

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane MIRA-Bejaïa



Département de Génie Electrique



Mémoire de Fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en Electrotechnique

Option : Automatismes Industriels

Thème

*Diagnostic des composants d'une
chaîne pneumatique*

Présenté par :

Mr AMENOUCHE Zahir

Mr AIT OUARET Hicham

Encadré par :

Mr MOKRANI Ahmed

Promotion 2012/2013

Remerciements

Qu'il nous soit d'abord permis de remercier et d'exprimer notre gratitude envers le Bon Dieu ,qui nous a donné la patience et le courage pour que nous puissions achever ce travail.

Nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements et à exprimer notre profonde gratitude à tous ceux qui ont participé à l'élaboration de ce travail et en particulier notre promoteur Monsieur MOKRANI.Ahmed pour leur dévouement et leur disponibilité durant la préparation de ce mémoire et les conseils nous ont été très précieux.

Nous remercions aussi toute l'équipe de service Electricité et Instrumentation de CO.G.B la Belle (Mr DEKHOUKH .G, Hamid, Monir ...etc.) pour leurs collaborations

Nous sommes aussi très reconnaissants aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'accepter de juger ce travail, d'apporter leurs réflexions et leurs critiques scientifiques.

Notre reconnaissance s'adresse à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce modeste travail puisse voir le jour.

*D*édicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents pour vos encouragements, vos multiples soutiens et votre affection quotidienne, Merci d'être présents dans toutes circonstances. Je prie le tout puissant de vous donner une longue vie et nous aider à être toujours votre fierté ;

A mon très chère frère Hakim;

A toute ma famille ;

A tous mes amis ;

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin ;

Ainsi qu'à mon binôme Hicham.

AMENOUCHE Zahir

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

Pour vous mes très chères parents pour vos encouragements, vos multiples soutiens et votre affection quotidienne, Merci d'être présents dans toutes circonstances. Je prie le tout puissant qu'Allah vous protège, vous donner une longue vie et nous aider à être toujours votre fierté ;

A mes très chères frères Nabil et Smail ;

A mes très chères sœurs Nacira et Ouarda ;

A toute ma famille ;

A tout mes amis ;

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin ;

Ainsi qu'à mon binôme Zahir je vous dédie ce travail

Hicham AITOUARET

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre 1 : Description du fonctionnement de l'encartonneuse

Introduction	3
1.1 Présentation de l'entreprise	3
1.2 Description de la machine	6
1.2.1 Fonctionnement de la machine	6
1.2.2 Installation et positionnement	9
1.3 Structure de la partie commande et opérative de l'encartonneuse	10
1.3.1 Partie commande	10
1.3.2 Partie opérative	12
1.4 GRAFCET de fonctionnement	15
1.4.1 Rôle des vérins	15
1.4.2 Disposition des capteurs	16
1.4.3 GRAFCET de niveau 1	18
1.4.4 GRAFCET de niveau 2	19
1.5 Simulation avec Automation Studio	21
1.6 Instruction de réglage et d'entretien	22
1.6.1 Lubrification	22
1.6.2 Nettoyage	22
1.6.3 Disposition conditionnement de l'air	22
Conclusion	22

Chapitre 2 : Production de l'énergie pneumatique

Introduction	23
2.1 Généralité	23
2.2 Propriété physique de l'air comprimé	23
2.3 Production de l'air comprimé	25
2.3.1 Niveau de pression	28
2.3.2 Compresseur d'air comprimé	28
2.3.3 Choix d'un compresseur adéquat	29
2.4 Unité de traitement (conditionnement)	30
2.4.1 Constitution de l'unité de traitement	30

Sommaire

a) Filtration	31
b) Lubrification	33
c) Régulateur de pression	34
d) Manomètre	35
2.4.2 Accessoire associé à l'unité FRL	36
2.4.3 Démarreur progressive	36
Conclusion	38

Chapitre 3 : Actionneurs et préactionneurs pneumatiques

Introduction	40
3.1 Préactionneurs pneumatiques	40
3.2 Technologies des distributeurs	41
3.2.1 Distributeurs à clapets	41
3.2.2 Distributeurs à tiroirs	41
3.3 Caractéristique fonctionnelles des distributeurs	43
3.4 Différents types des distributeurs	43
3.5 Pilotage des distributeurs	45
3.5.1 Commande électrique	45
3.5.2 Commande mécanique ou musculaire	48
3.5.3 Commande par fluide	49
3.6 Stabilité des distributeurs	50
3.7 Réducteur de débit	50
3.7.1 Réducteur de débit unidirectionnel (RDU)	51
3.7.2 Constitution d'un RDU	52
3.8 Régulateur de vitesse sur des vérins pneumatiques	53
3.9 Actionneurs pneumatiques	55
3.10 types d'actionneurs	55
3.10.1 Vérins pneumatiques	55
3.10.2 Moteurs pneumatiques	58
3.10.3 Ventouses pneumatiques	59
Conclusion	61

Sommaire

Chapitre 4 : Diagnostic des éléments pneumatiques

Introduction	62
4.1 Définition	62
4.2 Méthodes de diagnostic	63
4.2.1 Les arbres de défaillance	63
4.2.2 La méthode d'AMDEC	64
4.2.3 Le diagramme d'Ishikawa	64
4.3 Localisation des défaillances	65
4.4 Terminologies	65
4.5 Différentes formes de maintenance	66
4.5.1 La maintenance préventive	66
4.5.2 La maintenance corrective	66
4.6 Les moyens de la maintenance	68
4.7 Applications de la méthode de défaillance	70
4.7.1 Arbre de défaillance du vérin	71
4.7.2 Arbre de défaillance du distributeur	72
4.7.3 Arbre de défaillance du compresseur	73
4.8 Applications aux éléments pneumatiques	74
4.9 Maintenance des compresseurs	74
4.9.1 Compresseur à vis lubrifié	75
4.10 Maintenance de l'unité de conditionnement (traitement)	77
4.11 Maintenance des vérins pneumatiques	78
4.11.1 Inventaire des principales causes dysfonctionnement	78
4.11.2 Entretien des vérins	79
4.12 Vérin rotatif (vireur)	83
4.13 Maintenance des moteurs pneumatiques	84
4.14 Maintenance des distributeurs	86
4.15 Maintenance des ventouses	89
Conclusion	91
Conclusion générale	92

Références bibliographiques

Annexes



Liste des figures

Liste des figures

Chapitre 1 : Description du fonctionnement de l'encartonneuse

Figure 1.1 : Zone d'implantation CO.GB (Bejaïa)	4
Figure 1.2 : organigramme des départements de production de CO.G.B / UP7	5
Figure 1.3: Schéma de principe de fonctionnement de l'encartonneuse	8
Figure 1.4 : Image réel d'un détecteur par contact	10
Figure 1.5 : Schéma de principe d'un détecteur par contact	11
Figure 1.6 : schéma de principe de fonctionnement d'un réducteur de vitesse	14
Figure 1.7 : Disposition des différents capteurs	17
Figure 1.8 : GRAFCET niveau 2 de l'encartonneuse	19
Figure 1.9 : Schéma structurel de l'installation sous logiciel Automation Studion	21

Chapitre 2 : Production d'énergie pneumatique

Figure 2.1 : Central d'air comprimé	27
Figure 2.2 : Principales technologies des compresseurs	29
Figure 2.3 : Image réelle et symbole de l'unité de conditionnement	31
Figure 2.4 : Schéma de principe de fonctionnement et symbole d'un filtre	32
Figure 2.5 : Principe de fonctionnement et symbole de lubrificateur	34
Figure 2.6 : Photo et symbole d'un régulateur de pression	34
Figure 2.7 : Régulateur de pression	35
Figure 2.8 : Photo et symbole de monomètre	35
Figure 2.9 : Image réelle d'un démarreur progressive (Festo).....	36
Figure 2.10 : Principe de fonctionnement d'un démarreur progressive	37

Chapitre 3 : Actionneurs et préactionneurs pneumatiques

Figure 3.1 : principe de fonctionnement d'un distributeur	40
Figure 3.2 : Distributeur à clapet 2/2 NF	41
Figure 3.3 : distributeur à clapet 2/2 NO	41
Figure 3.4 : Distributeur à tiroir 5/2 NF	41
Figure 3.5 : Distributeur à tiroir 5/2 NO	41
Figure 3.6 : symbole d'une commande électrique	45
Figure 3.7 : distributeur à commande directe	46
Figure 3.8 : représentation symbolique d'une commande indirecte	47
Figure 3.9 : commande indirect	47

Liste des figures

Figure 3.10 : représentation symbolique d'un électro distributeur à commande combinée ...	48
Figure 3.11 : Schéma synoptique principe d'un capteur de position à galet	48
Figure 3.12 : Image réelle d'un limiteur de débit, dessin en coupe et symbole	51
Figure 3.13 : symboles d'un clapet sans et avec contrainte à ressort	51
Figure 3.14 : constitution d'un réducteur de débit unidirectionnel	52
Figure 3.15 : Représentation symbolique des efforts agissants sur le vérin	53
Figure 3.16 : Montage d'un RDU à l'admission	54
Figure 3.17 : Montage d'un RDU à l'échappement	54
Figure 3.18: Constitution d'un vérin pneumatique	56
Figure 3.19 : photos d'un vérin rotatif à palette	57
Figure 3.20 : Moteur à palette	58
Figure 3.21 : Système générateur de vide-ventouse	59
Figure 3.22 : Image réelle et symbole d'un générateur de vide	60
Figure 3.23 : Schéma explicite de l'effet venturi	60

Chapitre 4 : Diagnostic des éléments pneumatiques

Figure 4.1 : Arborescence d'un arbre de défaillance	63
Figure 4.2 : Organigramme de la maintenance	67
Figure 4.3: Arbre de défaillance d'un vérin	71
Figure 4.4:Arbre de défaillance de distributeur	72
Figure 4.5 : Arbre de défaillance d'un compresseur	73
Figure 4.6 : Compresseur à vis lubrifiée	75
Figure 4.7 : Vérification du joint de nez	79
Figure 4.8: vérification des joints de piston	79
Figure 4.9: Vérin rotatif à crémaillère - Vue éclatée	83
Figure 4.10: Vérin à palette	82
Figure 4.11 : Moteur à palettes	85
Figure 4.12 : Schéma d'utilisation d'un distributeur 5/2	86
Figure 4.13 : Image des composantes d'un distributeur à tiroir	88
Figure 4.14 : ventouse	89



Notations et abriviations

Notation et abréviation

SI : système international.

ns : Vitesse de synchronisme de moteur.

f : Fréquence du réseau d'alimentation.

n : Nombre de pair de pole par phase.

Cs : consommation spécifique.

FRL : Filtre, régulateur et lubrificateur.

NO : Normalement ouvert.

NF : Normalement fermé.

RDU : Réducteur de débit unidirectionnel.

Q : Débit d'air comprimé.

P : Pression de service.

Δp : Chute de pression dans le RDU.

c : Constante caractéristique des limiteurs de débit

Fp1 : La force que la pression p_1 effectue sur le piston.

Fp2 : La force que la contre-pression p_2 effectue sur le piston.

Fm : La force mécanique exercée sur le piston.

CO.G.B : Cors Gras de Bejaia.

UP7 : Unité de Production 7

SPA : Société par action.

SIAN : Société Industrielle de l'Afrique de Nord.

ENCG : Entreprise National des Corps Gras.

SOGEDIA : Société de Gestion et de Développement des Industrie Alimentaire.

GRAFCET : Graf de Commande Etapes-Transition.

SDM : Savon de ménage.

W1 : vitesse angulaire d'entrée.

W2 : vitesse angulaire de sortie.

K12 : rapport de réduction.

AMDEC : analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité.

Notation et abréviation



Introduction générale

Introduction générale

Depuis plusieurs années, on utilise abondamment les propriétés de l'air comprimé afin de réaliser plusieurs tâches mécaniques.

Le mot pneumatique vient du grec « pneuma », qui a de nombreuses acceptations, comme l'haleine ou le souffle. D'une manière générale, on entend par pneumatique la science des mouvements de l'air et des phénomènes liés à l'air.

Puisque l'air est un fluide compressible, il permet d'emmagasiner de l'énergie qui sera transmise à des dispositifs par le biais d'un réseau de distribution parfois complexe. Les machines, les outils et les systèmes, qui utilisent l'air comprimé comme source d'énergie, convertissent alors cette énergie en travail mécanique efficace.

Par ailleurs, l'air est le seul fluide qui possède l'ensemble des principales caractéristiques que l'on doit considérer lors du choix d'un fluide pour la transmission de l'énergie servant à alimenter différents dispositifs .

La pneumatique joue un rôle important dans l'automatisation d'un grand nombre de machines et de procédés industriels. Elle est complémentaire d'autres formes d'énergie telles que l'électricité, la mécanique et l'hydraulique.

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

- Partie 1 : D'un **compresseur** qui fournit la puissance pneumatique (pression, débit)
- Partie 2 : D'une **unité de traitement de l'air**, dans la fonction est de conditionner en qualité et régularité la pression pneumatique du réseau d'air comprimé juste avant son utilisation sur le système industriel.
- Partie 3 : D'un **distributeur** dont la fonction essentielle est de distribuer l'air dans les canalisations aux chambres qui aboutissent aux chambres des actionneurs. Il oriente la puissance pneumatique entre la source et l'actionneur et le retour à l'atmosphère. Des composants additionnels ajustent la puissance pneumatique par réglage de pression ou le débit.
- Partie 4 : d'un **actionneur**, dont la fonction est de convertir la puissance pneumatique (pression, débit) en puissance mécanique (force, vitesse) au travers d'un mouvement rectiligne ou parfois rotatif, ils existent différents modèles des vérins tel que les vérins avec tige et sans tige, vérins rotatif, des vérins bloqueur ...etc. On trouve aussi des moteurs pneumatiques, des ventouses et des muscles pneumatiques.

Introduction générale

Tous les équipements d'une installation industrielle sont soumis à des mécanismes de dégradation dus aux conditions de fonctionnement et/ou d'environnement : usure, fatigue, vieillissement, altérations physico-chimiques diverses. Face aux défaillances qui en résultent, on peut se contenter de pratiquer un **diagnostic**, mais on n'évite pas ainsi les conséquences des pannes que l'on subit. Une attitude plus défensive consiste à mettre en œuvre une **maintenance préventive** destinée à limiter, voire à empêcher, ces défaillances, les coûts...etc.

A cet effet, notre travail consiste à étudier le fonctionnement de la machine d'écrit par un GRAFCET qui nous a aidé à élaborer les arbres de défaillance pour faire le diagnostic des différents composants d'une chaîne pneumatique comme pratique nous avons étudié une encartonneuse de savon, fabriqué par la société ITALIENNE comme application.

Ainsi, le présent manuscrit est structuré en quatre chapitres principaux :

- ✚ Le premier chapitre fait l'objet d'une application pratique qui est l'étude de l'encartonneuse.
- ✚ Le second chapitre qui est production de l'énergie pneumatique.
- ✚ Le troisième chapitre est réservé aux préactionneurs et actionneurs à utiliser dans la chaîne pneumatique.
- ✚ Le dernier chapitre est consacré au diagnostic des éléments de la chaîne pneumatique.

Chapitre 1:

Description du fonctionnement de l'encartonneuse

Introduction :

Dans notre présente étude, nous avons étudié le fonctionnement de l'encartonneuse ainsi que la chaîne d'énergie pneumatique auxiliaire (compresseur, vérin, distributeur...etc.) qui nous permet de comprendre leurs constitutions et fonctionnement pour cela on a élaboré un GRAFCET de fonctionnement de la machine, pour pouvoir établir les arbres des défaillances. Notre objectif est d'élaborer une politique de maintenance préventive aux éléments pneumatiques.

Nous commençons par la présentation de l'entreprise d'accueil Corps Gras de Bejaïa (CO.GB La Belle) en donnant un aperçu de son historique, sa zone d'implantation, ses infrastructures et équipements.

1.1 Présentation de l'entreprise : [8]

L'entreprise des Corps Gras de Bejaïa (CO.GB) existe depuis le début du XX^{ème} Siècle mais sous d'autre appellation, on commence par la présentation d'origines et on termine par son état actuel.

- ✓ Début du XX^{ème} siècle : Extraction de l'huile de grignon d'olive et fabrication de savon à base d'huile de grignon par la **SIAN** (Société Industrielle de l'Afrique de Nord).
- ✓ 1940 : Raffinage d'huile de colza et de tournesol, fabrication de savon de première qualité.
- ✓ 1953 : Fabrication de savon de ménage « Mon savon ».
- ✓ 1966 : Conditionnement du savon de ménage en morceaux de 450 Gr.
- ✓ 1973 : Acquisition d'une saponification en continu.
- ✓ 1974 : Nationalisation de **SIAN**, naissance de **SOGEDIA** (Société de Gestion et de Développement des Industrie Alimentaire).
- ✓ 1978 : Démarrage de la saponification en continu.
- ✓ 1982 : Restructuration, création de l'**ENCG** (Entreprise National des Corps Gras).
- ✓ 1987 : L'entreprise des Corps Gras de Bejaïa, ouvert ses portes sous la tutelle du ministère des industries légères.
- ✓ 1988 : Démarrage du nouveau complexe des corps gras.
- ✓ 1990 : Fabrication du produit végétal aromatisé et de la graisse végétale aromatisée.
- ✓ 1997 : Filialisation, naissance de CO.GB.
- ✓ 1999 : Fabrication des margarines de table, pâtisserie et feuilletage.

Juridiquement c'est SPA avec un capital de 150 000 000,00 DA, depuis 1997. Elle est composée de 600 personnes comme effectif dont 100 pour le département maintenance.

❖ Zone d'implantation : [11]

L'entreprise CO.GB est implantée dans la zone industrielle d'IHADDADEN (Bejaïa), elle est limité par :

- Oued Seghir au nord.
- ECOTEX (CCB) et la route Aurès au sud.
- Entreprise national du liège à l'ouest.
- EDEMIA à l'est.

Sa superficie est de 108 800 m² dont 56 500 m² couverte.

L'illustre suivante montre l'implantation de l'entreprise CO.GB

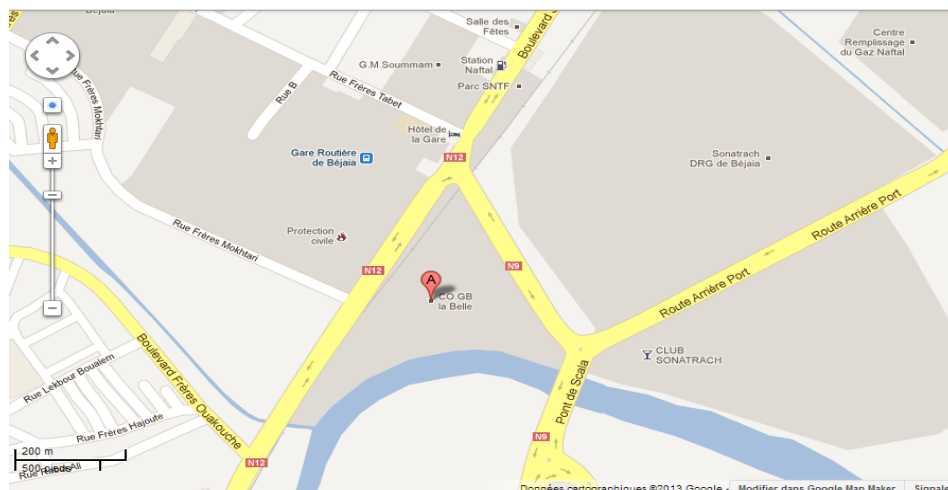


Figure 1.1 : Zone d'implantation CO.GB (Bejaïa).

❖ Infrastructures et équipements :

- Raffinerie d'huile (une capacité de production de 400T/jour) ;
- Fabrication de bouteilles et conditionnement d'huile ;
- Savonnerie et conditionnement de savon (une capacité de production de 50T/jour) ;
- Glycérineriez (une capacité de production de 80T/jour) ;
- Unités (chaufferie, dissolution, soude, traitement des eaux usées) ;
- Margarine (80t/jour) ;
- Atelier de maintenance ;
- Bacs de stockage (12 bacs 500 m³ et 15 bacs de 1 200 m³) ;

- ❖ **La structure de l'entreprise :** l'entreprise est constituée de plusieurs départements qui sont à leur tour répartis différents services, comme le montre l'organigramme ci-dessous.

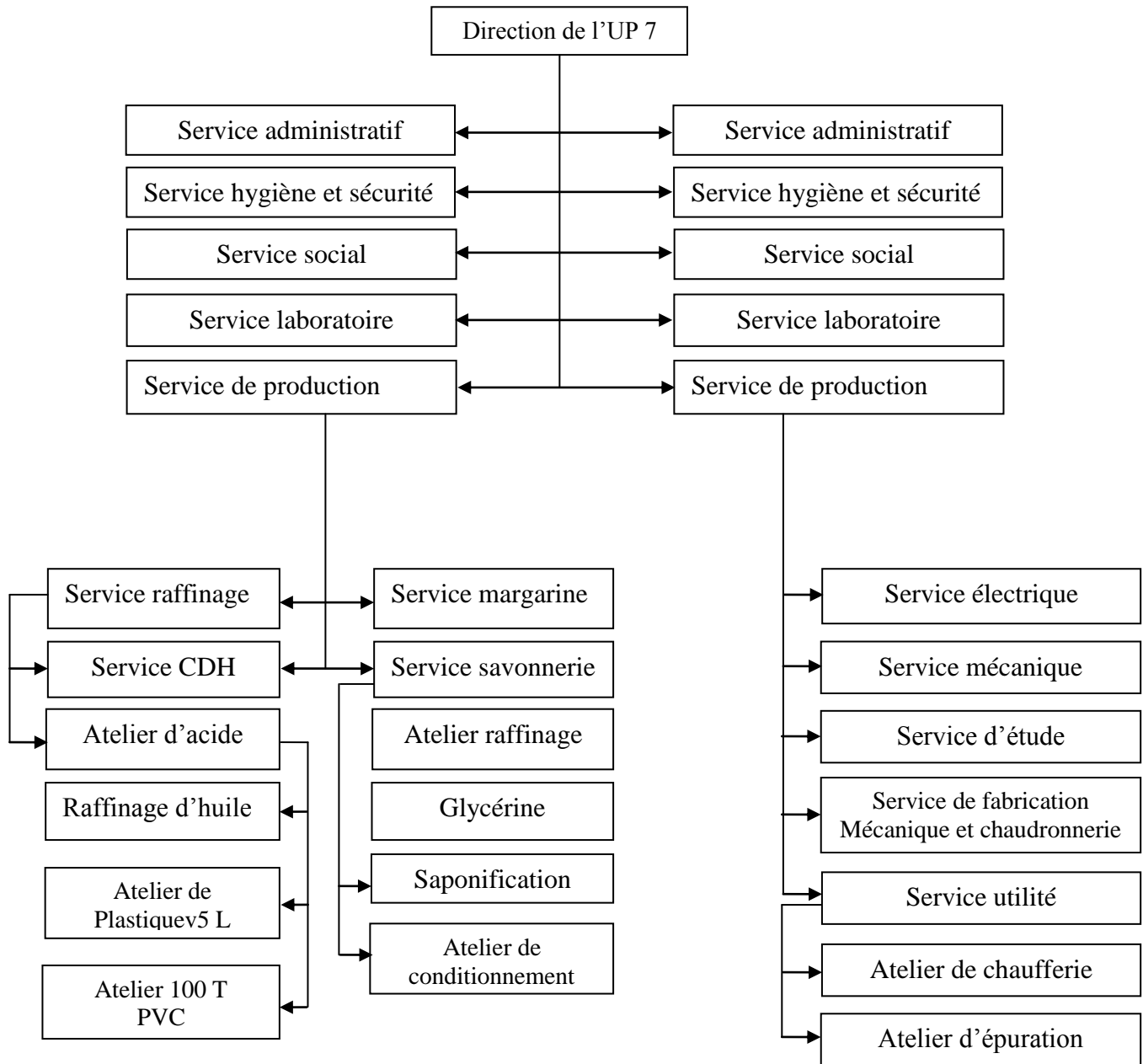


Figure 1.2 : organigramme des départements de production de CO.G.B / UP7.

1.2 Description de la machine : [8]

La machine à étudier est une encartonneuse de savon SDM de type 573, fabriqué par la société ITALIENNE ACMA.

L'encartonneuse est une machine qui nous permet de mettre un produit fini dans des caisses cartons.

Cette machine encaisseuse a été réalisée pour être connectée à des machines de conditionnement, en programmant l'alimentation des produits selon leurs dispositions dans les caisses cartons d'expédition à remplir. Sur le plan d'alimentation de la machine de succèdent les produits, qui arrivent à la stratification sans aucune pression. Les produits sont ensuite placés sur plusieurs couches et rangées (selon leur différent placement dans les caisses cartons d'expéditions) pour être poussées dans la trémie de la machine ensuite dans la caisse carton.

Les caisses cartons sont placées sur la trémie à la main.

Un bras de support basculant soutient la caisse carton qui, une fois remplie, est placée sur le tapis motorisé de sortie (**Annexe 2**).

1.2.1 Fonctionnement de la machine :

Le début des opérations est entamé par l'arrivée du produit, porté par le tapis transporteur puis poussé sur la plaque de coulissement à l'aide d'une pièce cylindrique. Un fin de course placé à la limite de cette plaque détecte l'arrivée du produit, qui en donnant une impulsion à une électrovalve, consent à l'intervention du plateau élévation, qui soulève une rangée de 6 morceaux de savon.

Durant l'élévation, les rouleaux, en coulissant sur les cames, déterminent l'ouverture des bras des pignons appui produit.

Quand l'élévateur excite le fin de course, et en même temps, les rouleaux sont arrivés à la fin des cames, en permettant la fermeture des pignons appui produit, ce qui commence la descente de l'élévateur.

Durant la descente, les rouleaux qui dans la phase précédente avaient déterminé l'ouverture des bras, tournant sur le pivot central, en permettant au châssis de rester fermé et en conséquence aux pignons de soutenir le produit.

On répète cette opération un nombre de fois égale au nombre de produit qui doivent être placés dans la caisse carton, dans notre cas 4 rangées. A la dernière élévation établie par le programmeur, les opérations suivantes auront lieu :

- Continuation du soulèvement et arrêt de l'élévateur à la hauteur du plan intérieur de la trémie.
- Ouverture des cloisons d'arrêt du produit, de l'une et de l'autre partie et avancement contemporain du pousseur.
- Actionnement de la fin de course et par conséquent abaissement de l'élévateur.
- Introduction du produit dans la trémie.
- Actionnement des fins de course qui provoque le retour du pousseur, ce retour a lieu en deux façons :
 - 1- Pour l'intervention d'un micro interrupteur quand on doit introduire une seule couche (course longue).
 - 2- Quand on doit introduire plusieurs couches, à la fin de chaque introduction, pour l'action d'un micro interrupteur (course courte) et à la fin de la dernière introduction pour l'action d'un autre micro interrupteur (course longue).

L'introduction consiste dans le déplacement des produits stratifiés (sous forme des coches) qui doivent être placées dans la trémie et de celle-ci, dans la caisse carton qui comprend 48 morceaux (Voir la figure 1.3).

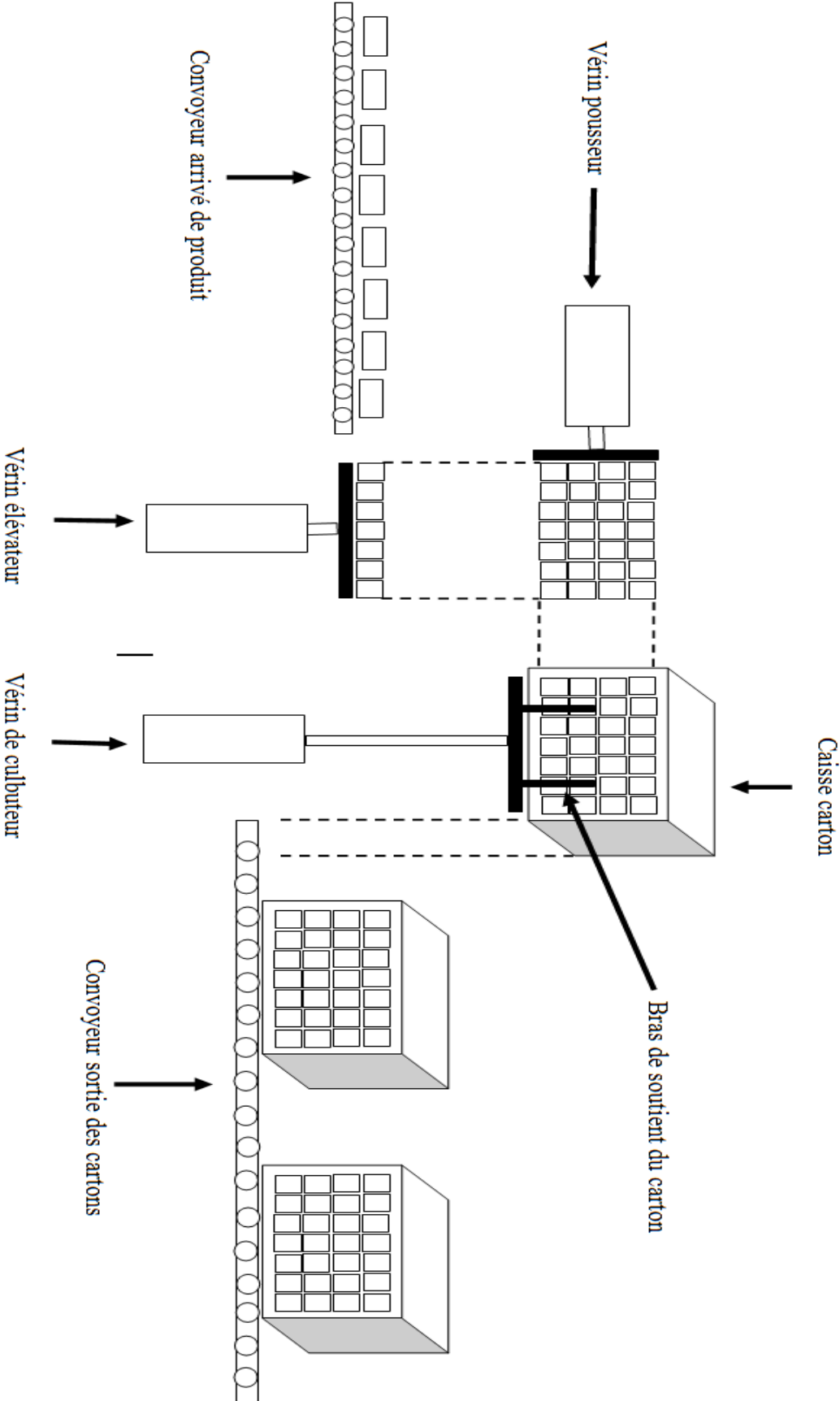


Figure 1.3 : schéma fonctionnelle de l'encartonneuse

La dernière introduction programmée détermine aussi le placement de la caisse carton manuellement sur la trémie par l'opérateur, en le soutenant d'une main et en actionnant le bras de soutien d'une autre main.

Cette dernière opération constitue un danger permanent pour l'opérateur vu la force et la vitesse développée par le bras de soutien.

1.2.2 Installation et de positionnement :

La machine est généralement décomposée en trois parties expédiées détachées :

- Groupe d'alimentation.
- Groupe de conditionnement.
- Groupe de sortie.

Le groupe d'alimentation est connecté au groupe de conditionnement.

Le groupe de sortie est connecté au groupe de conditionnement.

Connecter le câble d'alimentation, en faisant le raccordement électrique avec la prise prévue sur le socle de la machine.

Connecter la machine à une ligne d'air au moyen du raccorde.

Connecter l'armoire des appareillages électrique du réseau.

Contrôler, en poussant un produit le long du parcours entier quelles guides du chargeur le laissent passer avec un jeu minimum.

Contrôler avec un carton placé sur le bras de soutien quand il est culbuté et est descendu, il ensuite avec un certain jeu entre les guides de la sortie.

1.3 Structure de la partie commande et opérative de l'encartonneuse : [8]

1.3.1 Partie commande :

Les informations d'entrées, issue de la partie opérative à travers les comptes rendus des capteurs sont reliées entre eux et la boîte de commande, ces entrées sont exploitées par l'organe de traitement qui applique les règles de traitement, afin de déterminer quelles sorties doivent être activées.

a) Les capteurs :

Les différents dispositifs de l'encartonneuse sont munis des capteurs mécaniques de position, appelée aussi interrupteur mécanique de position, sont surtout employés dans les systèmes automatisés pour détecter les positions. On parle aussi de détecteurs de présence.

➤ Les détecteurs de position : [3]

Ce sont des commutateurs actionnés par le déplacement d'un organe de commande, lorsqu'ils sont actionnés, ils ouvrent ou ferment un ou plusieurs circuits électriques ou pneumatiques. Le signal de sortie est TOUT ou RIEN.

La plupart des interrupteurs de position sont constitués d'un corps commun à tous les types de capteurs d'une tête de commande interchangeable et parfois orientable.



Figure 1.4 : Image réelle d'un détecteur par contact.

➤ **Fonctionnement :**

Dans le capteur de ce type, les points d'action et de relâchement ne se chevauchent pas : il n'y a pas de moment où les deux informations sont présentes simultanément.

Les cames et pivot à ressort provoquent la fermeture des contacts de manière franche et rapidement, indépendamment de la vitesse de déplacement du poussoir.

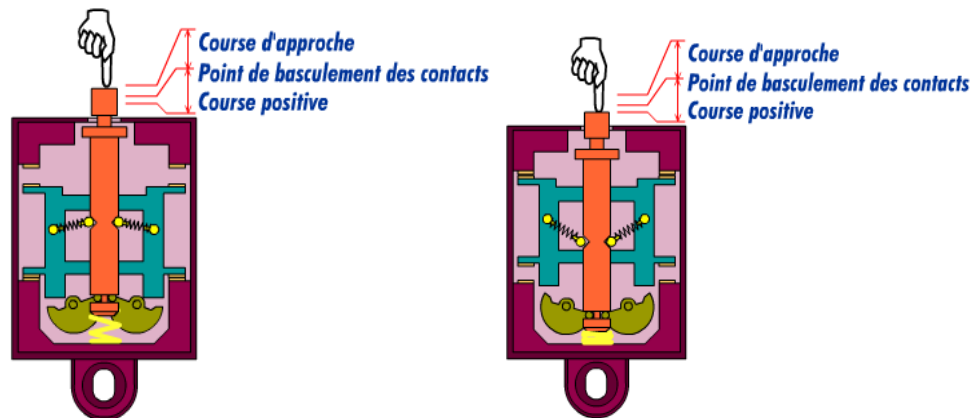


Figure 1.5 : Schéma de principe d'un détecteur par contact.

➤ **Caractéristiques :**

- Sécurité de fonctionnement élevée : Fiabilité des contacts et manœuvre position d'ouverture.
- Bonne fidélité sur les points d'enclenchement (jusqu'à 0.01mm).
- Séparation galvanique des circuits.
- Bonne aptitude à commuter les courants faibles, combinée à une grande endurance électrique.
- Tension d'emploi élevée.
- Mise en œuvre simple, fonctionnement visualisé.
- Grande résistance aux ambiances industrielles.

b) Choix des détecteurs :

Parmi les principaux et nombreux facteurs qui interviennent dans le choix d'un détecteur, citons :

- Les conditions d'exploitation, caractérisées par la fréquence de manœuvre, la nature, la masse et la vitesse du mobile à contrôler, la précision et la fidélité exigées.
- L'effort nécessaire pour actionner le contact.
- La nature de l'ambiance, humide, poussiéreuse, corrosive, ainsi que la température.
- Le niveau de protection recherché contre les chocs, les projections de liquides.
- Le nombre de cycle de manœuvre.
- La nature du circuit électrique.
- Le nombre et la nature des contacts.
- La place disponible pour loger, fixer et régler l'appareil.

La démarche d'aide au choix s'établit en deux temps :

Phase 1 : détermination de la famille de détecteurs adaptée à l'application.

Phase 2 : détermination du type et de la référence du détecteur recherché.

- **L'environnement :** température, humidité, poussières, projections diverses.
- **La source d'alimentation :** alternative ou continue.
- **Le signal de sortie :** électromécanique.
- **Le type de raccordement :** câble, borniez, connecteur.

1.3.2 Partie opérative :

Les tâches réalisées au niveau de l'encartonneuse sont effectuées par deux types d'actionneurs : les moteurs à synchrones triphasés et les vérins pneumatiques.

a) Actionneurs électriques :**1. Moteur asynchrone triphasé : [16]**

Le moteur synchrone est alimenté par une tension alternative triphasée 220/380v et un courant 1,9A /1,1A avec une fréquence de 50 Hz, c'est l'actionneur fréquemment employé dans les applications industrielles.

Ce moteur est capable de développer une puissance mécanique de 3700 W à une vitesse de rotation de 1350 tr/min.

Le moteur asynchrone triphasé comprend deux parties : le stator (partie fixe) et le rotor (partie tournante).

- **Le stator :** C'est la partie fixe du moteur, il comporte trois enroulements, répartis uniformément dans le circuit magnétique, et alimentés par des tensions triphasées. Le circuit magnétique, étant soumis à des champs magnétiques variables doit être feuilleté afin de limiter les pertes par courant de Foucault. Les tôles utilisés sont en acier au silicium et comportent des encoches ou sont logées les conducteurs des enroulements.
- **Le rotor :** C'est la partie induit tournante, sa fréquence de rotation est inférieure à celle des champs magnétique tournant, il est donc soumis à une variation de champ et doit être également feuilleté.

2. Réducteurs de vitesse :

En palier la fréquence de rotation d'un moteur dépasse couramment la valeur souhaitée pour le mouvement des organes récepteurs.

Par ailleurs, le couple délivré est très souvent insuffisant pour vaincre l'inertie du démarrage, et assurer la continuité de fonctionnement de l'installation en charge.

Dans ces conditions, le réducteur de vitesse, installé au début de la chaîne cinématique, intervient pour modifier les performances motrices, en diminuant la fréquence de rotation et augmenter simultanément le couple disponible.

❖ Principe de fonctionnement :

Le réducteur est un mécanisme destiné à augmenter le couple moteur $C_m = C_1$ (quel que soit le moteur : électrique, pneumatique, hydraulique...etc.) afin d'entraîner un organe en rotation un organe récepteur sous l'effet d'un nouveau couple C_2 tel que

$$C_2 = (1/K_{12}) * C_1$$

Avec : $K_{12} = W_2/W_1$ et $0 < K_{12} < 1$.

W1 : vitesse angulaire d'entrée.

W2 : vitesse angulaire de sortie.

K12 : rapport de réduction.

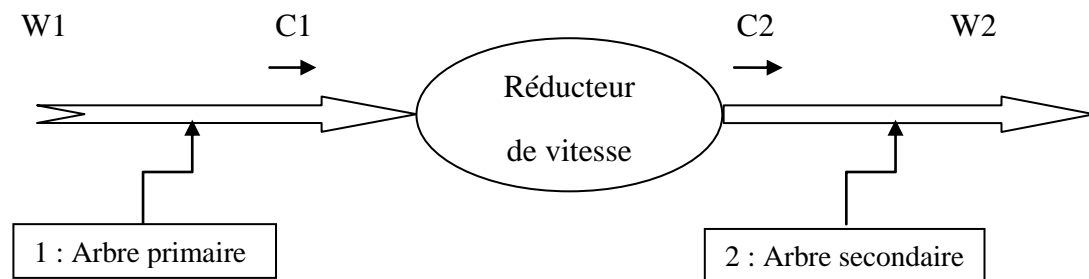


Figure 1.6 : schéma de principe de fonctionnement d'un réducteur de vitesse.

b) Les actionneurs pneumatiques :

❖ Les vérins : [8]

L'installation pneumatique de l'encartonneuse est composée de trois vérins à doubles effets, ils sont destinés à remplir les tâches des différents dispositifs de la machine.

- ✓ Un vérin à double effet qui se trouve au niveau de pousseur, et il réalise la même fonction qui est de pousser le produit (savon) dans la trémie.
- ✓ Un vérin à double effet, qui se trouve à la partie inférieure de l'encartonneuse qui sert à soulever le savon.
- ✓ Un vérin à double effet qui sert à soulever le bras de soutien du carton, après le remplissage de la caisse le bras de soutien descend afin de poser cette dernière sur le convoyeur de sortie.

Les trois vérins ont les caractéristiques suivantes :

- Le diamètre du piston $\varnothing = 63\text{mm}$
- La course $C = 200\text{mm}$
- Le débit nominal $Q = 1200\text{ l/min}$

Les trois vérins sont munis des réducteurs de débit unidirectionnel placé à l'échappement pour contrôler la vitesse de sortie des tiges. Ainsi des capteurs mécaniques de position placée à l'extrémité du corps des vérins.

c) Les préactionneurs pneumatiques :

Ils ont pour fonction essentielle de distribuer le fluide dans des canalisations qui aboutissent aux chambres des vérins.

La distribution de l'air dans l'installation du l'encartonneuse est réalisé par 03 préactionneurs, on distingue des distributeurs à commande électro-aimant.

- ✓ Trois (03) distributeurs 5/2 à commande électro-aimants de marque BOUCH, ses dernières assurent l'alimentation des trois(03) vérin à double effet précédente.
- ✓ Un distributeur 3/2 à commande électrique de marque BOUCH il assure l'alimentation des distributeurs 5/2 précédant et placée en aval de l'unité FRL il est utilisé comme une vanne principale, s'il y a une fuite dans les distributeurs 5/2 pour couper la pression. Le rappel se fait par ressort

1.4 GRAFCET de fonctionnement :

La machine assure le groupage des produits et leur introduction dans une boîte en carton, chaque carton comprend 2 fardes constituées de 4 rangées de 6 morceaux de savons.

1.4.1 Rôle des vérins :

Les produits arrivant constituant une rangée de 6 morceaux sur le plateau de vérin B, qui soulève chaque rangée et les empiles sur un support sous forme de mouchoir. Lorsque la farde est complète (4 rangées), le vérin A la transfère dans la trémie. Pour la deuxième poussée du vérin A le produit (2fardes) sera introduit dans le carton soutenu par le vérin D qui descend en faisant pivoter le carton jusqu'au chemin de rouleaux transporteurs par lequel il est évacué.

1.4.2 Disposition des capteurs :

Les capteurs sont disposés sur les vérins comme suit : (voir figure 3.6)

- **Vérin B :**

m25 : élévateur haut.

m26 ; élévateur bas.

m32 : pour le comptage du nombre d'élévation.

- **Vérin A :**

m22 : pousseur arrière (état initiale).

m23 : descente élévateur.

m28 : pousseur course courte retour.

m29 : pousseur course long retour.

m30 : descente culbuteur.

- **Vérin D :**

m27 : culbuteur haut.

Autres capteurs :

m21 : détecteur de produit.

M24 : caisse carton dans la trémie.

C1 : compteur d'impulsion pour les élévations.

C2 : Compteur d'impulsion pour les poussées.

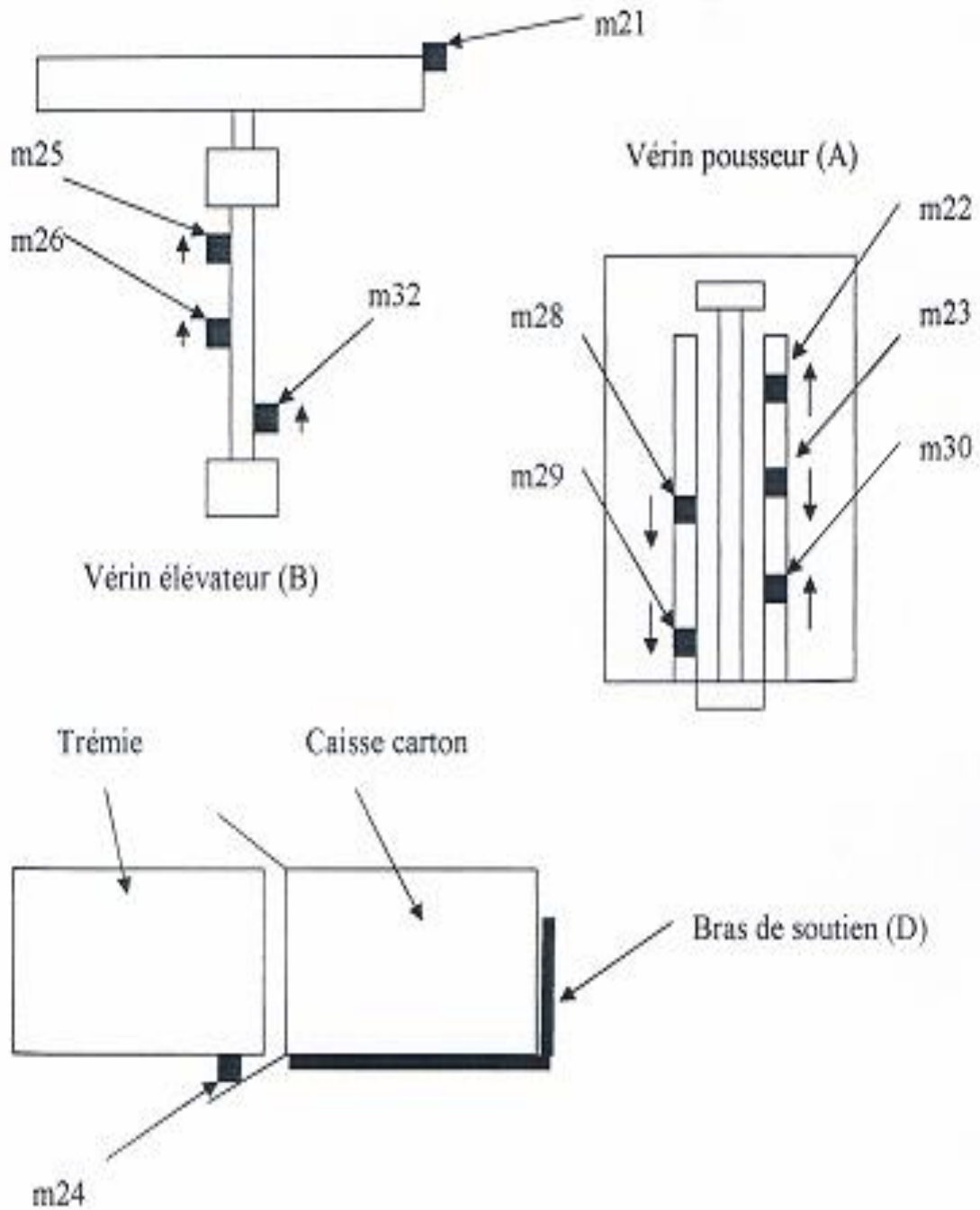


Figure 1.7 : Disposition des différents capteurs.

1.4.3 GRAFCET de niveau 1 :

Etape initial 1: BP signal marche autorise le fonctionnement de la machine et d'initialisé les deux compteurs tel que (C1) compteur d'impulsion pour les élévations, (C2) compteur d'impulsion pour les poussées.

Etape 2 : descente de vérin B (A11) et d'incrémenté le compteur d'impulsion pour les élévations (C1).

Etape 3 : lancement de la temporisation (attente l'arrivé de produit) jusqu'au capteur m21 (détecteur de produit).

Etape 4 : remontée de vérin B (B12) pour mise en position de la rangée de produits.

- A l'une des étapes 2, 3,4 l'opérateur provoque le serrage du carton (m24) et la monter du vérin culbuteur (vérin D)
- Tant que la farde n'est pas complète [$C1 \neq 4$] les étapes 2, 3 et 4 sont reprise pour une nouvelle rangée.
- Lorsque la farde est complète [$C1=4$] et à condition que le carton soit en place (m24), on passe à l'étape 5.

Etape 5: la farde est poussée par le vérin A (A12) dans la trémie et incrémenté le compteur d'impulsion pour les poussées (C2).

- Si on n'a pas 2 fardes ($C2 \neq 2$), on passe à l'étape 6.

Etape 6 : retour de vérin A (A11) et reprise des séquences 2, 3,4 puis 2, 3,4 et 5 pour constituer et introduire la farde suivante.

- Par contre si la condition ($C2=2$) est satisfaite (on à 2 fardes), on passe à l'étape 7.

Etape 7 : le pousseur (vérin A) retourne (A11) et retourne le vérin D (D11) pour lâcher le carton plein.

Le carton plein descend sur les rouleaux et retour de la machine en position initiale pour reprend le cycle.

1.4.4 GRAFCET de niveau 2 :

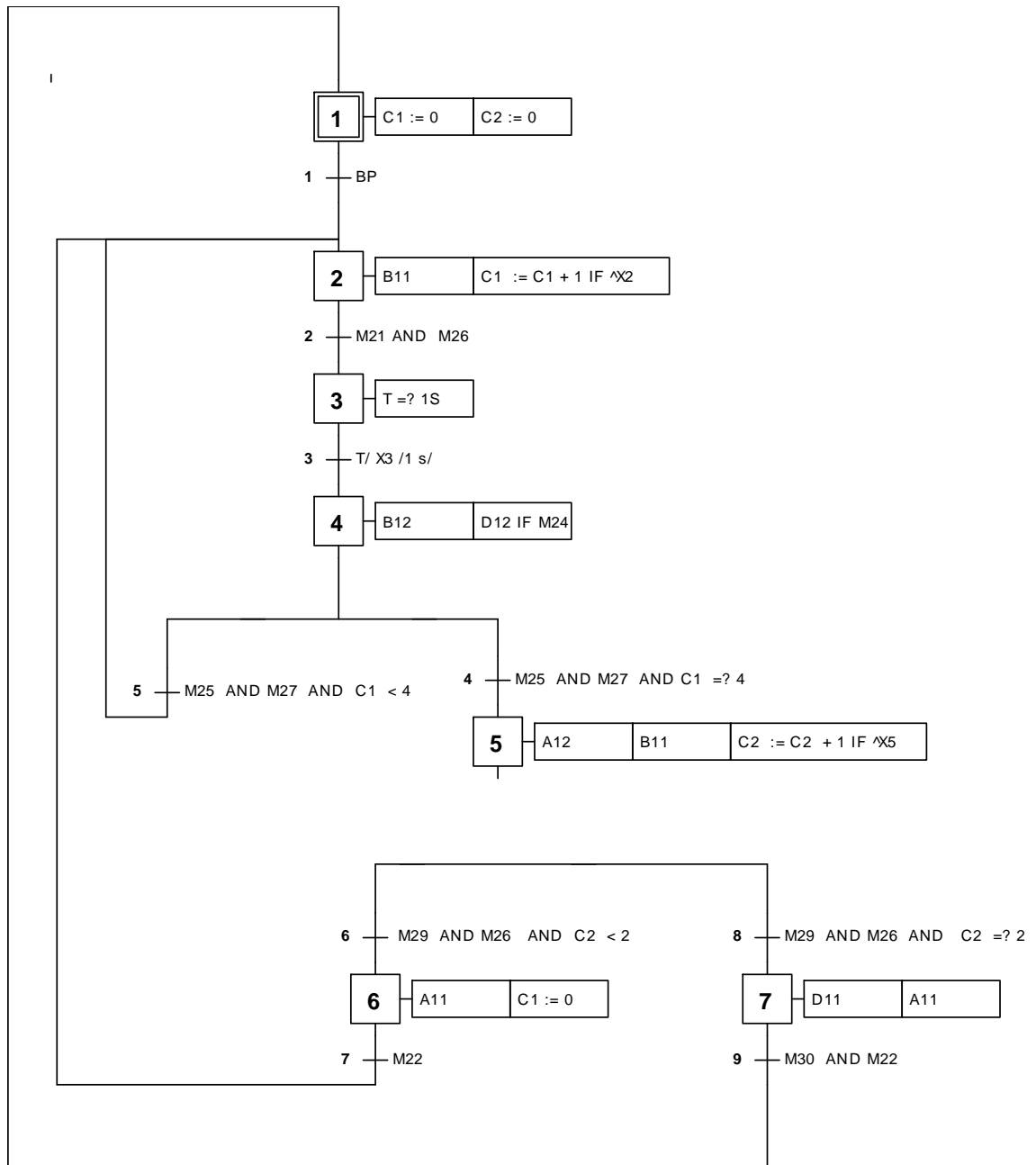


Figure 1.8 : GRAFCET niveau 2 de l'encartonneuse.

Tables des nomenclatures :

- Les entrée (détecteurs et boutons poussoirs) :

Nomenclature	commentaire
BP	Bouton poussoir de démarrage
Au	Interrupteur Arrêt d'urgence
M22	Détecteur de position du vérin A (position repos)
M29	Détecteur de position du vérin A (position travail)
M26	Détecteur de position du vérin B (position repos)
M25	Détecteur de position du vérin B (position travail)
M30	Détecteur de position du vérin D (position repos)
M27	Détecteur de position du vérin D (position travail)
M21	Détecteur de produit
M24	Détecteur de caisse carton dans la trémie
T/x3/1s	Tomporisateur (indécateur de fin de tomporisation)

Tableau 1.1 : Table des nomenclature des entrées.

- Les sorties (les actionneurs et les compteurs) :

Nomenclature	Commentaire
A11	Rentrée de la tige du vérin A (rentrée du pousueur)
A12	Sortié de la tige du vérin A (sortié du pousueur)
B11	Rentrée de la tige du vérin B (élevateur bas)
B12	Sortié de la tige du vérin B (élevateur haut)
D11	Rentrée de la tige du vérin D (culbuteur descente)
D12	Sortié de la tige du vérin D (culbuteur montée)
C1	compteur d'impulsion pour les élévations
C2	Compteur d'impulsion pour les poussées

Tableau 1.2: Table des nomenclature des sorties.

1.5 Simulation avec Automation studio :

Nous avons pu élaborer le mécanisme du système à l'aide des composants de l'atelier pneumatique. Le schéma suivant porte les différents composants tout en respectant les tables des nomenclatures .

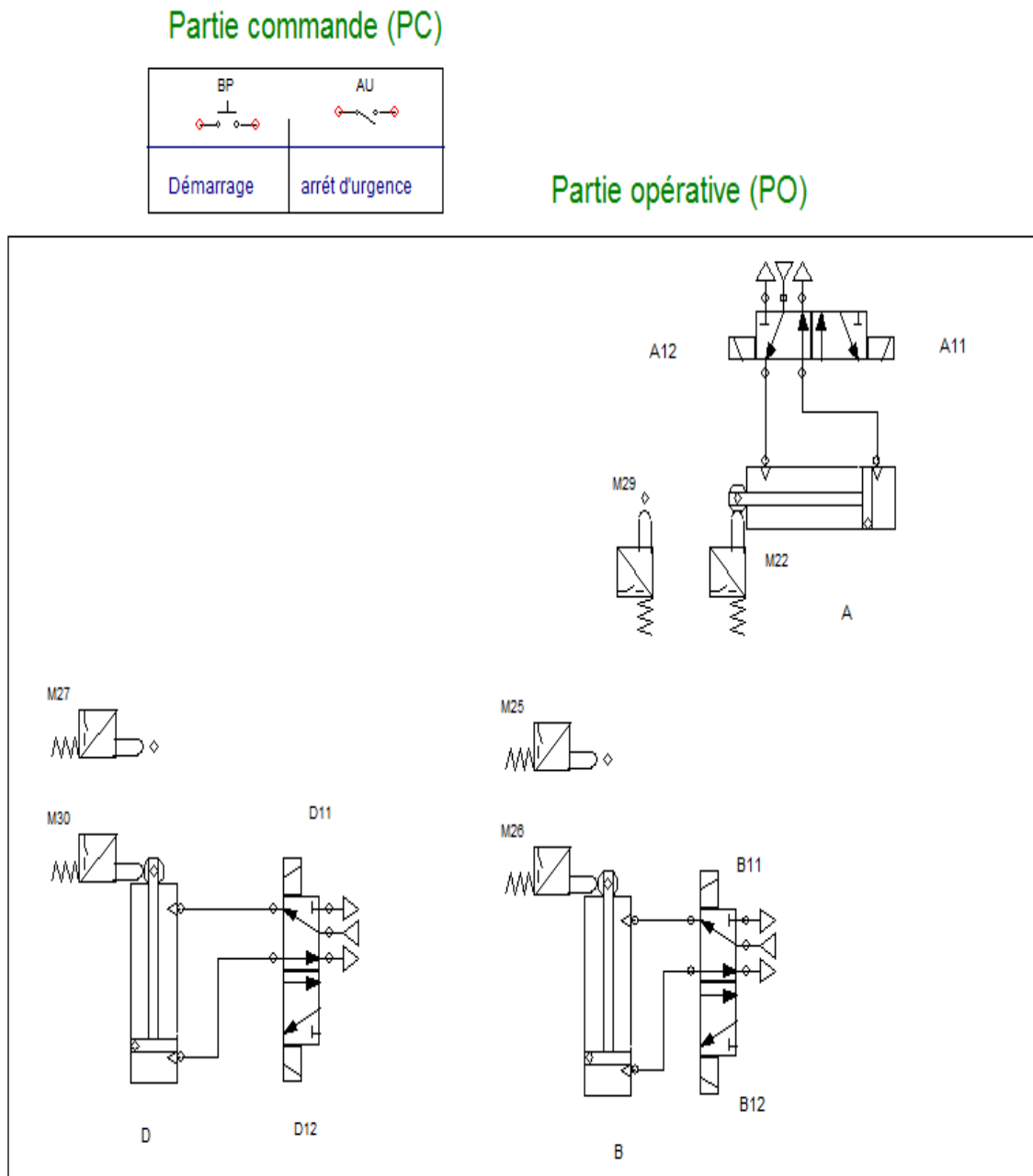


Figure 1.9 : Schéma structurel de l'installation sous logiciel Automation Studio.

1.6 Instruction de réglage et d'entretien : [8]

1.6.1 Lubrification :

- Contrôler le niveau de l'huile dans le groupe filtre-réducteur .
- Dans les motos-réducteur la lubrification est permanente.
- Lubrifier avec de l'huile les pièces sujettes à coulissement et , avec de la graisse, tous les points munis de graisseurs.

1.6.2 Nettoyage :

Maintenir la machine toujours bien nettoyée dans chacune de ses parties afin d'éviter des dépôts qui pourraient compromettre le bon fonctionnement de la machine même. Nettoyer avec du pétrole les chaînes des différentes commandes , essorer par l'air et lubrifier.

1.6.3 Disposition conditionnement de l'air :

Le robinet qui est placé sous l'épurateur, le but de décharger l'eau de condensation : opération qui est effectuée toutes les fois que l'on aperçoit que l'eau dépasse le niveau consenti.

Le réglage du nébulisateur a lieu en agissant sur la vis, la quantité d'huile injectée doit être de deux /trois gouttes à la minute. Contrôler si le niveau de l'huile est constant.

❖ Conclusion :

L'étude du système de l'encartonneuse nous a permis de découvrir l'organisation de la chaîne d'énergie pneumatique à travers les différents dispositifs de la machine. On a identifié les différents composants de la chaîne ainsi que leur fonctionnement, tel que l'ensemble de la structure du circuit, les composants et les raccordements.

On a découvert aussi la chaîne d'information ou d'acquisition qui a pour rôle de prélever les informations de la chaîne d'action et sur la matière d'œuvre du système.

On a constaté que l'encartonneuse ACM est une machine qui nécessite une amélioration au niveau de ses composants (introduction d'un automate programmable industriel permettrait une surveillance à distance par supervision).



Chapitre 2 :
Production de l'énergie pneumatique

Introduction :

L'air prélevé dans l'atmosphère, dont on utilise la compressibilité à l'aide d'un système pneumatique. Cet air est maintenu sous une pression supérieure à celle de l'atmosphère. L'air comprimé est un fluide très important dans les systèmes industriels automatisés.

Pour qu'un système pneumatique soit fiable, il est indispensable de disposer d'air comprimé d'alimentation de bonne qualité. Cette exigence implique l'observation des facteurs suivants : pression correcte, air sec et pur. Un non-respect de ces exigences peut entraîner une augmentation des temps d'immobilisation des machines et, par conséquent, une augmentation des coûts d'exploitation. La production de l'air comprimé commence dès la phase de compression.

Une fois qu'il a rempli ses fonctions, l'air pneumatique doit être refoulé dans l'environnement où l'installation est située. Si le nombre d'appareils pneumatiques est important, l'air refoulé peut représenter un grand volume. Associé aux huiles de lubrification, il peut contaminer l'environnement où travaillent certaines personnes. La pollution et les dangers qu'elle représente doivent être fortement contrôlés et, afin d'écartier tout risque pour les personnes, l'air doit être refoulé en dehors des milieux fermés.

2.1 Généralités : [1]

La composition de l'air varie selon les lieux. L'air pur et sec peut être considéré comme un gaz parfait car ses composants sont, aux pressions généralement utilisées, loin de point critique. Les constantes physiques de l'air sec, définies par l'organisation civile internationale (O.C.I) sont les suivantes :

- Masse molaire : $M=28.9644$ [g/mol].
- Pression atmosphérique au niveau de la mer : 101 325 [Pa].
- Température au niveau de la mer : 25 [°C].
- Masse volumique au niveau de la mer : 1.18 [Kg/m³].
- Constante universelle de gaz parfaits : $R=8.31432$ [J/K.mol].

2.2 Propriété physique de l'air comprimé :

L'air atmosphérique est un mélange de gaz et de polluants sous forme liquide (aérosols), vapeurs (hydrocarbures, eau, etc.) et particules solides (poussières). L'air sec et propre, est un mélange de gaz constitué principalement d'azote et d'oxygène dont la répartition volumique est :

78% pour l'azote.

20% pour l'oxygène.

1% pour l'argon.

1% pour une douzaine d'autres gaz.

A remarquer que 98% en volume des gaz constituant l'air sont des gaz diatomiques dont les caractéristiques thermodynamiques, pression, masse volumique et température, sont liées par la relation des gaz parfaits.

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

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

En pneumatique on distingue 3 types de pression :

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

a. 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.

b. Pression absolue :

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

c. 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.

2) La force :

Lorsqu'il est nécessaire de déplacer ou de modifier la trajectoire d'un objet, il faut lui appliquer une force proportionnelle à son inertie. Dans le système international (SI), la force s'exprime en Newton (N).

3) Le débit :

En pneumatique l'air comprimé provient généralement d'un réservoir sous pression ou directement du compresseur, cet air circule dans des conduites après que sa pression a été maintenue constante en le faisant passer par un régulateur de pression. Donc le débit est défini comme étant la quantité de fluide qui s'écoule en un point déterminé d'un circuit pendant une unité de temps. En pneumatique il est Exprimé en m³/h.

2.3 Production de l'air comprimé : [9]

La production de l'air comprimé commence dès la phase de compression. L'air comprimé doit traverser toute une série de sous-ensembles avant d'atteindre les actionneurs. Le type de compresseur utilisé, ainsi que sa situation géographique peuvent avoir une influence plus au moins grande sur la quantité d'impuretés, d'huile et d'eau pouvant atteindre le système pneumatique. Un non-respect de ces exigences peut entraîner une augmentation des temps d'immobilisation des machines et par conséquent une augmentation des coûts d'exploitation. Pour éviter ce genre d'inconvénient, le dispositif d'alimentation en air comprimé doit comporter les éléments suivants :

- Moteur électrique.
- Un compresseur.
- Accumulateur de tête.
- Refroidisseur qui abaisse la température de l'air comprimé pour condenser la vapeur d'eau.
- Sécheur qui élimine l'eau par séchage frigorifique ou par absorption.
- Filtre.
- Accumulateur final pour reprendre aux pointes de consommation.

1. Moteur électrique : chargé de trainé le compresseur, il est alimenté en tension alternative monophasé ou triphasé, la fréquence de l'alimentation définira la vitesse de rotation du moteur par la formule suivante :

$$ns=f/p$$

2. Un compresseur : Chargé d'augmenter la pression d'air lorsqu'il est entraîné par le moteur, et il existe différentes technologies de construction.

3. Réservoir : il est installé localement, permet de stocker l'air comprimé pour ménager des temps d'arrêt et uniformiser le débit d'air en aval de l'installation. Les réservoirs sont réalisés en tôle d'acier soudés, ils sont cylindrique à fond bombé.

4. Refroidisseur : augmentation de pression provoque une élévation de température de l'air qu'il refroidir. Alors il abaisse la température de l'air comprimé pour condensé la vapeur d'eau.

Durant se refroidissement, la teneur en vapeur d'eau et de l'huile dépasse le seuil de saturation et il va commencer à se créés un aérosol par condensation. Le refroidisseur est conçu de manière à récupérer les condensats qu'il va évacuer régulièrement.

5. Armoire de commande électrique : chargé de commander le moteurs en fonction des consignes d'utilisateur et des informations fournies pressostat.

6. Pressostat : permet de définir la pression souhaitée dans le réservoir et de commander la mise en marche ou l'arrêt de moteur asynchrone.

La commande de celui-ci et soit pneumatique ou électrique ; ainsi que le rappelle et généralement par ressort.

7. Sécheur : Afin d'éviter tout risque de condensation de l'air comprimé, depuis le départ de la salle des compresseurs et jusqu'au poste d'utilisation, il faudrait que la température de l'air sous pression soient inférieures à la plus basse des températures qui existe dans le réseau de distribution.

L'eau est éliminée par séchage frigorifique ou par adsorption.

➤ **Sécheur par réfrigération :** un groupe frigorifique abaisse la température de l'air comprimé à une température inférieure à la température ambiante. En standard, ces appareils proposent un point de fonctionnement à +3°C en pression soit -20°C en air détendu.

➤ **Sécheur par adsorption :** (par colonne desséchantes) : il s'agit de faire passer l'air sur un lit des cristaux hydrophobes. Par adsorption, l'humidité contenu dans l'air maigre dans les cristaux et y retenu. L'humidité relative en sortie de tel sécheur dépendra du temps de contact entre l'air et les cristaux, et donc du débit d'air, ces matériels sont conçu pour permettre de l'air comprimé jusqu'à des point de rosé -40°C et -60°C

8. Accumulateur final : pour reprendre aux pointes de consommation.

9. Groupe de conditionnement : chaque équipement relié au réseau de distribution possède une unité de conditionnement de l'air chargé de filtrer, lubrifier et réguler la pression.

10. Robinet et vanne de fermeture : ils sont des vannes que l'on actionne manuellement et que l'on utilise pour ouvrir ou couper passage de l'air.

11. Tuyaux de canalisation : ils doivent être adaptés au milieu dans lequel ils vont approvisionner l'air ou le refouler, le choix des tubes convient à tenir compte des paramètres suivants :

- Pression maximale de travail.
- Débit nécessaire qui détermine le diamètre de la canalisation.
- Environnement de travail des tubes.
- Raccordement à utiliser dans l'installation.

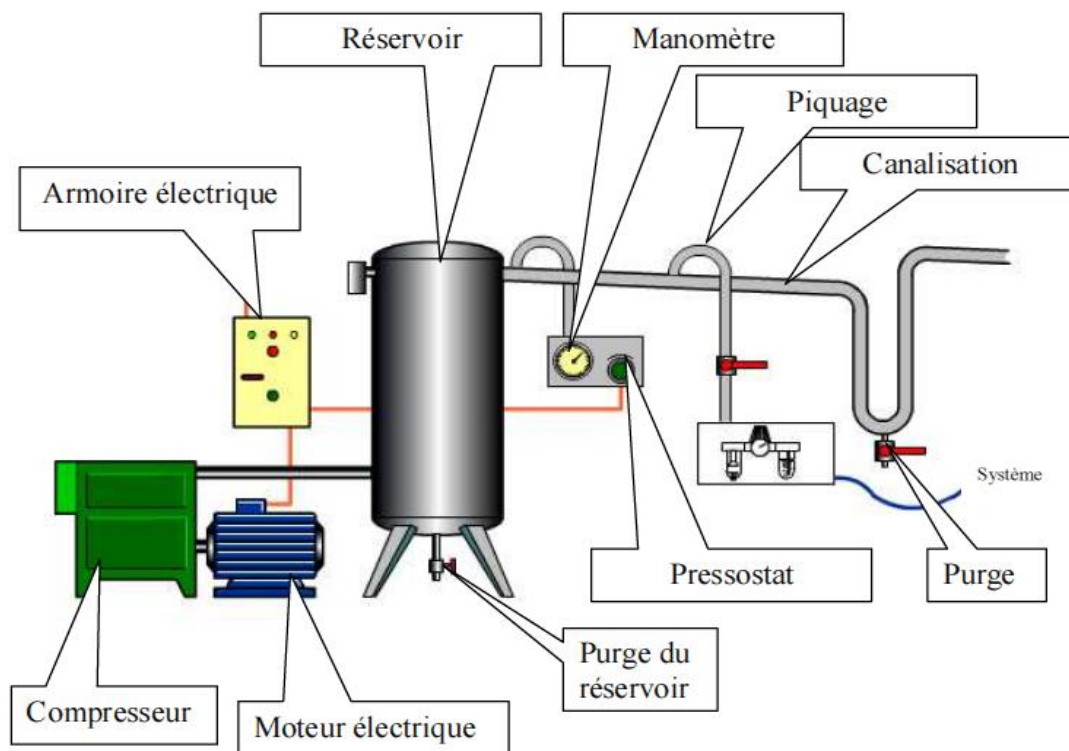


Figure 2.1 : Central d'air comprimé .[3]

Un air comprimé mal conditionné peut contribuer à augmenter le nombre de pannes et à réduire la durée de vie des systèmes pneumatiques. Ceci peut se manifester de plusieurs manières :

- Augmentation de l'usure au niveau des joints et des pièces mobiles dans les pré-actionneurs et les actionneurs
- Encrassement des silencieux

Il importe aussi de bien saisir la différence entre les deux catégories de pression qui sont reliées à la pneumatique :

- ✓ La pression de service.
- ✓ La pression de travail.

La pression de service : est la pression fournie par le compresseur. Donc c'est elle qui règne à l'intérieur du réseau de distribution.

La pression de travail : est la pression nécessaire au poste de travail considéré.

2.3.1 Niveau de pression :

D'une manière générale, les composants pneumatiques sont conçus pour supporter une pression de service maximum de 8 à 10 bars. Si l'on veut exploiter l'installation avec un maximum de rentabilité, une pression de 6 bars sera suffisante. En raison d'une certaine résistance à l'écoulement au niveau des composants et dans les canalisations, il faut compter avec une perte de charge comprise entre 0.1 et 0.5 bar, il faut donc que le compresseur soit en mesure de fournir une pression de 6.5 à 7 bars pour assurer une pression de service de 6 bars.

2.3.2 Compresseur d'air comprimé : [2]

Pour produire l'air comprimé, on utilise des compresseurs qui augmentent la pression de l'air. Le marché le plus important pour les compresseurs dont la puissance comprise entre 10KW et 300 KW, et largement dominée par les compresseurs à vis lubrifiées à cause de leur robustesse.

Il existe cependant un nombre important d'autres technologies : piston, membrane, palettes, spirales et centrifuge qui occupent de la niche plus spécifique du marché. Le choix entre les technologies avec injection ou exempt d'huile, aussi bien entre mono-étages ou les poly-étagés, constituent autant d'autres paramètres des choix. Dans chaque famille de compresseurs, il existe donc de multiples variantes. (La figure 2.2) suivante illustre les grandes familles de compresseurs.

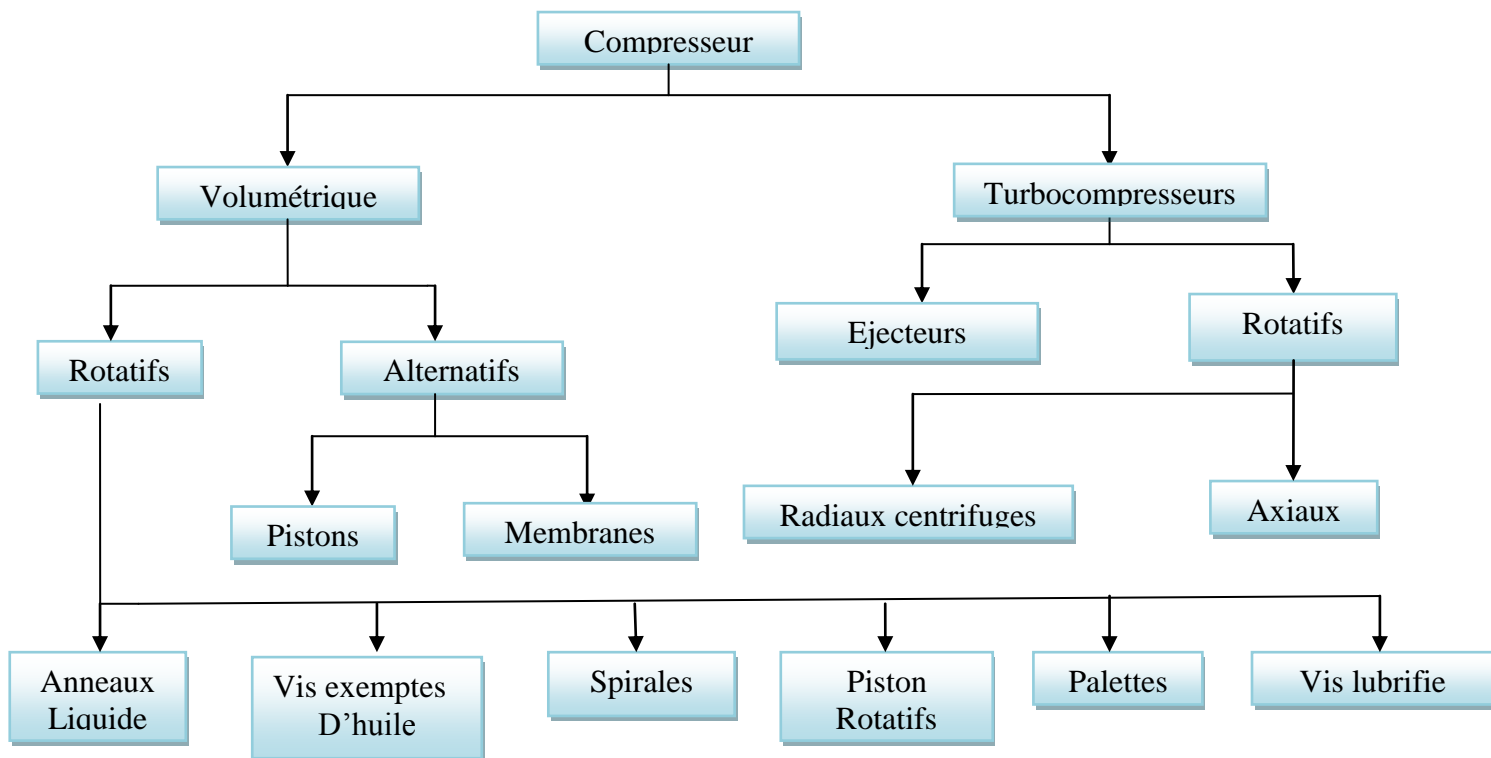


Figure 2.2 : Principales technologies des compresseurs.

2.3.3 choix d' un compresseur adéquat :

Le choix optimal de la technologie de compresseur doit prendre en compte les besoins spécifiques du process. Ce choix est important car il affecte directement l'efficacité énergétique du système, en jouant à la fois sur les performances du compresseur lui- même, mais aussi sur les autres éléments du réseau d'air.

❖ Les spécification d'achat doivent reprendre les éléments suivants :

- ✓ Les information sur le site et son passé.
- ✓ Les stratégies de régulation du compresseur en fonction des besoins.
- ✓ La qualité de l'air requise au point d'utilisation .
- ✓ Le niveau de bruit maximum.
- ✓ Le nombre d'heures d'utilisation par an.
- ✓ La pression minimal requise au point d'utilisation.

❖ L'équipementier doit apporter les informations suivantes :

- ✓ La configuration de la machine.
- ✓ Les conditions de la pression et de température de l'air, d'humidité relative et de température de refroidissement pour lesquelles le compresseur est conçu.
- ✓ Le système de traitement de l'air associé.
- ✓ La pression requise à la sortie de compresseur, en aval du système de traitement.
- ✓ Le nombre d'étage de compression.
- ✓ Les tolérances du débit Nm^3/h .
- ✓ Les frais de maintenance pour 5 ou 10 ans.
- ✓ La consommation spécifique (C_s) à plein charges partielles.

2.4 Unité de traitement (conditionnement) :

Dans toutes les installations utilisant de l'énergie pneumatique, l'air comprimé provenant du compresseur contient une importante quantité d'eau sous forme de vapeur, et des particules solides issue des tuyauteries. Si cela allaient dans le réseau de distribution risquerait de graves dommages pour l'installation.²

2.4.1 Constitution de l'unité de conditionnement (traitement): [4]

L'efficacité d'une installation pneumatique dépend de la qualité de l'air comprimé

- Cet air doit être propre, sans eaux et sans impuretés. L'humidité et les poussières provoquent la rouille des composants et réduisent ainsi leur durée de vie.
- La pression doit être constante et régulière pour une utilisation efficace des appareils pneumatiques. Un fonctionnement à niveau de pression trop élevé engendre un gaspillage d'air comprimé.
- Cet air sert à la bonne lubrification des pièces en mouvement. De l'huile est mélangée à l'air. L'huile est parfaitement dosée pour être mélangé à l'air comprimé et envoyé dans le réseau d'utilisation.

En effet le conditionnement de l'air comprimé est composé de trois fonctions :

- 1- Un **filtre** qui épure l'air et le purge de l'eau qu'il contient.
- 2- Un **régulateur de pression** qui maintient l'air à une pression constante et réglable.
- 3- Un **lubrificateur** qui a pour rôle d'incorporer à l'air un brouillard d'huile afin de lubrifier.

Les parties mobiles des composants pneumatiques

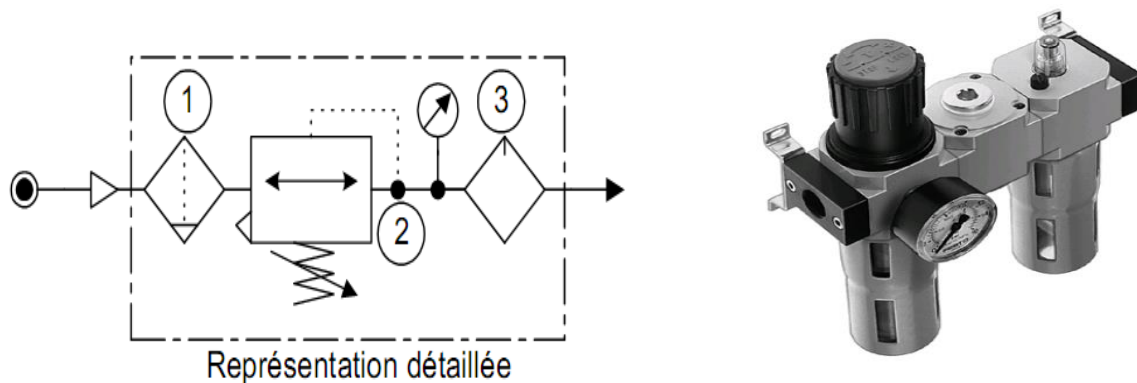


Figure 2.3 : Image réelle et symbole de l'unité de conditionnement. [3]

Pour assurer une meilleure longévité et fiabilité des constituants d'automatisme pneumatique, on installe en amont et au voisinage immédiat de leur alimentation une unité de conditionnement d'air comprimé appelée **FRL** (Filtre, Régulateur et Lubrificateur), de plus aujourd'hui, on associe à ce groupe des organes permettant une exploitation rationnelle et sécuritaire des dispositifs pneumatique qu'ils alimentent. Ces accessoires permettent en particulier :

- D'isoler une installation, ou une machine.
- De couper en urgence l'alimentation en air.
- De piloter une mise en pression progressive après arrêt d'urgence.
- De surveiller la valeur de pression d'alimentation.

Les constructeurs d'équipements pneumatiques proposent des conditionneurs d'air réunissant en un seul appareil les constituants nécessaires à la réalisation des fonctions principales.

a) Filtration : [3]

Le filtre a pour rôle de débarrasser l'air comprimé de toutes les impuretés et de l'eau condensé en suspension afin de protéger les équipements de l'installation. Selon la cartouche filtrante choisie pour le filtre, les impuretés choisies varieront de 0.01 à 40 μ m. Il convient de vider régulièrement le bol de la condensation récupérée et de nettoyer la cartouche des impuretés qui pourraient obturer ses pores.

❖ Principe de fonctionnement :

Lorsque l'air impropre pénètre dans la cuve, il est animé d'un mouvement de rotation à grande vitesse par la forme des canalisations, il y aura création d'une force centrifuge qui permet d'éliminer les particules liquides et solides qui se projeté contre paroi interne de la cuve, un soufflet retient ces particules au fond de la cuve, il convient cependant de la vider régulièrement afin que ces particules ne soient pas entrainés à nouveau par l'air comprimé, pour cela la cuve est équipée d'une vis de purge ou d'une purge automatique. Une cartouche filtrante complète le dispositif pour retenir les fines particules qui subsistent en suspension dans l'air.

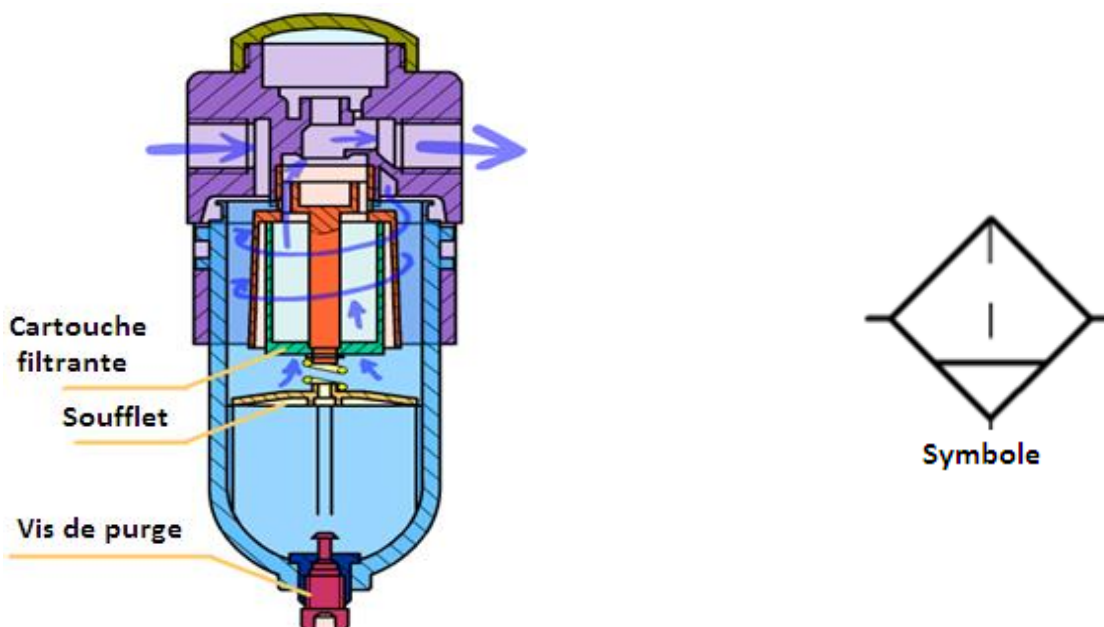


Figure 2.4 : Schéma de principe de fonctionnement et symbole d'un filtre.

L'élément filtrant, pièce majeure de ce dispositif est généralement conçu à partir :

- De poudre de bronze fritté
- D'éponge polyéthylène, ou polyuréthane
- De céramique poreuse

❖ Caractéristiques et spécifications :

Le seuil de filtration est déterminé en fonction des exigences de fonctionnement des appareils pneumatiques commandés ou encore de la qualité de l'air requise par certains procédés de fabrication. Il fixe la perte de charge en utilisation du filtre en fonction de la pression amont et du débit, et bien évidemment de la taille de l'appareil.

Il importe donc de veiller à la bonne adaptation seuil de filtration/débit. Il serait tout à fait illusoire, par exemple de choisir un filtre de seuil faible mais n'assurant pas un débit suffisant pour alimenter l'installation à une pression donnée.

b) Lubrificateur : [15]

Pour éviter le frottement et l'usure des pièces en mouvement des composants pneumatiques, on peut les protéger au moyen d'un lubrificateur. Cette huile veille à ce que l'air comprimé contienne un aérosol d'huile. Ce qui protège également de la corrosion.

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 pneumatiques. Il participera à leur lubrification, réduisant les forces de frottement et prévenant l'usure et la corrosion.

❖ Principe de fonctionnement :

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 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.

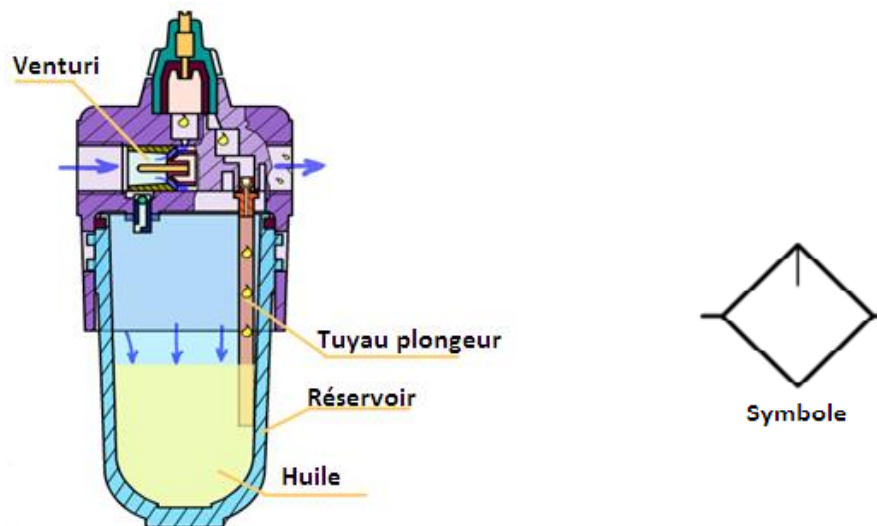


Figure 2.5 : Principe de fonctionnement et symbole de lubrificateur.

c) Régulateur de pression : [3]

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

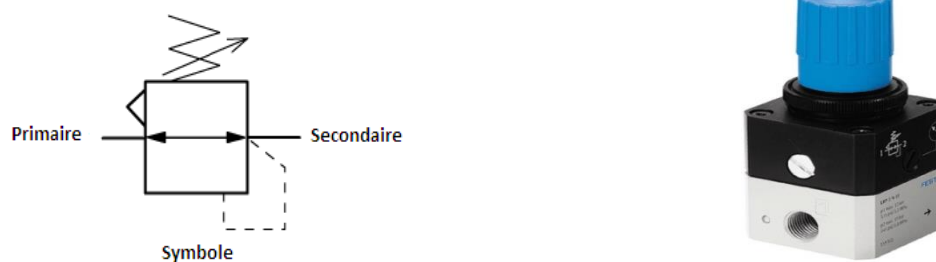


Figure 2.6 : Photo et symbole d'un régulateur de pression.

❖ Principe de fonctionnement :

La pression de travail souhaitée est réglée en tournant le bouton de réglage qui fait monter ou descendre l'écrou de serrage, ce qui tend ou détend le ressort principal.

Le piston est en équilibre entre la force du ressort et celle appliquée par la pression sur sa surface inférieure.

Le clapet est plaqué sur le piston par son ressort et le passage de l'air est plus ou moins ouvert.

Le régulateur de pression agit en faisant varier le débit de l'air comprimé en secondaire

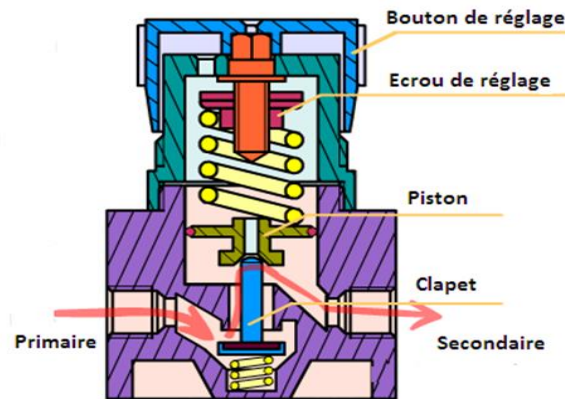


Figure 2.7 : Régulateur de pression.

En régulation de pression pneumatique apparaissant actuellement dans le marché, des systèmes électropneumatiques qui peuvent être utilisés dans les systèmes de traitement de l'air, toutefois, les régulateurs à contre réaction mécanique sont encore dominants dans cette fonction.

d) Manomètre :

Le manomètre est l'appareil de mesure des pressions. Les manomètres les plus courants sont à aiguille (ils indiquent la pression relative dans le circuit : l'air comprimé agit sur un fin tube qui se déforme et provoque la déviation de l'aiguille). Des manomètres numériques sont aussi présents sur le marché. Certains disposent d'interfaces qui permettent d'acquérir leur mesure sur un ordinateur ou un automate.



Figure 2.8 : Photo et symbole de manomètre.

2.4.2 Accessoire associé à l'unité FRL :

De plus aujourd'hui, on raccorde à ce groupe de conditionnement des organes permettant une exploitation rationnelle et sécuritaire des dispositifs pneumatique qu'il alimente ces accessoires permettent en particulier :

- D'isoler une installation ou une machine.
- De couper en urgence l'alimentation en air.
- De piloter une mise en pression progressive après arrêt d'urgence.
- De surveiller la valeur de pression d'alimentation.

L'ensemble est constitué d'une vanne d'arrêt, d'un démarreur progressif, et d'un régleur de débit.

2.4.3 Démarreur progressive :

Ce distributeur, utilisé en association avec les unités de conditionnement de l'air, permet une mise en pression progressive d'une installation après un arrêt ayant entraîné la purge des canalisations.

En effet, lorsque les canalisations sont toutes à la pression atmosphérique, la mise en pression avec un débit trop important provoque une élévation de pression brutale et donc des coups de bélier dans les tuyauteries. il y a un risque matériel.

Ce distributeur permet une mise en pression progressive grâce à un débit d'air contrôlé débit deviendra maximal lorsque dans l'installation aura dépassé un seuil réglé sur l'appareil.



Figure 2.9 : Image réelle d'un démarreur progressive (Festo).

L'ensemble est constitué d'une vanne d'arrêt et un démarreur progressif qui ne commute que lorsque la pression de pilotage atteint environ 60% de la pression de service.

Le régulateur de débit permet d'ajuster la vitesse de remplissage de l'installation aval.

Etape 1 :

Le système est à l'arrêt, le régulateur de débit est positionné à la valeur souhaité, la pression dans le réseau est nulle.

Etape 2 : Mettre en énergie.

La vanne a été ouverte et l'air circule via le régleur car le clapet anti retour du démarreur est fermé. la pression augmente lentement.

Etape3 : pression à 60%.

La pression dans le réseau atteint 60% de la pression nominale, le démarreur va pouvoir basculer en position débit maximum.

Le débit maintenant au maximum et la pression augmente rapidement pour atteindre les 100%.

L'installation est opérationnelle.

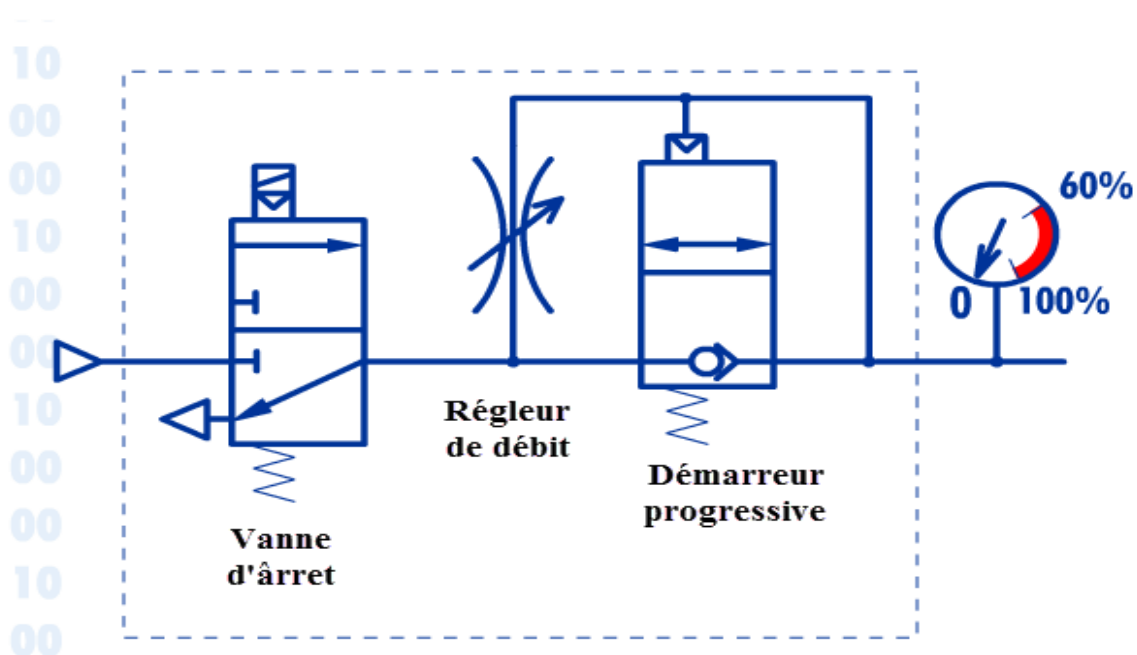


Figure 2.10 : Principe de fonctionnement d'un démarreur progressif.

❖ Conclusion :

Le système de conditionnement d'air est le cœur de l'installation. Sans lui, une longue vie n'est pas garantie pour les composants pneumatiques. Le groupe de conditionnement d'air donne la bonne pression et veille à ce que l'air qu'on utilise soit propre et éventuellement lubrifié.



Chapitre 3:
Actionneurs et préactionneurs pneumatiques

Introduction :

L'énergie pneumatique destinée aux actionneurs pneumatiques doit être distribuée en pression et en débit de façon constante par des composants adaptés. Ils sont situés entre la source d'énergie et les organes moteurs.

Les distributeurs sont des appareils qui permettent d'agir sur la trajectoire d'un flux d'air, essentiellement dans le but de commander un démarrage, un arrêt ou un sens de débit. Le symbole représentant le distributeur indique le nombre de ses orifices, ses positions de commutation et son mode de commande.

Dans l'objectifs d'établir des arbres de défaillance pour les différents éléments qu'on trouve dans une chaîne pneumatique, nous devons comprendre leurs fonctionnements et leurs constitution

3.1 Préactionneurs pneumatiques : [3]

❖ Principe de fonctionnement :

Les distributeurs servent à orienter le débit de l'air comprimé dans les différentes parties d'un circuit pneumatique. Chaque position que peut occuper le tiroir d'un distributeur correspondant à une ou des directions d'écoulement qui sont fonction de la configuration du distributeur.

Schématiquement, un distributeur sera constitué d'un tiroir percé de canalisation. Ce tiroir pourra occuper (en glissant) deux positions différentes à l'intérieur du corps, les deux positions sont représentées sur la figure ci-dessous :



Figure 3.1 : principe de fonctionnement d'un distributeur.

Dans la pratique, les tiroirs des distributeurs ne sont pas nécessairement réalisés avec des canalisations percées. Selon les constructeurs et les choix technologiques. On rencontrera des clapets ou d'autres formes de tiroirs que celui est ébauché dans le schéma.

3.2 Technologie des distributeurs :

3.2.1 Distributeurs à clapets :

Ces composants sont constitués d'un équipage mobile comportant des clapets, qui en se déplaçant d'un siège à l'autre, permettent le passage ou l'arrêt de l'air comprimé de la source vers l'orifice d'utilisation, ou de l'utilisation vers l'échappement.

Les distributeurs à clapets sont généralement utilisés lorsque les débits d'air sont faibles.

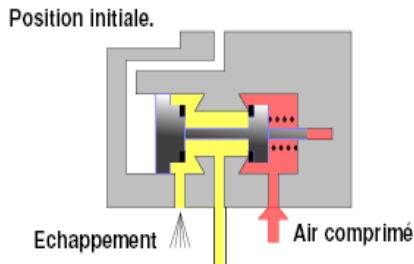


Figure 3.2 : Distributeur à clapet 2/2 NF.

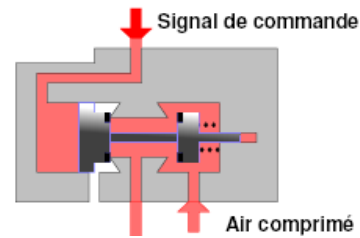


Figure 3.3 : distributeur à clapet 2/2 NO.

3.2.2 Distributeurs à tiroirs :

L'équipage mobile de ce type comparent un axe épaule appelé tiroir, qui en se déplaçant à l'intérieur d'un corps par les pressions de pilotage appliquées à ses extrémités, met les orifices d'utilisation en communication, soit avec l'arrivé de pression, soit avec l'atmosphère par les orifices d'échappement.

Les distributeurs à tiroirs sont généralement utilisés lorsque le débit est plus important.

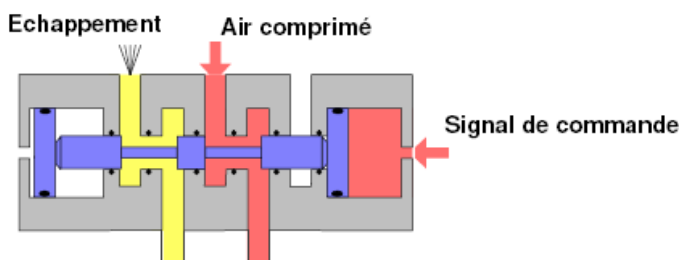


Figure 3.4 : Distributeur à tiroir 5/2 NF.

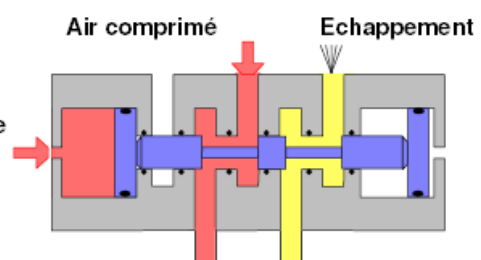


Figure 3.5 : Distributeur à tiroir 5/2 NO.

❖ Symbolisation des distributeurs :

On représente les différents modèles à l'aide de symboles, chaque symbole est constitué d'une case rectangulaire à l'intérieur de laquelle on trouve deux ou trois carrés. Ces carrés désignent le nombre de position que peut prendre le distributeur symbolisé.

En deux positions, la case de droite correspond à la position repos.

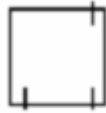
En trois positions, la case centrale correspond à la position repos.

A l'intérieur de chaque carré, des flèches indiquant le sens de circulation du fluide pour chacune des positions de distributeur.

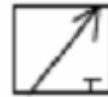
A l'instant donnée, seul une des deux cases est utilisées, on ne câble donc les tuyaux que d'un côté (**Annexe 1**).



Une case par position



le nombre d'orifice est
Présent sur chaque case



On indique les passages
possible par les flèches



Voie de circulation d'air



Voie bloquée



Echappement



Source d'alimentation

Le repérage de la fonction est traduit par 2 chiffres, le premier correspond au nombre d'orifices, le second au nombre de position, sans tenir compte des orifices de pilotage.

3.3 Caractéristiques fonctionnelles des distributeurs :

❖ Caractéristique physique :

Sa taille et sont type de fonctionnement du vérin

- Si le vérin est à simple effet et ne comporte donc qu'un seul orifice à alimenter, on utilise un distributeur ne comporte qu'un seul orifice de sortie : distributeur 3/2 à trois orifices (pression, sortie, échappement) et à deux positions.
- Si le vérin est à double effet et comporte donc deux orifices sur lequel il faut alterner les états de pression et d'échappement, on utilise un distributeur comportant deux orifices de sorties. Deux possibilités sont offertes :
 - Distributeur 4/2 à quatre orifices (pression, sortie1, sortie2, échappement) et deux positions.
 - Distributeur 5/2 à cinq orifices (pression, sortie1, sortie2, échappement1, échappement2) et deux positions.

Dans les cas particuliers ou il est nécessaire d'immobiliser ou de mettre hors énergie le vérin à double effet, on utilise un distributeur 5/3 (5 orifices, 3 position) à centre ou à centre ouvert.

❖ Caractéristique débit :

Pour caractériser un distributeur il ne suffit pas de se référer au filetage des raccords du distributeur mais d'utiliser des données de la loi de débit.

3.4 Différents types des distributeurs : [10]

- Distributeur 2/2 :

Les distributeurs à 2 orifices et à 2 positions servent à isoler un circuit ou une partie d'un circuit en bloquant le passage de l'air comprimé.

- Distributeur 3/2 :

Les distributeurs à 3 orifices et à 2 positions sont utilisés pour commander le fonctionnement des récepteurs à simple effet. Ils sont aussi utilisés comme capteurs de fin de course.

- **Distributeur 4/2 :**

Les distributeurs à 4 orifices et à 2 positions servent à commander les récepteurs à double effet. Ils sont munis de deux orifices de travail reliés au récepteur, d'un orifice d'alimentation en air comprimé et de deux orifices d'échappement.

- **Distributeur 5/2**

Les distributeurs à 5 orifices et à 2 positions servent à commander les récepteurs à double effet. Ils sont munis de deux orifices de travail reliés aux récepteurs, d'un orifice d'alimentation en air comprimé et de deux orifices d'échappement.

- **Distributeur 5/3 :**

Un distributeur 5/3 est distributeur particulier utilisé pour alimenter les vérins à double effet. Il est monostable : la position repos, stable, est position centrale et deux pilotages permettent de basculer la distribution dans l'une ou l'autre des deux positions extrêmes du tiroir.

On rencontre trois types de distributeurs 5/3 qui se distinguent par la configuration de la position centrale :

- Fermée au repos.
- L'échappement au repos.
- Sous pression au repos.

3.5 Pilotages des distributeurs : [2]

Les distributeurs qui alimentent les vérins ont principalement une commande appropriée. Le pilotage des distributeurs commande le déplacement du tiroir en fonction de la consigne opérative issue de la partie commande.

Pour les distributeurs (clapet ou tiroir) différentes commandes sont proposées :

- Commande électropneumatique.
- Commande mécanique ou musculaire.
- Commande par fluide.

Ces commandes peuvent être classées en deux versions fonctionnelles : monostable ou bistable. Dans le cas général, pour simplifier l'élaboration de la partie commande d'un système ou d'une machine, on choisit des distributeurs bistables : les signaux de commande, n'ont pas besoin dans ce cas, d'être maintenus.

3.5.1 Commande électrique : [15]

Nous retrouvons ce type de commande le plus fréquent, par suite du grand nombre de processus automatiques. Les solénoïdes sont généralement utilisés en deux versions :

- Solénoïde à courant continue fonctionnant dans l'air (état sec), ou fonctionnant dans l'huile (état humide).
- Solénoïde à courant alternatif.

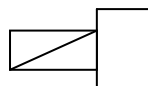


Figure 3.6 : symbole d'une commande électrique.

Nous retrouvons ce type de distributeur dans tous les systèmes, où les éléments pneumatiques sont commandés de manière électrique.

Nous distinguons :

- Les distributeurs à commande directe.
- Les distributeurs à commande indirecte.

❖ Les distributeurs à commande directe : [15]

Chez les distributeurs à commande directe le distributeur est commandé par un électro-aimant. Quand on active électro-aimant, le noyau (1) est attiré vers le haut contre la force du ressort de rappel. De ce fait, les orifices 1 et 2 sont reliés. Si l'électro-aimant est désactivé (figure 2.7 à gauche), le ressort ramène le noyau dans sa position initiale et la connexion 1 et 2 est obturée.

La plupart des électro distributeurs sont dotés d'une commande auxiliaire (2) qui permet de commander le distributeur manuellement.

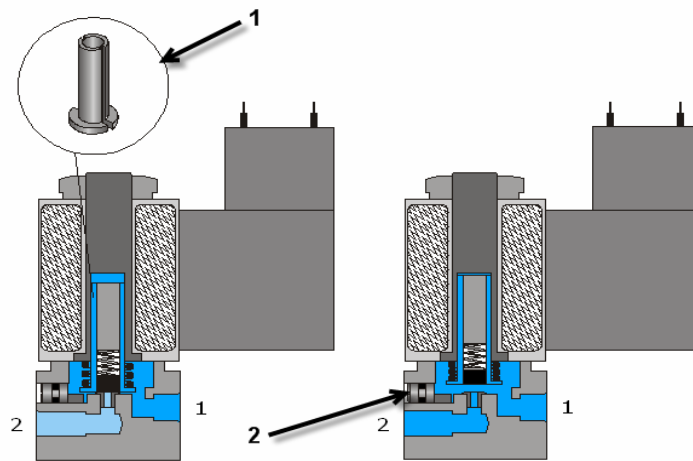


Figure 3.7 : distributeur à commande directe.

❖ Les distributeurs à commande indirecte :

Afin de réduire la consommation électrique des électro distributeurs à dimensions importantes, ceux-ci sont dotés d'une commande indirecte. On appelle aussi **pré pilotage**.

Les distributeurs à commande indirecte sont constitués de deux à trois distributeurs, un distributeur principal ou de puissance à commande pneumatique et un ou deux électro distributeurs à faible débit de passage. Ce sont les électro distributeurs qui commandent le distributeur principal.

Grace à cette commande assistée la force de commande électrique est limitée et le problème de consommation d'air des actionneurs est résolu.

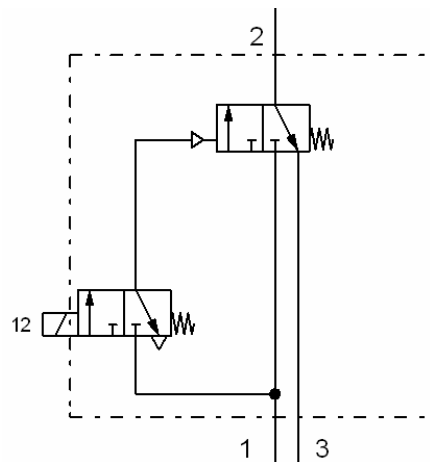


Figure 3.8 : représentation symbolique d'une commande indirecte.

❖ **Principe de fonctionnement :**

Un passage d'air inférieur (1) alimente le distributeur de commande. En actionnant la bobine de l'électro-aimant, le distributeur de commande commute et actionne le distributeur principal, ça veut dire que le noyau recule par l'effet du champ magnétique de la bobine et l'air peut passer par la canalisation et poussé le tiroir qui pousse le clapet afin de libéré le passage d'air du distributeur principal.

Quand en désactive la commande électrique, l'ensemble des ressort remet les parties mobiles en places, alors l'air de commande peut s'échapper par le noyau(2).

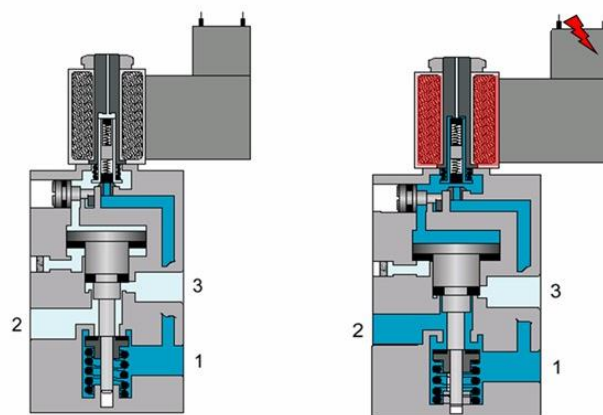


Figure 3.9 : commande indirect.

❖ **Commande combinatoire :**

Partant de la commande indirecte ou un distributeur principal est commandé par des électrodistributeurs, au lieu de représenter 2 ou 3 distributeur, on se ramène à simplifier symbolisation en combinant la commande électrique et la commande indirecte.

Si le distributeur a également une commande manuelle auxiliaire, celle-ci sera également représentée :

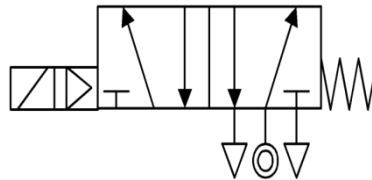


Figure 3.10 : Représentation symbolique d'un électro distributeur à commande combinée.

Remarque :

- L'inconvénient des distributeurs à commande indirecte est qu'ils nécessitent une pression minimale d'alimentation qui peut varier de 0,15 à 0,3 MPa en fonction de leur construction mécanique. Ce procédé ne fonctionne pas quand il sert à faire circuler un courant d'aspiration.
- La plupart des électrodistributeurs sont dotés d'une commande auxiliaire mécanique qui permet de commander le distributeur manuellement.

3.5.2 Commande mécanique ou musculaire : [10]

Ces commandes permettent les commutations des distributeurs par action mécanique direct, ce sont des distributeurs 5/2 ou 3/2 qui peuvent être à établissement ou à coupure de circuit.

On distingue différentes manœuvres, tel un distributeur à galet, à levier ou par action musculaire, bouton poussoir, pédale et ressort.

❖ **Commande mécanique par galet : [3]**

Un galet est utilisé pour actionner les distributeurs utilisés comme capteur de position ou de fin de course.



Figure 3.11 : Schéma synoptique principe d'un capteur de position à galet.

❖ Commande mécanique par ressort : [10]

Un ressort est utilisé comme moyen de rappel du tiroir avec les distributeurs à deux positions et comme moyen de centrage du tiroir pour les distributeurs à trois positions.

Un ressort applique en permanence une force sur une des extrémités du tiroir. Lorsque la commande de l'autre extrémité est actionnée, le ressort est comprimé et le tiroir se déplace. Lorsque la commande est relâchée, le ressort ramène le tiroir à sa position initiale.

❖ Commande manuelle par bouton poussoir :

Ce bouton de type manuel est réservé aux distributeurs de petite dimension car la force exercée sur le tiroir est limitée à la force de l'opérateur. Il est généralement utilisé avec un ressort de rappel qui ramène le tiroir à sa position initiale dès le bouton-poussoir est relâché.

❖ Commande manuelle par levier :

Le levier permet d'actionner des distributeurs de plus grandes dimensions que la commande par bouton-poussoir en plus d'offrir la possibilité de contrôler avec précision le déplacement du tiroir, dans un sens comme dans l'autre. Un levier est généralement utilisé avec un ressort de rappels.

3.5.3 Commande par fluide :

Ce type de commande de distributeurs est plutôt réservé à des installations automatisées « tout pneumatique ou hydraulique ». On utilise en fait des signaux de pression véhiculés et traités par une commande pneumatique.

❖ Commande pneumatique par pression :

Cette commande utilise la pression pneumatique pour déplacer le tiroir de distributeur. Ce type de commande utilisé dans les endroits où le risque d'incendie ou d'explosion est présent. On l'utilise aussi pour déplacer les tiroirs des distributeurs de grandes dimensions car cela exige un effort trop grand pour une simple commande par bouton-poussoir ou par électroaimant.

❖ Commande pneumatique par dépression :

On appelle aussi pilot vide, cette commande fonctionne à l'inverse de la commande par pilotage. C'est le vide qui attire le tiroir du distributeur.

A cause de la faiblesse de la pression négative, un diagramme offrant une grande surface est requis pour fournir la force nécessaire au déplacement du tiroir du distributeur.

3.6 Stabilité des distributeurs : [3]**a) Distribuer monostable :**

Distributeur ayant une seule position stable, dans ce type de construction un ressort de rappel ramène systématiquement le dispositif dans sa position initiale lorsque le signal d'activation est interrompu. Possède une seule position stable, soit celle de repos. Le mode d'actionnement doit être activé en permanence pour toute la durée de l'actionnement du distributeur. C'est le cas d'un modèle à bouton poussoir et à rappel par ressort.

b) Distributeur bistable :

Possède deux états stables ce qui signifie qu'un actionnement momentané ou une impulsion sert à commuter le distributeur. On dit aussi qu'un distributeur bistable agit comme une mémoire, car il a la capacité de conserver sa position. C'est le cas d'un modèle muni d'un pilotage pneumatique de chaque côté.

3.7 Réducteur débit : [9]

Les réducteurs de débit servent à modifier le débit de l'air comprimé. Ils sont généralement réglables, ce réglage peut être bloqué. On utilise les réducteurs de débit pour le contrôle de la vitesse de déplacement des vérins. Un réducteur de débit ne doit jamais être complètement fermé.

Souvent on a besoin de contrôler la vitesse de sortie ou de rentrée de la tige du vérin pour accomplir un travail. Par ailleurs les gaz sont expansibles et que cette caractéristique a pour effet de créer une grande vitesse de mouvement de la tige d'un vérin. Pour contrer cet effet, il suffit de contrôler le débit d'air qui entre ou qui sort d'un vérin à l'aide d'un dispositif réglable.

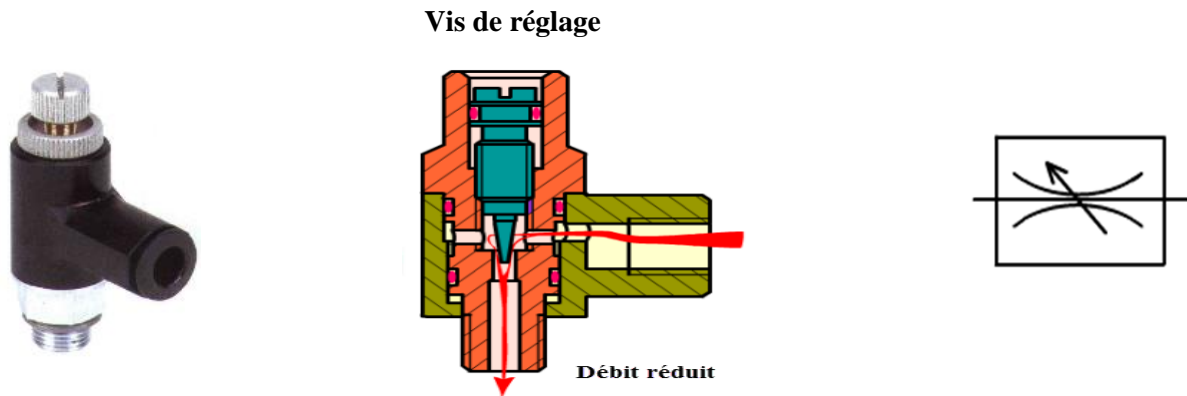


Figure 3.12 : Image réelle d'un limiteur de débit, dessin en coupe et symbole. [3]

3.7.1 Réducteur de débit unidirectionnel (RDU) : [3]

Un réducteur de débit unidirectionnel est constitué de l'association d'un clapet anti-retour et d'une restriction réglable (limiteur de débit).

Le clapet anti-retour : s'insère dans une canalisation. Il barre totalement l'air dans un sens d'écoulement grâce au clapet plaqué par la pression sur son siège.

Dans le sens opposé, l'air pousse le clapet et peut s'écouler librement, sans étranglement.

Si le clapet est à contrainte, il faut que la pression soit suffisante pour provoquer une force de poussée supérieure à la force de résistance développée par le ressort.



Clapet sans contrainte.

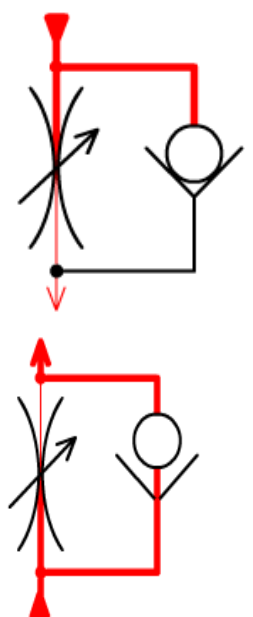


Clapet avec contrainte à ressort.

Figure 3.13 : symboles d'un clapet sans et avec contrainte à ressort.

Grace au clapet anti-retour, le réducteur de débit unidirectionnel permet d'obtenir deux débits d'air différents selon le sens du passage de fluide.

- La pression plaque la bille sur son siège et l'air ne peut poursuivre son chemin qu'en passant par la restriction. Dans ce sens, le débit est réduit.
- La pression pousse la bille qui s'écarte de son siège et l'air peut poursuivre son chemin par la canalisation la plus large. Dans ce sens, le débit est maximum.



3.7.2 Constitutions d'un RDU :

La constitution d'un réducteur de débit unidirectionnel peut différer d'un fabricant à l'autre, mais les principes restent les mêmes : la restriction est réalisée grâce à une vis qui va obturer plus ou moins une canalisation, le clapet anti-retour est réalisé par un joint à lèvres ou par un clapet à ressort une canalisation, le clapet anti-retour est réalisé par un joint à lèvres ou par un clapet à ressort.

- **Fonctionnement à l'admission :** l'air pousse les lèvres du joint et libère ainsi le passage pour pénétrer dans le corps du vérin au débit maximum.
- **Fonctionnement à l'échappement :** l'air s'échappent de la chambre du vérin appuie sur les lèvres du joint. L'air est ainsi forcé de passer par la restriction dont la dimension dépend de l'enfoncement de la vis de réglage.

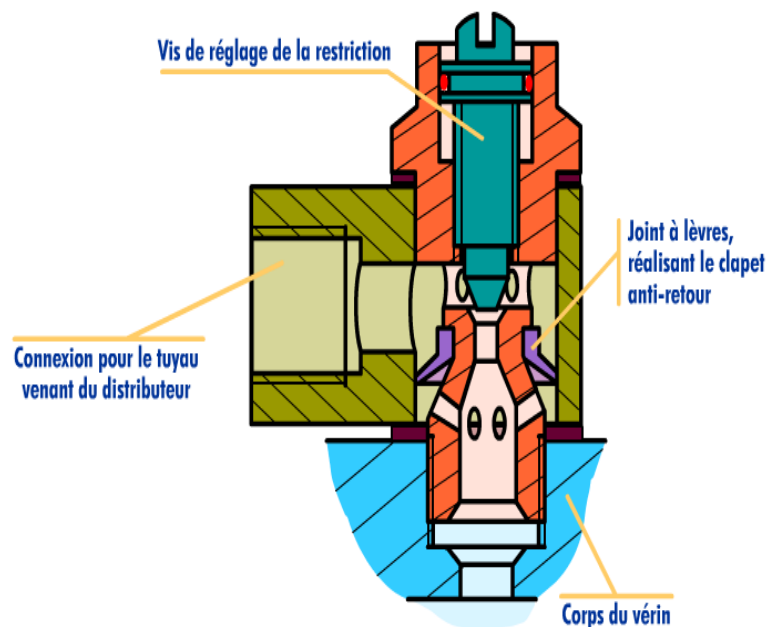


Figure 3.14 : constitution d'un réducteur de débit unidirectionnel.

❖ Le débit régulé : [15]

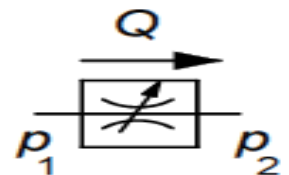
A travers d'un limiteur de débit il existe un rapport au carré entre la chute de pression Δp à travers du limiteur et le débit Q qui passe le limiteur.

P1 : Pression d'alimentation.

P2 : Pression de travail

$$\Delta p = p_1 - p_2$$

$$Q = c^* \sqrt{\Delta p}$$



Le facteur "c" est une constante qui est en fonction du type de limiteur utilisé. Aussi bien chez un limiteur de débit que chez un régulateur de vitesse, le débit de passage est donc influencé par la chute de pression à travers du distributeur.

Remarque :

Si on souhaite maintenir un débit d'écoulement constant à travers d'un étrangleur il est donc important de maintenir une chute de pression constante à travers de cet étrangleur.

3.8 Régulateur de vitesse sur des vérins pneumatiques :

La vitesse d'un vérin pneumatique dépend de sa charge, il atteint 80% de sa vitesse maximale quand on le charge à 40% de sa capacité, et 60% de sa vitesse maximale lorsqu'on le charge à 70% de sa capacité. La vitesse d'un vérin pneumatique diminue donc au fur et à mesure qu'on augmente sa charge. Si on veut maintenir la vitesse d'un vérin constant il est important de maintenir la charge du vérin constante.

Pendant le mouvement de sortie d'un vérin, plusieurs efforts peuvent agir sur ce vérin.

F_{p1} : est la force que la pression p1 effectue sur le piston.

F_{p2} : est la force que la contre-pression p2 effectue sur le piston.

F_m : est la force mécanique exercée sur le piston, si ces trois forces restent constantes, alors la vitesse du vérin reste constante.

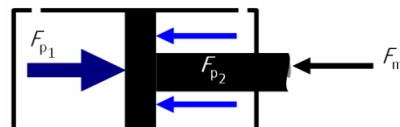


Figure 3.15 : Représentation symbolique des efforts agissants sur le vérin.

❖ Régulation de vitesse sur l'alimentation du vérin :

Avec cette manière de régulation, le régulateur de vitesse est placé de telle manière que le clapet anti-retour bloque l'alimentation de l'air comprimé vers le vérin.

Par conséquent, l'air comprimé peut s'échapper librement du vérin et il n'y a aucune contre-pression p_2 qui agit sur le piston.

Lors de l'avance du vérin hors charge la pression p_1 sera très faible. Si la charge F_m augmente, F_{p1} devra également augmenter pour maintenir le vérin en mouvement ce qui engendre une diminution de vitesse.

Cette manière de régler occasionne de grandes variations de vitesse, lors de variations minimales des charges.

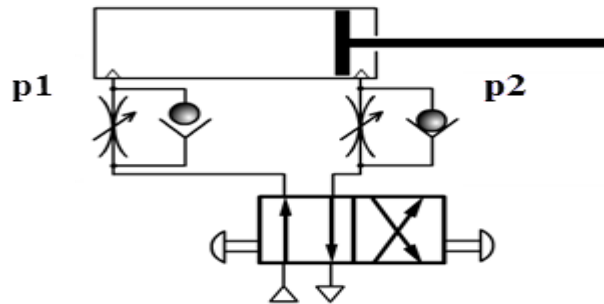


Figure 3.16 : Montage d'un RDU à l'admission.

Remarque :

La limitation d'air à l'alimentation est uniquement utilisée dans le cas exceptionnels.

❖ **Régulateur de vitesse sur l'échappement du vérin :**

Avec cette manière de régulation, le régulateur de vitesse est placé de telle manière que le clapet anti retour bloque l'échappement de l'air comprimé du vérin.

L'air comprimé qui afflue vers le vérin peut passer librement par le clapet anti-retour, ce libre passage de l'air comprimé vers le vérin se charge de maintenir une pression p_1 constante, ce qui résulte évidemment en une force F_{p1} constante.

Pendant ce mouvement, l'échappement d'air est limité.

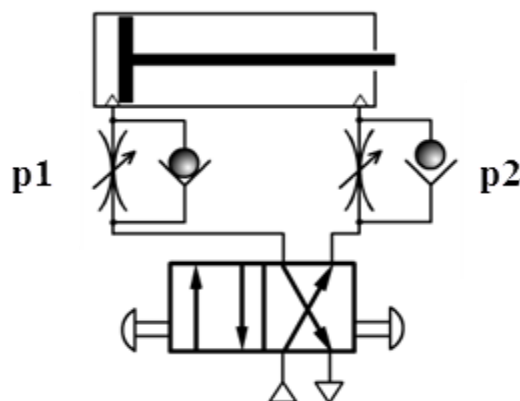


Figure 3.17 : Montage d'un RDU à l'échappement.

Par conséquent, une hausse de pression p_2 se produit qui occasionne une force F_{p2} est

dépendant de F_m , si F_m augmente, la vitesse diminue avec une diminution de la pression en p_2 comme conséquence. Cette diminution de p_2 se fait jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. Une augmentation de F_m est ainsi compensée par une diminution de F_{p2} .

Les changements de vitesse, qui sont la suite des changements de charges extérieures sur le vérin, sont donc moins importants quand on règle les échappements d'air que quand on règle les alimentations en air.

Remarque :

Lorsqu'une vitesse constante est souhaitée, la régulation doit avoir lieu sur l'échappement d'air.

3.9 Actionneurs pneumatiques : [2]

Les actionneurs sont des organes qui servent à transformer l'énergie pneumatique en énergie (travail), mécanique. La famille des actionneurs regroupe divers types d'entraînements linéaires et rotatifs en diverses tailles et exécutions. Les actionneurs sont alimentés par des préactionneurs (distributeurs) qui leur délivrent la quantité d'air comprimé nécessaire à la tâche à accomplir. En principe, ce distributeur est raccordé directement à l'alimentation d'air principale, de façon à réduire au minimum les pertes de charge.

Les actionneurs pneumatiques présentent une grande analogie avec les actionneurs hydrauliques : vérin simple effet ou double effet, rotatif, vérin souple, moteurs, ventouse.

Mécanisme des mouvements rectilignes (transfert), réduire des efforts musculaires pour la manutention et le serrage, la découpe, telles sont les fonctions des vérins dans le cadre de la mécanisation et de l'automatisation. Ainsi les vérins pneumatiques réalisent des actions et opérations pour : déplacer, pousser, tirer, lever, tourner, brider, riveter presser, couper. On les rencontre dans toutes les branches de l'industrie manufacturière : conditionnement, emballage, manutention, équipement de machines spéciales, industrie et procédés nucléaires.

3.10 Types d'actionneurs :

3.10.1 Vérins pneumatiques :

Un vérin pneumatique est un actionneur qui permet de transformer l'énergie de l'air comprimé en un travail mécanique. Un vérin pneumatique est soumis à des pressions d'air comprimé qui permettent d'obtenir des mouvements dans un sens puis dans l'autre. Les mouvements obtenus peuvent être linéaires ou rotatifs.

a) Constitution d'un vérin : [3]

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.

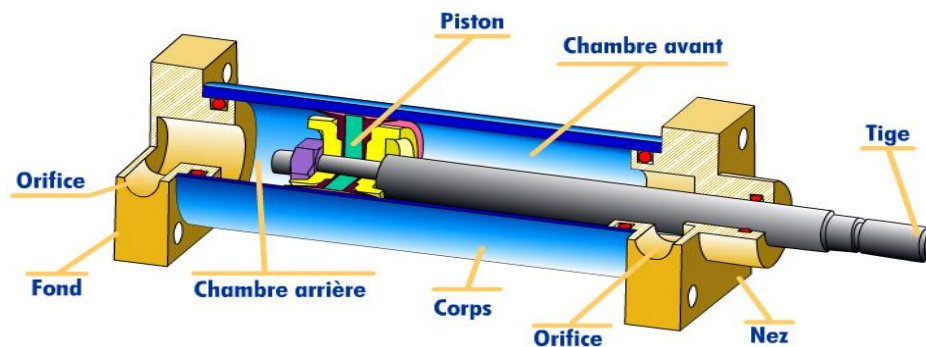


Figure 3.18: Constitution d'un vérin pneumatique.

b) Principe de fonctionnement :

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.

c) Classifications des vérins :

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.

❖ vérin à simple effet :

Le vérin à simple effet est un vérin où la pression qu'exerce le fluide sur le piston n'agit que dans un seul sens, ce qui implique qu'une seule entrée d'air comprimé est nécessaire.

Aussi la course de retour est souvent réalisée par un ressort ou par un effort extérieur.

❖ Vérin à double effet :

Les vérins à double effet sont comparables à ceux à simple effet. La plupart de leurs parties sont identiques, à l'exception du dispositif d'étanchéité de la tige dans le flasque avant et du joint d'étanchéité du piston, car la partie avant et arrière reçoivent de la pression. Le vérin à double effet sert à engendrer un effort à la sortie qu'à la rentrée de la tige. Son emploi s'avère donc universel pour effectuer tous les genres de travaux. Par contre sa consommation d'air est au double de celle d'un vérin à simple effet.

❖ Vérin rotatif : [7]

Ces actionneurs ont la particularité de transformer directement l'énergie pneumatique en rotation, sans transformation mécanique du mouvement, la pression qui s'applique sur la palette de la sortie entraîne cet ensemble en rotation. Les sections sont identiques dans les deux sens de mouvement. La simplicité de construction de cet actionneur en fait un produit peu onéreux, mais limité dans ces possibilités d'usage. Il permet des rotations d'angle réglable mais limités à 180°. Le taquet permet de régler le débattement de l'arbre et peut actionner des capteurs de fin de course disposés sur son parcours, voir la figure (2.21) suivantes :

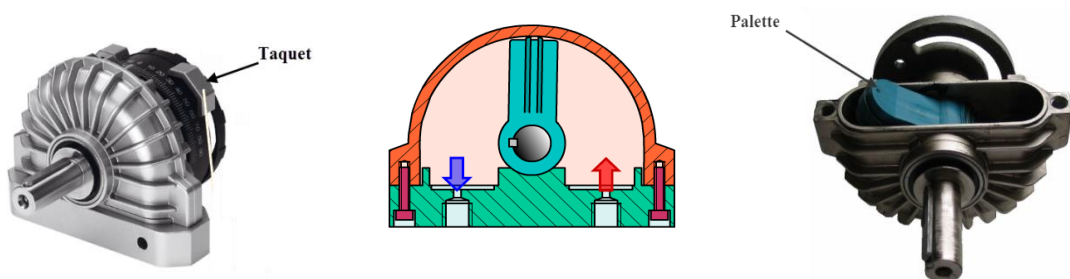


Figure 3.19 : photos d'un vérin rotatif à palette.

d) Les vérins spéciaux :

De par les nombreuses possibilités proposées dans le commerce, se référer aux catalogues constructeurs et aux revues disponibles par publicité ou dans les salons.

❖ Type des vérins spéciaux :

- Vérin rotatif.
- Vérin à tige télescopique.
- Multiplicateur de pression.
- Vérin sans tige.
- Vérin double tige.

3.10.2 Moteurs pneumatiques : [14]

Les moteurs pneumatiques sont des appareils très utilisés dans les ateliers de production industrielle. Ils trouvent leur utilisation dans des milieux très variés comme les secteurs alimentaires ou pharmaceutiques, le montage automatisé de certains ensembles mécaniques dans l'industrie automobile, l'outillage à main (perceuses, meuleuse, visseuses pneumatiques).

Le moteur, raccordé au réseau d'air comprimé, est constitué principalement par un carter muni de 2 flasques. Un rotor équipé de palettes est monté excentré. Son guidage est assuré par des roulements à billes montés dans les flasques avant et arrière.

On appelle moteurs pneumatiques des organes dont la particularité est de transformer de l'énergie pneumatique en mouvement de rotation mécanique. Ce mouvement est permanent. Le moteur pneumatique procurant une rotation sans limite d'angle compte aujourd'hui parmi les plus utilisés des éléments de travail fonctionnant à l'air comprimé. Il existe plusieurs principes de constructions des moteurs (palettes, pistons, turbine...). Leur vitesse de rotation et leur puissance dépendent de chacun d'eux.

De plus, la plupart des moteurs pneumatiques peuvent fonctionner dans les deux sens de rotation.

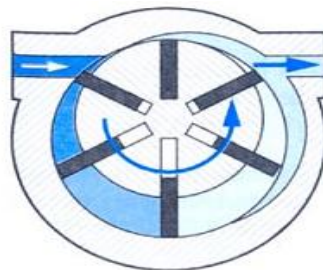


Figure 2.20 : Moteur à palette.

3.10.3 Ventouses pneumatiques : [3]

Les ventouses permettent de manipuler des pièces avec une grande douceur et sans détériorer les matériaux. La surface de contact entre la ventouse et la pièce doit être lisse et le matériau non poreux pour attendre la force de préhension nécessaire.

La précision de positionnement de l'objet sur la ventouse n'est pas très élevée.

La ventouse est reliée à un circuit d'aspiration (générateur de vide). lorsque de l'aspiration de l'air à l'intérieur de la ventouse, il se produit une différence de pression par rapport à la pression atmosphérique à l'extérieur. la pression atmosphérique étant alors plus élevée que la pression dans la ventouse, la pièce est plaquée contre la ventouse et peut être déplacé

La ventouse est un actionneur pneumatique dont le rôle est de transformer l'énergie pneumatique en surpression en une énergie pneumatique en dépression.

Le passage de l'air dans le rétrécissement augmente la vitesse de l'air et diminue sa pression ($p_2 < p_1$). Il se crée alors une dépression qui permet d'aspirer l'air de la ventouse, ou un fluide. Ce phénomène s'appelle l'effet Venturi.

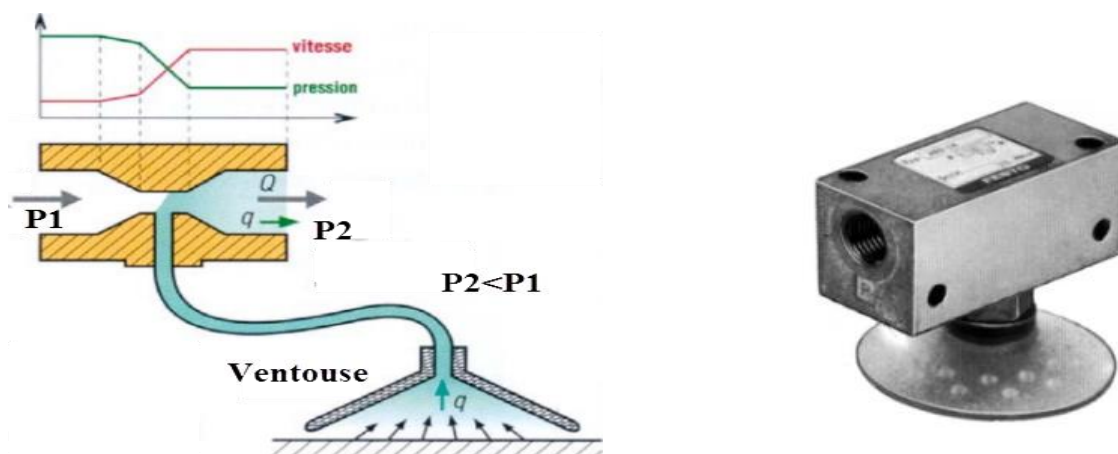


Figure 2.21 : Système générateur de vide-ventouse.

- **Générateur de vide :**

Le générateur de vide est un appareil chargé d'aspirer l'air présent dans une canalisation et de créer une dépression dans cette canalisation.

Ils fonctionnent grâce à l'effet Venturi. L'aspiration n'est possible que lorsque le générateur est alimenté en pression. Un-t-elle fonctionnement est bruyante en raison de l'échappement permanent de l'air.

La canalisation d'aspiration relie à une ventouse ou à un appareil réunissant plusieurs ventouses.



Figure 2.22 : Image réelle et symbole d'un générateur de vide.

- **L'effet venturi :**

L'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 buse de la sortie avec l'air d'alimentation qui s'échappe.

La pression au point 1 est plus grande qu'au point 2, et la vitesse du fluide au point 2 est plus grande qu'au point 1.

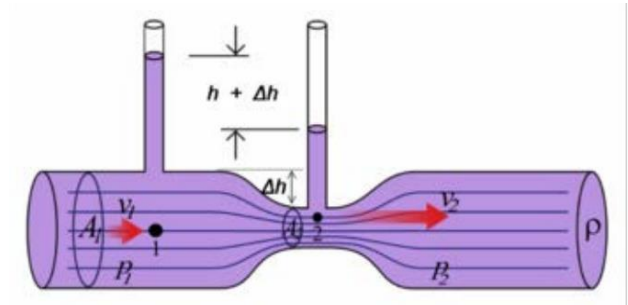


Figure 2.23 : Schéma explicite de l'effet venturi.

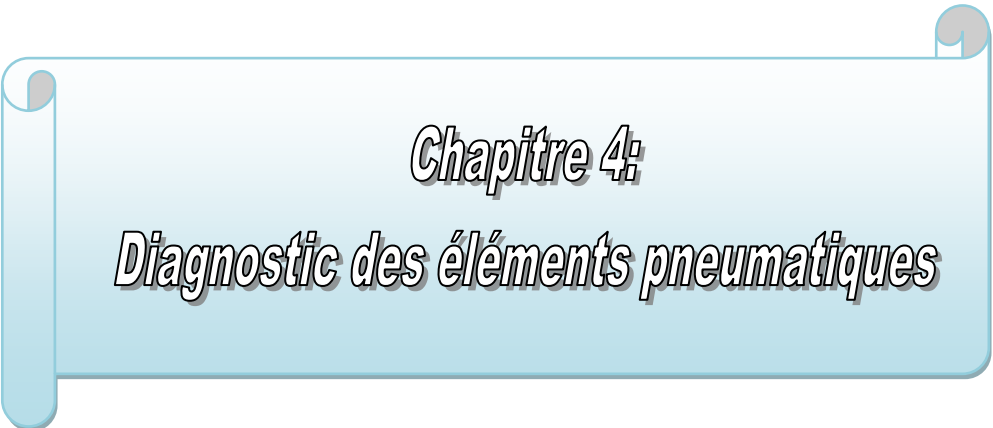
Remarque : [6]

- Le bruit d'échappement d'air pendant le travail de la ventouse peut être réduit par le montage d'un silencieux sur l'orifice d'échappement.
- Lorsque plusieurs ventouses sont raccordées en même temps, il est conseillé un vacuostat sur le circuit de vide pour s'assurer de la bonne étanchéité sur la pièce à manipuler.
- En cas d'utilisation des ventouses en milieu très poussiéreux, il est préférable d'utiliser un filtre entre le générateur de vide et la ventouse.
- Pour obtenir une bonne préhension, il est important de tenir compte de la flexibilité ou de la rigidité du produit.

❖ Conclusion :

En connaissant les différents éléments technologies qui assurent le fonctionnement d'une tâche voulue, et en comprenant le principe de fonctionnement de ces derniers, le choix et la sélection des éléments à utiliser afin de réaliser une chaîne voulue performant.

Par conséquent, Pour pouvoir établir les méthodes de diagnostique pour les différents éléments, il est indispensable de comprendre leurs constitutions et leurs fonctionnements.



Chapitre 4:
Diagnostic des éléments pneumatiques

Introduction :

Tous les équipements d'une installation industrielle sont soumis à des mécanismes de dégradation dus aux conditions de fonctionnement et/ou d'environnement : usure, fatigue, vieillissement, altérations physico-chimiques diverses. Face aux défaillances qui en résultent, on peut se contenter de pratiquer un **diagnostic**, mais on n'évite pas ainsi les conséquences des pannes que l'on subit. Une attitude plus défensive consiste à mettre en œuvre une **maintenance préventive** destinée à limiter, voire à empêcher, ces défaillances, mais on court alors le risque de dépenses excessives et d'indisponibilités inutiles.

Devant cette situation, le responsable de maintenance ne doit plus se contenter de surveiller et de réparer, il doit envisager des stratégies. Une part de son travail consiste à prévoir les événements à diagnostiquer et évaluer les différentes alternatives qui s'offrent à lui pour trouver la solution optimale, ou tout au moins pour s'en rapprocher. Les forces dont il dispose, limitées par ses moyens techniques et financiers, doivent être placées aux bons endroits.

4.1 Définition : [14]

Le diagnostic : c'est l'identification de la cause probable de la (ou les) défaillance(s) à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test. Le diagnostic permet de confirmer, de compléter ou de modifier les hypothèses faites sur l'origine et la cause des défaillances et de préciser les opérations de maintenance corrective.

❖ Les objectifs du diagnostic :

La maintenance par mes ses aspects préventifs et correctifs, ambitionne d'atteindre maints objectifs, on peut entrer autre citer les suivants :

- Optimiser la fiabilité du matériel et prolonger sa durée de vie, et ce, au plus bas cout possible
- Assurer perpétuellement le bon état de marche des installations et la continuité de service des équipements techniques.
- Ramener rapidement à son état de marche l'équipement en panne ou l'infrastructure défaillante.
- Améliorer la maintenance (fonction en boucle) et cela en apportant un entretien continu et des interventions rapides et efficaces.
- Améliorer la qualité et la quantité de la production tout en respectant les délais.
- Consolider la compétitive de l'entreprise.

- Améliorer la sécurité du personnel et du matériel.

4.2 Méthodes de diagnostic :

Il existe trois méthodes de diagnostic qui sont :

Les arbres des défaillances, les AMDEC et le diagramme d'Ishikawa.

4.2.1 Les arbres des défaillances :

Les arbres des défaillances est une méthode déductive (déductif : procédant d'un raisonnement logique rigoureux). Elle permet de savoir comment un système peut être indisponible. Il s'agit de représenter les différents événements et leurs liaisons par des portes de logique (fonction ET ou fonction OU selon que la défaillance du matériel se produit lorsque les événements se réalisent ensemble ou séparément).

Les objectifs sont résumés en trois points :

- La recherche des événements élémentaires, ou leurs combinaisons qui conduisent à un événement redouté.
- La représentation graphique des liaisons entre les événements. Remarquons qu'il existe une représentation de la logique de défaillance du système pour chaque événement redouté. Ce qui implique qu'il y aura autant d'arbres de défaillances à construire que d'événement redouté retenus.
- Analyse qualitative : cette analyse permet de déterminer les faiblesses du système. Elle est faite dans le but de proposer des modifications afin d'améliorer la fiabilité du système.

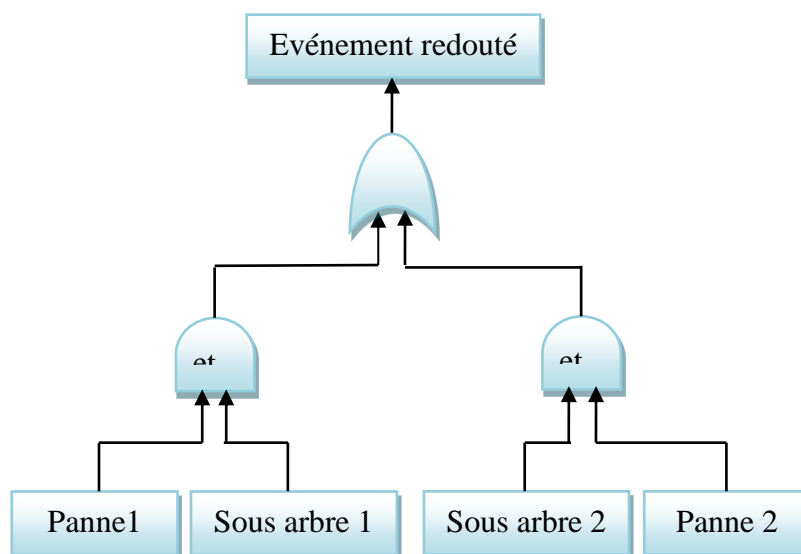


Figure 4.1 : Arborescence d'un arbre de défaillance

4.2.2 La méthode d'AMDEC :

L'AMDC (Analyse des Modes des Défaillances, de leurs Effets de leur Criticité) est une technique d'analyse prévisionnelle qui permet d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences sur le bon fonctionnement du moyen de production, et d'engager les actions correctives nécessaires. L'objectif principal est l'obtention d'une disponibilité maximale.

Les objectifs de cette méthode sont les suivants :

- Analyser les conséquences des défaillances.
- Identifier les modes de défaillances.
- Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection.
- Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance.
- Classer les modes de défaillance.
- Etablir des échelles de signification et de probabilité de défaillance.

4.2.3 Le diagramme d'Ishikawa :

C'est un outil qui permet à identifier les causes d'un problème, on a une vision globale des causes génératrices d'un problème avec une représentation structurée de l'ensemble des causes qui produisent un effet. Il y a une relation hiérarchique entre les causes et on est en mesure d'identifier les racines causes d'un problème. Le diagramme d'Ishikawa (ou diagramme en arête de poisson, diagramme cause-effet) permet de limiter l'oubli des causes et de fournir des éléments pour l'étude des solutions, cette méthode permet d'agir sur les causes pour corriger les défauts et donner des solutions en employant des actions correctives.

Déroulement du diagramme d'Ishikawa :

Étape 1: Définir clairement le problème placer une flèche horizontale, pointée vers le problème.

Étape 2: Classer les causes recherchées en grandes familles.

Étape 3: Flèches secondaires ces flèches secondaires correspondent au nombre de familles de causes identifiés. Il faut les raccorder à la flèche horizontale, chaque flèche identifie une des familles de causes potentielles.

Étape 4: Mini flèches, les causes rattachées à chacune des familles sont inscrits sur des mini flèches. Il faut avoir toutes les causes potentielles.

Étape 5: Finalisation il faut rechercher parmi les causes potentielles les causes réelles du problème. Il faut agir dessus, les corriger en proposant des solutions.

4.3 Localisation des défaillances :

C'est l'action qui conduit à rechercher précisément le (les) élément(s) par le(s) quel(s) la défaillance se manifeste.

- **Le test :** C'est une opération qui permet de comparer les réponses d'un système à une sollicitation appropriée et définie, avec celles d'un système de référence, ou avec un phénomène physique significatif d'une marche correcte.
- **La détection :** C'est l'action de déceler au moyen d'une surveillance accrue, continue ou non, l'apparition d'une défaillance ou l'existence d'un élément.
- **Le dépistage :** C'est une action qui vise à découvrir les défaillances dès leur début par un examen systématique sur des équipements apprenant en état de fonctionnement.

4.4 Terminologies :

- **Maintenance :** La maintenance c'est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou rétablir un bien dans un état spécifique ou en mesure d'assurer.
- **Maintenir :** C'est donc effectuer des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation amélioration), qui permettant de conserver le potentiel pour assurer la continuité et la qualité de production.
- **Défaillance :** Altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.
- **Panne :** Cessation d'un bien à accomplir la fonction requise.
- **Dépannage :** Action sur un bien en panne en vue de le remettre en état de fonctionnement.
- **Réparation :** Résultat de la maintenance corrective après panne ou défaillance partielle.

4.5 Différentes formes de la maintenance :

4.5.1 La maintenance préventive:

Maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation de service rendu, et pour but :

- Augmenter la durée de vie des matériels.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.
- Diminuer le budget de la maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves.

On distingue deux types de maintenance préventive :

a) Maintenance préventive systématiques:

Maintenance préventive effectuée selon un échéancier établie suivant le temps où nombre d'unités d'usage accumulées (pièces produites...) puis à remplacer systématiquement un certain nombre de pièces préalablement définies.

b) Maintenance préventive conditionnelle :

Elle est réalisée à la suite d'une analyse révélatrice de l'état de dégradation de l'équipement qui se fonde sur l'étude de données issues de capteurs, afin de déterminer les points critiques et par conséquent, prédire les défaillances. Ces données sont prélevées à partir de l'analyse des divers critères relatifs à l'équipement concerné (analyse de vibration, de lubrifiants, mesure thermique,...).

4.5.2 La maintenance corrective :

La maintenance corrective s'effectue après une défaillance et la caractéristique aléatoire de cette dernière fait qu'il n'est pas possible de planifier les interventions. La qualité du remède est directement liée à la qualité du diagnostic. Puis on distingue deux types :

a) Maintenance palliative :

C'est l'ensemble des activités de maintenance qui comportent des réparations ou des mises en état à caractère provisoire, encore appelées couramment « dépannage ». Ce type de maintenance vise à remettre un équipement défaillant dans un état de fonctionnement

temporaire ou il pourrait assurer tout ou partie d'une fonction requise en attendant une intervention curative vis-à-vis de celui-ci.

b) Maintenance curative :

Ce type de maintenance regroupe les différentes activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Cette maintenance est effectuée après dégradation ou défaillance de ce bien et son action est à effet permanent.

Par conséquent, on peut suggérer le schéma suivant pour englober l'ensemble des types de maintenance :

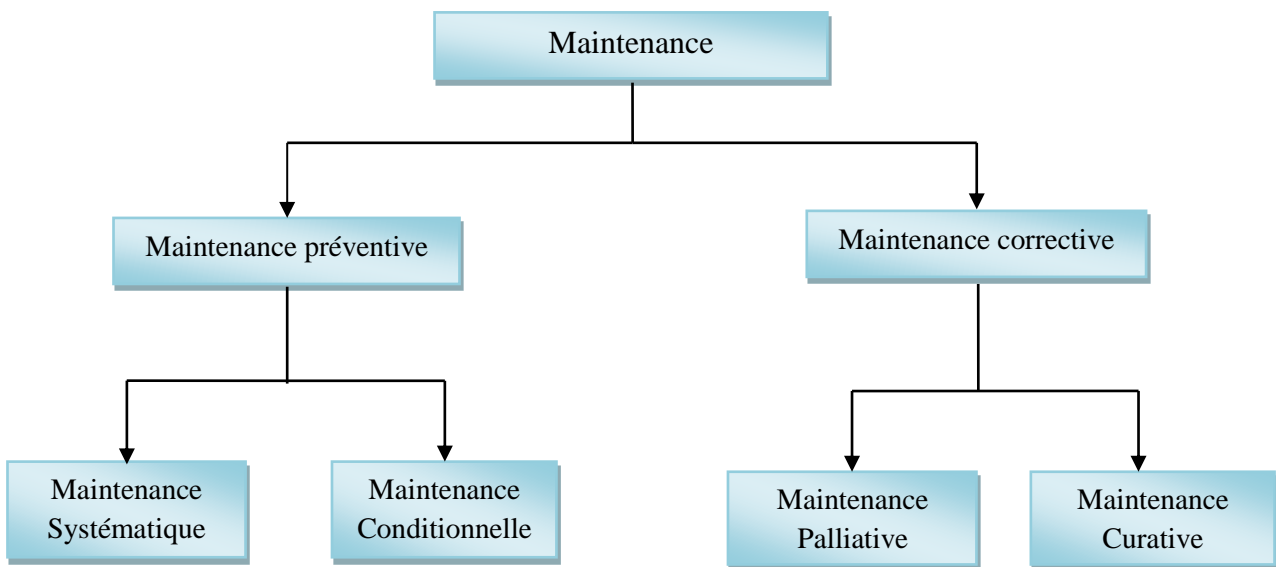


Figure 4.2 : Organigramme de la maintenance.

4.6 Les moyens de la maintenance :

a) Moyens humains :

En maintenance, on est souvent amenés vers les tâches d'une très grande complexité et d'une précision pointue. Pour cela, il est nécessaire, voir même primordial d'avoir à notre disposition une main d'œuvre qualifiée qui peut se révéler à la hauteur de ces fonctions. Pour ce faire, il faut savoir se doter d'une politique adéquate en matière de besoins humains en faisant appel à des organigrammes, des hiérarchies et en déterminant les niveaux des effectifs.

b) Moyens matériels :

Nous rencontrons trois types de moyens :

- L'outillage consommable : qui fait l'objet d'un budget annuel et concerne les divers outils à usage limité dans le temps (cartouches d'encre, disque d'aiguisage,...).
- Les faibles outils : concernent l'outillage employé dans la maintenance des autres appareillages de plus grand calibre. Leur usage est à long terme et sont renouvelés selon un échéancier, sauf dans un cas particulier (usure ou autre défaillance). On peut citer, entre autres, les pinces, les multimètres, les tournevis,...
- Les équipements spécifiques : C'est une gamme d'équipements dont le coût est trop grand pour être renouvelé régulièrement. Ce matériel est dit de précision.

c) Documentation :

Il paraît illusoire d'organiser sans une documentation constituant la base de tout système de communication. Là encore, une infinité de solutions sont offertes.

L'homme de maintenance doit parfaitement connaître ses équipements et en nature, et en temps. Il est alors, indispensable de créer un système documentaire. Ce système doit répondre à deux préoccupations :

- L'interrogation suivant le profil de l'information recherchée.
- L'archivage du passé.

La gestion d'un tel système doit bénéficier d'une attention particulière. Signalons qu'il arrive qu'une documentation avoisinant les 10% de l'investissement se trouve égarée et éparpillée et donc, inaccessible au moment voulu.

❖ Types de documents :

La documentation technique étant à la base de tout acte de maintenance, aussi bien préventif que correctif, fait souvent défaut. De ce fait, on doit impérativement exiger des fournisseurs tous les documents disponibles relatifs à l'objet de notre commande. Ceux-ci comprennent plusieurs types de fiches et de dessins :

➤ La fiche d'entretien :

Afin de préserver les équipements et pour mieux produire, il faut élaborer un organigramme détaillé de toutes les opérations de maintenances nécessaires pour chaque équipement pour une politique donnée, quitte à le modifier au fil de temps selon l'expérience. Cette fiche servira de guide, basé impérative pour épargner dans le sens de préserver les équipements. L'entretien fondamental de premier ou deuxième niveau occasionne certes des charges mais évite la fréquence des pannes fortuites et donc se traduit par un accroissement du taux de fiabilité, d'exploitation et de sécurité.

La fiche d'entretien individuelle doit donc consigner :

- L'inventaire des actions et opérations planifiées à entreprendre pour chaque ensemble (vidange, graissage, calibrage, réparation, changement d'organe et autres).
- Les informations et spécifications utiles (nature, quantités, données,...) pour chaque type d'intervention par un code d'entretien.
- Eventuellement la périodicité ou échéancier entre deux opérations identiques d'entretien (quotidien, hebdomadaire, mensuel ou en nombre d'heures de fonctionnement).

➤ Historique des équipements :

La fiche historique ou fiche de suivi des travaux d'entretien doit refléter la vie de l'équipement en intégrant toutes les anomalies, pannes et interventions qu'a subit cet équipement.

Cette fiche doit donc indiquer principalement :

- ✓ L'identification et les caractéristiques principales de l'équipement par le code équipement.
- ✓ Les références de la demande des travaux, de l'ordre de travail et du rapport d'intervention.
- ✓ La désignation des travaux effectués.

- ✓ La date de début des travaux.
- ✓ La date de fin des travaux et éventuellement les cumuls horaires.
- ✓ Les remarques, causes et remèdes.
- ✓ Les couts des opérations (main d'œuvre, transport, manutention, spécifiques, pièces de rechange, ingrédients, manque à gagner).
- ✓ Toutes les observations utiles et spécifiques à la gestion qualitative de cet équipement en vue de tenir compte lors des prochaines interventions.

4.7 Application de la méthode des arbres des défaillances :

Parmi les méthodes de diagnostic nous avons optées pour la méthode des arbres des défaillances.

Remarque : Pour les arbres des défaillances de compresseur ont été déduits de l'historique donné en **annexe 3**.

4.7.1 Arbre de défaillance du vérin :

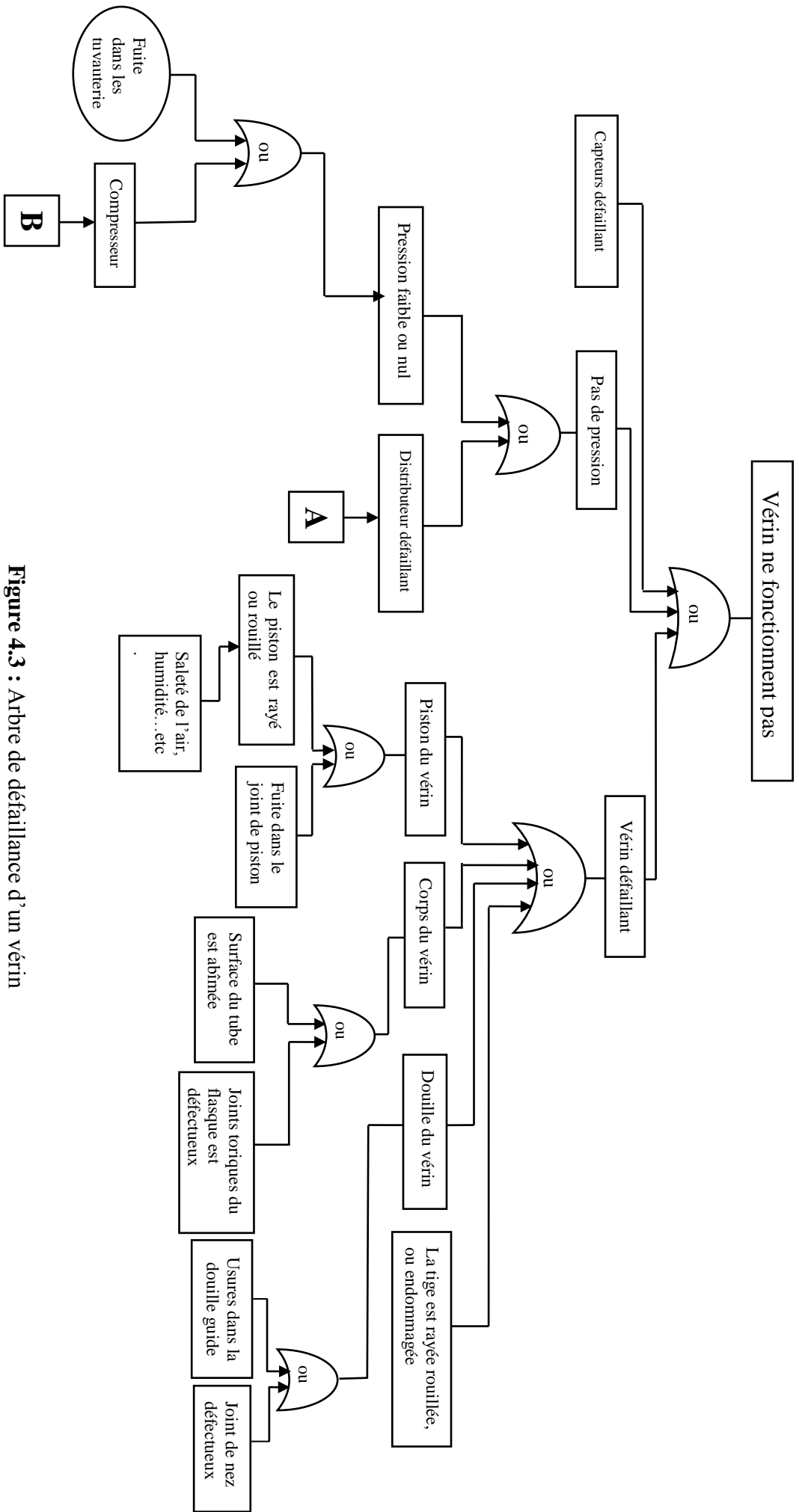


Figure 4.3 : Arbre de défaillance d'un vérin

4.7.2 Arbre de défaillance distributeur :

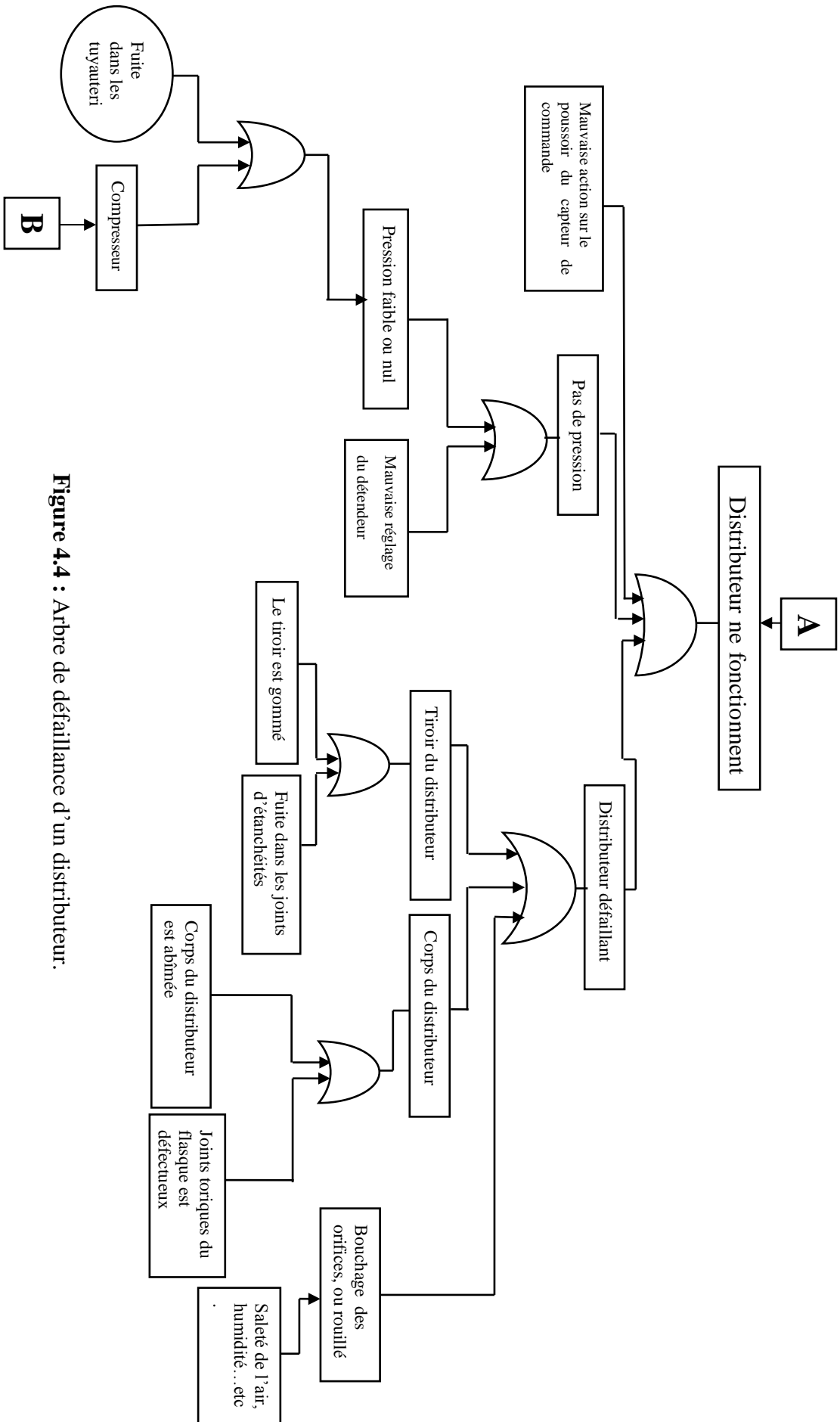


Figure 4.4 : Arbre de défaillance d'un distributeur.

4.8 Applications aux éléments pneumatiques :

Pour assurer la production dans les meilleures conditions il est nécessaire de respecter les consignes de la maintenance des systèmes de fabrication. Il existe, entre autre, une règle d'or simple qu'on appelle la propriété.

De même dans l'industrie, où l'on fera la maintenance de l'équipement. Ainsi, lors d'une opération de la maintenance préventive, on pourra découvrir une pièce usée prématurément.

En changeant par exemple un ressort ou un joint d'étanchéité défectueux immédiatement, on éliminera des pertes de production qui auraient peut-être causées par un bris majeur.

Pour un système d'air comprimé, qu'il s'agisse d'un circuit de commande ou de puissance, l'air doit être propre et exempt d'humidité. L'environnement des composants de travail doit être propre et chaque composant de système doit en outre nettoyer régulièrement afin de détecter des fuites et les anomalies de fonctionnement.

Lors de l'entretien et de la réparation des composants. On doit travailler dans un endroit propre et sur des supports. Au cours de démontage, on doit nettoyer chaque élément, vérifier le temps d'usure et analyser les causes des mauvais fonctionnements des composants si c'est le cas.

4.9 Maintenance des compresseurs : [4]

Pour la maintenance d'un compresseur, il est conseillé de suivre les recommandations du fabricant car elles sont fonction du type de compresseur. Mais en général les tâches suivantes doivent être régulièrement faites.

- Un contrôle rigoureux.
- Le nettoyage.
- La remise en état des filtres à l'aspiration.
- La lubrification par l'huile.
- Le refroidissement.

Par ailleurs, le changement de l'huile de lubrification doit se faire à la suite d'une période de temps donnée (maintenance systématique). Aussi il ne faut pas oublier de vidanger le condensât, de même, les différents dispositifs de sécurité doivent être conservés en parfait état de fonctionnement.

4.9.1 Compresseur à vis lubrifié :

Le compresseur à vis lubrifié est équipé d'un bloc compresseur monoétagé à refroidissement par l'huile. A l'intérieur du carter se trouvent deux rotors sur paliers à roulement, le rotor secondaire et le rotor principal, entraîné lui-même par le moteur. Lors de la rotation, l'air est aspiré côté supérieur et comprimé côté inférieur. L'air comprimé quitte le bloc compresseur par la tubulaire de refoulement.

L'huile injectée côté inférieure dans le carter absorbe la chaleur de compression produite pendant le refoulement, empêche le contact métallique des rotors et sert en même temps au graissage des paliers à roulement (figure 4.6). En effet, l'huile assure trois rôles essentiels : la lubrification, le refroidissement et fait office de joint entre les deux rotors.

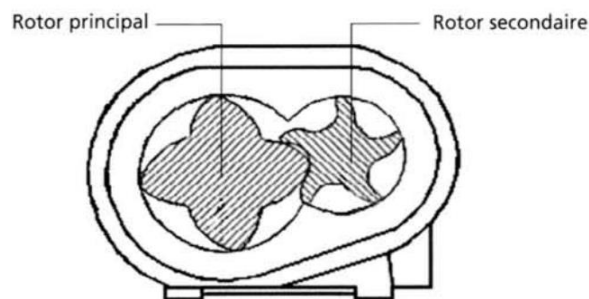


Figure 4.6 : Compresseur à vis lubrifié.

a) Entretien préventif :

La première mise en service :

- Vérification générale, des fixations, des connexions électriques à 50 heures.
- Remplacement du filtre d'huile après 200 heures.

Vérification régulières :

Vérification des paramètres de surveillance :

- Colmatage du filtre d'air.
- Colmatage du filtre d'huile.
- Colmatage du filtre séparateur.
- Température de compression.
- Température du réservoir séparateur d'huile.
- Pression et température d'air comprimé.
- Nombre d'heures de service.

- Vérification du niveau d'huile de lubrification.
- Vérification de l'absence de fuite d'huile au niveau de joint d'étanchéité du réservoir collecteur.
- Vérification de l'absence de bruit anormal.
- Vérification du niveau d'huile du flacon de récupération afin de constater l'état de fuite du bloc de compression.

Selon les valeurs de consigne (allumage des voyants), le filtre d'air sera à nettoyer ou à remplacer, le filtre d'huile et le filtre séparateur sont à remplacer.

Le dépeussierage du filtre d'air s'effectue de la manière suivante :

- Tenir la cartouche et la taper plusieurs fois avec la paume de la main.
- Souffler avec de l'air comprimé sec de pression inférieure à 5 bar.

Entretien de 1 000 heures de service :

Nettoyage des refroidisseurs d'air et l'huile. Un fort d'encrassement des refroidisseurs peut entraîner un échauffement du circuit de refoulement de lubrification.

Entretien de 2 000 heures de service :

Graissage des roulements du moteur compresseur. Cette opération se fait en marche

Entretien de 3 000 de service :

Remplacement du filtre de l'huile.

Entretien de 9 000 heures de service :

Vidange d'huile du réservoir séparateur d'huile et du refroidisseur d'huile. Après cette vidange, le remplissage d'huile se fait sur le réservoir séparateur.

On utilisera soit des huiles de type hydraulique, anti-usure et très anti-oxydante, soit des huiles minérales ou synthétique de la classe DIN 51352 et 51506 VC-I, et VD-I, des huiles moteurs SAE 10 W API CC ou CD.

Pour les compresseurs biétagés soumis à un service sévère, avec des températures de refoulement supérieur à 100 °C, les constructeurs préconisent des huiles synthétiques.

Entretien 12 000 heures de service :

Remplacement des roulements du moteur ventilateur. Pour une condition de service difficile, cette opération se fait à 6 000 heures (température ambiante jusqu'à 40 °C).

Nettoyage des vis du compresseur.

Entretien de 35 000 heures de service :

Remplacement des roulements du moteur compresseur. Pour une condition de service difficile, cette opération se fait 20 000 heures (température ambiante jusqu'à 40 °C).

Entretien annuels :

- Contrôle de la soupape de sécurité séparateur d'huile.
- Contrôle de la soupape de sécurité d'aspiration.
- Contrôle des connexions électriques.
-

4.10 Maintenance de l'unité de conditionnement :**• Maintenance de lubrificateur :**

Il y a quelques années de cela, on était encore persuadés que l'huile éliminée du compresseur pouvait être utilisée pour graisser les organes d'entraînement. Entre temps, on s'est rendu compte que la chaleur dégagée par le compresseur provoque un calaminage et une évaporation de l'huile. Celle-ci est donc tout à fait inappropriée comme lubrifiant et aurait même tendance à se comporter comme un abrasif sur les vérins et les distributeurs et compromettre sérieusement leur rendement.

Les dépôts d'huile peuvent également entraîner un gommage de certains composants, en particulier après un arrêt prolongé. Après un arrêt de travail de quelques jours, il arrive que des composants lubrifiés ne fonctionnent plus correctement. D'une manière générale, on privilégiera donc toujours un conditionnement d'air comprimé sans lubrification.

En conclusion, il convient de respecter les points suivants:

- ✓ Ne pas laisser passer d'huile de compresseur dans le réseau d'air comprimé (monter un séparateur d'huile).
- ✓ Ne monter que des composants pouvant s'accommoder d'air comprimé non lubrifié.

Un système ayant fonctionné une fois avec lubrification doit se tenir à ce type de fonctionnement car le dispositif de graissage d'origine pourrait à la longue être rincé.

- **Maintenance du filtre :**

La périodicité de maintenance pour le remplacement du filtre dépend de l'état de l'air comprimé, de la consommation des organes pneumatiques raccordés et de la taille du filtre. La maintenance du filtre comporte les points suivants:

- ✓ remplacement ou nettoyage de la cartouche filtrante.
- ✓ purge de l'eau de condensation.

Lors d'un nettoyage, il convient de bien observer les indications données par le fabricant en ce qui concerne les produits de nettoyage. Un nettoyage à l'eau savonneuse tiède suivi d'un soufflage à l'air comprimé est généralement suffisant.

4.11 Maintenance des vérins pneumatiques : [4]

- **Surveillance régulière :**

Les défaillances des vérins pneumatiques sont généralement dues à l'usure ou l'endommagement des joints d'étanchéité. D'autres pannes proviennent d'éraflures, de rayures, de piquage du tube de la tige de piston.

La surveillance d'un vérin pneumatique est principalement la vérification de fuite afin de surveiller l'état des joints d'étanchéité.

4.11.1 Inventaire des principales causes dysfonctionnement :

Effets	Causes possibles	Remèdes possibles
La tige sort alors que la contre chambre est sous pression	les pressions sont équilibrées le joint dynamique du piston est défectueux	vérifier l'étanchéité changer le vérin
La tige reste encrassée	le joint racleur est défectueux	changer le joint prévoir des protections
Il y a une perte d'énergie (faible) et fuite d'air	le joint dynamique de la tige est défectueux	vérifier le guidage et l'état de surface de la tige changer le joint
Il y a une perte d'énergie importante	le palier est usé	changer le palier
La tige est en travers	le piston et la tige sont désolidarisés	faire une étude des efforts

- **Vérification du joint de nez :**

Lorsque le vérin se trouve avec la tige rentrée et la partie avant sous pression, il ne doit pas y avoir de fuite au nez. Cette vérification se fait facilement en déposant sur la tige près du nez une pellicule d'huile. L'apparition des bulles révèle une fuite plus au moins intense (figure4.7).

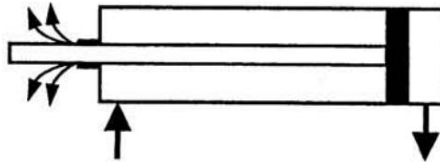


Figure 4.7: Vérification du joint de nez.

- **Vérification des joints de piston :**

La partie avant est toujours sous pression et la tige est rentrée. On vérifie qu'il n'y pas de fuite sur l'orifice du fond arrière, en procédant de la même façon que précédemment. Cette vérification peut se faire également avec la tige sortie, la partie arrière sous pression et la partie avant à l'atmosphère. Dans ce cas, on vérifie l'absence de fuite sur l'orifice du côté tige. (Figure 4.8).

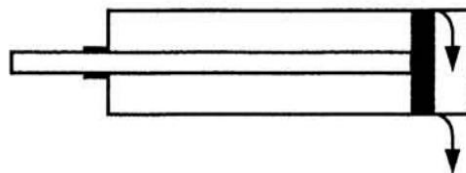


Figure 4.8 : vérification des joints de piston.

- **Vérification de la tige :**

On vérifie l'état de surface de la tige qui peut être rayée, rouillée ou endommagée.

4.11.2 Entretien des vérins :

a) Démontage :

Selon les états constatés lors des vérifications quotidiennes, on procède au démontage du vérin pour une inspection complète. Pour ce faire :

- Desserrer les 4 écrous de fixation des tirants dans l'ordre croisé.
- Repérer l'emplacement des fixations.
- Détacher le fond du tube à l'aide d'un maillet en bois ou en plastique.

- Déposer et nettoyer les divers éléments.
- Examiner tous les joints d'étanchéité pour détecter tous les signes d'usure.

b) Inspection :**✓ Etats des joints :**

A chaque démontage d'un vérin, tous les joints seront remplacés, y compris les rondelles d'étanchéité tube-flasque. Les joints doivent être manipulés à la main ou avec l'aide d'un outil effilé en bois ou en plastique. Ne jamais utiliser l'outil métallique à angle vif ou tranchant. Prendre soin de bien replier la languette de retenue de l'anneau de maintien du joint d'amortissement.

✓ Etat de la tige :

Une tige ayant des défauts d'une profondeur inférieure à 0,01 mm peut être repolie avec de la toile émeri très fine et de l'huile. Le polissage sera fait dans le sens radial. Une tige présentant des défauts d'une profondeur supérieure à 0,01 est à remplacer.

✓ Etat de piston :

La partie extérieure du piston peut être rayée par frottement avec le tube du vérin. Dans ce cas, il faut retoucher à la lime fine et à la toile émeri très fine. Prendre soin d'éviter toutes bavures qui pourraient endommager les joints au montage. Les gorges de logement des joints ne doivent en aucun cas être retouchées.

✓ Etat de tube :

L'état de surface intérieure du tube est très important pour la longévité des joints. Examiner cette surface pour déceler les défauts éventuels. Le polissage fait à la toile émeri fine et à l'huile, dans le sens longitudinal. Un tube très abîmé devra être remplacé.

✓ Etat des flasques :

- Nettoyer les flasques d'extrémité et la bille du clapet de démarrage rapide
- Enlever et contrôler l'état de vis d'amortissement. Remplacer les joints toriques.
- Vérifier les orifices d'arrivée d'air. Ils peuvent être détériorés par serrage exagéré des raccords d'alimentation.
- Contrôler la chambre d'amortissement. Si elle est rayée, remplacer le flasque.

✓ Etat de la douille guide :

La douille guide se trouve dans le nez du vérin. Elle sera remplacée, si elle est usée ou ovalisée. La bague guide doit être remplacée systématiquement si elle est en nylon.

c) Remontage :

La condition de propreté est très importante pendant la phase de remontage du vérin.

- Avant de procéder au remontage, vérifier que tous les éléments sont propres et que la douille du palier coulisse librement sur la tige sans point dur.
- Graissage le tube et les joints (utiliser de la graisse au savon de lithium légèrement chargé).
- Introduire le piston dans le tube de façon à ne pas abîmer les lèvres de joints
- Monter les joints toriques ou les joints plats sur centrages de tube des flasques.
- Ajuster le tube sur le flasque arrière, et introduire le flasque avant. Prendre soin de ne pas abîmer les joints de nez au passage de la tige.
- Mettre les tirants en place, et les serrer en respectant l'ordre croisé, et en respectant également les couples de serrage.
- Placer le vérin sur une surface plane de bloquer les tirants.

d) Essai du vérin :

La table d'essai doit être équipée d'un circuit d'air comprimé équipé d'un ensemble filtre, régulateur, lubrificateur et d'un distributeur de commande. Les essais sont nécessaires après une réparation nécessitant un démontage et un remontage. Ils s'effectuent en trois étapes.

✓ Essai préliminaire :

Mettre la pression à 0bar et raccorder l'orifice arrière du vérin au circuit d'air comprimé. Ensuite, augmenter la pression lentement jusqu'à ce que la tige et le piston se déplacent. Il se peut qu'un léger point dur immobilise le piston et la tige dans leur déplacement. Dans ce cas, continuer à augmenter doucement la pression, la tige et le piston doivent se mettre en mouvement.

En aucun cas, la pression de décollement ne doit pas dépasser 1 bar, sauf spécification particulière. Dans cette éventualité, c'est un point dur anormal, soit au niveau du piston, soit au niveau de la bague. Il faudra alors remettre, soit le vérin hors pression et le débrancher pour effectuer les vérifications du piston, de la tige, du palier et également des

flasques. Un serrage incorrect des tirants peut être à l'origine d'un défaut d'équerrage des flasques et ainsi causer un mauvais alignement de la douille guide.

Dans le cas où la douille guide est métallique, et si elle est serrée sur la tige, il sera nécessaire de la réaliser de façon à ce qu'elles coulisent assez librement sur la tige.

Répéter cet essai jusqu'à ce que l'ensemble tige et piston se déplace sur toute la course avec une basse pression. Pour les grandes courses, prendre la précaution de soutenir la tige à l'extrémité.

La pression de décollement des vérins pneumatiques est de l'ordre de 0,2 bar pour les grands alésages et de 0,8 bar pour les petits alésages.

✓ **Essai dynamique :**

Le vérin ayant satisfait à l'essai préliminaire, effectuer quelques allers retours sous une pression de 2 bar. Le déplacement de la tige et de piston doit être régulier.

Augmenter progressivement la pression jusqu'à 7 bar ou 10 bar en répétant les opérations d'aller-retour. Le mouvement doit être lent régulier à une vitesse de 50 mm/s. Essayer d'augmenter aussi la vitesse et s'assurer qu'aucune fuite audible ne se manifeste au cours de l'essai.

✓ **Essai statique :**

Les deux essais précédents permettant aux joints d'étanchéité de prendre leur place. Ce dernier essais est la vérification d'étanchéité qui s'effectue à 2 bar et à 7 bar (ou 10 bar).

✓ **Tige rentrée :**

La pression appliquée à la partie avant du vérin. Vérifie qu'il n'y pas de fuite :

- En bout de palier, à la sortie de la tige.
- A la jonction du tube et du flasque.
- A l'orifice du flasque arrière, ce qui serait le signe d'une mauvaise étanchéité entre le piston et le tube.

✓ **Tige sortie :**

La pression est appliquée à la partie arrière du piston. Vérifie qu'il n'y a pas de fuite de l'orifice du flasque avant.

Pendant cet essai, vérifier l'efficacité des amortissements (si le vérin en est muni) dont les vis de réglage sera au préalable serrées à fond, puis desserrées légèrement, environ d'un quart de tour.

A la vitesse normale, entre 200 et 300 mm/s, le ralentissement en fin de course doit être net.

Lorsque les vis d'amortissement sont desserrées au maximum, le ralentissement doit être encore sensible, mais peut important.

Le vérin ayant satisfait à tous les essais, il sera remis en service, et les précautions d'usage seront prises lors du montage et notamment pour l'alignement.

4.12) Vérin rotatif (vireur) : [18]

Les vérins rotatifs ont la particularité d'être limités dans leur rotation. Ils peuvent, selon le type, faire une fraction de tour (exemple angle de rotation 280° maximum). La figure suivante montre un vérin rotatif à crémaillère et ses principaux éléments.

1. Pignon (arbre de sortie).
2. Crémaillère.
3. Bâti du vérin.
4. Piston
5. Tube de vérin.
6. Joint d'étanchéité de flasque.
7. Flasque.
8. Vice d'assemblage.

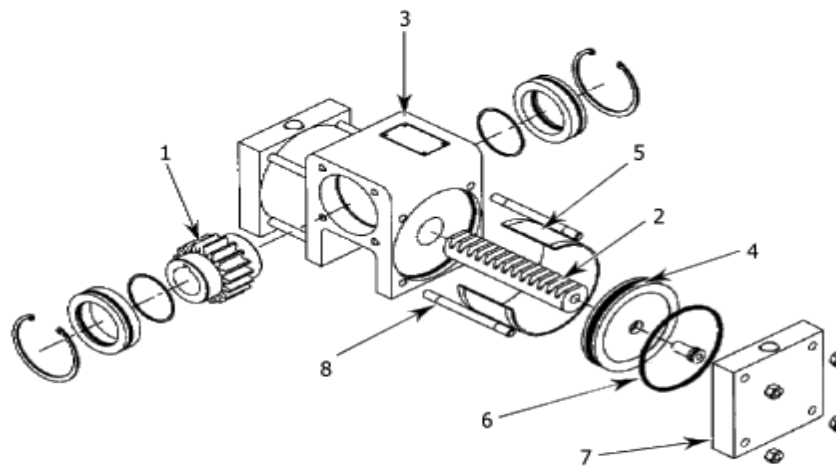


Figure 4.9 : Vérin rotatif à crémaillère - Vue éclatée.

✓ Maintenance :

Le démontage d'un vérin rotatif à crémaillère demande beaucoup de soin, car il est composé de plusieurs éléments. Généralement, les constructeurs fournissent un guide de maintenance indiquant l'ordre de démontage (exemple d'une vue éclatée) ainsi que les principales vérifications à faire.

Chaque élément démonté sera nettoyé, vérifié et placé sur la table suivant l'ordre du démontage. Les principaux éléments à vérifier sont les joints d'étanchéité, afin de s'assurer

qu'ils ne sont pas craquelés ou écrasés ; l'intérieur du tube, afin de vérifier sa concentricité et son fini de surface ; les dents de la crémaillère et du pignon, afin de s'assurer qu'elles ne sont pas déformées.

Le montage de vérin rotatif à crémaillère se fait suivant l'ordre inverse du démontage et en lubrifiant chacun des éléments.

Le vérin rotatif à palette : [18]

Tout en étant de conception différente, s'entretient de la même façon que le précédent. Son entretien exige la vérification des mêmes éléments, soit les joints d'étanchéité et le fini de surface de l'intérieur du bâti. La figure suivante montre un vérin à palette et ses principaux éléments.

1. Arbre de sortie.
2. Joint de palette.
3. Bâti.
4. Joint de flasque.
5. Flasque.
6. Joint d'assemblage.

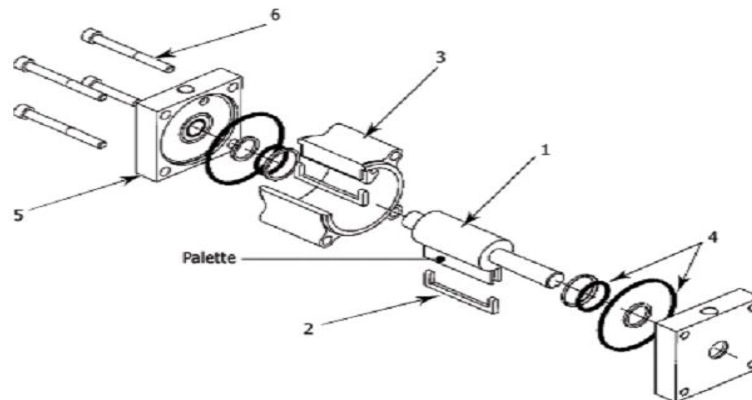


Figure 4.10 : Vérin à palette.

4.13) Maintenance des moteurs pneumatiques : [18]

Les moteurs pneumatiques ont leur emploi dans de nombreuses applications dans l'industrie. Que l'on songe à des palans pneumatiques entraînés par des moteurs à pistons ou à des outils manuels actionnés par des moteurs à palettes, tous ces moteurs utilisent l'air comprimé pour accomplir un travail.

La maintenance des moteurs pneumatiques demande de la minutie lors du démontage et du montage.

Les outils portatifs entraînés par des moteurs à palettes sont souvent manipulés avec rudesse, car beaucoup d'utilisateurs les considèrent comme étant indestructibles. Néanmoins, les éléments mobiles de ces moteurs sont fragiles et des chocs répétés peuvent entraîner des bris et rendre l'outil inutilisable.

La figure suivante montre les pièces que l'on doit particulièrement vérifier lors de l'entretien et de la réparation de ces moteurs.

1. Roulement à billes.
2. Plaque avant.
3. Rotor.
4. Palette.
5. Cylindre.
6. Plaque arrière.
7. Tige d'alignement.

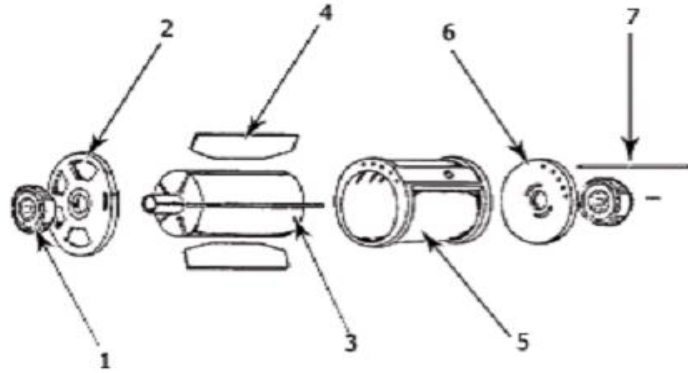


Figure 4.11: Moteur à palettes.

Pendant le démontage, après avoir enlevé les boulons de retenue des couvercles, les premiers éléments à enlever sont les roulements, suivis des plaques avant et arrière, du rotor et de ses palettes.

Après avoir débarrassé tous ces éléments de la graisse, de l'huile et de la poussière qui les recouvrent, on examine minutieusement les roulements. Comme ce sont des moteurs qui tournent à de très grandes vitesses, les roulements sont le cœur du moteur, c'est-à-dire qu'ils supportent le rotor et ses palettes afin d'offrir une rotation parfaite. Si une légère usure est détectée, il est préférable de changer les roulements.

On vérifie l'uniformité de l'usure des palettes et on s'assure qu'elles ne sont ni éraflées ni déformées. La surface intérieure du cylindre doit être lisse et sans éraflure. Il est très important, lors de l'inspection du rotor, des palettes et du cylindre, de vérifier la longueur des palettes, celle des gorges du rotor et celle de l'intérieur du cylindre. On élimine ainsi les fuites qui peuvent être la cause de pertes de puissance.

Après avoir vérifié tous ces éléments, on lubrifie l'intérieur ainsi que tous les éléments mobiles. L'ordre du montage est l'inverse de celui du démontage.

En ce qui a trait aux moteurs à pistons, selon que le moteur est axial ou radial, les éléments qu'il importe de vérifier sont les coussinets sur l'arbre, pour les moteurs radiaux, et la plaque de support pour les moteurs axiaux. Les joints d'étanchéité sur les pistons ainsi que les

cylindres doivent être inspectés soigneusement afin de détecter l'usure excessive. Les roulements de ces moteurs, comme ceux des moteurs radiaux, tolèrent uniquement le minimum d'usure.

4.14 Maintenance des distributeurs [12]

➤ **Inventaire des principales causes de dysfonctionnement :**

Numéro Du groupe	Causes éventuelles	Remèdes
1	<ul style="list-style-type: none"> • Pression insuffisante pour cause de fuites. • Mauvais réglage du détendeur. • Canalisations obstruées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Supprimer les fuites. • Régler le détendeur. • Nettoyer ou changer les canalisations.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Tiroir de distributeur gommé. • Fuites diverses dues à des joints détériorés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Démontez, nettoyez, graissez ; éventuellement, changez les joints
3	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise action sur le poussoir du capteur de commande. • Clapets détériorés dans le capteur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Appuyez franchement sur le poussoir, vérifiez qu'il se déplace et que le ressort de rappel joue son rôle (certains modèles ne sont pas démontables, donc pas réparables).
4	<ul style="list-style-type: none"> • Piston et tige de piston bloqués ; il s'agit d'un grippage ou d'un gommage. • Fuite par le joint avant et l'orifice d'évent. 	<ul style="list-style-type: none"> • Démontez, nettoyez, graissez ; éventuellement, changez les joints d'étanchéité.

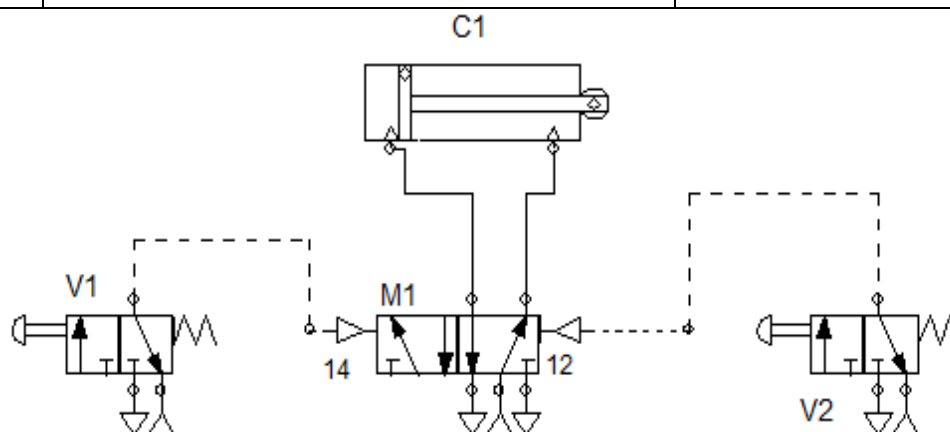
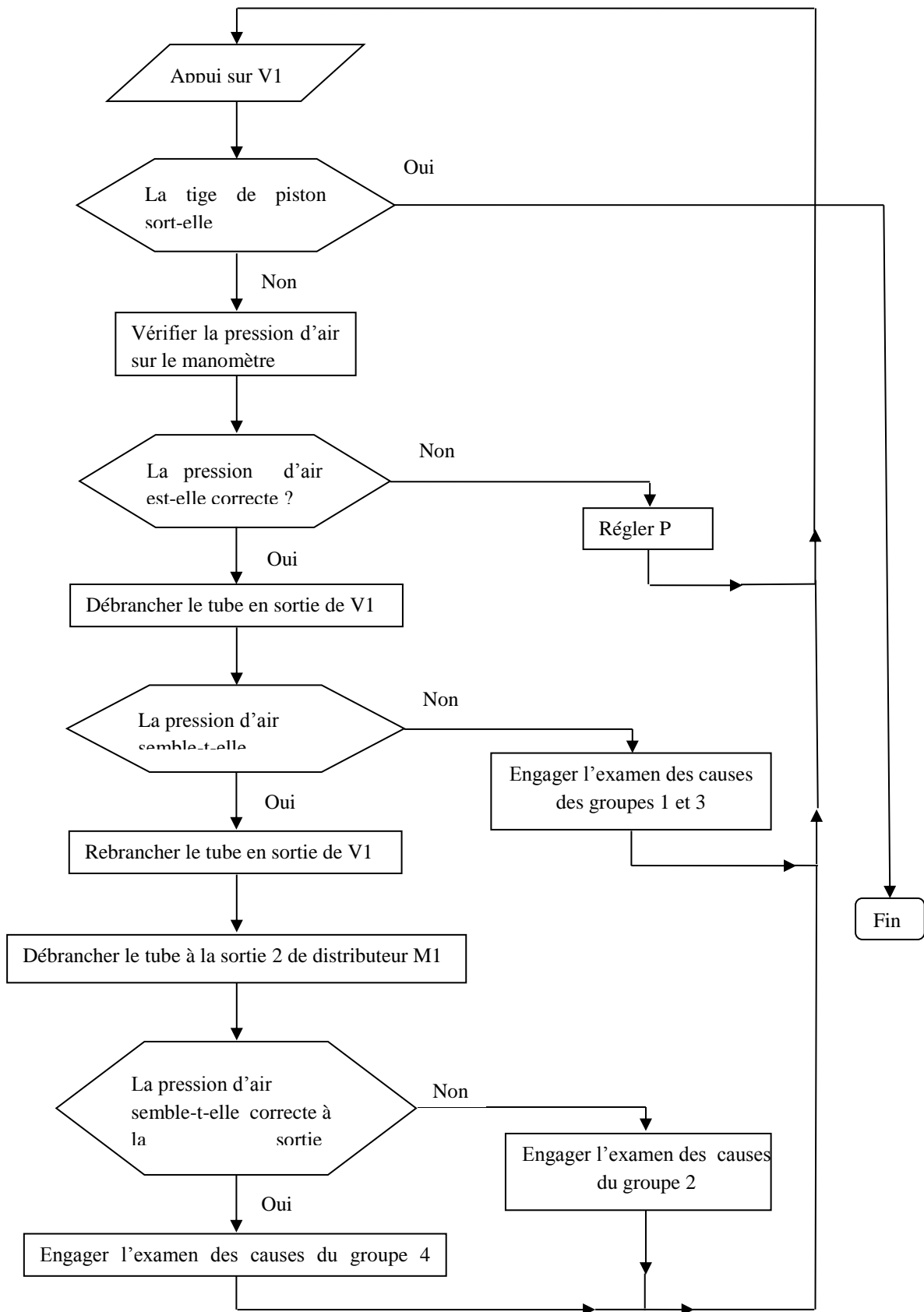


Figure 4.12 : Schémas d'utilisation d'un distributeur 5/2.

Test de contrôle : [12]



Lorsqu'on démonte un distributeur à tiroir, on a souvent la surprise de découvrir que plusieurs joints toriques sont déformés ou coupés à cause du mouvement de va-et-vient répété du tiroir. Il arrive même qu'un tiroir soit figé dans le bâti, et ce, à cause d'une mauvaise huile l'lubrification.

Il est nécessaire, lors de démontage, d'inspecter minutieusement chaque élément après l'avoir nettoyé. Lors du montage, il faut lubrifier légèrement chaque élément avec huile compatible avec le type de caoutchouc des joints toriques.

Par ailleurs, il est recommandé de faire une marque sur chaque pièce du distributeur avant de le désassembler, cette précaution empêche de confondre le sens des pièces ou de permuter involontairement des orifices lors de montage du composant.

Les mêmes recommandations d'entretien s'appliquent pour les distributeurs à clapet, dont les sièges et les clapets sont des éléments le plus important, ils doivent être propre et non déformés. la figure suivantes montre un distributeur à clapet.

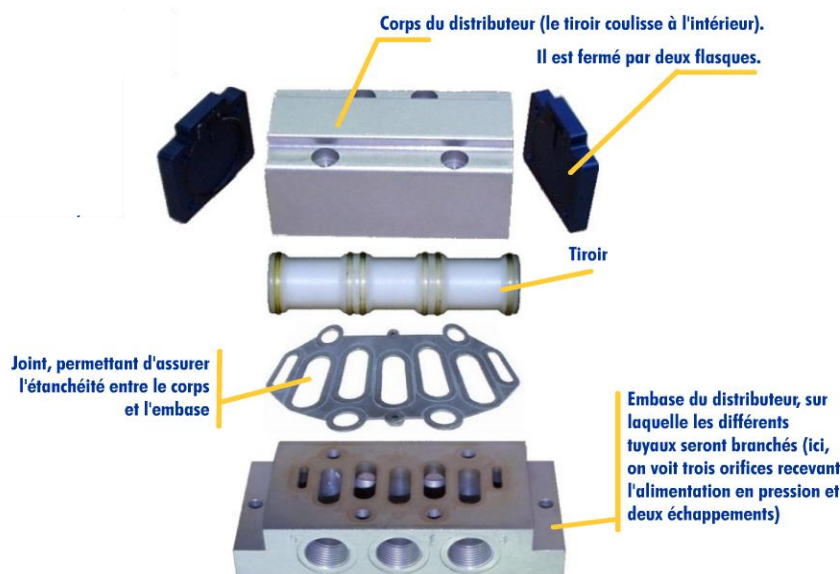


Figure 4.13 : Image des composantes d'un distributeur à tiroir. [3]

Une grande quantité de joint assurent l'étanchéité il faut donc, l'heure de la maintenance faire sorte que chaque joint soient bien placer.

L'entretien préventif consiste alors à éliminer la poussière accumulée et à vérifier le degré de détérioration des pièces causées par le temps.

En somme, l'entretien requis pour cette catégorie de composant dépend directement de la qualité de l'air. Si l'on vérifie l'unité de conditionnement régulièrement, la plupart des composants de commande devient presque sans entretien.

A l'occasion, on devra tout fois prendre le temps de nettoyer les pièces des composants qui contiennent des étranglements, tels que réducteur de débit et les temporisateurs. Pour se faire, on utilise des utiles spécieux pour débarrasser les étranglements les particules qui obstruent.

✓ **Remarque :**

Les distributeurs exigent un entretien continu.

Les joints toriques et le tiroir de distributeur demandent une attention particulière lors de l'entretien, car ils exécutent sans cesse un mouvement de va-et-vient.

Les ressorts, les clapets, et leurs sièges doivent être vérifiés sur un distributeur à clapet.

La maintenance requise pour les composants de commande dépend directement de la qualité de l'air ainsi, on minimise leurs entretient lorsqu'on vérifie régulièrement l'état de l'unité de conditionnement.

4.15 Maintenance des ventouses :

L'air du tuyau d'alimentation passe dans un entonnoir, celui-ci étant plus étroit au milieu, ceci provoque une accélération du passage de l'air qui crée une dépression (aspiration) dans la ventouse. Celle-ci sera collée par aspiration de l'objet.

Le venturi est dimensionné par rapport aux nombres de ventouses et à la taille de celles-ci.

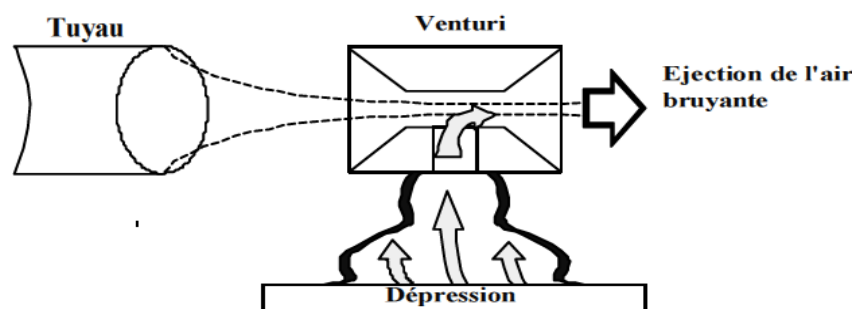


Figure 4. 14 : ventouse.

a) Maintenance :

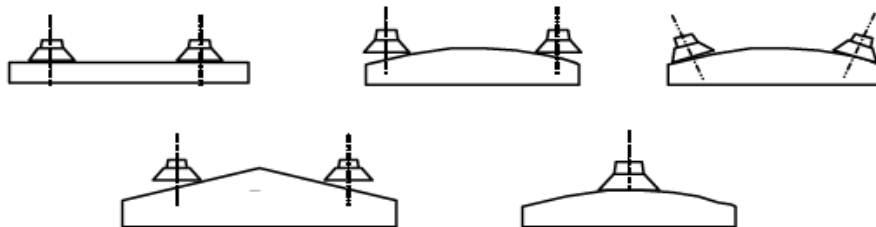
S'il y a des fuites au niveau de la zone de contact, celles-ci entraînent une perte d'efficacité. C'est pourquoi les ventouses sont en matériaux souples: Néoprène, silicone...

Avec le temps elles se dégradent, elles deviennent moins étanches, il faut donc prévoir leur changement.

Les formes de l'objet manipulé peuvent être une source de dysfonctionnements, il faut :

- Choisir des ventouses avec plus de soufflets.
- Mieux les disposer sur les dimensionner.

Exemple



❖ Le milieu peut être une source de panne :

- **Poussière** (scierie, fonderie....etc.) : dans ce cas prévoir un filtre, on trouvera alors les inconvénients du filtre perte de charge et de puissance colmatage des filtre et rajouter dans ce cas des ventouses sur-dimensionner et surveillé le colmatage du filtre.
- **L'altitude** (raréfaction de l'air) : joue aussi jusqu'à 20 % des performances entre 0 m et 1800m.
- **Le produit à manipuler :**
 - S'il est poreux il entraîne une diminution jusqu'à 50 % des performances.
 - S'il est rigide la position des ventouses a peu d'importance.
 - S'il est déformable il faut mettre les ventouses aux positions le plus extrêmes.



Les tuyaux de raccordements de plusieurs ventouses doivent être convenablement dimensionnés.

Attention lorsqu'on rajoute des ventouses de prendre la bonne section de tuyau:

Dans ce cas-là le temps de réponse est assez long.

Le tuyau qui relie plusieurs ventouses est parfois long et jusqu'à 1/2 seconde sépare l'ordre de l'exécution de la commande, ce qui entraîne des dysfonctionnements notamment le déplacement des ventouses avant préhension optimum de l'objet.

❖ **Conclusion :**

L'élaboration d'une fiche de maintenance préventive de chaque composant est nécessaire pour assurer un bon suivi des bris les plus fréquents. Les points de vérification sont semblables pour les actionneurs et préactionneurs.

Il est important de travailler proprement. Ainsi, avant le démontage, on doit nettoyer l'extérieur du composant.

L'entretien d'un vérin exige une inspection soignée de tous les joints d'étanchéité, de l'intérieur du cylindre et du fini de surface du cylindre et de la tige. La lubrification des éléments du vérin est nécessaire avant le montage, en plus de vérifier les mêmes éléments que ceux du vérin, on doit inspecter soigneusement les roulements du vérin rotatif à crémaillère.

Cette étude nous a permis d'apprendre à effectuer l'entretien de quelques éléments qui composent une chaîne pneumatique dans l'industrie.



Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

Dans notre présente étude, nous avons constaté que la technologie pneumatique dans l'automatisation des procédés industriels reste une pièce maîtresse des systèmes de production intensifs. Elle est utilisée afin de combler une multitude de besoins que nous retrouvant habituellement sur une chaîne de production.

L'étude du système de l'encartonneuse nous a permis d'identifier les différents composants de la chaîne ainsi leurs fonctionnements, après cette analyse, on s'est ramené à décrire le procédé de l'encartonneuse d'où on a élaboré le GRAFCET de fonctionnement de la machine qui nous a permis de concevoir une méthode de diagnostic, pour cela on a adopté les arbres de défaillance pour objectif d'élaborer une politique de maintenance.

Pour assurer le bon fonctionnement d'un processus industriel il est primordial de faire un diagnostic pour but de maintenir dans leur état initial des équipements industriels existants sans changer leur usage ou leur fonctionnement. Le diagnostic peut s'avérer nécessaire plusieurs fois pendant la durée de vie, il limite ainsi les risques de désordres ou de panne.

Ensuite la maintenance industrielle est avant tout un outil de développement et d'adaptation technologique. L'investissement dans la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité de l'équipement de production augmente de façon notable leur durabilité et leur rentabilité.

Enfin les actions de maintenance doivent, de toute évidence, être mises en place tout au long de la durée de vie d'un matériel (équipement). Certaines de ces actions se situent dès la conception du matériel. D'autres sont des actions de surveillance et de suivi ou encore diverses opérations préventives ou correctives.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

[1]- José Roldan Vilorio, « Aide-mémoire pneumatique industriel » édition Dunod. Paris 2002.

[2]- Jacques Faisandier et coll, « Mécanismes Hydrauliques et Pneumatique » 9^e édition Dunod, Paris 2006.

[3] – Thierry Schanen, « Guide des Automatismes », version 7. 2007.

[4] - Jean Héng, « Pratique de Maintenance préventive Mécanique, Pneumatique, Hydraulique, Electrique et Froid », 2^e édition Dunod. Paris 2002.

[6] – F. Castellazzi, D.Cogniel, Y.Gangloff, « Memotech maintenance industrielle », édition CASTEILLA, Paris septembre 1998.

[7] – PHILIPPE TAILARD « Guide de dimensionnement, les vireurs pneumatiques », TECHNOLOGIE n° 123(revue technologique), Janvier-Février 2003.

[8] – Documentation interne de l'entreprise Labelle (CO.G.B), catalogues et manuels d'utilisation.

[9] - http://www.khalydi.com/cours/mécanique/pneumatique_elkhalidy.PDF.

[10] – Automation Studio « famic technologies » version 3.0 2000.

[11] – « Google Maps » <http://www.google.fr/Maps>.

[12] - M. Pinot, R. Jégoux, J-P. « Maillard Les automatismes pneumatiques ». Edition FOUCHER. Paris 1985.

[14] – Cours Master I, 2011/2012 « Techniques de diagnostic industriel » M^r MEDJOUJ

[15] – Site officiel de la firme industrielle Festo :

http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/12_electrodistributeurs_f.pdf

http://lehrerfortbildungbw.de/faecher/nwt/fb/atechnik/grundlagen/fr/kapitel/563061_Bases_de_la_technique_d_automatisation.pdf

http://bernarderic4926.perso.sfr.fr/dr/automatisme/01_conditionnement_dair.pdf

http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/12_regulation_de_vitesse_f.pdf

Références bibliographiques

[16] – Théodore WILDI, Gilbert SYBILLE « électrotechnique » 4^e édition : de beock 2005
page 551.

[18] – <http://www.maxicours.com/cours/fiche/postit.php>.

[19]- F.Castellazzi, D.Codniel et Y. Gangloff « maintenance industrielle Memotech » édition
Casteilla, Paris



Annexes

Annexes

Annexe 1 : Symbole pneumatique.

DIN ISO 121-1, 03/96 symboles graphiques des équipements pneumatiques.

Symbole	Description	Symbole	Description
	Electrodistributeur 2/2, normalement fermé		Electrodistributeur 5/3, normalement ouvert
	Electrodistributeur 2/2, normalement ouvert		Electrodistributeur 5/3, centre sous pression
	Electrodistributeur 3/2, normalement fermé		Electrodistributeur 3/2, normalement ouvert
	Electrodistributeur 3/3, normalement fermé		Electrodistributeur 3/3, normalement ouvert
	Electrodistributeur 4/2		Electrodistributeur 4/2, normalement ouvert
	Electrodistributeur 4/2, normalement ouvert		Electrodistributeur 5/2
	Electrodistributeur 5/3, normalement fermé		Electrodistributeur 5/3, normalement ouvert

Symbole	Description	Symbole	Description
	Cde. manuelle Général		Cde. manuelle Bouton
	Cde. manuelle Levier		Cde. manuelle Pédale
	Contrôle mécanique Piston		Contrôle mécanique Ressort
	Commande mécanique Galet		Commande mécanique Galet articulé
	Bobine à un enroulement		Bobine à deux enroulements opposés
	Cde. combinée par bobine et pilote		Commande par pression
	Clapet antiretour Fonction "OU"		Relais pneumatique électrique
	Indicateur pneumatique		Silencieux
	Régulation de pression Cde. pneumatique		Commande mécanique verrouillable

Annexes



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

Annexes



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-vidé avec filtre et silencieux intégré
	Clapet antiretour, distributeur casse-vidé rapide		Ejecteur multi-étagé, distributeurs casse-vidé avec filtre et silencieux intégré et manomètre
	Clapet antiretour, distributeur casse-vidé rapide avec silencieux		Ejecteur multi-étagé, distributeurs casse-vidé avec filtre et silencieux intégré et pressostat
	Clapet antiretour, distributeur casse-vidé rapide avec régulateur de débit et silencieux		Pressostat
	Clapet antiretour, régulateur de débit avec distributeur casse-vidé de la pression résiduelle		Filtre
	Clapet antiretour, régulateur de débit avec clapet antiretour		

Annexes

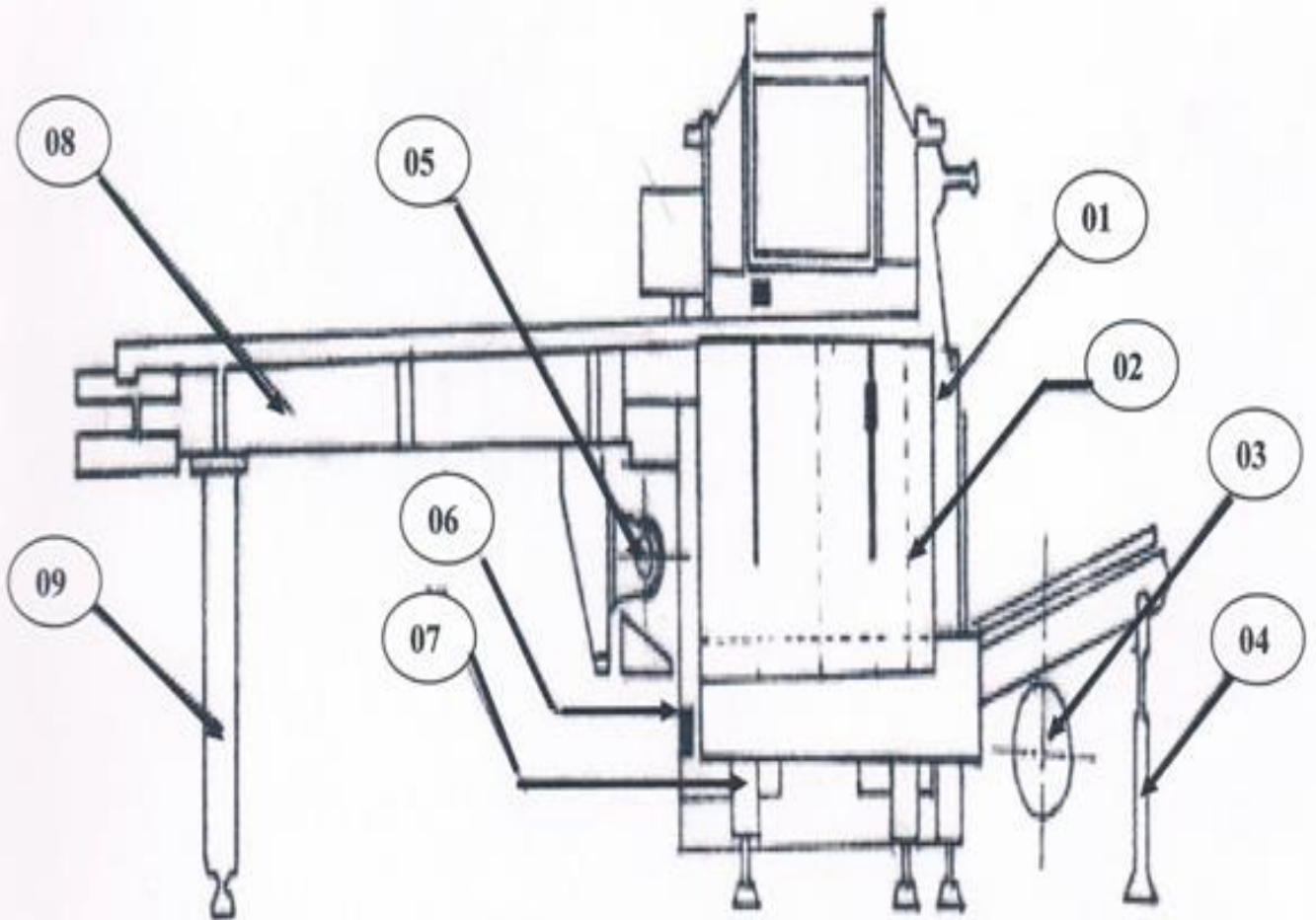


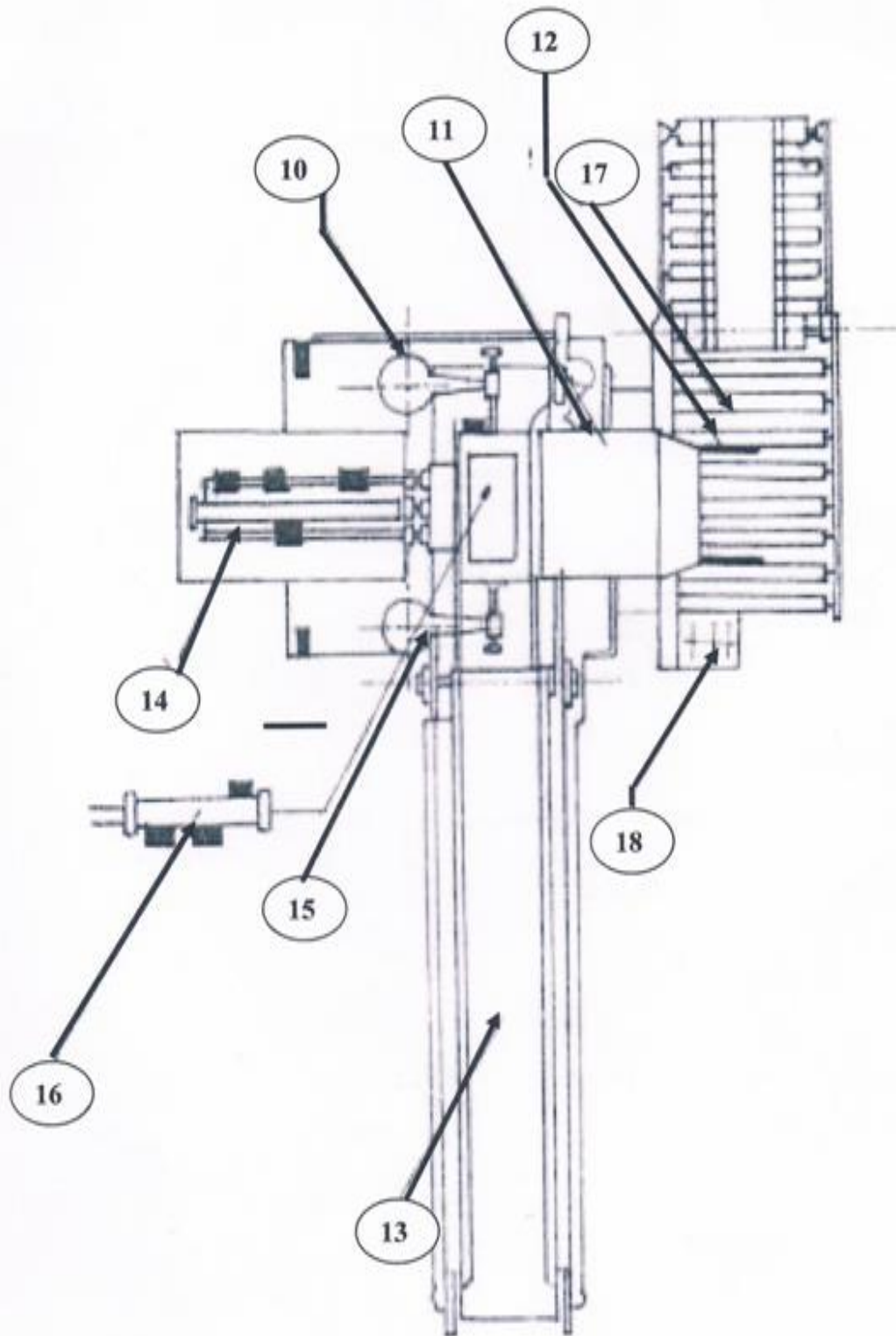
Symbole	Description	Symbole	Description
	Régulateur de pression, purge de pression, réglable		Unité de service combinaison filtre, régulateur, lubrificateur (symbole simplifié)
	Filtre avec purge		Combinaison, filtre, régulateur et lubrificateur
	Filtre avec purge automatique		Combinaison, filtre, régulateur
	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
	Assècheur		Pressostat pneumatique
	Refroidisseur		Réservoir pneumatique
	Manomètre pneumatique		Clapet antiretour sans ressort

Annexes

Annexe 2 : Schéma synoptique de l'encartonneuse.

ACMA 573 Vue de face





ACMA 573 Vue de dessus

Annexes

Nomenclature de l'unité d'intervention de l'encartonneuse ACMA-573

Rep	N°	Désignations
01	01	Socle
02	01	Armoire électrique
03	01	Moto réducteur convoyeur sortie carton
04	01	Support convoyeur sortie de carton
05	01	Moto réducteur convoyeur entrée produit
06	01	Prise de courant
07	04	Support socle machine
08	02	Bras convoyeur entrée produit
09	02	Support convoyeur entrée produit
10	01	Système changement de format
11	01	Trémie
12	02	Crocher maintient carton
13	01	Convoyeur entrée produit
14	01	Vérin pousseur
15	01	Système changement de format
16	01	Vérin élévateur
17	01	Convoyeur sortie carton
18	01	Pupitre de commande

Annexes

Annexe 3 : Analyse des modes de défaillance d'un compresseur : [19]

Dénomination	Défaillance	Cause de la défaillance	Intervention	Mesure préventive
Compresseur	Compresseur ne démarre pas	-pas de courant -circuit de commande défectueux -fusible détérioré	-mettre le courant - changer le circuit de commande -changer le fusible	Prévoir un circuit de commande en stock. Prévoir des fusibles en stock.
Défaut thermique moteur	Déclenchement de la protection thermique du moteur électrique	tension d'alimentation insuffisante - surcharge du moteur -réglage de la protection thermique -roulement moteur - défaut d'isolement	vérifier la tension -vérifier son branchement et la pression d'air - vérifier la plage de réglage - vérifier les roulements ou le graissage -vérifier l'isolement	Prévoir le graissage en stock
Défaut température d'air	température finale inacceptable	-manque d'huile - température ambiante trop élevée -circuit d'huile obstrué - vanne thermostatique bloquée - débit trop faible -colmatage de système de refroidissement	- vérifier le niveau d'huile -faire des ouvertures ou la canalisation pour évacuer l'air chaud - vérifier le circuit d'huile - vérifier et nettoyer la vanne - vérifier le débit -examiner le système de refroidissement	
Débit d'air insuffisant	Débit d'air comprimé trop faible ou nul	-filtre à air obstrué - le débit demandé est supérieur à celui de compresseur - l'électrovanne de régulation ne fonctionne pas - manostat mal régler	-nettoyer le filtre - vérifier la consommation et fuites éventuelle vérifié la plage de réglage - régler le manostat	
Pression de refoulement faible	Pression de refoulement trop faible	manostat mal régler - le débit demandé est supérieur à celui de compresseur -clapet d'aspiration fermé -déverseur mal régler	-régler le manostat -vérifier la consommation et fuites éventuelles - vérifier l'électrovanne, manostat, clapet - vérifier la plage de réglage	

Annexes

Plan de maintenance préventive d'un compresseur :

Opération exécutable en fonctionnement	Exécutant	fréquence					N° gamme ou instruction	Observation
		J	M	T	S	A		
Vérifier le niveau d'huile du compresseur	Mécanicien	X						Contrôle
Contrôler la cartouche de filtre d'air	Mécanicien		X				01	A l'arrêt
Nettoyer la cartouche de filtre d'air	Mécanicien				X		03	A l'arrêt
Remplacer la cartouche de filtre d'air	Mécanicien					X	04	A l'arrêt
Changer la cartouche de filtre d'huile	Mécanicien			X			02	A l'arrêt
Vérifier le clapet de retour d'huile	Mécanicien					X	04	A l'arrêt
Contrôler l'étanchéité des raccords	Mécanicien				X		03	A l'arrêt
Vérifier l'état des canalisations	Mécanicien					X	04	A l'arrêt
Contrôler le système de refroidissement	Mécanicien		X				01	A l'arrêt
Contrôler la soupape de sécurité	Mécanicien				X		03	A l'arrêt
Graisser le palier du moteur	Mécanicien				X		03	A l'arrêt
Vérifier le clapet d'aspiration	Mécanicien					X	04	A l'arrêt
Vérifier l'état de l'accouplement	Mécanicien					X	04	A l'arrêt
Nettoyer le dispositif de commande	Mécanicien			X			02	A l'arrêt
Surveiller le bruit compresseur	Mécanicien						04	En marche
Vérifier le robinet de vidange	Mécanicien	X						
Date :	J= jour -M mensuel T = trimestrielle -S = semestrielle- A = annuelle							

Remarque :

J: opération à réaliser chaque jour avant démarrage.

M: opération à réaliser chaque mois (la première semaine du mois).

T: opération à réaliser chaque trimestre (pendant la vacance de l'hiver et printemps).

S: opération à réaliser chaque semestre (pendant la période du stage).

A: opération à réaliser chaque année (pendant la vacance de l'été).

Résumé

L'industrie a besoin de plus en plus d'être rénovée. C'est la raison pour laquelle l'automatisation des unités de production est devenue, de nos jours une nécessité absolue.

Dans le présent manuscrit, nous avons étudié le fonctionnement de l'encartonneuse au niveau de l'entreprise CO.G.B la belle ainsi que la chaîne d'énergie pneumatique auxiliaire (compresseur, vérin, distributeur...etc.) qui nous permet de comprendre leurs constitutions et fonctionnement pour cela on a élaboré un GRAFCET de fonctionnement de la machine, pour pouvoir établir les arbres des défaillances.

Notre objectif est d'élaborer une politique de maintenance préventive aux éléments pneumatiques.