

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Abderrahmane Mira – Bejaia**



**Faculté de Technologie**  
**Département Electrotechnique**

## *Mémoire de fin d'étude*

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

Option: Électromécanique / Maintenance industrielle

**Thème:**

**Structure d'une chaine pneumatique – application**

**Cas pratique: NAFTAL - Bejaia**

**Préparé par:**

SADAOUI Zidane

DAAOU Nabil

**Dirigé par:**

Dr. MOKRANI Ahmed

**Année universitaire 2024/2025**

## ***Remerciements***

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

*Nous tenons expressément et chaleureusement à remercier nos parents pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de nos études.*

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mr. MOKRANI AHMED pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail ainsi que notre Co-promoteur Mr. CHIBANE FARES nous avoir prés en charge lors de notre stage et tout le personnel de entreprise NAFTAL qui nous ont beaucoup aidés à réaliser ce travail dans les bonnes Conditions.*

*Nous exprimons aussi nos remerciements à l'ensemble des enseignants de Génie Electrique qui ont contribué à notre formation de master.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les Personnes qui ont participé de près ou de loin à la Réalisation de ce travail.*

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce mémoire, fruit de plusieurs mois de travail, à ceux qui ont toujours cru en moi et m'ont soutenu tout au long de mon parcours :*

*À mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices et leurs encouragements constants. Rien de tout cela n'aurait été possible sans vous.*

*À mes frères et sœurs, pour leur présence, leur soutien et leurs mots qui m'ont souvent remonté le moral dans les moments difficiles.*

*À mes amis proches :*

*Nassim, Salim, Kimou et Youcef,*

*Merci pour votre amitié, votre patience, vos conseils et votre confiance. Vous avez été une source de motivation et de bonne humeur tout au long de cette aventure.*

*Que ce travail soit un témoignage de ma reconnaissance et de mon affection sincère.*

***Nabil***

*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 mes très chères grandes frères et sœurs qui m'ont donné la force de ne pas abandonner ;*

*A tous mes amis et A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin ; Ainsi qu'à mon binôme Nabil.*

*A mes profs qui m'ont formé durant toutes ces années d'études, veuillez trouver dans ce travail, le témoignage de ma gratitude et mon profond respect.*

***Zidane***

## Liste des figures

Figure I-1 : composition d'un circuit pneumatique .....	18
Figure I-2 : Centrale d'air comprimé. [2] .....	18
Figure I-3 : Symbole complet d'un filtre a purge automatique. [14].....	22
Figure I-4 : Principe de fonctionnement des filtres.....	23
Figure I-5 : Principe de fonctionnement des régulateurs de pression .....	24
Figure I-6 : Principe de fonctionnement de lubrificateur.....	25
Figure I-7: principe de symbolisation des distributeurs.....	27
Figure I-8 : Normalisation des principaux distributeurs et des dispositifs de pilotages correspondantes.....	29
Figure I-9 : Constitution d'un vérin pneumatique.....	30
Figure I-10 : constitution d'un vérin simple effet.[2] .....	31
Figure I-11 : constitution d'un vérin double effet.[2] .....	32
Figure I-12 : vérin simple effet a tige télescopique.....	33
Figure I-13 : Exemple de réalisation d'un vérin rotatif.....	33
Figure I-14 : un vérin double effet sans tige avec amortissement des deux Cotés.[1] .....	34
Figure I-15 : Installation hydraulique .[7] .....	35
Figure I-16 : Centrale hydraulique .....	37
Figure I-17 : Schéma de principe d'un circuit hydraulique.[7].....	38
Figure I-18 : Composition d'un réservoir.....	39
Figure I-19 : symbole normalisé du distributeur.....	44
Figure I-20 : Distributeurs à clapet.....	44
Figure I-21 : Distributeur à tiroir.....	44
Figure I-22: Distributeur à boisseau.....	45
Figure I-23 : Distributeur à commande combinée .....	45
Figure I-24 : Limiteur du débit.....	46
Figure I-25 : Moteur à palettes.....	50

Figure I-26 : Moteur à engrenages. ....	51
Figure I-27 : Moteur à pistons radiaux. ....	51
Figure I-28 : Moteur à pistons axiaux. ....	52
Figure II-1 : Choix du mode de fixation [11]. ....	59
Figure II-2 : Abaque de détermination de longueur maximum de tige sans risque de flambage .....	60
Figure II-3 : Abaque des caractéristiques du moteur hydraulique. ....	63
Figure II-4 : Catalogue du constructeur Eaton . ....	64
Figure II-5 : Catalogue du constructeur HYDRO LEDUC [11]. ....	67
Figure II-6:Caractéristiques de la pompe à piston HYDRO LEDUC [11] . ....	67
Figure III-1:navire caboteur. ....	75
Figure III-2: sphère et cigare pour le stockage des GPL. ....	75
Figure III-3 Pompes GPL. ....	76
Figure III-4 emplissage d'un camion-citerne. ....	76
Figure III-5: hall d'emplissage de bouteilles de GAZ. ....	77
Figure III-6:pupitre de commande.....	79
Figure III-7 : centrale hydraulique. ....	79
Figure III-8: palettiseur linéaire.....	80
Figure III-9: Vérin hydraulique de palettiseur de déchargement. ....	81
Figure III-10: Vérin hydraulique de palettiseur de chargement. ....	82
Figure III-11: Convoyeur a chaines.....	82
Figure III-12 : Motoréducteur. ....	83
Figure III-13: Poste de tri bouteilles.....	83
Figure III-14 : poste contrôle de tare.....	84
Figure III-15:Machine a orienté les robinets. ....	84
Figure III-16 : Carrousel.....	85
Figure III-17: Le débit mètre massique. ....	86

Figure III-18 : bascule de contrôle de poids. ....	87
Figure III-19: bascule réajustement de poids. ....	87
Figure III-20 : Détecteur de fuites électronique infrarouge.....	88
Figure IV.1 : Démarches de programmation sous STEP 7 [13].....	101
Figure IV.2 : assistant STEP 7 [13].....	102
Figure IV.3: Choix de la CPU [13] .....	102
Figure IV.4 :Choix d'un langage de programmation[13].....	103
Figure IV.5 :Nom du projet [13] .....	103
Figure IV.6 : Fenêtre configuration matérielle [13]. ....	104
Figure IV.7: Fenêtre de création des mnémoniques [13]. ....	105
Figure IV.8: Fenêtre des blocs [13] .....	106
Figure IV.9 : Fenêtre d'ouverture de simulateur S7-PLCSIM [13]. ....	107
Figure IV.10 : Fenêtre de chargement de programme dans l'API [13].....	108

# **Table des matières**

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Table des matières	
Introduction générale.....	15
<b>Chapitre I : Généralités sur les systèmes hydrauliques et pneumatiques</b>	
Introduction .....	17
I.1 Partie pneumatique.....	17
I.1.1 Production de l'air comprimé .....	18
I.1.1.1 Les Composants constituant la centrale d'air comprimé .....	19
I.1.2 Les compresseurs d'air.....	20
I.1.2.1 Compresseurs volumétriques .....	20
I.1.2.2 Compresseurs dynamiques.....	21
I.1.3 Traitement de l'air comprimé .....	21
I.1.3.1 Les filtres à air.....	22
I.1.3.2 Le régulateur (ou détendeur / manodétendeur) .....	22
I.1.3.3 Le lubrificateur.....	22
I.1.3.4 Principe de fonctionnement .....	23
I.1.4 les distributeurs .....	25
I.1.4.1 Symbolisation des distributeurs .....	26
I.1.4.2 Principe de symbolisation graphique .....	26
I.1.4.3 Stabilité des distributeurs .....	27
I.1.5 Les Actionneurs .....	30
I.1.5.1 Vérins pneumatiques.....	30
I.1.5.2 Constitution et principe de fonctionnement d'un vérin .....	30
I.1.5.2.1 Les vérins linéaires à simple effet.....	31



I.1.5.2.2 Vérins linéaires à double effet .....	32
I.1.5.3 Principe de fonctionnement .....	32
I.1.5.3.1 L'amortissement en fin de course .....	32
I.1.5.4 Vérins spéciaux.....	33
I.1.5.4.1 Vérin à tige télescopique.....	33
I.1.5.4.2 Vérin rotatif.....	33
I.1.5.4.3 Multiplicateur de pression.....	34
I.1.5.4.4 Vérin sans tige.....	34
I.1.6 Les moteurs pneumatiques.....	34
I.1.6.1 Type des moteurs pneumatiques .....	35
I.2 Partie hydraulique .....	35
I.2.1 Description générale .....	35
I.2.2 Structure générale .....	36
I.2.3 Centrale hydraulique :.....	36
I.2.3.1 Définition d'une centrale hydraulique .....	36
I.2.3.2 Composition d'une Centrale Hydraulique : .....	38
I.2.3.3 Les Réservoirs.....	39
I.2.3.4 Constitution.....	39
I.2.4 Les Pompes .....	40
I.2.4.1 Différents types de pompes.....	40
I.2.5 Les Système de Filtration.....	42
I.2.5.1 Sélection d'un filtre.....	42
I.2.5.2 Types de filtres.....	42
I.2.6 Les Organes de liaison .....	43
I.2.6.1 Les distributeurs.....	43
I.2.6.2 Symbolisation .....	43
I.2.6.3 Les types de distributeurs.....	44

I.2.7 Les Organes de protection et de régulation.....	46
I.2.7.1 Limiteurs de pression.....	46
I.2.7.2 Réducteurs de pression .....	46
I.2.7.3 Réglage de débit.....	46
I.2.7.4 Les accumulateurs.....	47
I.2.8 Les vérins hydrauliques .....	48
I.2.8.1 Les vérins .....	48
I.2.8.2 Les différents types de vérin .....	48
I.2.8.3 Caractéristique d'un vérin .....	49
I.2.9 Moteur hydraulique.....	50
I.2.9.1 Définition .....	50
I.2.9.2 Les différents types de moteurs hydrauliques sont .....	50
I.3 Avantage et Inconvénients Énergie pneumatique .....	52
I.4 Avantage et Inconvénients Énergie hydraulique .....	52
I.5 Comparaison entre le pneumatique et l'hydraulique .....	53
Conclusion.....	54
 <b>Chapitre II : Dimensionnement d'un système hydraulique – Cas de table élévatrice</b>	
Introduction .....	56
II.1 Principe de fonctionnement .....	56
II.2 Dimensionnement de table élévatrice .....	56
II.2.1 Vérin hydraulique .....	56
II.2.2 Moteur hydraulique .....	61
II.2.3 Détermination des débits .....	65
II.2.4 Détermination de la pompe hydraulique.....	66
 <b>Chapitre III : Application à l'entreprise Naftal sur L'emplissage de bouteille de gaz</b>	
Introduction .....	70
III.1. Historique de Naftal .....	70

III.2 Présentation du centre emplisseur GPL de BEJAIA (061) : .....	70
III.3 Description du centre emplisseur .....	71
III.4 L'organigramme .....	73
III.5 Les GPL.....	73
III.6 Processus de l'exploitation .....	74
III.7 Processus de production .....	76
III.8 Station de Pompes GPL.....	76
III.9 Poste de chargement de camions citernes .....	76
III.10 Le hall d'emplissage.....	77
III.10.1 Présentation générale du hall de remplissage (B13).....	78
III.11 Les différents postes et équipements de production.....	79
III.11.1 Palettisation : Constitué de .....	79
III.11.2 Convoyeur a chaines.....	82
III.11.2.1 Le motoréducteur.....	83
III.11.3 Poste de tri bouteilles manuel.....	83
III.11.4 Poste (bascule) de contrôle de tare : .....	84
III.11.5 MAOR .....	84
III.11.6 Carrousselle .....	85
III.11.6.1 Débit mètre massique .....	85
III.11.7 Bascule de contrôle de poids .....	86
III.11.7.1 Bascule de réajustement du poids.....	87
III.11.8 DFEI .....	87
Conclusion.....	88
 <b>Chapitre IV : Résultats Pratiques</b>	
Introduction .....	90
IV.1.Définition du GRAFCET .....	90
IV.1.1 Les cahiers des charges de notre système .....	90

IV.1.2	Table Des Mnémoniques .....	93
IV.1.3	Grafcet de poste pose casier(P1) et poste N° 02 (P2) .....	93
IV.1.4	Grafcet de poste N°02 (P2) et poste N°04 (P4) .....	94
IV.1.5	Grafcet de poste N°04 (P4) et poste déchargement (P5) .....	94
IV.1.6	Grafcet De poste de déchargement (P5) et poste N°06 (P6).....	95
IV.1.7	Grafcet global de hall d’emplissage.....	96
IV.1.8	Grafcet de poste N°06 (P6) et poste chargement(P9) .....	97
IV.1.9	Grafcet de poste chargement(P9) et poste N°10(P10) .....	97
IV.1.10	Grafcet de poste N°10(P10) et poste 12 (P12) :.....	98
IV.1.11	Grafcet de poste N°12 (P12) et le poste d’enlèvement(P13) .....	98
Conclusion.....		99
 <b>Chapitre V : Solution sur step7</b>		
Introduction .....		101
IV.1	Définition du STEP7 .....	101
IV.2	Programmation sous STEP7.....	101
IV.2.1	Démarrage de STEP7.....	102
IV.2.2	Configuration matérielle .....	104
IV.2.3	Création de la table des mnémoniques.....	104
IV.3	Création des blocs .....	105
IV.3.1	Bloc de donnée ‘DB1’ .....	105
IV.3.2	Bloc d’organisation ‘OB1 .....	105
IV.3.3	La fonction ‘ FC1 ’ .....	106
IV.4	Simulation de programme avec S7-PLCSIM.....	106
IV.4.1	Présentation de S7-PLCSIM .....	106
IV.4.2	Ouverture du simulateur et chargement de programme élaboré .....	107
IV.4.2.1	Ouverture du simulateur S7-PLCSIM.....	107
IV.4.2.2	Chargement du programme.....	108

IV.4.2.3 Configuration du simulateur .....	108
IV.4.2.4 Exécution du programme .....	108
IV.4.2.5 Simulation du programme.....	109
Conclusion.....	109
Conclusion générale .....	111
Bibliographie .....	113
Résumé	

# **Introduction générale**

Les systèmes pneumatiques et hydrauliques jouent un rôle essentiel dans de nombreux domaines industriels, notamment lorsqu'il s'agit de manipuler des fluides sous pression pour accomplir des tâches précises et sécurisées. Leur capacité à transmettre l'énergie à travers des fluides compressibles ou incompressibles en fait des solutions fiables et puissantes pour divers types d'applications.

Le remplissage de bouteilles de gaz est une opération délicate, soumise à des exigences strictes en matière de sécurité, de pression et de contrôle. Dans ce cadre, l'utilisation de chaînes pneumatiques et hydrauliques permet de garantir un fonctionnement sûr, stable et efficace du processus de remplissage, tout en assurant la protection des équipements et des opérateurs.

Ce mémoire porte sur l'étude de la structure d'une chaîne pneumatique et hydraulique dédiée au remplissage de bouteilles de gaz. Il vise à analyser les composants qui la constituent, à comprendre leur fonctionnement respectif, ainsi que leur rôle dans l'ensemble du système.

Ce travail est structuré en cinq chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons étudié les différents composants qui constituent les circuits pneumatiques et hydrauliques.

Le deuxième chapitre, est réservé pour le dimensionnement d'un vérin hydraulique de la table élévatrice.

Le troisième chapitre est constitué de l'emplissage de bouteilles de gaz.

Le quatrième chapitre est consacré la description du fonctionnement séquentiel du cahier de charge et l'élaboration des différents GRAFCET.

Dans le cinquième chapitre nous avons donné un aperçu sur le STEP7 qui est logiciel de la simulation.

Et on va terminer par une conclusion générale.

# **Chapitre I : Généralités sur les systèmes hydrauliques et pneumatiques**



## Introduction

L'hydraulique et le pneumatique sont deux technologies fondamentales dans les systèmes de transmission d'énergie utilisés en automatisation industrielle. Le pneumatique, qui fonctionne avec de l'air comprimé, est souvent privilégié pour sa simplicité, sa propreté et sa rapidité d'action. Il convient particulièrement aux mouvements légers et répétitifs. L'hydraulique, quant à elle, utilise un liquide incompressible (généralement de l'huile) permettant de transmettre des forces importantes avec une grande précision.

Ces deux systèmes, bien qu'ils reposent sur des principes similaires, se distinguent par leurs applications, leurs composants et leurs contraintes techniques. Ce chapitre présente les généralités de chacun, leur constitution, leur mode de fonctionnement, ainsi que leurs avantages et inconvénients respectifs.

### I.1 Partie pneumatique

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

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

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

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

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

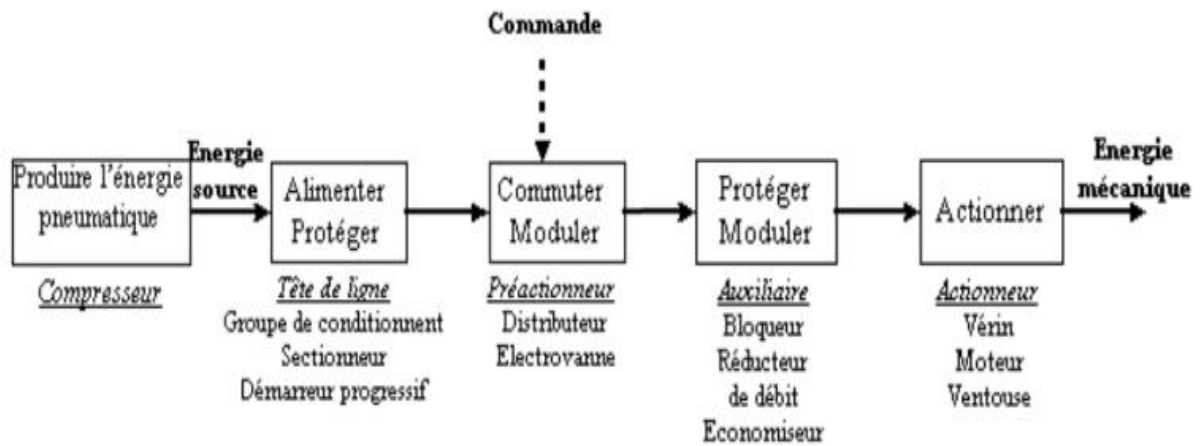


Figure I-1 : composition d'un circuit pneumatique

### I.1.1 Production de l'air comprimé

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

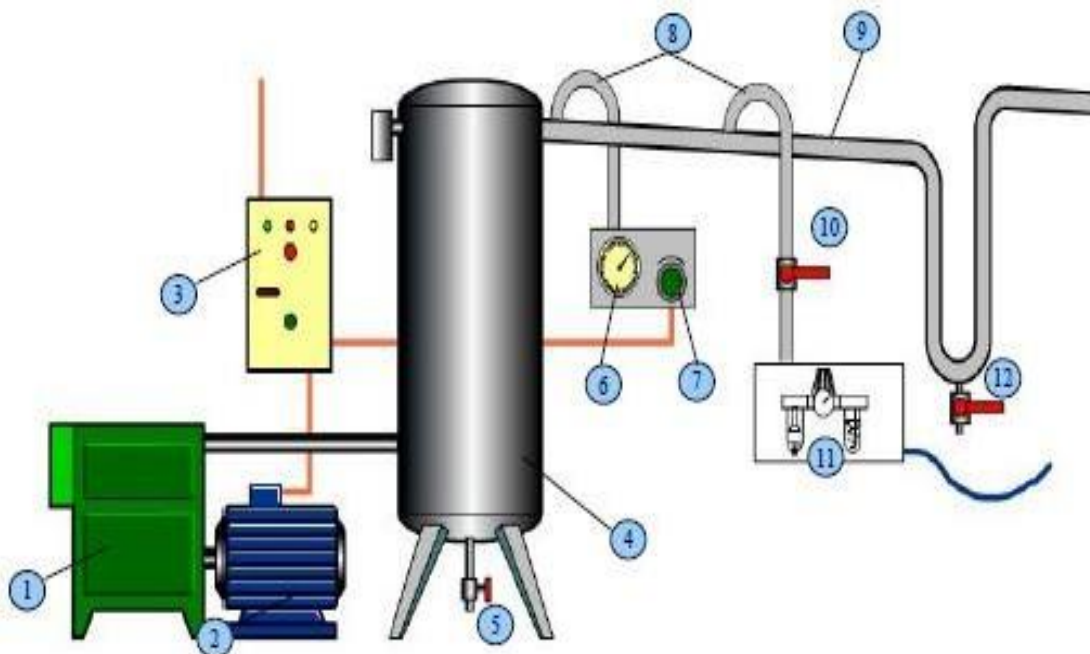


Figure I-2 : Centrale d'air comprimé. [2]

**I.1.1.1 Les Composants constituant la centrale d'air comprimé**

1. **Compresseur / Refroidisseur :** Ce système a pour rôle d'augmenter la pression de l'air. Toutefois, cette compression entraîne une élévation de température, d'où la nécessité de refroidir l'air après compression.
2. **Moteur électrique :**  
Il a pour fonction principale de faire fonctionner le compresseur en lui fournissant l'énergie mécanique nécessaire.
3. **Armoire électrique de commande :**  
Elle gère le démarrage et l'arrêt du moteur selon les instructions de l'utilisateur et les données transmises par le pressostat.
4. **Réservoir :**  
Il sert à emmagasiner l'air comprimé produit par le compresseur, ce qui permet de réguler le débit d'air dans le système et de limiter le fonctionnement continu du compresseur.
5. **Purge du réservoir :**  
L'air comprimé contient naturellement de la vapeur d'eau qui se condense dans le réservoir. Il est donc important de procéder à une vidange régulière pour éliminer cette eau.
6. **Manomètre :**  
Cet instrument sert à indiquer la pression interne du réservoir par rapport à la pression atmosphérique.
7. **Pressostat :**  
Il permet de régler la pression souhaitée dans le réservoir. En fonction de cette consigne, il commande le démarrage ou l'arrêt du moteur.
8. **Piquages :**  
Ils assurent l'alimentation en air des différents postes de travail. Ils sont positionnés au-dessus de la conduite principale pour éviter que la condensation ne s'y infiltre.
9. **Canalisation :**  
La conduite principale est idéalement conçue en boucle pour répartir la pression de façon uniforme. Elle est installée avec une pente légère (entre 1 et 3 %) afin de guider la condensation vers un coude équipé d'un réservoir de récupération et d'un système de purge.

**10. Vanne d'isolement :**

Elle permet de couper l'alimentation en air comprimé de l'ensemble de l'installation, facilitant ainsi les opérations de maintenance ou d'intervention.

**11. Groupe de conditionnement (bloc FR ou FRL) :** Chaque appareil est équipé de son propre système de traitement de l'air, permettant de filtrer, réguler la pression et lubrifier l'air selon ses besoins spécifiques**12. Vanne de purge :**

Placée aux points les plus bas du circuit, elle permet d'évacuer l'eau de condensation collectée dans un réservoir prévu à cet effet .[2]

**I.1.2 Les compresseurs d'air**

Un compresseur est une machine qui a pour fonction d'élever la pression du fluide compressible qui le traverse. Son nom traduit le fait que le fluide se comprime (son volume diminue) au fur et à mesure de l'augmentation de pression.[5]

Il existe en gros deux types fondamentaux de compresseurs :

- Les compresseurs volumétriques.
- Les compresseurs dynamiques.

**I.1.2.1 Compresseurs volumétriques**

Ce type de compresseur fonctionne en aspirant une certaine quantité d'air dans une chambre, puis en réduisant le volume de cette chambre. Cette réduction de volume entraîne une augmentation de la pression de l'air, qui est ensuite expulsé.

Parmi les compresseurs volumétriques les plus utilisés dans les industries de petite et moyenne taille, on retrouve principalement :

- Les compresseurs à vis rotative.
- Les compresseurs à palettes.
- Les compresseurs à pistons.

### I.1.2.2 Compresseurs dynamiques

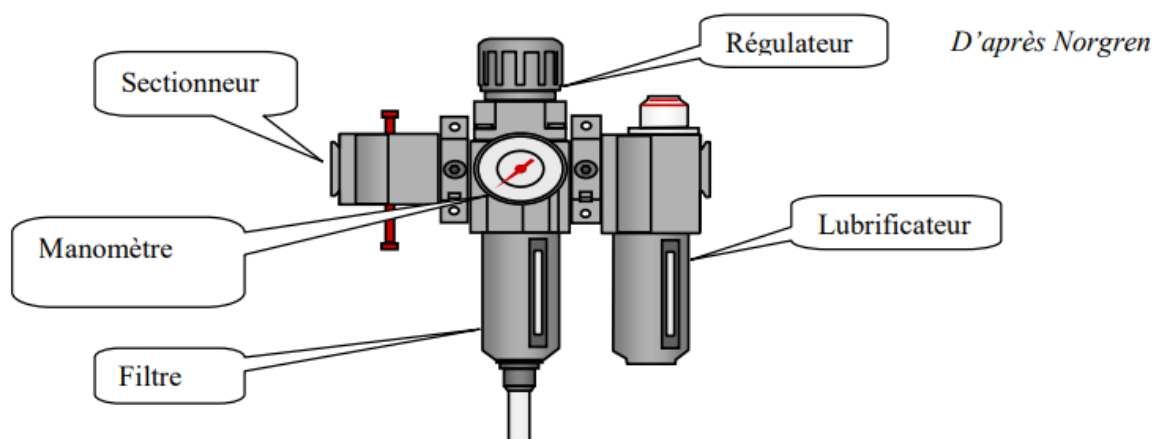
Les compresseurs dynamiques regroupent notamment les machines centrifuges et axiales. Ce type de compresseur est surtout utilisé dans les grandes installations industrielles nécessitant des débits d'air très élevés.

### I.1.3 Traitement de l'air comprimé

La qualité du réseau de l'air comprimé a une importance considérable sur les performances, la longévité et la fiabilité des installations pneumatiques. Trois fonctions de base sont nécessaires pour assurer le bon traitement de l'air :

- La filtration (élimination des impuretés et de l'eau condensée.
- La régulation de la pression d'air.
- La lubrification de l'air, indispensable au bon fonctionnement de certains composants pneumatiques.
- Des fonctions auxiliaires s'ajoutent de façon modulaire pour constituer ainsi des ensembles complets de traitement de l'air.[14]

#### FRL (Filtre régulateur Lubrificateur)



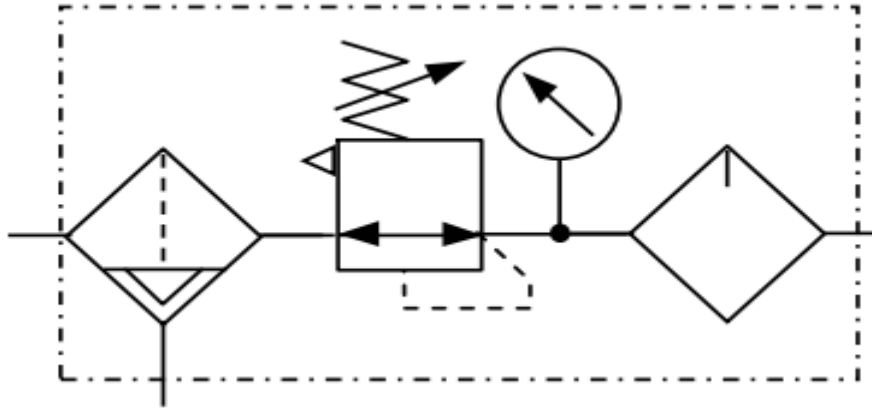


Figure I-3 : Symbole complet d'un filtre à purge automatique. [14]

#### I.1.3.1 Les filtres à air

Le filtre a pour rôle de débarrasser l'air comprimé de toutes les impuretés et de l'eau condensée en suspension afin de protéger les équipements de l'installation. Selon la cartouche filtrante choisie pour le filtre, les impuretés retenues varieront de  $0,01\ \mu\text{m}$  à  $40\ \mu\text{m}$ . Il convient de vider régulièrement le bol de la condensation récupérée et de nettoyer la cartouche des impuretés qui pourraient obturer ses pores.[1]

#### I.1.3.2 Le régulateur (ou détendeur / manodétendeur)

Le régulateur de pression, aussi appelé détendeur, permet de maintenir une pression stable en sortie (appelée pression secondaire) tant que la pression d'entrée (pression primaire) reste supérieure à la pression souhaitée. Le réglage de la pression s'effectue manuellement, selon les besoins de chaque application.[1]

#### I.1.3.3 Le lubrificateur

Le lubrificateur n'est pas systématiquement utilisé dans les installations. Il est chargé de lubrifier l'air comprimé en injectant un brouillard d'huile dans le fluide. Ce brouillard d'huile ira se déposer sur les surfaces en mouvement des appareils pneumatique. Il participera à leur lubrification, réduisant les forces de frottement et prévenant l'usure et la corrosion. Aujourd'hui, les matériaux utilisés pour fabriquer la majorité des vérins permettent de se passer de lubrifiant.[1]

## I.1.3.4 Principe de fonctionnement

## ➤ Les filtres

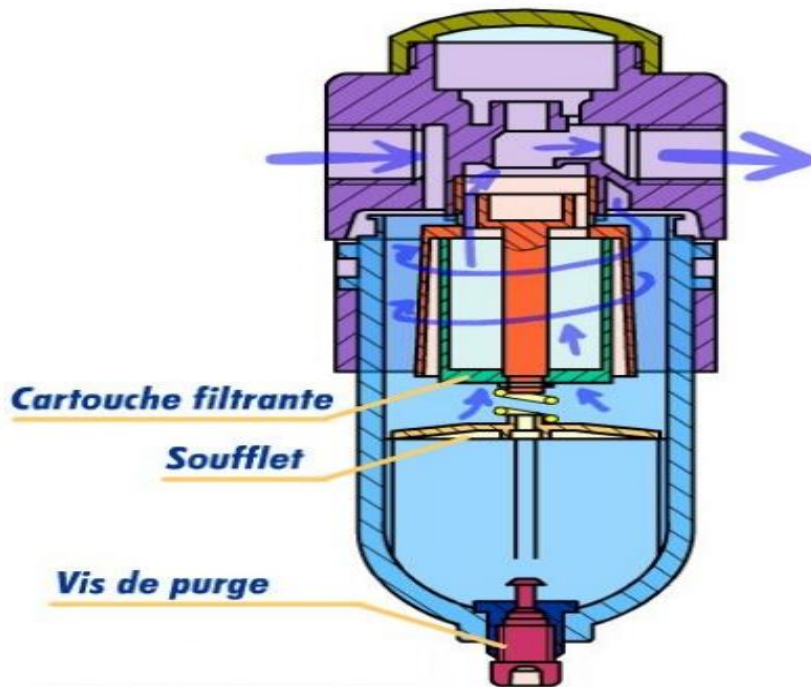


Figure I-4 : Principe de fonctionnement des filtres.

Les filtres d'air comprimé assurent l'élimination des impuretés grâce à deux procédés complémentaires :

- la centrifugation, générée par des ailettes en forme de turbine, qui projettent les particules lourdes (eau, huile, poussières) vers les parois du bol de décantation,
- et le filtrage, réalisé à travers une **paroi poreuse** qui retient les particules fines.

Le dimensionnement du filtre se fait en fonction du débit d'air à traiter. En pratique, ce débit est généralement défini à partir de la consommation en air du plus gros actionneur de l'installation, ce qui permet de garantir une filtration efficace sans perte de pression.

## ➤ Les régulateurs de pression

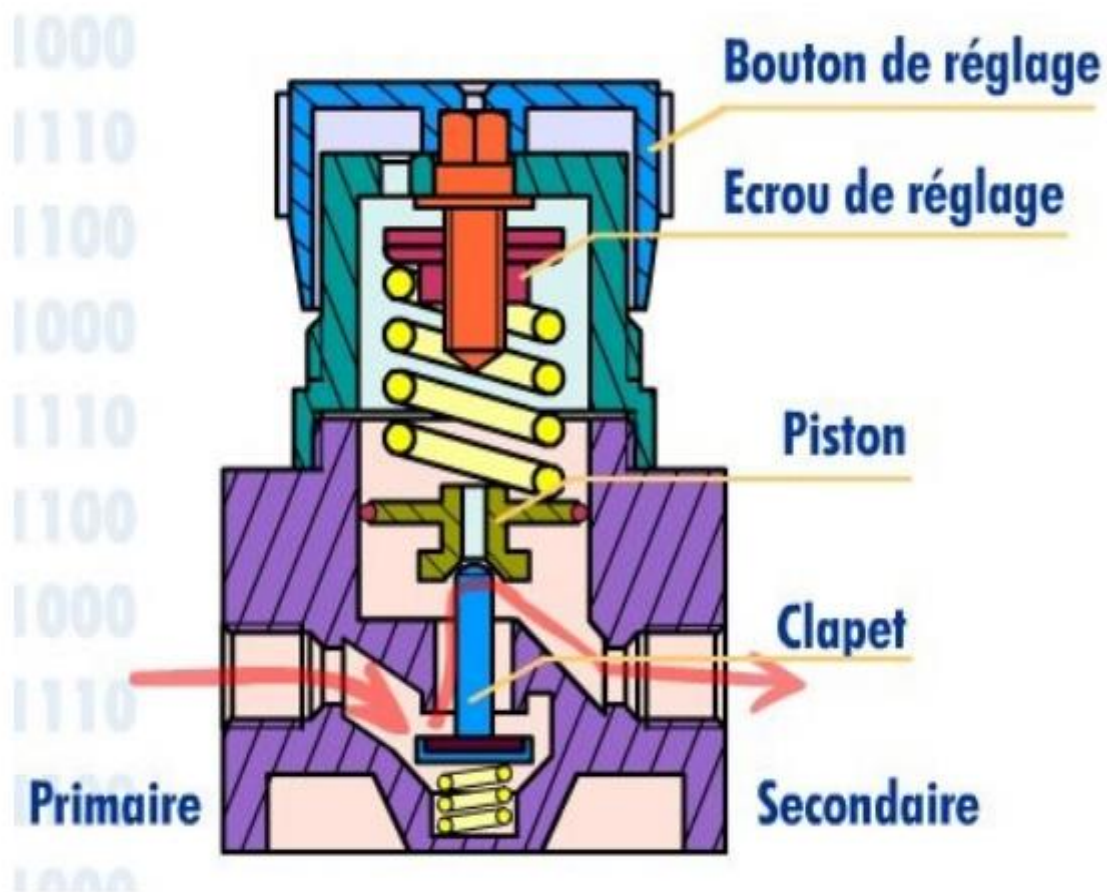
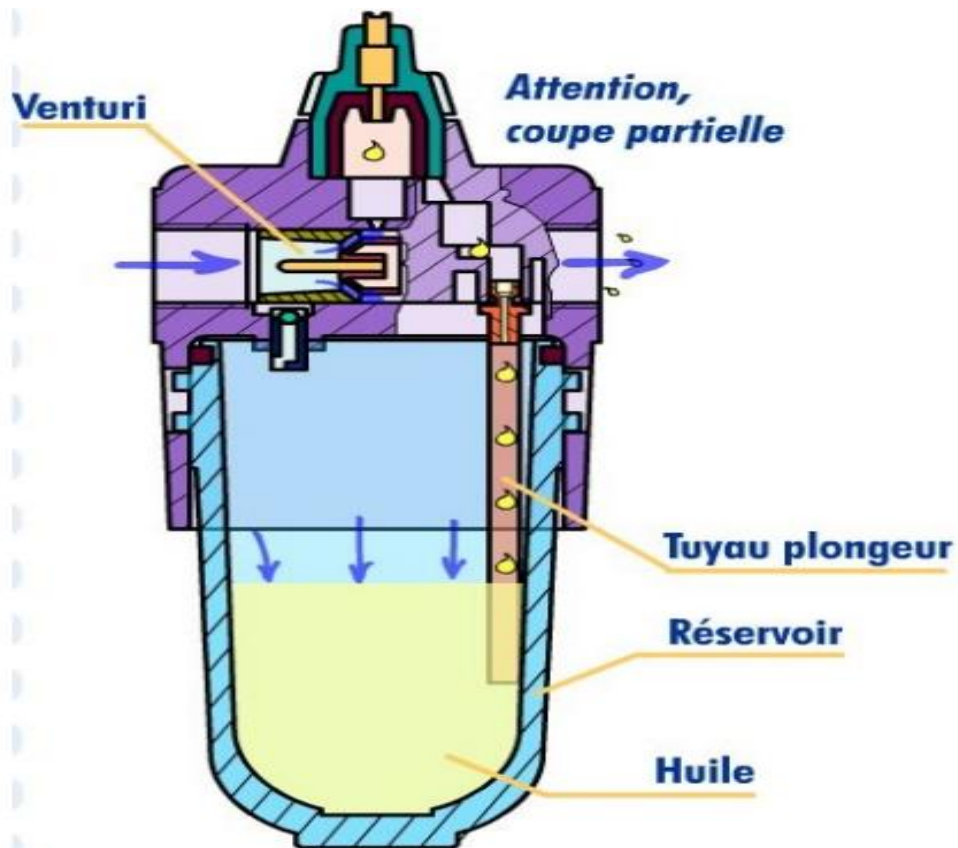


Figure I-5 : Principe de fonctionnement des régulateurs de pression

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



## ➤ Les lubrificateurs



**Figure I-6 : Principe de fonctionnement de lubrificateur.**

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

#### **I.1.4 les distributeurs**

Les distributeurs sont utilisés pour commuter et contrôler le débit d'un fluide sous pression, agissant comme des aiguillages au sein des circuits hydrauliques ou pneumatiques. Leur commande peut être mécanique, électrique ou pneumatique. Ils assurent plusieurs fonctions essentielles

- Contrôler le mouvement de la tige d'un vérin ou la rotation d'un moteur hydraulique ou pneumatique (distributeurs de puissance) ;
- Orienter le sens de circulation du fluide (aiguillage, dérivation, etc.) ;

- Démarrer ou arrêter la circulation du fluide (fonction de robinet d'arrêt, bloqueur...) ;
- Détecter la position d'éléments mobiles (comme la course d'un vérin), jouant alors le rôle de capteurs de position.[3]

#### **I.1.4.1 Symbolisation des distributeurs**

La symbolisation des distributeurs repose sur plusieurs éléments caractéristiques :

- Nombre d'orifices : 2, 3, 4 ou 5 orifices selon le type de circuit.
- Nombre de positions : généralement 2 ou 3 modes de distribution (positions de fonctionnement).
- Type de commande :
  - Simple pilotage avec ressort de rappel ;
  - Double pilotage, parfois avec rappel au centre par ressort (cas des distributeurs à 3 positions).
- Technologie de commande : pneumatique, électropneumatique ou mécanique.
- Technologie de commutation : vannes, tiroirs cylindriques, tiroirs plats ou clapets.

#### **I.1.4.2 Principe de symbolisation graphique**

- Nombre de cases :

Chaque case représente une position de fonctionnement. Si une position intermédiaire existe, elle est séparée des autres par des lignes pointillées.
- Flèches :

À l'intérieur de chaque case, des flèches indiquent le sens de circulation du fluide entre les orifices.
- Sources de pression :
  - Symbolisées par un cercle noir en hydraulique ;
  - Par un cercle clair en pneumatique.
- Échappement :

Représenté par un triangle noir aussi bien en hydraulique qu'en pneumatique.
- T : les orifices inutilisés à la position sont symboliquement fermés par un T droit ou inversé. Le nombre d'orifice est déterminé pour un emplacement et est égal pour tous les emplacements.

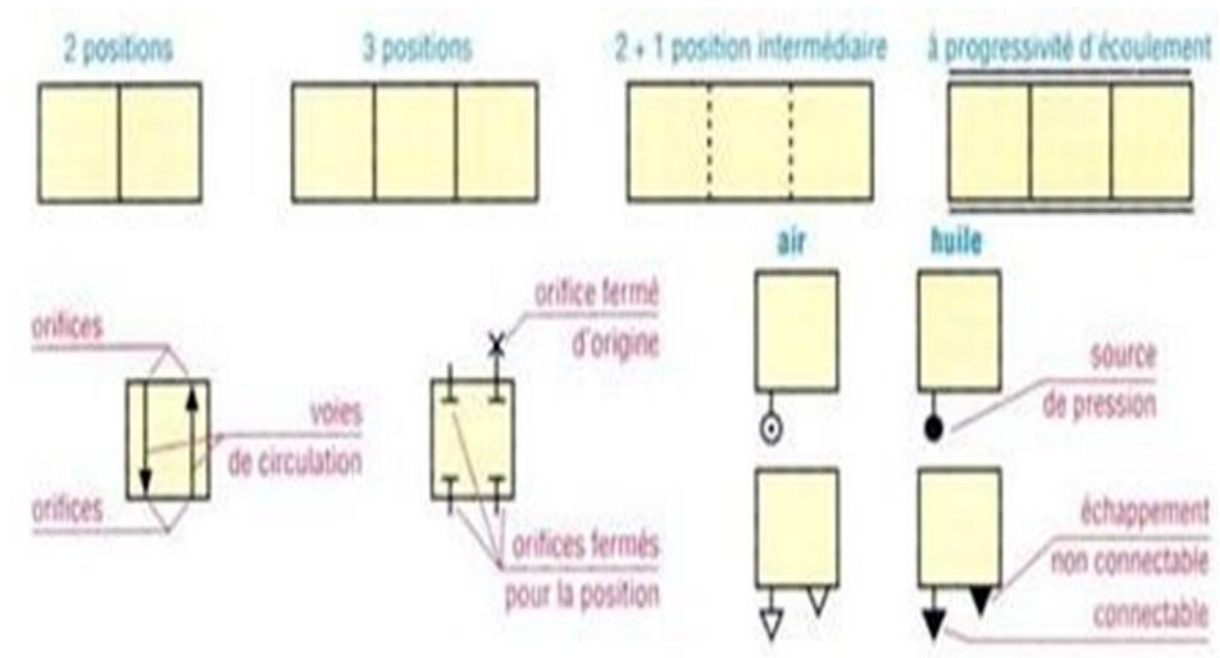


Figure I-7: principe de symbolisation des distributeurs.

#### I.1.4.3 Stabilité des distributeurs

- **Distributeur normalement fermé (NC) :**

En position de repos, aucune circulation de fluide n'est possible. Le passage est fermé tant qu'aucune commande n'est donnée.

- **Distributeur normalement ouvert (NO) :**

À l'inverse, en position de repos, le fluide circule librement à travers le distributeur sans besoin d'activation.[4]

- **Distributeur monostable :**

Possède une seule position stable. Dès que le signal de commande est interrompu, le distributeur revient automatiquement à sa position initiale grâce à un ressort de rappel.

- **Distributeur bistable :**

Dispose de deux positions stables. Le changement de position nécessite une impulsion de commande, et la position est maintenue sans énergie grâce à l'adhérence mécanique ou l'aimantation (comme une mémoire : état 0 ou 1).

- **Centre fermé pour 4/3 ou 5/3 :**

En position neutre, toutes les voies sont fermées. Le fluide est bloqué, empêchant tout mouvement du vérin ou du moteur. Très utile pour maintenir une charge en position, par exemple dans le cas d'une charge suspendue.

- **Centre ouvert pour 4/3 ou 5/3 :**

En position médiane, le fluide circule librement. Cela permet de purger les chambres du vérin et d'assurer un mouvement libre de la tige ou de l'arbre moteur, pratique pour les réglages ou pour supprimer les efforts résiduels.

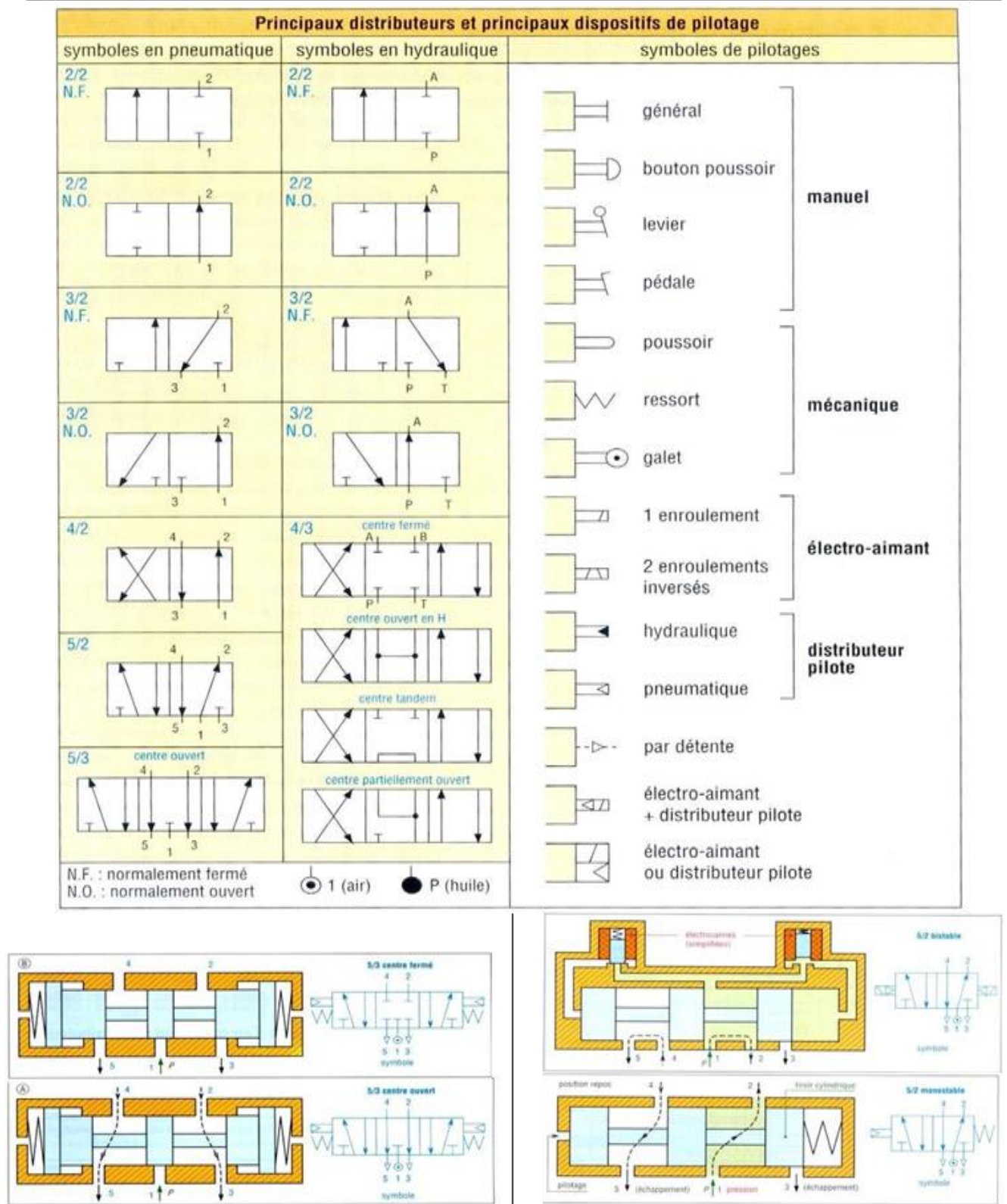


Figure I-8 : Normalisation des principaux distributeurs et des dispositifs de pilotages correspondantes.

### I.1.5 Les Actionneurs

Un actionneur pneumatique transforme l'énergie pneumatique d'entrée en énergie mécanique utile. On distingue principalement deux catégories :

- Les actionneurs pneumatiques linéaires, appelés vérins ;
- Les actionneurs pneumatiques rotatifs, comprenant les moteurs pneumatiques et les vérins rotatifs.

#### I.1.5.1 Vérins pneumatiques

Un vérin pneumatique est constitué d'un tube cylindrique, appelé cylindre, à l'intérieur duquel une pièce mobile, le piston, divise l'espace en deux chambres étanches. Des orifices, aménagés dans le cylindre, permettent l'admission ou l'évacuation du fluide dans l'une ou l'autre des chambres, provoquant ainsi le déplacement du piston.

#### I.1.5.2 Constitution et principe de fonctionnement d'un vérin

Quel que soit son type ou son fabricant, un vérin présente une structure similaire. Le piston, fixé à la tige, se déplace à l'intérieur du corps du vérin. Ce corps est fermé par deux extrémités : le nez et le fond, qui comportent des orifices destinés à l'alimentation en air comprimé. Les volumes internes susceptibles d'être remplis d'air comprimé sont appelés chambres.

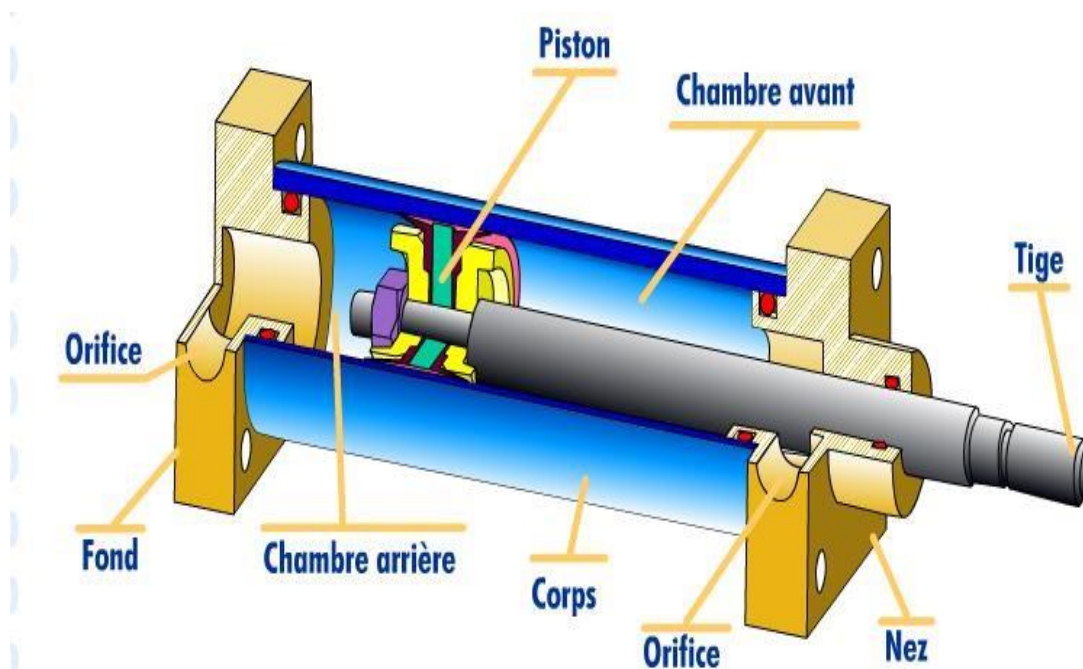


Figure I-9 : Constitution d'un vérin pneumatique.



C'est l'air comprimé qui, en pénétrant dans l'une des chambres, pousse sur le piston. La tige se déplace. L'air présent dans l'autre chambre est donc chassé et évacué du corps du vérin. Le mouvement contraire est obtenu en inversant le sens de déplacement de l'air comprimé. Les vérins sont classés selon leur mode de travail, dont dépend de leur conception, ils se répartissent en trois catégories :

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

#### I.1.5.2.1 Les vérins linéaires à simple effet

Le vérin à simple effet ne peut exercer un effort que dans une seule direction. Le retour de la tige s'effectue à l'aide d'un ressort de rappel placé entre le piston et le flasque avant. Ainsi, ce type de vérin n'assure qu'une action de poussée ou de traction.

Lorsque l'air comprimé est introduit, la tige se déploie et comprime le ressort, tandis que la chambre avant est mise à l'atmosphère. Pour le retour, il suffit de relâcher la pression : le ressort se détend et ramène la tige en position de repos.[4]

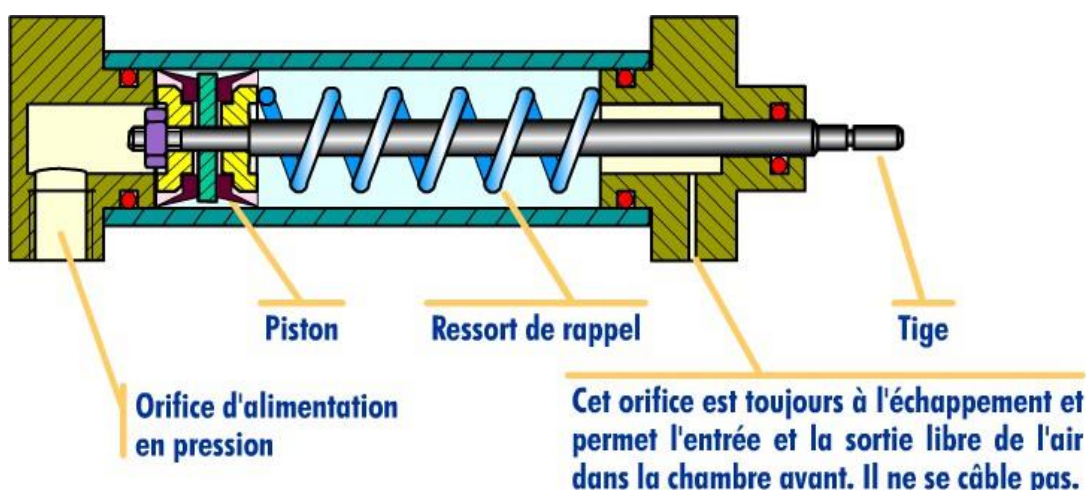
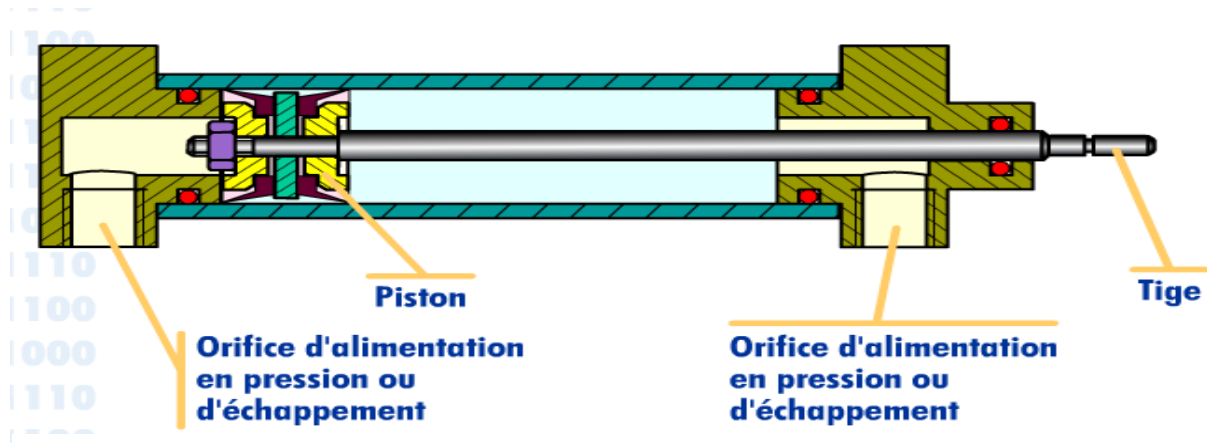


Figure I-10 : constitution d'un vérin simple effet.[2]

### I.1.5.2 Vérins linéaires à double effet

Dans un vérin à double effet, l'ensemble tige-piston peut se déplacer dans les deux directions sous l'action du fluide, aussi bien en poussée qu'en traction. L'effort développé lors de la poussée (sortie de tige) est légèrement supérieur à celui de la traction (rentrée de tige), car la pression



ne s'exerce pas sur la surface occupée par la tige.[4]

Figure I-11 : constitution d'un vérin double effet.[2]

### I.1.5.3 Principe de fonctionnement

- **Sortie de tige** : L'air comprimé est introduit par l'orifice A et agit sur le piston, provoquant la sortie de la tige du vérin. Simultanément, l'orifice B est mis à l'échappement, permettant à l'air de s'évacuer vers l'atmosphère.
- **Rentrée de tige** : Cette fois, la pression P est appliquée dans la chambre avant via l'orifice B. L'air comprimé agit sur la face avant du piston, entraînant la rentrée de la tige. L'air contenu dans la chambre arrière est alors expulsé par l'orifice A vers l'atmosphère.

#### I.1.5.3.1 L'amortissement en fin de course

L'amortissement de fin de course permet de réduire les à-coups et les chocs lorsque la tige du vérin atteint les extrémités de son déplacement. Ce dispositif est indispensable en cas de vitesses élevées, de cadences rapides ou de fortes charges. Pour des énergies modérées, des blocs en élastomère peuvent suffire. Cependant, pour des énergies plus importantes, l'utilisation de tampons amortisseurs est recommandée. Lorsque le tampon entre dans l'alésage, l'air



d'échappement est contraint de passer par l'orifice B, plus étroit que l'orifice A, réduisant ainsi le débit. Cette réduction de débit provoque une surpression, générant l'effet d'amortissement.

#### I.1.5.4 Vérins spéciaux

##### I.1.5.4.1 Vérin à tige télescopique

Le vérin à tige télescopique, à simple effet, permet de réaliser de grandes courses tout en maintenant une longueur repliée relativement compacte.

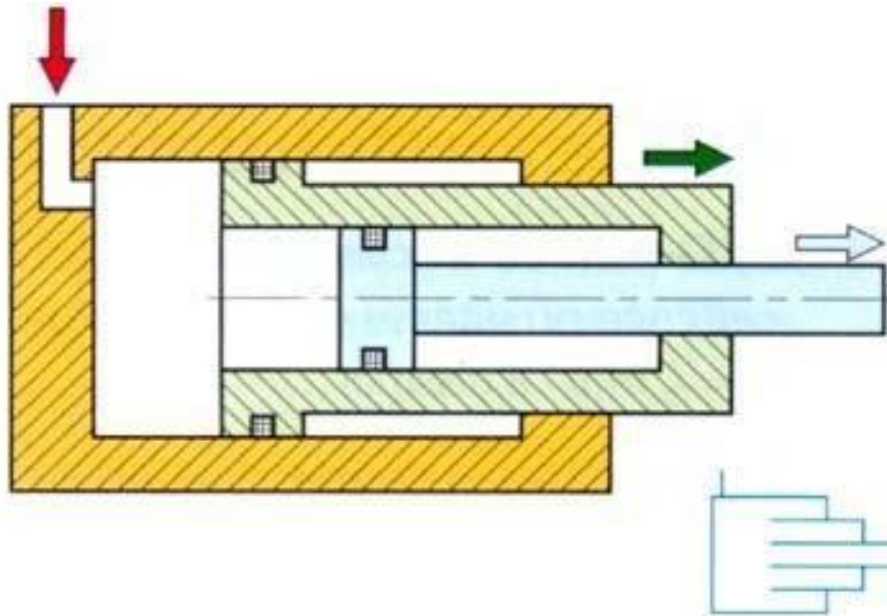


Figure I-12 : vérin simple effet a tige télescopique.

##### I.1.5.4.2 Vérin rotatif

Converti l'énergie d'un fluide en mouvement rotatif ; par exemple, un vérin à double effet qui entraîne un système à pignon-crémaillère. L'angle de rotation peut varier de 90 à 360°. Constitution d'un vérin pneumatique.

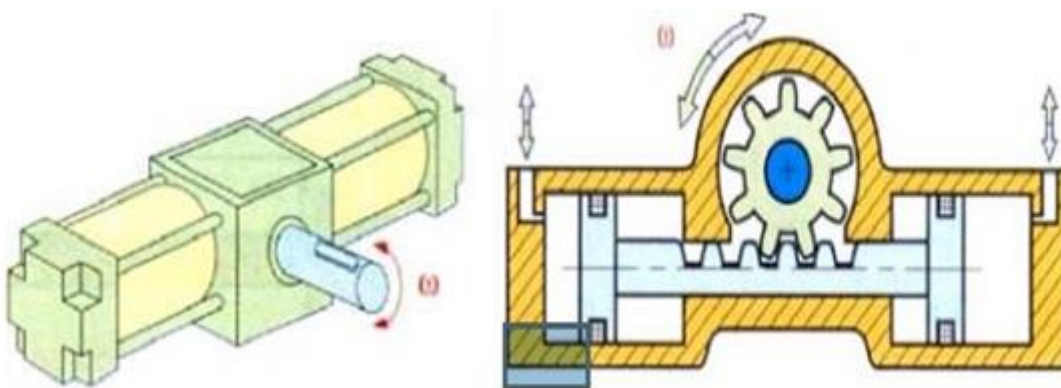


Figure I-13 : Exemple de réalisation d'un vérin rotatif.

#### I.1.5.4.3 Multiplicateur de pression

Utilisé principalement en oléopneumatique, le multiplicateur de pression permet, à partir d'une pression d'air initiale ( $p$  au point X), de générer un débit d'huile sous une pression nettement supérieure ( $P$  au point Y), pouvant être 10 à 20 fois plus élevée que  $p$ . Ce dispositif permet ainsi d'alimenter des vérins hydrauliques tout en assurant un contrôle plus précis de la vitesse de déplacement de leur tige.

#### I.1.5.4.4 Vérin sans tige

il s'agit d'un vérin pneumatique à double effet. C'est deux fois le volume des vérins à tige conventionnels et l'espace d'installation est divisé par deux.



Figure I-1 : un vérin double effet sans tige avec amortissement des deux Côtés.[1]

#### I.1.6 Les moteurs pneumatiques

Les moteurs pneumatiques transforment l'énergie de l'air comprimé en énergie mécanique sous forme de rotation. Grâce à un rapport puissance/poids nettement supérieur à celui des moteurs électriques, ils sont largement utilisés dans des dispositifs portables ou dans des espaces où la place est limitée. Par ailleurs, ces moteurs se distinguent par leur facilité d'installation ainsi que par la simplicité de contrôle de leur vitesse et de leur sens de rotation.

### I.1.6.1 Type des moteurs pneumatiques

#### a) Moteurs pneumatiques à palettes:

Ces moteurs utilisent des palettes montées dans un rotor excentré. L'air comprimé pousse les palettes, ce qui provoque la rotation du rotor. Ils sont souvent utilisés pour des vitesses élevées et des couples moyens.

#### b) Moteurs pneumatiques à pistons axiaux :

Composés de plusieurs pistons disposés parallèlement à l'axe de rotation, ces moteurs convertissent la pression de l'air en mouvement rotatif. Ils sont adaptés aux applications nécessitant un couple élevé à basse vitesse.

#### c) Moteurs pneumatiques à pistons radiaux :

Les pistons sont disposés radialement autour de l'axe. Ce type de moteur est souvent utilisé quand un couple important est nécessaire, avec une bonne précision.

## I.2 Partie hydraulique

Une chaîne hydraulique est un ensemble de composants qui permet de transmettre de l'énergie à l'aide d'un fluide sous pression pour produire un mouvement.

### I.2.1 Description générale

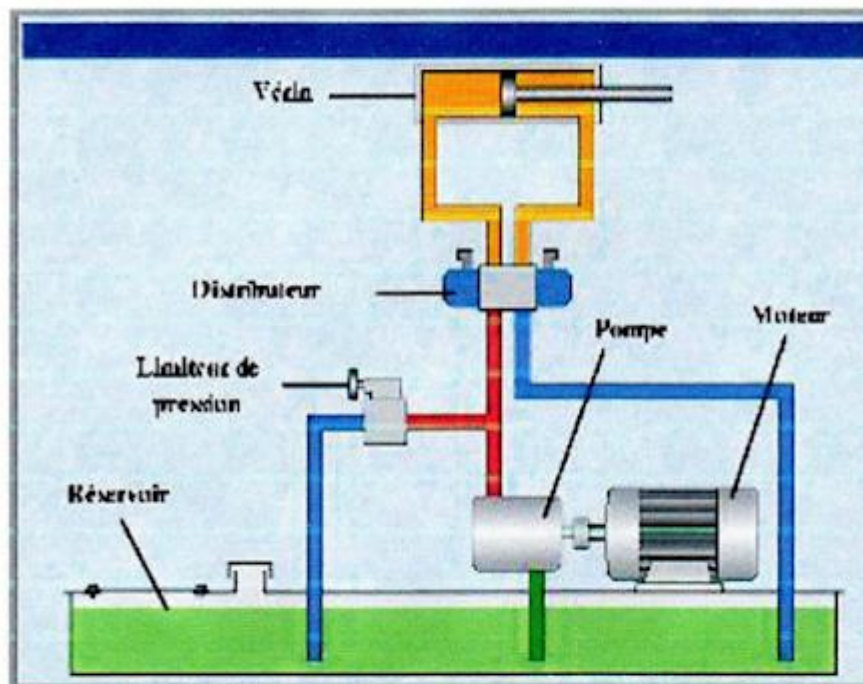


Figure I-15 : Installation hydraulique .[7]

### I.2.2 Structure générale

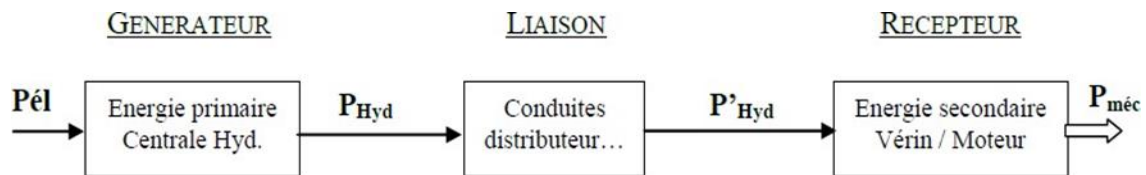
Un circuit hydraulique industriel est constitué de 3 zones :[6]

**1ère zone** : Source d'énergie : c'est un générateur de débit (centrale hydraulique)

**2ème zone** : Récepteur hydraulique : transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique (vérin, moteur hydraulique) ;

**3ème zone** : liaison entre les deux zones précédentes. On peut trouver dans cette zone :

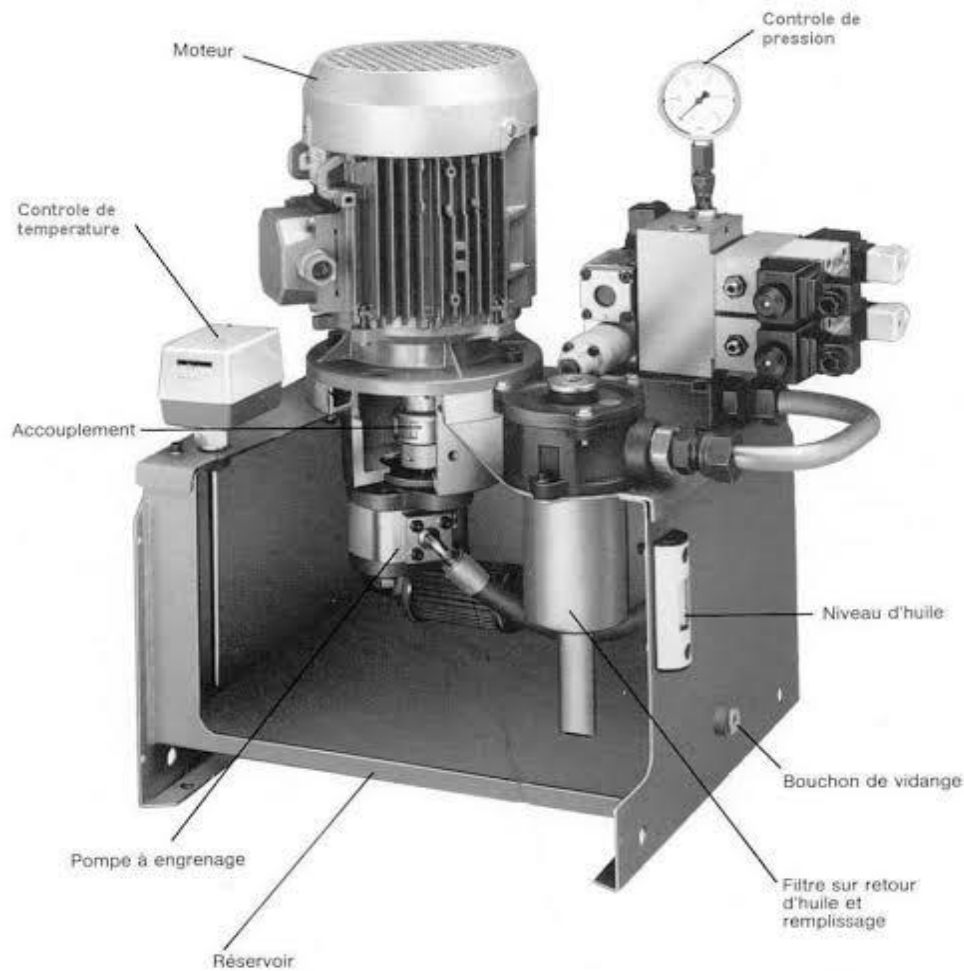
- des éléments de distribution (distributeur),
- des éléments de liaison (tuyaux),
- des accessoires (appareils de mesure, de protection, de stockage d'énergie et de régulation).



### I.2.3 Centrale hydraulique :

#### I.2.3.1 Définition d'une centrale hydraulique

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



**Figure I-16 : Centrale hydraulique**

**Réservoir :** Il sert à stocker l'huile, à la refroidir et à la protéger contre les éléments extérieurs qui pourraient la polluer.

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

**Pompe :** sa fonction consiste à :

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

## I.2.3.2 Composition d'une Centrale Hydraulique :

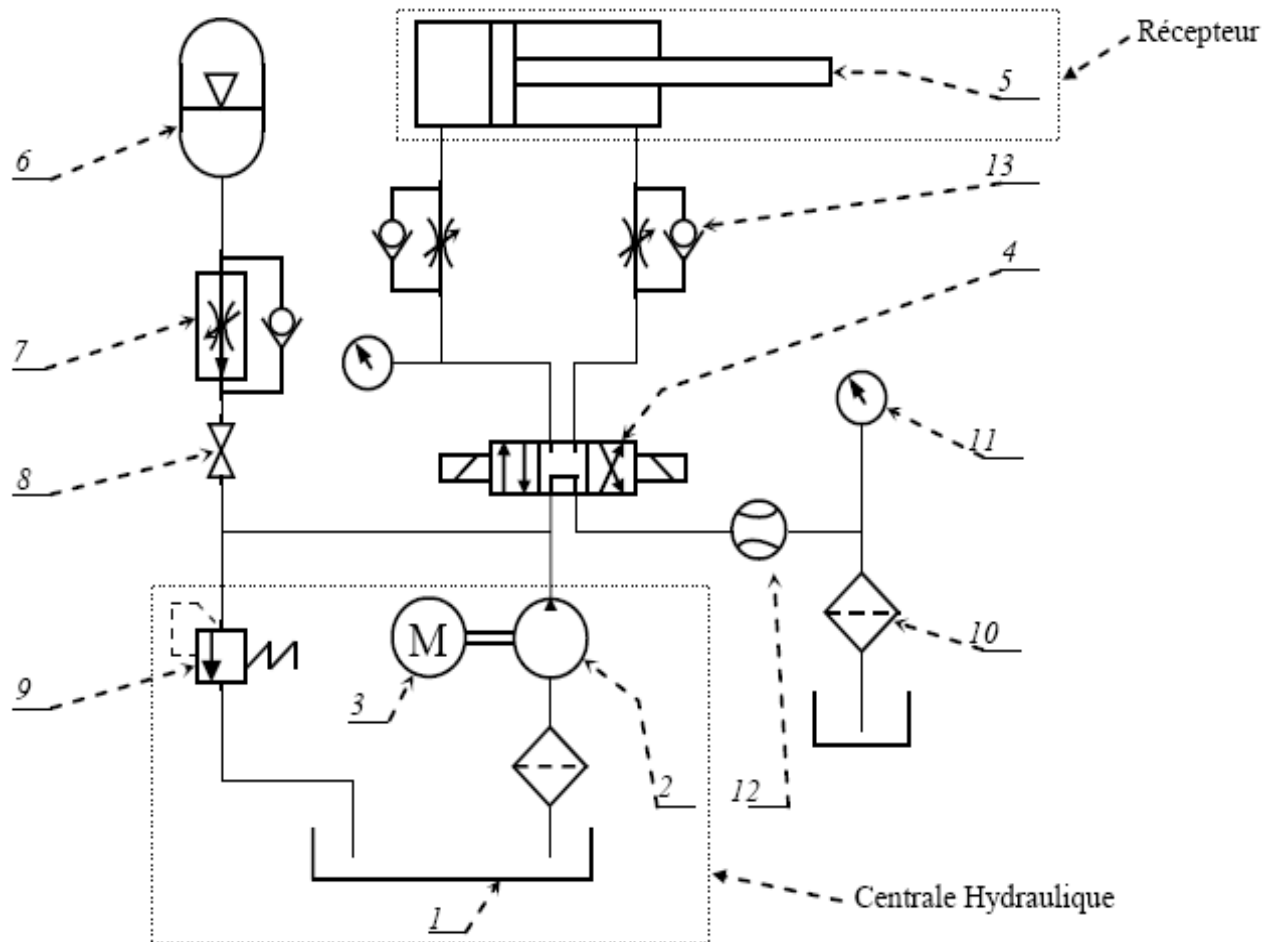


Figure I-17 : Schéma de principe d'un circuit hydraulique.[7]

- 1) **Réservoir** : stocker le fluide.
- 2) **Pompe hydraulique** : générer la puissance hydraulique.
- 3) **Moteur électrique** : actionner la pompe.
- 4) **Distributeur 4/3** : distribuer la puissance-hydraulique au vérin.
- 5) **Vérin double effet** : transformer la puissance hydraulique en puissance mécanique.
- 6) **Accumulateur** : stocker l'énergie hydraulique et la restituer en cas de besoin.
- 7) **Régulateur de débit** : régler le débit et le vitesse du fluide.
- 8) **Vanne** : distribuer ou Interrompre le passage du fluide.
- 9) **Limiteur de pression** : protéger installation contre les surpressions.
- 10) **Filtre** : empêcher les impuretés de s'infiltrer dans les organes sensibles
- 11) **Manomètre** : indiquer la valeur de la pression.
- 12) **Débitmètre** : indiquer la valeur de débit.
- 13) **Clapet anti-retour** : autoriser le passage du fluide dans un seul sens.



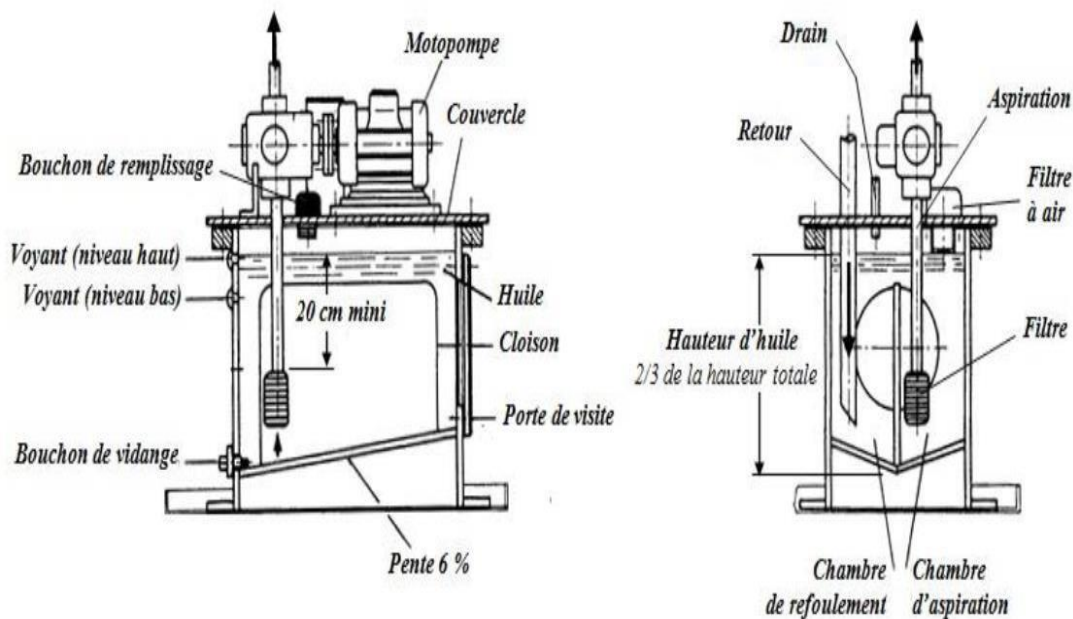
### I.2.3.3 Les Réservoirs

Toute installation hydraulique possède un réservoir qui doit principalement recueillir le fluide de travail nécessaire au fonctionnement de cette installation. Il s'agit généralement d'huile. Ce réservoir doit toutefois remplir d'autres tâches pour lesquelles, bien sûr il a été fabriqué. Ainsi, le réservoir sert aussi au refroidissement du fluide par le circuit hydraulique. Sa taille s'adapte au débit de la pompe et au réchauffement qui en résulte.[6]

### I.2.3.4 Constitution

Le réservoir est utilisé pour le stockage des fluides. Il est constitué de :

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





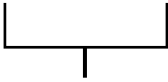
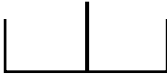

				
Réservoir à pression atmosphérique	Réservoir sous pression	Tuyauterie partant d'un réservoir en charge	Tuyauterie immergée	Tuyauterie au dessus du niveau de l'huile

Tableau I-01 : Symboles normalisé des réservoirs.

### I.2.4 Les Pompes

Les pompes hydrauliques transforment une énergie mécanique ou électrique en énergie hydraulique. Elles aspirent le fluide depuis un réservoir à pression atmosphérique avec une faible dépression. La pompe fournit le débit nécessaire au circuit, mais la pression ne se crée que lorsqu'il y a une résistance à l'écoulement. Ainsi, la pompe est un générateur de débit, et sa résistance mécanique dépend de la pression maximale de refoulement [9],[10].

#### I.2.4.1 Différents types de pompes

Il existe sur le marché plusieurs types de pompes hydrauliques (les pompe volumétriques, les pompes non volumétriques)

#### 1) Les pompes non volumétriques :

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

##### a) Les pompes centrifuges :

La pompe centrifuge est une machine rotative qui pompe un liquide en le forçant au travers d'une roue à aubes. C'est le type de pompe industrielle le plus commun. Par l'effet de la rotation de l'impulseur, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentielllement.

##### b) Les pompes à hélice :

La pompe à hélice est un dispositif de type de roue à faible débit et à faible charge avec un chemin d'écoulement linéaire. La pompe à hélice peut être installée dans une orientation



verticale, horizontale ou inclinée et a généralement son moteur situé au-dessus du niveau de l'eau avec la roue sous l'eau.

## **2) Les pompes volumétriques :**

Les pompes hydrauliques volumétriques possèdent une étanchéité interne. Cela signifie que l'orifice d'admission est séparé de celui de refoulement par des pièces mécaniques rigides. L'étanchéité interne d'une pompe volumétrique rend cette dernière apte à être utilisée dans les circuits servant à déplacer des charges.

### **a) Les pompes à engrenage :**

Les pompes hydrauliques volumétriques à engrenage sont de constitution simple parce qu'elles ne possèdent que peu de pièces mobiles internes. Ce type de pompe présente l'avantage d'être celui le moins coûteux. Cependant, ces pompes offrent un rendement volumétrique peu élevé, de plus Il existe deux catégories de pompe à engrenage

- Les pompes à engrenage extérieur
- Les pompes à engrenage intérieur.

### **b) les pompes à palettes :**

Les pompes hydrauliques volumétriques à palettes sont fréquemment utilisées parce qu'elles ont un bon rendement volumétrique .Elles offrent généralement un meilleur rendement volumétrique que les pompes à engrenage. Elles sont toutefois plus coûteuses que ces dernières.

### **c)Les pompes à pistons axiaux :**

Ce sont des pompes hautes performances. Elles peuvent fournir des débits important (jusqu'à 500l/mn). On les utilise pour des pressions de 250 à 400 bars, elles sont relativement bruyantes et elles ont un rendement d'environ 0,9. En fonction de la technologie utilisée elles sont à cylindrée fixe ou variable.

### **d) Les Pompes à piston radiaux :**

Cette pompe dispose d'un arbre moteur avec un excentrique qui actionne alternativement les pistons situés sur sa circonférence. L'encoche creusée dans l'excentrique permet la circulation de l'huile vers le piston vers la phase d'aspiration. Deux clapets qui permettent d'isoler la chambre de refoulement. On les utilise pour des pressions supérieures à 350 bars, elles sont très silencieuses, et elles sont utilisées dans les cas de fort débit .Leurs rendements sont environ 0,9.

### **I.2.5 Les Système de Filtration**

les pannes se produisant sur les installations hydrauliques, on constate qu'un grand nombre de celle-ci proviennent du mauvais état du fluide hydraulique. L'huile sous pression, circulant dans l'installation, véhicule toutes sortes d'impuretés peuvent être abrasives ou non abrasives. Dans tous les cas, il faut absolument les éliminer, car elles provoqueront des pannes et une usure anormale des composants amenant rapidement des fuites. C'est le rôle de la filtration.

#### **I.2.5.1 Sélection d'un filtre**

Le choix d'un filtre, ainsi que de ses dimensions, doit être effectué en fonction de plusieurs paramètres techniques à savoir :

- Le type d'installation utilisée.
- La pression de fonctionnement de l'installation.
- Le débit d'huile circulant à travers l'installation.

D'autres critères secondaires peuvent également influencer le choix du filtre, tels que :

- La température de fonctionnement
- Le type de fluide utilisé
- Les normes ou recommandations du fabricant de l'installation.

#### **I.2.5.2 Types de filtres**

##### **a) Filtre de compensation**

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

##### **b) Filtre d'aspiration**

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

##### **c) Filtre de pression**

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

**d) Filtre de retour**

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

**e) Filtre hors-ligne**

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

**I.2.6 Les Organes de liaison****I.2.6.1 Les distributeurs**

Les distributeurs sont des dispositifs permettant de contrôler la direction du fluide dans un circuit hydraulique. En orientant le flux vers différents composants (comme un vérin ou un moteur), ils assurent le fonctionnement souhaité. Ils peuvent comporter 2, 3, 4 orifices ou plus, il est constitué de 3 parties : le corps, le tiroir, les éléments de commande.

**I.2.6.2 Symbolisation**

-Les distributeurs peuvent être classés selon plusieurs critères : Par le nombre d'orifices :

En pneumatique : 2, 3, 4 ou 5 orifices. En hydraulique : notés généralement A, B, P (pression) et T (réservoir).

-Par le nombre de positions: Généralement 2 ou 3 positions.

-Par le type de commande du pilotage : Simple pilotage avec rappel par ressort Double pilotage, avec éventuellement un rappel au centre par ressort.

-Par la technologie de pilotage : Hydraulique Pneumatique Électropneumatique Mécanique.[6]

Par la technologie de commutation : À clapets À tiroirs cylindriques À tiroirs plans .

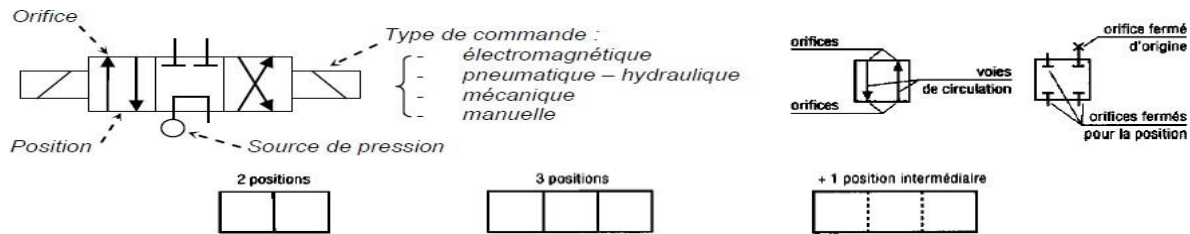


Figure I-19 : symbole normalisé du distributeur.

### I.2.6.3 Les types de distributeurs

Il en existe trois principaux distributeurs (à tiroir, à clapet, à boisseau)

#### a) Distributeurs à clapet :

Un distributeur à clapet est un composant hydraulique ou pneumatique servant à interrompre ou diriger le flux d'un fluide dans un circuit. destinés aux faibles débits, ils ne présentent pas de débit de fuites lorsque le passage est fermé.

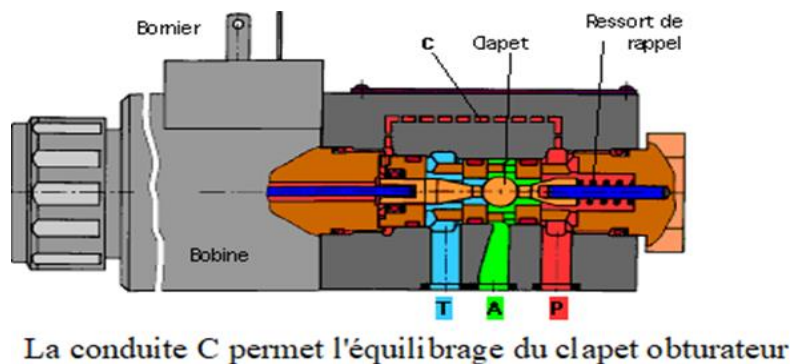


Figure I-20 : Distributeurs à clapet

#### b) Distributeur à tiroir :

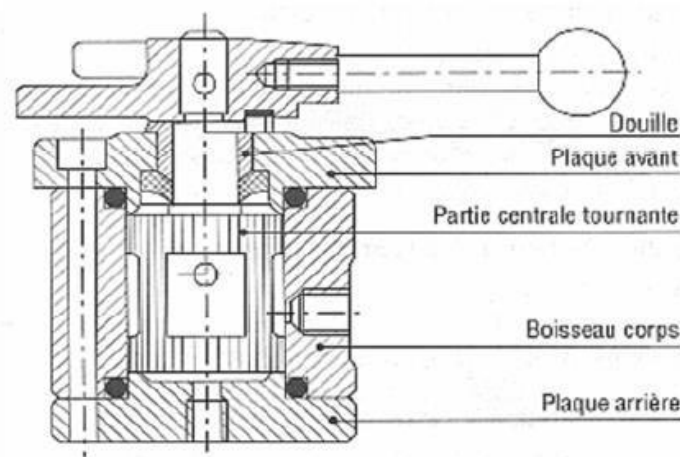
Le distributeur à tiroir sert à diriger le fluide hydraulique dans les parties d'un circuit dans lesquelles on a besoin de la pression engendrée par la circulation du fluide. On distingue deux types de distributeurs à tiroir : ceux à tiroir coulissant et ceux à tiroir rotatif. La majorité des distributeurs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



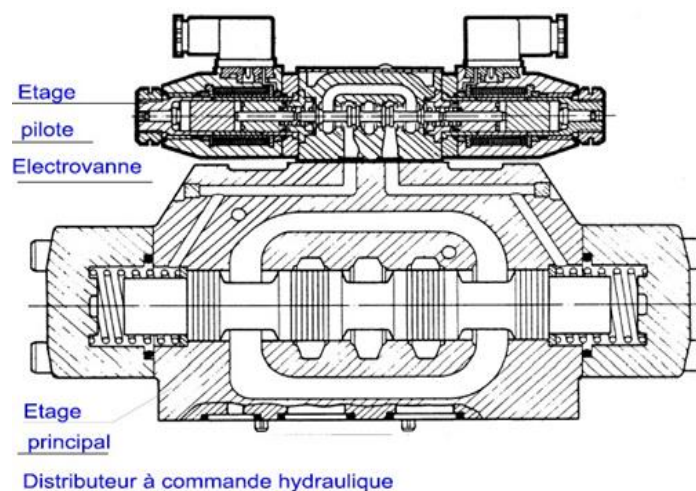
Figure I-21 : Distributeur à tiroir.

**c) Distributeur à boisseau :**

Un distributeur à boisseau muni de passage assure la mise en communication des différents orifices. Ces distributeurs sont généralement à commande manuelle. Ils peuvent prendre deux ou trois positions. L'arrêt en position est obtenu par verrou à bille. En utilisation industriel, ils sont limités en débit et pression, ils sont généralement utilisés dans les installations hydrauliques de faible puissance.[8]

**Figure I-22: Distributeur à boisseau****d) Distributeurs pilotés :**

Les distributeurs pilotés sont des distributeurs hydrauliques dont le changement de position du tiroir principal est assuré non pas directement par une action manuelle ou électrique, mais par une commande auxiliaire appelée pilotage.

**Figure I-23 : Distributeur à commande combinée**

## I.2.7 Les Organes de protection et de régulation

### I.2.7.1 Limiteurs de pression

Les limiteurs de pression permettent d'assurer la sécurité d'un circuit ou d'une partie de circuit, en limitant la pression à un maximum. Le limiteur de pression est installé en dérivation entre la ligne de circuit et la basse pression. De par sa conception, cet appareil provoque une perte de charge qui est fonction du débit à évacuer.

### I.2.7.2 Réducteurs de pression

**Réducteurs de pression** Un réducteur de pression est généralement ouvert au repos. Lorsqu'il détecte que la pression en aval dépasse la pression de tarage (la pression réglée), il interrompt la communication entre l'entrée et la sortie. Ce dispositif permet ainsi de maintenir une pression inférieure à celle de l'alimentation tout en garantissant une pression constante en aval, malgré les variations de la pression d'entrée

### I.2.7.3 Réglage de débit

#### a) Les limiteurs de débit

Les limiteurs de débit sont conçus pour réguler le débit du fluide et ainsi contrôler la vitesse d'un récepteur (comme un vérin ou un moteur). Cependant, ces dispositifs ne garantissent pas la stabilité du débit en cas de variations de pression dans le circuit. Par conséquent, bien qu'ils permettent de contrôler la vitesse du récepteur.

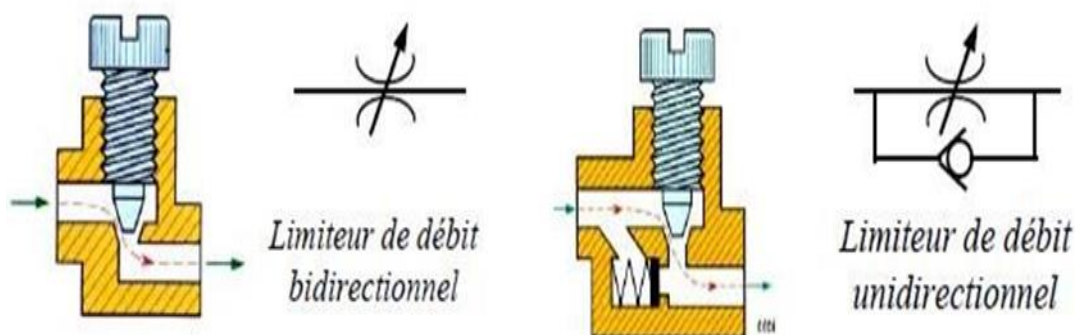


Figure I-24 : Limiteur du débit.

#### b) Régulateur de débit :

Le régulateur de débit assure un débit d'huile constant, indépendamment des variations de charge, de viscosité ou de pression. Il est composé d'un étranglement réglable et d'un

étranglement mobile piloté qui compare les pressions de chaque côté, permettant ainsi de maintenir le débit stable.

#### **I.2.7.4 Les accumulateurs**

Les accumulateurs sont utilisés pour stocker et restituer de l'énergie ou de la pression. Ils sont particulièrement efficaces dans les circuits où la puissance moyenne est faible mais où la puissance instantanée est élevée.

##### **a) Fonctions principales des accumulateurs :**

- Dilatation thermique
- Amortissement de chocs
- Récupération et restitution d'énergie
- Amortissement des pulsations
- Compensation des fuites
- Réserve d'énergie

##### **b) Les types d'accumulateurs :**

###### **1) Accumulateur à membrane :**

Un accumulateur à membrane comporte une membrane élastique qui sépare le fluide hydraulique et un gaz (souvent de l'azote). Lorsque la pression dans le circuit change, la membrane se déforme pour stocker ou libérer de l'énergie.

###### **2) Accumulateur à piston :**

Dans cet accumulateur, un piston mobile sépare le fluide hydraulique du gaz. Le piston se déplace pour stocker l'énergie lorsque la pression augmente et pour la libérer lorsque la pression chute.

###### **3) Accumulateur à vessie :**

Un accumulateur à vessie comprend une vessie en caoutchouc qui sépare le fluide et l'azote. La vessie se dilate ou se contracte en fonction des variations de pression dans le système.

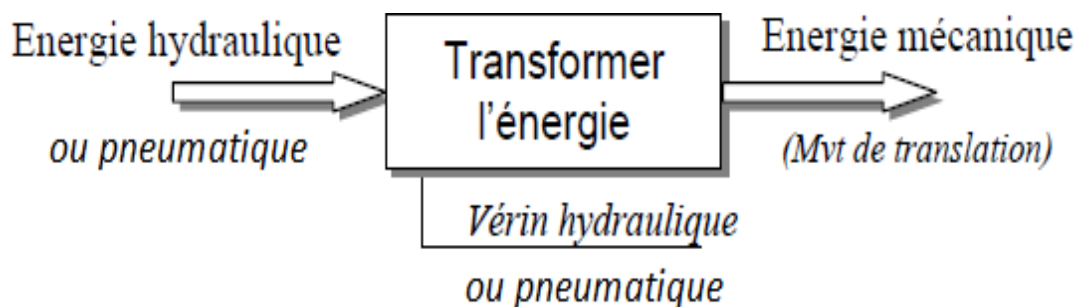
###### **4) Accumulateur à ressort :**

L'accumulateur à ressort utilise un ressort mécanique pour stocker l'énergie sous forme de force mécanique. Ce type d'accumulateur est plus rare et est principalement utilisé dans des applications à faible capacité.

## I.2.8 Les vérins hydrauliques

### I.2.8.1 Les vérins

Les vérins sont des actionneurs qui convertissent l'énergie d'un fluide sous pression (hydraulique ou pneumatique), ou parfois une énergie électrique, en énergie mécanique sous forme de mouvement linéaire ou rotatif. Ils permettent de pousser, tirer, soulever, bloquer, percuter ou encore faire tourner des charges selon les besoins de l'application. Dans l'industrie, les vérins les plus courants fonctionnent grâce à l'énergie hydraulique (pour des efforts élevés) ou pneumatique (pour des mouvements rapides et plus légers).



### I.2.8.2 Les différents types de vérin

#### a) Le vérin simple effet :

Le vérin simple effet n'est relié au distributeur que par une canalisation, seul le mouvement de sortie de la tige permet d'appliquer un effort, le mouvement de retour du piston et de la tige est provoqué par : un ressort, une force extérieure ou le propre poids du piston et de la tige.[1]

#### b) Le vérin double effet :

L'ensemble tige piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide, l'effort en poussant est légèrement plus grand que l'effort en tirant. Ils sont plus souples, réglage plus facile de la vitesse, amortissement de fin de course réglable, mais ils sont plus coûteux.[1]

#### c) Vérins spéciaux :

Il existe plusieurs types de vérins spéciaux

- Vérins à tige télescopique
- Vérin sans tige



- Vérins rotatifs

**d) Vérins à tige télescopique :**

Composés de plusieurs segments imbriqués, ils permettent une longue course tout en conservant un encombrement réduit à l'arrêt. Très utilisés dans les engins de levage ou les bennes.

**e) Vérins rotatifs :**

Contrairement aux vérins classiques à mouvement linéaire, ceux-ci produisent un mouvement de rotation grâce à un système à crémaillère ou à palettes. Ils sont utilisés pour des applications nécessitant un couple de rotation.

**f) Vérins sans tige :**

Ces vérins n'ont pas de tige sortante. Le mouvement est transmis via un chariot fixé à un piston interne, souvent grâce à un système magnétique ou mécanique. Ils sont utiles lorsque l'espace est limité sur les côtés du vérin.

**I.2.8.3 Caractéristique d'un vérin**

Un vérin se définit par un certain nombre de caractéristiques techniques essentielles à son choix et à son intégration dans un système :

La course : distance maximale que peut parcourir la tige du vérin.

Le diamètre de la tige : influence la résistance mécanique et la force transmise.

La présence d'un amortisseur : permet de réduire les chocs en fin de course pour un fonctionnement plus doux.

La pression de service et le type d'usage : dépendent de l'application (pneumatique ou hydraulique) et des efforts nécessaires.

Le mode de fixation et l'extrémité de la tige : déterminent la manière dont le vérin sera monté dans le système et connecté à la charge.

La nature du fluide utilisé : peut être de l'huile (hydraulique) ou de l'air comprimé (pneumatique), selon l'application.

## I.2.9 Moteur hydraulique

### I.2.9.1 Définition

Le moteur hydraulique transfère l'énergie hydraulique en énergie mécanique, il utilise le débit d'huile qui est poussé dans le circuit hydraulique par une pompe hydraulique et le transforme par un mouvement rotatoire pour entraîner un autre dispositif.

Une différence de pression existe entre l'admission et le refoulement du moteur, cette différence de pression s'applique sur les parties mobiles internes du moteur qui sont reliées mécaniquement à l'arbre d'accouplement du moteur, sous l'effet de la différence de pression les pièces mobiles internes se déplacent et entraînent ainsi l'arbre du moteur et la charge à déplacer.

### I.2.9.2 Les différents types de moteurs hydrauliques sont

- Moteurs à engrenage
- Moteurs à palettes
- Moteurs à pistons

#### a) Moteur à palettes :

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

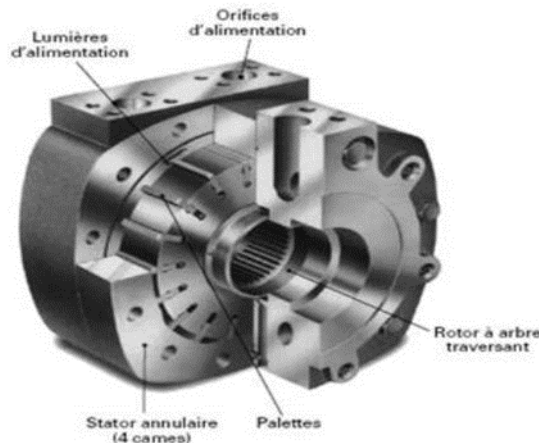
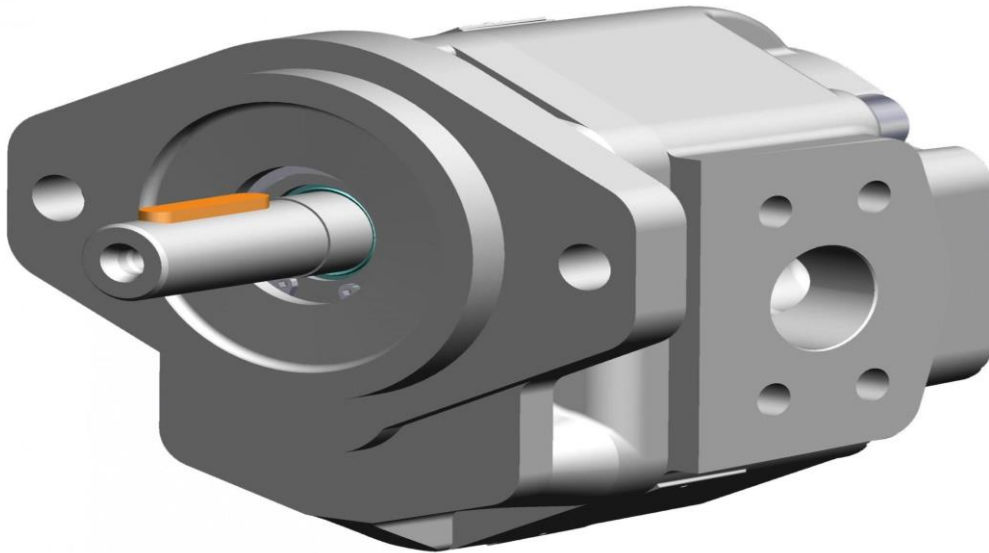


Figure I-25 : Moteur à palettes

#### b) Moteur à engrenages :

Même conception que la pompe à engrenage, la pression du fluide entraîne en rotation les roues dont l'une est motrice. Ils sont économiques, encombrement très réduit, mais rendement limité.[1]



**Figure I-26 : Moteur à engrenages.**

**c) Moteur à pistons radiaux :**

À la différence des pompes à pistons radiaux, les moteurs de ce type utilisent des pistons qui se déplacent sur une came fixe (stator), ce qui permet plusieurs courses par tour. Le nombre de pistons est généralement impair afin d'assurer une continuité du débit et un bon équilibrage dynamique.



**Figure I-27 : Moteur à pistons radiaux.**

**d) Moteur à pistons axiaux**

Les pistons en communication avec la haute pression se déplacent en tournant et par une liaison rotule avec le tourillon obligent ce dernier à tourner. Le couple est très important, possibilité de varier la cylindrée, vitesse importante, inconvénient ils sont très coûteux.[1]

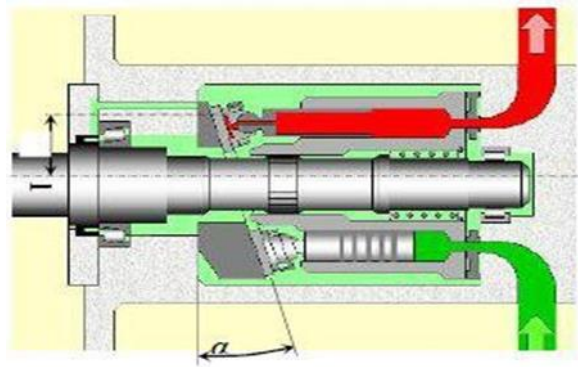


Figure I-28 : Moteur à pistons axiaux.

### I.3 Avantage et Inconvénients Énergie pneumatique

➤ **Avantage**

- L'air est disponible partout et en quantité illimitée.
- Il se transporte facilement via des conduites peu coûteuses.
- L'air est une matière d'œuvre propre, sans risque de pollution.
- Les composants pneumatiques sont généralement peu onéreux.
- Ils permettent d'atteindre des vitesses et des cadences de fonctionnement élevées.

➤ **Inconvénients**

- L'air utilisé doit être parfaitement filtré ; aucune impureté ni poussière ne doit pénétrer dans le système.
- La compressibilité de l'air rend difficile l'obtention de vitesses de déplacement parfaitement régulières.
- Les forces développées restent relativement modestes, avec des pressions d'utilisation généralement comprises entre 3 et 10 bars.

### I.4 Avantage et Inconvénients Énergie hydraulique

➤ **Avantage**

- Transmission de forces et de couples élevés.
- Une grande souplesse d'utilisation dans de nombreux domaines.
- Une très bonne régulation de la vitesse sur les appareils moteurs, du fait de l'incompressibilité du fluide.
- Le démarrage en charge des moteurs hydrauliques et des vérins.

- Une augmentation de la longévité des composants, contrairement aux systèmes pneumatiques, où il est nécessaire d'utiliser un lubrificateur après la filtration de l'air. Les systèmes hydrauliques, du fait de la présence de l'huile, possèdent un excellent moyen de lubrification.

**Inconvénients :**

- Risques d'accident dus à l'utilisation de pressions élevées dans les systèmes 50

< 700 bars.

- Fuites qui entraînent une diminution du rendement.
- Pertes de charge dues à la circulation de l'huile dans les tuyauteries.
- Risques d'incendie dus à l'utilisation d'une huile hydraulique minérale inflammable.
- Matériel coûteux dont la maintenance est onéreuse du fait du prix de revient élevé des composants, du remplacement de l'huile hydraulique et de filtres

**1.5 Comparaison entre le pneumatique et l'hydraulique**

Bien que certains considèrent le pneumatique et l'hydraulique comme similaires, ces deux domaines présentent en réalité des différences importantes. Certes, ils partagent un principe commun : produire un mouvement mécanique à l'aide d'actionneurs similaires, tels que les vérins pour les mouvements linéaires et les moteurs pour les mouvements rotatifs. Toutefois, leur distinction principale réside dans le fluide utilisé pour transmettre la force.

Le pneumatique utilise de l'air, un gaz compressible, tandis que l'hydraulique repose sur l'huile, beaucoup moins compressible. De plus, l'air peut varier de consistance, ce qui n'est pas le cas des liquides. En général, le pneumatique offre une plus grande rapidité d'exécution. Cependant, en raison de la pression maximale limitée à environ 150 psi, il est inadapté au déplacement de charges lourdes, contrairement aux systèmes hydrauliques capables de supporter des pressions allant jusqu'à 10 000 psi.

Le coût est un autre point de différenciation majeur : les installations pneumatiques sont généralement beaucoup moins coûteuses que les hydrauliques. Ainsi, même si leurs champs d'application peuvent parfois se recouper, chaque technologie répond à des besoins spécifiques. L'une sera plus appropriée que l'autre selon les exigences de l'application visée.

**Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté de manière générale les technologies pneumatique et hydraulique. Nous avons expliqué leur principe de fonctionnement, les composants essentiels, ainsi que leurs avantages et inconvénients. La comparaison entre les deux a permis de mieux comprendre leurs différences et les points forts de chaque système. Ce chapitre constitue ainsi une base importante pour la suite de l'étude.

# **Chapitre II : Dimensionnement d'un système hydraulique – Cas de table élevatrice**

### Introduction

Une installation hydraulique, en hydromécanique, est un ensemble complet de composants qui utilise un fluide sous pression pour effectuer un travail mécanique afin de permettre aux machines hydrauliques de pouvoir soulever un objet. Dans ce chapitre, nous allons présenter une partie de dimensionnement de système hydraulique d'un cas de table élévatrice.

### II.1 Principe de fonctionnement

Lorsque le bouton de montée est activé, la pompe aspire le fluide contenu dans le réservoir et le dirige vers les vérins, entraînant ainsi le déplacement du piston et de sa tige. Cette tige est mécaniquement reliée à un système d'articulations qui soulève la plateforme. Un clapet anti-retour, situé sur la ligne hydraulique entre la pompe et le vérin, empêche tout retour du fluide. Cela permet à la plateforme de s'arrêter à n'importe quelle hauteur dès que le bouton de montée est relâché. Lorsque le bouton de descente est actionné, une électrovanne s'ouvre, autorisant le fluide hydraulique à retourner vers le réservoir. Le moteur reste alors à l'arrêt. Le poids propre de la plateforme, combiné à la force gravitationnelle, génère la pression nécessaire dans le vérin pour refouler le fluide. Une vanne de débit, placée sur la soupape de descente, permet de régler la vitesse de descente de manière optimale. Lorsque le bouton de descente est relâché, la soupape se referme, maintenant la plateforme à la hauteur souhaitée. Le système de soupapes est conçu de manière à empêcher tout abaissement involontaire en cas de coupure d'alimentation électrique [12].

### II.2 Dimensionnement de table élévatrice

Sur un cahier des charges il est demandé de réaliser une installation de table élévatrice hydraulique qui répond aux exigences suivantes [12]:

On veut réaliser un vérin alimenté par un moteur hydraulique. Le vérin déplace une masse de 3100 Kg sur 800 mm à une vitesse moyenne de 0.55 m/s à l'aller comme au retour. On pourra considérer que la phase accélération représente environ 1/5 du temps total.

#### II.2.1 Vérin hydraulique

Pour le cas étudié de la table élévatrice, un vérin hydraulique sert à créer un mouvement mécanique et se caractérise par les paramètres suivants:

$m$  : La masse : 3100 Kg

$V_s$  et  $V_r$  : sont des vitesses de sortie et de l'entrée, respectivement, égal : 0.53 m/s



C : La course : 800 mm

$\eta$  : Le rendement : 0.9

g: L'accélération de la pesanteur : 9,8 m/s<sup>2</sup>

P=150 bar

Pour déterminer les dimensions d'un vérin nous devons faire certains calculs en tenant compte les forces exercées.

- Force (F1) nécessaire pour équilibrer la masse (m) :

$$F1=m \times g$$

$$F1 = m \times g = 3100 \times 9,83 = 30380 \text{ N} = 3038 \text{ da N}$$

$$F1= 3038 \text{ da N}$$

- Force (F2) nécessaire pour communiquer l'accélération (a) :

$$F2=m \times a$$

$$a=\frac{v}{t} \quad \Leftrightarrow t=\frac{1}{5}T \quad \dots\dots\dots 1$$

D'où :

$$C=V \times T \quad \Leftrightarrow T=\frac{C}{V}=\frac{0.8}{0.55}=1.45 \text{ s} \quad \dots\dots\dots 2$$

Et :

$$t=\frac{1}{5}T \quad \Leftrightarrow t=\frac{1}{5} \times 1.45=0.33 \text{ s} \quad \dots\dots\dots 3$$

Alors :

$$a=\frac{v}{t}=\frac{0.55}{1.45}=1.65 \text{ m/s}^2 \quad \dots\dots\dots 4$$

$$F2=m \times a = 1.65 \times 3100 = 5100 \text{ N}$$

$$F2=510 \text{ da N} \quad \dots\dots\dots 5$$

- Force réelle totale (Ft) nécessaire à déplacer la charge :

$$Ft=\frac{F1+F2}{2}=\frac{30380}{0.9}=38150 \text{ N}$$

- On peut aussi déterminer la section du piston (S) :

$$S = \frac{Ft}{P} \quad \Leftrightarrow S = \frac{38150}{150 \times 10^5}$$

$$S = 0.0024 \text{ m}^2$$

- Alors, d'après la section de piston (S), on peut déduire le diamètre de piston (D) :

$$S = \pi \frac{D^2}{4} \quad \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}}$$

$$\Leftrightarrow D = 56 \text{ mm}$$

### Dimensionnement de la tige au flambage

Pour dimensionner une tige au flambage, il est essentiel de prendre en compte les propriétés mécaniques du matériau, notamment sa résistance à la compression, sa rigidité et sa résistance au flambage. Les tiges de vérin en compression sont généralement conçues pour résister à des sollicitations de compression importantes, mais elles peuvent également être soumises à des sollicitations de flexion qui peuvent les rendre vulnérables au flambage.

On détermine la longueur libre de flambage par la relation :

$$L = \text{Course} \times K$$

Où Le facteur K dépend du mode de fixation du vérin et du type de guidage de l'extrémité de la charge. Ces coefficients sont en général donnés sous forme de tableau par les constructeurs de vérins.

$K = 0.5$	$K = 0.7$	$K = 1$	$K = 1.5$	$K = 1.5$	$K = 2$	$K = 2$	$K = 2$	$K = 2$	$K = 4$	$K = 4$
Fixation de la tige										
C ou D	B	B	B	B	A	A	A	Libre	Libre	Libre
Fixation du cylindre										
F et I	F	F et I	J'	I	J	G	J''	F et I	F	I
<b>A</b> rotule	<b>B</b> chape	<b>C</b> écrou contre-écrou	<b>G</b> rotule arrière	<b>H</b> tourillon ou pivot	<b>I</b> patte arrière	<b>D</b> bride ou plaque avant	<b>E</b> patte de fixation	<b>F</b> équerre avant	<b>J'</b>	<b>J</b> tourillon ventrale réglable

Figure II-1 : Choix du mode de fixation [11].

D'après la figure précédente on a choisi un type de cylindre de vérin avec une rotule arrière et parallèlement de type fixation de la tige , comme montré dans la case coloré en orange qui contient un coefficient de course est égale à  $K = 1,5$

**Calcul de la longueur libre du flambage (L) :**

$$L = C \times K$$

D'après le cahier de charge, on a  $C = 800 \text{ mm}$ , donc :

$$L = 800 \times 1.5$$

$$L = 1200 \text{ m}$$

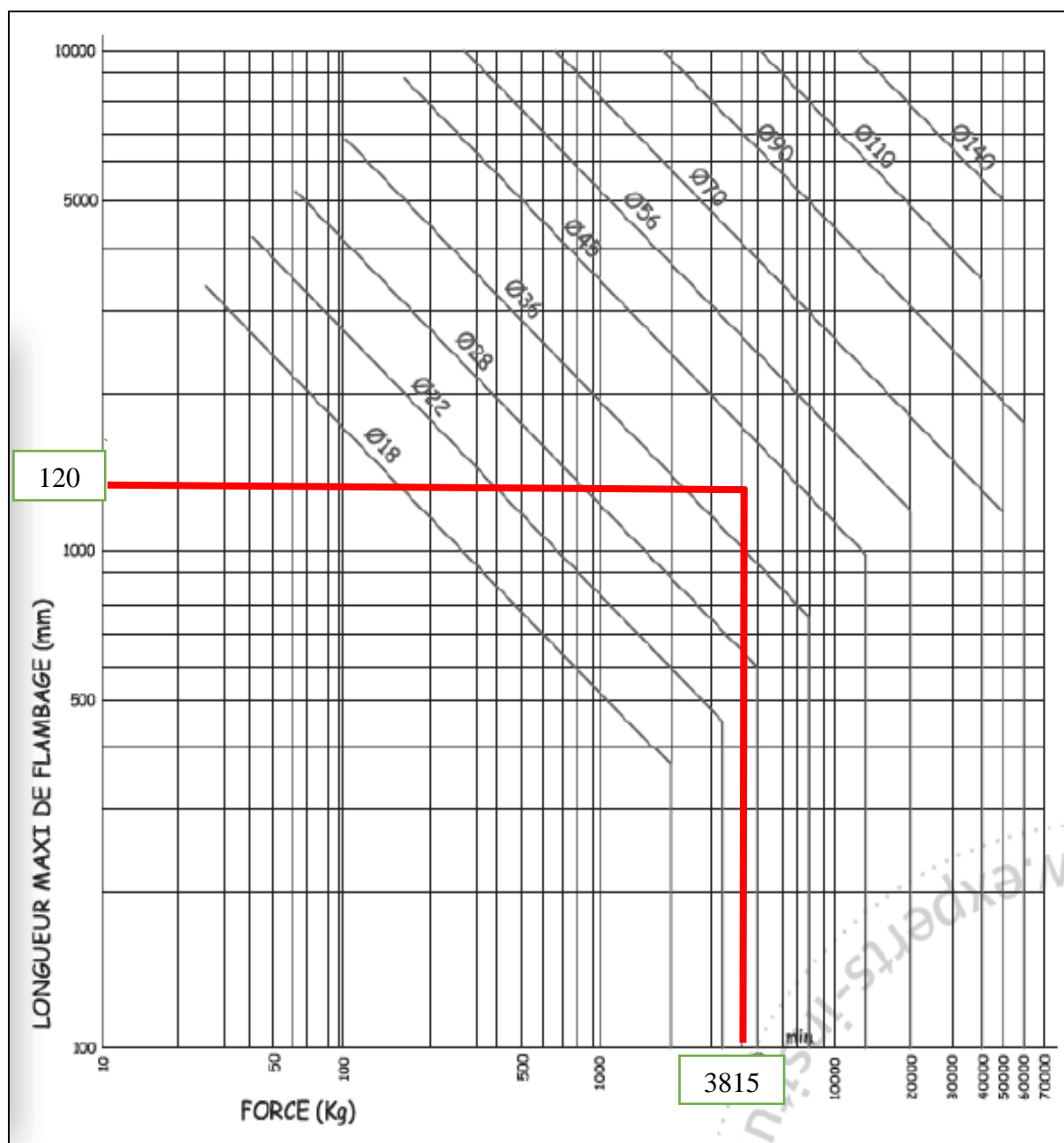


Figure II-2 : Abaque de détermination de longueur maximum de tige sans risque de flambage

	Diamètre d'alésage du vérin (mm)															
	32		40		50		63		80		100		125		160	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Diamètre de la tige (mm)	16	22	28	36	45	56	70	90	100							

**Tableau II-1 : Représente les diamètres du vérin**

D'après la figure précédente et pour une force réelle totale de ( $F_t = 3815 \text{ daN}$ ) et une tige de diamètre 45 mm, on peut déduire la longueur libre du flambage max environ de ( $L_{\max}=1200\text{mm}$ ). Donc le vérin qui convient est comme suit : ( $\emptyset 63 \times 45$ )

### II.2.2 Moteur hydraulique

Un moteur hydraulique est un moteur isotherme qui transforme une puissance hydraulique ou hydrostatique (pression  $\times$  débit) en puissance mécanique (force  $\times$  vitesse, ou couple  $\times$  vitesse angulaire). Son utilisation se fait dans le cadre d'une transmission hydrostatique. Pour notre cas étudié de la table élévatrice le moteur utilisé est de paramètres suivants :

C : couple est égal à  $75 \text{ daN} \cdot \text{m}$

N : vitesse de rotation est égal à  $260 \text{ tr / min}$   $\eta_m$  : rendement est égal à 0,93

P : pression est égal à 150 bar [11].

1. Détermination de la cylindrée :

On considère que les pertes mécaniques sont faibles devant les pertes volumétriques ( $\eta_v$ ).  $\eta = \eta_v \times \eta_m \Leftrightarrow \eta = 0,93$  avec  $\eta_v = 1$

Nous savons le couple théorique est obtenu par la relation suivante :

$$\begin{aligned}C &= C_{th} \times \eta & \Leftrightarrow & C_{th} = \frac{C}{\eta} \\& & \Leftrightarrow & C_{th} = \frac{800}{1} \\& & \Leftrightarrow & C_{th} = 800 \text{ N. m}\end{aligned}$$

Donc la cylindrée (Cyl) est trouvée à partir de la formule suivante :

$$\begin{aligned}C_{th} &= \frac{Cyl \times \Delta p}{2\pi} & \Leftrightarrow & Cyl = \frac{2 \times \pi \times C_{th}}{\Delta P} \\& & \Leftrightarrow & Cyl = \frac{2 \times \pi \times 800}{150 \times 10^5} = 35.5 \times 10^{-5} m^3/tr \\& & \Leftrightarrow & Cyl = 35.5 \times 10^{-5} m^3/tr \\& & \Leftrightarrow & Cyl = 355 \text{ cm}^3/tr\end{aligned}$$

Où :  $\Delta P$  est la pression

Alors La cylindrée réel est comme suite :

$$\begin{aligned}Cyl_r &= \frac{Cyl}{\eta_v} & \Leftrightarrow & Cyl_r = \frac{355}{0.93} \\& & \Leftrightarrow & Cyl_r = 381 \text{ cm}^3/tr\end{aligned}$$

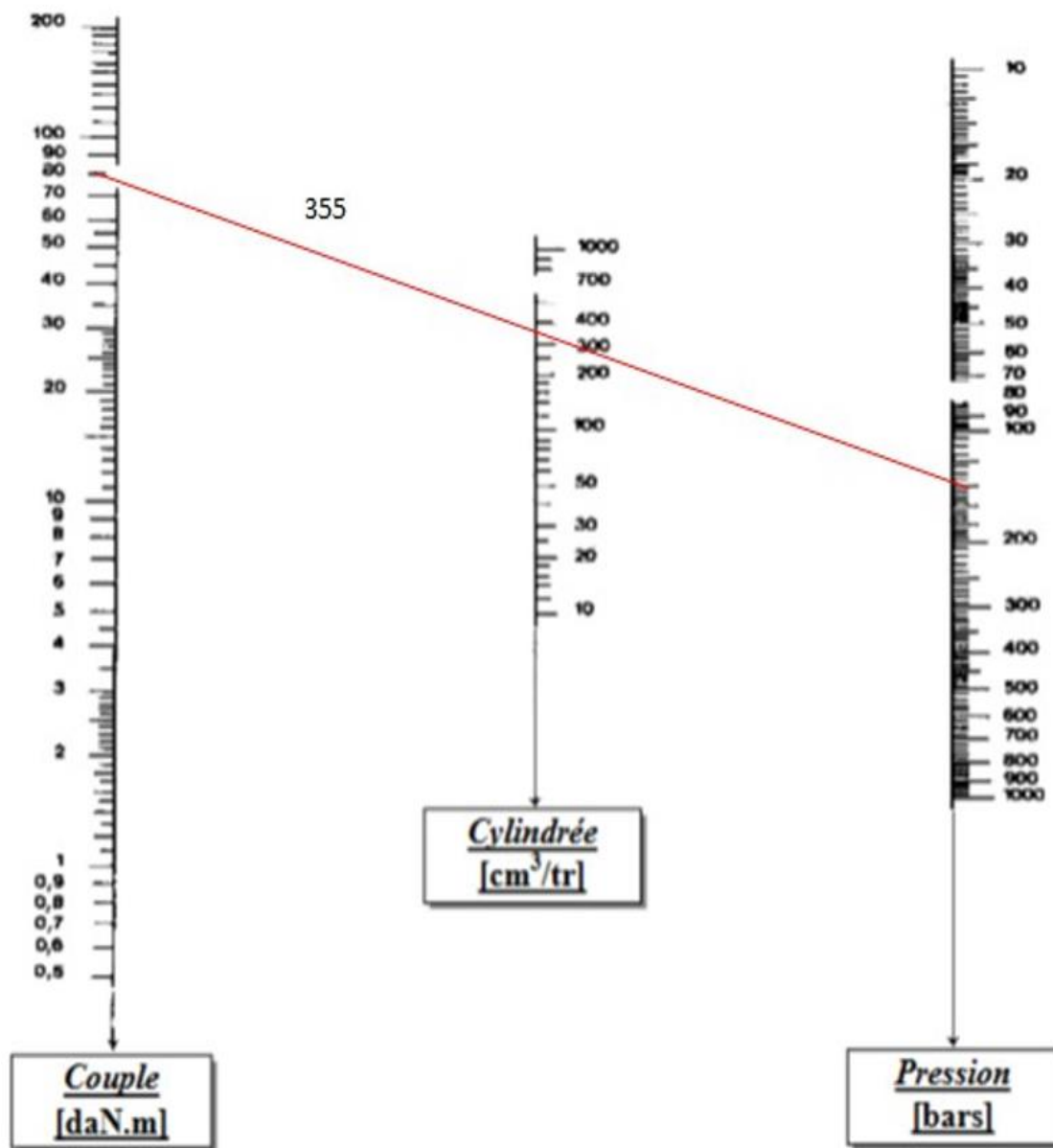


Figure II-3 : Abaque des caractéristiques du moteur hydraulique.

Cylindrée	cm <sup>3</sup> /tr	53	63	80	100	125	160	200	245	315	390	485
Débit (l/min)	Continu	38	45	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	Intermittent	45	53	68	68	68	68	68	68	68	68	68
Vitesse maxi. (tr/min)	Continu	721	693	710	568	462	354	286	234	174	144	114
	Intermittent	864	806	848	678	551	421	341	282	209	171	138
$\Delta p$ (bar)	Continu	124	124	124	124	124	115	110	100	90	83	69
	Intermittent	138	138	138	138	138	124	124	124	124	110	90
Couple (Nm)	Continu	83	104	130	162	200	242	287	318	377	419	426
	Intermittent	93	116	145	181	223	260	324	391	508	547	507
Masse (kg)		5	5,3	5,5	6,1	6,2	6,4	6,7	7,1	7,4	7,7	8

Figure II-4 : Catalogue du constructeur Eaton .

D'après la valeur de la cylindrée et le tableau précédent on peut détecter directement le débit théorique :

$$Q_{th} = 57 \text{ L/min} \quad \Leftrightarrow \quad Q_{th} = 0,057 \text{ m}^3/\text{s}$$

La puissance hydraulique ( $P_h$ ) est calculée par la relation suivante :

$$P_h = C \times \omega \quad \text{et} \quad P_h = P \times Q$$

$$P_h = P * Q \Leftrightarrow P_h = \frac{150 \times 10^5 \times 57}{60\,000} = 14250 \text{ W}$$

$$\Leftrightarrow P_h = 14.25 \text{ KW}$$

Calculer la vitesse angulaire ( $\omega$ ) :

$$\omega = \frac{P_h}{C} \quad \Leftrightarrow \quad \omega = \frac{14\,250}{700} = 19 \text{ rad/s}$$

$$\Leftrightarrow \omega = 19 \text{ rad/s}$$



La vitesse de rotation (N) :

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{2 \times \pi \times N}{60} \Rightarrow N = \frac{60 \times \omega}{2\pi} \\ \Rightarrow N &= \frac{60 \times 19}{2 \times 3.14} = 181.5 \text{ tr/min} \\ \Rightarrow N &= 181.5 \text{ tr/min}\end{aligned}$$

**2. Détermination de la pression de travail ( $\Delta P$ ) :**

$$\begin{aligned}C &= \frac{cyl \times \Delta P}{2\pi \times \eta} \Rightarrow \Delta P = \frac{2 \times \pi \times C \times \eta}{cyl} = \frac{2 \times 3.14 \times 750 \times 0.93}{0.000390} = 112.32 \text{ bar} \\ \Rightarrow \Delta P &= \frac{2 \times 3.14 \times 750 \times 0.93}{0.000390} = 112.32 \text{ bar} \\ \Rightarrow \Delta P &= 112.32 \text{ bar}\end{aligned}$$

**3. Détermination du débit absorbé par le moteur :**

$$\begin{aligned}Q_{\text{réel}} &= \frac{C \times \omega}{P} \text{ avec } \omega = \frac{2 \times \pi \times N}{60} \Leftrightarrow Q_{\text{réel}} = \frac{750 \times 2 \times \pi \times 181.5 \times 60000}{150 \times 10^5 \times 60} \\ \Leftrightarrow Q_{\text{réel}} &= 567 \text{ l/min} \\ \Leftrightarrow Q_{\text{réel}} &= 0,00945 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

## II.2.3 Détermination des débits

1. Débit du vérin

$$\begin{aligned}S_A &= \frac{\pi \times D_P^2}{4} \Leftrightarrow S_A = \frac{\pi \times (6.3)^2}{4} = 31.15 \text{ cm}^2 \\ \Leftrightarrow S_A &= 31.15 \text{ cm}^2 \\ S_B &= \frac{\pi \times (D_P^2 - D_t^2)}{4} \Leftrightarrow S_B = \frac{\pi \times (6.3^2 - 4.5^2)}{4} = 7.41 \text{ cm}^2 \\ \Leftrightarrow S_B &= 7.41 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

La vitesse est donné par sa valeur  $V = 0.55 \text{ m/s}$ .

Donc le débit  $Q$  est trouvé par :

$$\begin{aligned} Q &= S_A * V & \Leftrightarrow & Q = 31.15 * 55 \\ & & \Leftrightarrow & Q = 1650 \text{ cm}^3/\text{s} = 1.65 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 99 \text{ l/min} \\ & & \Leftrightarrow & Q = 99 \text{ l/min} \end{aligned}$$

•Débit nécessaire au retour  $Q'$  :

$$\begin{aligned} Q' &= S_B * V & \Leftrightarrow & Q' = 7.41 * 55 \\ & & \Leftrightarrow & Q' = 392.7 \text{ cm}^3/\text{s} = 0.392 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 23.56 \text{ l/min} \\ & & \Leftrightarrow & Q' = 23.56 \text{ l/min} \end{aligned}$$

## 2. Débit du moteur hydraulique :

$$\begin{aligned} Q_{réel} &= \frac{C * \omega}{P} & \Leftrightarrow & Q_{réel} = \frac{750 * 2 * \pi * 181.5 * 60000}{150 * 10^5 * 60} \\ & & \Leftrightarrow & Q_{réel} = 56.99 \text{ l/min} \end{aligned}$$

Alors le débit maximal est une somme de ces deux :

$$Q_{max} = Q_{vérin} + Q_{Mhyd} = 99 + 56.99 = 156 \text{ l/min}$$

### II.2.4 Détermination de la pompe hydraulique

La pression maximale retenue est de 150bars à laquelle s'ajoutent les pertes de charge du circuit, pour augmenter la durée de vie de la pompe, il faut que la pompe ne fonctionne pas en charge donc on fixe la pression sur 160 bars.

Le débit total est  $Q = 156 \text{ l/mn} = 0.0026 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Pour un moteur électrique tournant à 1780 tr/min, il faut une pompe de cylindrée :

$$\begin{aligned} Cyl &= \frac{Q}{N} & \Leftrightarrow & Cyl = \frac{156}{1770} = 88.14 \text{ cm}^3/\text{tr} \\ & & \Leftrightarrow & Cyl = 88.14 \text{ cm}^3/\text{tr} \end{aligned}$$

Sur le catalogue du constructeur (HYDRO LEDUC) pour les pompes à pistons, nous avons trouvé une pompe (TXV 92) de cylindrée 92 cm<sup>3</sup> et à travers cette valeur on va essayer de déterminer les différentes caractéristiques de la pompe.

Type de pompe		Sens de rotation	Cylindrée maxi <sup>(1)</sup> (cm <sup>3</sup> /tr)	Pression maxi de service (bar)	Vitesse maxi à pleine cylindrée <sup>(2)</sup> (tr/min)
► Gamme standard					
TXV 40	0512950 0512955	SH SIH	40	400	3000
TXV 60	0512500 0512505	SH SIH	60	400	2600
TXV 75	0512510 0512515	SH SIH	75	400	2000
TXV 92	0512520 0512525	SH SIH	92	400	1900
TXV 120	0515700 0515705	SH SIH	120	380	2100
TXV 130	0515300 0515515	SH SIH	130	365	2100
TXV 150	0518600 0518605	SH SIH	150	310	2000
TXV 130 <i>indexable</i>	0520300	SH/SIH	130	365	1750
TXV 150 <i>indexable</i>	0525070	SH/SIH	150	310	1750

Figure II-5 : Catalogue du constructeur HYDRO LEDUC [11].

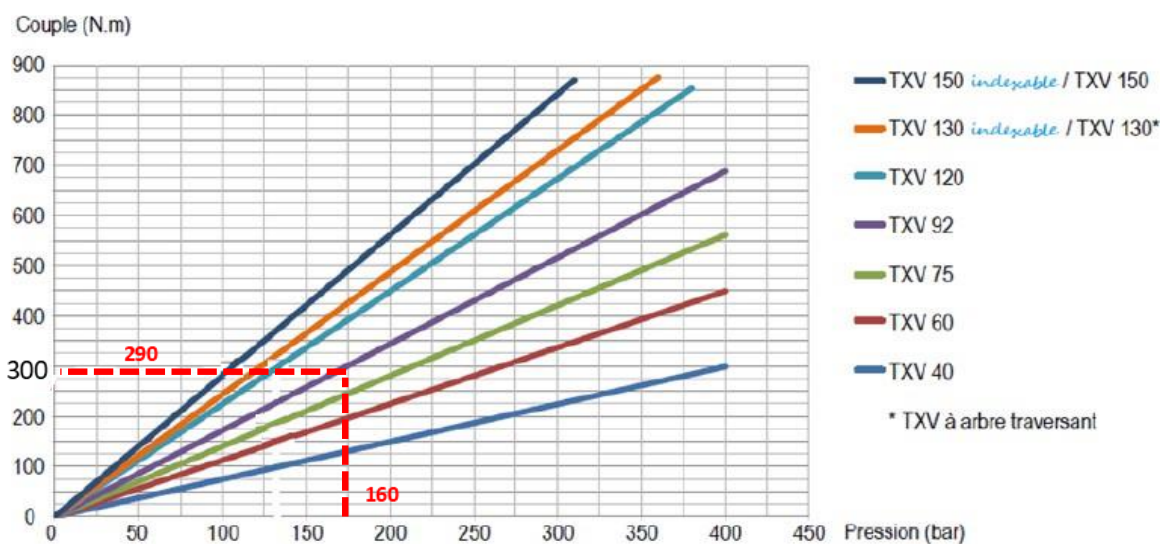


Figure II-6:Caractéristiques de la pompe à piston HYDRO LEDUC [11] .

Pour une pression  $P = 160\text{bars}$  et vitesse de rotation de  $N = 200\text{ tr/mn}$ , le débit est indiquée par sa valeur  $Q = 156\text{ l/min}$ .

On a ainsi le couple  $C = 290\text{ N.m}$  avec un rendement mécanique de  $\eta_m = 0.85$  pour cela, la puissance absorbée par la pompe est obtenue par :

$$\begin{aligned}P &= C * \omega & \Leftrightarrow & P = 290 * \frac{2 * \pi * 200}{60} \\& & \Leftrightarrow & P = 6,07\text{ KW}\end{aligned}$$

### 1. Rendement volumétrique :

$$\begin{aligned}\eta_V &= \frac{Q_{réel}}{\eta_{th}} & \Leftrightarrow & \eta_V = \frac{Q_{réel}}{Cyl * N} \\& & \Leftrightarrow & \eta_V = \frac{156}{92 * 200} * 100 \\& & \Leftrightarrow & \eta_V = 0,84\end{aligned}$$

### 2. Détermination du rendement totale :

$$\eta_t = \eta_V * \eta_m = 0,93 * 0,84 \quad \Leftrightarrow \quad \eta_t = 0,78$$

### 3. Détermination de la puissance du moteur électrique :

Rendement moteur électrique est de 0.85

$$P = \frac{P_a}{\eta} = \frac{6,07}{0,85} \quad \Leftrightarrow \quad P = 7,14\text{ KW}$$

Le fluide hydraulique correspondant à cette pompe est à base minérale à ISO VG 32 de viscosité

$$\nu = 32.105\text{ m}^2.\text{s}^{-1}.$$

**Chapitre III : Application à  
l'entreprise Naftal sur L'emplissage  
de bouteille de gaz**

### **Introduction**

Dans le cadre de notre formation en maintenance industrielle et l'électromécanique, on a eue l'opportunité d'effectuer un stage pratique au sein de l'entreprise Naftal Béjaïa, spécialisée dans l'emplissage et la distribution de bouteilles de gaz. Ce stage m'a permis d'acquérir une expérience concrète et précieuse.

Naftal, en tant que leader de la distribution de produits pétroliers et gaziers en Algérie, joue un rôle stratégique dans l'approvisionnement en énergie des ménages et des entreprises. Travailler dans un environnement aussi exigeant m'a offert l'occasion de développer mes compétences en maintenance industrielle, d'approfondir mes connaissances techniques et d'appréhender les différentes étapes du processus de remplissage de bouteilles de gaz.

Dans ce chapitre nous présentons les différentes missions et activités de l'entreprise, basées principalement sur l'emplissage des bouteilles butane. Nous décrivons les caractéristiques du centre tel que son organisation personnelle. En fin, nous allons présenter les différentes unités du centre d'emplissage de Bejaïa.

### **III.1. Historique de Naftal**

Issue de Sonatrach en avril 1980, l'Entreprise Nationale de Raffinage et de Distribution des Produits Pétroliers (ERDP) est renommée Naftal en février 1983.

Depuis août 1987, Naftal est uniquement chargée de la commercialisation et de la distribution des produits pétroliers et dérivés sur le marché national.

En avril 1998, l'entreprise a changé de statut pour devenir une société par actions (SPA), filiale à 100 % de Sonatrach.

Juillet 2002 : Augmentation du capital social de Naftal : passant de 6,65 milliards DA à 15,65 milliards DA.

NAFT : nom de pétrole en arabe      AL : diminutif d'Algérie

### **III.2 Présentation du centre emplisseur GPL de BEJAIA (061) :**

Délimitation et situation géographique du centre emplisseur :

Le CE 061BEJAIA, est implanté dans la zone populaire de BEJAIA. Il occupe une superficie totale de 53 384m<sup>2</sup>, dont 1000m<sup>3</sup> bâtie.



Il est délimité par :

- La RN N°9 et l'unité CEVITAL au nord (l'accès du centre).
- L'OUED SEGHIR et SONATRACH au sud.
- La RN N°9 allant vers Sétif - Jijel à l'est.
- Une impasse ICOTAL à l'ouest

### III.3 Description du centre emplisseur

Le centre d'emplisseur assure le stockage des deux fameux produits vrac ; butane et propane, dans des sphères et cigares. Ainsi qu'au GPL/C proprement dit : sir gaz.

Ces deux produits seront acheminés, sous un contrôle très précis, vers des carrousels d'exploitation, pour un éventuel conditionnement sous de différentes contenances de

Bouteilles. Le centre d'emplisseur 061, constitue aussi la source d'approvisionnement en produit vrac pour les centres limitrophes.

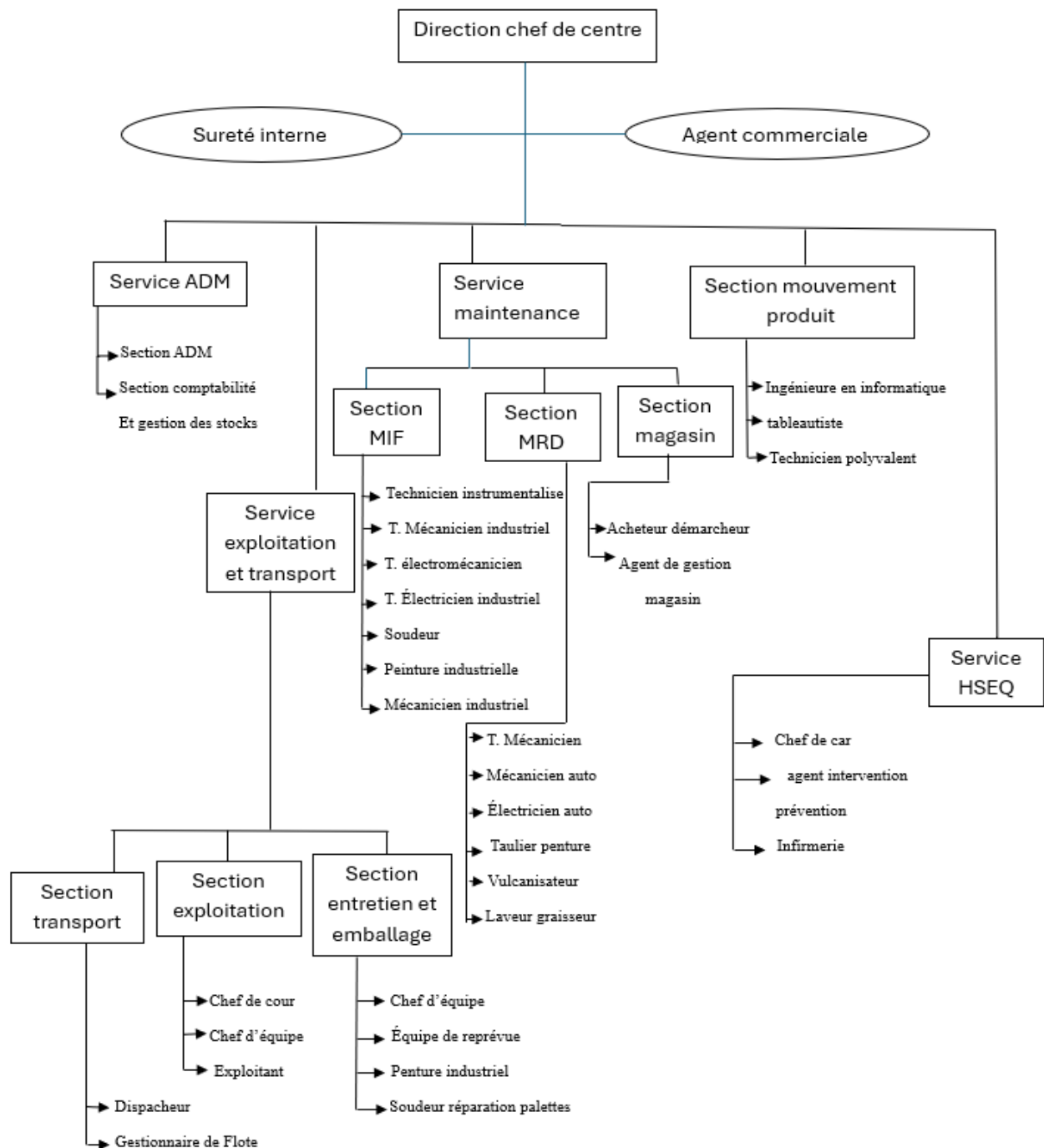
Les installations existantes :

- 1- Capacité de stockage Butane (05 Sphères).
- 2- Capacité de stockage Propane (12 Cigares).
3. Air de stockage propane produit fini.
- 4- Air de stockage butane produit fini.

- 5- Hall d'emplissage constitué de deux carrousels de vingt-quatre bascules chacun.
- 6- Huit balances (de contrôle de poids, de tare et de réajustement de poids).
- 7- Ligne de quatre bascules d'emplissage propane 11Kg et 35Kg.
- 8- Poste fixe de deux bascules d'emplissage bouteilles 03kg et 06 Kg.
- 9- Un réseau anti incendie qui contient deux motopompes, deux électropompes, deux pompes Jockey et d'une pompe de recirculation.
- 10- Atelier MIF (Maintenance des Installations Fixes).
- 11- Atelier MRO (Maintenance du Matériels Roulant Ordinaire).
- 12- Centrale d'air de Trois compresseurs ATLAS COPCO.
- 13-Deux chaines pour Entretien Emballage destinée pour rée preuve bouteilles.
- 14- Deux cabines de peinture bouteilles Butane et Propane.
- 15- Deux groupes électrogènes.
- 16- Deux bassins d'eau de 750m<sup>3</sup>chacun (lutte contre incendie).
- 17- Une salle de supervision et de contrôle (GPAO/Télé jaugeage/ Détecteurs de Gaz, de fumée et de Flamme).



### III.4 L'organigramme



### III.5 Les GPL

Les GPL (Gaz de pétrole liquéfié), incluent le butane, le propane. Sont composés de carbone et d'hydrogène, d'où leur nom d'hydrocarbures, Ils sont extraits :

- Soit du pétrole brut au cours des opérations de raffinage.
- Soit du gaz naturel et des gaz associés dans les gisements de pétrole.

Le raffinage de 100 tonnes de pétrole brut fournit environ 4 tonnes de Gaz de Pétrole Liquéfiés

### **1) Les caractéristiques des GPL ?**

Les GPL ont la propriété d'être gazeux à la température ambiante et à la pression atmosphérique, mais ils se liquéfient dès qu'ils sont soumis à une pression relativement faible, ce qui rend leur manutention et leur transport (dans des bouteilles, réservoirs, camions ou wagons-citernes) très aisés.

Quel que soit leur conditionnement, en bouteille ou en citerne, les GPL sont stockés à l'état liquide (soumis à une pression relativement faible).

- 1 litre de butane liquide libère 239 litres de gaz. (15°C-1 bar)
- 1 litre de propane liquide libère 311 litres de gaz (15 °C-1 bar)

Avec une densité de 1,5 à 2, les GPL sont environ deux fois plus lourds que l'air à l'état gazeux ce sont des gaz lourds

Les GPL sont des gaz puissants, propres et économiques.

### **2) Les GPL ont-ils une odeur ?**

Les gaz butanes et propane purs, au sens chimique du terme, sont incolores et inodores. Néanmoins, pour des raisons de sécurité, afin qu'une éventuelle fuite soit facilement détectable, ils sont odorisés d'une façon volontairement désagréable avant leur commercialisation au travers de l'ajout d'une molécule soufrée appelée mercaptan.

### **3) Comment sont-ils stockés pour être commercialisés ?**

Les GPL sont stockés dans des bouteilles ou des citernes, réservoirs à pression conçus spécifiquement selon les normes et réglementations en vigueur. Pour des raisons de sécurité liées au phénomène de dilatation du gaz sous l'effet de la chaleur, une bouteille et une citerne ne sont jamais complètement remplies. Ainsi, le taux de remplissage maximal d'un récipient de GPL est limité à 85% ou 90% selon le type de gaz.

## **III.6 Processus de l'exploitation**

Au niveau du quai N°26 de Béjaïa, le navire pétrolier effectue son accostage pour le déchargement du gaz de pétrole liquéfié (GPL). Cette opération se déroule à l'aide de turbo-compresseurs et de boosters, permettant le pompage du GPL liquide vers les capacités de stockage du CE 061, via un pipeline d'un diamètre de  $\phi$  6 pouces. Le transfert s'effectue par

séquences, en fonction du type de GPL : le butane est généralement transféré en premier, suivi du propane, pour s'adapter à leurs propriétés physiques spécifiques.



**Figure III-2:navire caboteur.**

Le GPL est ensuite dirigé vers les capacités de stockage où il sera conservé sous haute pression et à basse température pour maintenir son état liquide.

Ce processus est rigoureusement surveillé pour garantir la sécurité des opérations, avec des contrôles permanents de la pression, de la température et des débits, complétés par des dispositifs de sécurité comme les soupapes de décharge et les détecteurs de gaz, afin de prévenir les risques de surpression et de fuites



**Figure III-3: sphère et cigare pour le stockage des GPL.**

### **III.7 Processus de production**

Le produit stocké dans des sphère (butane) et cigares (propane) sera aspire par des électropompes GAZ, puis refoule a partir de conduites GPL vers l'utilisation à savoir :

- Bras de chargement citernes et de camions citernes.
- Hall d'emplissage (B03, B06, B13, P11 et P35).

### **III.8 Station de Pompes GPL**

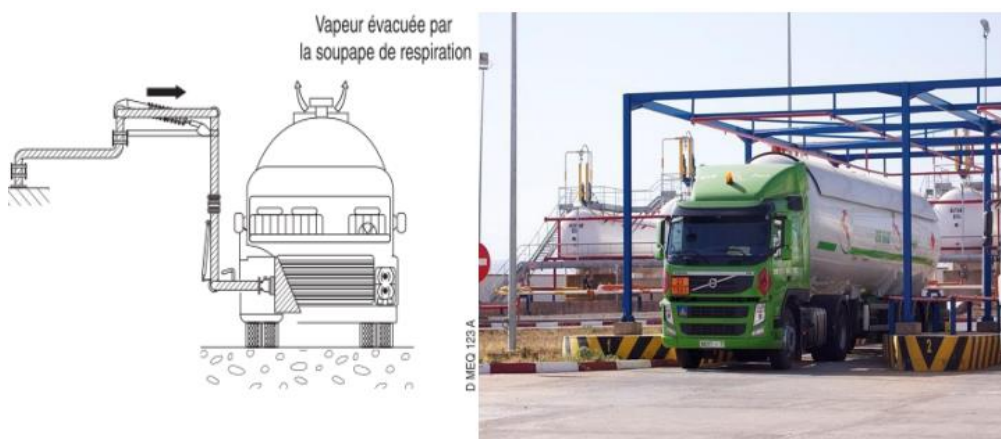
Elle est dotée d'un réseau de tuyauterie/Robinet/Raccord d'alimentation permet le chargement/déchargement des camions citerne, l'alimentation du hall d'emplissage et le transvasement entre les sphères de stockage



**Figure III-4 Pompes GPL.**

### **III.9 Poste de chargement de camions citernes**

On fait un Raccordement du flexible de remplissage entre la borne de chargement et la citerne.



**Figure III-5 emplissage d'un camion-citerne.**



### III.10 Le hall d'emplissage

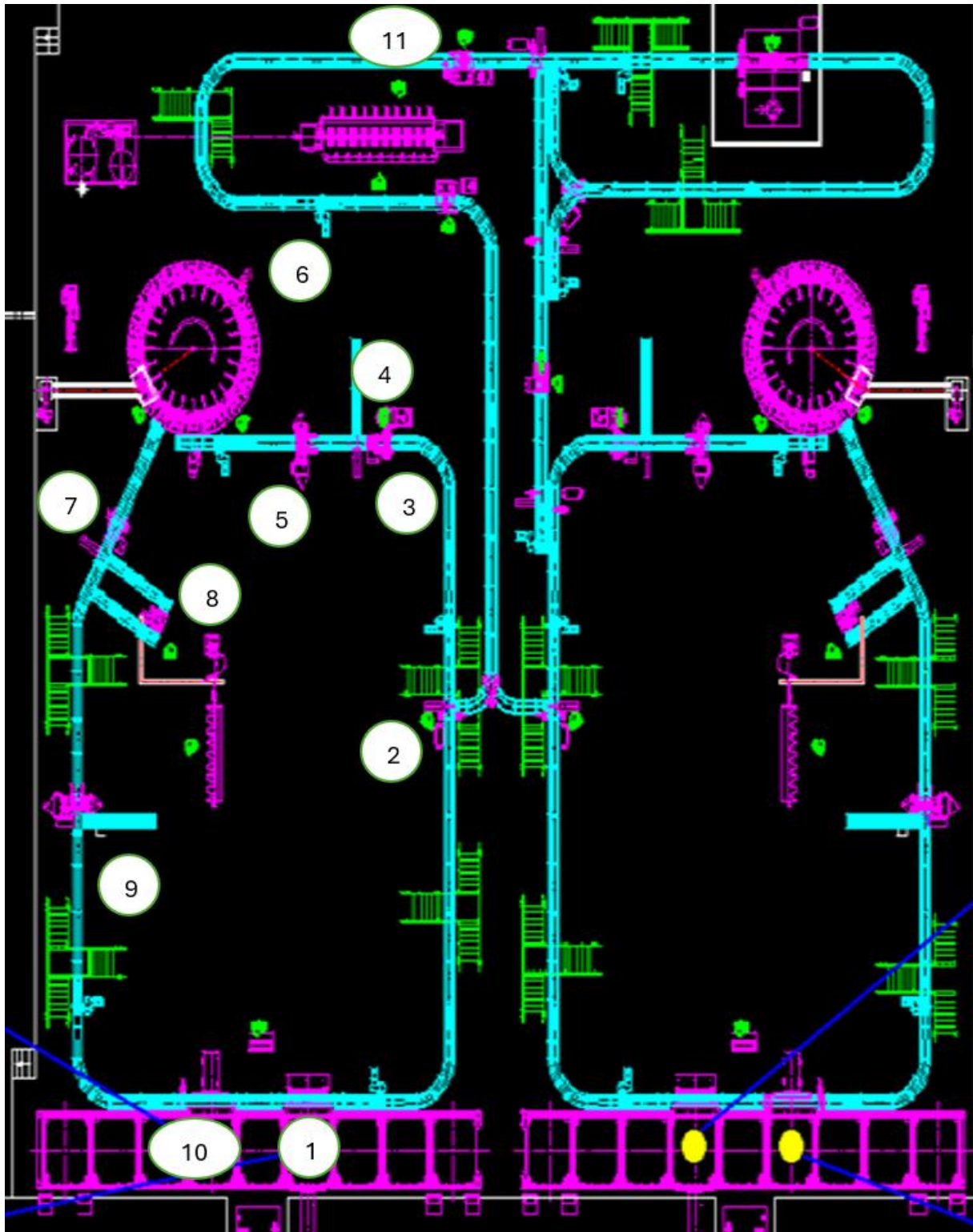


Figure III-6: hall d'emplissage de bouteilles de GAZ.

### **III.10.1 Présentation générale du hall de remplissage (B13)**

Les différentes étapes de l'emplissage des bouteilles sont :

Tout d'abord, les les bouteilles sont posées par un cariste sur un palettiseur linéaire qui se feront charger ensuite sur un convoyeur a chaine à l'aide d'un vérin hydraulique au poste de déchargement (1).

Ensuite, les bouteilles seront acheminées vers le poste de tri bouteilles (2) ou ce dernier se font trier manuellement par un employeur.

Les bouteilles non conformes seront envoyées au poste de re-épreuve bouteilles (11) pour être réparé alors que les bouteilles conforme poursuivent le défilement vers le poste de contrôle de tare (4) en passant par trois captures à tiges (3) fixer aux bornes de convoyeur a chaines et cela pour pouvoir identifier le genre des bouteilles (b13 avec ou sans protecteur)

Une fois les bouteilles sont pesées et identifier cette formation sera enregistrer par l'automate ULISII qui sera envoyer par la suit aux bascules d'emplissage de carrousel, Les bouteilles poursuivent le défilement vers le poste machine à orienter les robinet MAOR (5), son rôle c'est de faire tous les robinets des bouteilles en un seule sens.

Après, les bouteilles seront introduites a l'intérieure de carrousel (6) pour faire l'emplissage, une fois les bouteilles sont remplies elles seront éjectées sur le deuxième convoyeur a chaines et rejoindre le poste de contrôle de poids (7). Si le poids de la bouteille a une tolérance de  $\pm 300g$  elle sera éjecter de convoyeur et envoyer au poste de réajustement (8), et si son pois égale à la consigne elle poursuivra le défilement vers le post de détecteurs de fuites électronique infrarouge DFEI (9), dans ce poste on examine si les bouteilles ont une fuite de gaz , si c'est le cas les bouteilles seront rejeté et de convoyeur et le gaz contenu sera extrait, et au cas contraire les bouteilles poursuivent la chaine et seront charger sur le palettiseur linéaire (10 ) à l'aide d'un vérin hydraulique

Enfin, les bouteilles seront enlevées par un chariot élévateur et transporter par des camions.

### **III.11 Les différents postes et équipements de production**

#### **III.11.1 Palettisation : Constitué de**

##### **1) Pupitre de commande :**

On utilise le pupitre de commande pour passer d'un mode automatique en mode manuel (en cas de panne), il est constitué de :

- A) façade des interrupteur et sélecteur de commande.
- B) clavier de pupitre de commande.



**Figure III-7:pupitre de commande.**

##### **2) Centrale hydraulique :**

Définition :

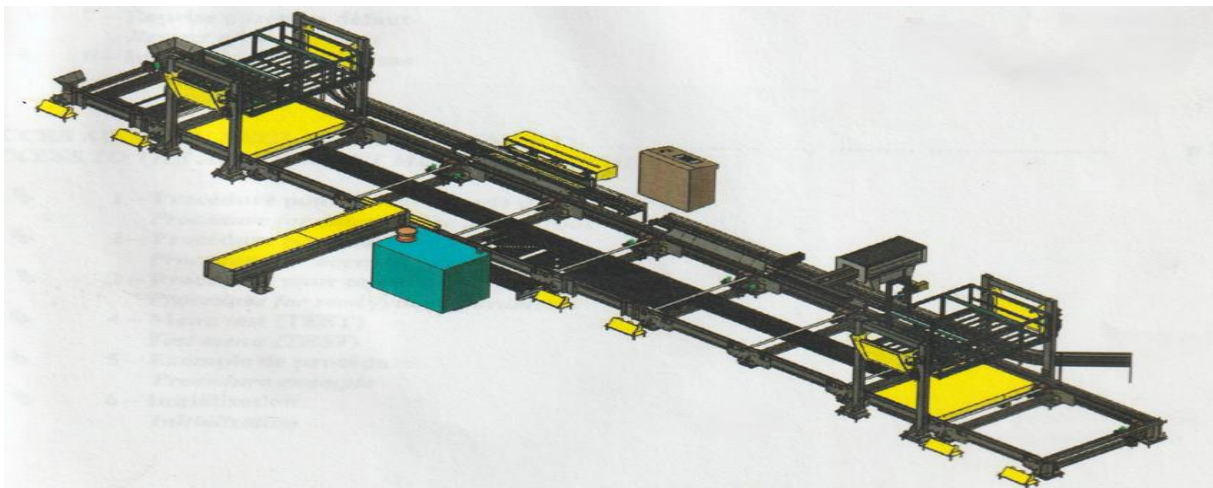
La centrale hydraulique constituer d'un réservoir d'huile 400l (huile utiliser tiska-10) et un moteur électrique m3~(ATEX) avec un courant continue 400V AC qui entraine une pompe HP (haute pression) 500bar, accouplement, nourrice hydraulique, flexible et raccords hydrauliques, distributeur hydraulique.



**Figure III-8 : centrale hydraulique.**

**3) Palettiseur linéaire :** est une construction métallique constituer de 9 postes linéaires, ou chaque poste est constitué d'un :

- Capteur inductif
- Moteur hydraulique
- Arbre de transmission
- Chaîne de manutention
- Pignon de roue dentées
- Flexible hydraulique



**Figure III-9: palettiseur linéaire.**

**1. Poste pose casier :** c'est dans ce poste ou le cariste (chariot élévateur) doit déposer le casier de 35 bouteilles vides.

**2. Poste n°2 :** est un poste intermédiaire.

**3. poste n°4 :** est aussi un poste intermédiaire qui a comme exception un bouton poussoir qui sert à défiler les casiers par l'intervention humaine (temps nécessaire pour lever le bras de fermeture du casier).

**4. poste déchargement n°5 :** c'est au niveau de ce poste que s'implique le déchargement des bouteilles vides vers le convoyeur à chaîne à l'aide d'un butoir de déchargement du palettiseur de déchargement.

**5. poste n°6 :** est un poste de pose intermédiaire

**6. poste chargement n°9 :** une fois les bouteilles sont remplies elles seront chargées à ce niveau.



7. poste n°10 ; poste intermédiaire.

8. poste n°12 : poste intermédiaire équipé d'un bouton poussoir nécessaire pour faire défiler le casier sur un autre poste manuellement, après avoir fermé le bras de la palette (casier).

9. poste enlèvement casier n°13 : c'est à ce poste que le cariste doit enlever le casier de bouteilles pleines pour le stock.

#### a) Palettiseur de déchargement :

Le palettiseur de déchargement est un appareil fixé sur un châssis métallique, il est constitué, d'un vérin hydraulique raccordé à une barre transversale constituant un butoir de déchargement.

Lorsque le casier est bien positionné au poste de déchargement, le cycle de déchargement des bouteilles débute.

La première rangée de bouteilles qui sort de la palette offense le volet de fin de course (C10), en provoquant l'arrêt de poussée du butoir de déchargement.

L'évacuation de cette ligne de bouteille libère par la suite le volet de fin de course (C10), la sortie du butoir recommence à nouveau. Cette opération se poursuit jusqu'à la vidange du casier (sept rangées de cinq bouteilles).

Remarque :

A l'intérieur du palettiseur de déchargement, il y a deux capteurs fins de course aux extrémités, leurs rôles est d'identifier l'état du vérin hydraulique. Le premier nous indique la sortie du vérin et le deuxième nous précise la rentrée du vérin.



**Figure III-10: Vérin hydraulique de palettiseur de déchargement.**

**b) Palettiseur de chargement :**

Le palettiseur de chargement est un appareil fixé sur un châssis métallique, il est constitué d'un vérin hydraulique raccordé à une barre transversale constituant un butoir de chargement. Lorsque le casier est bien positionné au poste de chargement, le cycle de chargement des bouteilles remplies débute.



**Figure III-11: Vérin hydraulique de palettiseur de chargement.**

**III.11.2 Convoyeur a chaines**

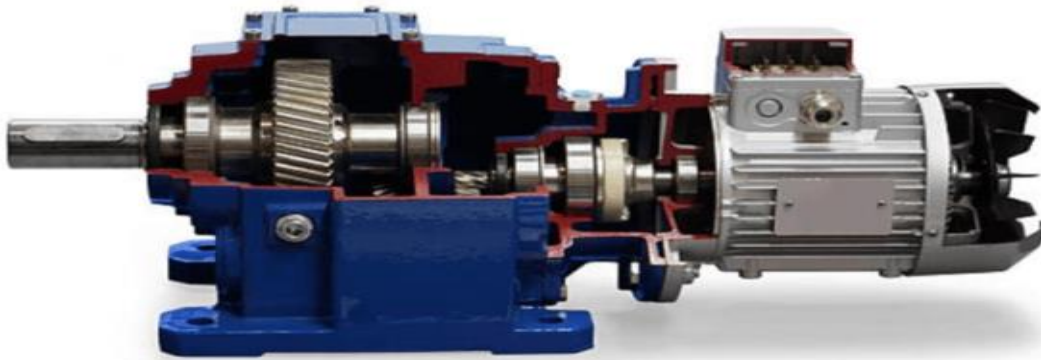
A partir du poste de déchargement du palettiseur linéaire les bouteilles vides seront acheminées vers le convoyeur a chaine pour but de transporter les bouteilles de gaz et d'assurer leur défilement d'un endroit a l'autre, son système est base sur un motoréducteur relie mécaniquement a un arbre entrainant des roues dentées a une vitesse stable et recommandée.



**Figure III-12: Convoyeur a chaines.**

### **III.11.2.1 Le motoréducteur**

Le motoréducteur est un organe composé d'un réducteur de vitesse entraîné par un moteur électrique à l'aide de roues dentées fixes sur l'arbre du convoyeur, la chaîne de manutention pour déplacer la bouteille vide vers les autres postes.



**Figure III-13 : Motoréducteur.**

### **III.11.3 Poste de tri bouteilles manuel**

Dont l'opérateur a pour objet d'enlever les bouteilles non conformes (cabosser, robinet cassés ou cerceau tordu...) qui seront acheminées vers un autre endroit (Ré-épreuve bouteilles) pour être réparées.

Les autres bouteilles conformes se poursuivent le défilement via le convoyeur à chaîne pour rejoindre les autres postes.



**Figure III-14: Poste de tri bouteilles.**

#### **III.11.4 Poste (bascule) de contrôle de tare :**

En amont de cette bascule, on trouve un détecteur de contenance ; Trois capteurs à tiges sont fixes sur les bras de gardes bouteilles de convoyeur à chaînes en manière symétrique.

Cette bascule a pour but de détecter la présence, la nature (b6 / b13 avec ou sans protecteur) et la tare de la bouteille y compris son résidu s'il existe, puis envoyer le signal via un capteur E.R au débit mètre massique à l'un des bascules d'emplissage de carrousselle, un calcul interne sera effectuer pour le rajout de la quantité du gaz demandée.



**Figure III-15 : poste contrôle de tare.**

#### **III.11.5 MAOR**

C'est une machine à orienter les robinets et cela pour avoir un sens unique de la direction des robinets et pour faciliter l'emplacement des pinces



**Figure III-16: Machine à orienter les robinets.**

### **III.11.6 Carrousselle**

Le carrousselle est un manège tournant a l'aide d'une couronne centrale base sue des galets fixes au sol afin d'assurer sa rotation en tt sécurité.



**Figure III-17 : Carrousel.**

Il est composé de 24 bascules d'emplissage dans chacune est constituer dune ;

- Capteur présence bouteilles.
- Centreur bouteilles (pour fixe la bouteille sur les sièges des bascules).
- Vérin descente tête du moteur pneumatique destiné pour l'ouverture et fermeture des robinets de bouteilles.
- Pince d'emplissage.
- Des électrovannes gaz.
- Commande ULIS II.
- Des flexibles et tuyauterie gaz et pneumatique.
- Captures
- Débit mètre massique.

Son principe de fonctionnement est basé en premier lieu sur la Fifo (18 bouteilles).

#### **III.11.6.1 Débit mètre massique**

Poste installé sur carrousel destiné à l'emplissage des bouteilles équipées d'un robinet

Après le contrôle de tare un signale sera transmis au débit mètre massique (contenant la nature



et le poids de la bouteilles vide ou avec résidu) alors l'automate ULIS II calcule la quantité de gaz qu'il faut rajoutée.

\_Exemple : B13 avec protecteur elle pèse 14kg 700g

26-14,7 kg nous donne 11,3 kg

Donc 11,3kg c le poids du gaz qui doit être rajoutée



**Figure III-18: Le débit mètre massique.**

### III.11.7 Bascule de contrôle de poids

Cette bascule est destinée pour faire la comparaison entre la tare de la bouteille et le poids de gaz introduit à l'intérieur géré par ULIS II a une tolérance  $\pm 300g$ , les bouteilles de bon poids poursuivra le cycle en revanche les bouteilles de mauvais poids seront éjectée vers un autre poste de réagustement de poids.



**Figure III-19 : bascule de contrôle de poids.**

#### **III.11.7.1 Bascule de réajustement du poids**

Cette bascule est destinée à ajuster le poids de la bouteille à l'aide d'une pompette GAZ gérée par ULIS II, il a le pouvoir de rajouter ou d'enlever la quantité de gaz (manque ou surcharge).



**Figure III-20: bascule réajustement de poids.**

#### **III.11.8 DFEI**

**Détecteur de Fuite Électronique Infrarouge (DFEI)** est un dispositif conçu pour détecter la présence de fuites de gaz, pour garantir la sécurité des opérations et protéger le personnel ainsi que l'environnement.

Généralement, la fuite est due à la mal fermeture de robinet, robinet casse ou défectueux ou défauts d'étanchéité des joints. Dans ce cas la bouteille défectueuse sera destinée a l'unité de réprovue ou le gaz sera récupérer.



**Figure III-21 : Détecteur de fuites électronique infrarouge.**

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons décrit la chaine d'emplissage de bouteilles de gaz ainsi que les composants essentiels qui la constituent. Aussi, le principe de fonctionnement global à fin de faciliter la modélisation qui sera présentée dans chapitre suivant.



## **Chapitre IV : Résultats Pratiques**

## Introduction

Dans ce chapitre a pour objectif de traduire le fonctionnement séquentiel de la machine sous forme de GRAFCET, un outil permettant de représenter de manière claire et structurée le déroulement d'un processus industriel, afin de faciliter l'élaboration du programme de commande.

### IV.1.Définition du GRAFCET

Le diagramme fonctionnel ou GRAFCET (Graphe de Commande Etape -Transition) est un moyen de description de cahier de charges d'un automatisme. Accessible aussi bien à l'utilisateur qu'à l'automaticien, il facilite la communication et le dialogue entre les personnes concernées par l'automatisation.

#### IV.1.1 Les cahiers des charges de notre système

##### 1) Palettiseur

###### a) Chargement :

Le processus de défilement des casiers débute au poste de pose casier (P1), où un chariot élévateur dépose deux casiers contenant chacun 35 bouteilles vides. La détection de leur présence par le capteur inductif C1 déclenche une temporisation de 15 secondes, le temps nécessaire pour que le cariste fait ça manœuvre (soulever le deuxième casier le temps que l'autre casier se défile vers (P2)). Une électrovanne s'active ensuite, libérant une pression de 6 bars qui pilote un distributeur hydraulique. Ce dernier active les moteurs hydrauliques M1 et M2 pour transférer les casiers vers le poste P2. Le défilement s'arrête lorsque le capteur C2 détecte leur arrivée. Ensuite, si le poste P4 est libre (C3 éteint) et que le poste P2 est occupé (C2 allumé), les moteurs M2 et M3 sont activés et le défilement se poursuit jusqu'au poste P4, où le capteur C3 interrompt le mouvement. À ce stade, l'opérateur ouvre manuellement le levier du casier. Si le poste de déchargement P5 est libre, il active la commande manuelle CMI pour démarrer les moteurs M3 et M4. Dès que le casier perd le signal C4 les deux moteurs s'arrêtent complètement. Un signal de pupitre de commande ordonne alors une rotation sens inverse du moteur M4 jusqu'à ce qu'il touche de nouveau le capteur C4 pour bien ajuster précisément la position du casier. Lorsque C4 est éteint et que le capteur de fin de course C10 est inactif, le butoir du palettiseur permet le déchargement. Les bouteilles sont ensuite introduites en ligne de production, cinq par cinq, via une chaîne de manutention entraînée par un convoyeur à chaîne.

**b) Déchargement :**

Après le déchargement des bouteilles vides au poste P5, le casier progresse vers le poste intermédiaire P6 si le capteur C5 est allumé et que le capteur de fin de course C10 confirme la rentrée du butoir. Dans ce cas, les moteurs M4 et M5 s'activent simultanément jusqu'à l'arrêt commandé par C5. Ensuite, le transfert de P6 vers le poste de chargement P9 est déclenché lorsque C5 s'éteint (présence de casier) et C6 s'allume (absence de casier), activant les moteurs M5 et M6. L'arrêt est assuré dès que C6 s'éteint, confirmant le bon positionnement du casier plein. Le chargement se fait par poussées successives du butoir du palettiseur, en six mouvements précis, dont le dernier plus long assure le placement complet des bouteilles pleines dans le casier.

Le casier plein passe ensuite du poste de chargement P9 au poste P10 dès que le capteur C7 s'allume et que l'entrée totale du vérin est confirmée, ce qui enclenche les moteurs M6 et M7. L'arrêt est piloté par C7. À ce poste, l'opérateur ferme manuellement le levier du casier, puis actionne la commande manuelle CM2 pour poursuivre le cycle. Si le poste P12 est libre, CM2 permet de lancer les moteurs M7 et M8 jusqu'à détection par le capteur C8. Enfin, si C8 est éteint et C9 allumé, les moteurs M8 et M9 assurent le dernier transfert jusqu'au poste d'enlèvement P13, où l'arrêt est commandé par C9. Le casier plein est alors prêt à être retiré par un chariot élévateur.

- Remarque :

Capture allumée = absence casier.

Capture éteint = présence casier.

**2) le circuit des bouteilles au hall d'emplissage ;**

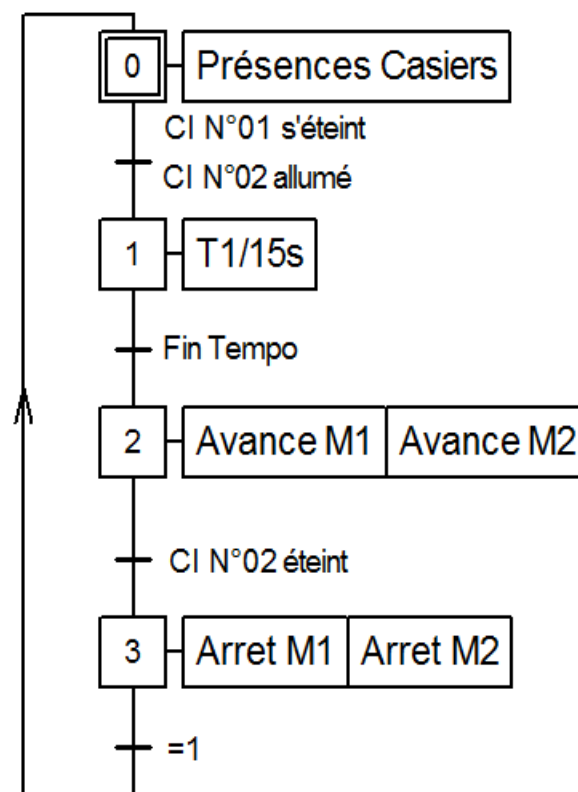
Une fois les bouteilles sont sur le convoyeur a chaine elle se défile vers le poste de tri bouteilles ou dans ce poste les bouteilles se font trier manuellement par un employeur, si la bouteille n'est pas conforme elle sera envoyée à la réparation, si elle est conforme elle poursuit le défilement en passant par le poste d'identificateur d'emballage ce poste est constituer de 3 capture a tige Ct1, Ct2 et Ct3 poser en parallèle sur les bornes de convoyeur (Ct1=b6 ou présence bouteilles, Ct2= b13 sans protecteur, Ct3= b13 avec protecteur) après avoir identifié le genre de la bouteilles elle poursuit son défilement vers le poste de contrôle de tare ou de résidu et juste avant ce poste la bouteille touche un capteur Cp1 qui fera sortir un vérin (stop bouteilles sur rive ) pour stopper les autres bouteilles qui suit et au mm temps un soulèvent de mécanisme de la bascule de pesage pour faire peser la bouteille et enregistrer son poids initiale par l'automate

ULIS II , ensuite le vérin fait son entrer et la bascule de pesage s'abaisse et la bouteille continue son chemin vers le poste de MAOR (machine a orienter les robinet) ou elle touche un autre capture Cp2 et la bouteille se fait centrer et mise en rotation jusqu'à ce que la valve de robinet soit en symétrie avec le capture C et la rotation s'arrête et la bouteille se libère pour poursuivre vers le poste d'emplissage (carrousel) ou la bouteille enclenche un capture fin de cours C20 et si le poste de la bascule de carrousel et vide la bouteilles sera pousser par un butoir a l'intérieure de carrousel, une fois la bouteilles sur la bascule un centreur bouteilles assure ça fixation a ce moment l'employeur fait brancher la pince d'emplissage pendant que le manège de carrousel tourne les bouteilles se remplissent grâce à l'automate ULIS II (le cerveau gestionnaire d'emplissage ) qui gère la quantité du gaz qu'il faut injectée dans les bouteilles en tenant compte de l'information émise par la bascule de contrôle de poids, une fois la bouteille remplie le tuyau va d'épincer automatiquement et de quelle touche le capture C qui se trouve à l'entrée de 2eme convoyeur a chaines la bouteille se fait éjecter par un vérin et la faire entrer au convoyeur ou cette dernière se défile vers le poste de contrôle de poids, la bouteille touche le capteur Cp3 qui fera sortir un vérin (stop bouteilles sur rive ) pour stopper les autres bouteilles qui suit et au mm temps un soulèvement de mécanisme de la bascule de pesage pour faire peser la bouteille si ça tolérance est plus ou moins 300g elle sera éjecter par un vérin pour faire le réajustement de poids et si poids égale a la consigne elle poursuit le défilement sur le convoyeur vers le poste de DFEI (Détecteur de Fuit Electronique Infrarouge) , dé que la bouteille touche le capture Cp4 elle se fait centre et un vérin sort pour stopper les autres bouteilles qui suit et un descente tête se forme de cloche viens coiffer le robinet et par effet venturi elle aspire l'air contenu dans ce volume et l'analyser a travers un détecteur de fuites infrarouge , si une fuit est détecter un signale sera envoyer et la bouteille sera éjecter par un vérin, et si la fuite est non détecter la bouteille poursuit le défilement jusque la fin de convoyeur , avant l'extrémité se trouve le capteur Cp5 dé qu'il se fait toucher 5fois (5 bouteilles ) un stop bouteilles qui sort est arrête la file et un vérin de chargement fait charger les bouteilles dans le casier qui se trouve au niveau de palettiseur linéaire.

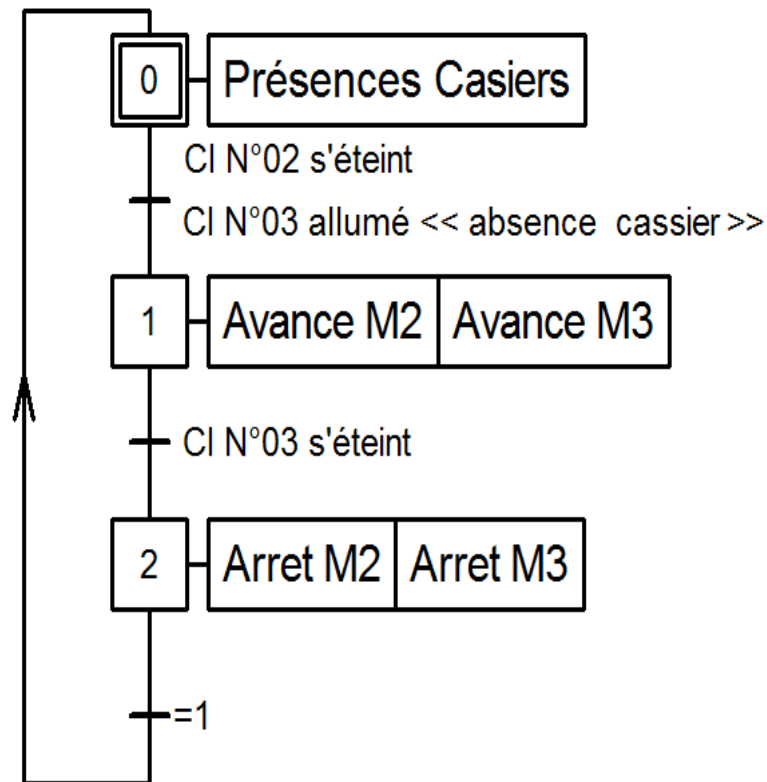
## IV.1.2 Table Des Mnémoniques

Mnémonique	Signification
P1	Poste pose casiers
P2	Poste n°2
P4	Poste n°4
P5	Poste de déchargement
P6	Poste n°6
P9	Poste de chargement
P10	Poste n°10
P12	Poste n°12
P13	Poste enlèvement
CI (1,2,3,4,5,6,7,8 et 9)	Capteur inductif
CM (1 et 2)	Commande moteur
C (10,20 et 30)	Capture fine de cours
M (1,2,3,4,5,6,7,8et 9)	Moteur
Cp	Capteur de position
Qte	Poids net – le poids de la bouteille vide
P	Poids
Vr	Vérin hydraulique
Ve	Vérin éjecteur (pneumatique)
Vc	Vérin de carrousel
T	Temporisation
Tare[i]	Poids de la bouteille vide

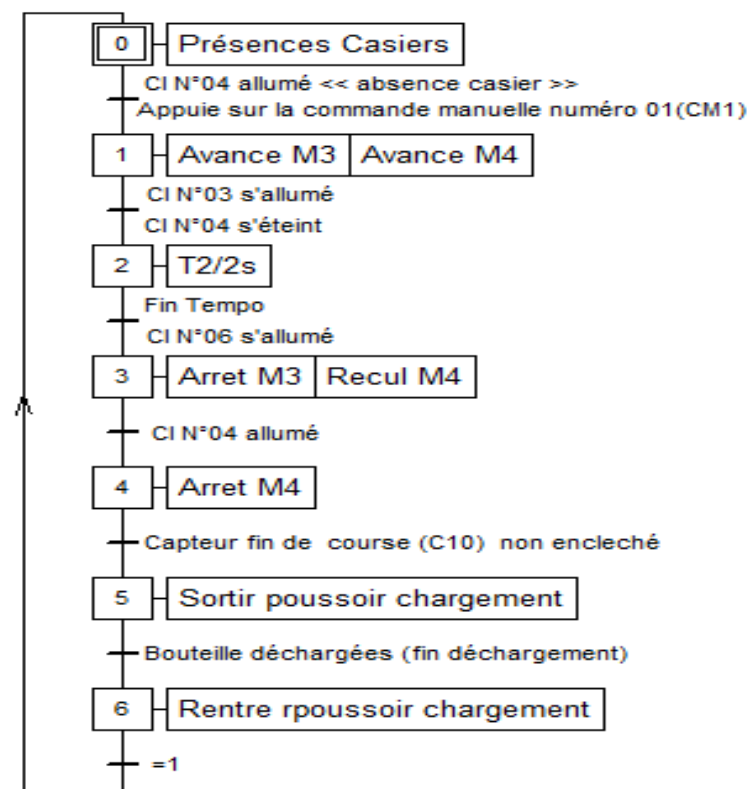
## IV.1.3 Grafcet de poste pose casier(P1) et poste N° 02 (P2)



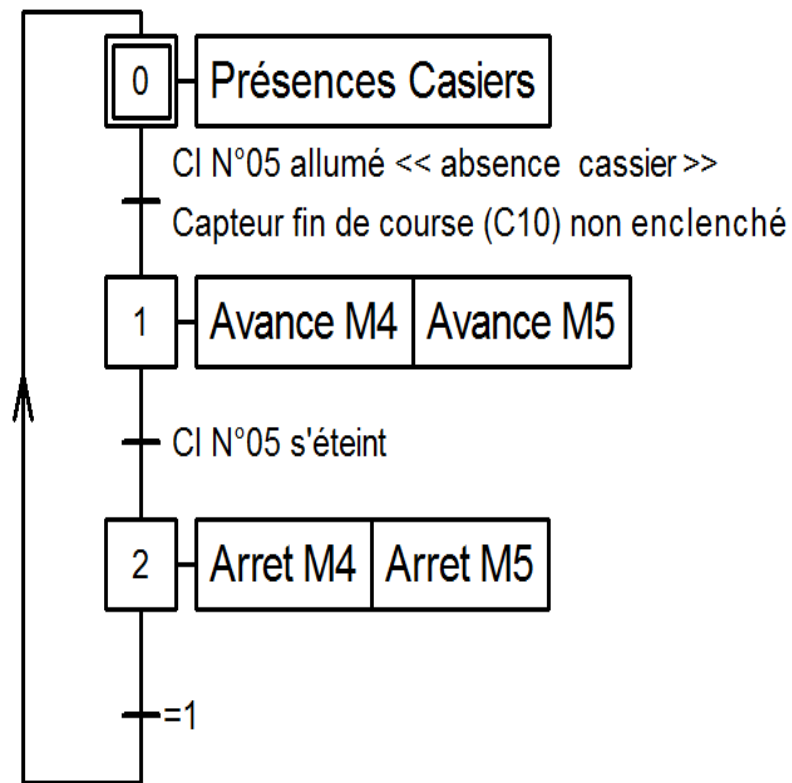
## IV.1.4 Grafset de poste N°02 (P2) et poste N°04 (P4)



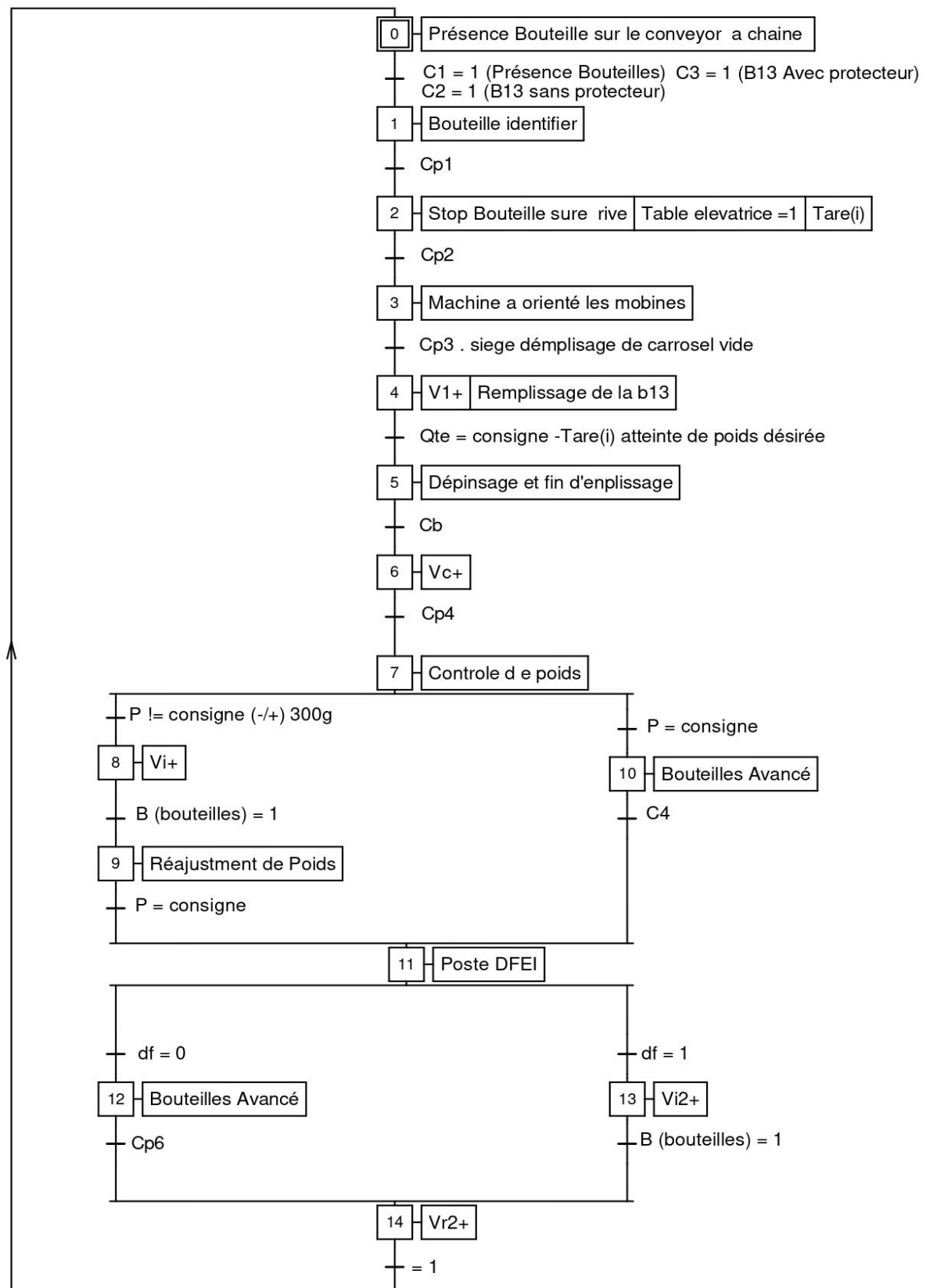
## IV.1.5 Grafset de poste N°04 (P4) et poste déchargement (P5)



## IV.1.6 Grafcet De poste de déchargement (P5) et poste N°06 (P6)

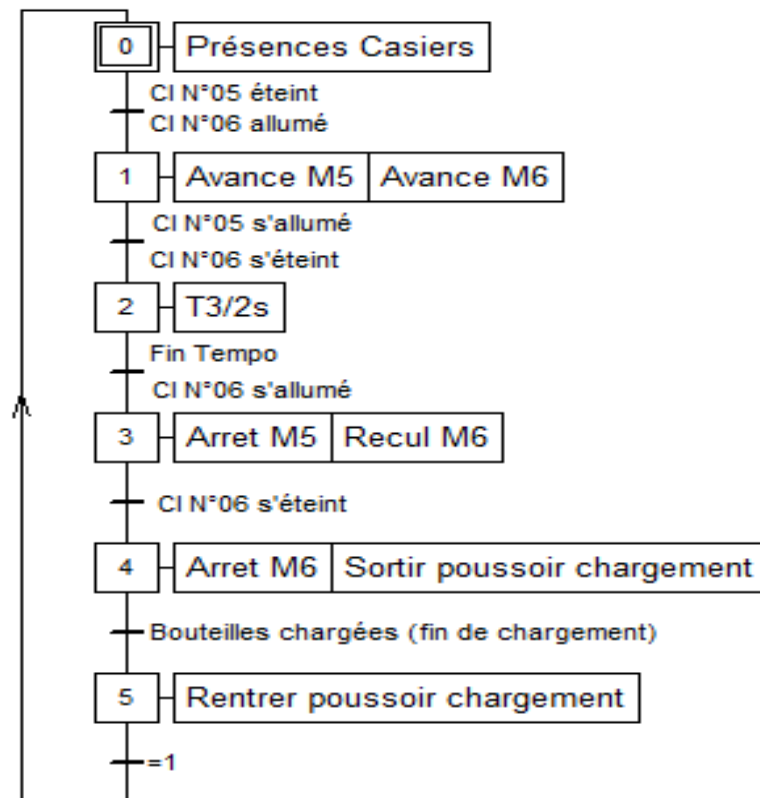


## IV.1.7 Grafcet global de hall d'emplissage

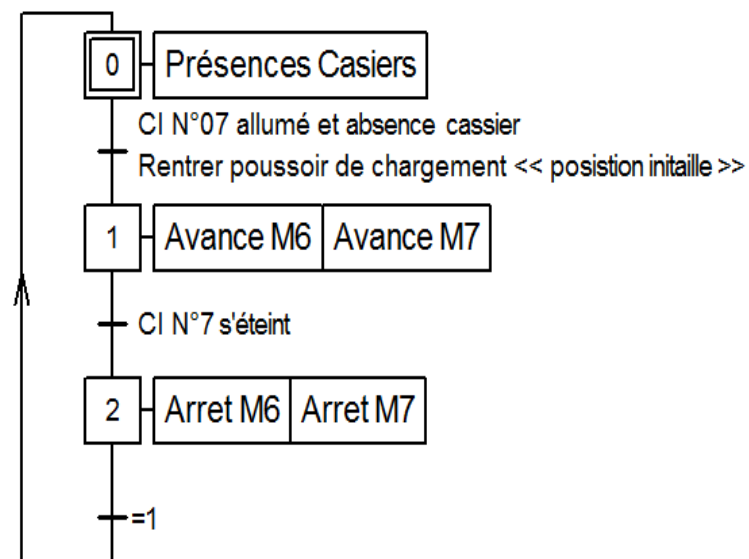




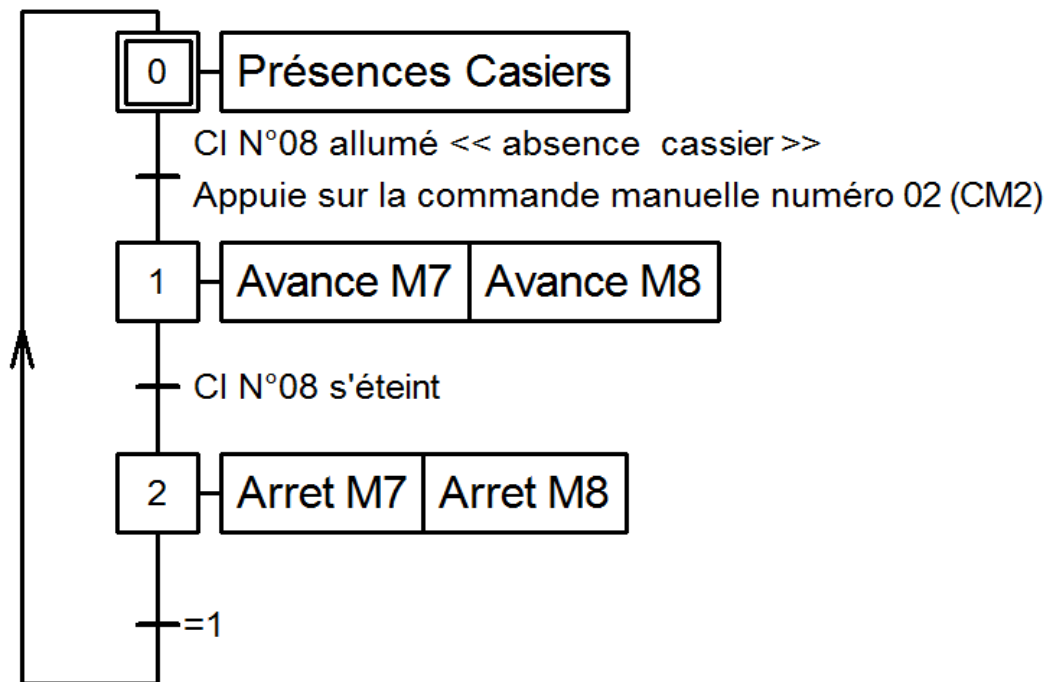
## IV.1.8 Grafset de poste N°06 (P6) et poste chargement(P9)



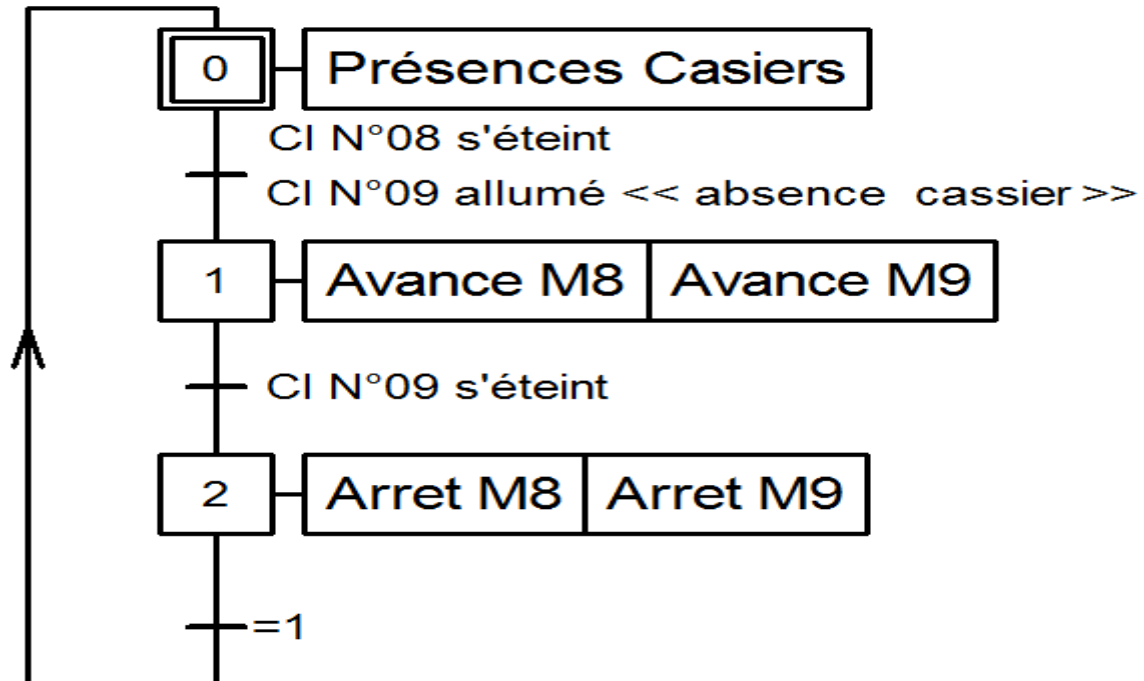
## IV.1.9 Grafset de poste chargement(P9) et poste N°10(P10)



## IV.1.10 Grafset de poste N°10(P10) et poste 12 (P12) :



## IV.1.11. Grafset de poste N°12 (P12) et le poste d'enlèvement(P13)



## **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons traduit de manière claire le fonctionnement pratique de l'installation à travers des représentations en GRAFCET. Chaque étape du cycle de la machine, depuis le chargement des casiers jusqu'à l'emplissage des bouteilles et leur contrôle final, a été analysée et modélisée. Cette approche nous a aidé à mieux comprendre la logique de commande ainsi que l'enchaînement des actions automatisées. Elle constitue une base solide pour la programmation et la mise en œuvre du système dans un environnement industriel réel.

## **Chapitre V : Solution sur step7**

## Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons une description générale du logiciel STEP7, issu de la gamme développée par la firme SIEMENS, qui permet la programmation des automates programmables industriels (API). Nous introduisons également PLC-SIM, une application intégrée à STEP7, permettant de simuler le fonctionnement d'un programme sans nécessiter de CPU matérielle à l'API.

### IV.1 Définition du STEP7

STEP7 est le logiciel de base utilisé pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC. Il fait partie de la suite logicielle développée par SIEMENS pour l'industrie. Ce logiciel existe en plusieurs versions, chacune adaptée aux différents besoins des utilisateurs et aux évolutions technologiques des automates programmables.

### IV.2 Programmation sous STEP7

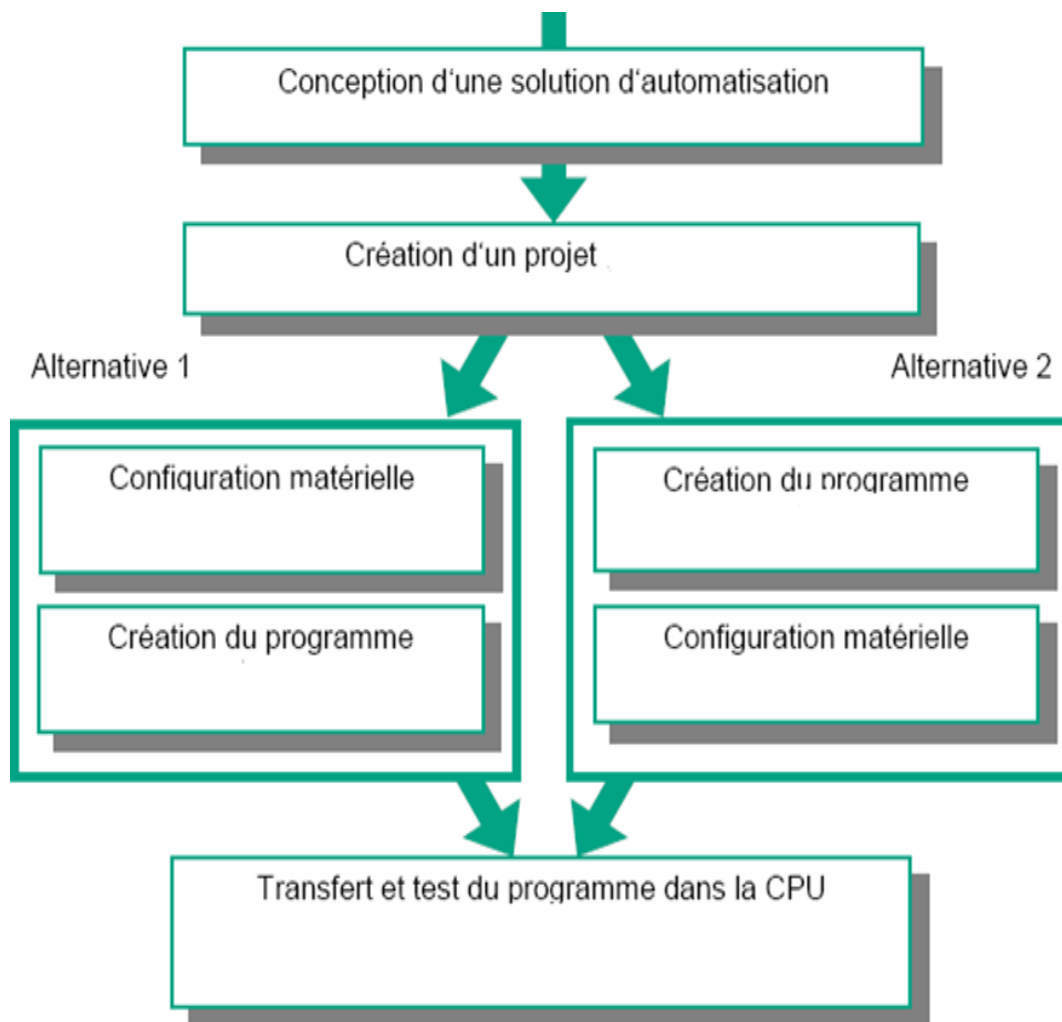


Figure IV.1 : Démarches de programmation sous STEP 7 [13].

### IV.2.1 Démarrage de STEP7

Le logiciel STEP7 se lance en double-cliquant sur l'icône « SIMATIC Manager ». Cette action ouvre la fenêtre principale du programme, comme la Figure IV.2 ci-dessous.

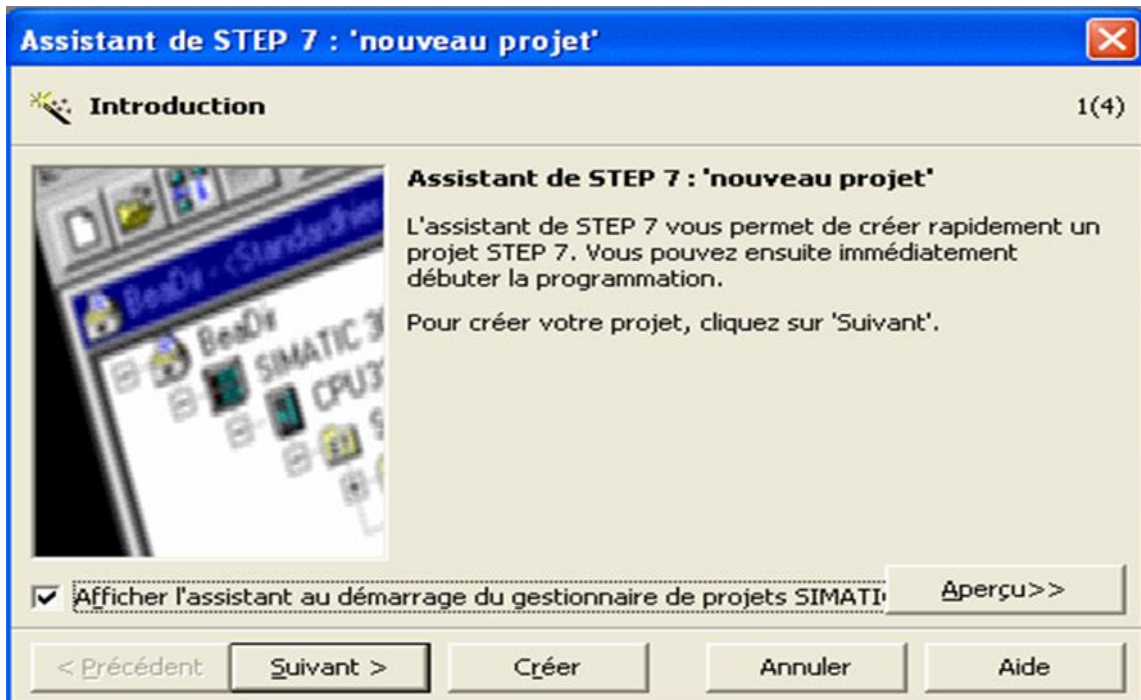


Figure IV.2 : assistant STEP 7 [13].

Par la suite il faut choisir la CPU utilisée pour le projet, la liste contient normalement toutes les CPU supportées par la version de STEP7 utilisée.

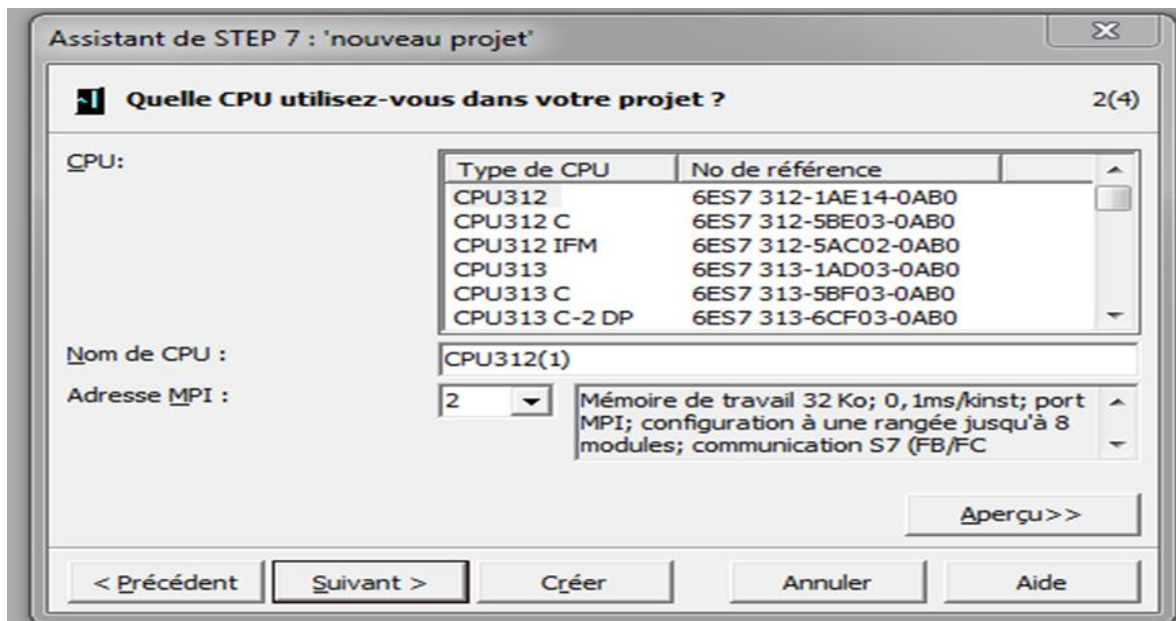


Figure IV.3: Choix de la CPU [13]

Lors de la sélection de la CPU une brève description est disponible dans la petite fenêtre a coté du choix de l'adresse MPI. Il faut aussi choisir une adresse MPI pour la CPU. Si on utilise une seule CPU la valeur par défaut est 2 [13].

L'étape suivante permet le choix du bloc dans lequel notre programme doit être créer ainsi le choix d'un langage de programmation.

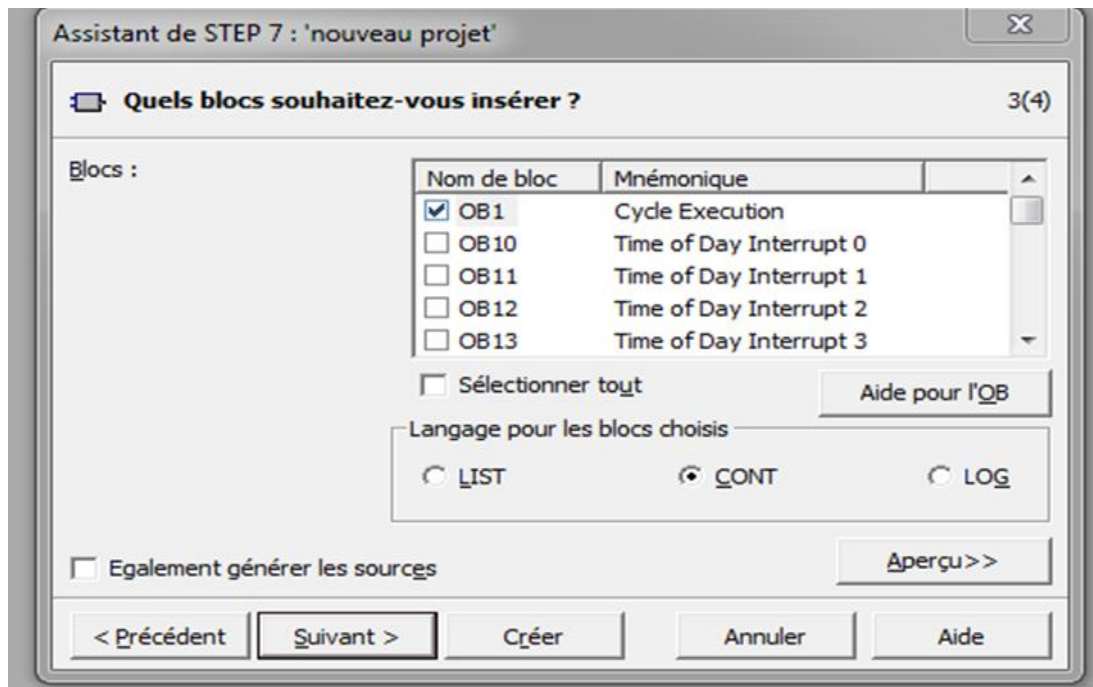


Figure IV.4 :Choix d'un langage de programmation[13]

La dernière étape de la création du projet consiste a le nommer

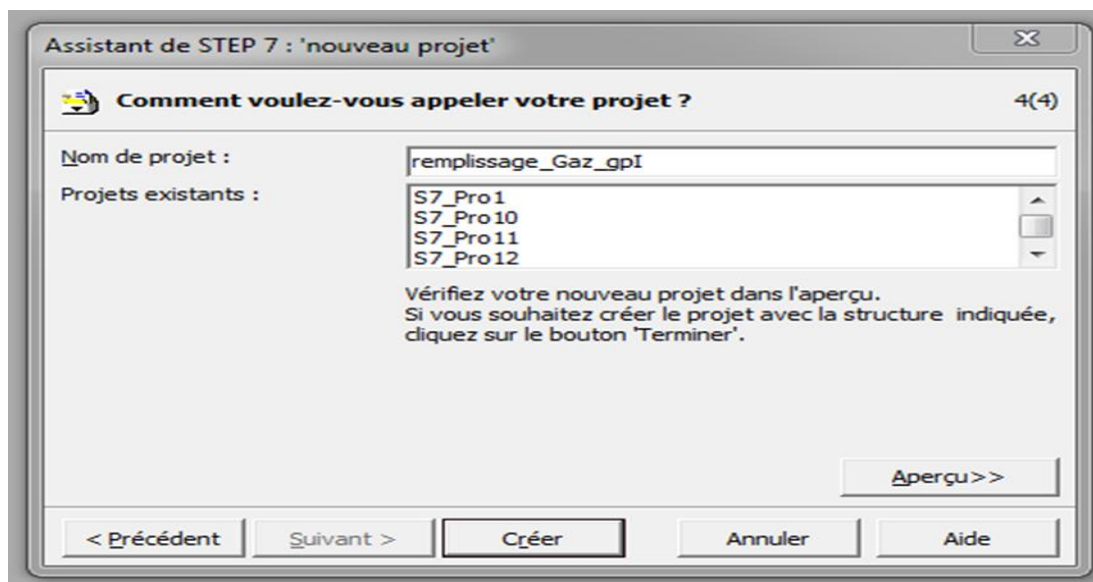


Figure IV.5 :Nom du projet [13]

Après avoir créé le projet, on peut passer à la configuration et le paramétrage du matériel.

#### IV.2.2 Configuration matérielle

Le projet contient deux grandes parties : une description de matériel et la description de fonctionnement (le programme), la Configuration du matériel est utilisée pour configurer et Paramétrer le support matériel dans un projet d'automatisation. En cliquant sur l'icône « station SIMATIC 300 », situant dans la partie gauche qui contient l'objet « matériel » [13].

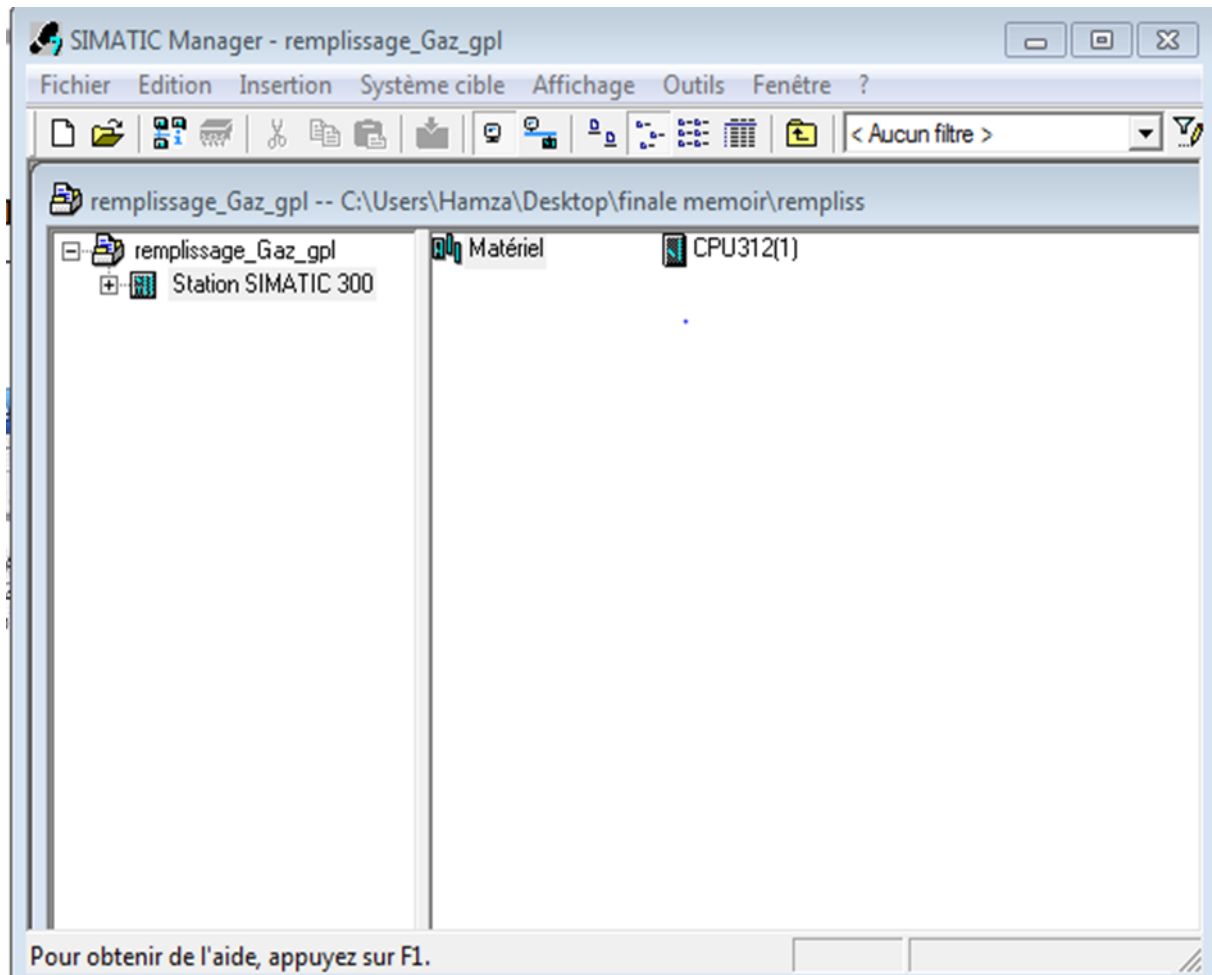


Figure IV.6 : Fenêtre configuration matérielle [13].

#### IV.2.3 Création de la table des mnémoniques

- **Mnémonique** : Il s'agit d'un nom attribué par l'utilisateur pour représenter une variable, un type de donnée ou un bloc dans le programme, facilitant ainsi la lecture et la compréhension du code.
- **Table des mnémoniques** : C'est une table permettant d'associer des noms symboliques (mnémoniques) à des adresses de données globales. Ces mnémoniques peuvent être utilisés dans tous les blocs du programme. Ils peuvent correspondre à des mémoires



internes (M), des entrées (E), des sorties (A), des temporisateurs, des compteurs, ou encore à des éléments de blocs de données (DB1).

Pour insérer la table des mnémoniques, on clic sur « Programme, Mnémonique » comme le présente la figure suivante:

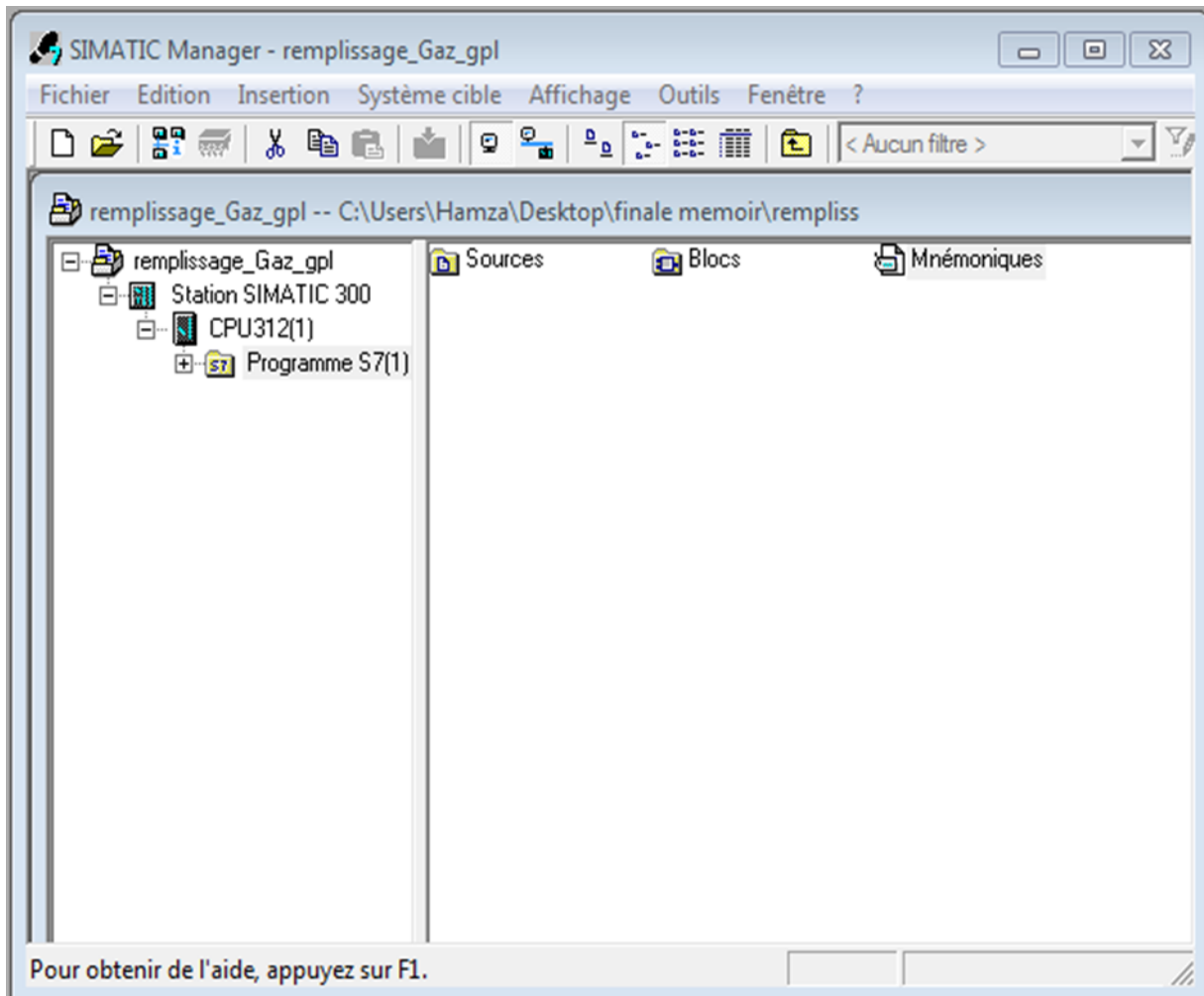


Figure IV.7: Fenêtre de création des mnémoniques [13].

### IV.3 Création des blocs

#### IV.3.1 Bloc de donnée 'DB1'

S'agit d'une zone de données dans le programme qui contient des données utilisateurs.

#### IV.3.2 Bloc d'organisation 'OB1'

Il est appelé cycliquement par le système d'exploitation et constitue donc l'interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appels de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

### IV.3.3 La fonction ‘ FC1 ’

Une FC ne possède pas une zone de mémoire propre. Les données locales d’une fonction ont perdues après l’exécution de la fonction. Il également possible d’appeler d’autre FB et FC dans une fonction via instruction d’appels de blocs.

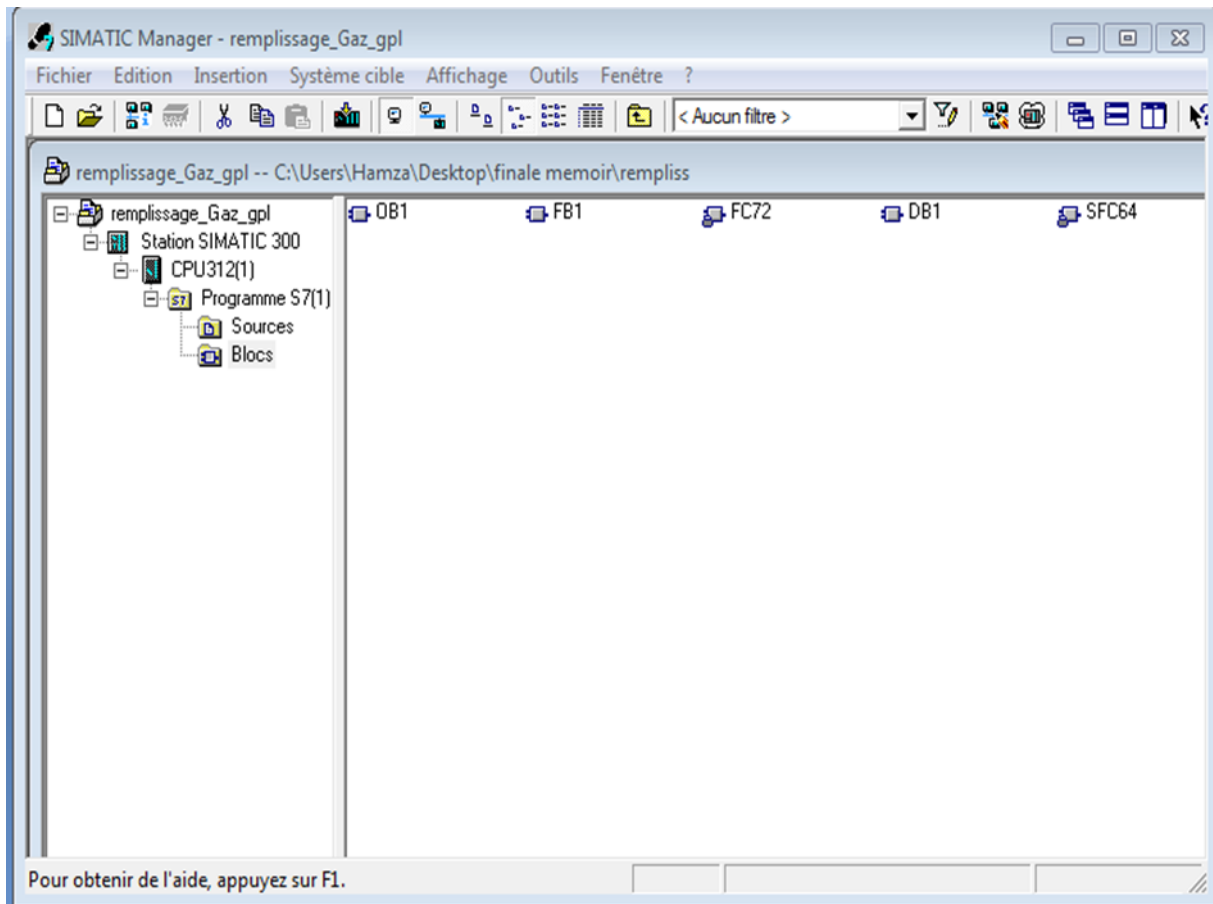


Figure IV.8: Fenêtre des blocs [13] .

## IV.4 Simulation de programme avec S7-PLCSIM

### IV.4.1 Présentation de S7-PLCSIM


S7-PLCSIM est une application permettant de simuler, d’exécuter et de tester un programme développé sur un ordinateur ou une console de programmation, sans nécessiter de connexion à un matériel S7 (CPU ou module d’E/S). Intégré à STEP 7, il offre une interface simple pour visualiser, surveiller et modifier les paramètres du programme, notamment l’activation ou la **désactivation des entrées**.

#### IV.4.2.Ouverture du simulateur et chargement de programme élaboré

##### IV.4.2.1 Ouverture du simulateur S7-PLCSIM

Le lancement du simulateur S7-PLCSIM, est effectué en suivant ces étapes:

1-Démarrer le gestionnaire de projet SIMATIC en cliquant sur son icône.

2-Lancer l'application S7-PLCSIM en cliquant sur son icône  qui se trouve dans la barre d'outils de gestionnaire de projet SIMATIC, comme le montre la figure suivante, ou

En sélectionnant la commande «outils, simulation de module »:

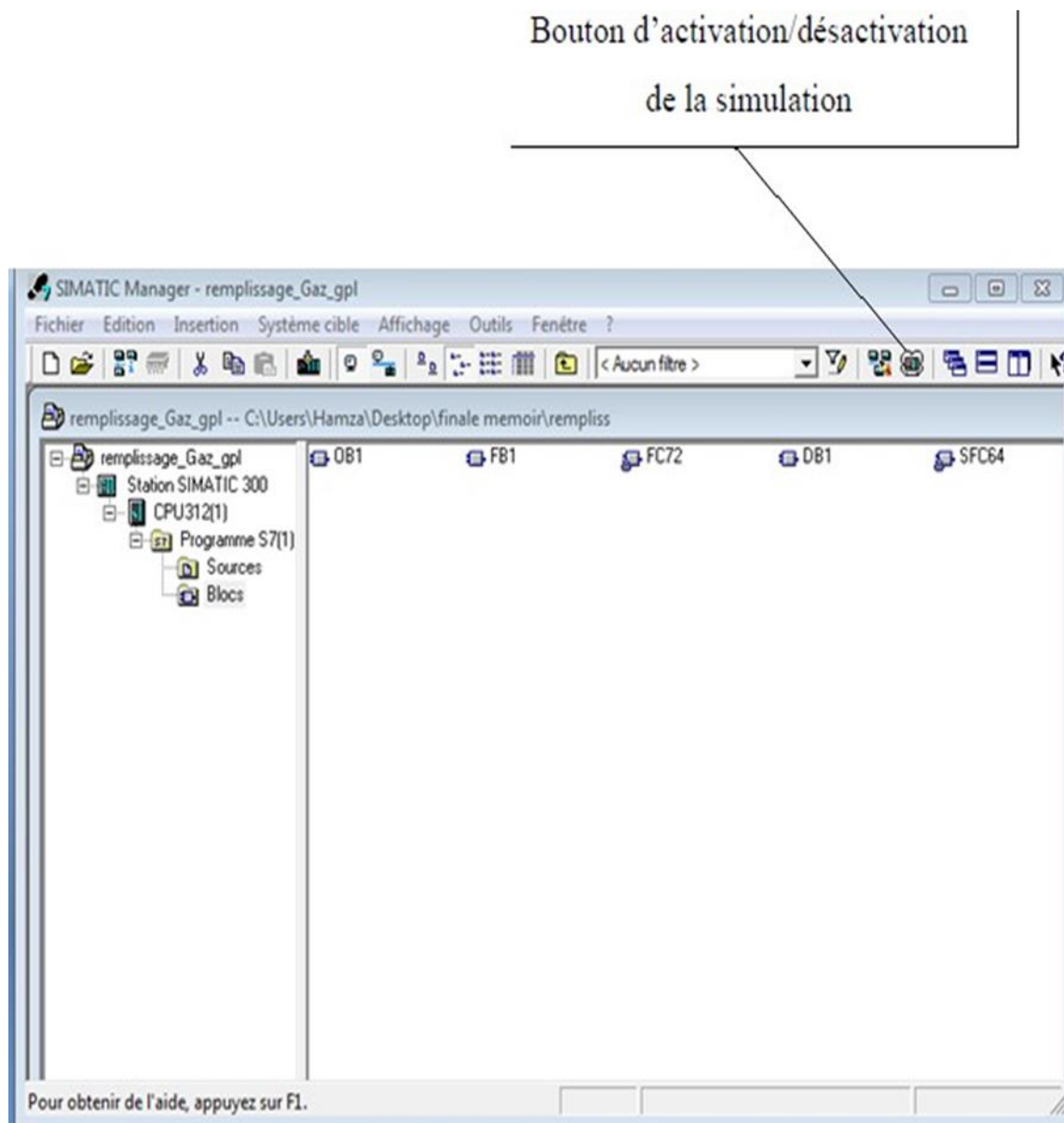


Figure IV.9 : Fenêtre d'ouverture de simulateur S7-PLCSIM [13].

#### IV.4.2.2 Chargement du programme

Pour charger un programme dans la CPU, on sélectionne tout les « blocs » dans la structure hiérarchique du projet puis on clique sur l'icône de chargement ou on sélectionne la commande « système cible, charger » comme le présente la figure suivante :

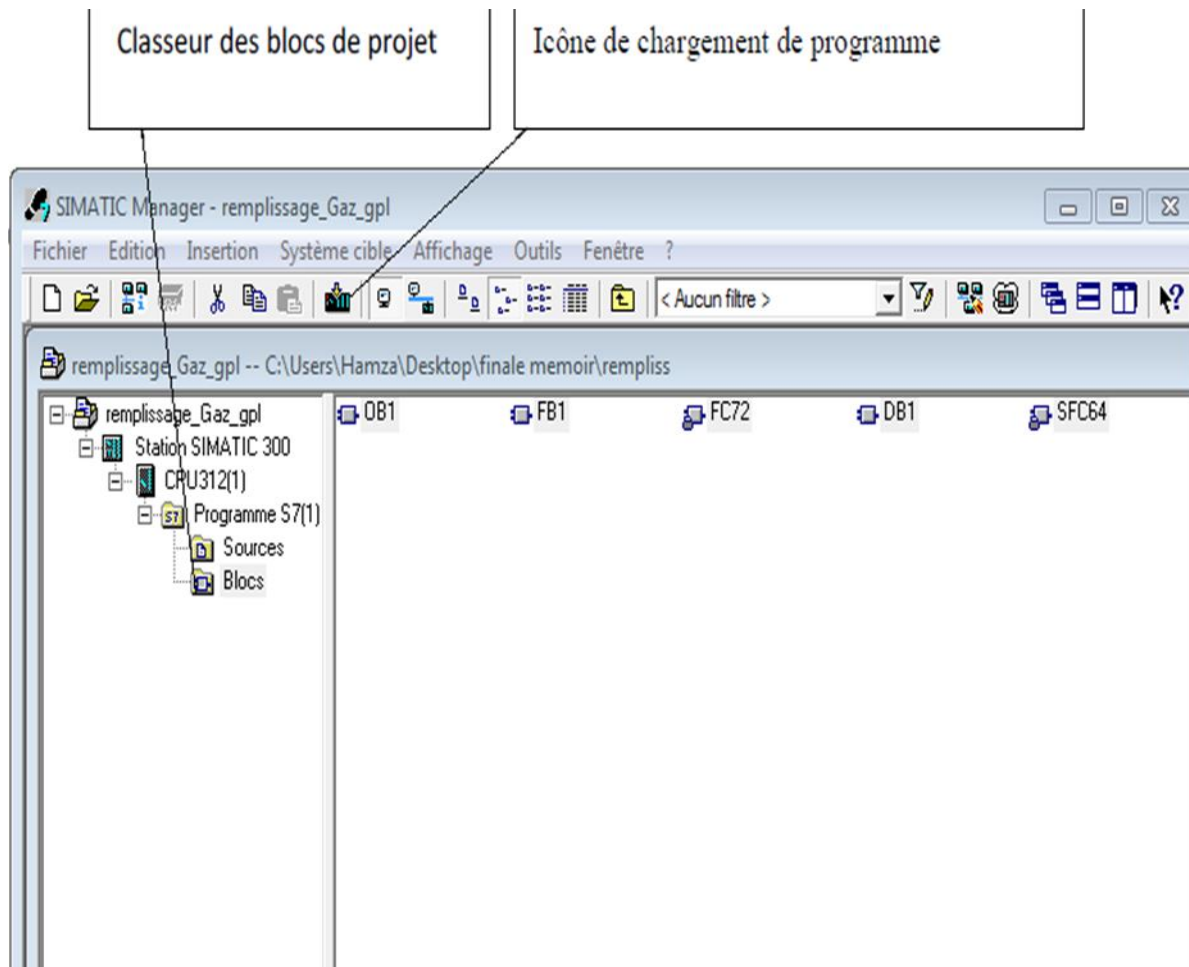


Figure IV.10 : Fenêtre de chargement de programme dans l'API [13].

#### IV.4.2.3 Configuration du simulateur

Le programme développé inclut des entrées, des sorties, des mémoires internes (mémentos), des temporisateurs et des compteurs. Lors de son exécution dans le simulateur, il est possible d'utiliser différentes fenêtres pour forcer les entrées à l'état haut (1) ou bas (0), et observer en temps réel l'évolution des temporisations ainsi que l'état des sorties.

#### IV.4.2.4 Exécution du programme

Pour lancer l'exécution du programme, il faut placer la CPU en mode de fonctionnement **RUN**. Dans ce mode, la CPU exécute le programme utilisateur, mais celui-ci ne peut pas être modifié.

En revanche, le mode RUN-P (**RUN-PROGRAMME**) permet à la CPU d'exécuter le programme tout en autorisant sa modification en temps réel.

Un effacement complet du programme peut être effectué en cliquant sur le bouton MRES.

#### **IV.4.2.5 Simulation du programme**

La simulation du programme s'effectue à travers le réseau de communication MPI (**Multi Point Interface**), qui sert d'interface entre la CPU et l'ordinateur. Cette interface permet à la fois le chargement du programme dans l'automate et la visualisation en temps réel de son exécution.

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les étapes nécessaires à la préparation et à la configuration d'un programme dans STEP7, ainsi que les outils disponibles pour la simulation avec S7-PLCSIM. Même si la simulation n'a pas pu être réalisée, cette partie nous a permis de mieux comprendre comment tester un programme et détecter d'éventuelles erreurs avant son implémentation réelle. Ces connaissances seront utiles pour une mise en œuvre future plus efficace et sécurisée du système automatisé.

## **Conclusion générale**

Au terme de ce travail consacré à l'étude de la structure d'une chaîne pneumatique et hydraulique appliqué au remplissage de bouteilles de gaz, il apparaît clairement que l'intégration de ces technologies dans le processus industriel présente de nombreux avantages en matière d'efficacité, de sécurité et de précision.

Notre travail nous a permis, dans une première partie, de présenter les bases essentielles des systèmes pneumatiques et hydrauliques, qui jouent un rôle central dans les systèmes d'automatisation. Nous avons analysé les composants essentiels qui les constituent ainsi que leurs principes de fonctionnement, leurs domaines d'application ainsi que leurs avantages et limites de chacun.

La deuxième partie a été consacrée au dimensionnement d'un vérin hydraulique, composant central de la table élévatrice, à travers des calculs rigoureux, nous avons déterminé les caractéristiques du vérin, du moteur hydraulique, de la pompe, et estimé les débits et pressions nécessaires pour assurer un fonctionnement optimal et sécurisé de systèmes.

Dans la troisième partie, nous avons réalisé une application concrète au sein de l'entreprise Naftal Bejaia, spécialisée dans l'emplissage et la distribution de bouteilles de gaz GPL. Cette expérience de terrain nous a permis de découvrir l'organisation industrielle réelle d'un centre emplisseur, de suivre les différentes étapes du processus de remplissage, et de mieux comprendre les enjeux liés à la sécurité, à la maintenance et à la performance des installations.

La quatrième partie a permis de représenter le fonctionnement séquentiel de l'installation à l'aide du GRAFCET, un outil de modélisation logique essentiel pour structurer un cycle automatisé de façon claire et efficace. Cette modélisation a facilité la transition vers l'approche par automate.

Enfin, dans la cinquième partie, nous avons abordé l'environnement de programmation STEP7 utilisé pour configurer les automates Siemens. Bien que la simulation du programme n'ait pas pu être réalisée, cette étape nous a permis de découvrir la logique de programmation industrielle, la structuration d'un projet automate, et les bases du développement d'un programme d'automatisation.

# **Bibliographie**



- [1] : « Structure des circuits hydrauliques et pneumatiques Application à DANONE » Mémoire de fin d'étude, Bejaïa, 2019
- [2] : Thierry Schanen, « Le guide des automatismes », V 7.3 2007.
- [3] : " Cours sur la pneumatique" Adresse URL : <http://www.geea.org/IMG/pdf/pneumatique.pdf>
- [4] : Ludovic Cuvelier « CHAINE D'ENERGIE PNEUMATIQUE-Calaméo »
- [5] : «Guide de référence sur l'efficacité énergétique de l'air comprimé» Adresse URL : <https://www.rncan.gc.ca/energie/produits/reference/14931>
- [6] : Patrique leguerre «cours-pneumatique » Adresse URL : <https://www.fichier-pdf.fr/2015/01/15/cours-pneumatique/cours-pneumatique.pdf>
- [7] : Source : S.Bellalah (Iset Nabeul) & M.Chouchene (iset siliana) Synthèse: H.Hamdi (UFMC1)
- »(1981)
- [9] :J.Diez, l'hydraulique industrielle appliquée, Ed. l'usine, paris (1984).
- [10] :J. Compain, le mécanicien en circuit oléo hydraulique, Ed.Sedon" 3eme édition".
- [11] : Site Web : [http://www.groupeisf.net/technologie\\_indus/hydraulique/sym\\_normes](http://www.groupeisf.net/technologie_indus/hydraulique/sym_normes).
- [12]“Service & Maintenance Manuel". CorporateOffice, JLG Industriel, Inc.1 JLG Drive  
Mc Connellsburg PA. 17233-9533, USA.
- [13] :« Etude et Automatisation du Système d'Emplissage de Bouteilles de Gaz butane Par l'API S7-300 » Mémoire de fin d'étude Tizi ouzou 2019 .

## Résumé

Ce mémoire explore la structure des systèmes pneumatiques et hydrauliques appliqués au remplissage de bouteilles de gaz, en mettant l'accent sur leur fonctionnement, leurs composants, et leurs avantages. Il inclut une étude détaillée du dimensionnement d'un vérin hydraulique pour une table élévatrice, ainsi qu'une application pratique au centre emplisseur de Naftal Béjaïa, où les étapes du processus industriel sont analysées. La modélisation logique via GRAFCET et l'introduction à la programmation avec STEP7 complètent l'étude, offrant une vision globale des technologies utilisées dans l'automatisation industrielle.

**Mots-clés :** Pneumatique, Hydraulique, Naftal, GRAFCET, STEP7.

## Abstract

This thesis explores the structure of pneumatic and hydraulic systems applied to gas bottle filling, with a focus on their operation, components, and advantages. It includes a detailed study on the sizing of a hydraulic cylinder for a lifting table, as well as a practical application at the Naftal Béjaïa filling center, where the steps of the industrial process are analyzed. Logical modeling using GRAFCET and an introduction to programming with STEP7 complete the study, providing a comprehensive overview of the technologies used in industrial automation.

**Keywords:** Pneumatics, Hydraulics, Naftal, GRAFCET, STEP7.

## ملخص

تتناول هذه المذكرة هيكليّة الأنظمة الهوائية والهيدروليكية المطبقة في تعبئة قوارير الغاز، مع التركيز على طريقة عملها، مكوناتها، ومزاياها. تشمل الدراسة تحليلاً مفصلاً لحساب أبعاد أسطوانة هيدروليكية لطاولة رفع، بالإضافة إلى تطبيق عملي في مركز التعبئة التابع لشركة نفطال ببجاية، حيث يتم تحليل مراحل العملية الصناعية. كما تتضمن الدراسة نمذجة منطقية باستخدام لغة GRAFCET ، ومقدمة في البرمجة باستخدام STEP7 ، مما يوفر رؤية شاملة للتقنيات المستخدمة في الأتمتة الصناعية.

**الكلمات المفتاحية:** الأنظمة الهوائية، الأنظمة الهيدروليكية، نفطال، GRAFCET، STEP7.