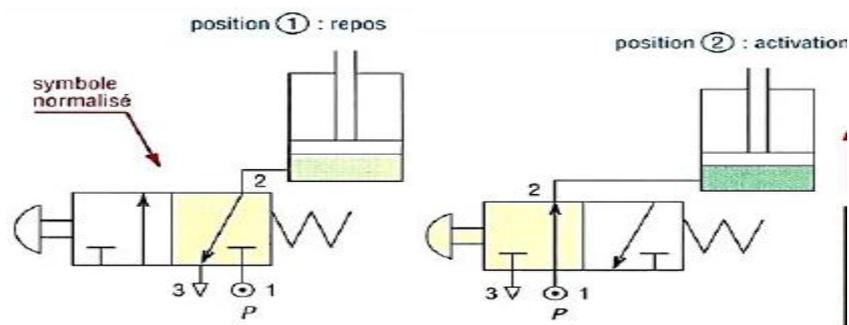


Figure II-18: Exemple de représentation et symbolisation des positions repos et activation (distributeur 3/2)

II.2.3 Stabilité des distributeurs

II.2.3.1 Distributeur normalement fermé NF : un distributeur est dit normalement fermé lorsqu'il n'y a pas de circulation de fluide à travers le distributeur en position repos ou initiale.

II.2.3.2 Distributeur normalement ouvert NO : un distributeur est dit normalement ouvert lorsqu'il y a circulation de fluide à travers le distributeur en position repos ou initiale. [18]

II.2.3.3 Distributeur monostable : distributeur ayant une seule position stable. Dans ce type de construction, un ressort de rappel ramène systématiquement le dispositif dans sa position initiale ou repos dès que le signal de commande ou d'activation est interrompu.

II.2.3.4 Distributeur bistable : admet 2 positions stables ou d'équilibre. Pour passer d'une position à une autre, une impulsion de commande ou de pilotage suffit pour provoquer le changement. Le maintien en position est assuré par adhérence ou aimantation.

II.2.3.5 Distributeur multi stable : ils ont généralement 3 positions et permettent aux actionneurs d'occuper sur une même trajectoire plus de 2 positions (ex : 5/3 centre ouvert ou 5/3 centre fermé).

- **Centre fermé pour 4/3 et 5/3** : en position neutre ou repos à centre fermé, le fluide ne peut pas circuler entre les chambres et les échappements, ce qui bloque la tige ou l'arbre moteur. Il est intéressant pour un redémarrage sous charge.
- **Centre ouvert pour 4/3 et 5/3** : en position neutre ou repos à centre ouvert, le fluide peut circuler librement. La purge des chambres et la libre translation de la tige ou la libre rotation de l'arbre moteur sont ainsi possibles. Ce cas est intéressant pour supprimer les efforts développés et faire des réglages.

II.3 Les Actionneurs

Un actionneur pneumatique convertit une énergie d'entrée pneumatique en une énergie utilisatrice mécanique. On distingue : [18]

- Les actionneurs pneumatiques linéaires ou vérins ;
- Les actionneurs pneumatiques rotatifs ou moteurs pneumatiques et les vérins rotatifs.

II.3.1 Caractéristiques des actionneurs linéaires

Poussée théorique	DE 20N a 5000N pour 4bars <math>p < 8 \text{ bars}</math>
Vitesse	0,2 à 0,3 m/s
Rendement volumétrique	0,5
Précision et position	Assez bonne (asservissement de position encore délicat mais existant et en fort cours de développement)
Avantages	Installation et maintenance facile - Poids et encombrements faibles - Travail possible en ambiance humide ou explosive - Coût réduit
Inconvénients	Forte consommation d'énergie Fonctionnement bruyant (silencieux nécessaires)

Tableau II-01 : Caractéristiques des actionneurs linéaires [8].

II.3.2 Caractéristiques des moteurs pneumatiques

Fréquence de rotation	Moteurs volumétriques : jusqu'à 20000 tr/min Moteurs à turbines: jusqu'à 12000 tr/min
Couple au démarrage	70% du couple maxi
Rendement global	0,5
Avantages	Blocage en charge possible sans détérioration-poids et encombrement faible Travail possible en ambiance humide ou explosive - Cout relativement faible
Inconvénients	Forte consommation d'énergie Fonctionnement bruyant (silencieux nécessaires)

Tableau II-2 : Caractéristiques des moteurs pneumatiques. [18]

II.3.3 Vérins pneumatiques

Un vérin pneumatique est un tube cylindrique (le cylindre) dans lequel une pièce mobile (le piston) sépare le volume du cylindre en deux chambres isolées l'une de l'autre. Un ou plusieurs orifices permettent d'introduire ou d'évacuer un fluide dans l'une ou l'autre des chambres et ainsi de déplacer le piston.

II.3.3.1 Constitution et principe de fonctionnement d'un vérin

Quel que soit le vérin, son type et son constructeur, il sera constitué des mêmes éléments. Le piston est solidaire de la tige qui peut se déplacer à l'intérieur du corps. Le corps est délimité par le nez et le fond dans lesquels sont aménagés les orifices d'alimentation en air comprimé.

Les espaces vides qui peuvent être remplis d'air comprimé s'appellent chambre. [5]

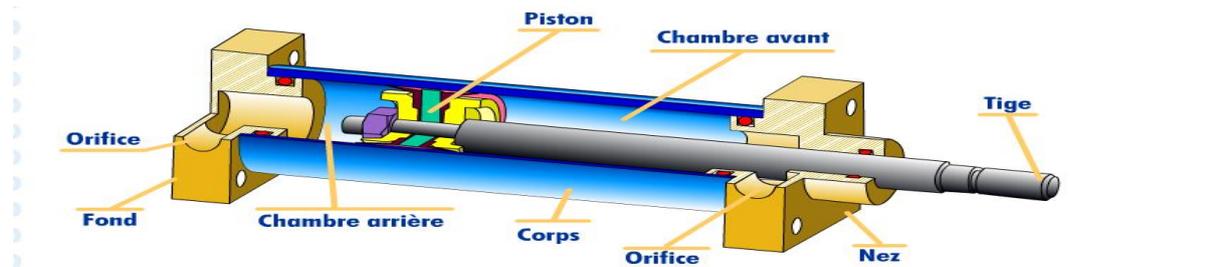


Figure II- 19 : Constitution d'un vérin pneumatique.

C'est l'air comprimé qui, en pénétrant dans l'une des chambres, pousse sur le piston. La tige se déplace. L'air présent dans l'autre chambre est donc chassé et évacué du corps du vérin. Le mouvement contraire est obtenu en inversant le sens de déplacement de l'air comprimé.

Les vérins sont classés selon leur mode de travail, dont dépend de leur conception, ils se répartissent en trois catégories :

- Vérins à simple effet
- Vérins à double effet
- Vérins spéciaux

II.3.4 Les vérins linéaires simple effet

Ce vérin ne peut développer un effort que dans un seul sens. La course de rentrée s'effectue grâce à un ressort de rappel (ou un autre dispositif) incorporé entre le piston et le flasque avant. Il ne possède de ce fait qu'un poussant ou en tirant.

Sous l'action de l'air comprimé, la tige du vérin sort et comprime le ressort. La chambre avant se trouve à l'atmosphère. Le retour de la tige se fait en relâchant la pression ressort se détend et la tige revient en position repos. [18]

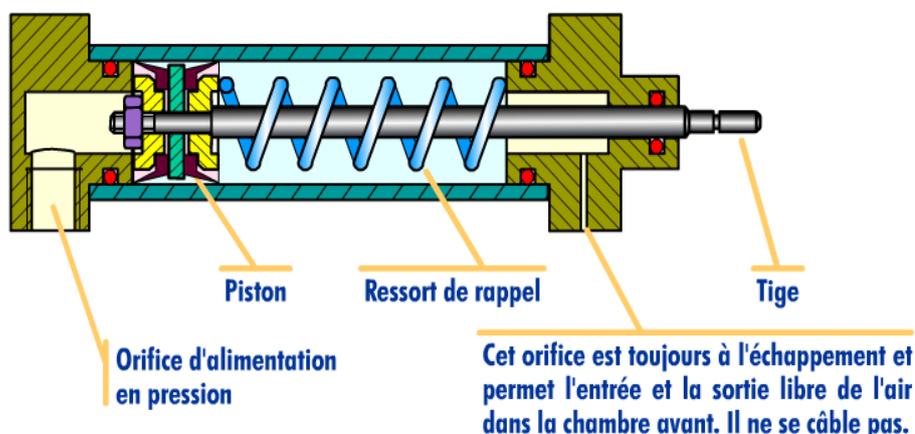


Figure II-20 : Constitution d'un vérin à simple effet. [5]



Figure II-21 : Symbole d'un vérin simple effet en poussant [18]



Figure II- 22 : Symbole d'un vérin simple effet en tirant [18]

- **Avantage :**

Ce sont des vérins économiques et la consommation de fluide est réduite.

- **Inconvénients :**

À course égale, ils sont plus longs que les vérins double effet. La vitesse de la tige est difficile à régler et les courses proposées sont limitées (jusqu'à 100 mm).

Ils sont utilisés pour des travaux simples : serrage, éjection, levage, emmanchements, etc.

II.3.5 Vérins linéaires double effet

L'ensemble tige plus piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide (en tirant et en poussant). L'effort en poussant (sortie de tige) est légèrement plus grand que l'effort en tirant (rentrée de tige) car la pression n'agit pas sur la partie de surface occupée par la tige. [18]

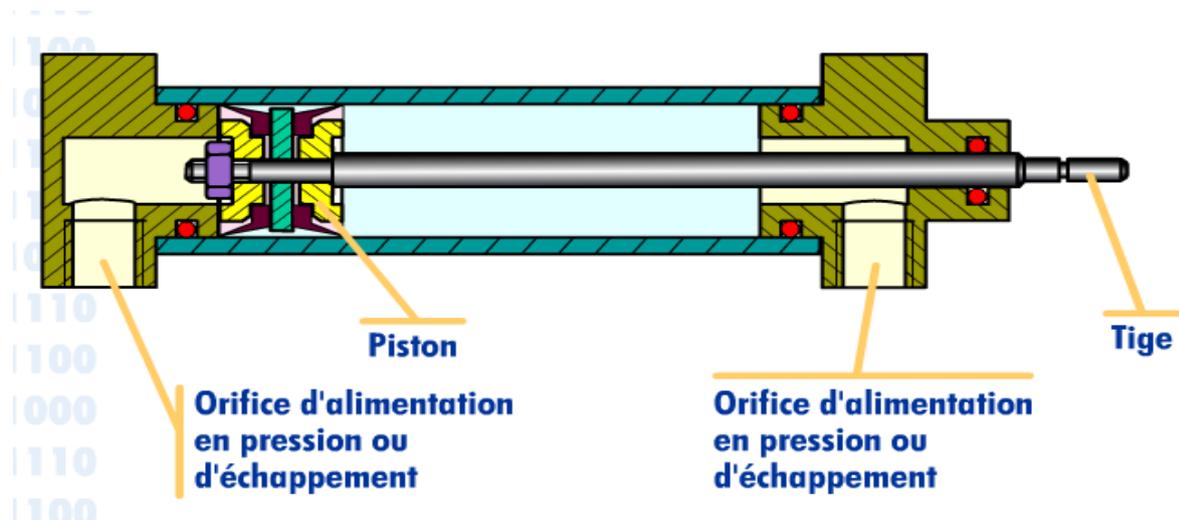


Figure II-23 : Vérins linéaires double effet. [5]

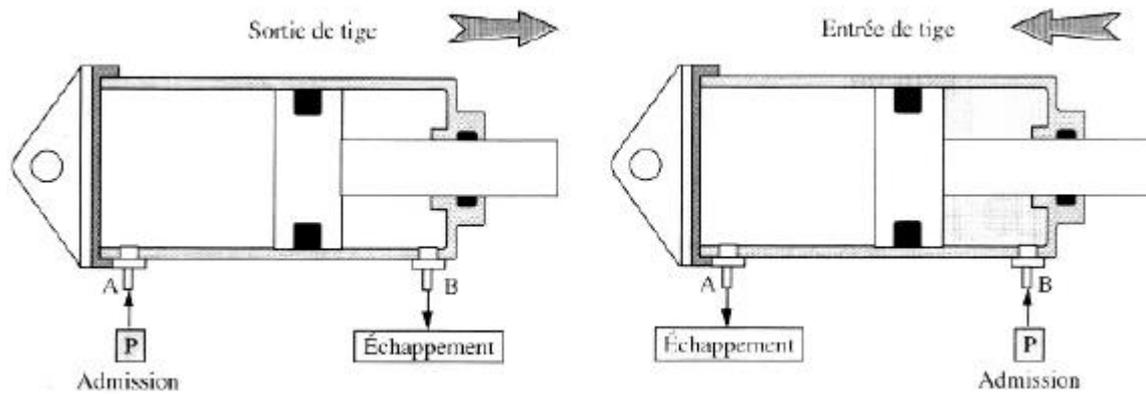


Figure II-24 : Symboles des Vérins linéaires double effet. [18]

II.3.5.1 Principe de fonctionnement

- **Sortie de tige** : sous l'action de l'air comprimé sur le piston par l'orifice A, la tige de vérin sort. L'orifice B est à l'échappement, la chambre se vide et l'air retourne à l'atmosphère.
- **Rentrée de tige** : cette fois, c'est la chambre avant qui est soumise à la pression P. L'air comprimé arrive par l'orifice B. La pression agit sur la face avant du piston et la tige de vérin rentre. La chambre arrière est de ce fait à l'échappement, l'air retourne à l'atmosphère. [18]

II.3.6 L'amortissement fin de course

Il sert à limiter les à-coups et les chocs lorsque les tiges de vérins arrivent en fin de course. Il est indispensable aux vitesses ou cadences élevées et sous fortes charges. Si des blocs en élastomère suffisent lorsque l'énergie à amortir est modérée, les dispositifs avec tampons amortisseurs sont recommandés aux plus hautes énergies. Dès que le tampon entre dans l'alésage, le fluide à l'échappement obligé de passer par l'orifice B plus petit, au lieu de A. La réduction du débit provoque une surpression créant l'amortissement. [18]

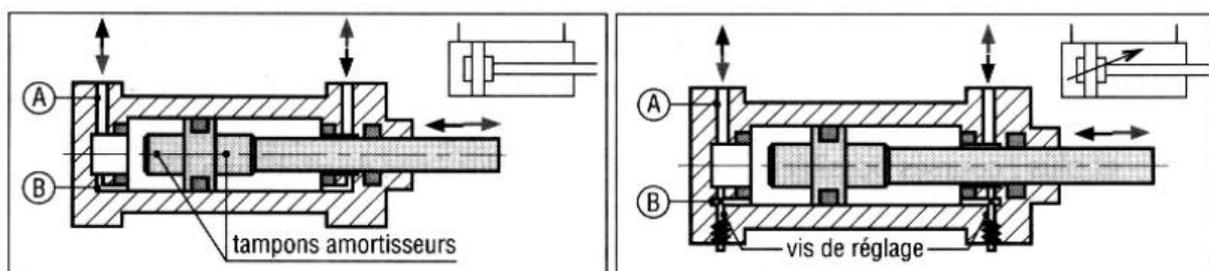


Figure II-25 : Vérins doubles effets à amortissement réglable et non réglable.

II.3.7 Vérins spéciaux

II.3.7.1 Vérin à tige télescopique

Simple effet, il permet des courses importantes tout en conservant une longueur repliée raisonnable [18]

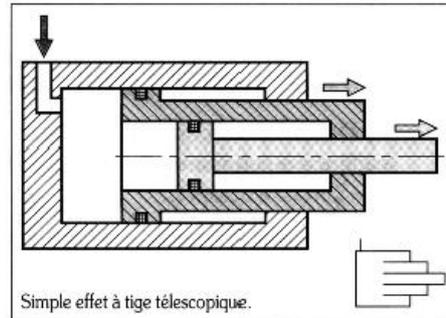


Figure II-26 : Vérin simple effet a tige télescopique

II.3.7.2 Le vérin à piston ovale

La particularité de ce vérin, de conception identique aux autres vérins, provient de la forme de son piston. De forme ovale, il élimine la rotation de la tige. [18]

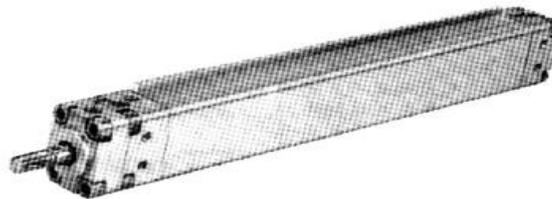


Figure II-27 : vérin à piston ovale.

II.3.7.3 Le vérin rotatif

Le principe de ce vérin est de transformer le mouvement rectiligne du piston en un mouvement rotatif autour d'un axe. [18]

Ce vérin est constitué d'un cylindre et 2 pistons, reliés entre eux par un axe crémaillère.

L'étanchéité est assurée par des joints. Les flasques sont munis de raccords servant à l'alimentation en air comprimé, Il existe différents modèles : avec ou sans amortissement, avec ou sans détection de position sans contact mécanique. Trois angles de rotation existent : 90°, 180°, 360°.

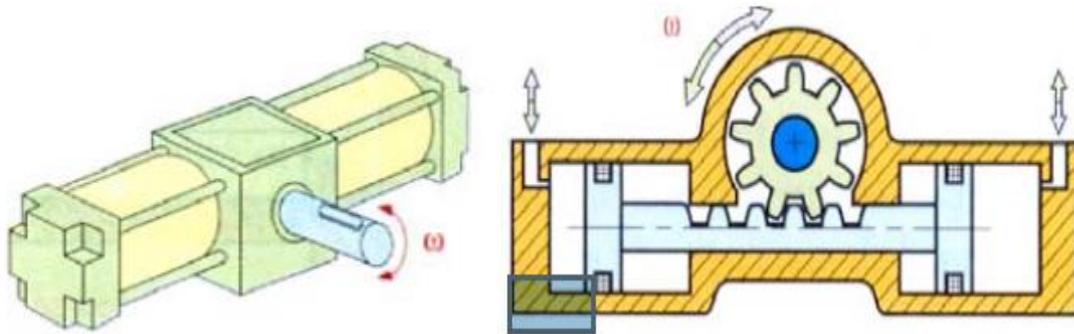


Figure II- 28 : Exemple de réalisation d'un vérin rotatif. [16]

II.3.7.4 Multiplicateur de pression

Souvent utilisé en oléopneumatique, il permet à partir d'une pression d'air (p en X), d'obtenir un débit d'huile à une pression plus élevée (P en Y : 10 à 20 fois plus élevée que p). Il est ainsi possible d'alimenter des vérins hydrauliques présentant des vitesses de tige plus précises. [16]

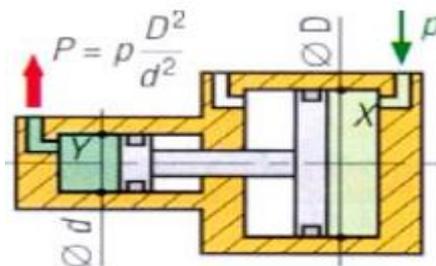


Figure II- 29 : Multiplicateur de pression

II.3.7.5 Les vérins sans tige

Ce type d'actionneur, différent des vérins classiques, est de plus en plus utilisé dans les systèmes automatisés. Il présente des avantages importants, notamment dans la manutention de pièces relativement légères, sur des distances importantes, en éliminant le risque de flambage des tiges de vérins classiques. [18]



Figure II- 30 : Vérin double effet sans tige avec amortissement des deux côtés

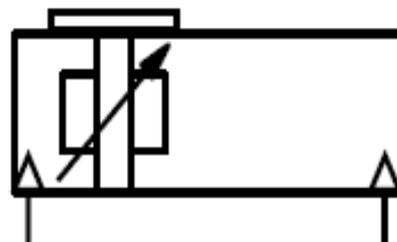


Figure II- 31 : Symbole d'un vérin double effet sans tige

II.3.8 Les moteurs pneumatiques

Ils transforment l'énergie pneumatique en une énergie mécanique sous forme de rotation. Les moteurs pneumatiques offrent un rapport puissance/poids qui est beaucoup plus élevé que celui des moteurs électriques, de ce fait ces moteurs sont très utilisés dans les applications portatives ou à encombrement réduit. De plus, ces moteurs sont simples à installer, et leur vitesse est facilement contrôlable en grandeur et en sens de rotation.

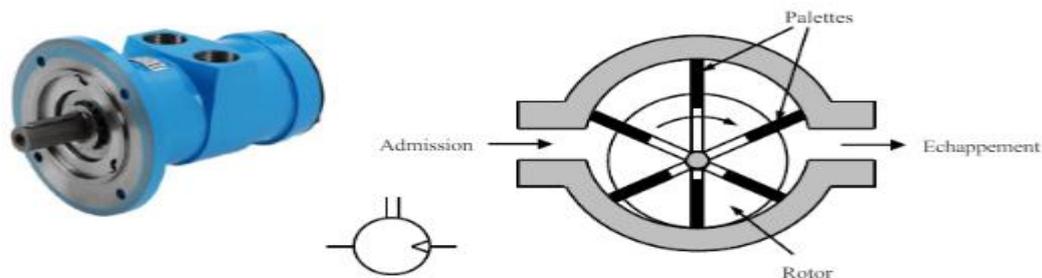


Figure II-32 : Image réelle et schéma synoptique du moteur pneumatique à palettes.

II.3.8.1 Générateur de vide

Le générateur de vide est un appareil chargé d'aspire l'air présent dans une canalisation est de créer une dépression dans cette canalisation. Il fonctionne à **l'effet venturi**.

L'aspiration n'est possible que lorsque le générateur est alimenté en pression. Un tel fonctionnement est bruyant en raison de l'échappement permanent de l'air. [5]

II.3.8.2 Effet venturi

Effet venturi est un effet d'aspiration provoqué par le passage d'un courant d'air. Il est principalement mis en application dans les générateurs de vide.

Un générateur de vide est alimenté en air comprimé. L'air est injecté au travers d'une buse de petite dimension. Grâce à cette buse émettrice, l'air est accéléré.

Dans le volume qui entoure la buse, les molécules d'air sont aspirées et fument par la buse de sortie avec l'air d'alimentation qui s'échappe. [5]

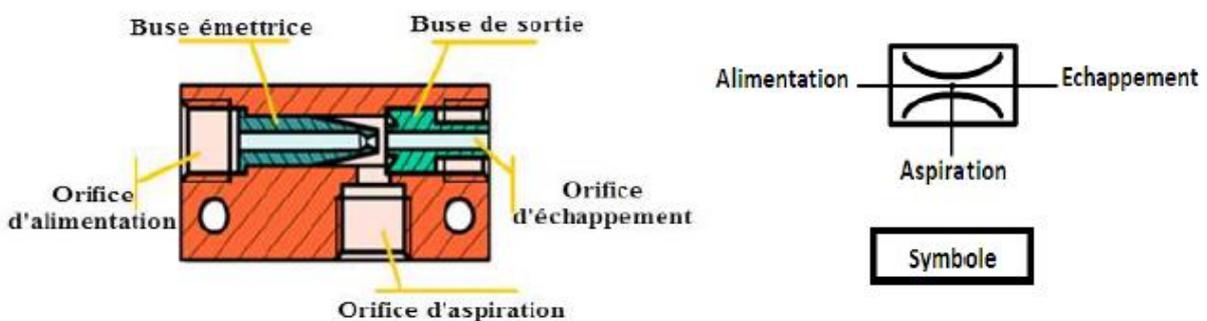


Figure II-33 : Constituants d'un générateur de vide.

II.3.9 Dimensionnement et choix de vérin

Lors de l'étude d'un système pneumatique il est nécessaire de dimensionner chaque vérin en fonction du rôle qu'il joue.

Le travail qu'il réalise conduit à déterminer le diamètre de son piston et / ou sa course, L'environnement dans lequel il évolue influence le choix du vérin (résistance aux actions extérieures). [5]

II.3.9.1 Détermination de la course du vérin

La course est choisie en fonction du déplacement à réaliser. La longueur de course du vérin doit au moins être égale à la course souhaitée (la fin de course se fera en butant sur les fonds du vérin ou sur des butées extérieures). Sur un vérin traditionnel, la longueur de la course influe directement sur l'encombrement général. Selon le vérin choisi, la course sera standard (imposée par le constructeur) ou spéciale (réalisée à la demande).

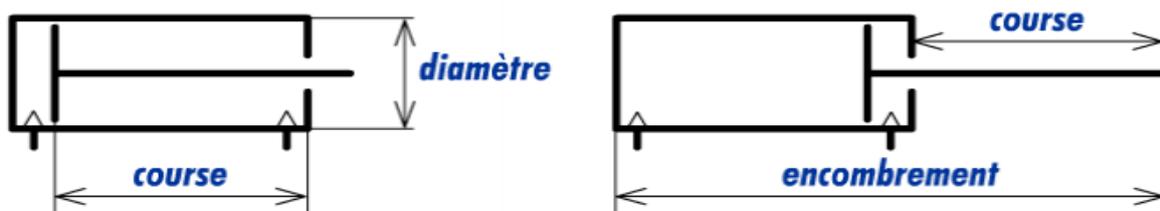


Figure II-34 : Schéma synoptique déterminant la course d'un vérin

II.3.9.2 Détermination du diamètre

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

II.3.9.2.1 Effort théorique

L'air comprimé situé dans la chambre arrière applique une poussée sur toute la surface qui l'emprisonne entre autre, sur toute la surface du piston. Il en résulte un effort axial théorique développé par le vérin et transmis en bout de tige.



Figure II-35 : Schéma de principe calculant la poussée d'un vérin.

$$F_t = p * s$$

F_t : effort théorique axial.

P : pression de service.

S : section du piston sur laquelle la pression s'applique.

II.3.9.2.2 Force dynamique (effort réel)

Lorsqu'un vérin est en conditions réelles d'utilisation, il développe un effort de poussée réel inférieur à l'effort théorique car il faut tenir compte :

- Des frottements internes au vérin.
- De la contre-pression qui est établie dans la chambre opposée pour obtenir un

Mouvement régulier.

On estime, en usage général, les forces qui s'opposent à l'effort de poussée à environ 3 à 20% de l'effort obtenu (10% en général).

$$\mathbf{Fr} = \mathbf{Ft} - \mathbf{Ff}$$

Fr : effort réel.

Ft : effort théorique axial.

Ff : forces de frottement et divers.

➤ Taux de charge (t):

Pour être certain d'utiliser le vérin dans de bonnes conditions, on définit le **taux de charge t**. C'est un paramètre qui tient compte à la fois des effets de la contre-pression et des frottements internes, son emploi élimine les risques de broutements.

$$t = \frac{\mathbf{Fcharge}}{\mathbf{Fs}}$$

t = taux de charge.

Fs = force statique.

Fcharge = effort à vaincre pour déplacer la charge.

En pratique : $0.5 \leq \text{taux de charge} \leq 0.75$.

Le taux de 0.6 est usuel.

II.3.10 Calcul de l'effort de rentrée de tige

Les calculs que nous venons d'aborder permettent de déterminer un vérin pour un effort axial en poussant. La méthode de calcul est la même pour le mouvement de rentrée de tige mais la surface du piston sur laquelle la pression de l'air comprimé agit n'est plus la même. En effet, il faut tenir en compte de la tige du piston. [5]

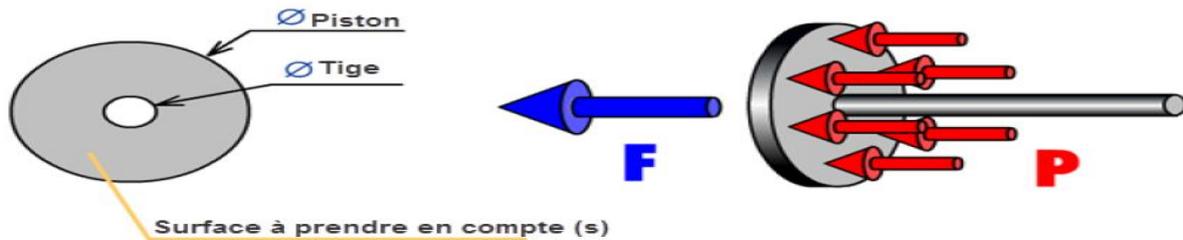


Figure II-36 : Schéma de principe calculant l'effort de rentrée de tige.

$$S = S_{\text{piston}} - S_{\text{tige}}$$

II.3.11 Vitesse du piston

Sur certaines applications, la vitesse du piston est un paramètre essentiel :

- Si une cadence de production doit être respectée,
- Si des objets fragiles doivent être manipulés.

Cependant, la vitesse du piston est fonction d'un très grand nombre de paramètres :

- Résistance rencontrée,
- Pression de l'air,
- Longueur du réseau de distribution,
- Sections des canalisations,
- Débit de la distribution...

En première approximation, on considère que pour un vérin de série dans une utilisation Standard, la vitesse du piston va de 0,1 à 2 m/s. [5]

II.4 CONSTITUANTS DE MODULATION DE L'ENERGIE

Pour permettre le réglage de la vitesse du vérin dans chacun des sens de déplacement en phase d'exploitation, pour le bloquer en position ou le libérer en cas de dysfonctionnement, on dispose sur le circuit de puissance des auxiliaires de modulation de l'énergie tels que les régulateurs de vitesse, les bloqueurs, les sectionneurs purgeurs, etc. [18]

II.4.1 Le réglage de la vitesse

Les vérins installés dans un système pneumatique selon une trajectoire et une vitesse. Quand cette vitesse doit être contrôlée, il faut prévoir sur l'installation un système permettant le réglage de cette vitesse.

II.4.1.1 Principe de réglage

La vitesse de sortie de tige est déterminée par la vitesse à laquelle l'air s'échappe de la chambre avant. Ce réglage de vitesse se fait en agissant sur une restriction réglable, sur la mise à l'échappement. Pour éviter que le vérin « broute » placer le réglage de vitesse au plus près du vérin ou de préférence sur le vérin.

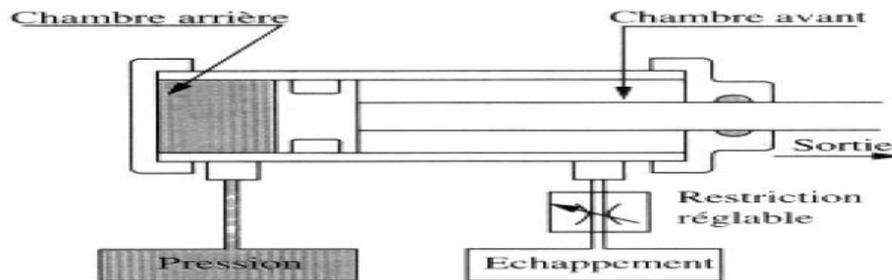


Figure II-37 : Principe de réglage de la vitesse d'un vérin.

II.4.2 Technique de réglage par limiteur de débit

Cette restriction réglable est implantée sur les 2 orifices d'échappement du distributeur. Chaque limiteur permet le réglage de la vitesse dans un sens. Ce système économique présente peu d'efficacité.

Les implantations sont faciles à réaliser car elles se situent sur les orifices 3 et 5 du distributeur (échappements). Par contre, il faut noter un certain nombre d'inconvénients, et en particulier, le fait de ne pouvoir régler la vitesse du vérin avec précision.

Le distributeur 5/2 est le seul à pouvoir utiliser ce système car il possède 2 orifices d'échappement distincts.

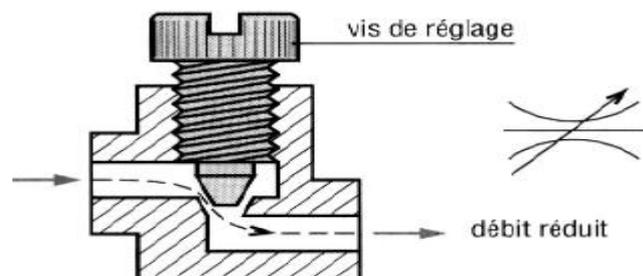


Figure II-38 : Principe du réducteur de débit réglable.

II.4.3 Le réducteur de débit unidirectionnel (RDU)

Ce dispositif s'implante entre le distributeur et le vérin et au plus près de celui vitesses de rentrée et de sortie de tige se règlent séparément en plaçant un réducteur de débit sur chaque canalisation, ce procédé de réglage de vitesse offre une certaine liberté au niveau de l'implantation. Il permet de placer le réducteur de débit en un endroit accessible, si le

mécanisme oblige à des réglages fréquents. Il autorise aussi bien des distributeurs 5/2 comme 4/2.

Ce composant est constitué d'un clapet anti-retour et d'un réducteur de débit réunis dans un même corps, cette association permet d'avoir le réglage du débit dans un sens et de laisser le passage libre dans l'autre sens.

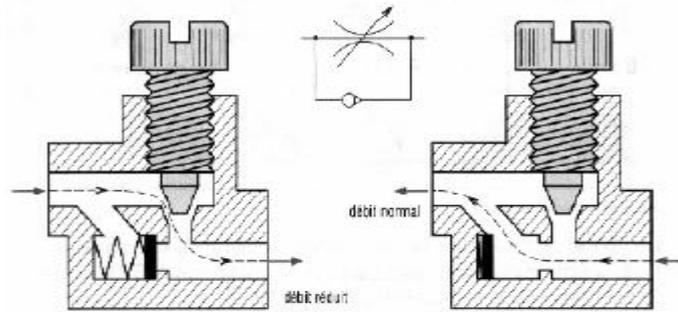


Figure II-39 : Principe du réducteur de débit unidirectionnel réglable.

II.4.3.1 Le RDU Vissable

Ce composant est un réducteur de débit unidirectionnel possédant un filetage. Il se fixe à la place d'un raccord, soit sur le vérin, soit sur le distributeur.

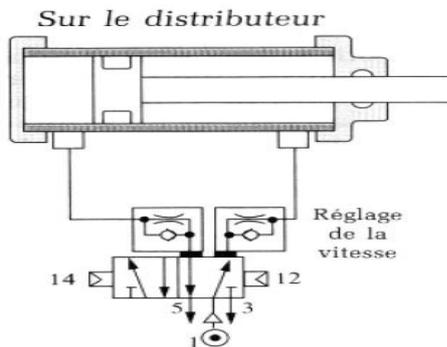


Figure II-40 : RDU fixé sur le distributeur.

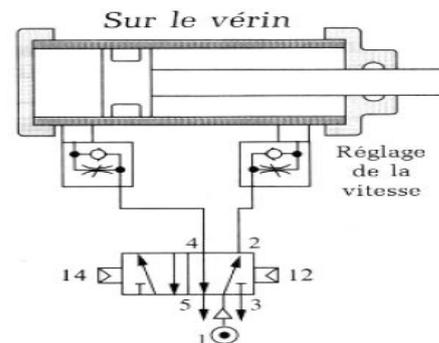


Figure II-41 : RDU fixé sur le vérin.

➤ Montage sur le vérin

- **Avantage**

Le réglage de la vitesse du vérin est précis car le montage s'effectue sur celui-ci

- **Inconvénient** : Ce montage oblige à avoir un vérin facile d'accès en respectant la sécurité de l'utilisateur.

➤ Montage sur le distributeur

- **Avantage** : L'implantation dans ce type de montage est rapide et le réglage est facilement accessible.

- **Inconvénient**

Si le distributeur est loin du vérin, le réglage de la vitesse sera moins efficace.

II.4.4 Description d'un régleur de vitesse

Ce système de réglage, très utilisé et le plus efficace, se fixe directement sur le vérin en lieu et place du raccord.

II.4.5 Principe de fonctionnement

Une jupe souple joue le rôle d'anti-retour. Sur le dessus, une vis permet un réglage précis du débit d'air, ce qui permet de faire varier la vitesse de déplacement de la tige du vérin.

- Flèches foncées : plein passage de l'air du distributeur vers le vérin.
- Flèches claires : contrôle du débit d'air, ce qui permet de réguler la vitesse du vérin vers le distributeur.

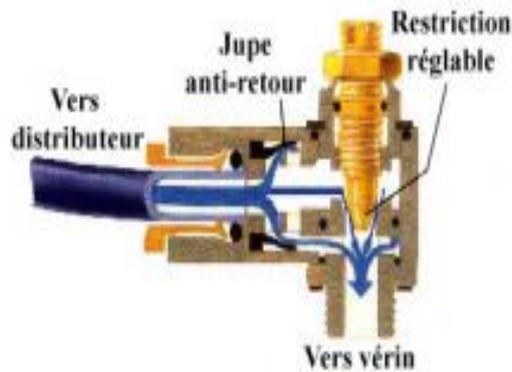


Figure II-42 : Fonctionnement d'un régleur de vitesse.

II.4.6 Les bloqueurs

Dans les systèmes automatisés, il arrive, pour des raisons propres au fonctionnement, que le vérin doive être arrêté dans sa course : ex : 3 positions différentes sur une même course ou arrêt d'urgence.

Le blocage en position du vérin s'obtient en interposant entre le distributeur et le vérin (sur l'admission et sur l'échappement) un distributeur 2/2 NF appelé bloqueur. La particularité de ce composant réside dans le fait qu'il se fixe sur le vérin, en lieu et place du raccord fileté.

II.4.6.1 Techniques de blocage des vérins

II.4.6.1.1 Bloqueurs 2/2

Ce genre de composant peut être considéré comme un distributeur 2/2, Toutefois, à la différence du distributeur 2/2, il se fixe sur le vérin, en lieu et place du raccord fileté. Le bloqueur 2/2 est la solution idéale pour le blocage des vérins. Il élimine le problème d'implantation du distributeur 2/2. De plus, il forme avec le vérin un ensemble compact.

II.4.6.1.2 Blocage par distributeur 2/2

Dans ce cas, on utilise 2 distributeurs 2/2. Il est préférable de les placer au plus près du vérin. Le blocage est efficace uniquement dans ce cas. En pratique, cette solution n'est pas souvent utilisée car l'implantation des distributeurs n'est pas toujours évidente.

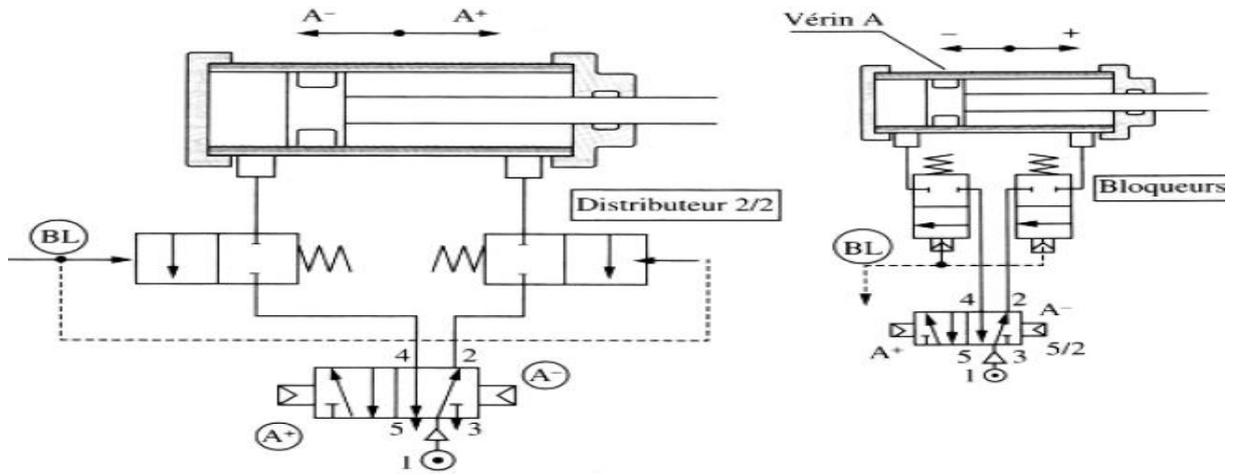


Figure II-43 : blocage des vérins par des bloqueurs 2/2 et distributeurs 2/2.

II.7 Clapet anti-retour

Il n'autorise le déplacement du fluide que dans un seul sens. Plusieurs technologies sont possibles. Les versions pilotées autorisent une circulation en sens inverse en cas d'activation.

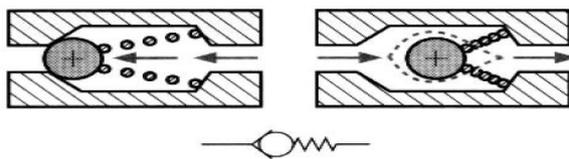


Figure II-44 : Clapet anti- retour.

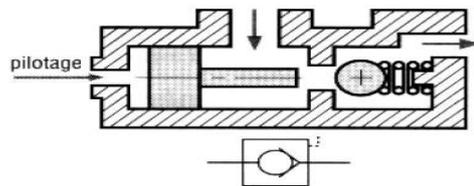


Figure II-45 : Clapet anti retour piloté.

II.5 Comparaison entre pneumatique et l'hydraulique

Certains croient que ces deux domaines sont synonymes, mais il est facile de comprendre qu'ils sont largement différents. Il est vrai qu'ils utilisent la même technique de base pour produire un mouvement mécanique. Ils utilisent les mêmes types d'actionneurs, des vérins pour appliquer une force linéaire et des moteurs pour appliquer une force rotative. La différence fondamentale entre eux réside dans le matériau utilisé pour transmettre la force d'un point à un autre.

Le pneumatique utilise de l'air, qui est compressible. L'hydraulique utilise de l'huile, qui n'est pas compressible, au moins pas aussi facilement. En outre, l'air peut changer de consistance, contrairement aux fluides. Le pneumatique est généralement plus rapide. Par contre, la limite maximale de la pression pneumatique étant de 150 psi, de tels systèmes ne peuvent pas déplacer des charges importantes, contrairement aux systèmes hydrauliques. Les systèmes hydrauliques sont capables d'exploiter des pressions élevées, jusqu'à 10 000 psi.

Les coûts constituent une autre différence importante. Les systèmes pneumatiques ont tendance à être considérablement moins chers que les hydrauliques. Les différences entre ces systèmes sont donc évidentes. Même si leurs applications et leurs actions peuvent avoir des points communs, chacune de ces technologies répond à des exigences, des spécialités différentes. L'une est généralement mieux adaptée à certaines tâches que l'autre et réciproquement. [21]

	Avantages	Inconvénients
Énergie pneumatique	<ul style="list-style-type: none"> -Production : air disponible partout et en quantité illimitée. -Transport aisé dans des conduites bon marché. -Matière d'œuvre propre. -Composants peu coûteux. -Possibilité de vitesses et de cadences élevées. 	<ul style="list-style-type: none"> - Source d'énergie exigeant un excellent conditionnement (filtration). Aucune impureté et aucune poussière ne doit pénétrer dans le système. - Difficulté d'obtenir des vitesses régulières du fait de la compressibilité de l'air. - Forces développées restent relativement faibles (pression d'utilisation de 3 à 10 bars).
Énergie hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission de forces et de couples élevés. - Une grande souplesse d'utilisation dans de nombreux domaines. - Une très bonne régulation de la vitesse sur les appareils moteurs, du fait de l'incompressibilité du fluide. - Le démarrage en charge des moteurs hydrauliques et des vérins. - Une augmentation de la longévité des composants, contrairement aux systèmes pneumatiques, où il est nécessaire d'utiliser un lubrificateur après la filtration de l'air. Les systèmes hydrauliques, du fait de la présence de l'huile, possèdent un excellent moyen de lubrification. 	<ul style="list-style-type: none"> -Risques d'accident dus à l'utilisation de pressions élevées dans les systèmes $50 < P < 700$ bars. - Fuites qui entraînent une diminution du rendement. - Pertes de charge dues à la circulation de l'huile dans les tuyauteries. - Risques d'incendie dus à l'utilisation d'une huile hydraulique minérale inflammable. - Matériel coûteux dont la maintenance est onéreuse du fait du prix de revient élevé des composants, du remplacement de l'huile hydraulique et de filtres.

Tableau II-3 : Comparatif entre l'énergie pneumatique et hydraulique. [22]

Conclusion

Dans ce chapitre on s'est intéressé aux systèmes pneumatiques dont le but est de transmettre l'énergie pneumatique provenant d'une source afin de générer une énergie mécanique. Cette transmission se fait via un gaz sous pression.

Un circuit pneumatique est composé généralement de distributeurs dont le rôle est d'agir sur la trajectoire de l'air comprimé dans le but de commander un démarrage, un arrêt ou un sens de débit, de clapets qui servent à interrompre le passage de l'air dans un sens et l'autoriser dans l'autre sens, et d'actionneurs qui transforment l'énergie pneumatique en énergie mécanique. Ce projet nous a permis de nous familiariser avec le fonctionnement des circuits pneumatiques, et ses différentes composantes.

Chapitre III

Composants de la chaine de production

III.1 Introduction

Pour faciliter le travail et la compréhension du fonctionnement d'un système industriel, il est important de connaître le matériel qui entre dans sa constitution. Ce présent chapitre est consacré à la présentation des équipements de la pompe doseuse d'arômes de la machine ERCA B4 ainsi que leurs identifications.

III.2 Présentation de l'entreprise

III.2.1 Historique de l'entreprise

L'entreprise des frères BATOUCHE est créée en 1984 à IGHZER AMOKRANE sous le nom DJURDJURA (leader du marché Algérien en produits laitiers frais). Profitant de la création de la zone industrielle d'AKBOU en 1998, le groupe BATOUCHE inaugure sa nouvelle unité. En octobre 2001, le leader mondial des produits laitiers (DANONE) a conclu un accord de partenariat avec DJURDJURA en prenant une participation de 51% dans la société DANONE DJURDJURA Algérie SPA, sur une superficie de 33 864,10 m², avec un capital de 2 700 000 000 DA.

L'année 2002 a été consacrée à la mise au point des outils industriels nécessaires au fonctionnement de l'unité et le lancement de la marque DANONE en Aout de la même année.

III.2.2 Situation géographique de l'entreprise

DANONE DJURDJURA Algérie est implantée :

- Dans la zone industriel TAHARACHT AKBOU véritable carrefour économique de Bejaia.
- A deux (2) km d'une grande agglomération (AKBOU).
- A quelques dizaines de mètres de la voie ferrée.
- A 60 km de Bejaia chef-lieu de la wilaya dotée d'un port a fort trafic et d'un aéroport international.
- A 200 km à l'est de la capitale Alger.

III.3 Les différents éléments de la ligne de conditionnement ERCA B4

- 1- **Trémie** : La trémie est un réservoir destiné à stocker le yaourt venu par canalisation de la salle de préparation et le verser dans le mélangeur.

- 2- **Le mélangeur** : Le mélangeur est un système basé sur un moteur qui permet la rotation des hélices pour mélanger le yaourt avec l'arôme.
- 3- **La conditionneuse** : La conditionneuse est une machine de conditionnement qui fabrique des pots en plastique puis les remplit du produit fini, et les emballe afin de les stocker. Les différentes étapes du cycle de la machine sont :
- ✓ **L'aspiration** : le but de cette étape est d'aspirer les poussières apparentes sur la matière après son allongement à travers le cylindre c'est l'étape qui suit l'avancement du rouleau de plastique (matière première).
 - ✓ **Le chauffage** : cette étape consiste à chauffer la surface du plastique pour faciliter la fabrication des pots.
 - ✓ **Le formage** : c'est à ce niveau qu'on obtient des pots vides suivent à une forme bien définis par le moule qui est munis d'un système de refroidissement (conduit de l'eau froid), pour ne pas déformer les pots.
 - ✓ **Le remplissage** : c'est l'injection du produit sortant du mélangeur (yaourt et arôme) vers les pots. La figure III-1 montre un schéma de remplissage des pots.
 - ✓ **Le chauffage pour le collage du papier décor** : on réchauffe cette fois-ci pour faciliter le collage du papier décor sur les ouvertures des pots.
 - ✓ **Le découpage** : c'est la dernière opération dans la chaîne qui se limite à la séparation des pots a des séries prédéterminées.

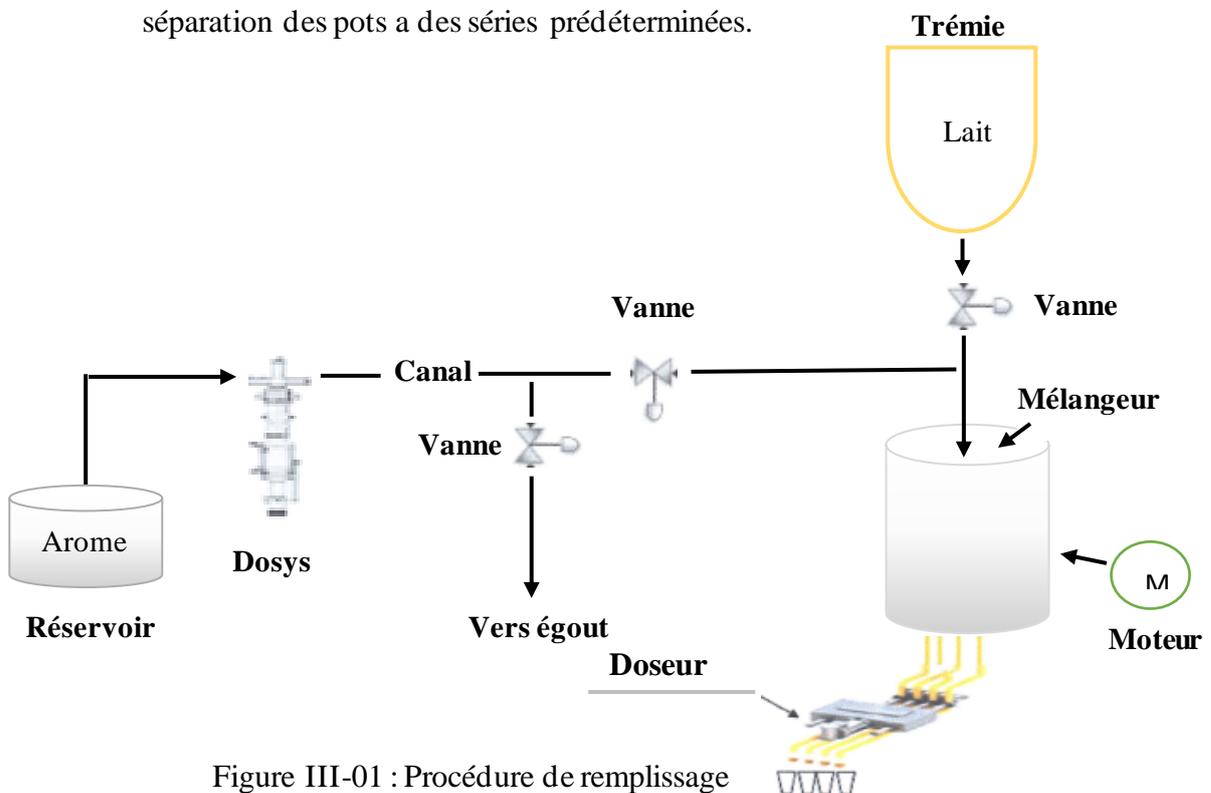


Figure III-01 : Procédure de remplissage

4- Doseur

C'est un appareil qui sert à effectuer des dosages. Doseur à main, doseur automatique. doseur d'humidité. doseur d'énergie. En apposition. bouchon doseur, qui donne la mesure d'une dose.

Le dosage est un travail de précision et l'une des tâches principales en process industriel. Les doseurs sont souvent classés suivant l'appareil de mesure utilisé pour décharger les matières dans le procédé. Chaque doseur est conçu pour manipuler des types spécifiques de matières et les défis qu'ils représentent. La plupart de ces procédés d'approvisionnement de matières peuvent être configurés de manière à être utilisés en mode volumétrique ou gravimétrique. [12]

- **Les différents éléments du doseur**

Cette étape a pour but de spécifier tous les éléments qui constituent la machine (Doseur) et de faire un état des lieux de ces systèmes électrotechniques dans leur environnement industriel. Pour cela nous allons essayer d'analyser les interactions entre les diverses composantes d'un système automatisé industriel.

Le doseur est constitué des composantes suivantes :

- a. Bloc d'alimentation.
- b. Le disjoncteur.
- c. Relais électromagnétiques.
- d. L'ensemble distributeur électrovanne (5/2).
- e. Fin de course.
- f. Réducteur de débit unidirectionnel.
- g. Manomètre.
- h. La barrière hydraulique.
- i. Le Clapet.
- j. Vérin Pneumatique (double effet).
- k. Le vireur.

5- Pompe Pneumatique (DOSYS PUMP)

Le dosage est parmi les plus importantes opérations dans l'industrie agroalimentaire. Cette opération nécessite certaines conditions pour assurer les exigences afin d'avoir un produit de qualité. Pour cela, l'utilisation des pompes de dosage pneumatique assure :

- ✓ Un contrôle précis du volume de remplissage garantissant un minimum de pertes.
- ✓ Un nettoyage facile en place.
- ✓ L'absence de mouvement de rotation évite la dégradation du produit. [14]

III.4 Description de DOSYS PUMP

Le DOSYS PUMP est constitué d'un piston et d'un clapet. Le mouvement de translation du piston est assuré par un vérin pneumatique double effet, et la rotation du clapet est assurée par un vireur (vérin rotatif). [14]

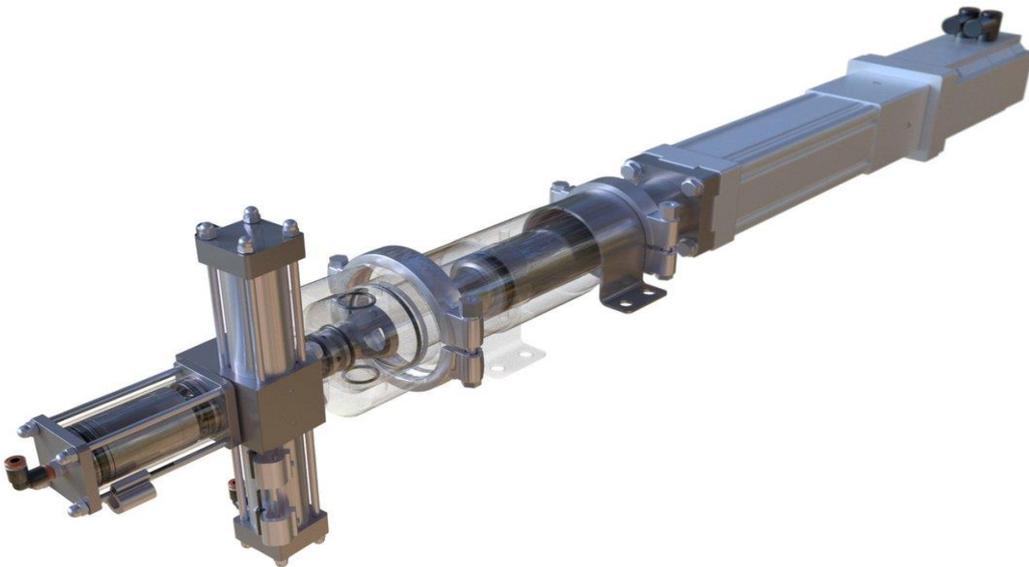


Figure III-02 : Image d'un DOSYS PUMP.

III.4.1 Les différents raccords de DOSYS PUMP

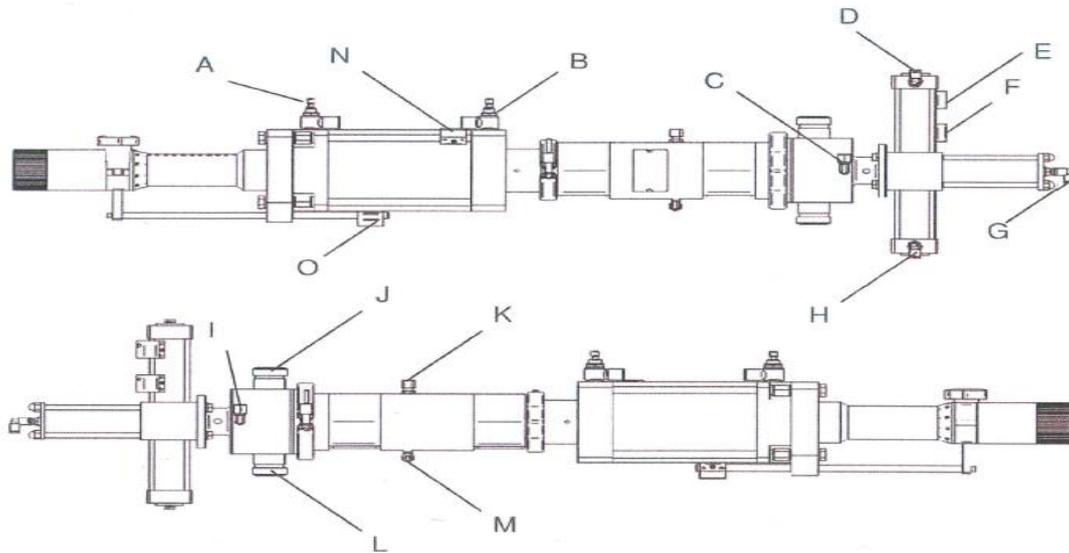


Figure III-3 : Raccords du DOSYS-PUMP.

Repère	Description
A	Air comprimé pour actionnement piston (monté piston, refoulement de produit).
B	Air comprimé pour actionnement piston (descente piston, aspiration produit).
C	Sortie de la barrière hydraulique niveau tête.
D	Air comprimé pour actionnement du clapet (position refoulement).
E	Capteur ASP (clapet orienté aspiration).
F	Capteur REF (clapet orienté refoulement).
G	Air comprimé pour abaissement clapet.
H	Air comprimé pour actionnement clapet (position aspiration).
I	Entrée de la barrière hydraulique niveau tête.
J	Refoulement (ou aspiration).
K	Sortie de la barrière hydraulique niveau corps.
L	Aspiration (ou refoulement).
M	Entrée de la barrière hydraulique niveau corps.
N	Capteur point mort haut (position refoulement).
O	Capteur point mort bas (position aspiration).

Tableau III-01 : Les différents Raccords du DOSYS-PUMP.

III.4.2 Les Capteur Utilisés

Nous avons utilisé des capteurs I.L.S (Les interrupteurs à lames souples) pour détecter les positions du piston, du clapet et les électrovannes, pour l'ouverture et la fermeture de la vanne d'eau, et un capteur BH pour contrôler le niveau et la présence d'eau.

a) Les capteurs I.L.S

1- Fonctionnement du capteur I.L.S

Un capteur I.L.S est un capteur de proximité composé d'une lame souple sensible à la présence d'un champ magnétique mobile. Lorsque le champ se trouve sous la lame, il ferme le contacte du circuit provoquant la commutation du capteur.

Pour cela le capteur doit acquérir une grandeur physique qui est le champ magnétique des aimants [12].

2- Utilisation du capteur I.L.S sur un vérin

Ce capteur se monte directement sur le vérin et permet de détecter des positions autres que les positions extrêmes. Pour utiliser ce type de capteur, il est nécessaire d'utiliser un vérin comportant un aimant monté sur le piston. Et lors de passage du piston au niveau du capteur I.L.S, celui-ci réceptionne le champ magnétique émit par l'aimant et provoque l'allumage de la DEL et sert à témoin à la réception du champ magnétique.

b) Capteur BH

Le capteur BH (bas ou haut) est un capteur destiné à contrôler le niveau d'eau qui sert à lubrifier les joints du Dosys, qui indique aussi la présence d'eau pour le démarrage du fonctionnement.

c) Les électrovannes

Une électrovanne ou électrovalve est une vanne commandée électriquement, grâce à cet organe il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique. Il existe deux types d'électrovannes : tout ou rien et proportionnelle.

Dans notre système nous avons utilisé les électrovannes TOUT OU RIEN, il existe deux sorte dans ce type :

- Les électrovannes dites normalement ouvertes, qui sont entièrement ouvertes en l'absence d'alimentation électrique et qui se ferment lorsqu'elles sont alimentées.
- Les électrovannes dites normalement fermées, qui sont entièrement fermées en l'absence d'alimentation électrique qui s'ouvrent lorsqu'elles sont alimentées.

III.4.3 Principe de fonctionnement du DOSYS-PUMP

La pompe Dosys comporte trois modes de fonctionnement : [14]

a) Mode Nettoyage (NEP) :

Elle assure la stérilisation de la pompe pneumatique et des conduites qui évacuent le produit. Cette opération se fait après la production d'une quantité bien déterminée de Yaourt.

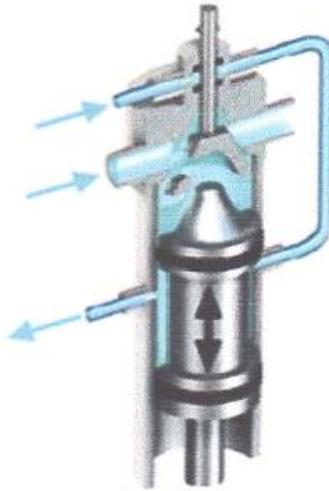


Figure III-04 : Schéma du Dosys en mode nettoyage.

b) Mode Amorçage :

Cette opération permet d'évacuer le reste du produit du mode nettoyage (produit de stérilisation) qui se trouve dans le Dosys ainsi dans les canalisations. Pour que les conduites soient remplies il faut 30 Cycles (un cycle = aspiration et refoulement).

c) Mode Production :

Cette phase permet l'aspiration de l'arôme à partir du bac et de le refouler vers le mélangeur.

La pompe a été conçue pour produire des doses réglables d'arôme au sein d'une installation.

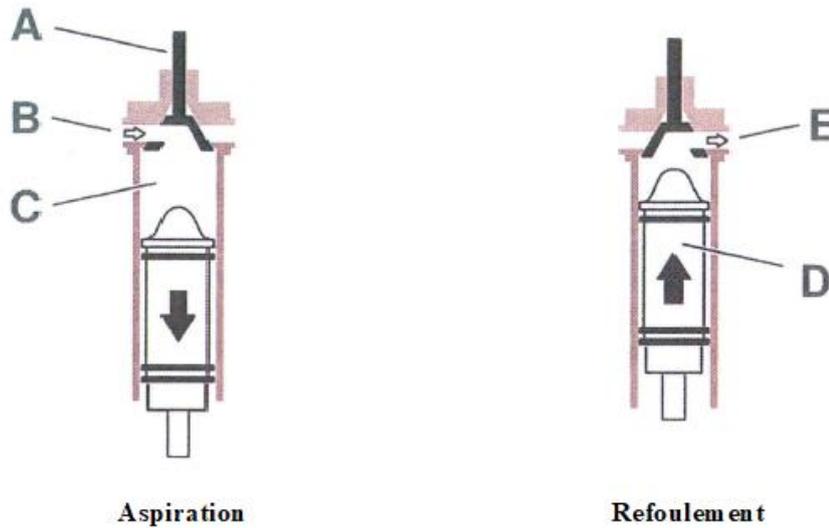


Figure III-05 : Ensemble Piston-Clapet.

Le dosage s'effectue grâce à un piston (**D**) qui :

- 1- Aspire le produit (**B**) dans la chambre (**C**) lorsqu'il descend.
- 2- Refoule le produit dans l'installation (**E**) lorsqu'il remonte.

Pour cela, la rotation du clapet conique alésé (**A**) est coordonnée aux mouvements du piston pour mettre la chambre en communication.

- Avec l'alimentation (**B**) lors de la phase d'aspiration (et fermer dans le même temps l'accès à l'installation (**E**)).
- Avec l'installation (**E**) lors de la phase de refoulement (et fermer dans le même temps l'accès à l'alimentation (**B**)).

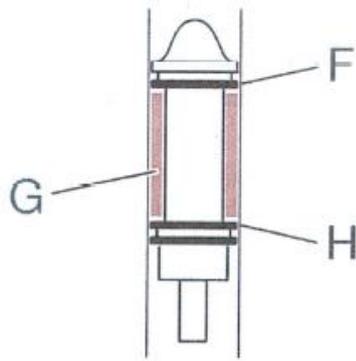


Figure III-06 : Barrière Hydraulique et joints.

Le piston est équipé de deux joints (**F**) et (**H**). L'espace formé entre ces deux joints est une 'barrière hydraulique' (**G**) qui permet :

- En NEP, le nettoyage de la partie arrière du joint (**F**) (coté produit), par circulation des solutions de nettoyage sous pression
- En Production, la barrière isole le produit à doser de l'air ambiant potentiellement pollué, par circulation d'une eau de quantité alimentaire hors pression.

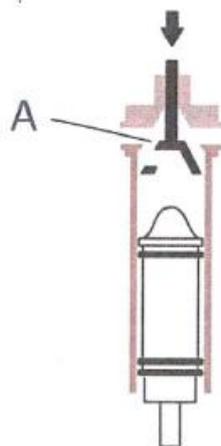


Figure III-07 : Clapet Décollé de son siège.

En phase de nettoyage, le clapet (A) est décollé de son siège pour remettre le nettoyage de la partie supérieure du clapet et rendre le DOSYS PUMP « Passant » (pour assurer un plein débit de nettoyage dans les tuyauteries situées en amont et en aval du DOSYS PUMP).

III.4.3.1 Procédure de démarrage :

Avant chaque démarrage, il faut vérifier les points suivants :

- 3- La présence du produit à doser.
- 4- L'ouverture des vannes sur les tuyauteries d'aspiration et de refoulement.
- 5- La conformité de la température du produit à doser.

III.5 Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de donner un aperçu sur tous les éléments essentiels dans la chaîne d'automatisation du système (DOSYS PUMP). Donc nous aurons une image globale sur tous ces éléments et l'interaction entre eux et comprendre le rôle et le fonctionnement de tous les éléments utilisés.

Chapitre IV

Résultats pratique

IV.1 Introduction :

Ce chapitre a pour but de traduire le fonctionnement séquentiel de la machine sous forme de GRAFCET, car ce dernier permet de bien comprendre le fonctionnement d'un processus industriel afin d'établir le programme souhaité.

IV.2 Description fonctionnelle du DOSYS-PUMP :

Pour un bon fonctionnement du doseur, il faut que celui-ci assure trois phases principales [14] :

- **Phase de Nettoyage en Place :** elle assure la stérilisation de la pompe pneumatique et des conduites qui évacuent le produit. Cette opération se fait après la production d'une quantité bien déterminée de Yaourt.
- **Phase d'Amorçage :** Cette opération permet d'évacuer le reste du produit de la NEP (produit de stérilisation) qui se trouve dans le doseur ainsi que les canalisations. Pour que les conduites soient remplies il fut 30 cycles (un cycle = aspiration et refoulement).
- **Phase de Production :** Cette opération permet l'aspiration du produit à partir des bacs et son refoulement vers le mélangeur.

IV.3 Le Cahier des charges :

Le volet technique du cahier des charges décrit le comportement de l'automatisme en fonction de l'évolution de son environnement, et définir les fonctions globales que doit réaliser l'automatisme et les diverses contraintes qui doit satisfaire. La description de l'automatisme donnée dans le cahier des charges doit être claire, précise, complète et cohérente. [12]

IV.3.1 Les cahiers des charges de notre système :

Dans ce cahier des charges on va expliquer le cycle de fonctionnement du doseur et le choix d'une phase parmi les trois phases précédentes qui se fait au niveau du pupitre de commande.

a) Phase de Production :

Initialement le DOSYS PUMP est en attente. Le clapet est tourné à l'aspiration et collé au siège. Et le piston est en position aspiration. Si le premier commutateur est tourné vers la position PRODUCTION et le deuxième commutateur vers la position AUTO et le capteur BH délivre un signal de présence d'eau ; Le DOSYS accomplira son cycle de fonctionnement comme suite :

La vanne d'eau s'ouvre, le clapet tourne vers la position de refoulement (cette opération est assurée par le vireur), le piston monte vers le point mort haut (cette opération est assurée par le vérin double effet), le clapet tourne vers la position d'aspiration, le piston descend vers le point mort bas.

- Si la fonction de production ON, la position point mort bas du piston est détectée et (PROD-ON) est activée le DOSYS-PUMP va retourner vers l'étape 3.
- Si le (PROD-ON) est désactivée la vanne d'eau se ferme et le DOSYS-PUMP va retourner à la position initiale.

b) Phase de Nettoyage :

Initialement la pompe Dosys est en attente, le clapet est tourné à l'aspiration et collé au siège, et le piston est en position aspiration. Si le premier commutateur est tourné vers la position NEP (nettoyage), et le deuxième commutateur vers la position AUTO et le capteur BH délivre un signal de présence d'eau, le clapet descend (cette translation est assurée par un vérin double effet), une fois que le clapet atteint son point mort bas et que l'information OK pour NEP est délivrée (par la machine), le DOSYS-PUMP exécutera son cycle de fonctionnement comme suite :

Le clapet tourne vers la position de refoulement. Le piston va monter vers le point mort haut, après une temporisation de 10 secondes le clapet tourne vers la position d'aspiration, et après une autre temporisation de 10 secondes le piston va descendre vers le point mort bas.

- Si la position point mort bas du piston est détectée et NEP ON et NEP OK sont activés, retour à l'étape 12 (le clapet tourne vers le refoulement).
 - Si la position point mort bas du piston détectée et NEP ON est activé, et NEP OK est désactivé, retour à l'étape 11 (le clapet descend).
 - Si la position point mort bas du piston est détectée, NET ON et NEP OK sont désactivées, le clapet va monter, et le DOSYS-PUMP reste en attente dans un état initial.
-

c) Phase d'Amorçage :

Initialement la pompe Dosys est en attente, le clapet est tourné à l'aspiration et collé au siège, et le piston est en position aspiration. Si le premier commutateur est tourné vers la position AMORCAGE, le deuxième vers la position CONTINUE, le capteur BH délivre un signal de présence d'eau, et le bouton d'arrêt d'urgence avec l'alarme est désactivés, la pompe Dosys comprendra son cycle de fonctionnement comme suite :

La vanne d'eau s'ouvre, le clapet tourne vers la position de refoulement. Le piston va monter vers le point mort haut, le clapet tourne vers la position d'aspiration, le piston descend vers le point mort bas avec déclenchement du compteur :

- Si la position point mort bas du piston est détectée et le compteur est inférieur à 30, le clapet tourne vers la position refoulement (étape 22)
- Si la position point mort bas du piston est détectée et le compteur égal à 30, la vanne d'eau se ferme, l'alarme déclenche, dès que AMORCAGE ON n'est pas détecté, la pompe Dosys retourne à l'état initial.

IV.4 GRAFCET :

IV.4.1 Définition

Il s'agit d'un langage graphique permettant de définir le comportement séquentiel d'un système automatisé à partir de la connaissance des actions à entreprendre, associées à des variables de sorties, et des événements qui peuvent permettre le passage d'une situation à une autre, associées à des variables d'entrée [15].

IV.4.2 Elaboration Des GRAFCETS :

Pour faciliter l'élaboration des GRAFCETS nous avons adopté l'approche fonctionnelle qui décompose le système à automatisé en plusieurs fonctions à réaliser.

Pour la mise en œuvre de ces GRAFCETS nous avons utilisé le logiciel AUTOMGEN V8.9.

IV.4.3 Présentation du logiciel AUTOMGEN :

AUTOMGEN V8.9 est un logiciel de conception d'automatisme, il est produit par la société IRAI qui a été créé en 1988, date de la première version de son principal produit AUTOMEGEN. Les principales évolutions sont l'intégration d'un moteur physique rendant réaliste la simulation ses parties opératives en 3D ainsi qu'un mode simplifié (Easy programming). Dans le détail, une bibliothèque d'objets 3D permet de concevoir des simulations de parties opératives en quelque clics. De nouveaux modes de création de programme permettent de concevoir des applications en utilisant uniquement la souris. Les éléments peuvent être directement récupérés (par drag and drop) depuis un schéma AUTOSIM ou une partie opérative Iris 3D et placés sur un folio AUTOMGEN. Quant au nouveau moteur physique 3D, il intègre la notion de gravité.

AUTOMGEN 8 est utilisé pour la simulation des programmes en automatisme pour les différents langages de programmation GRAFCET, Ladder, Gemma, langage littéral, organigramme, Bloc fonctionnel [13].

IV.4.4 Table Des Mnémoniques :

A partir du cahier des charges, et à l'aide du logiciel AUTOMGEN8, on a élaboré les GRAFCETS ci-dessous des différentes phases du cycle de fonctionnement du DOSYS PUMP, et en utilisant les abréviations illustrées dans le tableau ci-dessous :

Mnémonique	Signification	Entrée	Sortie	Adresse
Prod ON	Activation du mode production	X		I0
Ref	Clapet en position refoulement	X		I1
PPMB	Piston en position point mort bas	X		I2
Asp	Clapet en position aspiration	X		I3
Peau	Présence d'eau	X		I4
BAR	Bouton d'arrêt d'urgence	X		I5
DCY	Départ de cycle	X		I6
PPMH	Piston en position point mort haut	X		I7
NEP ON	Activation du mode nettoyage	X		I8
AUTO ON	Activation du mode automatique	X		I9
CPMH	Clapet au point mort haut	X		I10
NEP OK	Okay pour le nettoyage	X		I11
CPMB	Clapet au point mort bas	X		I12
AMOR ON	Activation du mode amorçage	X		I13
ActAlarme	Activation de l'alarme	X		I14
M	Bouton de marche	X		I15
Rot C Ref	Rotation du clapet vers le refoulement		X	O0
Att	Attente		X	O1
Rot C Asp	Rotation du clapet en aspiration		X	O2
MP	Monte du piston		X	O3
DP	Descente du piston		X	O4
DC	Descente du clapet		X	O5
MC	Monte du clapet		X	O6
T1	1 ^{er} Temporisation		X	O7
T2	2 ^{eme} Temporisation		X	O8
Active Alarme	Allumage d'alarme		X	O9
DesAlarme	Alarme Désactivée		X	O11

Tableau IV-01 : Les différentes entrées et sorties du DOSYS PUMP.

IV.4.5 Grafcet du principe de fonctionnement du DOSYS PUMP :

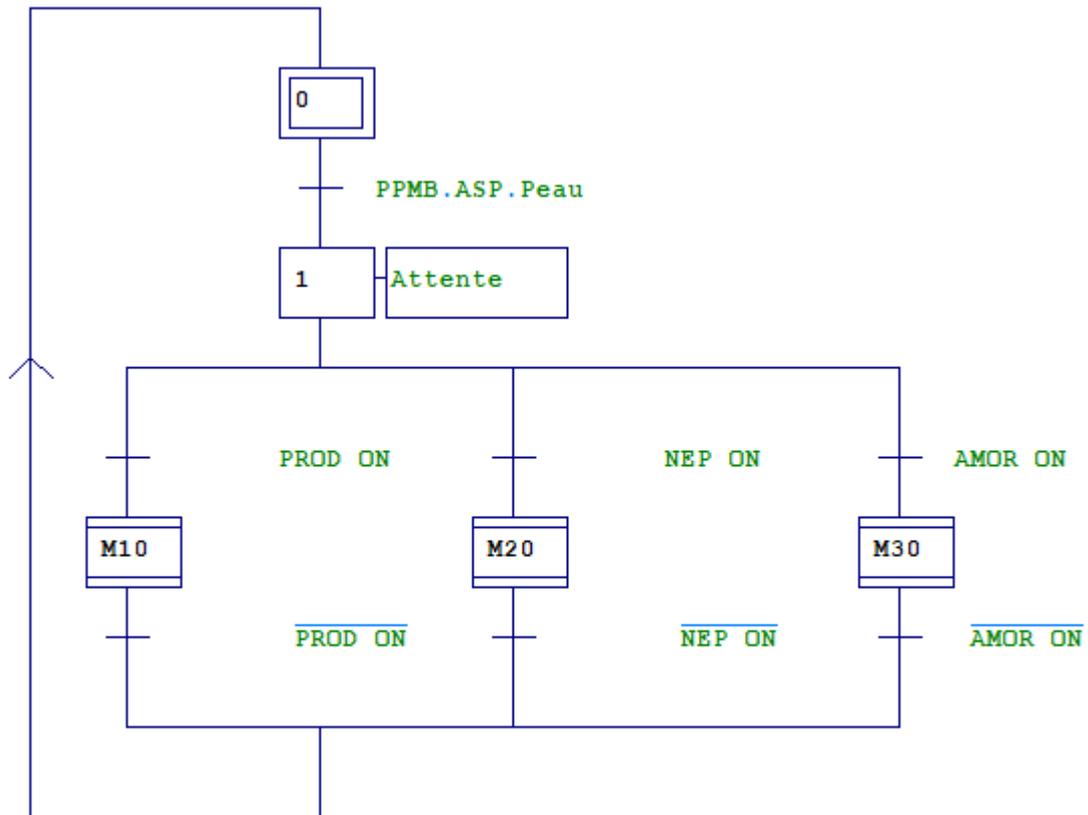


Figure IV-01 : GRAFCET niveau 2 du principe de fonctionnement du DOSYS-PUMP.

IV.4.6 Grafcet Phase Production (Injection) Niveau 1 :

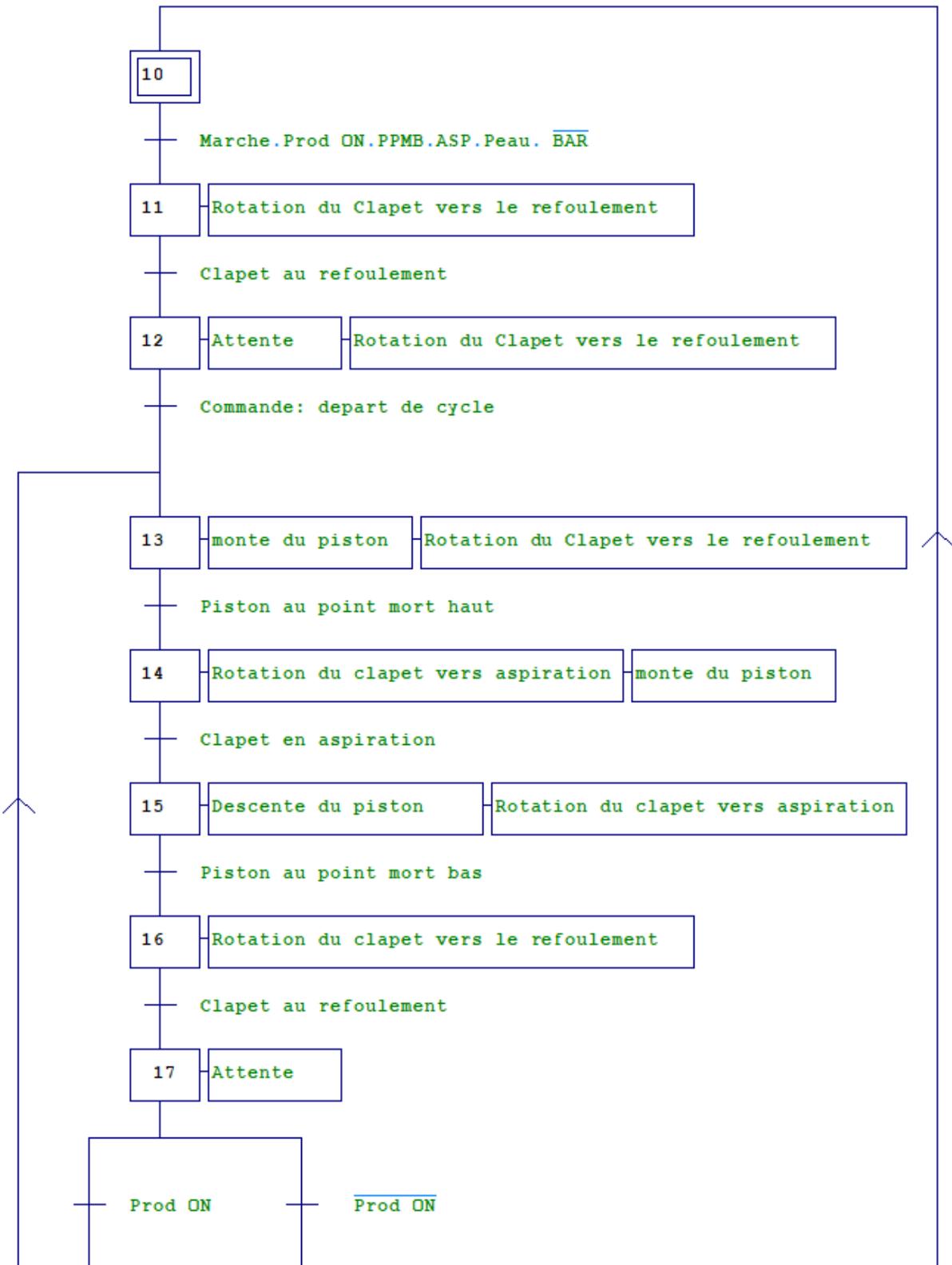


Figure IV-02 : GRAFCET Niveau 1 Phase Production (Injection).

IV.4.7 Grafcet Phase Production (Injection) Niveau 2 :

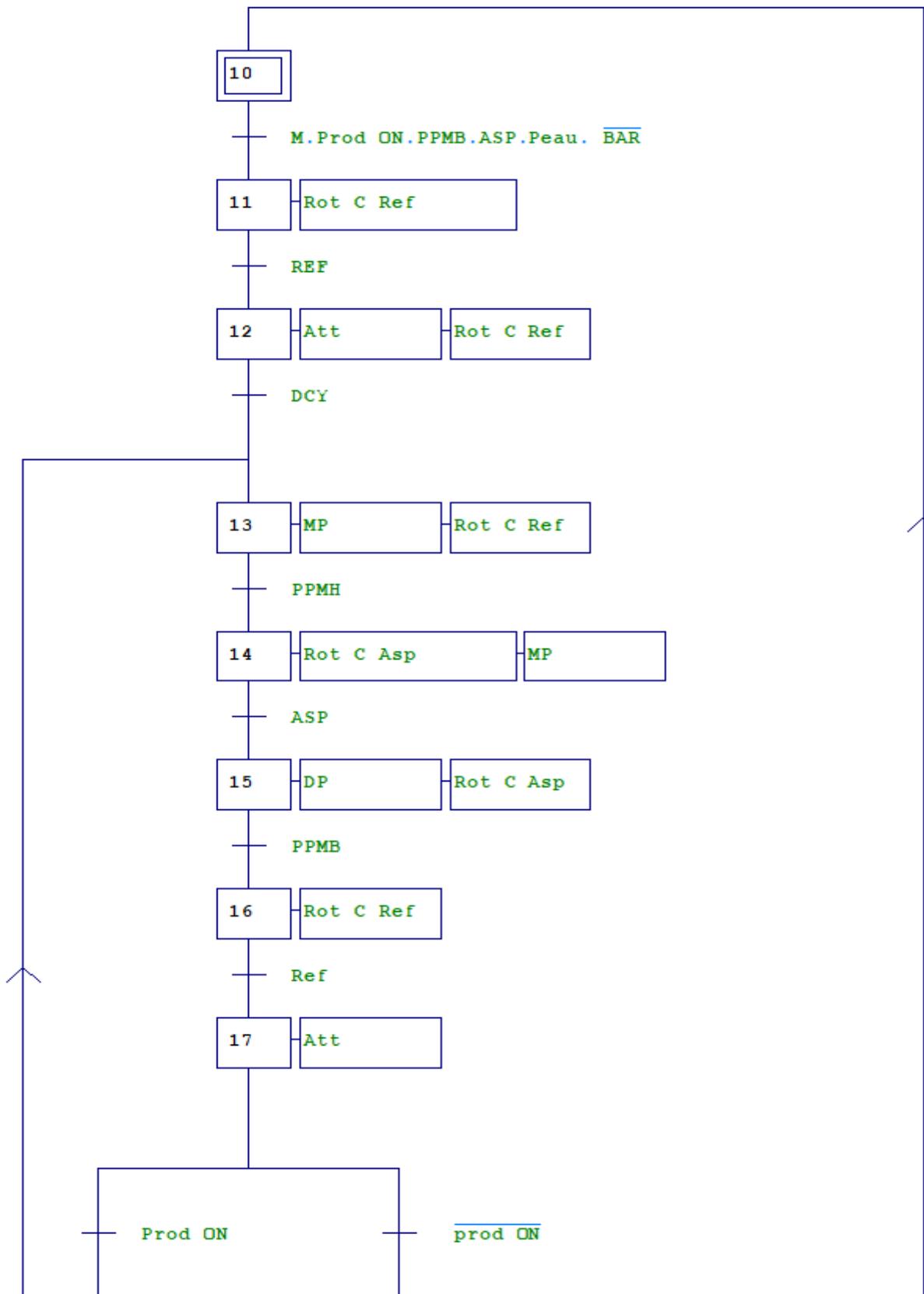


Figure IV-03 : GRAFCET Niveau 2 Phase Production (Injection).

IV.4.8 Grafcet Phase Nettoyage Niveau 1 :

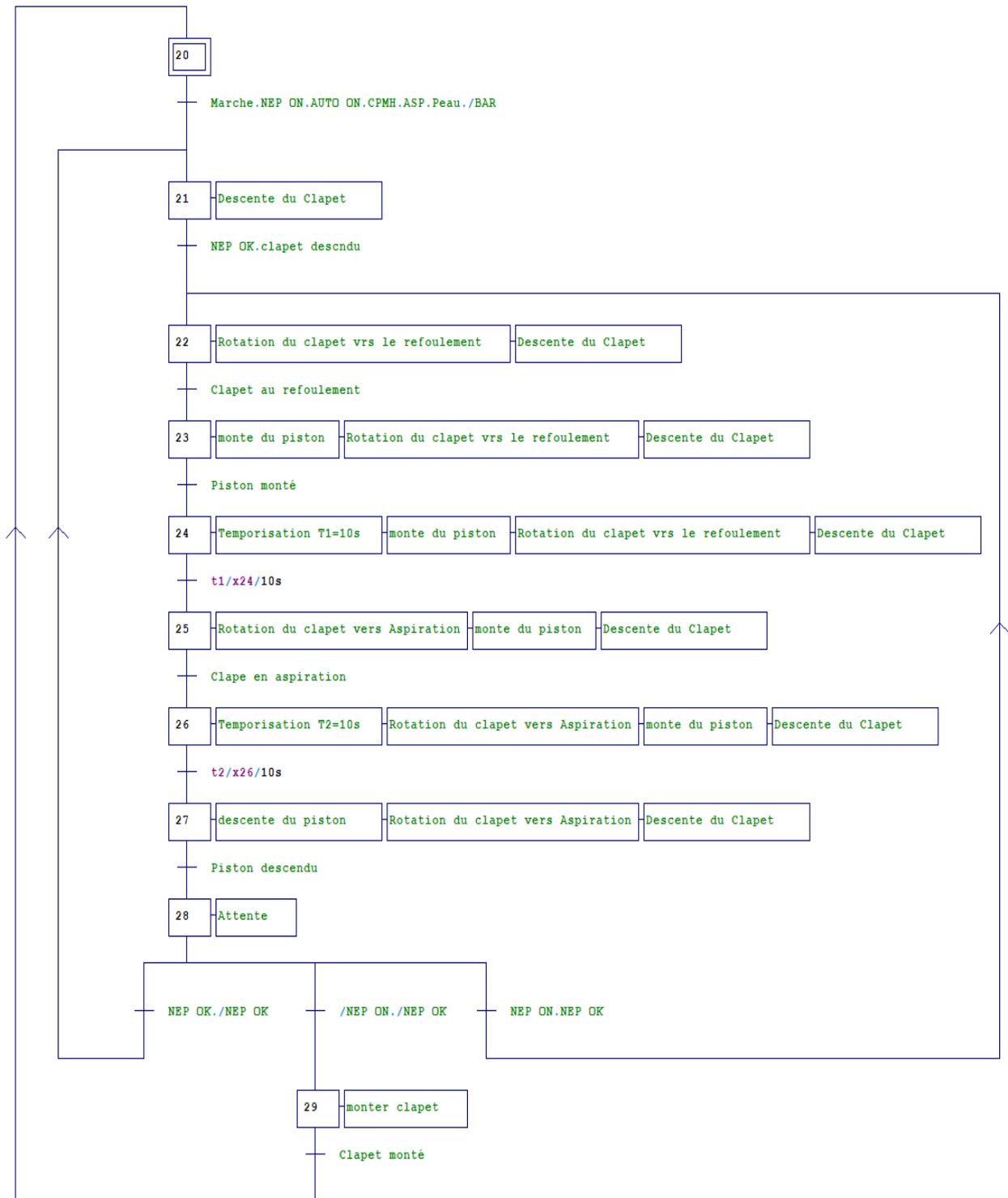


Figure IV-04 : GRAFCET Niveau 1 Phase Nettoyage.

IV.4.9 Grafcet Phase Nettoyage Niveau 2 :

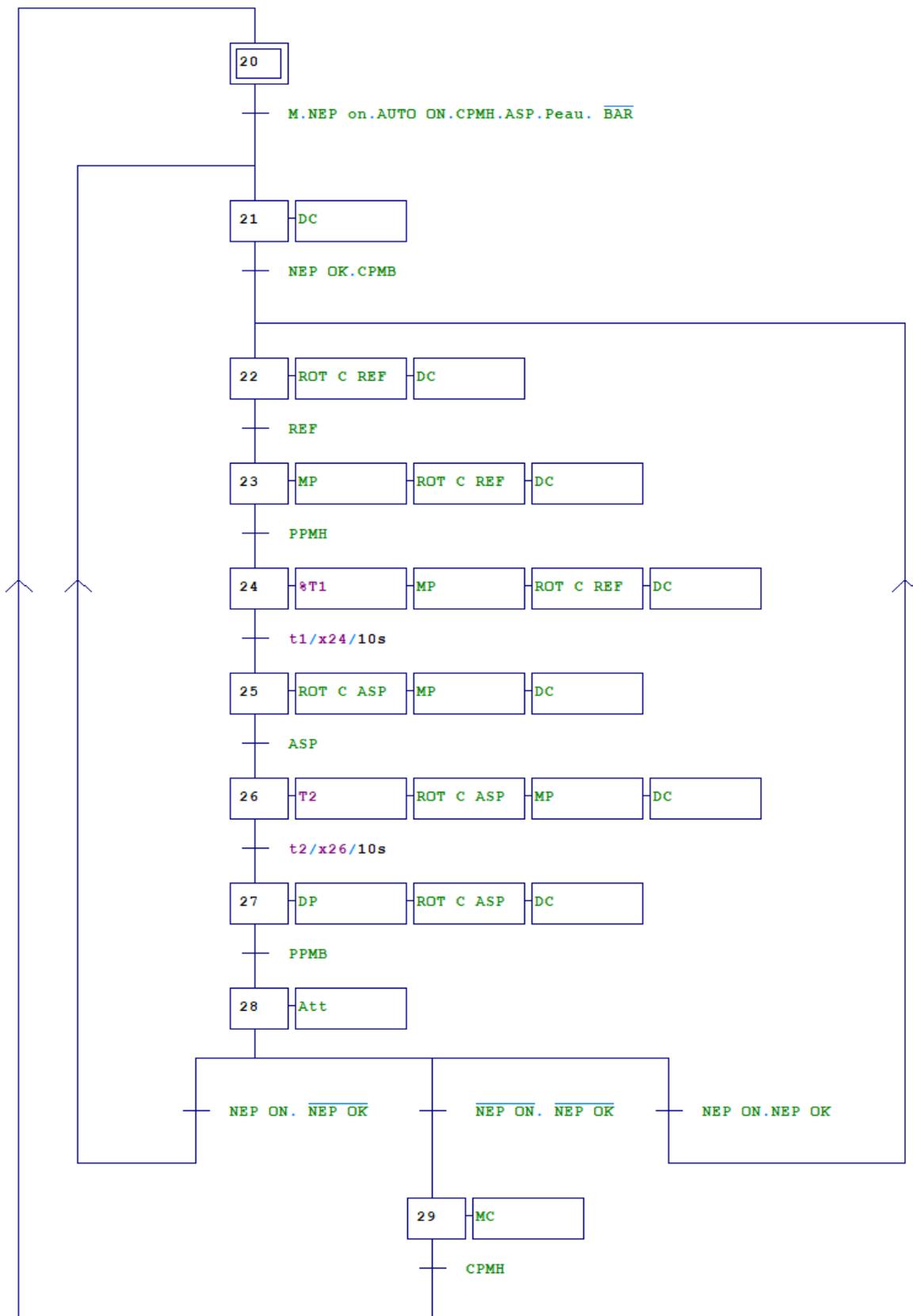


Figure IV-05 : GRAFCET Niveau 2 Phase Nettoyage.

IV.4.10 Grafcet Phase Amorçage Niveau 1 :

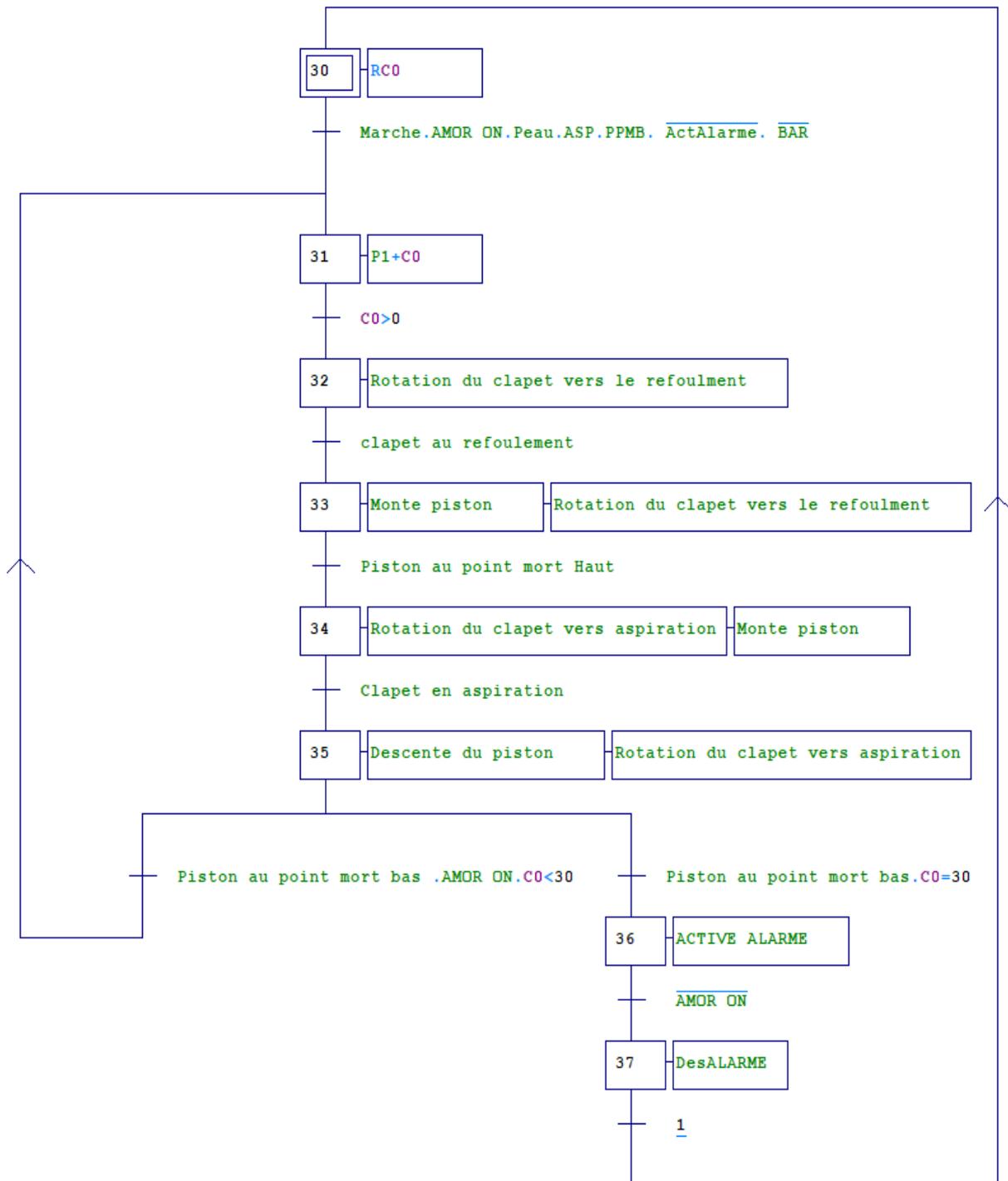


Figure IV-06 : GRAFCET Niveau 1 Phase Amorçage.

IV.4.11 Grafcet Phase Amorçage Niveau 2 :

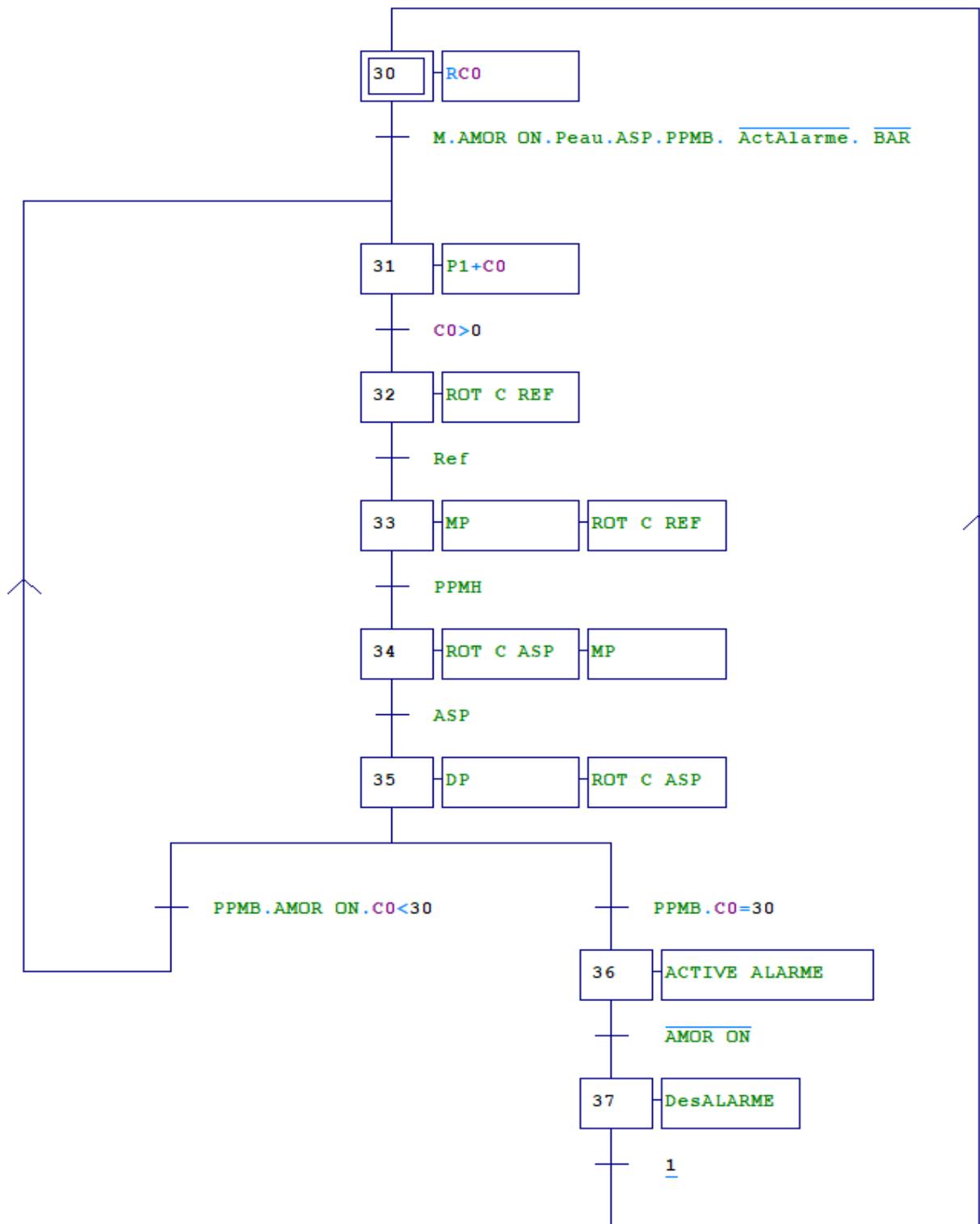


Figure IV-07 : GRAFCET Niveau 2 Phase Amorçage.

IV.5 Schéma pneumatique proposé pour notre système :

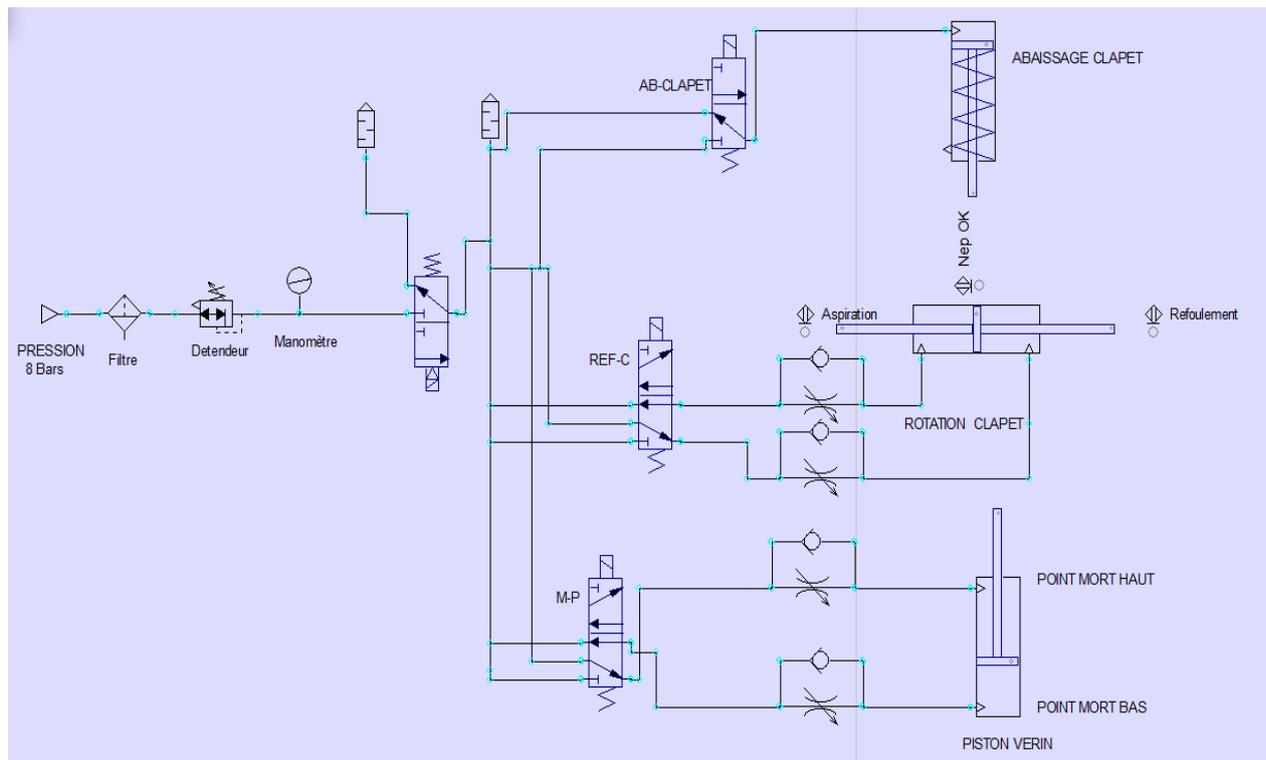


Figure IV-08 : Schéma pneumatique de notre système.

IV.6 Conclusion :

Après avoir présenté le cahier des charges (fonctionnement), des graficets et un schéma pneumatique du DOSYS PUMP ont été proposés comme solution. D'abord, le graficet de niveau 1 nous a permis de décrire le fonctionnement du système automatisé. Le passage vers le graficet niveau 2 a été fait en effectuant les entrées et les sorties ainsi que les compteurs et les temporisateurs aux variables logiques utilisées.

Chapitre IV

Résultats pratiques

IV.1 Introduction

Ce chapitre a pour but de traduire le fonctionnement séquentiel de la machine sous forme de GRAFCET, car ce dernier permet de bien comprendre le fonctionnement d'un processus industriel afin d'établir le programme souhaité.

IV.2 Description fonctionnelle du DOSYS-PUMP

Pour un bon fonctionnement du doseur, il faut que celui-ci assure trois phases principales [14] :

- **Phase de Nettoyage en Place** : elle assure la stérilisation de la pompe pneumatique et des conduites qui évacuent le produit. Cette opération se fait après la production d'une quantité bien déterminée de Yaourt.
- **Phase d'Amorçage** : Cette opération permet d'évacuer le reste du produit de la NEP (produit de stérilisation) qui se trouve dans le doseur ainsi que les canalisations. Pour que les conduites soient remplies il fut 30 cycles (un cycle = aspiration et refoulement).
- **Phase de Production** : Cette opération permet l'aspiration du produit à partir des bacs et son refoulement vers le mélangeur.

IV.3 Le Cahier des charges

Le volet technique du cahier des charges décrit le comportement de l'automatisme en fonction de l'évolution de son environnement, et définir les fonctions globales que doit réaliser l'automatisme et les diverses contraintes qui doit satisfaire. La description de l'automatisme donnée dans le cahier des charges doit être claire, précise, complète et cohérente. [12]

IV.3.1 Les cahiers des charges de notre système

Dans ce cahier des charges on va expliquer le cycle de fonctionnement du doseur et le choix d'une phase parmi les trois phases précédentes qui se fait au niveau du pupitre de commande.

a) Phase de Production

Initialement le DOSYS PUMP est en attente. Le clapet est tourné à l'aspiration et collé au siège. Et le piston est en position aspiration. Si le premier commutateur est tourné vers la position PRODUCTION et le deuxième commutateur vers la position AUTO et le capteur BH délivre un signal de présence d'eau ; Le DOSYS accomplira son cycle de fonctionnement comme suite :

La vanne d'eau s'ouvre, le clapet tourne vers la position de refoulement (cette opération est assurée par le vireur), le piston monte vers le point mort haut (cette opération est assurée par le vérin double effet), le clapet tourne vers la position d'aspiration, le piston descend vers le point mort bas.

- Si la fonction de production ON, la position point mort bas du piston est détectée et (PROD-ON) est activée le DOSYS-PUMP va retourner vers l'étape 13 (grafcet page 88).
- Si le (PROD-ON) est désactivée la vanne d'eau se ferme et le DOSYS-PUMP va retourner à la position initiale.

b) Phase de Nettoyage

Initialement la pompe Dosys est en attente, le clapet est tourné à l'aspiration et collé au siège, et le piston est en position aspiration. Si le premier commutateur est tourné vers la position NEP (nettoyage en place), et le deuxième commutateur vers la position AUTO et le capteur BH délivre un signal de présence d'eau, le clapet descend (cette translation est assurée par un vérin double effet), une fois que le clapet atteint son point mort bas et que l'information OK pour NEP est délivrée (par la machine), le DOSYS-PUMP exécutera son cycle de fonctionnement comme suite :

Le clapet tourne vers la position de refoulement. Le piston va monter vers le point mort haut, après une temporisation de 10 secondes le clapet tourne vers la position d'aspiration, et après une autre temporisation de 10 secondes le piston va descendre vers le point mort bas.

- Si la position point mort bas du piston est détectée et NEP ON et NEP OK sont activés, retour à l'étape 22 (le clapet tourne vers le refoulement), (grafcet page 90).
- Si la position point mort bas du piston détectée et NEP ON est activé, et NEP OK est désactivé, retour à l'étape 21 (le clapet descend), (page 90).
- Si la position point mort bas du piston est détectée, NET ON et NEP OK sont désactivées, le clapet va monter, et le DOSYS-PUMP reste en attente dans un état initial.

c) Phase d'Amorçage

Initialement la pompe Dosys est en attente, le clapet est tourné à l'aspiration et collé au siège, et le piston est en position aspiration. Si le premier commutateur est tourné vers la position AMORCAGE, le deuxième vers la position CONTINUE, le capteur BH délivre un signal de présence d'eau, et le bouton d'arrêt d'urgence avec l'alarme est désactivés, la pompe Dosys comprendra son cycle de fonctionnement comme suite :

La vanne d'eau s'ouvre, le clapet tourne vers la position de refoulement. Le piston va monter vers le point mort haut, le clapet tourne vers la position d'aspiration, le piston descend vers le point mort bas avec déclenchement du compteur :

- Si la position point mort bas du piston est détectée et le compteur est inférieur à 30, le clapet tourne vers la position refoulement (étape 31), (grafcet page 92)
- Si la position point mort bas du piston est détectée et le compteur égal à 30, la vanne d'eau se ferme, l'alarme déclenche, dès que AMORCAGE ON n'est pas détecté, la pompe Dosys retourne à l'état initial.

IV.4 GRAFCET

IV.4.1 Définition

Il s'agit d'un langage graphique permettant de définir le comportement séquentiel d'un système automatisé à partir de la connaissance des actions à entreprendre, associées à des variables de sorties, et des événements qui peuvent permettre le passage d'une situation à une autre, associés à des variables d'entrée [15].

IV.4.2 Elaboration Des GRAFCETS :

Pour faciliter l'élaboration des GRAFCETS nous avons adopté l'approche fonctionnelle qui décompose le système à automatisé en plusieurs fonctions à réaliser.

Pour la mise en œuvre de ces GRAFCETS nous avons utilisé le logiciel AUTOMGEN V8.9.

IV.4.3 Présentation du logiciel AUTOMGEN

AUTOMGEN V8.9 est un logiciel de conception d'automatisme, il est produit par la société IRAI qui a été créé en 1988, date de la première version de son principal produit

AUTOMGEN. Les principales évolutions sont l'intégration d'un moteur physique rendant réaliste la simulation ses parties opératives en 3D ainsi qu'un mode simplifié (Easy programming). Dans le détail, une bibliothèque d'objets 3D permet de concevoir des simulations de parties opératives en quelque clics. De nouveaux modes de création de programme permettent de concevoir des applications en utilisant uniquement la souris. Les éléments peuvent être directement récupérés (par drag and drop) depuis un schéma AUTOSIM ou une partie opérative Iris 3D et placés sur un folio AUTOMGEN. Quant au nouveau moteur physique 3D, il intègre la notion de gravité.

AUTOMGEN 8 est utilisé pour la simulation des programmes en automatisme pour les différents langages de programmation GRAFCET, Ladder, Gemma, langage littéral, organigramme, Bloc fonctionnel [13]

IV.4.4 Table Des Mnémoniques :

A partir du cahier des charges, et à l'aide du logiciel AUTOMGEN8, on a élaboré les GRAFCETS ci-dessous des différentes phases du cycle de fonctionnement du DOSYS PUMP, et en utilisant les abréviations illustrées dans le tableau ci-dessous :

Mnémonique	Signification	Entrée	Sortie	Adresse
Prod ON	Activation du mode production	X		I0
Ref	Clapet en position refoulement	X		I1
PPMB	Piston en position point mort bas	X		I2
Asp	Clapet en position aspiration	X		I3
Peau	Présence d'eau	X		I4
BAR	Bouton d'arrêt d'urgence	X		I5
DCY	Départ de cycle	X		I6
PPMH	Piston en position point mort haut	X		I7
NEP ON	Activation du mode nettoyage	X		I8
AUTO ON	Activation du mode automatique	X		I9
CPMH	Clapet au point mort haut	X		I10
NEP OK	Okay pour le nettoyage	X		I11
CPMB	Clapet au point mort bas	X		I12
AMOR ON	Activation du mode amorçage	X		I13
ActAlarme	Activation de l'alarme	X		I14
M	Bouton de marche	X		I15
Rot C Ref	Rotation du clapet vers le refoulement		X	O0
Att	Attente		X	O1
Rot C Asp	Rotation du clapet en aspiration		X	O2
MP	Monte du piston		X	O3
DP	Descente du piston		X	O4
DC	Descente du clapet		X	O5
MC	Monte du clapet		X	O6
T1	1 ^{er} Temporisation		X	O7
T2	2 ^{eme} Temporisation		X	O8
Active Alarme	Allumage d'alarme		X	O9
DesAlarme	Alarme Désactivée		X	O11

Tableau IV-01 : Les différentes entrées et sorties du DOSYS PUMP.

IV.4.5 Grafcet du principe de fonctionnement du DOSYS PUMP :

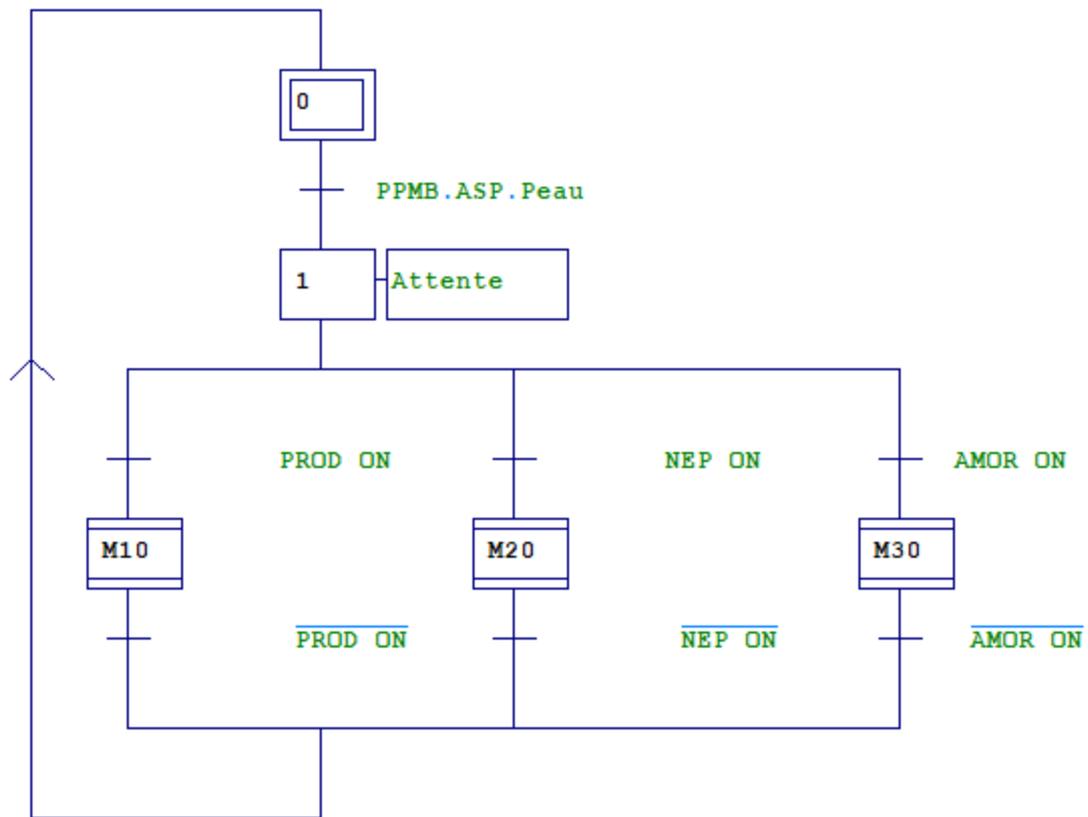


Figure IV-01 : GRAFCET niveau 2 du principe de fonctionnement du DOSYS-PUMP.

IV.4.6 Grafcet Phase Production (Injection) Niveau 1 :

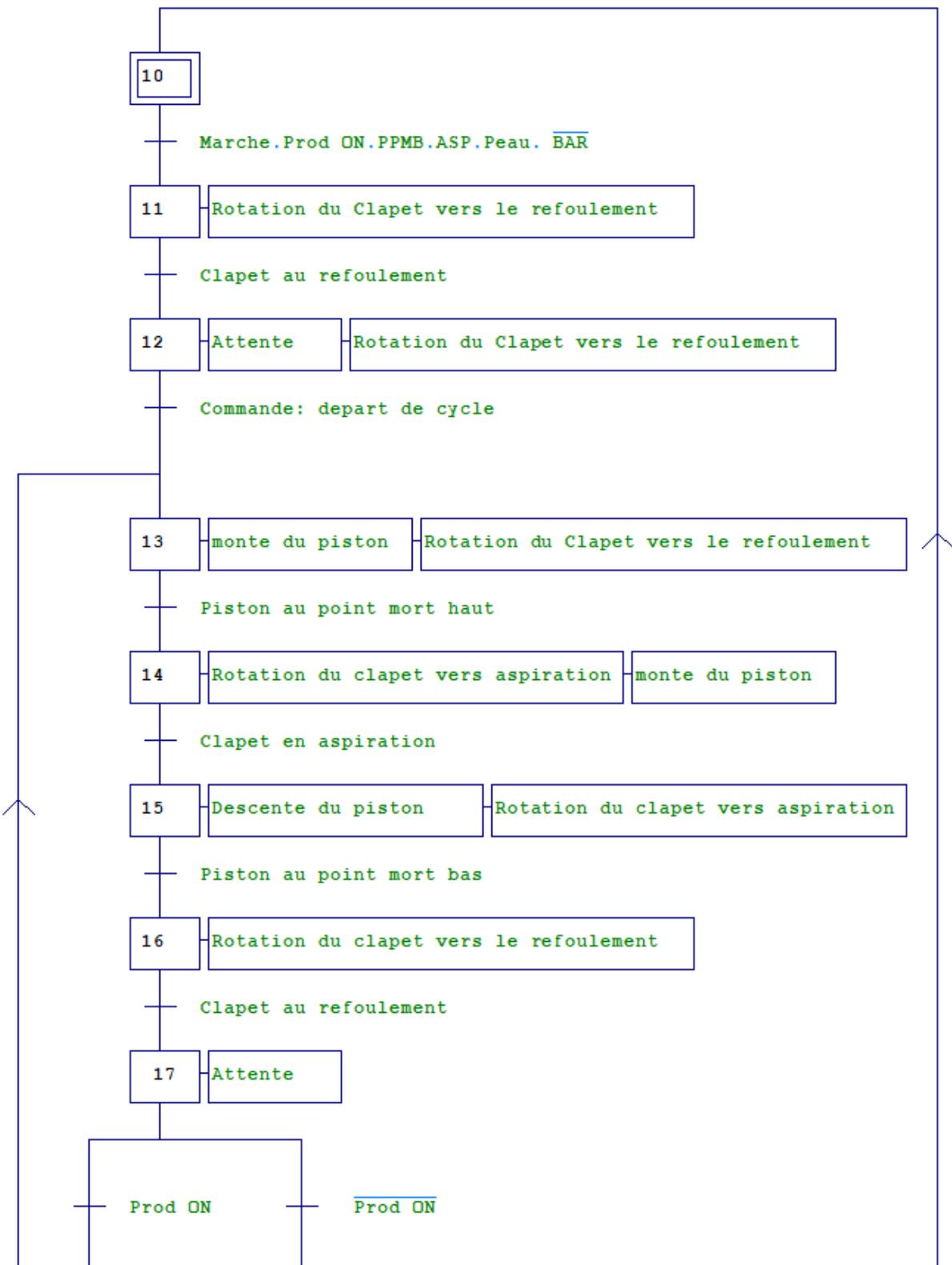


Figure IV-02 : GRAFCET Niveau 1 Phase Production (Injection).

IV.4.7 Grafcet Phase Production (Injection) Niveau 2 :

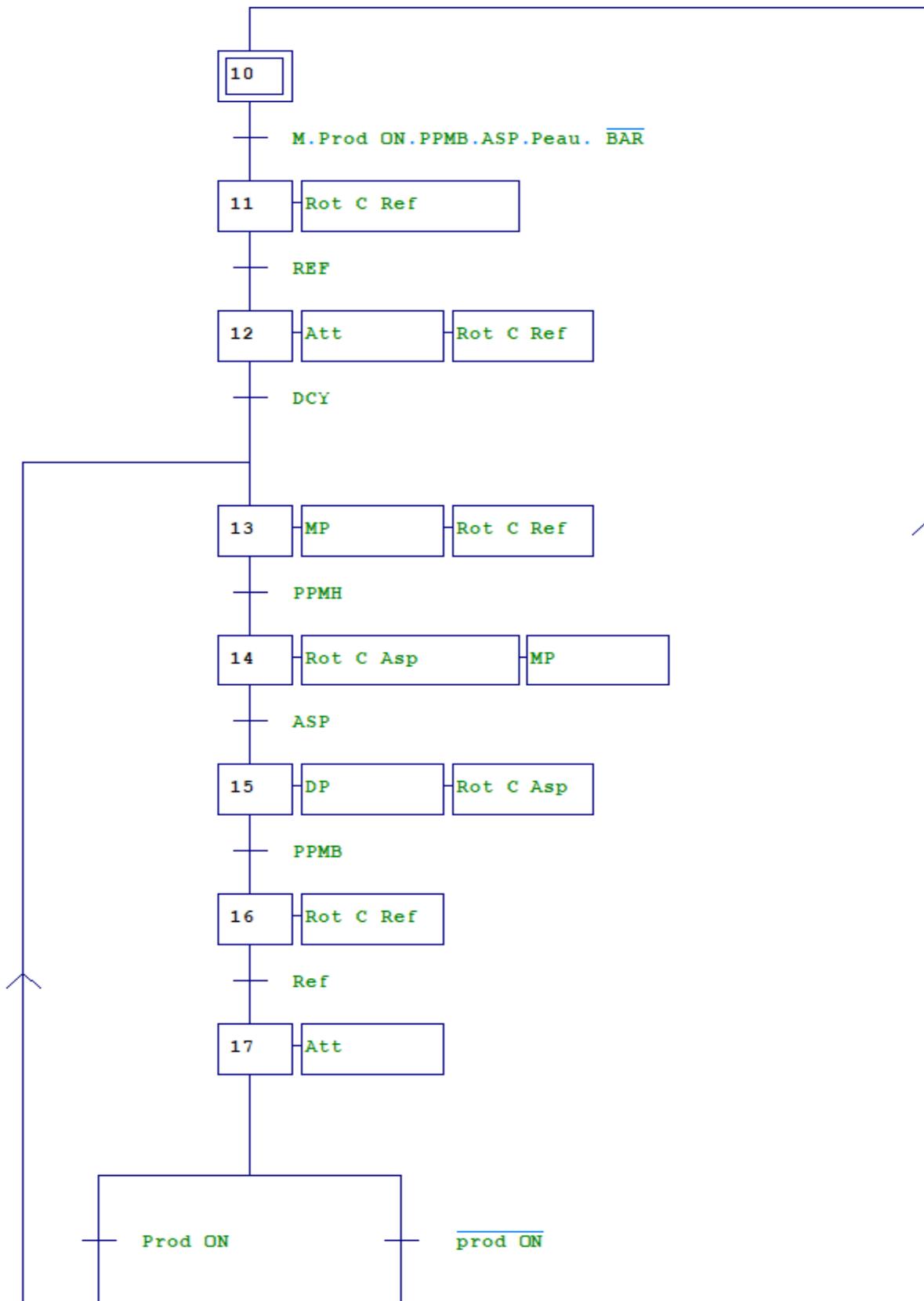


Figure IV-03 : GRAFCET Niveau 2 Phase Production (Injection).

IV.4.8 Grafcet Phase Nettoyage Niveau 1 :



Figure IV-04 : GRAFCET Niveau 1 Phase Nettoyage.

IV.4.9 Grafcet Phase Nettoyage Niveau 2 :

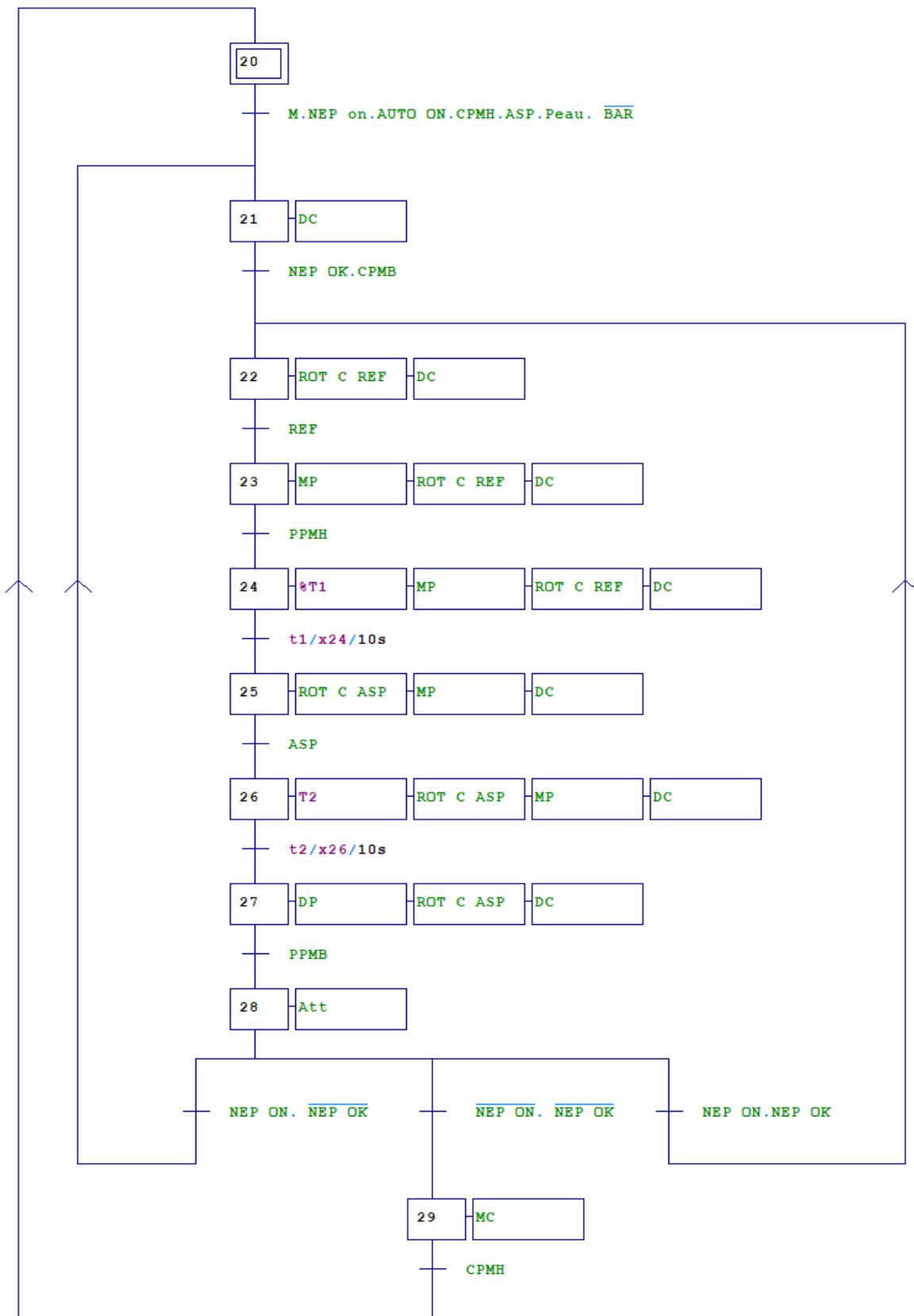


Figure IV-05 : GRAFCET Niveau 2 Phase Nettoyage.

IV.4.10 Grafcet Phase Amorçage Niveau 1 :

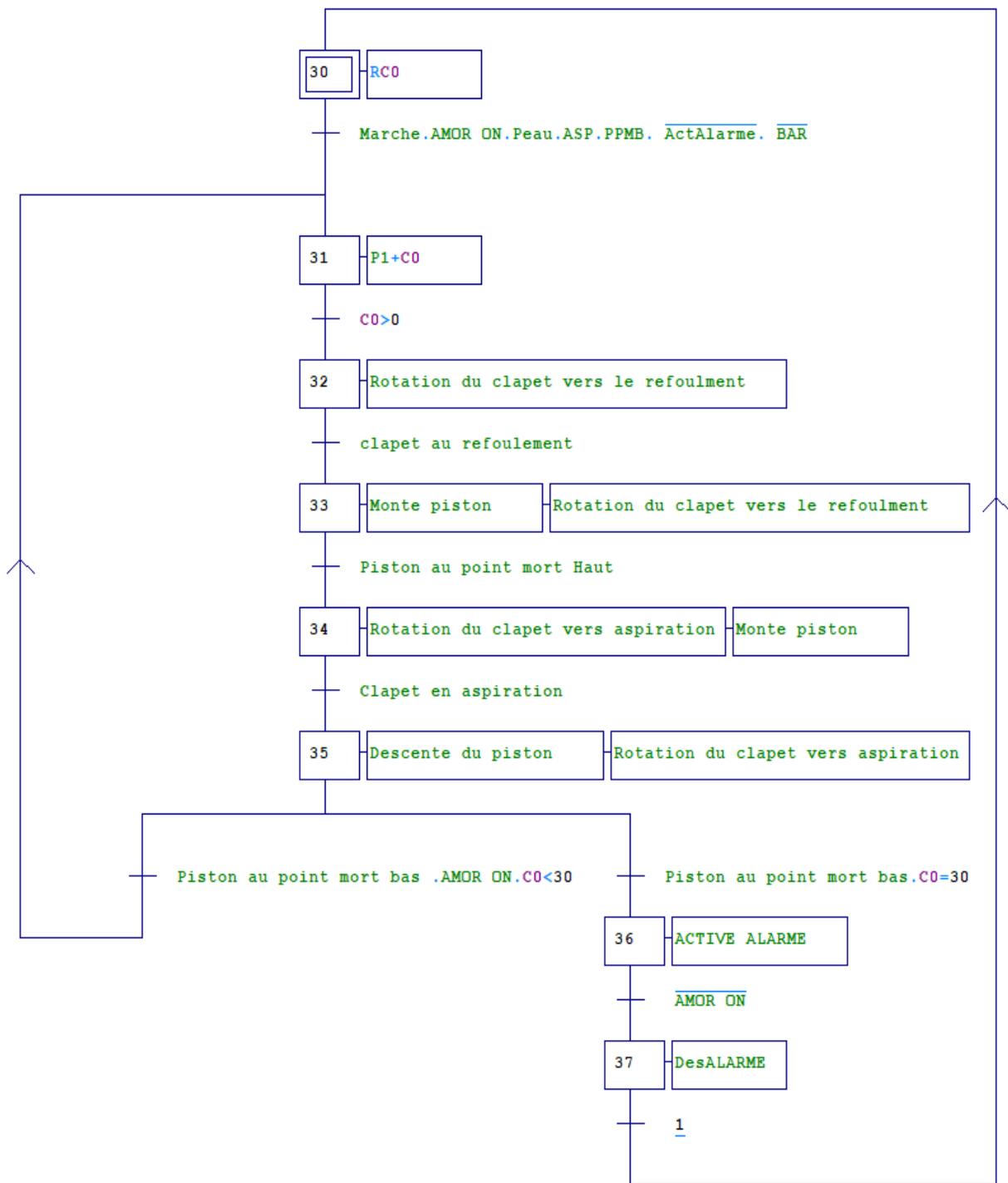


Figure IV-06 : GRAFCET Niveau 1 Phase Amorçage.

IV.4.11 Grafcet Phase Amorçage Niveau 2 :

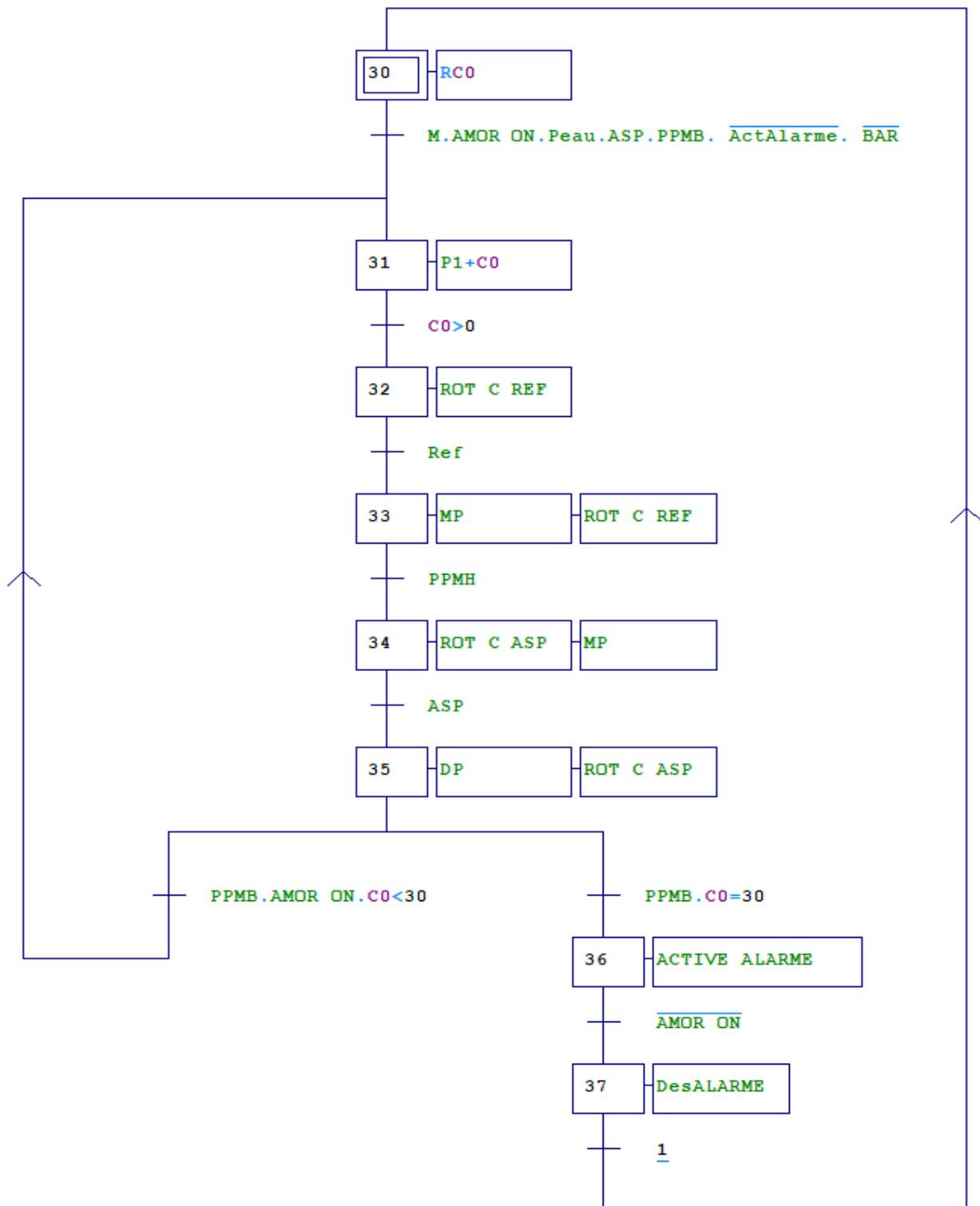


Figure IV-07 : GRAFCET Niveau 2 Phase Amorçage.

IV.5 Schéma pneumatique proposé pour notre système :

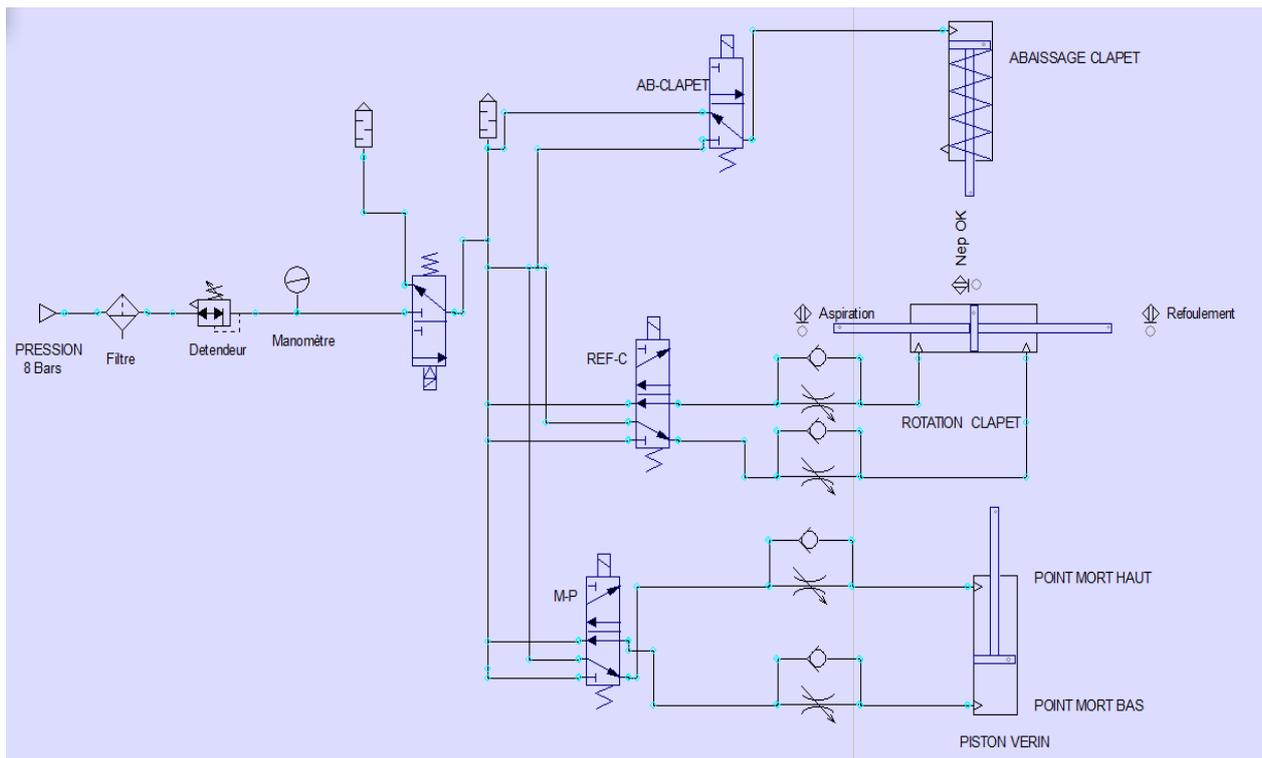


Figure IV-08 : Schéma pneumatique de notre système.

IV.6 Conclusion :

Après avoir présenté le cahier des charges (fonctionnement), des graficets et un schéma pneumatique du DOSYS PUMP ont été proposés comme solution. D'abord, le graficet de niveau 1 nous a permis de décrire le fonctionnement du système automatisé. Le passage vers le graficet niveau 2 a été fait en effectuant les entrées et les sorties ainsi que les compteurs et les temporisateurs aux variables logiques utilisées.

Références bibliographiques

- [1] A.Schmitt, G .L.Rexroth et L.Ammain, « Le cours d'hydraulique » Ed .G.L .Rexroth (1981)
- [2] J.Diez, l'hydraulique industrielle appliquée, Ed. l'usine, paris (1984).
- [3] M.Carlier, Hydraulique générale appliquée , Ed. Eyrolles Paris (1980).
- [4] J. Compain, le mécanicien en circuit oléo hydraulique, Ed.Sedon" 3eme édition".
- [5] Thierry Schanen, « Le guide des automatismes », V 7.3 2007.
- [6] RoldanViloria, José caroline, « Aide-mémoire d'hydraulique industriel » Paris. Francis Lefebvre 2002.
- [7] Réjean Labonville , conception des circuits hydrauliques, Ed. corrigée (1999).
- [8] Catalogue distributeur 2000, Hydrokit.
- [9] C.DUCOS, Oléo-hydraulique, Ed.G.L.Rexroth, (1981).
- [10] Catalogue des vérins normalises Chabas et Besson.
- [11] J.P.DE GEROO, Technologie de l'hydraulique, Ed. Technique pour l'automobile et l'industrie, (1983).
- [12] www.technique-ingenieur.fr (Cahier des charges de l'automatisme).
- [13] Manuel d'utilisation du logiciel "AUTOMGEN V8.9", NEXT GENERATION-(C) 1988-2007 IRAI.
- [14] Manuel "DOSYS PUMP PNEUMATIQUE",Réf NIPFDO0601F, Mars 2009.
- [15] Bases de la technique d'automatisation, Livre technique, FESTO.
- [16] " Cours sur la pneumatique" Adresse URL :
<http://www.geea.org/IMG/pdf/pneumatique.pdf>
- [17] Jaques Faisandier et coll, « Mécanismes Hydrauliques et Pneumatiques », 9e édition Dunod, Paris 2006.
- [18] Ludovic Cuvelier « CHAINE D'ENERGIE PNEUMATIQUE-Calaméo »
- [19] «Guide de référence sur l'efficacité énergétique de l'air comprimé» Adresse URL :
<https://www.rncan.gc.ca/energie/produits/reference/14931>
- [20] Patrique leguerre «cours-pneumatique » Adresse URL :
<https://www.fichier-pdf.fr/2015/01/15/cours-pneumatique/cours-pneumatique.pdf>
- [21] : «Présentation de l'hydraulique et de la pneumatique» Adresse URL :

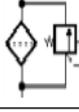
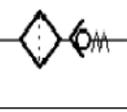
<https://fr.rs-online.com/web/generalDisplay.html?file=automatisme/pneumatics-and-hydraulics-overview&id=infozone>

[22] : Cours - Énergies hydraulique et pneumatique - S2I Adresse URL :

http://xpressoles.ptsi.free.fr/fichiers/PDF/01_IngenierieSystemes/01_IS_12_HydrauPneu_Cours.pdf

Annexe

Les différents symboles normalisés des filtres :

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

Les différents symboles normalisés des pompes :

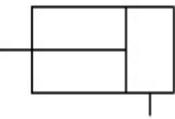
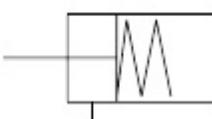
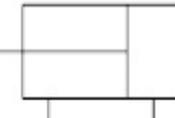
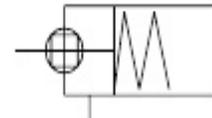
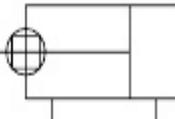
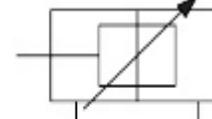
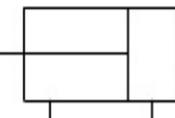
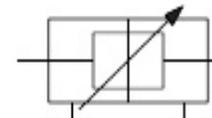
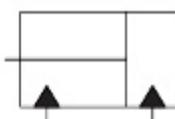
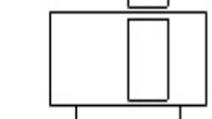
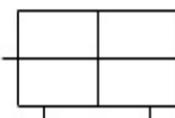
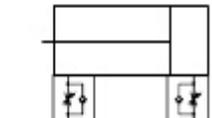
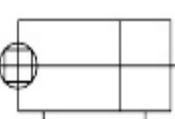
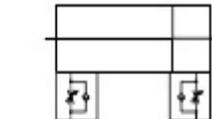
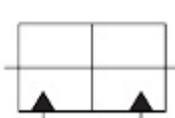
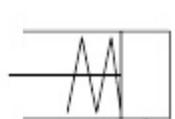
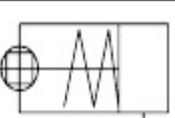
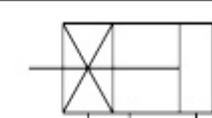
					
Pompe unidirectionnelle à cylindrée fixe	Pompe unidirectionnelle à cylindrée variable	Pompe bidirectionnelle à cylindrée fixe	Pompe bidirectionnelle à cylindrée variable	Pompe à cylindrée fixe avec drainage	Pompe à cylindrée variable avec drainage

Les différents symboles normalisés des moteurs hydrauliques :

					
Moteur unidirectionnel à cylindrée fixe	Moteur bidirectionnel à cylindrée fixe	Moteur unidirectionnel à cylindrée variable	Moteur bidirectionnel à cylindrée variable	Moteur à cylindrée fixe avec drainage	Moteur à cylindrée variable avec drainage

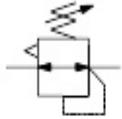
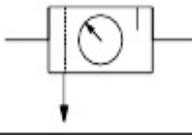
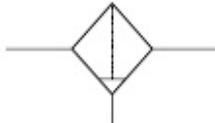
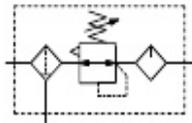
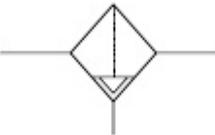
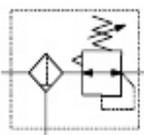
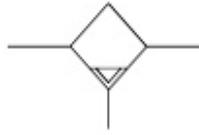
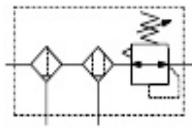
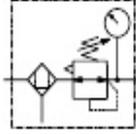
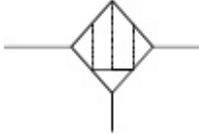
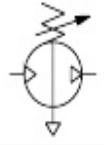
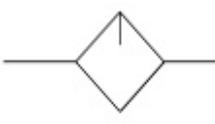
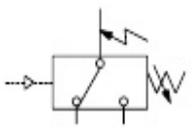
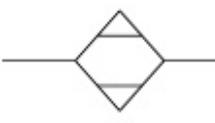
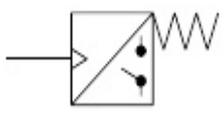
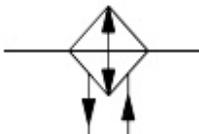
Principaux distributeurs et principaux dispositifs de pilotage		
symboles en pneumatique	symboles en hydraulique	symboles de pilotages
<p>2/2 N.F.</p>	<p>2/2 N.F.</p>	<p>général</p> <p>bouton poussoir</p> <p>levier</p> <p>pédale</p> <p>manuel</p>
<p>2/2 N.O.</p>	<p>2/2 N.O.</p>	
<p>3/2 N.F.</p>	<p>3/2 N.F.</p>	<p>poussoir</p> <p>ressort</p> <p>galet</p> <p>mécanique</p>
<p>3/2 N.O.</p>	<p>3/2 N.O.</p>	
<p>4/2</p>	<p>4/3</p> <p>centre fermé</p> <p>centre ouvert en H</p>	<p>1 enroulement</p> <p>2 enroulements inversés</p> <p>électro-aimant</p>
<p>5/2</p>	<p>centre tandem</p>	
<p>5/3</p> <p>centre ouvert</p>	<p>centre partiellement ouvert</p>	<p>hydraulique</p> <p>pneumatique</p> <p>par détente</p> <p>électro-aimant + distributeur pilote</p> <p>électro-aimant ou distributeur pilote</p> <p>distributeur pilote</p>
<p>N.F. : normalement fermé N.O. : normalement ouvert</p>	<p>● 1 (air) ● P (huile)</p>	

Les différents symboles normalisés des vérins :

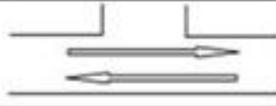
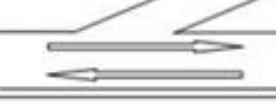
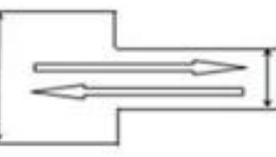
Symbole	Description	Symbole	Description
	Vérin simple effet, simple tige, tige rentrée par force externe		Vérin simple effet, simple tige, sortie de tige par ressort, rentrée de tige pneumatique
	Vérin double effet, simple tige		Vérin simple effet, simple tige antirotation, sortie de tige par ressort, rentrée de tige pneumatique
	Vérin double effet, antirotation simple tige		Vérin double effet avec réglage de l'amorti sur les deux fonds, simple tige
	Vérin double effet, bague de centrage arrière, simple tige		Vérin double effet avec réglage de l'amorti sur les deux fonds, tige traversante
	Vérin double effet, hydraulique B.P., simple tige		Vérin sans tige à entraînement magnétique
	Vérin double effet tige traversante		Vérin double effet, simple tige, régulateur de débit intégré
	Vérin double effet tige traversante antirotation		Vérin double effet, tige traversante, régulateur de débit intégré
	Vérin double effet hydraulique B.P. tige traversante		Vérin à positions contrôlées, simple tige
	Vérin simple effet, simple tige, rentrée de tige par ressort sortie de tige pneumatique		Vérin à positions contrôlées avec frein, simple tige
	Vérin simple effet, simple tige antirotation, rentrée de tige par ressort sortie de tige pneumatique		Vérin double effet à verrouillage, simple tige

Les différents symboles normalisés dans les schémas pneumatiques :

Symbole	Description	Symbole	Description
	Actionneur semirotatif, double effet		Régleur de débit de sécurité. A l'échappement: distributeur avec fonction de réglage du débit pour vérin, clapet fixe, fonction d'alimentation rapide de l'air
	Régleur de débit, avec silencieux		Régleur de débit de sécurité. A l'admission: distributeur avec fonction de réglage du débit pour vérin, clapet fixe, fonction d'alimentation rapide de l'air
	Clapet antiretour, sans ressort		Générateur de vide, éjecteur
	Clapet antiretour, régulateur de débit unidirectionnel, réglable		Ejecteur, générateur de vide, avec silencieux intégré
	Clapet antiretour, double régulateur de débit à raccords instantanés		Ejecteur multi-étagé, distributeurs casse-vide avec filtre et silencieux intégré
	Clapet antiretour, distributeur casse-vide rapide		Ejecteur multi-étagé, distributeurs casse-vide avec filtre et silencieux intégré et manomètre
	Clapet antiretour, distributeur casse-vide rapide avec silencieux		Ejecteur multi-étagé, distributeurs casse-vide avec filtre et silencieux intégré et pressostat
	Clapet antiretour, distributeur casse-vide rapide avec régulateur de débit et silencieux		Pressostat
	Clapet antiretour, régulateur de débit avec distributeur casse-vide de la pression résiduelle		Filtre
	Clapet antiretour, régulateur de débit avec clapet antiretour		

Symbole	Description	Symbole	Description
	Régulateur de pression, purge de pression, réglable		Unité de service combinaison filtre, régulateur, lubrificateur (symbole simplifié)
	Filtre avec purge		Combinaison, filtre, régulateur et lubrificateur
	Filtre avec purge automatique		Combinaison, filtre, régulateur
	Séparateur avec purge automatique		Combinaison, filtre, filtre micronique, régulateur
	Filtre micronique		Combinaison, filtre micronique, régulateur et manomètre
	Filtre submicronique		Booster régulateur pneumatique, commandé par manette
	Lubrificateur		Pressostat
	Assécheur		Pressostat pneumatique
	Refroidisseur		Réservoir pneumatique
	Manomètre pneumatique		Clapet antiretour sans ressort

Valeurs de la constante (ξ) coefficient de pertes de charge en fonction de la singularité :

	Configuration	Valeur de la constante ξ																					
Forme en "T"		1,2																					
		0,1																					
Forme en "Y"		0,5																					
		2,5 à 3																					
		0,06 ← 0,15 →																					
Rétrécissement : sens de l'écoulement → Elargissement : sens de l'écoulement ←		<table border="1"> <thead> <tr> <th>d/D</th> <th>$\xi \rightarrow$</th> <th>$\xi \leftarrow$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,1</td> <td>0,4</td> <td>0,81</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>0,38</td> <td>0,64</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>0,3</td> <td>0,36</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>0,18</td> <td>0,16</td> </tr> <tr> <td>0,8</td> <td>0,05</td> <td>0,04</td> </tr> <tr> <td>0,9</td> <td>0,015</td> <td>0,01</td> </tr> </tbody> </table>	d/D	$\xi \rightarrow$	$\xi \leftarrow$	0,1	0,4	0,81	0,2	0,38	0,64	0,4	0,3	0,36	0,6	0,18	0,16	0,8	0,05	0,04	0,9	0,015	0,01
d/D	$\xi \rightarrow$	$\xi \leftarrow$																					
0,1	0,4	0,81																					
0,2	0,38	0,64																					
0,4	0,3	0,36																					
0,6	0,18	0,16																					
0,8	0,05	0,04																					
0,9	0,015	0,01																					
Coude	