

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERY Tizi-ouzou  
Faculté de Génie Electrique et d'Informatique  
Département d'Electronique



Mémoires de la fin d'Etudes



En vue de l'obtention du Diplôme De MASTER en Electronique  
Option : Electronique Industrielle

# *Thème*

*Etude et automatisation d'une  
station d'émaillage électrostatique à  
l'aide d'un automate programmable  
S7-300*

**Proposé par** : Mr.B.Bougdoor

**Préparé par** :

Melle Gacem djedjiga

**Dirigé par** : Mr.Y. Attaf

Melle Rezzouk Rima

Soutenu le 09/09/2015 devant le jury d'examen composé de :Mr M.Lazri  
Mr F.ouallouche  
Mr S.Hmeg

*Promotion : 2014-2015*

# ***REMERCIEMENT***

Nous rendons avant tout grâce à Dieu tout puissant qui nous a aidés à surmonter les difficultés que nous avons rencontrées tout au long de notre travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos vives gratitudee et notre profonde reconnaissance à notre promoteur Mr.Y.Attaf pour sa précieuse aide et ses conseils et sa disponibilité permanente, tout au long de notre travail afin de réaliser au mieux notre travail.

Nous adressons également nos sincères remerciements à notre encadreur Mr.B.Bougdoor d'avoir proposé le thème et pour son encouragement qui permet le bon déroulement de notre stage, sans oublier les ingénieurs et les dirigeants du bureau d'études de l'unité cuisson surtout Mme.TEKLI HABIBA qui est contribué à l'accomplissement de ce projet en donnant des remarques et des conseils.

Nos remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire et qui se sont dévoués pour nous venir en aide.

Enfin, nous tenons à remercier également les membres de jury qui nous ferons l'honneur de jurer notre travail.

# *DEDICACE*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents qui ont consenti beaucoup de sacrifices pour me permettre de réaliser mes objectifs.*

*Mes très chers frères : HOCINE et SOFIANE*

*Mes très chères sœurs : DJOUHER, SOUMIA, et AMINA  
et son mari RACHID*

*Et Ma tante TEKLI HABIBA*

*Mes amis FATIMA, NADIA, Malika, LILA, AMIRA et  
MOH et FAREDJ, et ceux que je connais*

*Ma binome Djedjiga et sa famille.*

Rima

# *DEDICACE*

*A mes très chers parents*

*A ma sœur Kahina, son mari et ses filles*

*A mes sœurs: Rosa, Ouardia, Celia, Wahiba*

*A mon frère Mouloud*

*A mes amis : Hassina, Nadia, Razika, Yassmine, moh et Faredj*

*A mon binôme : Rima*

*A tous ceux qui ont su croire en moi*

*A tous ceux qui me sont chers*

*Je dédie ce modeste travail*

*Djedjiga*

# SOMMAIRE

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Introduction générale</b>                                                | 01 |
| <b>Chapitre I : Description et fonctionnement de la machine d'émaillage</b> |    |
| I.1.Introduction                                                            | 02 |
| I.2.Généralités sur l'émail                                                 | 02 |
| I.2.1.Définition                                                            | 02 |
| I.2.2.Les types d'émail utilisé                                             | 02 |
| I.2.3.L'opération d'émaillage                                               | 03 |
| I.3. Généralités sur l'acier                                                | 03 |
| I.3.1.Le traitement de surface avant émaillage                              | 03 |
| I.3.2.Le pistolage électrostatique                                          | 03 |
| I.3.3.Neutralisation et séchage                                             | 04 |
| I.3.4.La cuisson                                                            | 04 |
| I.4.Les propriétés d'emploi des aciers émaillés                             | 04 |
| I.5.La station d'émaillage en blanc                                         | 05 |
| I.5.1.Description                                                           | 05 |
| I.5.1.1.La vue de face de la station d'émaillage                            | 05 |
| I.5.2.Description du matériel constituant la station                        | 06 |
| I.5.2.1.La chambre d'alimentation d'émail                                   | 06 |
| I.5.2.2. La chambre d'émaillage                                             | 09 |
| I.5.2.3. La chambre de retouche                                             | 16 |
| I.5.2.4. Le convoyeur                                                       | 16 |
| I.6. Fonctionnement de la station                                           | 17 |
| I.6.1.Zone de lavage, séchage, chargement                                   | 17 |
| I.6.2. Le pneumatique                                                       | 17 |
| I.6.3. Hydraulique                                                          | 19 |
| I.6.4. Partie électrique                                                    | 21 |
| I.7.Les composants de la station                                            | 24 |
| I.7.1.Les pré-actionneurs                                                   | 24 |
| I.7.2.Les actionneurs                                                       | 25 |
| I.7.3.Les accessoires                                                       | 28 |
| I.7.4.Les capteurs                                                          | 31 |
| I.7.4.1.Définition                                                          | 31 |
| I.7.4.2.Structure d'un capteur                                              | 31 |
| I.8. Conclusion                                                             | 33 |
| <b>Chapitre II : Améliorations de la station</b>                            |    |
| II.1.Introduction                                                           | 34 |
| II.2.Problématiques                                                         | 34 |
| II.3.Etude de système                                                       | 34 |
| II.3.1.Filtre à l'air                                                       | 35 |
| II.3.2.Moteur pneumatique                                                   | 35 |
| II.3.3.Servovalve                                                           | 36 |
| II.3.4.Electrovanne                                                         | 36 |
| II.3.5.Le détecteur photoélectrique                                         | 37 |
| II.3.5.1.Définition                                                         | 37 |
| II.3.6.Le capteur de température                                            | 38 |
| II.3.6.1.Définition                                                         | 38 |
| II.3.7.Flotteur                                                             | 39 |
| II.3.8.Le distributeur monostable                                           | 40 |
| II.3.9.Capteur de pression                                                  | 40 |
| III.4.Les améliorations proposées sur la station d'émaillage                | 41 |

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| II.4.1. Amélioration sur le robot.....                              | 41        |
| II.4.2. La présence des pièces.....                                 | 42        |
| II.4.3. Remplissage automatique de cuve.....                        | 42        |
| II.4.4. Rinçage des tuyauteries de remplissage.....                 | 43        |
| II.4.5. Rinçage automatique de circuit de pulvérisation.....        | 44        |
| II.4.6. Automatisation de circuit de commande pneumatique.....      | 45        |
| II.4.7. Automatisation de radiateur.....                            | 47        |
| II.5. Conclusion.....                                               | 47        |
| <b>Chapitre III : Modélisation de la station par GRAFCET</b>        |           |
| III.1. Introduction.....                                            | 48        |
| III.2. Définition de GRAFCET.....                                   | 48        |
| III.3. Les organes d'un GRAFCET.....                                | 48        |
| III.3.1. L'étape.....                                               | 48        |
| III.3.2. Les actions.....                                           | 49        |
| III.3.3. Une liaison.....                                           | 49        |
| III.3.4. La transition.....                                         | 50        |
| III.4. Configuration courante et les équations.....                 | 50        |
| III.4.1. Divergence en OU.....                                      | 50        |
| III.4.2. Convergence en OU.....                                     | 51        |
| III.4.3. Divergence en ET.....                                      | 51        |
| III.4.4. Convergence en ET.....                                     | 51        |
| III.5. Exemple de GRAFCET.....                                      | 52        |
| III.6. Types de GRAFCET.....                                        | 53        |
| III.6.1. GRAFCET niveau1.....                                       | 53        |
| III.6.2. GRAFCET niveau2.....                                       | 53        |
| III.7. Règles d'évolutions.....                                     | 54        |
| III.8. Modélisation de la station d'émaillage avec GRAFCET.....     | 55        |
| III.9. Conclusion.....                                              | 60        |
| <b>Chapitre IV : Automatisation de la station par un API S7-300</b> |           |
| IV.1. Introduction.....                                             | 61        |
| IV.2. Définition.....                                               | 61        |
| IV.2.1. Architecture des automates programmables industriel.....    | 61        |
| IV.2.2. Structure interne des automates programmables.....          | 62        |
| IV.3. Structure d'un système automatisé.....                        | 64        |
| IV.3.1. La partie commande.....                                     | 64        |
| IV.3.2. La partie opérative.....                                    | 64        |
| IV.3.3. Automatisation.....                                         | 65        |
| IV.4. Le SIMATIC S7 et sa programmation.....                        | 66        |
| IV.4.1. Choix d'un automate.....                                    | 66        |
| IV.4.2. Présentation de l'automate S7-300.....                      | 66        |
| IV.4.3. Caractéristique de S7-300.....                              | 67        |
| IV.4.4. Coté matériel.....                                          | 68        |
| IV.4.5. Coté logiciel.....                                          | 69        |
| IV.5. Conclusion.....                                               | 76        |
| <b>Conclusion générale.....</b>                                     | <b>77</b> |

# introduction générale

## **Introduction générale**

L'industrie est l'ensemble des activités humaines tournées vers la production en série de bien, grâce à la transformation des matières premières ou des matières ayant déjà subi une ou plusieurs transformations et à l'exploitation des sources d'énergie. Il y a plusieurs années l'homme est à la recherche des idées nouvelles pour rendre moins lourds les travaux et améliorer la rapidité de la production. Cette recherche répond à l'étude des « Sciences Industrielles », qui est la base de l'évolution des sciences en général, et de l'automatisation en particulier.

L'automatisation des systèmes de production devient de plus en plus une obligation pour l'amélioration du gain de production pour gagner en temps et en énergie. L'insertion d'un automate programmable dans tous les procédés industriels est donc la solution adéquate. Il est considéré comme l'étape d'un progrès technique ou apparaissent des dispositifs technique susceptible de seconder l'homme non seulement dans ses efforts musculaires, mais également dans son travail intellectuel de surveillance et de contrôle.

La bonne automatisation conduit a une bonne qualité et un meilleur rendement dans la production, ce qui manque à la station d'émaillage de l'entreprise ENIEM vu que la technologie utilisé est celle de relais, qui ont disparue du marché à cause de leur prix et aussi l'apparition d'une technologie meilleure qui est celle des automates programmables.

L'objectif de notre travail consiste à l'étude et l'automatisation de cette station par un automate programmable industriel SIMATIC S7-300 de la firme SIEMENS électronique qui répond à un cahier de charges bien défini. Et qui sera organisé comme suit :

- le premier chapitre comporte la description et fonctionnement de la machine d'émaillage électrostatique.
- Le deuxième chapitre nous développerons les améliorations apportées à la station.
- Le troisième chapitre sur le GRAFCET et la modélisation de la station d'émaillage avec GRAFCET.
- Le quatrième chapitre porte sur l'automate programmable industriel et l'automatisation de la station par un API S7-300.

Nous terminerons notre travail par la conclusion générale.



Chapitre I :  
**Description et  
fonctionnement de la  
station d'émaillage**

## **I.1.Introduction :**

L'acier émaillé est un matériau aux caractéristiques exceptionnelles qui a de multiples applications dans de nombreux domaines de la vie quotidienne.

Le travail proposé dans ce mémoire consiste à automatiser une station d'émaillage des pièces des cuisinières, qui occupe une place très importante dans l'unité cuisson, car avec la mise en service de cette grande machine en 1991, l'émaillage des pièces a bénéficié de plusieurs améliorations, en qualité et en quantité de produit finale.

Dans ce chapitre on va étudier le fonctionnement de la station d'émaillage en blanc, on va aussi voir tous les composants constituant la station, vu qu'aujourd'hui l'opération d'émaillage sur acier est devenue un procédé de haute technologie nécessitant l'utilisation des produits de base très sophistiqués associés à des moyens de mise en œuvre élaborés.

## **I.2.Généralités sur l'email :**

### **I.2.1.Définition :**

L'email est un mélange de matières non organiques naturelles de la famille des verres (quartz, sables, feldspaths, argiles, etc.) et de fondants (bore, soude, etc.) colorés avec divers oxydes métalliques. Ce mélange est fondu à haute température vers 1300 °C, coulé puis refroidi brutalement et concassé de façon à obtenir la «fritte d'email» qui sera elle-même transformée en email par broyage.

### **I.2.2. Les types d'email utilisés :**

Émaillage conventionnel (deux couches /deux cuissons) il est utilisé pour les pièces visibles. Il consiste, après avoir effectué un émaillage de masse une couche / une cuisson, à déposer et cuire un email de couverture sur la face visible (éventuellement sur les deux faces).Il permet de faire des pièces en blanc ou en couleur en obtenant un très bon aspect de surface après émaillage.

#### **❖ L'email de masse :**

L'email de masse contient des oxydes métalliques (oxydes de Ni, Co, Cu) qui vont permettre son adhérence sur l'acier en créant des alliages avec le fer qui y est contenu, les oxydes métalliques étant de couleur foncée, il ne peut pas exister d'email de masse blanc.

L'email de masse assure également la protection contre la corrosion de la pièce émaillée. Par ailleurs, selon le type de pièce à émailler, d'autres éléments lui seront ajoutés pour lui conférer :

- Des propriétés antiacides (cavité de four, lèchefrites) par addition de  $\text{TiO}_2$  ;
- Des propriétés anti-alcalines (sanitaire, lave-linge) par addition de  $\text{ZrO}_2$  ;
- Une résistance à la corrosion améliorée pour les applications chauffe-eau par addition de  $\text{ZrO}_2$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

#### **❖ L'email de couverture :**

L'email de couverture va donner à la pièce émaillée ses qualités esthétiques. De plus, il contribue à améliorer la résistance chimique de la pièce émaillée.

### **I.2.3.L'opération d'émaillage :**

L'opération d'émaillage consiste à appliquer, puis à cuire une ou plusieurs couches d'email sur une ou deux faces d'un support acier adapté.

C'est au cours de l'opération d'émaillage qu'est réalisée l'union indestructible de l'acier et de l'email. Cette opération consiste à appliquer par procédés de pistolage pneumatique ou électrostatique, sur un panneau dont la surface a été minutieusement préparée.

La cuisson à haute température crée une liaison intime et indissociable entre l'email et son support, qui forment dès lors un nouveau matériau inaltérable.

L'email peut être appliqué par voie humide ou par voie sèche.

### **I.3.Généralités sur l'acier :**

La fabrication des aciers pour émaillage nécessite que chacune des étapes du processus de fabrication soit très bien maîtrisée.

En effet, il s'agit de produit de haute technologie devant répondre aux critères de la norme, ce qui impose un suivi très strict de l'analyse chimique et des conditions d'élaboration, de façon à parfaitement contrôler la métallurgie du produit.

Ces aciers doivent pouvoir s'adapter aux conditions de cuisson /refroidissement des pièces émaillées, donc résister aux déformations et contraintes induites par ces opérations.

#### **I.3.1.Le traitement de surface avant émaillage :**

L'objectif du traitement de surface est d'obtenir une surface compatible avec l'opération d'émaillage.

Le traitement de surface comprend différents étapes dont le nombre varie en fonction du procédé d'émaillage mis en œuvre.

#### **I.3.2.Le pistolage électrostatique :**

Une différence de potentiel électrique est appliquée entre l'email chargé négativement et la pièce à émailler chargée positivement. Le pistolet d'émaillage est constitué d'un tube central au travers duquel passe l'email entouré d'une buse annulaire dans laquelle passe l'air de pulvérisation à plus grande vitesse que le flux d'email. Cette différence de vitesse provoque l'atomisation de la barbotine d'email en fines gouttelettes.

A la sortie du pistolet, elles traversent l'atmosphère qui a été ionisée dans un champ électrique et se chargent négativement avant de se déposer sur la pièce à émailler. Après formation des premières couches, les gouttelettes suivantes vont subir une attraction de plus en plus faible de la part de la pièce et une force répulsive va naître, s'opposant à la force d'attraction jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint, régulant ainsi l'épaisseur l'émaillage des aciers.

#### **I.3.3. Neutralisation et séchage :**

L'opération de neutralisation a pour objectif d'éliminer complètement les restes d'acide :

- $10.5 < \text{pH} < 11.5$  et  $T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$  pendant 7mn.

A la fin de la préparation de surface, il est nécessaire que les pièces soient séchées pour éviter qu'elles ne s'oxydent avant émaillage.

Le séchage est une opération indispensable après l'application d'email par voie liquide. En effet, l'humidité qui représente 40 à 50% de la masse déposée peut provoquer au cours de la cuisson, le retrait de l'email. Le revêtement sec obtenu est appelé biscuit.

Le séchage à l'air libre n'est pas recommandé car les pièces peuvent être contaminées par des particules exogènes contenues dans l'air et il peut rester de l'humidité résiduelle dans l'email pouvant favoriser l'apparition de coups d'ongle.

Il est nécessaire d'utiliser des séchoirs ou des étuves à températures comprises entre 70 et 120 °C. Le séchage par rayonnement infrarouge ou par convection est le moyen le plus sûr pour préparer les pièces avant la cuisson.

#### **I.3.4. La cuisson :**

La cuisson des pièces se fait à des températures très élevée compris entre 780°C et 850°C. Elle s'effectue dans un four box (pour les petits séries, à faible dimensions) ou dans un four tunnel (soit rectiligne, soit en forme L en U, ils sont constitués de trois zones : préchauffage, cuisson, refroidissement). Le chauffage des fours est soit électrique ou à gaz par tube radiants.

#### **II.4. Les propriétés d'emploi des aciers émaillés :**

Les aciers émaillés présentent un certain nombre de propriétés dûes essentiellement à la nature vitreuse de l'émail.

La composition chimique des émaux varie en fonction de leur utilisation finale de façon à répondre correctement aux exigences liées à cette utilisation :

- La résistance à la corrosion ;
- La résistance chimique des émaux ;
- La résistance mécanique de la surface ;
- La résistance à la chaleur et au froid ;
- La résistance aux chocs thermiques. ;
- La résistance au feu ;
- Hygiène et nettoyabilités ;
- Stabilité des couleurs.

#### **I.5. La station d'émaillage en blanc :**

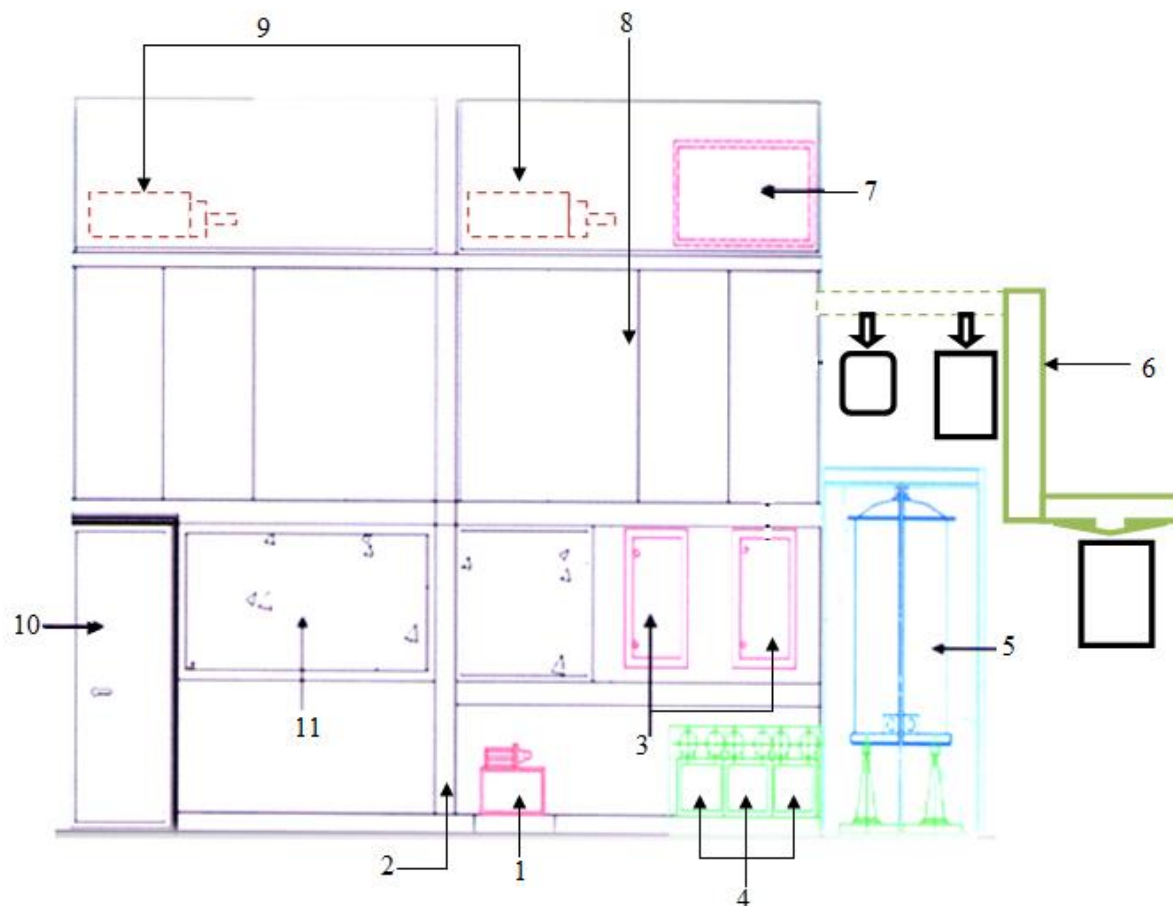
##### **I.5.1. Description :**

La station de pulvérisation (cabine de pulvérisation) est conçu dans le but de revêtir en email blanc différentes formes de tôles d'acier servant après leur passage en revue de toutes étapes jugées indispensables, à savoir leurs découpes, leur façonnage et leur traitement de déférentes pièces et parois constituant ainsi le produit fini de cuisinière

Cette cabine (station d'émaillage) est dotée de trois parties essentielles :

- ✓ La chambre d'alimentation d'émail ;
- ✓ Chambre d'émaillage ;
- ✓ La partie de rectifications.

##### **I.5.1.1. La vue de face de la station d'émaillage : est représentée dans la « Figure I.1 » :**



**Figure I.1 :** La vue de face de la station d'émaillage.

1. Centrale hydraulique ;
2. L'emplacement de robot RHV 420
3. Armoires (commande pneumatique-commande électrique) ;
4. Central d'alimentation d'émail aux pulvérisateurs ;
5. Cuve d'émail ;
6. Convoyeur ;
7. Générateur de haute tension ;
8. Emplacement du radiateur ;
9. Les extracteurs d'humidité ;
10. Portes de la chambre d'émaillage ;
11. Vitre de visualisation.

## **I.5.2.Description du matériel constituant la station :**

### **I.5.2.1.La chambre d'alimentation d'émail :**

Elle est placée à l'extérieur (droite) de la chambre de pulvérisation, cette chambre sert d'endroit où l'on met le réservoir d'émail afin d'alimenter la station en quantité d'émail utile pour le revêtement des parois de la cuisinière.

Constituée de parois grillagées (cage isolation), elle est faite pour isoler la cuve d'émail des opérateurs lors de fonctionnement de la station car la cuve doit être électrifiée avec une charge de tension choisie par l'opérateur.

Cette chambre contient :

- Cuve d'émail (réservoir d'émail) ;
- Un moteur pneumatique (agitateur) ;
- Une canalisation ;
- L'alimentation de l'émail.

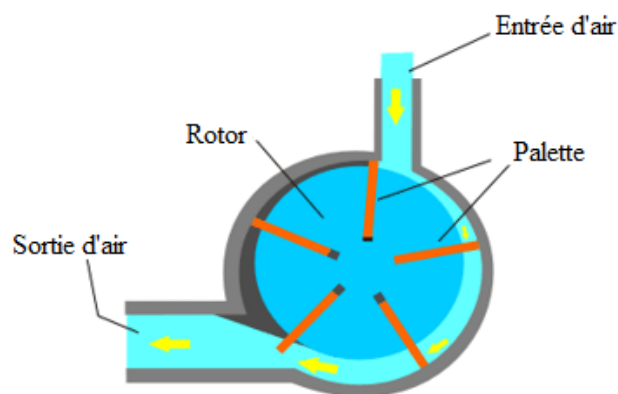
#### ❖ La cuve d'émail :

Sous haute tension, elle est placée sur un support isolant entouré d'un grillage de protection ou les parois sont à un mètre de support. Elle est munie d'un moteur pneumatique agitateur afin de maintenir l'homogénéité de l'émail mise sous pression d'air qui souffle à l'intérieur à une pression relativement faible (moins d'un bar) pour éjecter l'émail aux pompes. Cette cuve est équipée d'un :

##### ▪ Un moteur pneumatique :

C'est un actionneur qui transforme la pression de l'air en une énergie mécanique, il en existe différents types dont les plus courants sont les moteurs à piston et les moteurs à palettes.

Il est conçu maintenir l'homogénéité de l'émail à l'intérieur de cette cuve. L'agitateur donc s'expliquer par le biais d'ailettes montées sur l'arbre de transmission relié a ce moteur (**Figure I.2**).



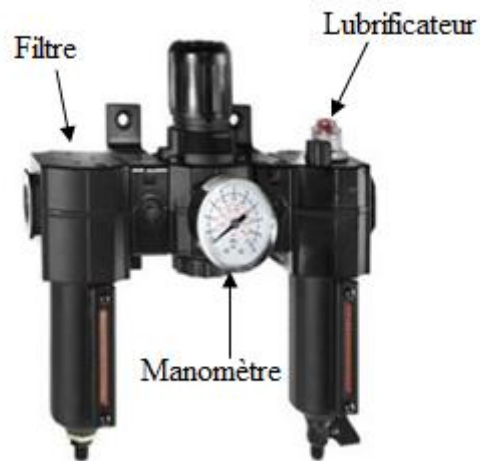
**Figure I.2 :** Moteur pneumatique.

##### • L'unité FRL: (Filtre, Régulateur et Lubrificateur) :

Le filtre sert à assécher l'air et filtrer les poussières.

Le régulateur sert à régler et réguler la pression de l'air.

Le lubrificateur sert à éviter la corrosion et à améliorer le glissement.



**Figure I.3 : L'unité FRL**

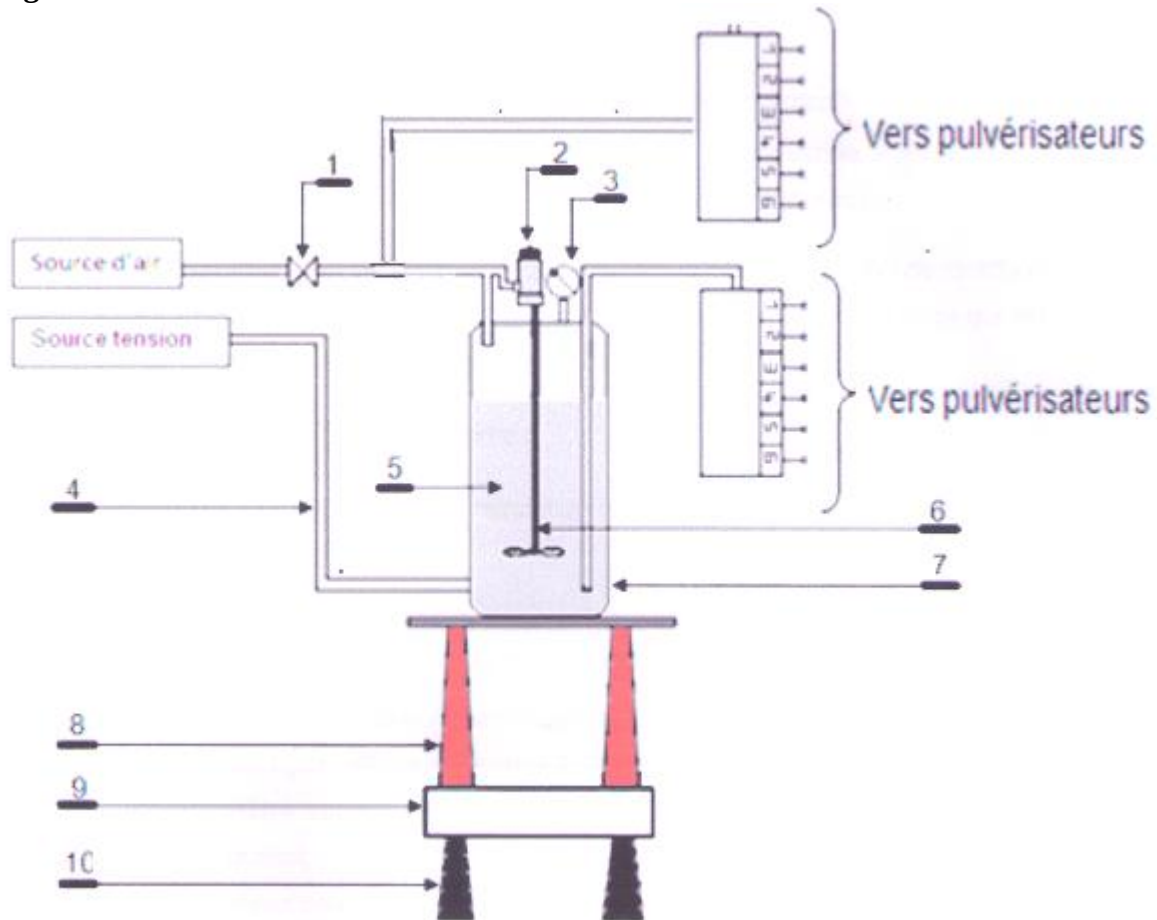
- **Une canalisation (entrées d'air comprimé):**

L'existence de l'air comprimé dans la cuve occupant à ce stade le troisième tiers de volume crée une pression servant de véhiculer le contenu d'email à l'aide d'une canalisation en polyamide sans effet de mécanique de fluide jusqu'au distributeur principale se trouvant à l'enceinte de la cabine. C'est l'étape d'avant distribution aux pompes puis aux pulvérisateurs.

- **L'alimentation de l'email :**

Sous une pression d'air de 1 bar, l'email contenu dans la cuve est éjecté et passe à travers une tuyauterie jusqu'aux pompes d'email. Le moteur électrique de chacune d'elle entraînés par la rotation de l'accouplement puis celui des pompes, se qui passer l'email aux pulvérisateurs. **voir**

« Figure I.4 »



**Figure I.4:** L'alimentation de l'émail.

1. Vanne ;
2. Moteur pneumatique ;
3. Manomètre ;
4. Tuyauterie ;
5. Email ;
6. Agitateur d'émail ;
7. Cuve ;
8. Isolant ;
9. Support ;
10. Pieds.

#### I.5.2.2. La chambre d'émaillage :

Etant l'âme de toute la station, cette chambre contient :

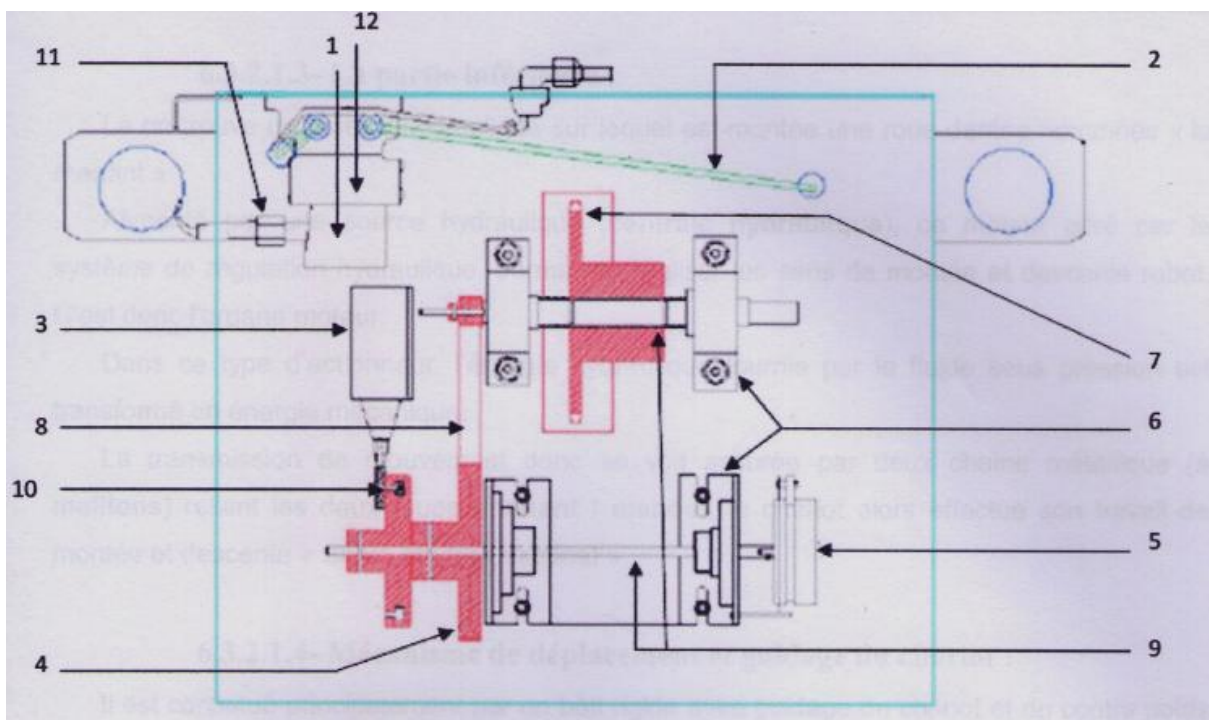
##### ❖ Le robot RHV420 (robot hydraulique vertical) :

Le robot RHV420 est un acier dur installé à l'intérieur de la cabine vitrifiée. Il est équipé d'un bâti rigide avec guidage d'un chariot porteur de six (06) pulvérisateurs à émail.

Sur le robot on trouve un potentiomètre qui actionne la servovalve afin de distribuer l'huile vers le moteur hydraulique qui va donner un sens de rotation pour le porte pulvérisateur qui est monté sur une chaîne. [7]

Il est constitué principalement de deux parties distinctes :

- **La partie supérieure** Cette partie contient tout un système de régulation hydraulique à savoir :
  - **La menant** : roue dentée montée sur l'arbre du moteur hydraulique, une fois entraînée par ce dernier. Elle transmet à la menée par le biais d'une chaîne de transmission à maillons métallique ;
  - **Une servovalve** : servant de commande hydraulique ;
  - **Un distributeur hydraulique** : véhiculant le fluide de travail ;
  - **Un potentiomètre** : servant d'ordinateur pour le changement de sens de montées et descente du chariot ;
  - **Une roue à deux cames** pour les sécurités absolues :
    - ✓ une pour la limite «haut» ;
    - ✓ L'autre pour la limite «bas».
- **Un fin de course** de sécurité afin d'interrompre le fonctionnement de la station à chaque dépassement de limite. : voir « **Figure I.5** »



**Figure I.5** : La vue de dessus du Robot hydraulique.

1. Electrovanne ;
2. Tuyauterie ;
3. Fin de course (sécurité absolue) ;
4. Pignon de transmission ;
5. potentiomètre ;
6. Paliers de guidage ;
7. Roue menée (roue dentée) ;
8. Courroie ;
9. Arbre de transmission ;
10. Came de sécurité absolue ;
11. Canalisation électrique ;
12. Distributeur hydraulique ;

**- La partie inférieure :**

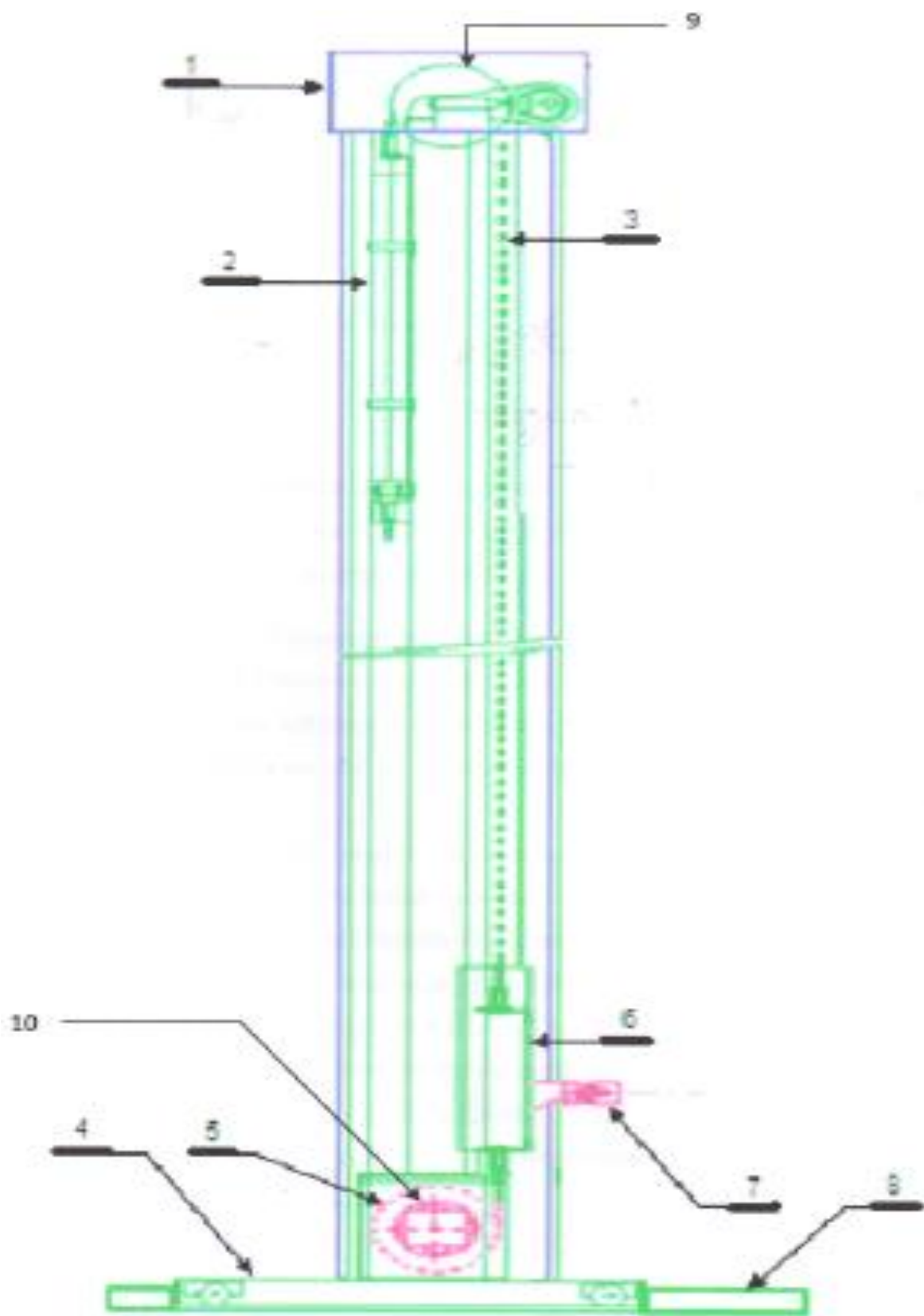
Là on trouve un moteur hydraulique sur lequel est montée une roue dentée nommée « le menant ».

Alimenté par une source hydraulique (centrale hydraulique), ce moteur géré par le système de régulation hydraulique, permet de réaliser les sens de montée et descente robot. C'est donc l'organe moteur.

Dans ce type d'actionneur, l'énergie hydraulique fournie par le fluide sous pression est transformée en énergie mécanique.

La transmission de mouvement donc se voit assuré par deux chaîne métallique (à maillons) reliant les deux roues (menant / menée). Le chariot alors effectue son travail de montée et descente « un va et vient vertical ».

**- Mécanisme de déplacement et guidage du chariot : voir « Figure I.6»**



**Figure I.6 :** La vue de droite du robot.

1. Partie supérieure du robot ;
2. Contre poids ;
3. Chaîne à maillon
4. Support mobile ;
5. Moteur hydraulique ;
6. Poids ;
7. Porte buse (pulvérisateur) ;
8. Socle de robot
9. Roue dentée (menée)
10. Roue dentée (menant)

Il est constitué principalement par un bâti rigide avec guidage du chariot et du contre poids réalisé à partir de plis sur les deux faces latérales du bâti.

Un contre poids est fixé sur un bout de chaîne, sur l'autre bout est fixé le chariot, celui-ci comporte huit(08) galets de guidage.

L'ensemble du bâti support est monté sur roulettes et se déplace sur un socle.

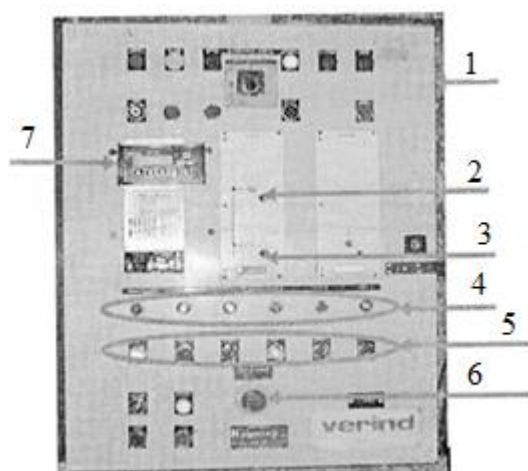
#### ○ **Caractéristique générale :**

- Vitesse maximum 75m/min ;
- Vitesse minimum 25m/min ;
- Course maximum utile 2m à la vitesse max de 25m/min ;
- Course moyennes 0.8m à 1.7m à vitesse max de 75m/min ;
- Charge utile 60kg ;
- Poids : mécanisme 500kg.

#### ❖ **Les armoires de commande :**

L'un pour la commande électrique qui gère l'alimentation de la station et l'autre pour la commande pneumatique qui permet de contrôler et régler l'air des pulvérisateurs.

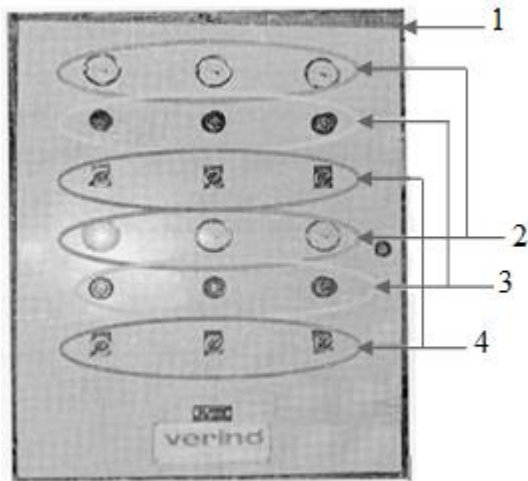
#### ○ **La commande électrique :**



1. Armoire de commande électrique.
2. Le module RH4201 ;
3. Le module RH4209 ;
4. Les boutons de mise en marche des moteurs ;
5. Les boutons de mise en marche de pompes. ;
6. Bouton arrêt d'urgence ;
7. Pupitre du générateur de haute tension.

**Figure I.7 :** armoires de commande électrique.

#### ○ **La commande pneumatique :**

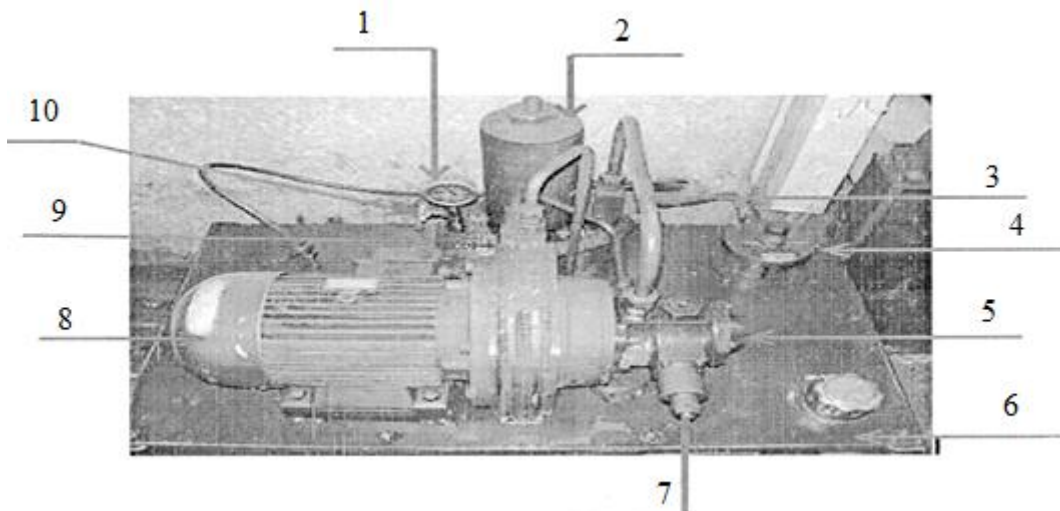


1. Armoire de commande pneumatique.
2. Manomètre.
3. Bouton de régulation des pressions.
4. Sélecteur pneumatique.

**Figure I.8 : Armoire commande pneumatique**

### ❖ Centrale hydraulique :

La centrale hydraulique ou dite un groupe hydraulique est le composant du robot qui transforme l'énergie électrique en énergie hydraulique en imposant une pression d'huile. Elle se compose principalement d'un ensemble motopompe, un clapet anti-retour, un accumulateur, un régulateur de pression, un échangeur thermique et un manomètre équipé d'un robinet le tout est monté sur le réservoir. [6]



**Figure I.9 : La centrale hydraulique.**

- |                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| 1. Manomètre;                  | 8. Moteur électrique ;  |
| 2. Accumulateur ;              | 9. Clapet anti retour ; |
| 3. Tuyauterie ;                | 10. Vanne à main.       |
| 4. Filtre ;                    |                         |
| 5. Pompe à palettes ;          |                         |
| 6. Réservoir d'huile ;         |                         |
| 7. Réducteur de débit manuel ; |                         |

### - Un groupe motopompe :

Un groupe de motopompe hydraulique se compose d'une pompe à palettes, accouplée à un moteur asynchrone, par l'intermédiaire d'un accouplement élastique.

- **Caractéristique techniques :**
- **Le moteur électrique :**
  - Moteur asynchrone triphasé ;
  - Tension d'utilisation : 220 – 380 V ;
  - Fréquence : 50Hz ;
  - Vitesse : 1500 tr/min ;
  - $\cos \Phi$  : 0.75 ;
  - La puissance : 3 KW.
- **La pompe à palettes :**
  - Pression : 58 bars ;
  - Débit : 18 L/min.

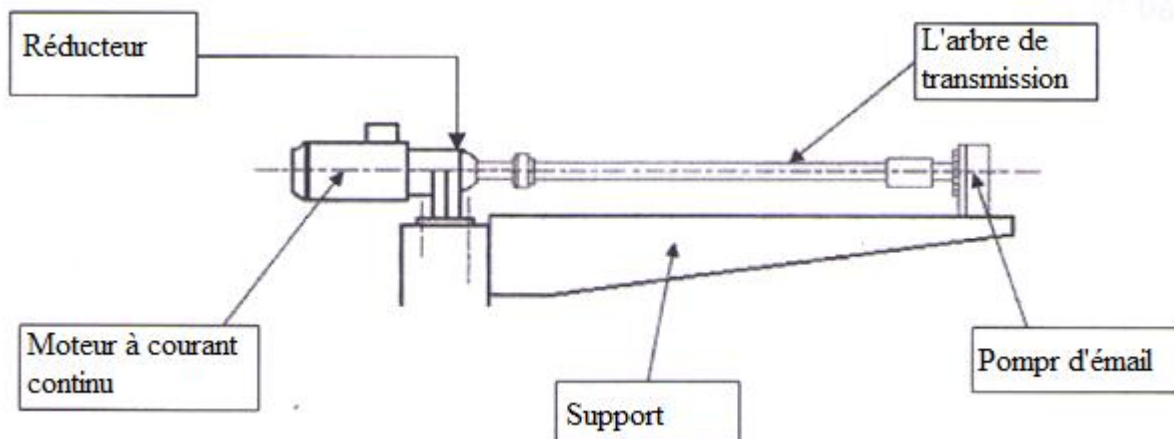
❖ **Centrale d'alimentation :**

Elle est équipé de :

- **Motoréducteur :**

L'entraînement en rotation des pompes volumétriques est assuré par un motoréducteur qui est un ensemble constitué d'un moteur à courant continu à excitation séparée et vitesse variable au moyen d'un potentiomètre, et d'un réducteur de vitesse.

Dans la centrale d'émaillage on trouve six(6) réducteur montées en parallèle. Le moteur à courant continue va transformer l'énergie électrique à une énergie mécanique, qui va donnée le mouvement de rotation à l'arbre vers la pompe d'email. (**Figure I.10**)



**Figure I.10 : Un motoréducteur**

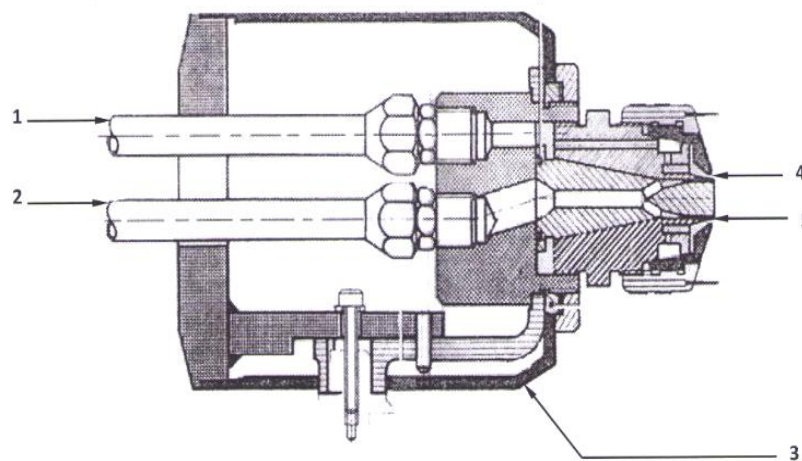
- **Caractéristiques techniques :**
  - **Moteur**
    - Type : M63-85- Excitation séparée ;
    - Puissance : 122 W ;
    - Inducteur : 195 V ;
    - Induit : 180 V ;

- Plage de vitesse : 1500 à 3000 tr/min ;
- Soit 80°C d'échauffement maximum au dessus d'une ambiante de 400°C.

➤ **Réducteur :**

- Type : à engrenage ;
- Rapport de réduction : 1/12.6 ;
- Couple de moteur : à 3000tr/min = 0.45m.daN ;
- Lubrification : graisse.

- pulvérisateur d'email : voir « Figure I.11 »



**Figure I.11 :** Pulvérisateur d'email.

1. Entée d'air ;
2. Entée d'email ;
3. Cache de pulvérisateur ;
4. Sortie d'air ;
5. Sortie d'email.

Le pulvérisateur se compose principalement d'un support isolant, d'une buse de pulvérisation et d'un ensemble de fixation.

L'email est conduit à la buse pulvérisation par des conduites isolantes (tuyauterie) qui assure la liaison avec les pompes volumétriques de la centrale d'alimentation en email.

La station est équipée de six pulvérisateurs, trois pour l'émaillage de la première face des pièces, une tige en acier fixées sur le support de convoyeur fait tourner ces premières pour êtres émaillées sur la deuxième face par les trois pulvérisateurs restants.

**a. pulvérisation et effet électrostatique :**

Une différence de potentiel électrique est appliqué entre l'email chargé négativement et la pièce à émailler chargée positivement, ce qui provoque l'atomisation de la barbotine d'email en fines gouttelettes dans la buse pulvérisation, l'email et l'air arrivent à l'extrémité de canaux se forme d'anneaux concentriques. L'air comprimé sous des pressions relativement faible (2 bar) et admis dans des chambres et des distribué dans des orifices tangentiels. Il en résulte un effet tourbillonnaire connu sous le nom de VORTEX.

### **- Générateur de haute tension :**

Il est de marque SAMES, équipée d'un module de commande GNM 200, qui permet de piloter la haute tension générée par un appareil électronique dénommé « unité haute tension UHT ». L'unité de haute tension est placée, pour des raisons de sécurité, sur le toit de la cabine et est reliée par un câble à la paroi externe de la cuve d'émail pour charger les particules d'émail, elle fournit une tension d'une polarité négative de 62 KV.

#### **o Caractéristique techniques :**

- Tension d'entrée : 100 V- MAX ;
- Tension de sortie : 100KV ;
- Courant de sortie : 400µa ;
- Polarité : négativité ;
- Poids : 3 kg.

#### **II.5.2.3. La chambre de retouche :**

Elle est placée à l'extérieur (gauche) de la chambre d'émaillage, à l'intérieur on trouve deux (02) employés qui font la tâche manuelle d'émaillage avec un pistolet de pulvérisation d'émail afin de combler les manques d'émaillage.

#### **❖ Les pistolets d'émail :**

L'utilité de ces pistolets est d'émailler les arrêtes de la pièce à émailler qui ne sont pas touchées par les pulvérisateurs.

#### **❖ La cuve d'émail :**

La cuve utilisée dans cette chambre n'est pas mise sous tension comme celle utilisée dans la chambre d'émaillage.

#### **II.5.2.4. Le convoyeur :**

Le convoyeur à chaîne fermée soulevée à hauteur de trois mètres du sol, est entraîné par un moteur électrique. Des balancelles accrochées à cette chaîne servent à disposer les pièces à émailler.

Il fait passer la pièce à émailler dans la chambre d'émaillage, la chambre de retouche puis au séchoir et le four de cuisson avec une très grande température, l'opérateur peut commander le convoyeur par le coffret de commande soit il marche manuellement ou automatiquement.

### **I.6. Fonctionnement de la station :**

#### **I.6. 1. Zone de lavage, séchage, chargement :**

- **lavage des balancelles :** Après chaque tour dans la ligne d'émaillage (cabine d'émaillage et le séchoir), les balancelles passent dans une cabine de lavage pour se débarrasser d'émail ;
- **Séchage :** Avant le chargement des pièces, les balancelles passent dans une cabine de séchage ;
- **Chargement des pièces :** un opérateur chargé de placer les pièces sur les crochets des balancelles.

### I.6.2. Le pneumatique :

L'emploi de l'énergie pneumatique permet de réaliser des automatismes avec des composants simples et robustes, notamment dans les milieux hostiles : hautes températures, milieux déflagrants, milieux humides.....

L'air comprimé est utilisé pour intervenir dans une chaîne de contrôle ou de mesure (air instrument). De plus, il est en contact direct avec le produit dans un processus de fabrication (air processus).

#### ❖ Le radiateur :

Ce radiateur est alimenté avec une source d'air froid naturelle créée par un ventilateur à l'extérieur de l'unité cuisson, le choix d'air se fera par rapport à la température mesurée, dans la chambre d'émaillage.

- **Air froid** : excès de chaleurs dans la chambre d'émaillage.
- **Air chaud** : excès du froid dans la chambre d'émaillage.

L'excès de chaleurs ou du froid dans la chambre va influencer négativement sur la qualité d'émaillage. Le passage d'air vers la chambre d'émaillage dépend de l'ouverture ou la fermeture de la trappe qui est commandé par un moteur électrique. voir « **Figure I.12** »

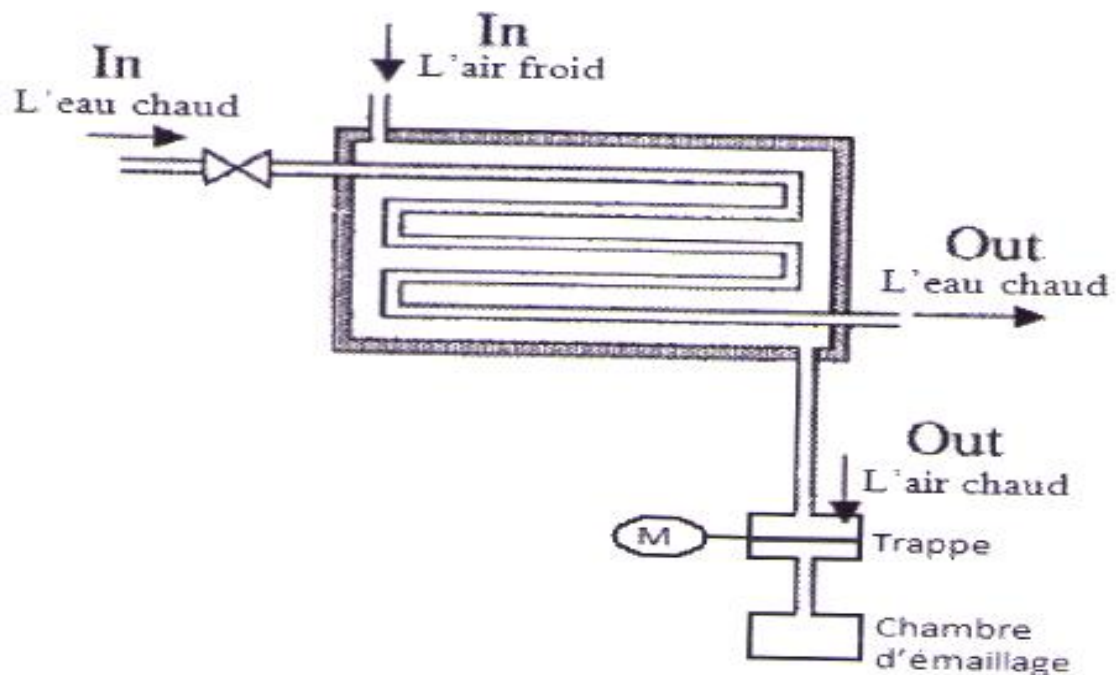
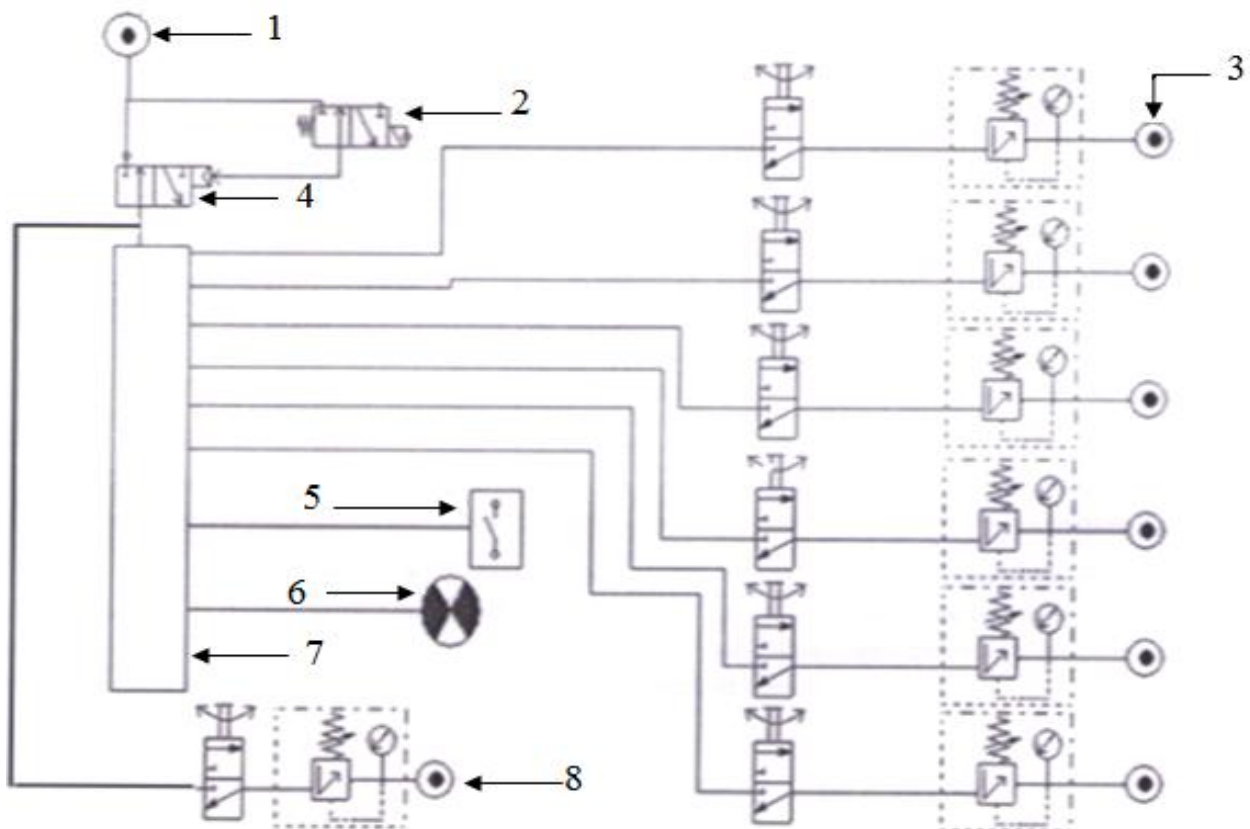


Figure I.12 : Le radiateur.

❖ Description du circuit pneumatique : voir « **Figure I.13** »



**Figure I.13 :** circuit pneumatique.

1. Source d'air ;
2. Commande 3/2 avec commande électrique ;
3. Source d'air vers le pulvérisateur ;
4. Distributeur 3/2 avec commande pneumatique ;
5. Voyant ;
6. Source d'air vers la cuve ;
7. Distributeur générale.

❖ **fonctionnement :**

Après l'ouverture du robinet d'air comprimé, l'air comprimé arrive au distributeur 3/2 avec commande pneumatique et il s'arrête, ce dernier ne peut fonctionner qu'avec l'activation du distributeur 3/2 avec commande électrique, qui va lui donner le signal de changer la position pour passer l'air vers les sept(07) distributeurs à commande manuelle, le voyant qui va indiquer la présence d'air et vers la cuve d'email.

Sur la commande pneumatique on trouve six(06) boutons (distributeurs) en TOUT ou RIEN (1 OU 0), six (06) boutons rotatifs pour réguler la pression d'entrée et six (06) manomètres.

Chaque bouton représente un pulvérisateur, ça nous permet de commander l'air des pulvérisateurs à partir de la commande pneumatique, on tourne l'un des boutons puis l'air va passer vers le pulvérisateur, ensuite on règle la pression nécessaire pour son fonctionnement et ça par rapport à la vitesse du convoyeur. Relativement conçu.

○ **Caractéristiques :**

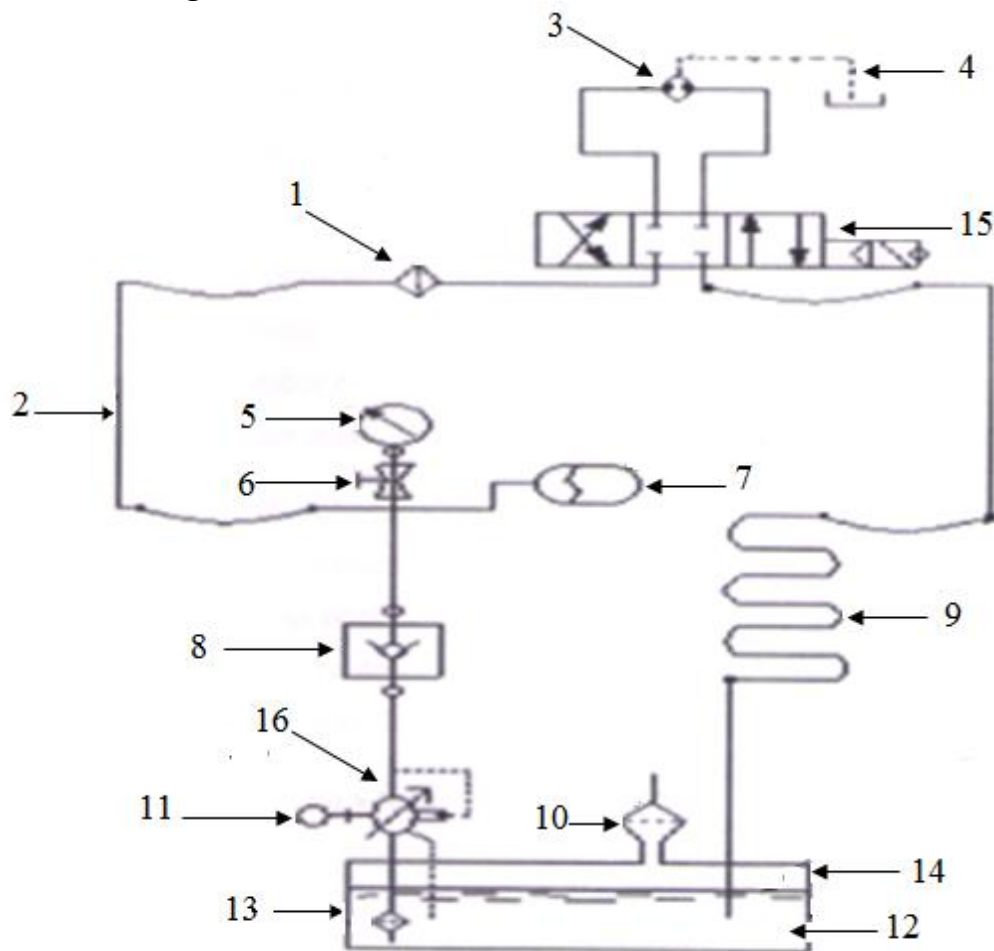
➤ **La Pression :**

On distingue plusieurs gammes de pression :

- 2.00 bar de la source d'air ;
- 0.50 bar pour le remplissage de la cuve d'émail avec de l'air comprimée ;
- 1.00 bar pour les pulvérisateurs d'émail ;
- 0.50 bar pour les pistolets à émail qui sert à corriger et finir le travail des pulvérisateurs.

**I.6.3.Hydraulique :**

L'hydraulique intervient dans tous les secteurs industriels, là où la tâche à fournir est importante, dans des systèmes aux conditions parfois très défavorables ou nécessitant une grande autonomie « **Figure I.14** ».



**Figure I.14 :** centrale hydraulique.

- |                         |                                                        |
|-------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1. Filtre ;             | 9. Circuit de refroidissement ;                        |
| 2. Tuyauterie ;         | 10,13. Filtre ;                                        |
| 3. Moteur hydraulique,  | 11. Moteur électrique ;                                |
| 4. Circuit de retour ;  | 12. Huile ;                                            |
| 5. Manomètre ;          | 14. Réservoir ;                                        |
| 6. Vanne manuel ;       | 15. Distributeur 4/3 à commande pneumatique électrique |
| 7. Accumulateur ;       | 16. Pompe hydraulique.                                 |
| 8. Clapet anti-retour ; |                                                        |

## ❖ **Fonctionnement :**

La mise en service du moteur entraîne, par l'intermédiaire de l'accouplement, la rotation de la pompe hydraulique à palettes.

L'huile contenue dans le réservoir est aspiré à travers la crépine et mise en pression dans la pompe. Cette pompe est prévue pour évacuer le trop plein d'huile directement dans le réservoir lorsque le robot n'est pas en marche, au moment des inversions, et aussi lorsque la vitesse de balayage est limité.

### • **Le circuit pression :**

Depuis la centrale hydraulique, une canalisation relie le moteur hydraulique à la servovalve qui le commande. Cette servovalve est située dans la partie haute de bâti de mécanisme.

### • **Le circuit de retour :**

Depuis la servovalve une canalisation relie celle-ci à la centrale hydraulique par l'intermédiaire d'un échangeur thermique huile-air permettant de refroidir l'huile de circuit pour la protection de garniture des composants hydrauliques.

### • **Balayage du robot :**

La commande de balayage du robot a pour effet d'ouvrir le passage de l'huile à travers la servovalve, et suivant la position de tiroir de celle-ci, l'huile alimente le moteur hydraulique du robot d'un coté puis de l'autre, ce qui entraîne la rotation de l'arbre du moteur dans le sens d'aiguilles d'une montre puis dans le sens inverse.

### **a. Les modules de vitesse et de course du chariot :**

Un potentiomètre entraîné par le pignon supérieur du mécanisme indique la position du chariot. Comparaison des valeurs fournies par ce potentiomètre avec celles d'un circuit électronique placé dans le module de commande RH4201 permet de régler à distance les points d'inversions haut et bas de la course du chariot. Une autre commande située sur le module RH4209 permet de régler la vitesse déplacement du chariot.

## **I.6.4. Partie électrique :**

Elle regroupe toutes les commandes électriques (les cartes électronique), les signalisations, la protection de l'installation ainsi que le pupitre de commande de générateur de haute tension.

### • **Description de la commande électrique :**

C'est un coffret en acier dur qui contient les boutons de fonctionnement de la partie électrique. On en trouve toute une gamme de matériel (relais, potentiomètre....etc).

## ❖ **Fonctionnement de la commande électrique :**

### ➤ **Mise sous tension de la commande :**

En premier lieu, en appuyant sur le bouton poussoir (commandé par clef retour automatique), on aura l'ouverture de l'électrovanne.

### ➤ **Mise sous tension du générateur :**

En appuyant sur le bouton poussoir de mise sous tension, pour alimenter la commande SAMES avec une tension d'entrée de 220V, cette commande va alimenter un amplificateur pour électrifier la cuve d'émail avec une tension supérieur à 50KV.

➤ **La mise en marche de convoyeur :**

En appuyant sur le bouton mise en marche de convoyeur, puis en choisissent le mode de fonctionnement (manuel /automatique).

➤ **Fermeture des portes :**

Les portes (chambre d'alimentation en email et la chambre d'émaillage) sont équipées chacune d'un capteur fin de course qui fait le rôle d'un arrêt d'urgence.

➤ **Mise en marche les motoréducteurs :**

Chaque moteur à courant continu a un commutateur de mise en marche, et un potentiomètre pour varier sa vitesse.

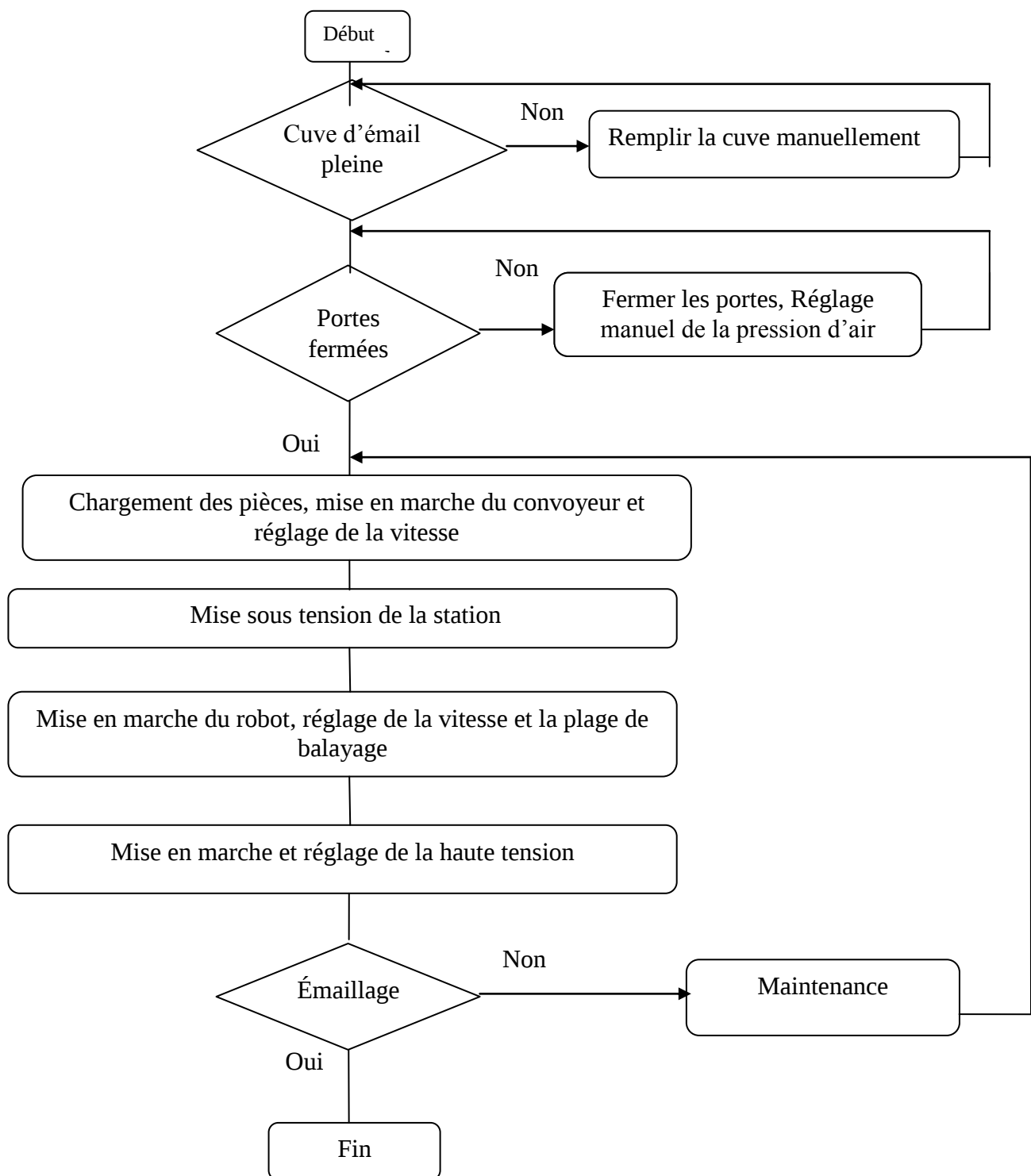
- En augmentant la tension d'entrée du moteur, la vitesse de pulvérisation augmente.
- En diminuant la tension d'entrée du moteur, la vitesse de pulvérisation diminue.

➤ **La mise en marche de la centrale hydraulique :**

En appuyant sur le bouton poussoir, marche le moteur électrique de la centrale hydraulique qui va aspirer l'huile vers la servovalve qui est commandée par un potentiomètre, pour changer le mouvement de rotation du moteur hydraulique.

On peut aussi varier la course de porte buse pour les pulvérisations.

Pour passer en revue toute les étapes de travail de la station de pulvérisation. Nous avons élaboré un chronogramme. Traçant ainsi toutes les phases ainsi que leur indépendance afin de mieux cerner l'aspect d'émaillage de cette cabine « **Figure I.15**» illustre ce tracé.



**Figure I.15 :** chronogramme fonctionnel de la station d'émaillage.

## I.7. Les composants de la station :

Afin d'assurer le bon fonctionnement de la station comme cité dans la partie précédente, cette dernière est équipée des différents organes :

- Des pré-actionneurs ;
- Les accessoires ;
- Des actionneurs ;
- Des capteurs.

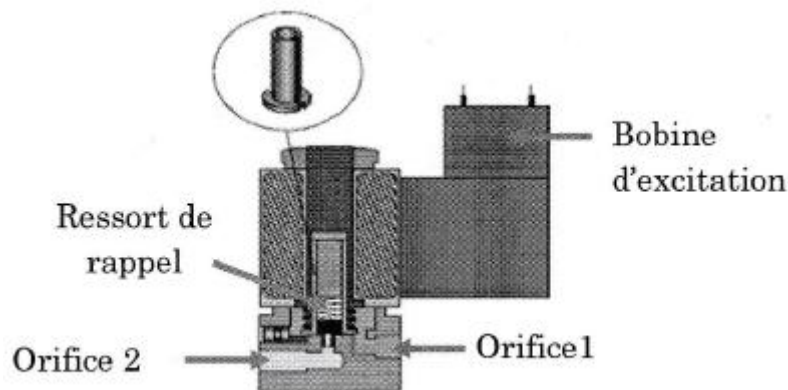
### I.7.1. Les pré-actionneurs :

#### ○ Servovalve :

Les servovalves électro hydrauliques sont des valves à deux ou trois étages à pilotage hydraulique avec impact de raccordement qui assurent la fonction de distribution de régulation du débit. [1]

#### ○ Le distributeur :

Leur fonction est de commander le départ, l'arrêt, la direction d'un débit et la réception d'un signal de commande qui peut être électrique ou pneumatique ou encore hydraulique, et d'assurer l'étanchéité sur la borne verrouillée.



**Figure I.16:** Le distributeur

Il est caractérisé par :

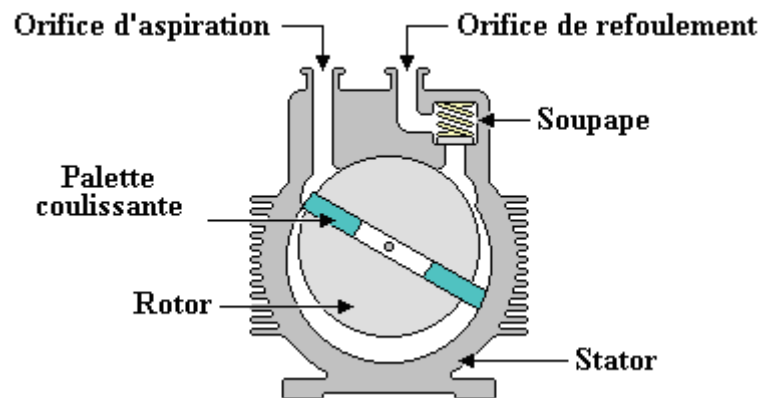
- ✓ Le nombre des orifices : 2, 3, 4 ou 5 ;
- ✓ Par le nombre des modes de distribution ou position : 2 ou 3 ;
- ✓ Par la technologie de commutation : clapets, tiroirs cylindriques, tiroirs plans ;
- ✓ Par la technologie de pilotage : pneumatique, électropneumatique ou mécanique.

### I.7.2. Les actionneurs :

#### ○ Moteur hydraulique :

Alimenté par la centrale hydraulique, placé dans le robot, qui réalise le sens de balayage du robot. C'est l'organe moteur du robot. Dans ce type d'actionneur l'énergie hydraulique fournie par le fluide sous pression (pression d'huile) est transformée en énergie mécanique, qui fait tourner la chaîne entrainante du chariot. Il en résulte un mouvement de rotation sur l'arbre de sortie.

- **Pompe à palette : voir (Figure I.17)**



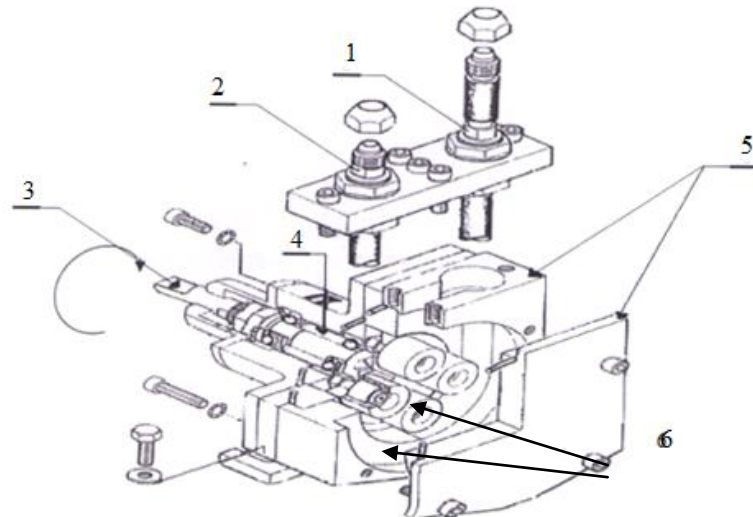
**Figure I.17 : Pompe à palette.**

Une pompe à palettes est une pompe rotative dont le rotor est muni de plusieurs palettes qui coulisent radialement et assurent le transfert du fluide pompé. Les palettes sont maintenues en contact avec le stator soit par ressort soit par des forces centrifuges.

- **Les pompes volumétriques :**

Le principe utilisé est l'écrasement d'un tube par des galets en rotation. Le volume de liquide incompressible est ainsi déplacé de l'aspiration vers le refoulement, à un débit qui dépend du diamètre du tube souple (ou du nombre de tubes) et de la vitesse de rotation du rotor.

Ce sont des pompes volumétriques adaptées à des très petits débits, comme à des débits importants, en fonction de l'exécution. La pression de refoulement peut être relativement importante en fonction des tuyaux utilisés jusqu'à environ 10bars. « **Figure I.18** »

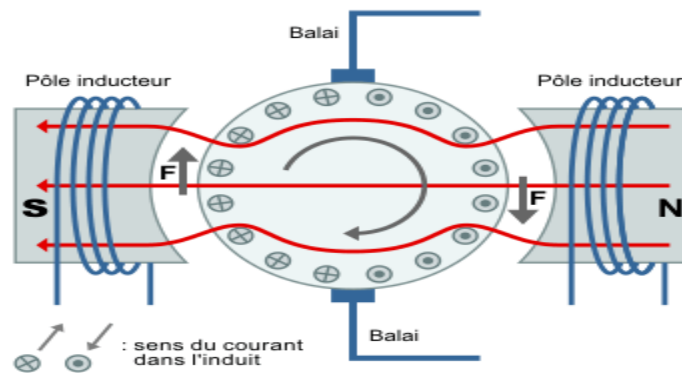


**Figure I.18 : Pompes volumétriques.**

1. Entrée d'email ;
2. Sortie d'email ;
3. Arbre de transmission ;
4. Roulement ;
5. Cache extérieur ;
6. Les galets.

○ **Les moteurs à courant continu :**

Le moteur à courant continu est une machine tournante, son principe fondamental de fonctionnement est l'action d'un champ magnétique sur un courant. Les bobines inductrices excitées, créent ce champ magnétique, et le courant passe travers les conducteurs du bobinage rotorique. Par cette action un mouvement de rotation de l'induit par rapport à l'inducteur apparaît. Cette rotation résulte de l'apparition des forces de Laplace. Ces forces dites électromagnétiques, vu la technologie du rotor, engendrant un couple de force électromagnétiques. « **Figure. I.19** ».



**Figure I.19 :** Constituants d'un moteur à courant continu.

Il se compose principalement par :

- L'induit ;
- L'inducteur ;
- Les balais et collecteur.

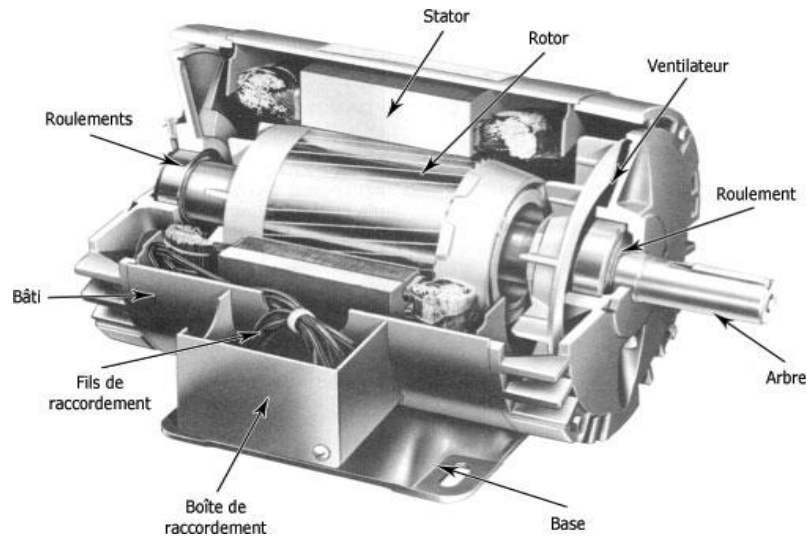
La station contient six (6) moteurs qui sont des dispositifs électroniques à excitation séparée, chacun d'eux assure l'entraînement en rotation d'une pompe volumétrique, mais ne tournent pas à la même vitesse, vu que chaque moteur entraîne une pompe.

**a. Réducteur de vitesse :**

Le réducteur de vitesse ou multiplicateur si l'on inverse l'entrée et la sortie, est l'organe mécanique à base d'engrenages le plus utilisé dans l'industrie. Il entraîne aussi bien de grosses installations que de petits matériels. Le réducteur n'a pas son pareil pour fournir la vitesse régulière et le couple exigés dans un processus.

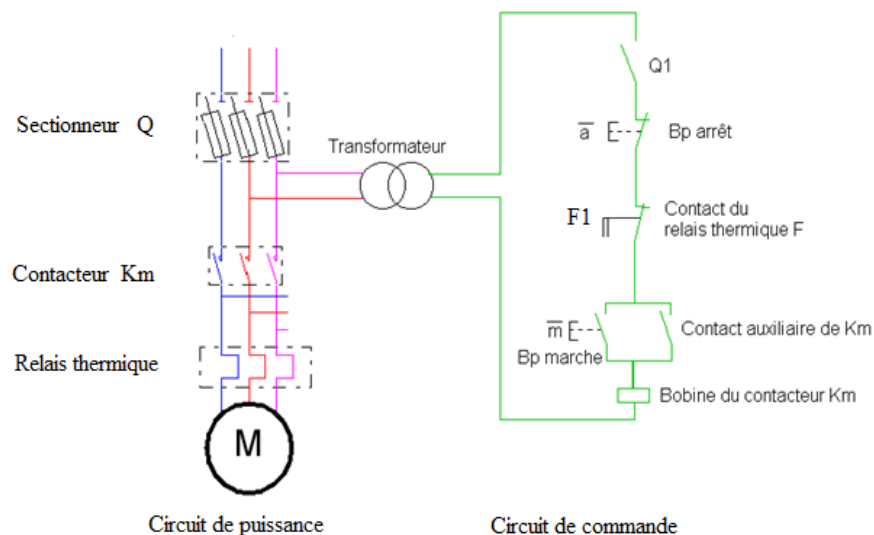
- **Les moteurs asynchrones :**

Dans les moteurs asynchrones ou à champs tournant, seul le retour est relié au secteur, le courant circulant dans le rotor étant créé par induction donne naissance à champ électromagnétique tournant qui entraine le rotor. Pour démarrer il nécessite un dispositif de lancement. C'est un moteur simple et robuste voir « **Figure I.20** »



**Figure I.20 :** Le moteur asynchrone.

- **Circuit de puissance et circuit de commande :**



**Figure I.21 :** Schéma de commande d'un moteur asynchrone à un sens de rotation

**Le sectionneur :** il permet de déconnecter le moteur du réseau pour des opérations de maintenance, protège également le dispositif en aval des risques de court circuit grâce aux fusibles.

**Le contacteur:** permet d'alimenter le moteur avec une commande manuelle ou automatique.

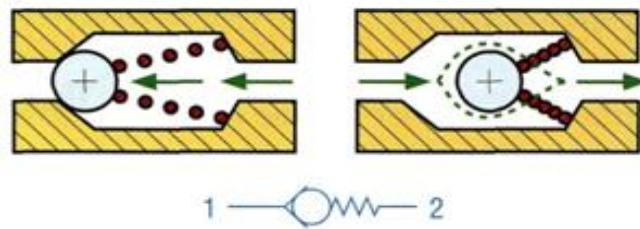
**Le relais thermique:** protège contre les surcharges de courant, l'intensité maximale est

réglé. Son action différentielle permet de détecter une différence du courant entre les phases.

### I.7.3.Les accessoires :

#### ○ Clapet anti retour :

Lorsque la pression d'entrée en 1 est supérieure à celle de la sortie en 2, le clapet anti retour libère le passage, dans le cas contraire il se ferme, comme il est représenté dans la « **Figure I.22** ».



**Figure I.22** : Représentation du clapet anti retour.

Dans notre cas on a utilisé deux clapets anti retour, l'un permettra le passage d'huile vers la cuve et bloquer son retour, l'autre pour bloquer le passage d'huile vers le circuit de secours.

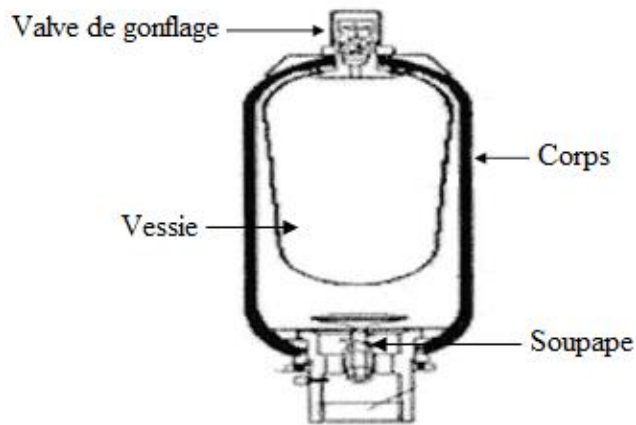
#### ○ Filtre hydraulique :

L'huile, sous l'effet de la pression tend à traverser des jeux entre pièces métalliques mobiles qui sont d'un ordre macroscopique, entraînant avec elle toutes les impuretés qu'ils contiennent. Les pièces métalliques sont souvent en mouvement relatif et ces impuretés souvent abrasives, provoquent une usure quelque fois rapide. Pour l'éviter, il convient de placer des filtres sur le refoulement des pompes, dans l'arrivée d'huile des appareils ou dans le retour au réservoir.

#### ○ Les accumulateurs :

Un accumulateur hydraulique est un réservoir sous pression de gaz utilisé pour régulariser la pression du circuit par le maintien et la restitution d'un certain volume d'huile. Le gaz sous pression est alors de l'azote.

L'accumulateur hydraulique est une bouteille en acier dans laquelle se loge une vessie en caoutchouc synthétique. La vessie est en liaison directe avec une valve de gonflage placée sur la partie supérieure de la bouteille. Le fluide utilisé enveloppe presque complètement la vessie remplie d'azote. La communication du fluide avec réseau se fait à travers un orifice muni d'une soupape. [5]



**Figure I.23 :** Accumulateur à vessie.

○ **Le réservoir d'huile**

Il sert principalement au stockage de la quantité d'huile nécessaire au fonctionnement correcte du système :

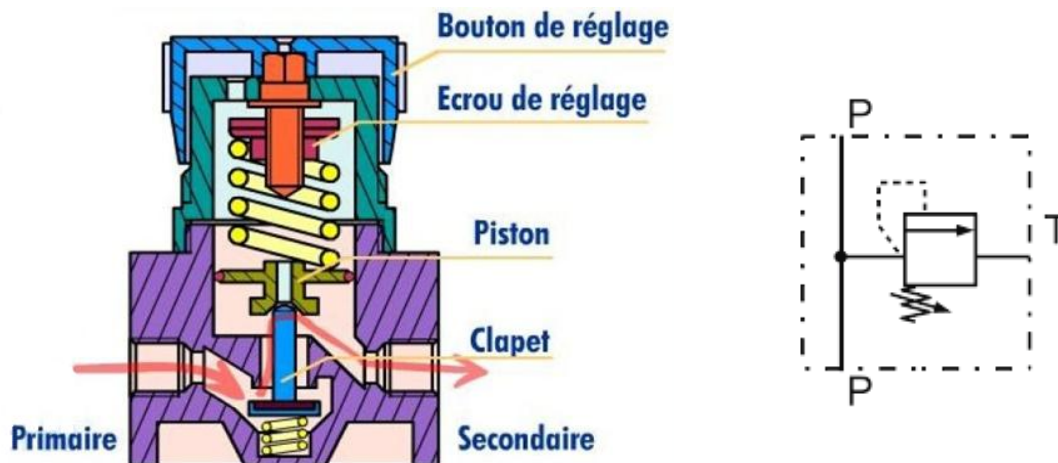
- ✓ A protéger l'huile contre les éléments extérieurs nuisibles.
- ✓ Comme supports aux autres composants de l'hydraulique telle que le moteur qui entraîne la pompe, le filtre..... etc.

○ **Caractéristique technique :**

- Une capacité de 100L ;
- Une pression de fonctionnement de 60 bars ;
- Un débit maximum de 18L/min.

✚ **Régulateur de pression :**

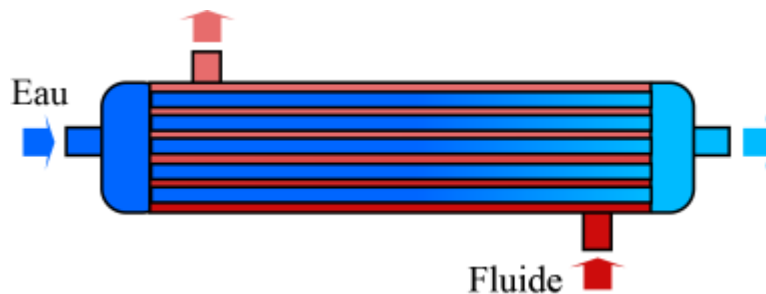
Consiste à transformer une pression d'alimentation variable en une pression de sortie fixe, quelles que soient les variations de pression (maintenir une pression constante en sortie inférieure à la pression d'entrée) voir « **Figure I.24** »



**Figure I.24 :** Régulateur de pression.

### **Echangeur thermique :**

Refroidisseur installé dans le circuit de retour qui permet la dissipation de la chaleur d'huile. En général, on utilise un échangeur eau/huile, voir « **Figure I.25** ».



**Figure I.25 :** Echangeur thermique eau/huile.

### **Manomètre :**

Mesure et affiche la pression dans une branche du circuit ou dans une installation. Le plus simple des manomètres est un tube en U, rempli de liquide. À l'une de ses extrémités, on applique une pression de référence (par exemple atmosphérique), tandis qu'à l'autre, on applique la pression à mesurer.

La différence de niveau de liquide observée dans les deux parties du tube correspond à la différence de pression et permet d'effectuer la mesure. La différence de hauteur entre les deux tubes dépend de la densité utilisée : mesure, eau..... etc.

## **I.7.4.Les capteurs :**

### **I.7.4.1.Définition :**

Les capteurs sont des éléments qui transforment une grandeur physique (position, distance, vitesse, température, pression, etc.) d'une machine ou d'un processus en une grandeur normée, généralement électrique, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle commande. **[4]**

Un capteur est caractérisé par :

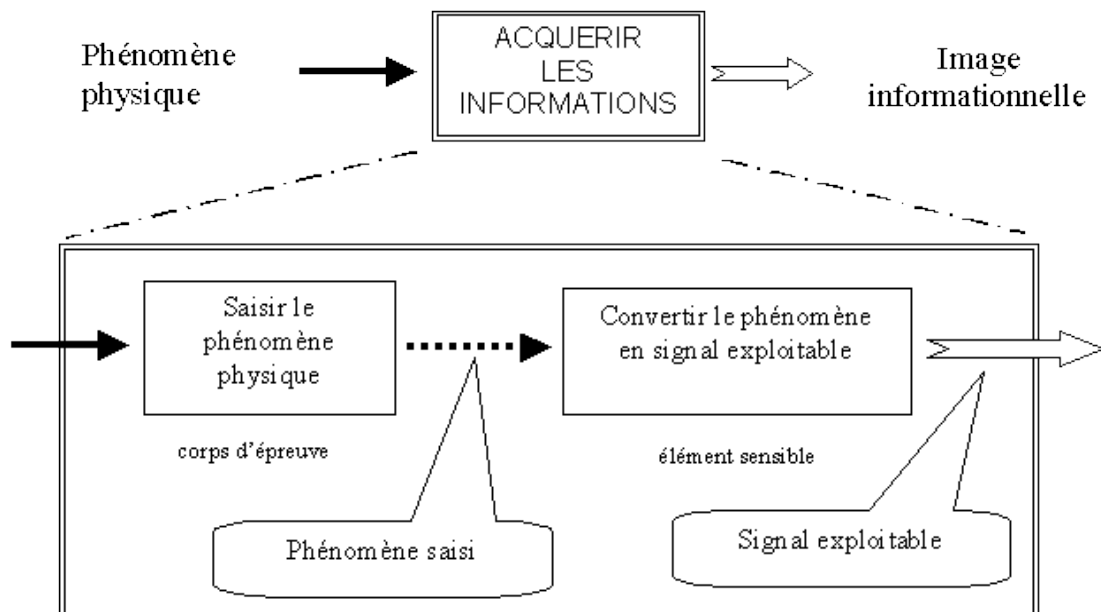
- Son étendue de mesure qui correspond aux limites de variation de la grandeur à mesurer ;
- Sa précision qui est l'incertitude absolue sur la grandeur mesurée ;
- Sa sensibilité qui est la plus petite variation de la grandeur à mesurer qu'il est capable de détecter.

### **I.7.4.2.Structure d'un capteur :**

Tout capteur est composé de deux parties :

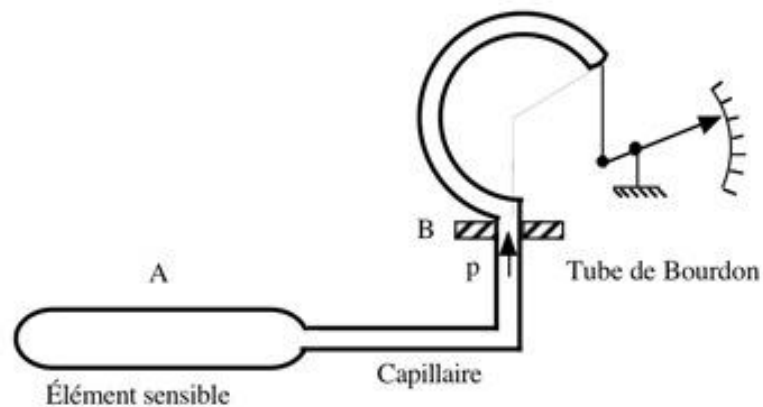
- L'une directement sous l'influence de la grandeur à détecter ou à interpréter (corps d'épreuve).

- L'autre relative à la mise en forme et à la transmission de l'information vers la fonction traitement (élément sensible du capteur). voir « **Figure I.26** »



**Figure I.26:** Structure d'un capteur.

✚ Capteur de température (thermomètre à dilatation de gaz) : voir « **Figure I.27** »



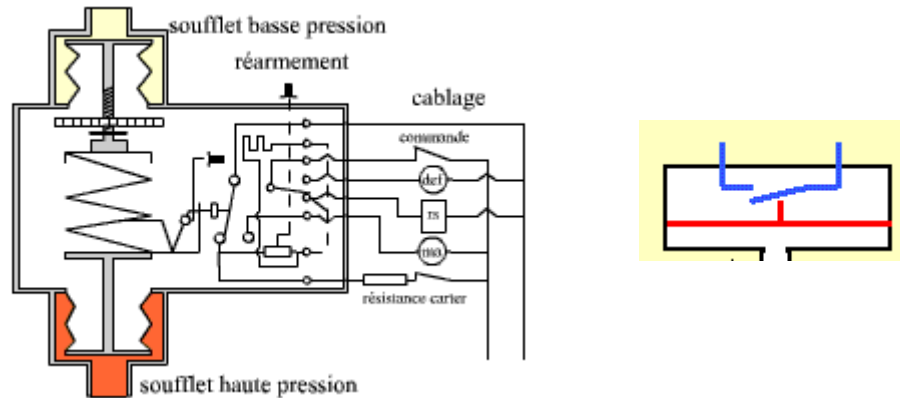
**Figure I.27 :** Thermomètre a gaz.

Un thermomètre à gaz est composé d'une sonde (A) formant une enveloppe dans laquelle est enfermé le gaz thermométrique. Cette sonde est reliée par un tube capillaire de raccordement à l'extrémité (B) d'un tube de bourdon, appelée spirale de mesure.

Cette extrémité est fixe, la longueur du tube de raccordement ne doit pas excéder 100 mètres. Sous l'effort de la température du milieu dans lequel la sonde est placée, la pression du gaz va varier, ce qui modifiera l'équilibre de l'extrémité libre du tube de Bourdon. Cette variation de pression se traduira par un mouvement de rotation de l'index indicateurs qui se déplacera devant un cadran portant de graduations thermométriques. Les gaz le plus souvent employés sont : le gaz carbonique, l'azote, l'androgénie et le gaz hélium.

### ✚ Capteur de pression : le pressostat

Un pressostat est un capteur de pression qui permet l'envoi d'un signal électrique ou pneumatique en correspondance de la réalisation d'une pression préétablie. Le pressostat à réglage fixe à pour rôle le contrôle de la surpression, de la dépression ou de la pression différentielle de milieux liquides et gazeux-également agressifs. voir« **Figure I.27** »



**Figure I.27** : Capteur de pression.

## II.8. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu sur le matériel utilisé et cette étude nous a permis d'avoir une idée précise sur la structure de la station d'émaillage existant à l'unité cuisson de l'ENIEM et de découvrir tous le matériel et les composants utilisés. Nous avons constaté sur toute l'utilité de l'utilisation des composants automatiques et les automates dans les entreprises.

Dans le chapitre qui va suivre, nous allons présenter les améliorations proposés sur cette station.



## Chapitre II: **Amélioration de la station**

## **II.1. Introduction :**

L'étude de la station nous a permis d'avoir une vision globale, de ces différents systèmes. Pour le bon fonctionnement de la station d'émaillage, on a aperçu quelques systèmes d'automatiques (remplissage, rinçage, et autre), dans le but de minimiser le temps d'arrêt de production et augmenter la productivité.

Nous allons à présent, dans ce chapitre, proposer les solutions envisagées afin de seconder l'homme, d'augmenter la qualité de productivité, et le niveau de sécurité ainsi que de redire les pertes d'énergie et de temps

## **II.2.Problématiques :**

D'après le bureau d'étude de l'unité cuisson qui nous a donné en pourcentage les pertes de temps (temps d'arrêt) de travail sur la station d'émaillage en blanc, et qui a éteint 26.32% durant l'année 2014, ce qui à influence sur le taux de la productivité et parmi ces attentes on est intéressé à :

- ✓ Entretien : qui a 2.10% de temps d'arrêt par mois ;
- ✓ Lavage de tuyauterie : qui a 1.25% de temps d'arrêt par mois ;
- ✓ bouchage de buses : qui a 1.30% de temps d'arrêt par mois ;
- ✓ Remplissage de cuve : qui a 4.63% de temps d'arrêt par mois ;
- ✓ La moyenne de protection par mois : 41826 pièces/mois ;
- ✓ La moyenne de la protection par jour : 1394 pièces/jour.

C'est pour ces raisons là qu'on a prévues :

- Amélioration sur le robot ;
- La présence des pièces dans la station ;
- Un système de remplissage automatique ;
- Un système de rinçage des tuyauteries de remplissage ;
- Un système de rinçage des tuyauteries de travail ;
- Automatisation de circuit d'air ;
- Automatisation de radiateur.

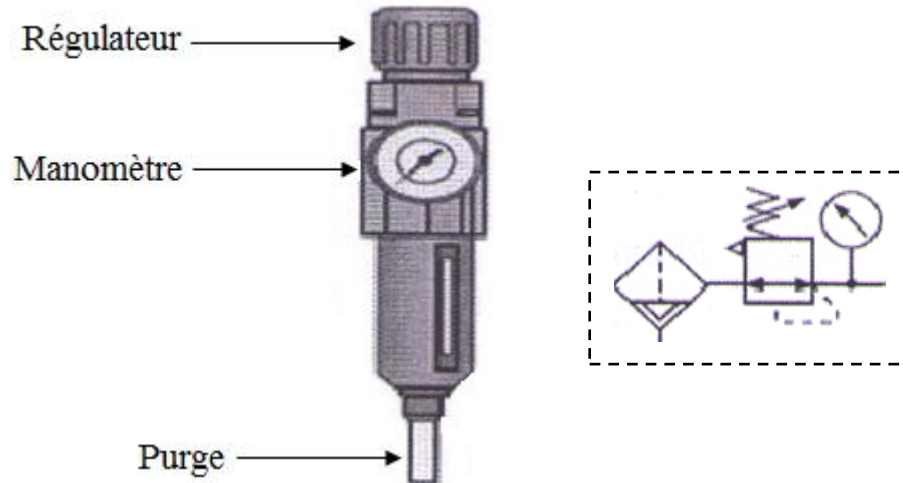
## **II.3.Etude de système :**

Pour mener à bien notre travail on à utilisé les composants nécessaires pour le bon fonctionnement de ces systèmes.

### II.3.1.Filtre à l'air :

Le filtre sert à purifier l'air qui actionne les deux moteurs agitateurs et qui crée la pression nécessaire pour le refoulement de l'émail, et filtre les poussières pour garder la bonne qualité de l'émail. Ce dernier est équipé par un manomètre pour mesurer la pression d'entrée et un régulateur, de pression qui sert à régler et réguler la pression de l'air.

Comme il est représenté dans la « **Figure II.1** »

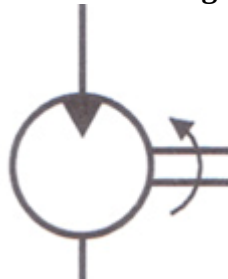


**Figure II.1** : Représentation d'un filtre.

### II.3.2.Moteur pneumatique :

Le moteur pneumatique transforme l'énergie pneumatique (air) en énergie mécanique, le mouvement va être transmis à la pompe, cette dernière nous permet de refouler l'émail qui se trouve dans la grande cuve supplémentaire vers la cuve de travail. Il est pour produire un mouvement de rotation continu à l'aide d'un débit d'air comprimé, et dans notre cas on a utilisé deux moteurs pneumatiques à palette avec un sens de rotation.

Comme il est représenté dans la « **Figure II.2** ».



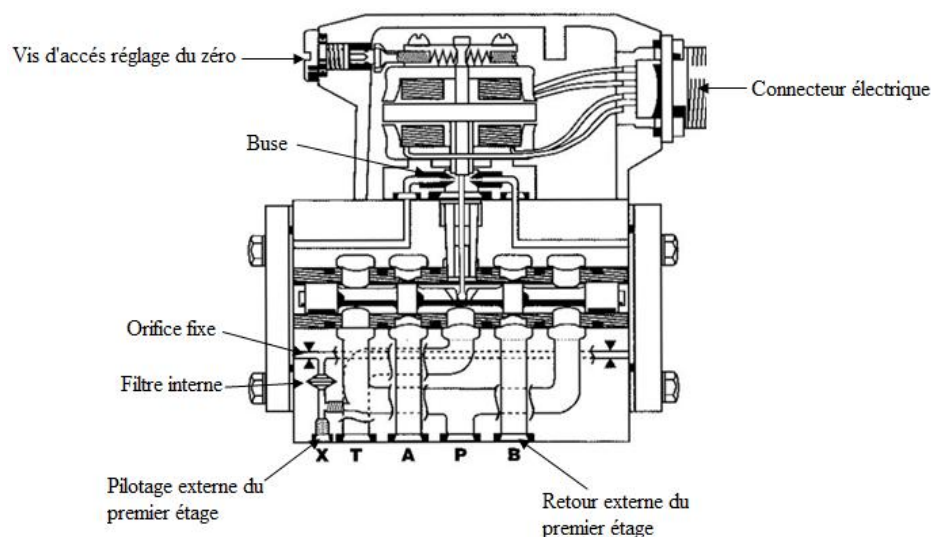
**Figure II.2** : Représentation d'un moteur pneumatique.

### II.3.3.La servovalve :

Le déplacement du terroir de distributeur est proportionnel à la commande de courant électrique d'entrée. Ces servovalves sont adaptées aux asservissements électro hydrauliques de position, vitesse, pression ou force nécessitant une haute réponse dynamique.

Elles se distinguent par :

- ✓ Une constriction compacte ;
- ✓ Faible consommation d'énergie électrique.



**Figure II.3 : Une servovalve.**

### II.3.4. Electrovanne :

Les électrovannes à attraction forcée combinent les caractéristiques des modèles à commande directe et servocommandes. Une liaison mécanique entre le noyau mobile et le corps de membrane permet à l'électrovanne de fonctionner en commande directe dans le domaine des basses pressions et en servocommande pour les pressions supérieures.

Comme elle est représentée dans la « **Figure II.4** ».



**Figure II.4 : Une électrovanne.**

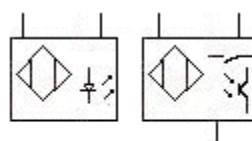
### II.3.5. Le détecteur photoélectrique :

#### II.3.5.1. Définition :

Un détecteur photoélectrique se compose essentiellement d'un émetteur de lumière (diode électroluminescente) associé à un récepteur sensible à lumière reçue (phototransistor). Une diode électroluminescente émet de la lumière lorsqu'il est traversé par un courant électrique.

Il y a détection quand la cible pénètre dans le faisceau lumineux émis par le détecteur et modifie la lumière reçue par le récepteur pour provoquer un changement d'état de la sortie.

#### ❖ Symbolisation :



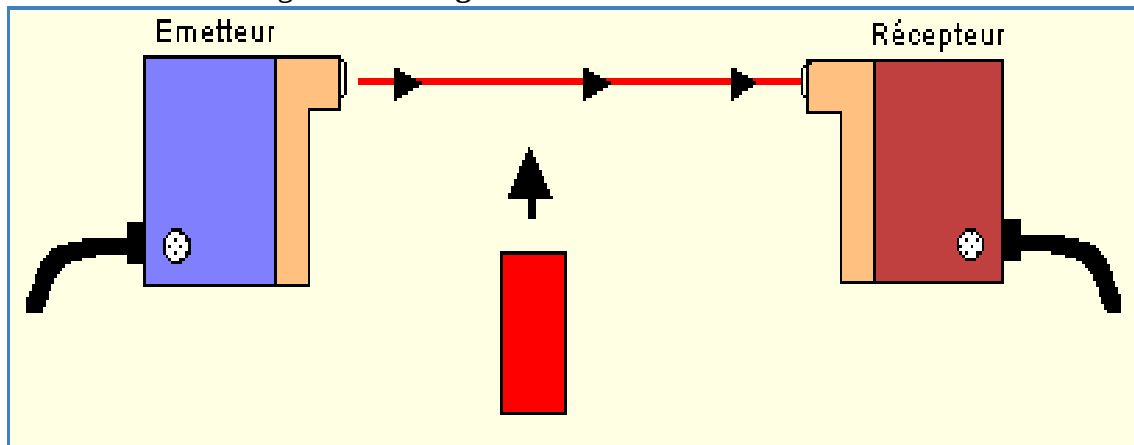
emetteur / recepteur

#### ❖ Caractéristiques :

- Commutation claire : la sortie est active quand le faisceau lumineux n'est pas coupé ;
- Commutation sombre : la sortie est active quand le faisceau lumineux est coupé ;
- Les limites de tension d'alimentation : de 20V à 264V CA/CC ;
- Les portées minimales et maximales : de 0.15m à 20m.

#### ❖ Principe de fonctionnement :

Ce type de détecteur est composé d'un émetteur et récepteur qui est situés dans deux boîtiers séparés, c'est le système qui autorise les plus longues portées à 30 m pour certains modèles. Le faisceau est émis en infrarouges. Voir « **Figure II.5** »



**Figure II.5 : Capteur photoélectrique.**

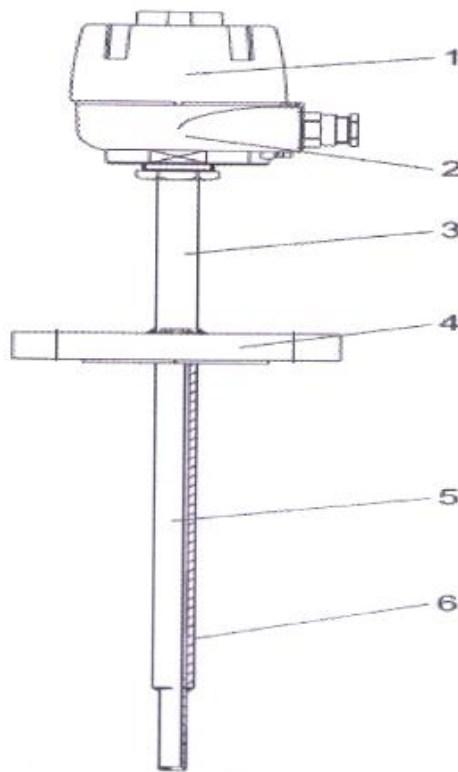
À l'exception des objets transparents qui ne bloquent pas le faisceau lumineux, il peut détecter les objets de toutes natures (opaques, réfléchissantes...), ceci une excellente précision grâce à la forme cylindrique de la zone utile du faisceau, les détecteurs barrage disposent une marge de gain très importante. Ils sont de ce fait particulièrement bien adaptés aux environnements pollués (fumés, poussières, emplacements soumis aux intempéries, etc.)

L'alignement entre émetteur et récepteur doit être réalisé avec soin.

### **II.3.6.Le capteur de température :**

#### **II.3.6.1.Définition :**

Les capteurs de températures servent à mesurer la température dans les applications de procédé les plus diverses. Les sondes de température à résistance ou à thermocouples peuvent être utilisés avec et sans protecteur. Voir « **Figure II.6** »



**Figure II.6 :** capteur de température.

1. Tête de raccordement. ;
2. Convertisseur de mesures monté dans la tête de raccordement ;
3. Extension ;
4. Raccordement procède ;
5. protecteur ;
6. Élément de mesure.

#### ❖ **Fonctionnement :**

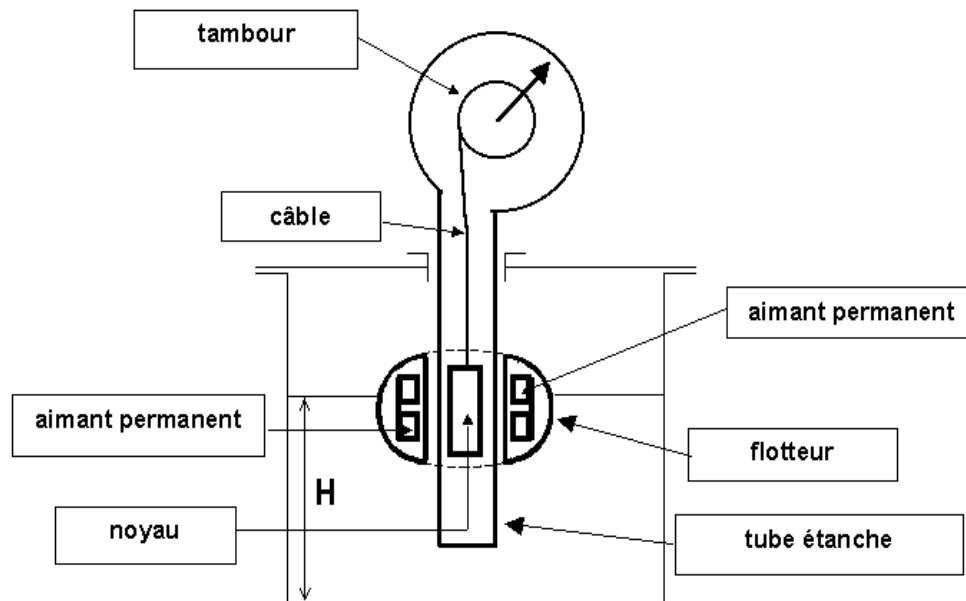
Les capteurs de température de la série SENSYTEMP ; TSP100 ou TSP300, permettent de mesurer des températures dans les procédés. Ils sont compatibles pour des exigences de processus faibles moyennes et élevées avec élément de mesure interchangeable.

Les capteurs de température peuvent être équipées ou non de convertisseur de mesure. Le convertisseur de mesure monté dans la tête de raccordement capte la valeur de résistance (sur les thermocouples, la tension) de l'élément de mesure et la transforme en un signal (4 à 20 mA, PROFIBUS....). Ce signal est alors transmis via le câble de raccordement au système de commande.

#### **II.3.7. Flotteur :**

Pour la bonne détection de niveau on a prévu un poids (flotteur), qui flotte sur l'émail, et il doit être d'une masse supérieure à la masse de contre poids qui touche les fins de course.

Pour résister aux perturbations créées par la pression et le mouvement de la rotation de l'émail crée par l'agitateur, on a utilisé un système de guidage pour maintenir la montée/descente du flotteur. Voir « **Figure II.7** »



**Figure II.7** : Principe mesure de niveau par flotteur.

### II.3.8.Distributeur monostable :

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

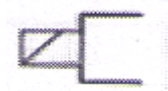


**Symbolisation :**

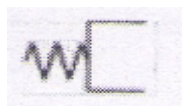


**Commande :**

➤ **Électrique**



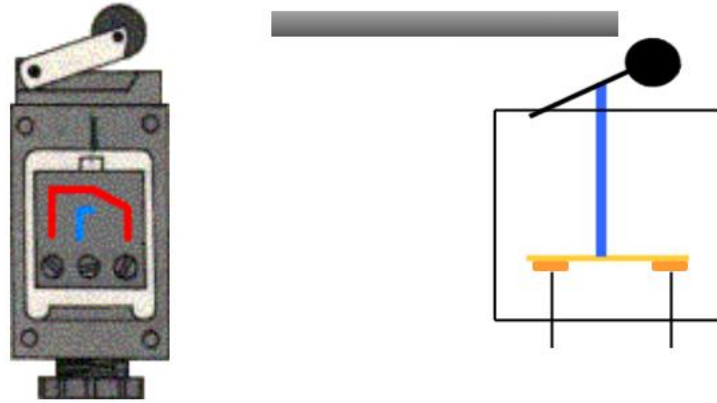
➤ **Mécanique**



### II.3.9.Les capteurs de position :

Les capteurs de position sont des capteurs de contact. Ils peuvent être équipés d'un galet, d'une tige souple, d'une bille. L'information donnée par ce type de capteur est de type tout ou rien et peut être électrique ou pneumatique.

Les interrupteurs de position électromécaniques sont actionnés par contact direct avec un objet, une pièce machine, ....non déformables. voir « **Figure II.8** »



**Figure II.8 :** Capteur à interruption du contact.

## **II.4.Les améliorations proposées sur la station d'émaillage :**

### **II.4.1.Amélioration sur le robot :**

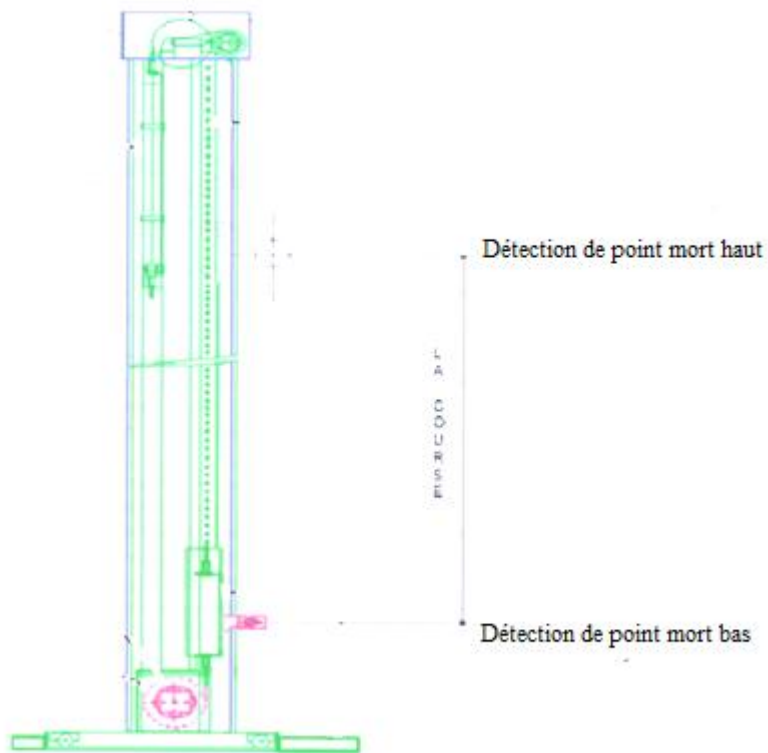
Le robot sécurisé par un potentiomètre pour le dépassement (Haut et Bas). Pendant le fonctionnement du robot ont remarqué au niveau de sa course certains problèmes comme : le manque de stabilité et de précision qui ont de majeur problème. Pour identifier et améliorer ces problèmes nous avons précisé certains remarques : arrêt et fin de course du chariot.

#### **✚ Arrêt de robot :**

Dans le fonctionnement actuel, le chariot ne peut être maintenu à la position d'arrêt, il glisse le long du bâti et cela dû la technologie de la servovalve utilisé qui n'a pas de position de repos. Pour remédier à ce problème, on propose de remplacer par une autre servovalve. A noter que la servovalve qui va remplacer la précédente est équipée d'une position de repos.

#### **✚ .La course de robot :**

Vu que la détection des points morts haut et bas se fait par un seul capteur (capteur de position), l'automatisation d'un tel système est aussi impossible. Donc on est ramené à le changer par deux (2) fin de course à glissières placés en haut et bas du bâti. Ils sont positionnés manuellement pour régler la course du chariot porte buses suivant la hauteur des pièces à émailler comme montre la **Figure II.9**

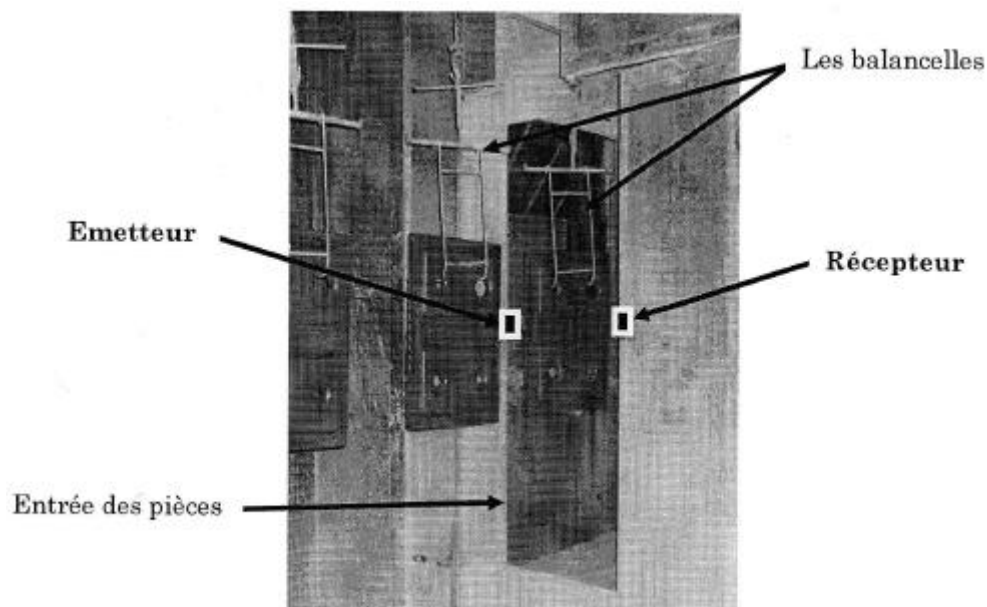


**Figure II.9 :**

Les points morts (haut et bas)

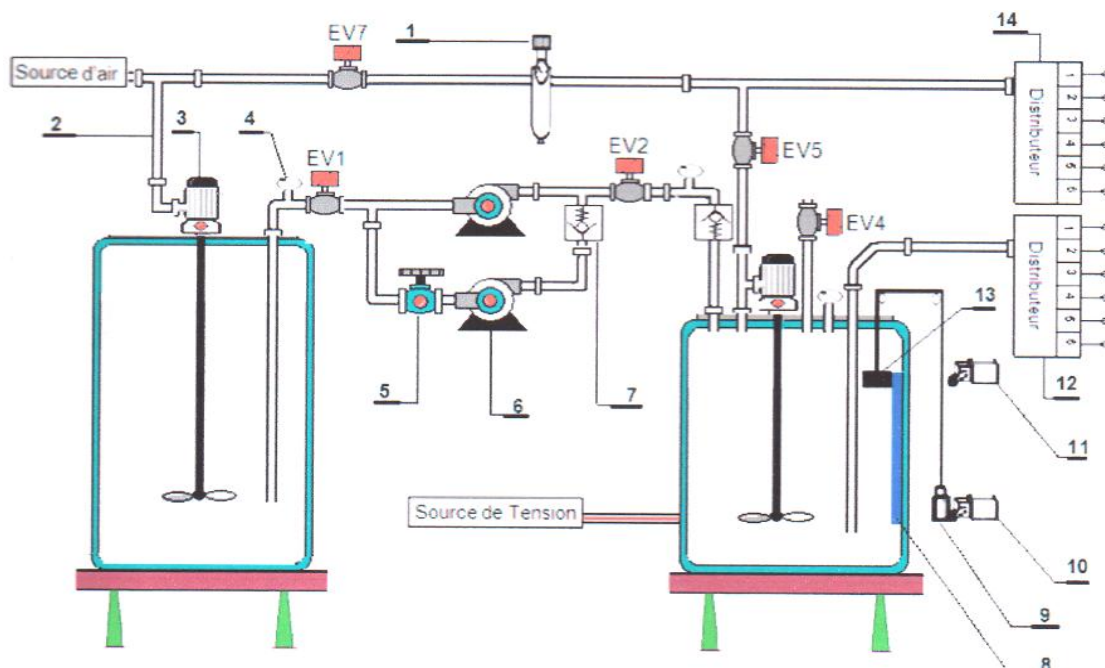
#### **II.4.2. La présence des pièces dans la station :**

Les pièces rentrent sous forme ordonné selon les formes cela n'est pas toujours respecté. Avec le ralentissement, manque de précision, pertes d'émail et démarrage pas à pas des erreurs qui nous avons donné l'idée de mettre un détecteur photoélectrique qui sera l'origine de limité les pertes d'émail en donnant une distance précis pour le chariot et une vitesse aussi.



**Figure II.10 :** Emplacement de la barrière

#### **II.4.3. Remplissage automatique de cuve :**



**Figure II.11 : Remplissage automatique de cuve**

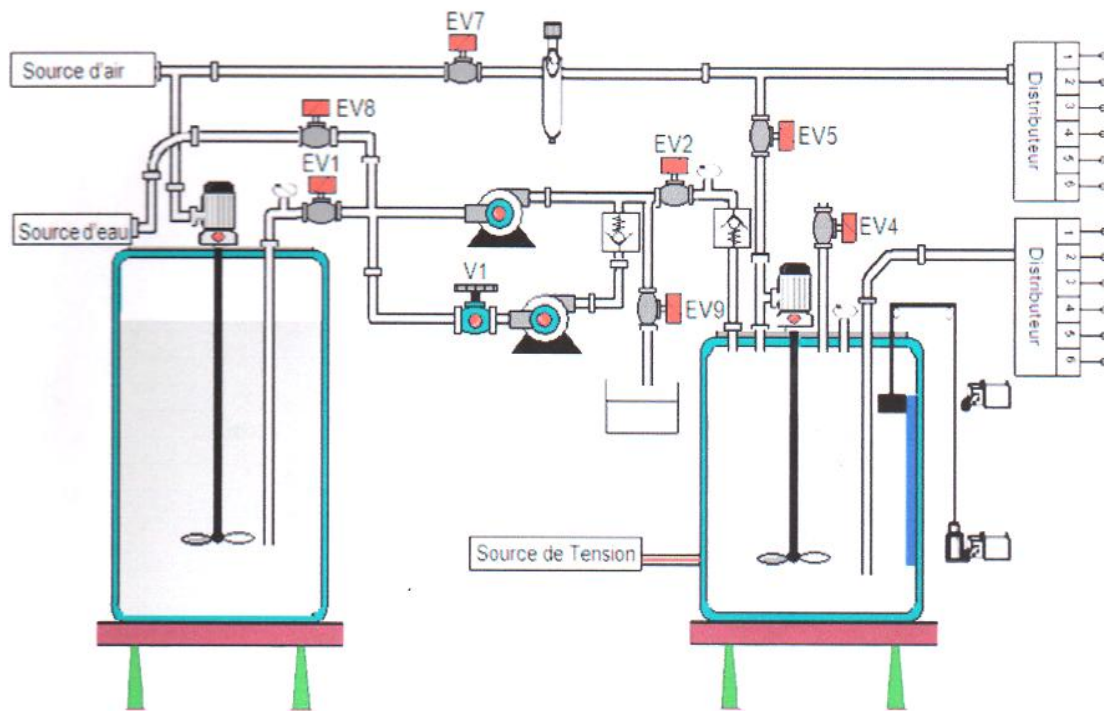
- |                         |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| 1. Mano-régulateur ;    | 8. Guide de flotteur ;          |
| 2. Tuyauterie ;         | 9. Poids ;                      |
| 3. Moteur agitateur ;   | 10. Fin de course niveau haut ; |
| 4. Manomètre ;          | 11. Fin de course niveau bas ;  |
| 5. Vanne manuelle ;     | 12. Distributeur d'émail ;      |
| 6. Pompe ;              | 13. Flotteur ;                  |
| 7. Clapet anti-retour ; | 14. Distributeur d'air          |

#### ❖ **Fonctionnement de système de remplissage automatique :**

Le fonctionnement de système de remplissage automatique dépend de la détection de capteur (11), qui indique le niveau bas d'émail dans la cuve de travail, ce dernier nous permet :

- D'enclencher l'arrêt total de la station d'émaillage en blanc ;
- L'ouverture des électrovannes (EV1, EV2) qui vont permettre le passage d'émail ;
- L'ouverture de l'électrovanne (EV4) d'échappement d'air ;
- Enclenchement de la pompe de refoulement ;
- Fermeture de l'électrovanne (EV5) d'air comprimée.

#### **II.4.4.Rinçage des tuyauteries de remplissage :**



**Figure II.12 :** Rinçage des tuyauteries.

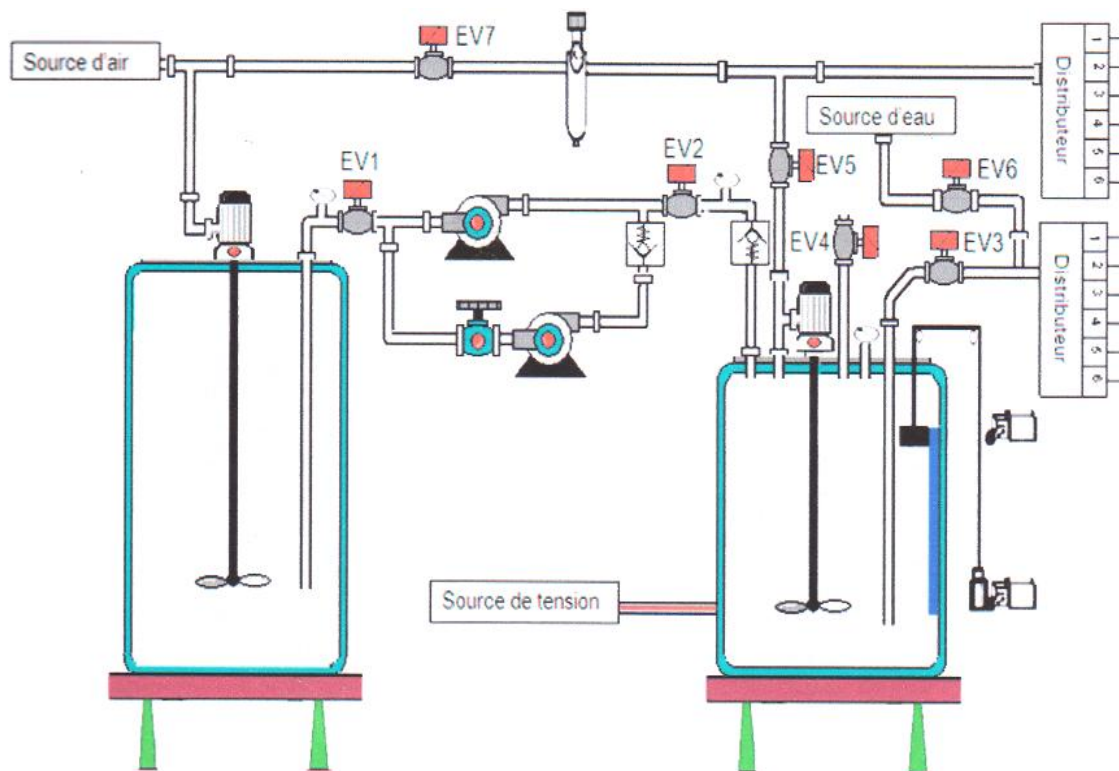
❖ **Fonctionnement de système de rinçage automatique :**

Le rinçage automatique de ce circuit représenté dans la « **Figure II.12** » va être enclenché par le capteur (10), qui indique que la cuve de travail est remplie, ce dernier va nous permettre :

- D'ouvrir les électrovannes (EV8, EV9) ;
- De fermer les électrovannes (EV1, EV2) ;
- La pompe reste enclenchée pendant 10 secondes.
- La fin de comptage de TIMER va permettre la fermeture d'électrovanne (EV8, EV9).

La station d'émaillage en blanc sera redémarrée par l'opérateur.

**II.4.5. Rinçage automatique de circuit de pulvérisation :**



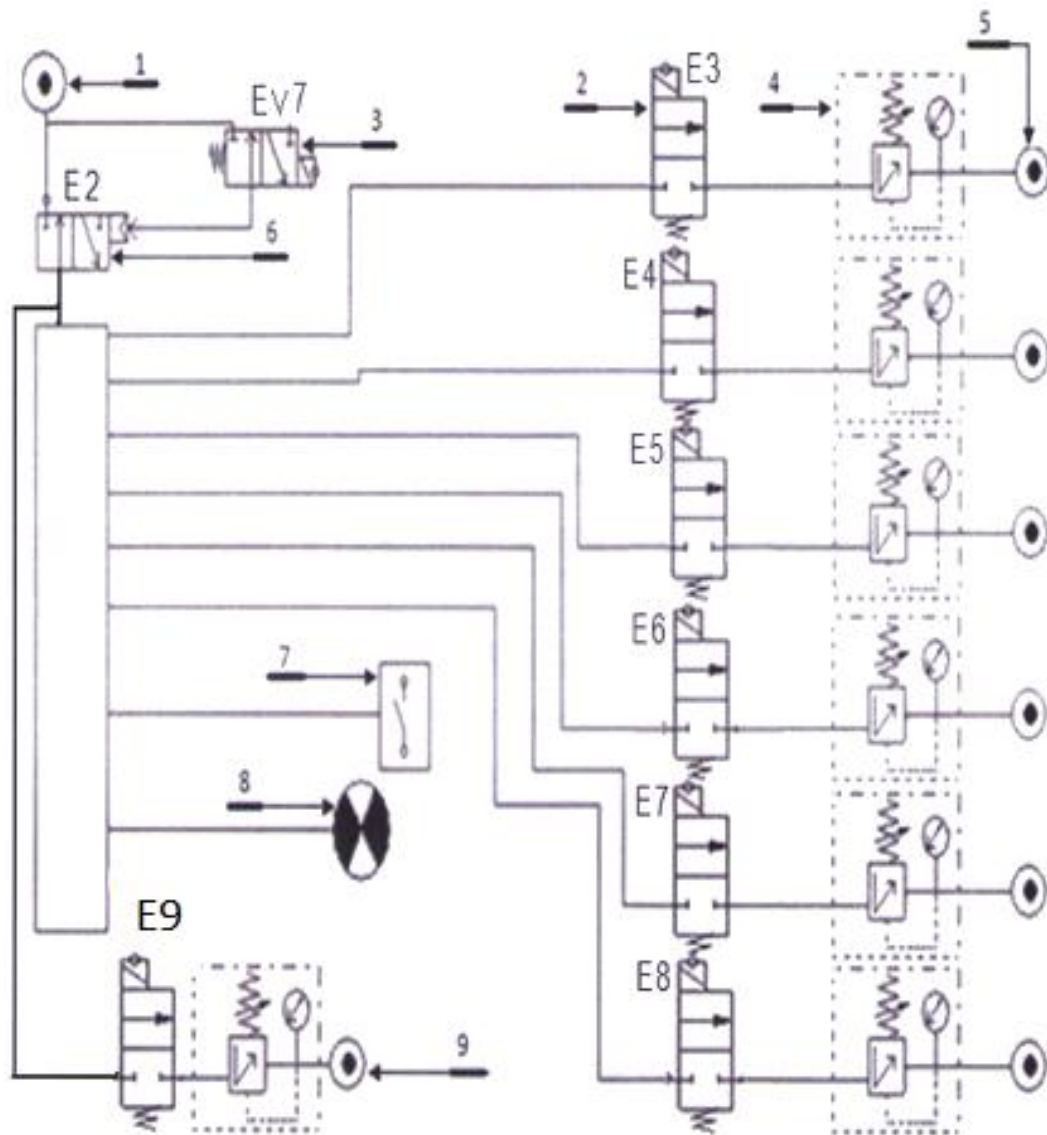
**Figure II.13 : Rinçage automatique de pulvérisation.**

❖ **Fonctionnement de système de rinçage de circuit de pulvérisation :**

Le rinçage automatique de circuit de pulvérisation « **Figure II.13** » va être enclenché par le capteur (11) qui indique le niveau bas d'émail dans la cuve de travail, ce dernier va :

- Ouvrir l'électrovanne (EV6) ;
- Fermer l'électrovanne (EV3) ;
- Fermer le distributeur 2/2 (E9).

**II.4.6. Automatisation de circuit de la commande pneumatique :**



**Figure II.14 :** Circuit de la commande pneumatique est automatisé.

1. Source d'air comprimée ;
2. Distributeur 3/2 commande électrique ;
3. Distributeur 2/2 commande électrique ;
4. Mano-régulateur ;
5. Air vers pulvérisateur ;
6. Distributeur 3/2 commande pneumatique ;
7. Accumulateur ;
8. Voyant ;
9. Source vers la cuve de travail.

#### ❖ **Fonctionnement de système de refroidissement :**

Ouverture de ces distributeurs se fera en départ des motopompes. Et chaque moteur va enclencher l'ouverture d'un distributeur. Le distributeur (E9) s'ouvre en départ de cycle de la station d'émaillage.

Ce circuit reste ouvert lors de rinçage automatique de circuit démaillage pendant 10s, et le (E9) qui se ferme, et la fin du comptage va provoquer la fermeture de la source d'air.

#### II.4.7. Automatisation de radiateur :

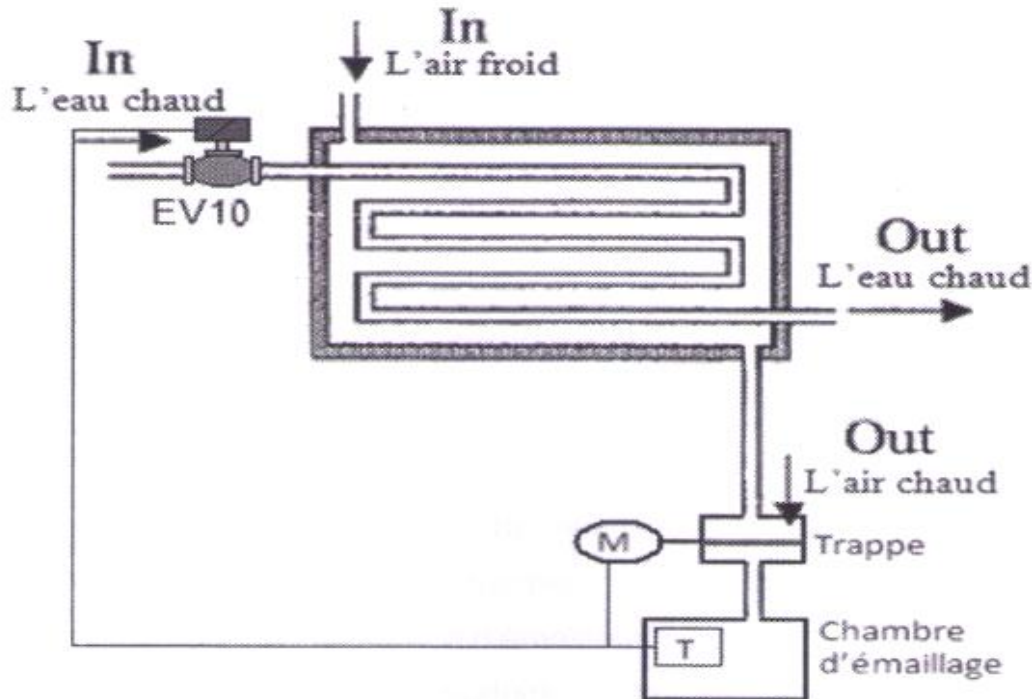


Figure II.15 : Radiateur est automatisé.

#### ❖ Fonctionnement de ce système :

On met un détecteur de température (T) dans la chambre d'émaillage qui va mesurer la température existante, on pourra programmer une consigne de travail pour permettre :

- L'ouverture de la trappe et de l'électrovanne (EV10); Si la température mesurée est inférieure à la consigne ;
- Ouverture de la trappe et Fermeture de l'électrovanne (EV10); Si la température mesurée est supérieure à la consigne ;
- Enclenchement de moteur électrique; Si la température mesurée est différente de la consigne.

#### II.5.conclusion :

Dans ce chapitre nous avons définis les composants utilisés pour l'amélioration proposée. Nous avons expliqué et donné le fonctionnement et les différents schémas fonctionnel de nos propositions pour l'amélioration de la station d'émaillage en blanc.

Après notre amélioration, Le prochain chapitre sera consacré essentiellement à la modélisation de la station améliorée par l'outil GRAFCET.



**Chapitre III:**  
**Modélisation de la**  
**station par**  
**GRAFCET**

### III.1.Introduction :

Le grafcet est un outil graphique de définition pour l'automatisme séquentiel, en tout ou rien. Mais il est également utilisé dans beaucoup de cas combinatoires, il est aussi un outil de modélisation de systèmes séquentiels et plus particulièrement pour les parties commandes d'automatismes. C'est un langage clair, permettant par exemple au réalisateur de montrer au donneur d'ordre comment il a compris le cahier des charges.

Dans ce chapitre, on va présenter quelques définitions d'un GRAFCET, notion, concept, et leur élément de base et en finit le chapitre par la modélisation de la station d'émaillage par GRAFCET.

### III.2.Définition de GRAFCET :

GRAFCET (**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape – **T**ransition) est un diagramme fonctionnel permettant de décrire graphiquement, suivant d'un cahier des charges, les différents comportements d'un automatisme séquentiels. Il constitue un utile de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.[3]

Ce graphe comporte deux types de nœuds : les étapes et les transitions. Des arcs orientés relient les étapes aux transitions les transitions aux étapes

### III.3.Les organes d'un GRAFCET :

#### III.3.1.l'étape :

Une ETAPE correspond à une phase durant laquelle s'effectue une action pendant une certaine durée (même faible mais jamais nulle) .l'action doit être stable, c'est-à-dire que l'on fait la même chose pendant toute la durée de l'étape, mais la notion d'action est assez large, en particulier la composition de plusieurs actions ou à l'opposé l'inaction (étape dit d'attente).

On représente chaque étape par un carré, l'action est représentée dans un rectangle à gauche, l'entrée se fait par le haut et la sortie par le bas. On numérote chaque étape par un entier positif, mais pas nécessairement croissant par pas de 1, il faut simplement que jamais deux étapes différentes n'aient le même numéro.

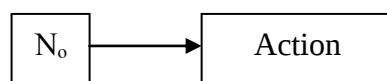
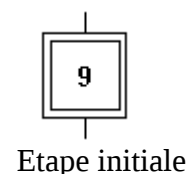
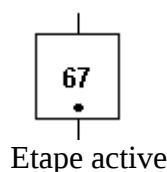
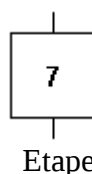
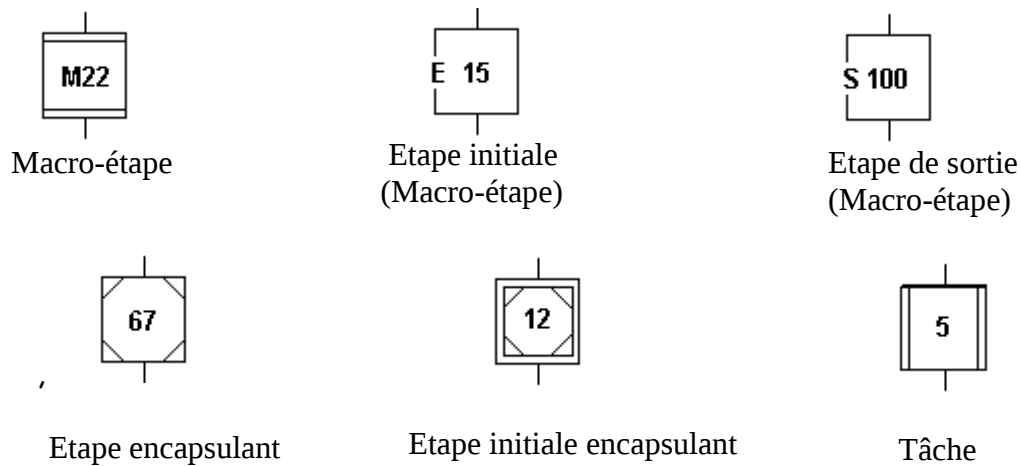


Figure III.1 : Représentation de l'étape

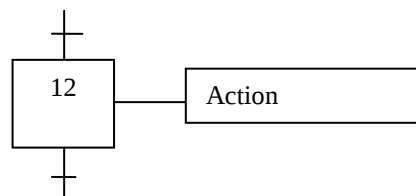
#### ❖ les différents types étapes :





### III.3.2. Les actions :

Les actions associées à une étape sont inscrites dans un rectangle d'action de façon à mettre en évidence ce qui s'exécute lorsque cette étape est active. Souvent, il s'agira de commande d'actionneurs (vérins, moteurs,...). Ce peut être aussi des commandes de fonctions auxiliaires d'automates (compteur, tempos,...) elles peuvent aussi décrire des liens avec d'autres systèmes logiques ou analogiques (changement de vitesse moteur par exemple).



**Figure III.2 :** action continue.

### III.3.3. Une liaison :

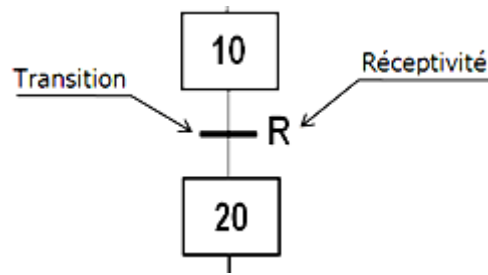
Une LIAISON est un arc orienté (ne peut pas être parcouru que dans un sens). A une extrémité d'une liaison il ya une (et une seule) étape, à l'autre une transition. On la représente par un trait plein rectiligne, vertical ou horizontal. La ligne verticale est parcourue de haut en bas, sinon il faut le préciser par une flèche. Une horizontale est parcourue de gauche à droite, sinon le préciser par une flèche.



**Figure III.3 :** liaisons orientées.

### III.3.4. La transition :

Une transition entre deux étapes est représentée par une barre perpendiculaire aux liaisons orientées qui la relient aux étapes précédente(s) et suivante(s). Une transition indique la possibilité d'évolution entre étapes. À chaque transition est associée une réceptivité inscrite à droite de la barre de transition. Une réceptivité est une condition logique qui permet de distinguer parmi toutes les combinaisons d'informations disponibles celle qui est susceptible de faire passer le système aux étapes suivantes.



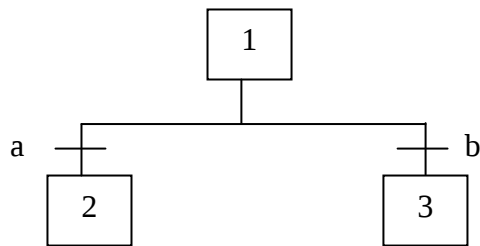
**Figure III.4 :** Une transition.

### III.4. Configuration courantes et les équations :

#### III.4.1. Divergence en OU :

La sélection entre plusieurs séquences (ou divergence en OU) est représenté par autant de symbole de transition sous une ligne horizontale qu'il y a de choix possibles aucun symbole de transition n'est autorisé au dessus de la ligne horizontale.

L'utilisation des transitions exclusive permet de sélectionner une seule séquence.



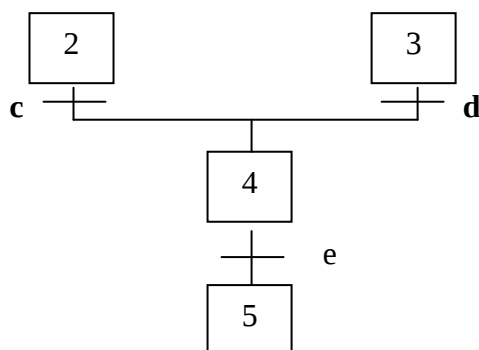
$$X_2 = (X_1 * a + X_2) * \overline{X_4} \dots (1)$$

$$X_3 = (X_1 * b + \overline{X_3}) * X_4 \dots (2)$$

**Figure III.5:** Divergence en OU.

#### III.4.2. Convergence en OU :

La fin de la sélection de séquence (ou convergence en OU) est représentée par autant de symboles de transition au dessus d'une ligne horizontale, qu'il y a de séquence à regrouper. Aucun symbole de transition n'est autorisé au dessus de la ligne horizontale.

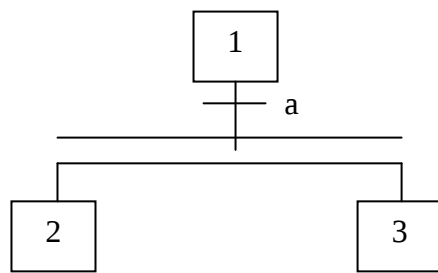


$$X_4 = (X_2 * c + X_3 * d + X_4) * X_5 \dots (3)$$

**Figure III.6 :** Convergence en OU.

#### III.4.3. Divergence en ET :

Lorsqu'un événement active plusieurs séquences au même instant, ces séquences sont dites simultanées. Un symbole unique de transition au dessus d'une ligne double horizontale permet de représenter le début de séquences simultanées (ou divergence en ET).



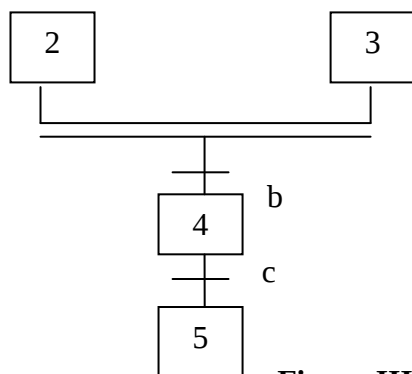
$$X_2 = (X_1 * a + X_2) * \overline{X_4} \dots (4)$$

$$X_3 = (X_1 * a + \overline{X_3}) * X_4 \dots (5)$$

**Figure III.7 : Divergence en ET.**

#### III.4.4. Convergence en ET :

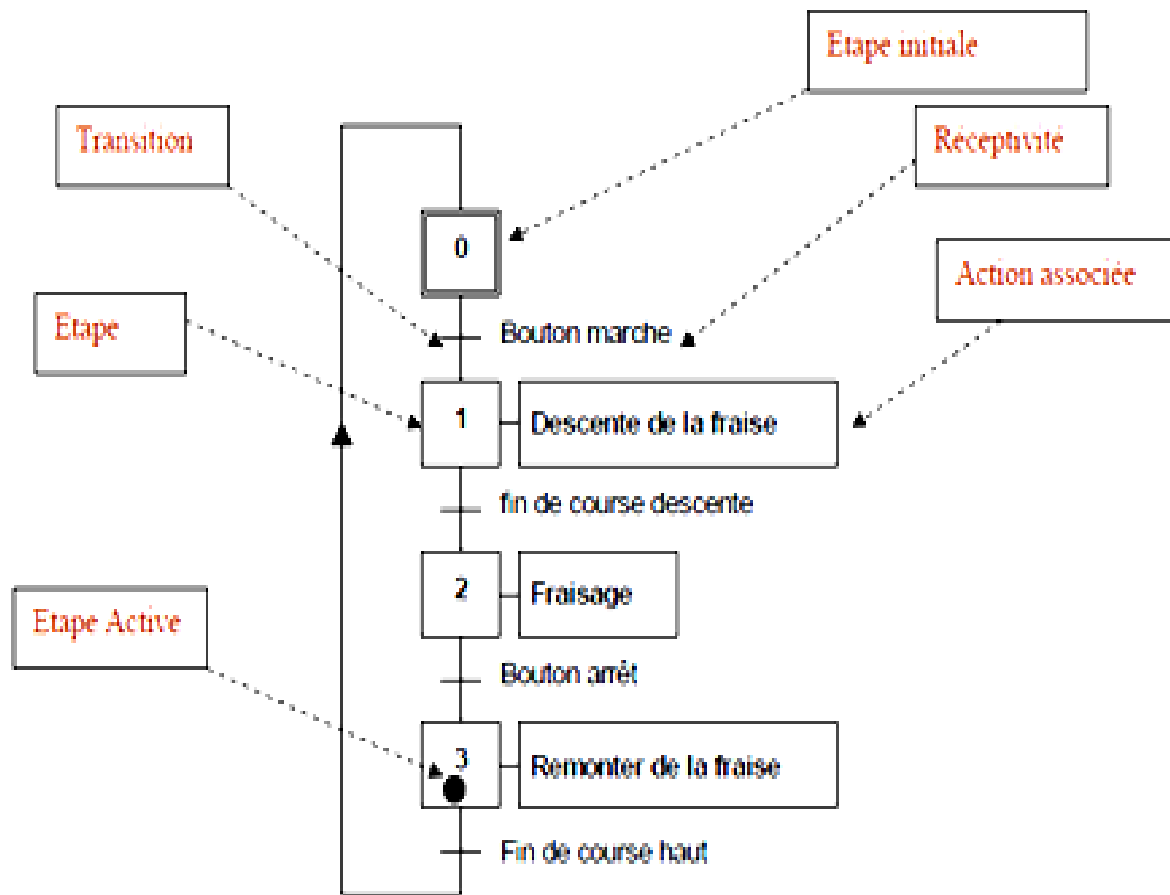
Lorsque plusieurs séquences simultanées convergent (convergence en ET), la synchronisation est représentée par un symbole unique de transition au dessous d'une ligne double horizontale.



$$X_4 = (X_2 * X_3 * b + X_4) * \overline{X_5} \dots (6)$$

**Figure III.8 : Convergence en ET.**

#### III.5. Exemple de GRAFCET :

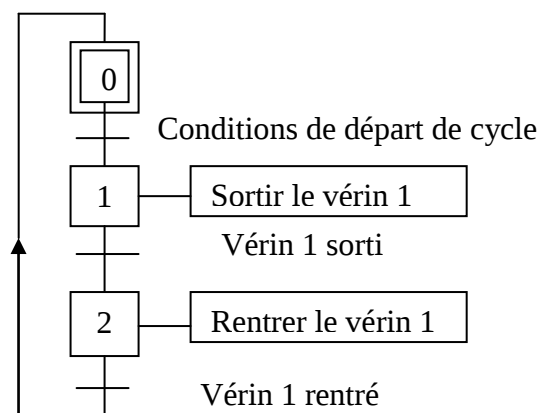


**Figure III.9 :** Grafcet fonctionnement Fraiseuse.

### III.6.Types de Grafcet :

#### III.6.1.GRAFCET niveau 1 :

Appelé aussi niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la P.C, en réaction aux informations provenant de la P.O. indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont écrites en mots et non en abréviation. On associe le verbe à l'intérieur pour les actions.



**Figure III.10 :** GRAFCET niveau 1.

### III.6.2.GRAFCET niveau 2 :

Appelé aussi niveau de la partie Opérative, il tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs, la représentation des actions et réceptivités est écrite en abréviation et non en mots, on associe une lettre majuscule à l'action et une lettre minuscule à la réceptivité.

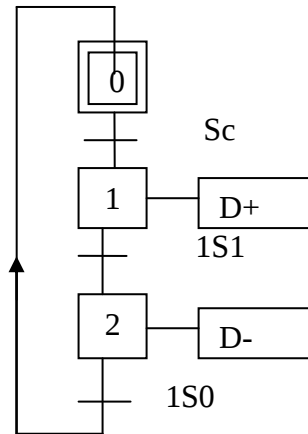


Figure III.11 : GRAFCET niveau 2.

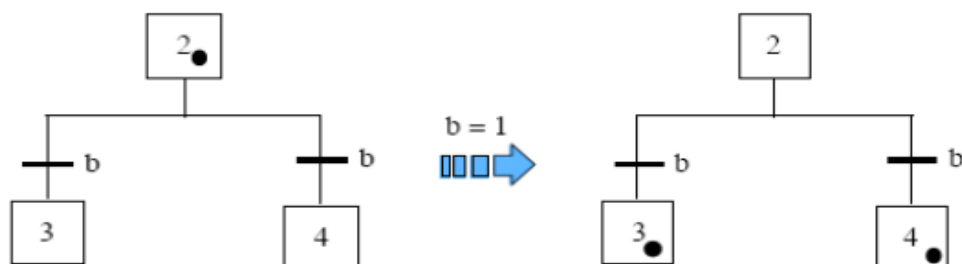
### III.7.Règles d'évolution :

La modification de l'état de l'automatisme est appelée évolution, et est régie par 5 règles :

- **Règle 1** : Les étapes INITIALES sont celles qui sont actives au début du fonctionnement. On les représente en doublant les cotés des symboles. On appelle début du fonctionnement le moment où le système n'a pas besoin de se souvenir de ce qui c'est passé auparavant (allumage du système, bouton "reset",...). Les étapes initiales sont souvent des étapes d'attente pour ne pas effectuer une action dangereuse par exemple à la fin d'une panne de secteur.

- **Règle 2** : Une TRANSITION est soit validée, soit non validée. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives (toutes celles reliées directement à la double barre supérieure de la transition). Elle ne peut pas être FRANCHIE que lorsque est validée et que sa réceptivité est vraie. Elle est alors obligatoirement franchie.

- **Règle 3** : Le FRANCHISSEMENT d'une transition entraîne l'activation de TOUTES les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de TOUTES les étapes immédiatement précédentes (TOUTES se limitant à 1 s'il n'y a pas de double barre).



- **Règle 4** : Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies (ou du moins toutes franchies dans un laps de temps négligeable pour le fonctionnement). La durée limite

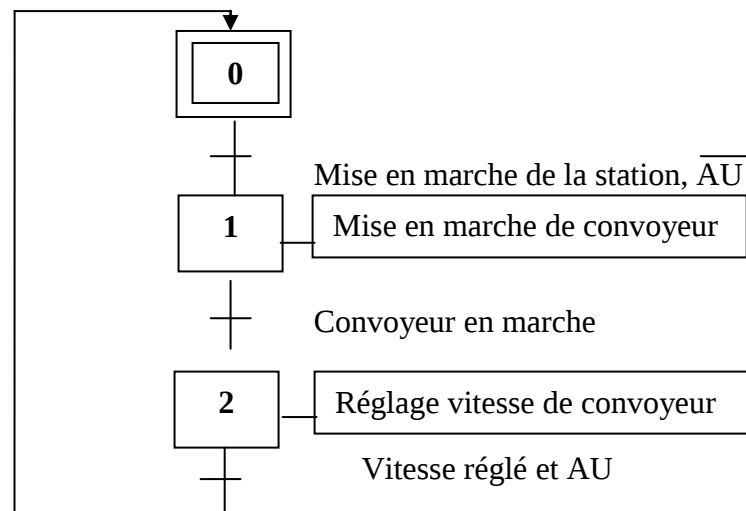
dépend du "temps de réponse" nécessaire à l'application (très différent entre un système de poursuite de missile et une ouverture de serre quand le soleil est suffisant.

• **Règle 5 :** Si une étape doit être à la fois activée et désactivée, elle RESETE active. Une temporisation ou un compteur actionné par cette étape ne seraient pas réinitialisés.

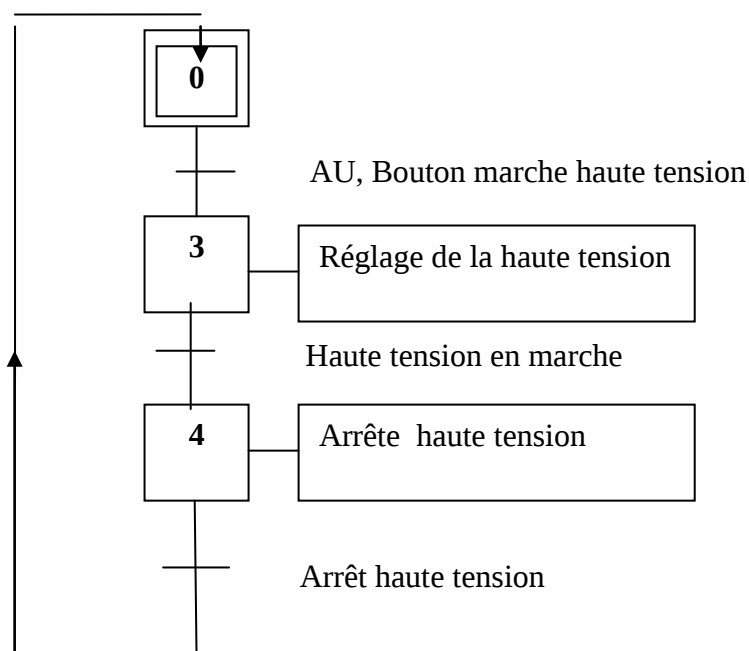
Cette règle est prévue pour lever toute ambiguïté dans certains cas particuliers qui pourraient arriver dans certains cas

### III.8.Modélisation de la station d'émaillage avec Grafcet :

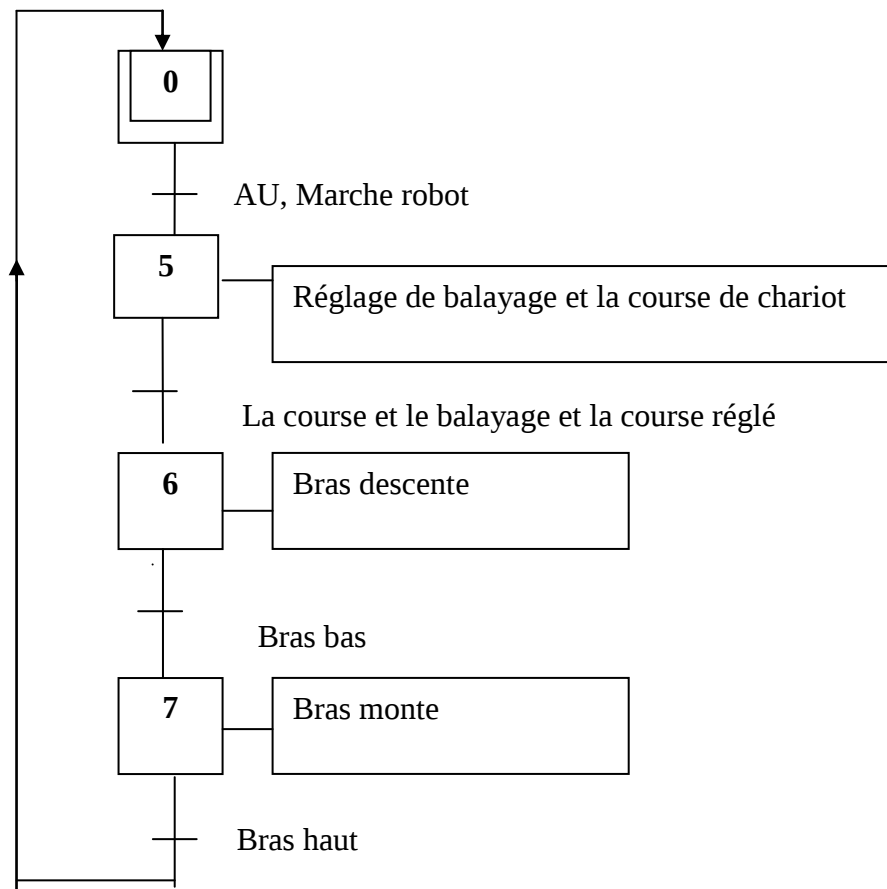
✚ Grafcet de convoyeur :



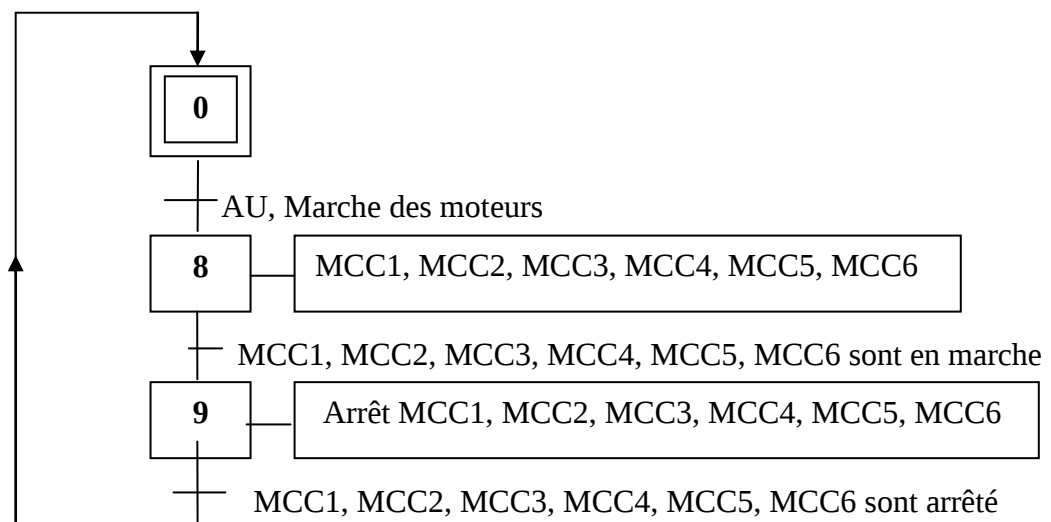
✚ Grafcet de l'unité haute tension :



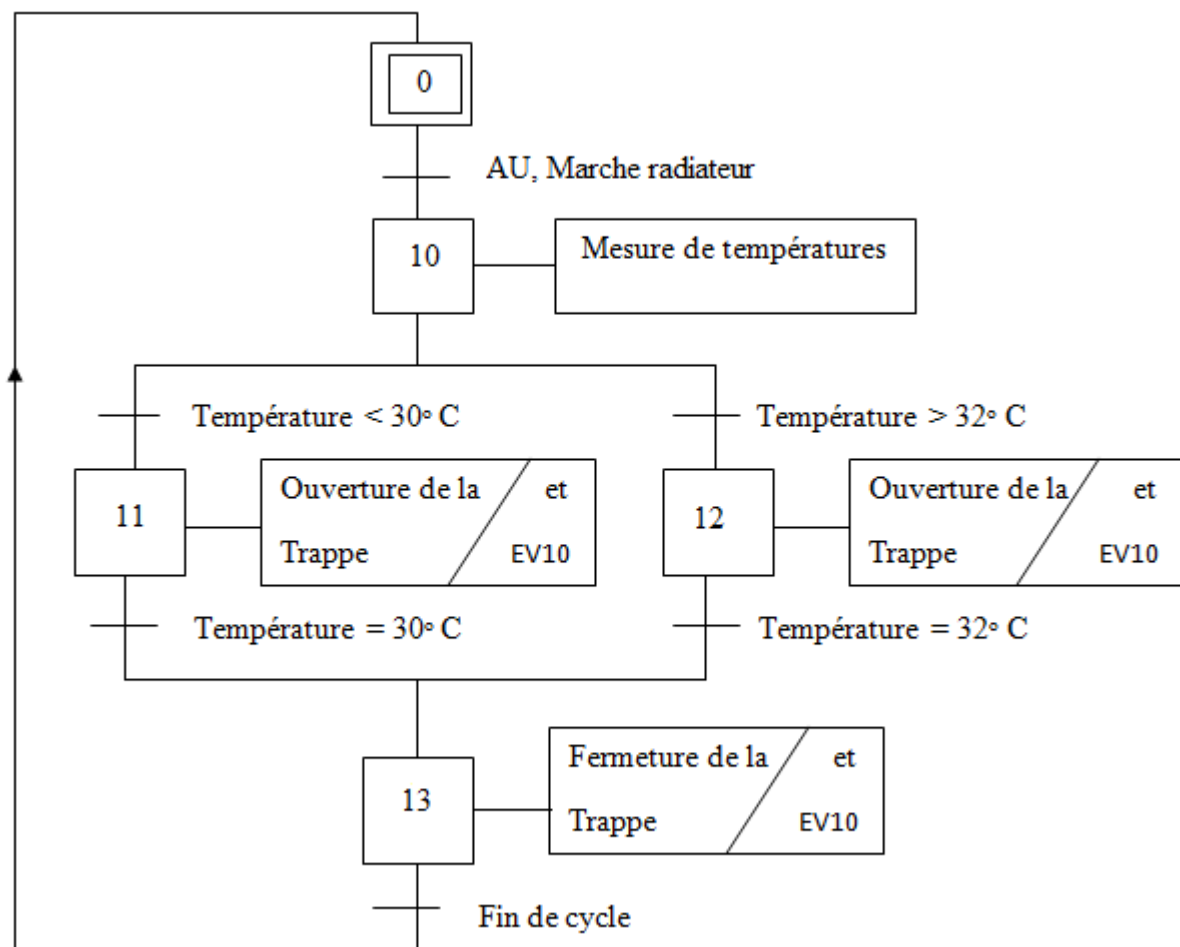
### Grafcet du robot :



### Grafcet des moteurs à courant continue :



## ✚ Grafset de radiateur :



## ✚ Cahier de charge :

Après le départ de cycle (DCY) le convoyeur démarre (7m/mn) en transportant les pièces vers la cabine d'émaillage la présence de la pièce (détection de la pièce) provoque le démarrage du robot et réglages (la vitesse et la course du chariot). Les moteurs à courant continu démarre successivement : T1=15s, T2=10s, T3=10s, T4=15s, T5=10s, T6=10s. l'un après l'autre pour faire la pulvérisation de l'émaillage . le cycle continu et compteur est placé à la sortie de la cabine (C=120 pièces). Le chargement et le déchargement se fait manuellement.

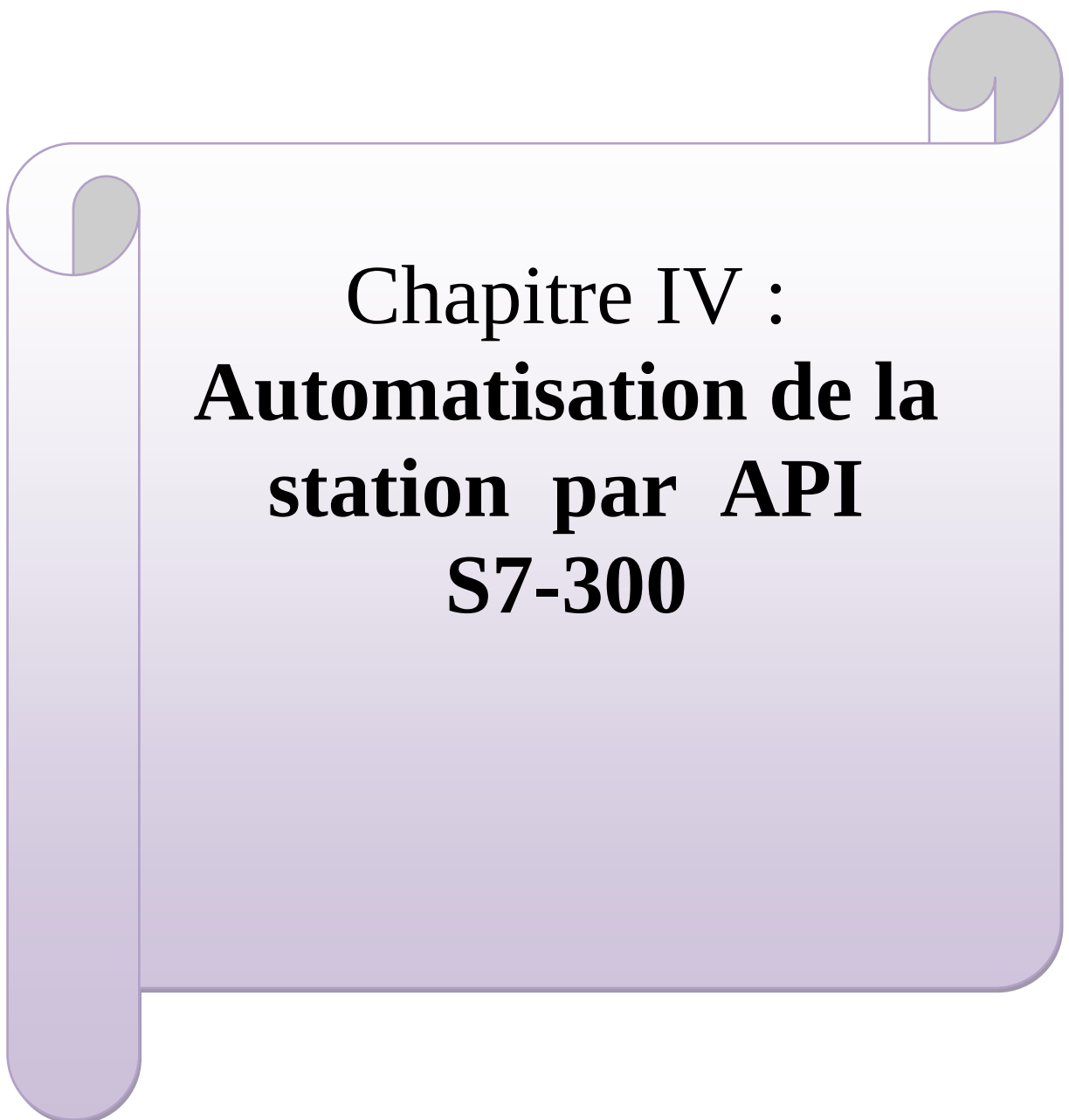
### ❖ Le coté sécurité :

- ✓ Le capteur de fin de course pour le robot fonctionne bien ;
- ✓ La cabine doit être fermée ;
- ✓ La cage du réservoir d'émail fermé ;
- ✓ Niveau normal d'émail (capteur de niveau d'émail) ;
- ✓ La pression des pulvérisateurs d'émail 1bar ;
- ✓ La pression d'air pour le remplissage de la cuve d'émail 0.5bar ;
- ✓ Pression de huile 60bar, et la température de la cabine  $30 < T < 32$

### **III.9.Conclusion :**

Ce langage « GRAFCET » nous a permis de réaliser et démontrer sur l'ordre comment il est compris notre cahier de charges.

Après avoir réalisé la modélisation de la station améliorée par l'outil GRAFCET, le prochain chapitre sera consacré essentiellement, à la présentation de l'automate programmable S7-300 et la simulation avec logiciel STEP7.

A decorative graphic of a purple scroll with rounded corners and a vertical strip on the left side. The scroll is light purple with a darker purple border. The text is centered on the scroll.

# **Chapitre IV : Automatisation de la station par API S7-300**

## **IV.1.Introduction :**

Un Automate Programmable Industriel (**API**) est réalisée en vue de traiter les informations entrantes pour émettre des ordres des sorties en fonction d'un programme et d'apporter des solutions à des problèmes de nature technique, économique ou humaine. Éliminer les taches dangereuses et pénibles, en faisant exécuter par la machine les tâches humaines complexes ou indésirables.

Objectif de ce présent chapitre est de présenter l'automate programmable S7-300 le logiciel de programmation STEP7 ainsi que le simulateur.

## **IV.2. Définition :**

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique. Traiter les informations entrantes pour émettre des ordres de sorties en fonction d'un programme.

Un automate programmable est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants, langages. C'est pour cela qu'il est construction modulaire.

### **IV.2.1.Architecture des automates programmables industriels :**

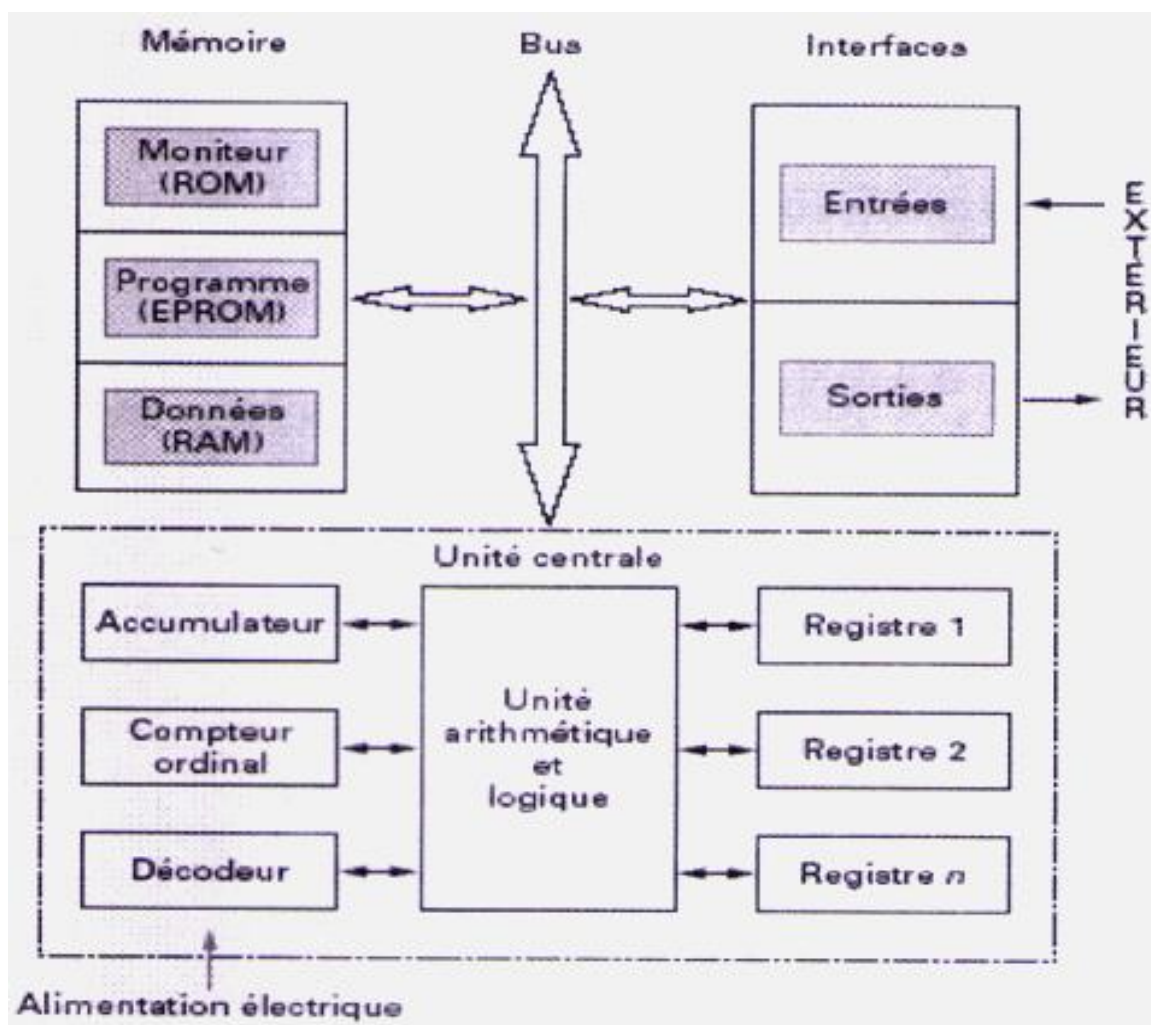
De forme compacte ou modulaire, les automates sont organisés suivant l'architecture suivante :

1. Un module d'unité centrale ou CPU, qui assure le traitement de l'information et la gestion de l'ensemble des unités .ce module comporte un microprocesseur, des circuits périphériques de gestion des entrées/sorties, des mémoires RAM et EEPROM nécessaire pour stocker les programmes, les données, et les paramètres de configuration du système. [2]
2. Un module d'alimentation, qui à partir d'une tension 220 V, 50 Hz ou dans certains cas de 24 V fournit les tensions continues +/- 5V, +/- 12 V.
3. Un ou plusieurs modules d'entrées 'Tout ou Rien' ou analogiques pour l'acquisition des informations provenant de la partie opérative (procède a conduire).
4. Un ou plusieurs modules de sorties 'Tout ou Rien'(TOR) ou analogique pour transmettre a la partie opérative les signaux de commande. Il y a des modules qui intègrent en même temps des entrées et des sorties.
5. Un ou plusieurs modules de communication comprenant :
  - ✓ Interfaces pour assurer l'accès a un bus de terrain ;
  - ✓ Interface d'accès a un réseau Ethernet.



**Figure.IV.1 :** L'automate Siemens programmables.

#### IV.2.2. Structure interne des automates programmables:



**Figure. IV.2 :** Structure interne d'un API.

Détaillons successivement chacun des composants qui apparaissent sur ce schéma

## **Le processus :**

Il constitue le cœur de l'appareil dans l'unité centrale ; En fait, un processus devant être automatisé, se subdivise en une multitude de domaines et processeur partiels plus petits, liés les uns aux autres.

## **Les modules d'entrées/sorties :**

Ils assurent le rôle d'interface entre la CPU et le processus, en récupérant les informations sur l'état de ce dernier et en coordonnant les actions.

Plusieurs types de modules sont disponibles sur le marché selon l'utilisation souhaitée :

- Modules TOR : l'information traitée ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1).

C'est le type d'information délivrée par une cellule photoélectrique, un bouton poussoir...etc ;

- Modules analogiques : l'information traitée est continue et prend une valeur qui évolue dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (débit, niveau, température ....etc) ;

- Modules spéciales : l'information traitée est contenue dans des mots codes sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

## **Les mémoires :**

Un système de processeur est accompagné par un ou plusieurs types de mémoires. Elles permettent :

- De stocker le système d'exploitation dans des ROM ou PROM ;
- Le programme dans les EEPROM ;
- les données système lors du fonctionnement dans des RAM. Cette dernière est généralement

secourue par pile ou batterie.

## **L'alimentation :**

Elle assure la distribution d'énergie aux différents modules. L'automate est alimenté généralement par le réseau monophasé 230V-Hz mais d'autres alimentations sont possibles (110V....etc.).

## **Liaisons de communication :**

Elle permettant la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.

Les liaisons s'effectuent :

- ❖ avec l'extérieur par des bornes sur lesquels arrivent des câbles transportant le signal électrique ;
- ❖ Avec l'intérieur par des bus reliant divers éléments, afin d'échanger des données, des états et des adresses.

## **IV.3. Structure d'un système automatisé :**

On distingue dans tout système automatisé la machine ou l'installation (partie opérative) et la partie commande constituée par l'appareillage d'automatisme.

#### IV.3.1. La partie commande :

Mémoire la SAVOIR FAIRE des opérateurs pour obtenir la suite des actions à effectuer sur les matières d'œuvre afin d'élaborer la valeur ajoutée. Elle exploite un ensemble d'informations prélevées sur la partie opérative pour élaborer la succession des ordres nécessaires pour obtenir les actions souhaitées.

L'automatisation est considérée comme l'étape d'un progrès technique où apparaissent des dispositifs techniques susceptibles des secondes l'homme, non seulement dans ses efforts musculaires, mais également dans son travail intellectuel de surveillance et de contrôle.

Cette partie commande est assurée par des constituants répondants schématiquement à quatre fonctions de base :

1. L'acquisition des données ;
2. Le traitement des données ;
3. La commande de puissance ;
4. Le dialogue homme machine.

#### IV.3.2. La partie opérative :

Elle agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner la valeur ajoutée. Les actionneurs (moteurs, vérins) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre.

Les capteurs / détecteurs permettent d'acquérir les divers états du système.

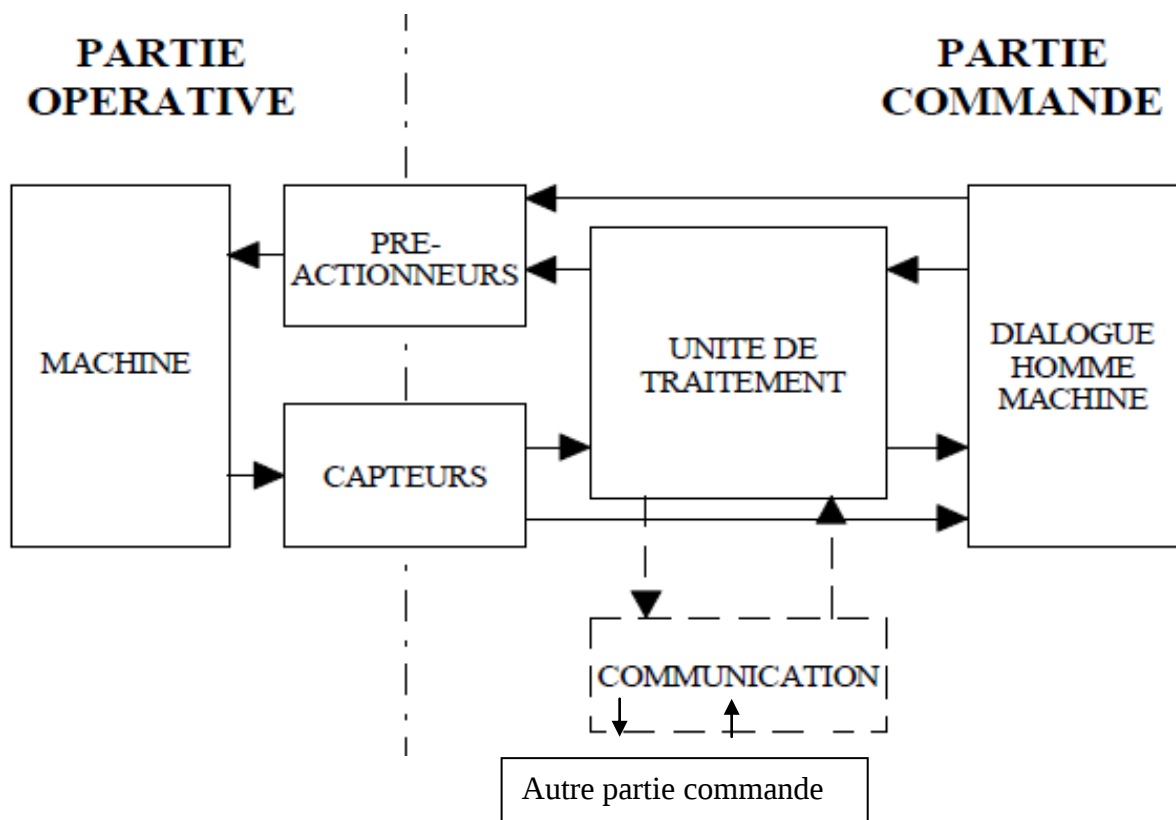


Figure IV.3 : Structure d'un système automatique.

#### IV.3.3. Automatisation :

L'automatisation consiste à « rendre automatique » les opérations qui exigeaient auparavant l'intervention humaine. Faire évaluer la sortie d'un processus en fonction de son entrée. La sortie évalue rapidement et précisément.

Un système automatisé est soumis à des contraintes : énergétiques, de configuration, de réglage et exploitation qui interviennent dans tous les modes de marche et d'arrêt du système.

L'automatisation de la production consiste à transférer tout ou une partie des tâches de coordination auparavant exécutées par des opérateurs humains, dans un ensemble d'objets techniques appelés PARTIE COMMANDE.

#### **Le but de l'automatisation :**

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs par exemple :

- Simplifier le travail de l'humain ;
- Augmenter la sécurité ;
- Accroître la productivité ;
- Maintenir la qualité ;
- Une meilleure rentabilité ;
- Améliorer la qualité du produit grâce à une meilleure respectabilité de la valeur ajoutée ;

#### **SIEMENS :**

Dans le cadre de son expansion, Siemens crée le 28 janvier 1972, le consortium Uni-data. Ce projet européen permet, dans les années 1970, l'émergence d'une grande industrie informatique européenne. Les compétences de trois participants ont été mises en commun d'œuvre, l'architecture des machines et le logiciel ont été attribués à la Compagnie Internationale pour l'Informatique (CII) la technologie électronique revenait à Philips tandis que Siemens se chargeait des périphériques mécaniques.

En 1975 : la France abandonne unilatéralement l'accord Uni-data, CII fusionne avec Honeywell-Bull, Philips délaisse l'informatique et Siemens rejoint Fujitsu pour devenir aujourd'hui un des plus grands constructeurs mondiaux.

#### **IV.4.Le SIMATIC S7 et sa programmation :**

STEP 7 est le progiciel de base pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC. Il fait partie de l'industrie logiciel SIMATIC.

##### **IV.4.1.Choix d'un automate :**

D'après le cahier de charge établi, l'automate choisi doit répondre aux certains critères qui sont :

- La capacité de traitement du processeur ;
- Le nombre d'entrée sortie (numérique, analogique, booléenne) ;
- La fiabilité ;
- La qualité de service après vente ;
- La durée de garanti.

Pour notre cas la station d'émaillage de l'ENIEM, qui est concerné par notre projet a porté son choix sur l'automate programmable industriel (SIMATIC S7-300).

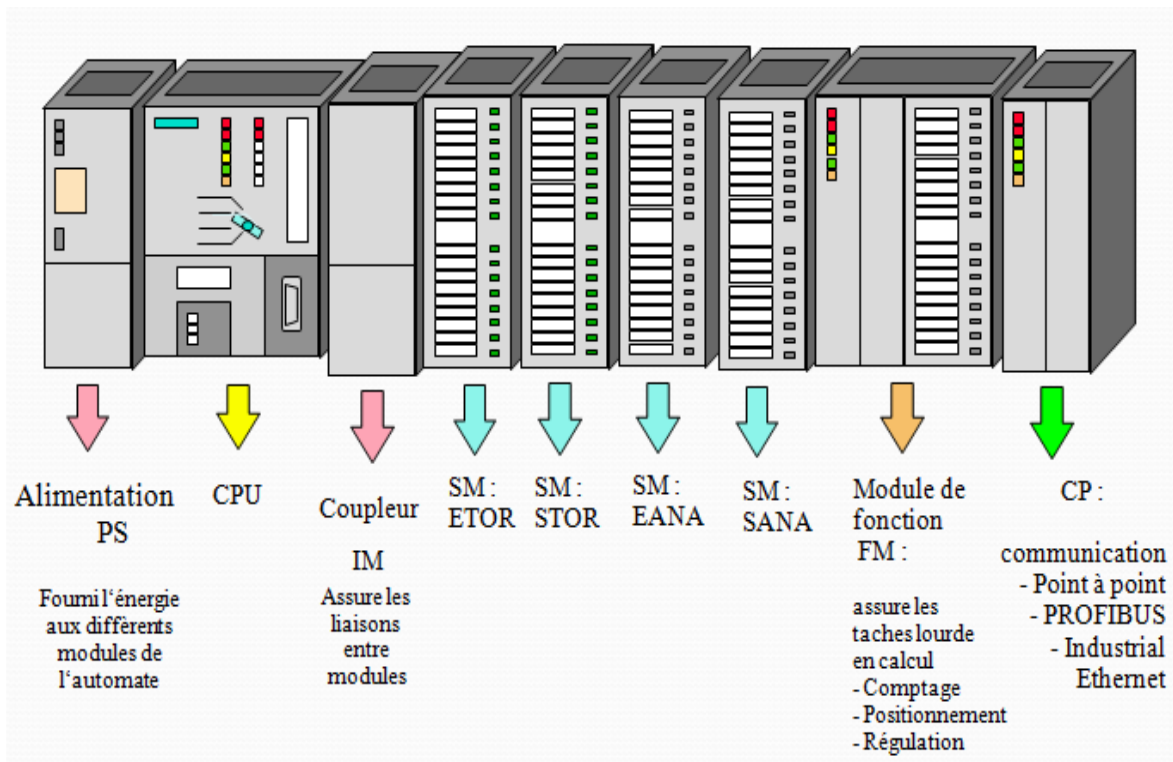
##### **IV.4.2. Présentation de l'automate S7-300 :**

L'automate S7-300 est constitué d'une alimentation, d'une CPU, de module d'entrée et de module de sortie à ceux-ci peuvent s'ajouter à des processeurs de communication et des modules de fonction qui se chargeront de fonction spéciale.

Comme toutes API, l'automate S7-300 est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme de module suivant :

- ❖ Module d'alimentation (PS) avec 2a, 5a ou 10a ;
- ❖ Unité centrale (CPU 315) travaillant avec mémoire de 48Ko, sa vitesse d'exécution est 0.3ms/1k instructions ;
- ❖ Module de signaux (SM) pour les entrées et les sorties TOR et analogique ;
- ❖ Module d'extension (IM) pour configuration multi rangé pour S7-300 ;
- ❖ Module de fonction (FM) pour fonction spéciale.

Processeur de communication (CP) pour la connexion au réseau.



**Figure IV.4:** Modularité de API S7-300.

**IV.4.3. Caractéristique de S7-300 :**

S7-300 est un mini-automate modulaire pour les applications d'entrée et de milieu de gamme, avec possibilité d'extensions jusqu'à 32 modules par l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS et industriel Ethernet.



**Figure IV.5 :** Automate S7-300.

#### IV.4.4. Côté matériel :

✚ La CPU :

On a le choix parmi les trois modules unité centrale (CPU) pour configurer notre S7-300 (CPU 312 IFM, CPU 313 et CPU 314) qui illustrent la cohérence de conception à l'échelle du système. Ceci nous permet de choisir la solution appropriée la plus économique pour notre application.

#### **Caractéristiques techniques :**

Le S7-300 offre une gamme échelonnée de 24 CPU ; des CPU standards parmi lesquelles la première CPU avec interface Ethernet / PROFINet intégrée, la CPU a différents modes de fonctionnement : RUN, STOP, RUN-P, ....etc.

Pour la programmation et autre manipulation, une console de programmation doit être branchée à la CPU.

#### **Le processeur :**

Le processeur est l'intelligence de l'UC (Unité Centrale), c'est l'ensemble fonctionnel chargé d'assurer le contrôle de l'ensemble de la machine et d'effectuer les traitements demandés par les instructions des programmes.

#### **Le registre :**

Un registre est un mémoire rapide a semi-conducteurs complétées de dispositifs logiques permettent la manipulation des informations qu'elle contient ou leur combinaison avec des informations extérieures.

Le processeur est organisé autour d'un certain nombre de registres.

#### **Module d'alimentation (PS) :**

C'est un module qui est destiné à transformer la tension du réseau en tension continue pour l'alimentation de la CPU et éventuellement les modules d'entrée /sortie de l'A.P.I. Cette alimentation ne fournit normalement pas de tension pour les signaux entrants des modules d'entrées/sorties.

#### **Les modules d'entrées/sorties (E/S) :**

Ce sont eux qui permettent les échanges d'information vers l'environnement extérieur de l'automate. Ils adaptent les signaux entrants et sortants en tension, filtre des influences extérieures.

##### **-Module d'entrée :**

C'est un module qui permet de recueillir les informations délivrées par les capteurs des processus

Les critères de choix d'un module d'entées sont :

- Nature (logique-analogique) ;
- Nombres d'entrées par module ;
- Nature et niveau de tension.

##### **-Module de sortie :**

Il permet l'adaptation et le transfert des signaux délivrés par la CPU après traitement du programme vers les actionneurs du processus industriel. Il est raccordé aux lampes électrovannes, contacteurs,...etc.

Les critères de choix d'un module de sortie sont :

- Nature (logique-analogique) ;

- Nombres de sortie par module ;
- Nature et niveau de tension ;
- Courant de sortie maximale ;
- Nature de la protection du module.

#### IV.4.5.Coté logiciel :

##### **Avantages :**

L'atelier logiciel STEP 7 Professional permet d'obtenir des gains de productivité importants de l'ingénierie durant tous les phases d'un projet d'automatisation ; configuration plus rapide des systèmes grâce à des outils de configuration graphiques des composants et des réseaux, programmation plus efficace grâce à la possibilité de combiner dans des projets structurés, orientés objet tous les langages de programmation standard selon CEI6113-3, phases de test plus courtes grâce aux outils de simulation et de mise au point intégrés, temps d'arrêts fortement réduits grâce à des moyens puissants de diagnostic de pannes et de maintenance à distance.

##### **Type de bloc :**

Vous pouvez utiliser différents types de bloc dans un programme utilisateur S7 :

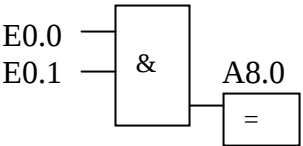
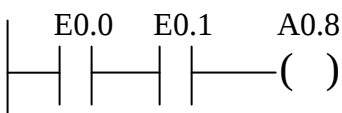
| Bloc                                                        | Brève description de la fonction                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Blocs d'organisations                                       | Les OB déterminent la structure du programme utilisateur.                                                                                                                                                                            |
| Blocs fonctionnels système (SFB) et fonctions système (SFC) | Les SFB et SFC sont intégrés à la CPU S7 et vous permettent de réaliser quelques fonctions systèmes importantes.                                                                                                                     |
| Blocs fonctionnels(FB)                                      | Les FB sont des blocs avec « mémoire » que vous programmez vous-même.                                                                                                                                                                |
| Fonctions(FC)                                               | Les FC contiennent des routines de programme pour les fonctions fréquemment utilisées.                                                                                                                                               |
| Blocs de données d'instance (DB d'instance)                 | Les DB d'instances sont affectés au bloc FB/SFB appelé. Ils sont gérés automatiquement lors de la compilation.                                                                                                                       |
| Blocs de données (DB)                                       | Les DB sont des zones de données dans lesquelles l'on enregistre les données utilisateur. Outre les données affectées respectivement à un bloc fonctionnel, vous pouvez définir des données globales utilisables par tous les blocs. |

**Figure IV.6 :** tableau de différents types de bloc de programmation

Les OB, FB, SFB, FC, et SFC contiennent des parties de programme et sont de ce fait également désignés comme blocs de code. Le nombre de blocs autorisés par type de bloc ainsi que la longueur maximale de chaque bloc dépendent de la CPU.

## ✚ Les modes de programmation :

Le langage de programmation STEP 7 dispose de plusieurs modes de représentation, selon les goûts de l'état de connaissance. En respectant certaines règles, le programme peut être conçu sous forme de liste d'instructions puis converti en un autre mode de représentation.

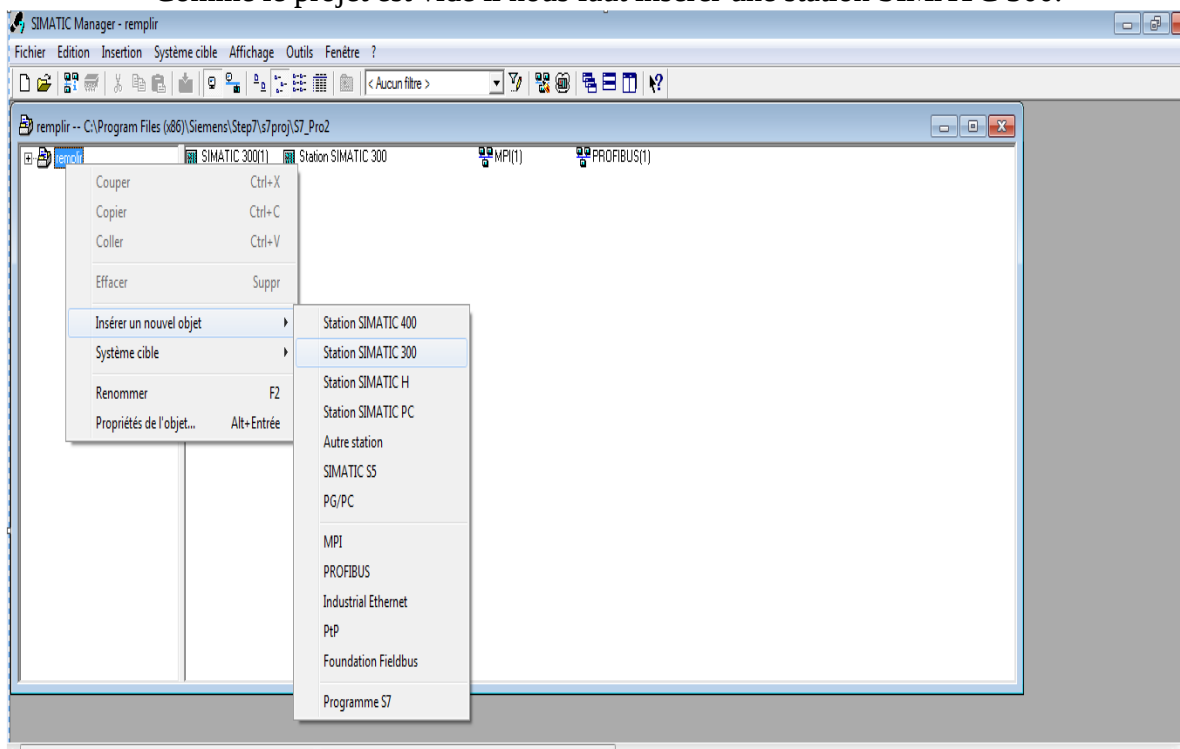
| Mode de représentation du langage de programmation STEP 7                         |                                                                                   |                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| LOG                                                                               | CONT                                                                              | LIST                                            |
|  |  | <pre> U  E0.0 U  E0.1 =  A 8.0           </pre> |

## ✚ Création du projet dans SIMATIC Manager :

Afin de créer un nouveau projet STEP7, il nous est possible d'utiliser «l'assistance de nouveau de projet», ou bien créer le projet soi-même et le configurer directement, cette dernière est un peu plus complexe, mais nous permet de gérer notre projet.

En sélectionnant l'icône SIMATIC Manager, on aura la fenêtre principale qui s'affiche, pour sélectionner un nouveau projet et valider.

Comme le projet est vide il nous faut insérer une station SIMATIC 300.



**Figure IV.7: Le SIMATIC Manager.**

D'approches sont possibles. Soit on commence par la création du programme puis la configuration matérielle ou bien l'inverse.

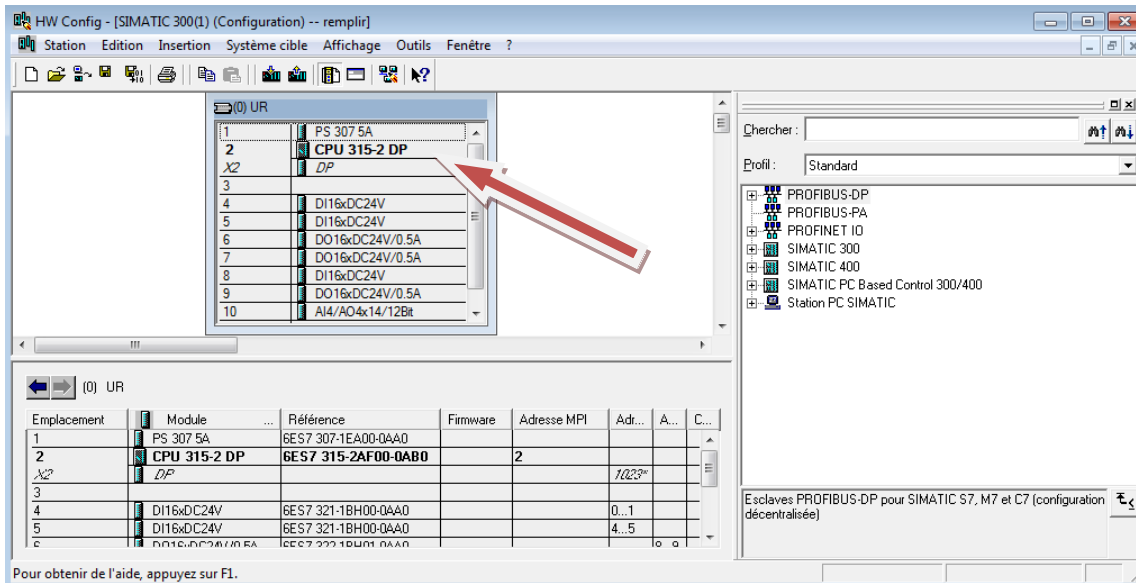
## ❖ Configuration matérielle (Partie Hardawe) :

C'est une étape importante, on doit choisir les entrées et sorties selon la CPU choisie auparavant.

Un clique sur station SIMATIC 300 puis sur matériel, et on choisi le type d'entrées et sorties qu'on veut utiliser. Sont fournis avec des paramètres définis par défaut en usine. Une configuration matérielle est nécessaire pour :

- Modifier les paramètres ou les adresses pré-régles d'un module.
- Configurer les liaisons de communication

Le choix du matériel SIMATIC S300 avec une CPU315-2DP nous conduit à introduire hiérarchisée suivante :



**Figure IV.8:** Configuration matérielle.

On commence par le choix du châssis selon la station choisie auparavant. Pour la station SIMATIC S300, on aura le châssis «RACK-300» qui comprend un rail profile.

Parmi celles-ci, l'alimentation préalablement sélectionnée se trouve dans l'emplacement n°1.

La «CPU 315-2DP» est impérativement mise à l'emplacement n°2.

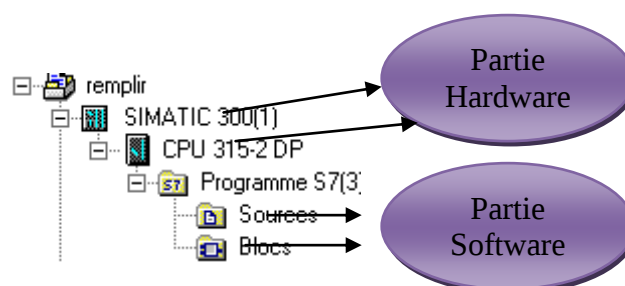
L'emplacement n°3 est réservé comme adresse logique pour un coupleur dans une configuration multi-châssis.

À partir de l'emplacement n°4, il est possible de monter au choix jusqu'à 8 modules de signaux (SM), processeurs de communication (CP) ou modules fonctionnels (FM). Après cela, il ne nous reste qu'à enregistrer et compiler avec un double clic sur .

La configuration matérielle étant terminée, un dossier «Programme S7» est automatiquement inséré dans le projet, comme indiqué dans la



dossier «Programme S7» est figure suivante :



**Figure IV.9 :** Création du programme S7.

## ❖ Création de la table des mnémoniques (Partie Software) :

Dans tout programme il faut définir la liste des variables qui vont être utilisées lors de notre programme. Pour cela la table des mnémoniques est créée. L'utilisation des noms appropriés rend le programme plus compréhensible et plus facile à manipuler. Ce type d'adressage est appelé « relatif ».

Pour créer cette table, on suit le cheminement suivant :

Insertion → table des mnémoniques.

On édite la table des mnémoniques en respectant notre cahier de charge, pour les entrées et les sorties.

|                                                                                            |      |            |           |           |             |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|-----------|-----------|-------------|------------------------------------------------------------------|
| Editeur de mnémoniques - [Programme 57(3) (Mnémonique remplirSIMATIC 300(1)\CPU 315-2 DP)] |      |            |           |           |             |                                                                  |
| Table Edition Insertion Affichage Outils Fenêtre ?                                         |      |            |           |           |             |                                                                  |
| Tous les mnémoniques                                                                       |      |            |           |           |             |                                                                  |
|                                                                                            | Etat | Mnémonique | Opérateur | Type de d | Commentaire |                                                                  |
| 1                                                                                          |      | Arr-con    | A         | 6.4       | BOOL        | arrêt convoyeur                                                  |
| 2                                                                                          |      | Arr-mtr 1  | A         | 7.3       | BOOL        | arrêt moteur 1                                                   |
| 3                                                                                          |      | Arr-mtr 2  | A         | 7.4       | BOOL        | arrêt moteur 2                                                   |
| 4                                                                                          |      | Arr-mtr 3  | A         | 7.5       | BOOL        | arrêt moteur 3                                                   |
| 5                                                                                          |      | Arr-mtr 4  | A         | 7.6       | BOOL        | arrêt moteur 4                                                   |
| 6                                                                                          |      | Arr-mtr 5  | A         | 7.7       | BOOL        | arrêt moteur 5                                                   |
| 7                                                                                          |      | Arr-mtr 6  | A         | 8.0       | BOOL        | arrêt moteur 6                                                   |
| 8                                                                                          |      | Arr-Pmp    | E         | 0.1       | BOOL        | Arrêt de pompe                                                   |
| 9                                                                                          |      | Arr-Rb     | A         | 5.7       | BOOL        | Arrêt de robot                                                   |
| 1                                                                                          |      | Arr-Rd     | E         | 0.7       | BOOL        | Arrêt de radiateur                                               |
| 1                                                                                          |      | AU-cdc     | E         | 0.5       | BOOL        | Arrêt d'urgence sur le coffret de comptage                       |
| 1                                                                                          |      | AU-cdc     | E         | 0.2       | BOOL        | Arrêt d'urgence à la porte de la chambre d'alimentation en email |
| 1                                                                                          |      | AU-Pcdé    | E         | 0.4       | BOOL        | Arrêt d'urgence à la porte de la chambre d'alimentation          |
| 1                                                                                          |      | AU-Rb      | E         | 0.3       | BOOL        | Arrêt d'urgence sur le robot                                     |
| 1                                                                                          |      | Bmar-CH    | E         | 2.1       | BOOL        | Bouton marche de la centrale hydraulique                         |
| 1                                                                                          |      | Bmar-UHT   | E         | 1.5       | BOOL        | Commande marche de la haut tension                               |
| 1                                                                                          |      | cap-cpt    | E         | 3.7       | BOOL        | Capteur pour le comptage                                         |
| 1                                                                                          |      | Cap-nb     | E         | 2.2       | BOOL        | Capteur niveau d'email bas                                       |
| 1                                                                                          |      | Cap-nh     | E         | 0.6       | BOOL        | capteur de niveau d'email haut                                   |
| 2                                                                                          |      | Cap-Tempé  | E         | 2.0       | BOOL        | Capteur de température                                           |
| 2                                                                                          |      | Com-arrM1  | E         | 1.1       | BOOL        | Commande arrêt moteur 1                                          |
| 2                                                                                          |      | Com-arrM2  | E         | 1.7       | BOOL        | Commande arrêt moteur 2                                          |
| 2                                                                                          |      | com-arrM3  | E         | 3.3       | BOOL        | Commande arrêt moteur 3                                          |
| 2                                                                                          |      | com-arrM4  | E         | 3.4       | BOOL        | Commande arrêt moteur 4                                          |
| 2                                                                                          |      | com-arrM5  | E         | 3.5       | BOOL        | Commande arrêt moteur 5                                          |
| 2                                                                                          |      | com-arrM6  | E         | 3.6       | BOOL        | Commande arrêt moteur 6                                          |
| 2                                                                                          |      | com-mtr1   | E         | 2.5       | BOOL        | Commande de moteur 1                                             |
| 2                                                                                          |      | com-mtr2   | E         | 2.6       | BOOL        | Commande de moteur 2                                             |
| 2                                                                                          |      | com-mtr3   | E         | 2.7       | BOOL        | Commande de moteur 3                                             |
| 3                                                                                          |      | com-mtr4   | E         | 3.0       | BOOL        | Commande de moteur 4                                             |
| 3                                                                                          |      | com-mtr5   | E         | 3.1       | BOOL        | Commande de moteur 5                                             |
| 3                                                                                          |      | com-mtr6   | E         | 3.2       | BOOL        | Commande de moteur 6                                             |
| 3                                                                                          |      | Contr-pmp  | A         | 6.0       | BOOL        | Contrôle de la pompe                                             |
| 3                                                                                          |      | Contr-AUHT | A         | 5.4       | BOOL        | contrôle arrêt de la haut tension                                |
| 3                                                                                          |      | Contr-AUHT | A         | 0.1       | BOOL        | Contrôle de distributeur E2                                      |

Pour obtenir de l'aide, appuyez sur F1.

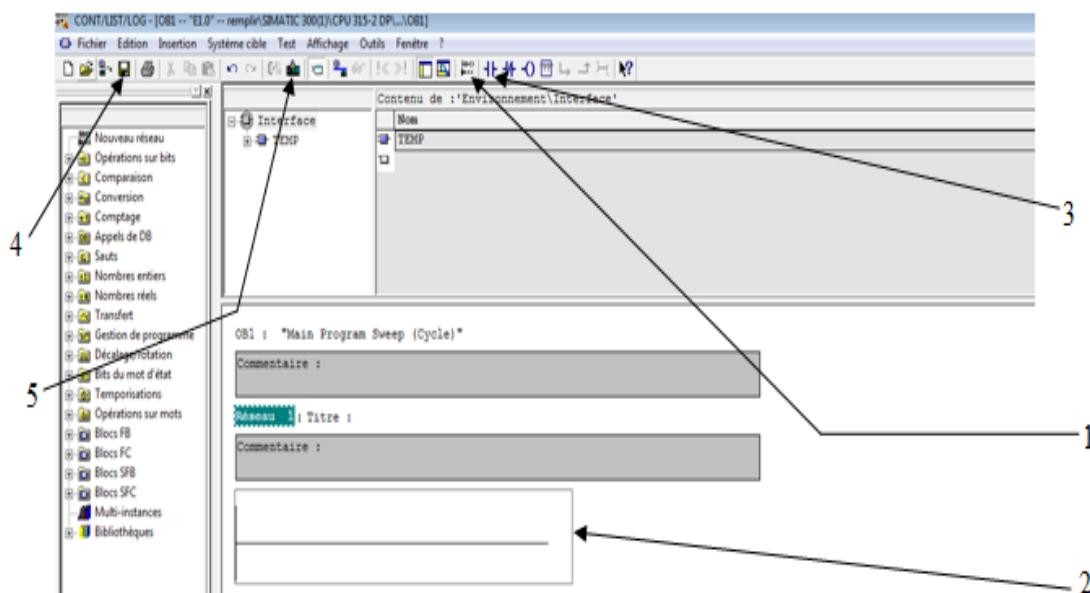
NUM

**Figure IV.10:** Table de mnémonique relative à la station d'émaillage.

Une fois les mnémoniques et les blocs déclarés, on est prêt pour écrire le programme. Dans un but didactique, on écrira les programmes en faisant varier les langages (LOG, CONT, LIST et GRAPH).

## ❖ Programmation :

Pour la programmation, on clique sur la commande **Blocs** puis sur **OB1** on aura ceci :

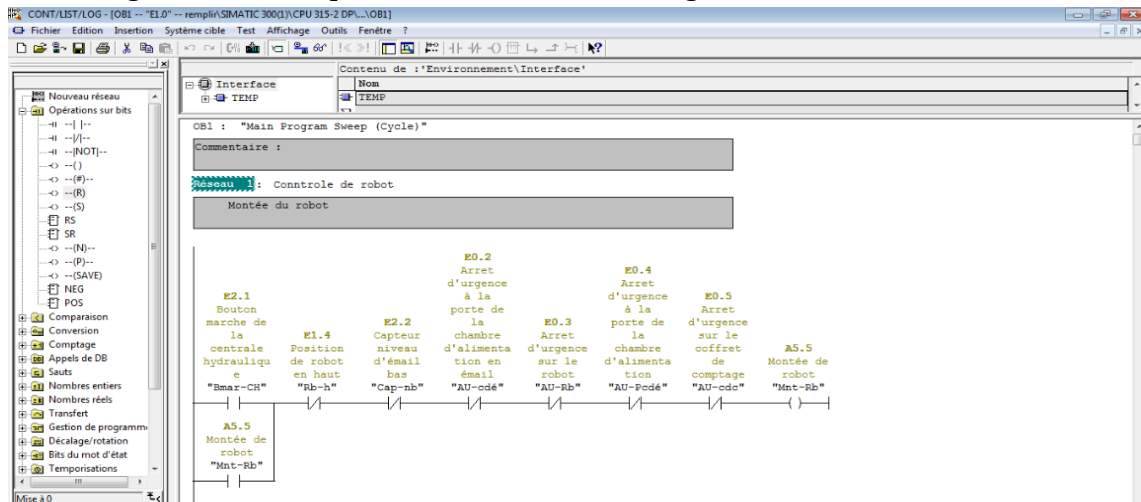


**Figure IV.11 :** Le bloc OB1.

1. Insertion d'un nouveau projet ;
2. Nouveau réseau inséré ;
3. Contact à fermeture, contact à ouverture et bobine ;
4. Enregistrement du programme ;
5. Chargement du programme.

❖ **Exemple de notre système :**

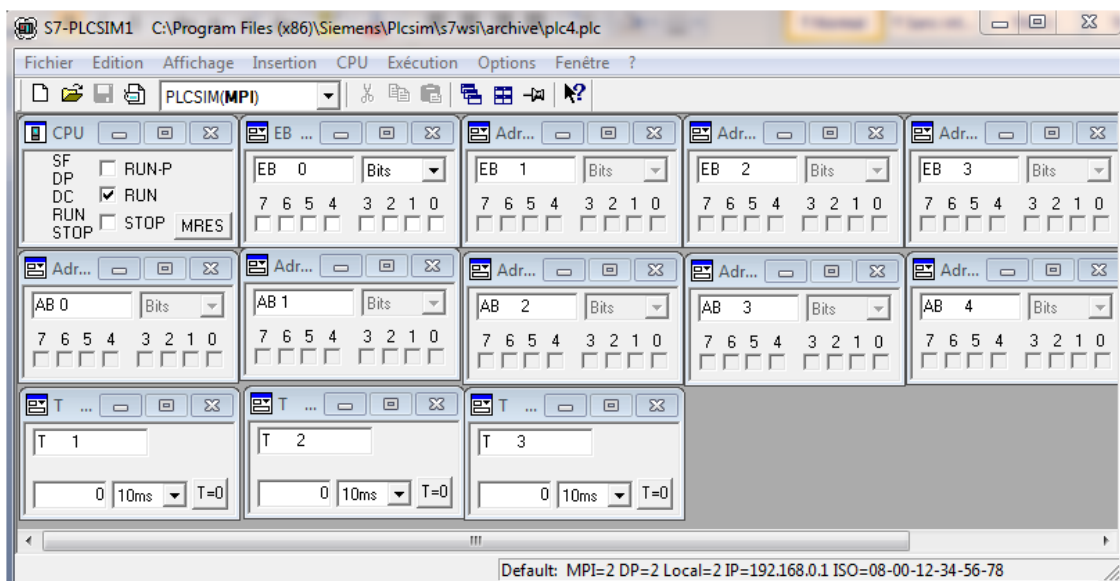
La figure suivante représente le réseau de montage de robot.



**Figure IV.12 : Réseau montage de robot.**

❖ **Simulation :**

Une fois toutes les étapes de notre système décrites à l'aide des réseaux cités ci-dessus nous allons passer à la simulation à l'aide du S7-PLCSIM en cliquant sur la commande activer/désactiver la simulation  qui se trouve sur l'onglet principal.



**Figure IV.13 : Le S7-PLCSIM.**

Pour visualiser le fonctionnement de notre système on choisi la commande visualisation du programme qui se trouve  dans l'onglet principal et on aura ceci :

#### ❖ Quelques exemples de système après la simulation :

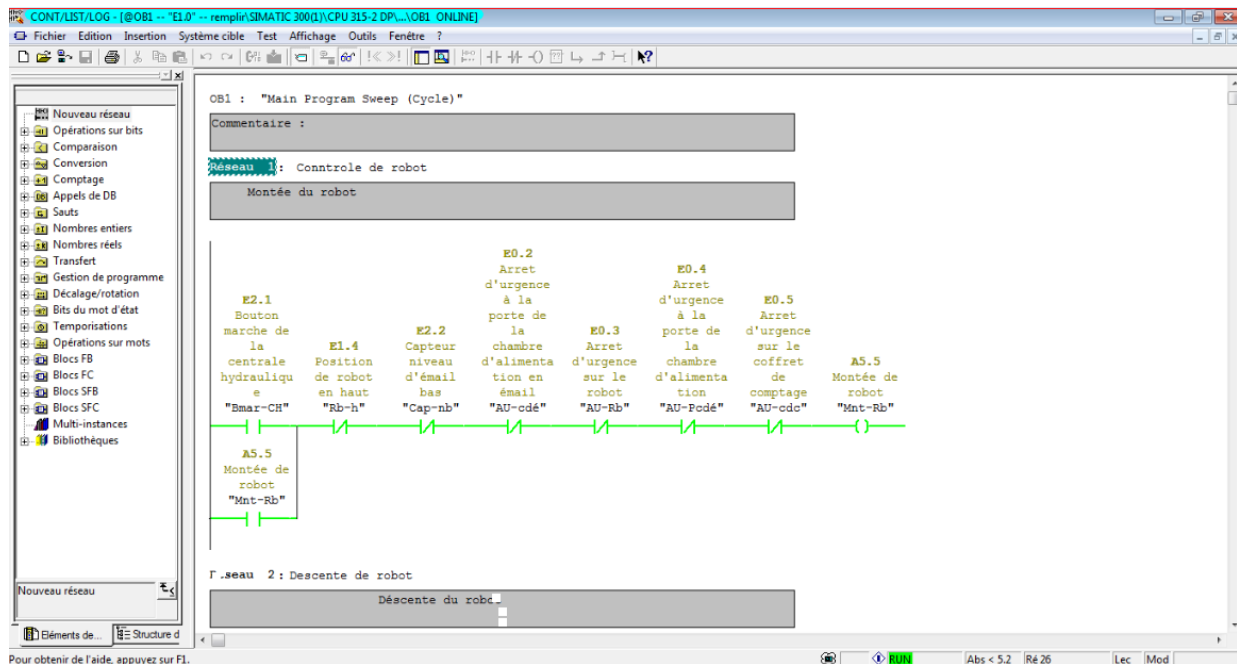


Figure IV.14 : Simulation de réseau « montée du robot ».

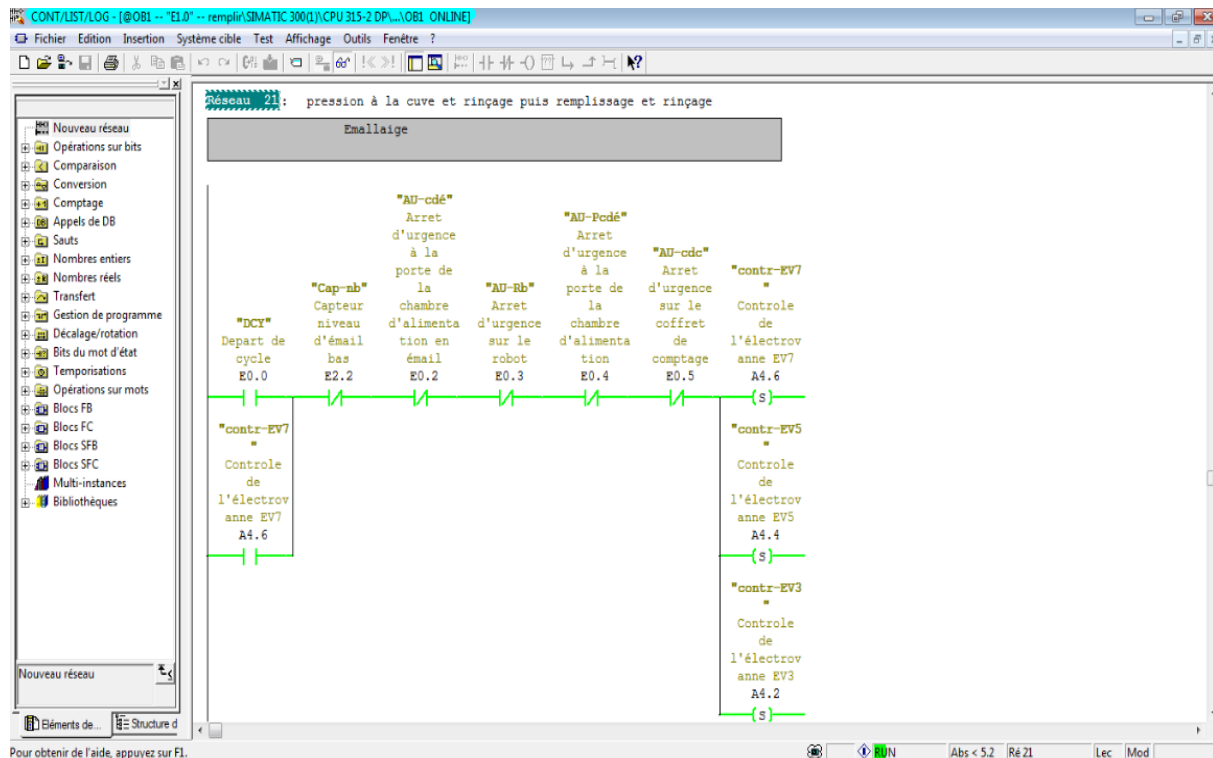


Figure IV.15: Simulation de réseau « Emallage ».

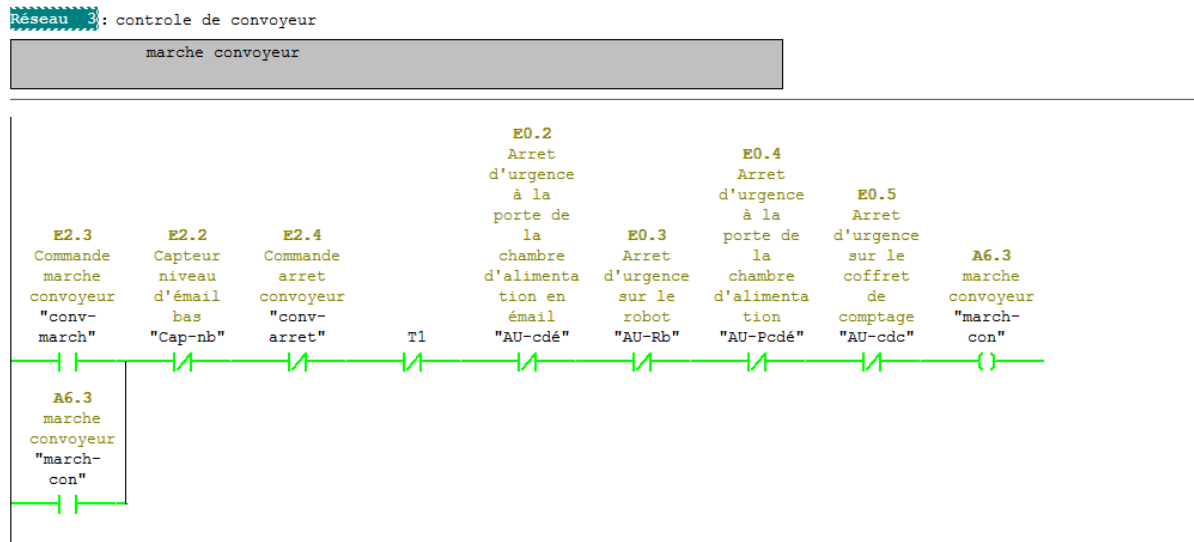


Figure IV.16: Simulation de réseau « marche de convoyeur ».

## V.5.Conclusion :

Dans ce chapitre, on fait la présentation sur les automates programmables industriels en général et celui S7-300 qui est choisi comme solution adéquate et extensible, facile à adapter aux diverses conditions non seulement industrielles mais aussi dans des différents secteurs.

# Conclusion générale

## Conclusion générale

Par suite du travail qui nous a été assigné par le service technique de l'unité cuisson à l'ENIEM, relatif à l'automatisation de la station d'émaillage, en tenant compte de tous les aléas à la méconnaissance de ces équipements et en outre de son système de commande, nous jugeons tant bien que réel que nous sommes arrivés aux exigences dictées par le cahier des charge.

Les améliorations proposées ont tout au long de ce travail permettront de remédier aux différents inconvénients liés au fonctionnement actuel de la station et nous considérons également que l'automate choisi est robuste et répond favorablement aux conditions de travail. Il permet de multiples avantages à savoir :

- ✓ La réduction de cycle de travail ;
- ✓ L'amélioration de la qualité et l'augmentation de la quantité recherchées dans toutes les industries modernes.

Ce stage nous a été très bénéfique sur tous les points de vue, et ce d'une part, il nous permet de mettre en œuvre nos connaissances théoriques sur un cas purement industriel et d'autre part, il nous a permis également, par un rapprochement des ingénieurs de l'unité en question d'acquiescer nos connaissances sur l'automatisation des systèmes.

Nous n'allons prétendre que ce travail est totalement parfait, mais nous estimons que ce mémoire de fin d'étude répond à ce qui a été assigné dans l'introduction et que tous les chapitres y apparents ont été développés à bon escient. Nous espérons enfin, que ce travail puisse être concrétisé sur le plan pratique et être profitable aux promotions à venir.

# Bibliographie

### **Ouvrages et mémoires :**

- [1] : AIT AOUDIA.S, MEDJKANES.F ; «Automatisation d'une ligne d'émaillage électrostatique à base d'un automate télémechanique TSX 57 20 à l'ENIEM » ; Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou ; 2009.
- [2] : G.MICHEL, «Les A.P.I Architecture et application des automates programmables industriels », édition DUNOD, 1999.
- [3] : P.Trau, «Le grafcet et sa mise en œuvre », édition ULP ,1997.
- [4] : Georges Asch et Collaborateurs, « Les capteurs en instrumentation industrielle » Edition Dunod 1999.
- [5] : Jean Heng , «Pratique de la maintenance préventive » ; Edition Dunod, Paris 2002
- [6] : F.Castellazzi, Y.Gangloff, D.Cogniel, « Memotech maintenance industrielle » ; Edition Casteilla, Paris, 1998.

### **Documentation :**

- [7] : Documentation technique de l'ENIEM.