

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

# **Mémoire de fin d'études**

## **Présenté en vue de l'obtention**

### **du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique**

Option : Contrôle/ Communication

**Thème :**

**AUTOMATISATION D'UNE INSTALLATION  
D'EMBALLAGE ELECTROSTATIQUE à BASE  
D'UN  
AUTOMATE S7-200 à L'ENIEM**

**Proposé et dirige par :**

**M<sup>er</sup> : LAHDIR.M  
M<sup>er</sup> : CHALLAL.M**

**Présenté par :**

**-FODIL Leila.  
- FRAOUCENE Henia.**

**Année universitaire 2009/2010**

# **REMERCIEMENT**

*A l'issue de ce modeste travail, nous tenons à exprimer notre reconnaissance, notre gratitude et nos vifs remerciements à Mr LAHDIR.M d'avoir accepté de nous encadrer. Nous lui exprimons notre reconnaissance pour ses conseils qui nous ont guidés dans la réalisation de ce modeste travail.*

*Nous adressons également nos sincères remerciements à notre Copromoteur Mr CHALLAH.M d'avoir proposé le thème et pour sa discussions et son encouragement qui a permis le bon déroulement de notre stage, sans oublier Mr RABET.B et Mr KACED.M ainsi que tous les travailleurs de l'unité cuisson.*

*Nous sommes aussi reconnaissant aux personnels de l'entreprise GM (Générale maintenance), qui nous ont accueilli et apporté leur connaissance et ce qui nous a permis de réaliser le programme et de le simuler avec un automate programmable.*

*Nous tenons également à remercier tous ceux qui nous ont aidé de prêt ou de loin pour l'élaboration de ce projet surtout KADI.R et FRAOUCENE.A.*

*Enfin, nous remercions les membres de jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail.*

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

La meilleure et chère maman au monde pour son amour et son soutien.

Ma très chère grand-mère et à la mémoire de mes grand parents

Mes sœurs AMEL, SAMIRA, LAMIA, SOUAD et son mari et surtout notre petite princesse CELIA

Mes frères SADEK et LYES

Toute la famille FODIL et SIDI AHMED

RABAH qui ma soutenu et vraiment aidé

Tous mes amis chacun par son nom

HANIA et sa famille

Leila

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

La mémoire de ma sœur RADIA

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

Mes très chers frères : MOHAMMED et ABDERRAHIM

Mes très chères sœurs : RACHIDA, SAFIA et son mari BOUALEM

Mon très cher mari SOFIANE

Mes amis et tous ceux que je connais

LEILA et sa famille.

# Henia

L'automatique, en tant que science, évalué au cours des dernières décennies vers l'étude et la maîtrise de systèmes de plus en plus complexes permettant l'exécution et le contrôle de tâches techniques par des machines fonctionnant sans intervention humaine, ou à l'aide d'une intervention réduite.

L'automatisation appliquée à l'industrie est née. Elle s'épanouira et se généralisera à l'ensemble des activités industrielles dans la première moitié du XXe siècle. Depuis lors, elle ne cessera de se perfectionner grâce à l'utilisation des techniques issues de l'électronique, de la robotique et de l'informatique.

L'utilisation croissante de l'automatisation a influencé en profondeur sur la vie quotidienne et l'évolution générale des sociétés. Tout au long de l'histoire industrielle, cette automatisation a en effet permis une augmentation constante de la productivité, ce faisant, permis de réduire considérablement le temps de travail nécessaire à la production. Ce faisant, la pénibilité des tâches d'exécution s'est, elle également, considérablement réduite. Cette évaluation de la nature et des cadences de travail a permis une augmentation du niveau de vie.

L'introduction de l'informatique, en particulier, dans les processus de fabrication a considérablement accéléré le développement de l'automatisation, en assurant la sécurité et en augmentant la flexibilité des systèmes de production. En effet, avec l'avènement des API (Automate Programmable Industrielle) sont apparues des machines à commande numérique, dont les mouvements sont enregistrés sur une unité de stockage, et qui peuvent accomplir plusieurs opérations d'usinage différentes. Si, en 1950, les API étaient encore peu courants, moins d'un demi-siècle plus tard, ce sont des millions d'API qui, isolés ou en réseau, peuvent accomplir des tâches complexes, non seulement de contrôle, mais aussi de pilotage de machines, de traitement de données, de circulation de l'information et de simulation. Ils sont utilisés à tous les stades du processus productif (conception, production, contrôle de qualité des produits).

Et comme l'ENIEM est l'une des entreprise qui axe sa politique de qualité sur l'amélioration continue de ces processus, produits et services dans le but d'accroître la satisfaction de ses clients tout en augmentant les normes de sécurité du personnel et des Bosch (Allemagne) en 1977 et Toshiba (Japon) en 1987.

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé, en effectuant parallèlement un stage pratique, au niveau de l'unité cuisson de l'entreprise ENIEM et consiste à faire l'étude de l'automatisation de la station d'émaillage pour les pièces des cuisinières qui est une installation semi- automatique gérées par des cartes électroniques.

Après le constat fait d'un certain échec ou dysfonctionnement en matière de production et toutes les pertes et retard induits, il nous a fallu nécessaire de concevoir et apporter des modifications afin d'améliorer les manques de la station et au moindre coût pour l'entreprise.

Ces aléas recensés ne peuvent qu'appuyer l'idée à mener impérativement une étude d'automatisation qui pourrait prétendre sinon à lever radicalement toutes les imperfections mais au moins d'atténuer les plus importantes.

A cet effet, le mémoire est organisé en quatre chapitres où le premier chapitre comprend une vue globale sur les systèmes automatisés en traitant ses différentes parties et les composants qu'ils les constituent ; le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la station d'émaillage ainsi que son fonctionnement, ce qui permet de déduire les inconvénients et les manques du robot.

Et afin d'améliorer la station et de corriger ces problèmes ; des modifications mécaniques et électriques ont été apportées à la station et ensuite modélisée en utilisant le GRAFCET ; et ces l'objectif de troisième chapitre.

Dans le chapitre quatre, nous intéressons à la présentation de l'automate S7-200 de la firme SIEMENS et au logiciel de simulation micro-win, qui permet de savoir si le modèle proposé est proportionnel et si sa mise en œuvre, par l'implémentation du programme de commande élaboré, dans un automate programmable est possible.

Nous terminons notre travail par une conclusion générale sur les résultats obtenus ainsi que les perspectives qui restent peuvent être ouvertes pour parfaire ce présent travail.

ENIEM (l'entreprise Nationale des Industries de l'Électroménager) est une entreprise publique économique, constitué le 2 janvier 1983 à partir de fonctions déjà existantes au sein de l'entreprise SONELEC (Société nationale de fabrication et du montage du matériel électrique et électronique), son siège social se situe au centre de la zone industrielle d'Oued Aissi à une dizaine de kilomètres de la wilaya de Tizi-Ouzou. [8]

L'ENIEM est une société par actions depuis le 8 octobre 1989 avec un capital de 10.279.800.000 DA. Emploie actuellement 2 300 travailleurs au niveau de ses unités.

L'Entreprise nationale des industries de l'électroménager (ENIEM) ne cesse d'innover, elle possède des grandes capacités de production et une expérience de plus de 30 ans dans la fabrication et le développement dans les différentes branches de l'électroménager.

L'ENIEM à pour fonction la recherche et le développement dans le domaine de l'électroménager, la satisfaction du consommateur par la mise sur le marché d'un produit de qualité répondant à ces besoins, Elle a aussi une autre activité qui consiste dans le montage du petit appareil électroménager domestique (robots de cuisine, moulins à café, mixeurs, etc.), elle produit tous types de cuisinières, de réfrigérateurs, des congélateurs et des climatiseurs, des appareils de cuisson, de lavage, ainsi que les lampes à incandescence.

L'Entreprise s'est organisée par centres d'activités stratégiques qui se composent de 03 unités de production (cuisson, froid et climatisation sont implantées dans la zones industrielle de Tizi-Ouzou), d'une (01) unité commerciale et d'une (01) unité de prestations techniques ainsi que deux (02) filiales dont le capital est à 100% ENIEM, La filiale sanitaire est installée à Miliana, wilaya de Ain Defla, et la filiale lampe à Mohammadia, wilaya de Mascara.

-Unité cuisson : qui produit des cuisinières, 4 et 5 feux ;

-Unité climatisation : spécialisée dans les climatiseurs, chauffe-eau/bain et radiateurs gaz butane ;

- Unité froid : qui fabrique des réfrigérateurs petit et grand modèle dotés d'une ou deux portes, combinés réfrigérateurs/ congélateurs ainsi que des congélateurs verticaux et horizontaux ;

-Une unité de prestation technique (UPT) : avec une ligne d'usinage mécanique, une ligne d'usinage par électroérosion ainsi qu'une ligne de traitement thermique. Cette unité est

également chargée de produire toutes les utilités nécessaires aux centres de production dont elle assure la maintenance centrale.

-Une unité de prestation de services (UPS) : qui assure la gestion des moyens généraux de toutes les unités dont elle assure également la sécurité.

Le marché national de l'électroménager a connu une forte concurrence, notamment le réfrigérateur et la cuisinière, Pour faire face a cette dernière, ENIEM a était obligé de suivre le marché, et à chercher des partenaires pour développer de nouveaux produits, d'automatiser ses différentes installations, tel que l'entreprise à signé des contrats de travail avec des firmes internationales en vue d'améliorer la qualité de produit. C'est en 1987 que l'ENIEM a commencé l'automatisation grâce à Toshiba.

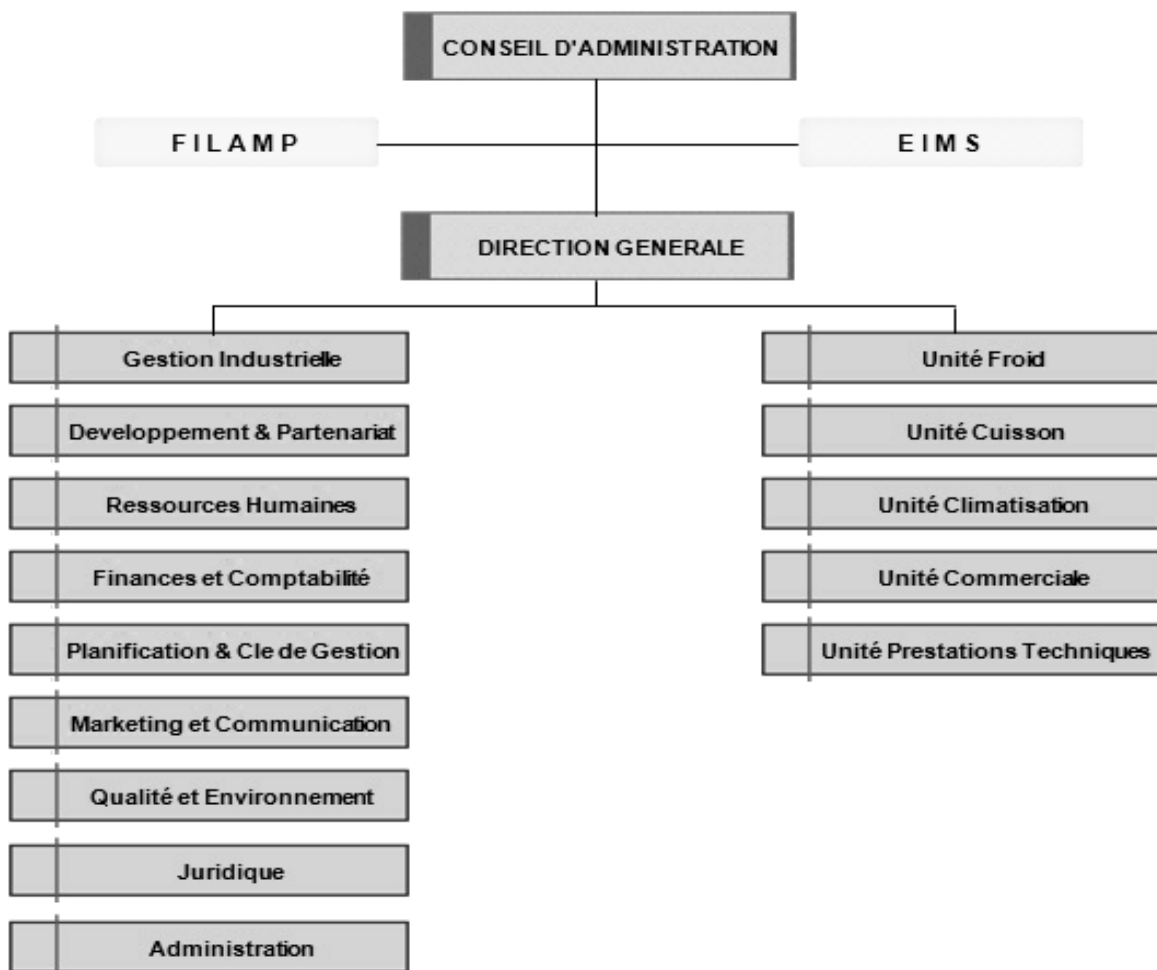


Fig: Organisation générale de l'entreprise

### **Présentation de l'unité cuisson :**

L'unité cuisson est spécialisée dans la production des différents types de cuisinières. Elle est équipée de moyens de production répartis en quatre ateliers :

Un atelier mécanique pour la fabrication de composants d'alimentation en gaz, des grilles de cuisinières et des pièces en tôle équipé :

- de presses de 30 à 150 T ;
- d'une presse de transfert de 630 T ;
- de machines automatiques à découper et cintrer les tubes.

Un atelier de traitement de revêtement de surface équipé :

- d'une installation de zingage ;
- d'une installation de nickelage et chromage ;
- d'une installation de préparation des métaux ;
- de deux installations d'émaillage.

Un atelier d'assemblage équipé :

- d'une chaîne de montage de portes ;
- de deux chaînes de montage de cuisinières ;
- de postes de préparation d'ensembles.

**I.1 Préambule:**

L'automatisation des systèmes devient de plus en plus une obligation ; de nos jours, on trouve des systèmes automatisés un peu partout. Dans l'industrie, par exemple, on les utilise pour réaliser des tâches dangereuses ou particulièrement pénibles. Chaque système automatisé est unique. Cependant, ils sont tous construits à partir d'une même structure, cette structure est composée de fonctions élémentaires. Ces fonctions se retrouvent d'un système à l'autre mais peuvent être assurées par des matériels de technologies différentes ; tout cela pour répondre aux exigences sans cesse accrues de qualité, sécurité, flexibilité qui entraîne un accroissement des besoins.

En vue de définir les systèmes automatisés, nous allons dans le présent chapitre, faire une étude et description général sur ces premiers ainsi que les différents outils qui les constituent.

**I.2 Définition d'un système automatisé:**

Un système automatisé ou automatique est un système réalisant des opérations pour les quelles l'intervention humaine est limitée à la programmation du système et à son réglage préalable. Le système automatisé répète toujours le même cycle de travail.

Un système automatisé est un moyen d'assurer l'objectif primordial d'une entreprise, la compétitivité de ses produits, réaliser des tâches complexes ou dangereuses pour l'homme, effectuer des tâches pénibles ou répétitives ou encore gagner en efficacité et en précision.

Un système automatisé est un ensemble de dispositifs divers dont la finalité à pour but d'apporter une valeur ajoutée à une matière d'œuvre (un produit) en l'amenant d'un état initial 0 vers un état final 1. Cette transformation s'opère afin de satisfaire à un besoin dans un contexte. [9]

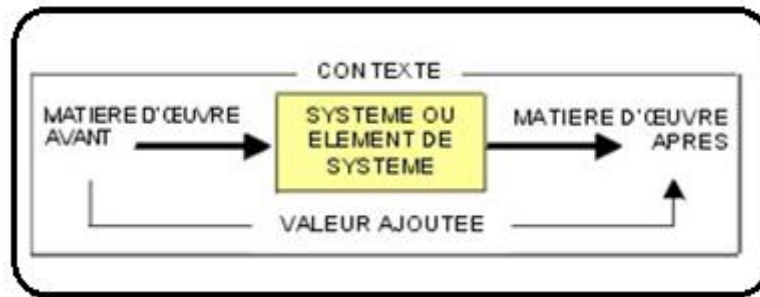


Figure I.1: Structure d'un système automatisé.

### I.2.1 Matières d'œuvre :

Une matière d'œuvre peut se présenter sous plusieurs formes. Par exemple :

- Un produit, c'est-à-dire de la matière, à l'état solide, liquide ou gazeux, et sous une forme plus ou moins transformée, qu'il faut : concevoir, produire, stocker, transporter, emballer, utiliser...

- des objets techniques : roulement, moteur, véhicule... ;

- des produits chimiques : pétrole, éthylène, matière plastique... ;

- des produits textiles : fibre, tissu, vêtement.... ;

- des produits électroniques : transistor, puce, microprocesseur, automate Programmable.

- De l'énergie :

- sous forme : électrique, thermique, hydraulique..., qu'il faut : produire, stocker, transporter, convertir, utiliser... ;

- De l'information qu'il faut : produire. Stocker, transmettre, communiquer, après décoder, utiliser... ;

- sous forme écrite, physique, audiovisuelle...

- Des êtres humains

- pris individuellement ou collectivement ;

- qu'il faut : former, informer, soigner, transporter, servir....

### I.2.2 Valeur ajoutée :

La valeur ajoutée à ces matières d'œuvre est l'objectif global pour lequel a été défini, conçu, réalisé, puis éventuellement modifié, le système. Cette valeur ajoutée peut résulter par exemple :

- D'une modification physique des matières d'œuvres
  - traitement mécanique : usinage, formage, broyage, impression... ;
  - traitement chimique ou biologique ;
  - conversion d'énergie ;
  - traitement thermique : cuisson, congélation... ;
  - traitement superficiel : peinture, teinture....
- D'un arrangement particulier, sans modification des matières d'œuvre
  - montage, emballage, assemblage... ;
  - couture, collage... ;
- d'une mise en position particulière, ou d'un transfert, de ces matières d'œuvre
  - manutention, transport, stockage ;
  - commerce ;
  - communication.
- D'un prélèvement d'information sur ces matières d'œuvre (capteur)
  - contrôle, mesure, lecture, examens...

### I.2.3 Contexte et valeur ajoutée :

La nature, la quantité et la qualité de la valeur ajoutée peuvent varier pour tenir compte de l'évolution des besoins de la société dans laquelle s'insère le système. Ce qui peut conduire à modifier le système, voire l'abandonner pour en construire un nouveau. L'environnement, c'est-à-dire le contexte physique, social, économique, politique: joue un rôle essentiel dans le fonctionnement du système et influe sur la qualité et/ou la quantité de la valeur ajoutée.

I.3 Conception d'un système automatisé :

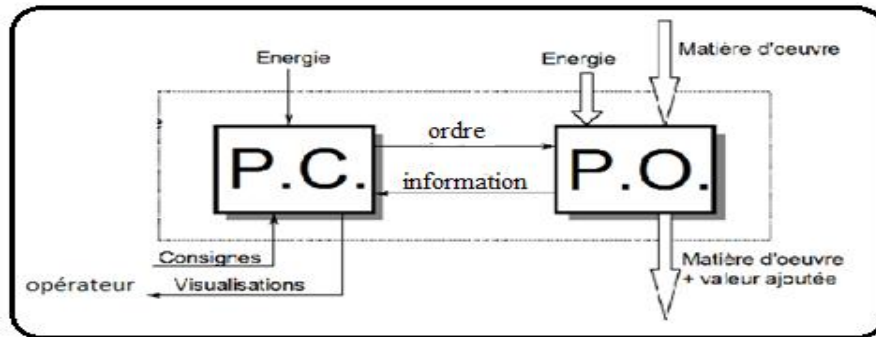


Figure I.2 : Conception d'un système automatisé.

Tout système automatisé comporte :

- une partie opérative (po) : C'est l'ensemble des moyens techniques qui permettent d'apporter la valeur ajoutée aux matières d'oeuvre en effectuant directement le processus de leur transformation;
- une partie commande (p.c.) : C'est l'ensemble des moyens de traitement de l'information qui assurent le pilotage et la coordination de la succession des actions sur la Partie opérative avec la finalité d'obtenir cette valeur ajoutée;
- le poste de contrôle : Composé des pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...).

Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, de terminal de dialogue ou d'interface homme-machine (IHM).

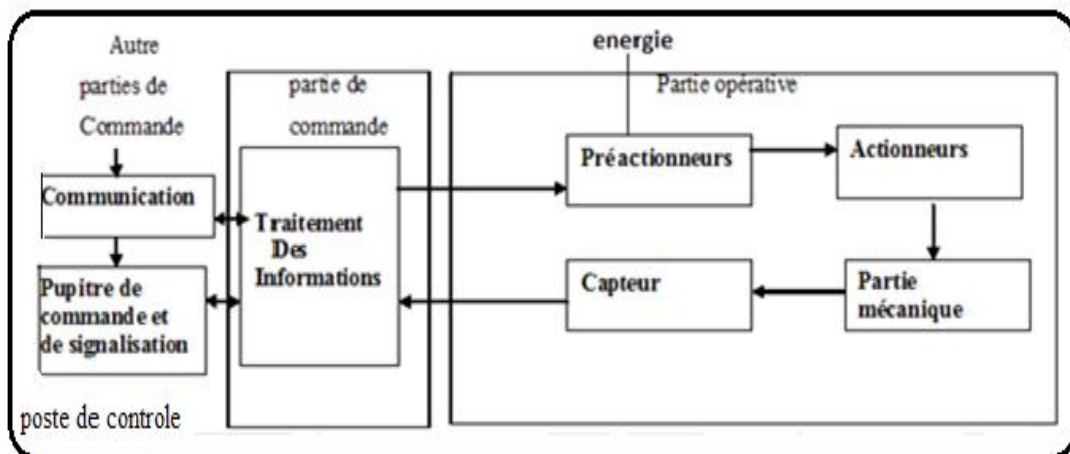
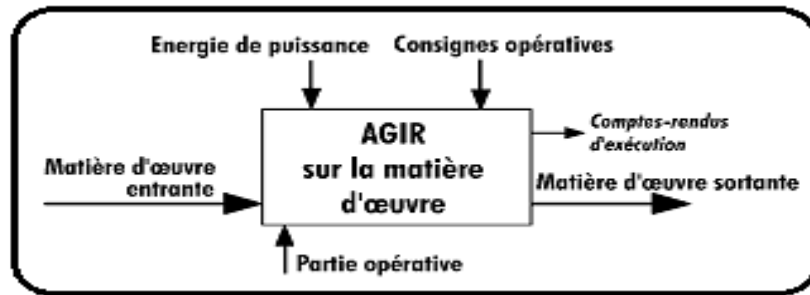


Figure I.3 : Schéma structurelle d'un système automatisé.

**I.4 Etude de la partie opérative :**

Appelée aussi partie puissance; est le processus physique à automatiser, elle est le siège des conversions énergétiques reçoit les ordres de la partie commande et lui adresse des comptes rendus. Cette partie se compose d'un ensemble d'éléments qui sont : l'unité de production, qui a pour fonction de réaliser la fabrication ou la transformation dans le processus industriel, des pré-actionneurs, des actionneurs, des effecteurs et des capteurs.

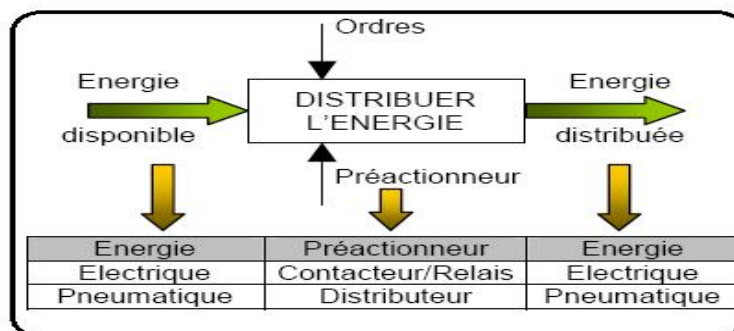


**Figure I.4 :** Fonction de la partie opérative.

**I.4.1 Pré actionneurs :**

Les pré-actionneurs sont des interfaces de puissance entre la Partie Commande et la Partie Opérative. Ils permettent d'adapter la nature ou le niveau des énergies de commande et de puissance.

Les pré-actionneurs servent à distribuer l'énergie à un actionneur en fonction de la commande venant de partie commande. Les énergies présentées à l'entrée et à la sortie du pré actionneur sont de même nature.



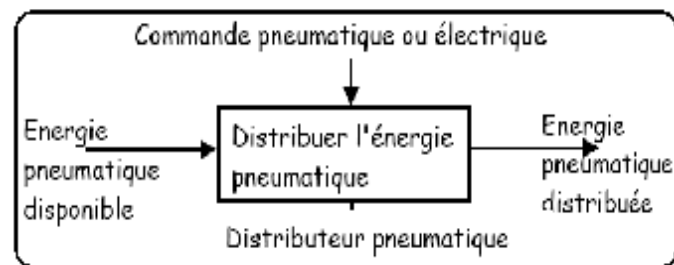
**Figure I.5 :** Distribution et conversion par pré actionneurs.

### Ø Principales caractéristique :

- **Energies utilisées** : pneumatique, hydraulique ou électrique ;
- Energie de commande pour les appareils de commutation ;
- **Valeurs nominales d'utilisation** : pression, tension, intensité ;
- Commande : manuelle, automatique ;

#### I.4.1.1 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.6:** Entrées /sorties d'un distributeur pneumatique.

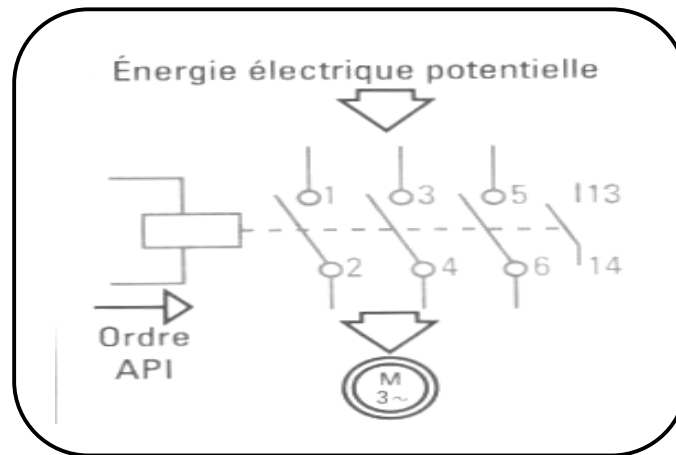
Il est caractérisé par :

- Son dispositif de commande (hydraulique, électrique ou pneumatique) ;
- Sa stabilité (monostable ou bistable) ;
- Le nombre d'orifices de passage de fluide qu'il présente dans chaque position : pour caractériser un distributeur, il faut définir le nombre de voies ou d'orifices ainsi que le nombre de positions (exemple distributeur 3/2 : ce distributeur comprend 3 orifices et 2 positions).

#### I.4.1.2 Contacteur :

Le contacteur est un appareil mécanique de connexion, capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharge en service.

Le contacteur de puissance est utilisé pour la commande de moteur, de résistance de chauffage, de circuit de puissance en général. Il est repéré dans les schémas par KM, (KM1, KMA...) aussi bien pour la bobine et les contacts.



**Figure I.7** : Entrées/sorties d'un contacteur.

#### Ø Caractéristique :

- Intensité maximum supporté par les pôles de puissances ;
- Tension maximum d'isolement entre les pôles de puissance ;
- Nombre de pôles de puissance (tripolaire, tétra polaire) ;
- Nombre de contact de commande et type (ouverture ou fermeture) ;
- Tension de la bobine de commande.

#### I.4.1.3 Les relais :

Un relais est un dispositif électromécanique permettant la commutation des liaisons électriques. Il est chargé de transmettre un ordre de la partie commande à la partie puissance d'un appareil électrique et permet un isolement galvanique entre les deux parties.

La seule différence qui existe entre un relais et un contacteur est la présence ou non de contacts de puissance, pouvant établir ou interrompre de forts courants. On peut considérer un contacteur comme étant un « relais de puissance », ou bien un relais comme étant un « contacteur dépourvu de contacts de puissance ».

### I.4.2 Actionneurs :

Dans une machine ou un système de commande à distance, semi automatique ou automatique, un actionneur est l'organe de la partie opérative qui, recevant un ordre de la partie commande via un éventuel pré-actionneur, convertit l'énergie qui lui est fournie en une énergie mécanique créant ainsi un mouvement de rotation et/ou de translation (l'exécution de tâches éventuellement programmées d'un système automatisé).

En d'autres termes : un actionneur est l'organe fournissant la force nécessaire à l'exécution d'un travail ordonné par une unité de commande.

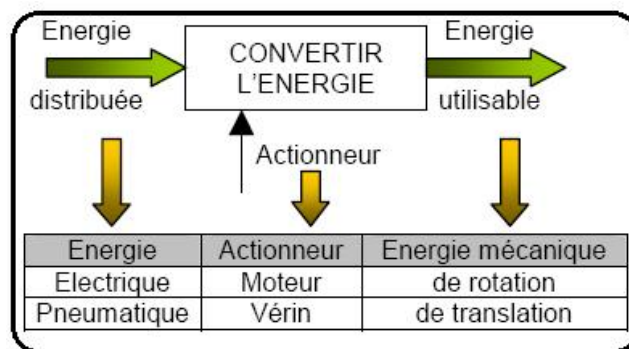


Figure I.8 : Entrée/sortie des actionneurs.

#### Ø Type :

- Actionneurs pneumatiques : vérin, moteur pneumatique ;
- Actionneurs hydrauliques : vérin, moteur hydraulique ;
- Actionneurs électriques : moteur, résistance.

#### I.4.2.1 Les moteurs :

Un moteur est un dispositif transformant une énergie non-mécanique (éolienne, chimique, électrique, thermique) en une énergie mécanique ou travail.

C'est une machine transformatrice d'énergie calorifique à une énergie mécanique, la majorité des moteurs fournissent l'énergie par la rotation d'un axe. De ce fait, ils fournissent un travail sous forme de couple. La vitesse de rotation des moteurs est souvent exprimée en tours par minute (tr/min).

#### **I.4.2.2 Les Vérins :**

Le vérin est l'élément moteur des systèmes pneumatiques ou hydrauliques, qui a pour rôle de transformer l'énergie reçue en énergie mécanique restituée sous forme d'une force et d'un déplacement linéaire ou rotatif pour obtenir une action définie.

#### **Ø Type de vérin :**

Il existe de très nombreux types de vérins. On les distingue par le fluide de travail (vérins hydrauliques, vérins pneumatiques), par leur action (simple action ou simple effet, double action ou double effet, rotatif), ou par d'autres caractéristiques (vérins à chambre ovale, vérins à double tige, vérins à câble, vérins télescopiques, etc.).

#### **I.4.3 Les capteurs :**

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition dans une chaîne fonctionnelle. Ils prélèvent une information (position, vitesse, pression...) sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande qui traite des variables logiques ou numériques.

L'information délivrée par un capteur pourra être logique (2 états), numérique (valeur discrète), analogique (valeurs continues).

##### **I.4.3.1 Capteurs logiques :**

La sortie est un état logique que l'on note 1 ou 0. La sortie peut prendre deux valeurs, évidemment discrètes. Le signal des capteurs logiques peut être du type :

- Courant présent/absent dans un circuit ;
- potentiel, souvent 5V/0V ;
- DEL allumée/éteinte ;
- Signal pneumatique (pression normale/forte pression).

##### **I.4.3.2 Capteurs analogiques :**

La sortie est une grandeur physique dont la valeur est proportionnelle à la grandeur physique mesurée par le capteur et peut prendre une infinité de valeurs continues.

### I.4.3.3 Capteurs numériques :

La sortie est une séquence d'états logiques qui, en se suivant, forment un nombre. La sortie peut prendre une infinité de valeurs discrètes. Le signal des capteurs numériques peut être du type :

- Train d'impulsions, avec un nombre précis d'impulsions ou avec une fréquence précise ;
- Code numérique binaire.

### I.4.4 Effecteur :

Reçoit l'énergie convertie par un actionneur en énergie mécanique et agit sur la matière d'œuvre.

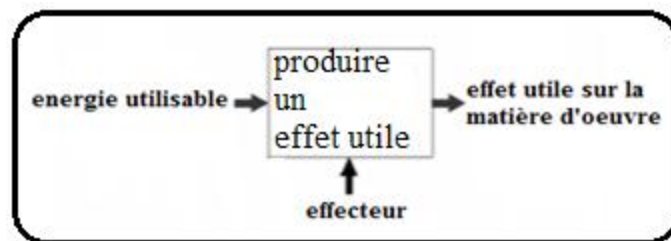


Figure I.9 : Fonction d'un effecteur.

### I.5 Etude de la partie commande :

La partie "commande" élabore des ordres destinés à la partie opérative en fonction :

- Du programme qu'elle contient ;
- Des informations reçues par les capteurs ;
- Des consignes données par l'utilisateur ou par l'opérateur.

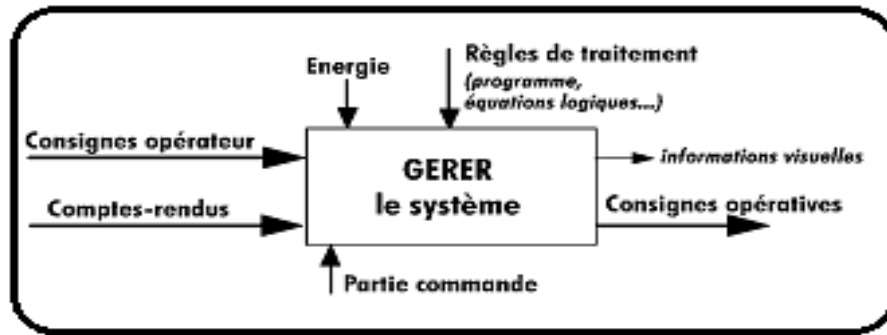


Figure I.10: Fonction de la partie commande.

Elle peut être réalisée selon 2 types de technologie :

**Logique câblée:** qui correspond à un traitement parallèle de l'information, c'est à dire que l'on peut avoir une sollicitation simultanée de plusieurs constituants des informations (comptes rendus) qui lui parviennent de la partie opérative. Elle se caractérise par l'utilisation de relais électromagnétiques et de systèmes pneumatiques pour la réalisation des parties commande.

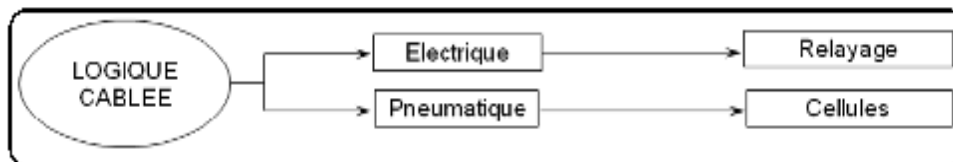


Figure I.11: Technologie câblée.

**Logique programmée:** qui correspond à une démarche séquentielle, c'est à dire: une seule opération élémentaire exécutée à la fois. Elle se caractérise par l'utilisation de systèmes à base de microprocesseurs permettant une modification aisée des systèmes automatisés. [2]

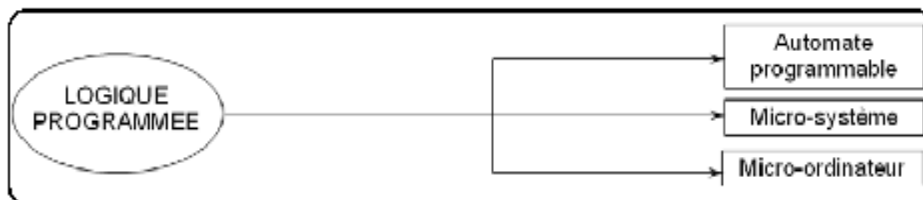


Figure I.12 : Technologie programmée.

### I.5.1 Automate programmable :

On nomme automate programmable industriel API ( en anglais Programmable Logic Controller PLC ) un dispositif 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 logiques, analogiques ou numériques reçus par ses entrées relatives à l'état du système, le résultat obtenu étant délivré par ses sorties suivant le programme inscrit dans sa mémoire.[1]

#### Caractéristiques :

- Compact ou modulaire ;
- Tension d'alimentation ;
- Taille mémoire ;
- Temps de scrutation ;
- Sauvegarde (EPROM, EEPROM, pile, ...) ;
- Nombre d'entrées / sorties ;
- Modules complémentaires (analogique, communication,..) ;
- Langage.

#### I.5.1 .1 Structure d'un automate programmable :

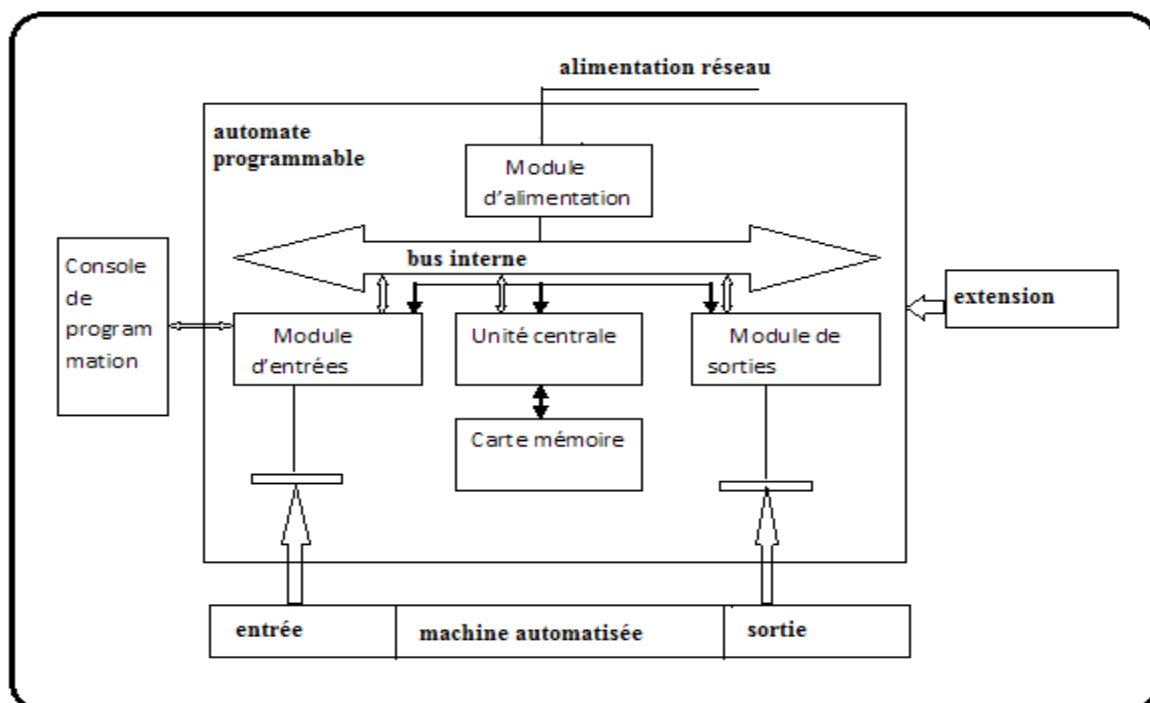


Figure I.13 : Structure d'un automate programmable.

L'API est structuré autour d'une unité de calcul ou processeur (en anglais Central Processing Unit, CPU), d'une alimentation (depuis des tensions AC ou DC) et de modules suivant les besoins de l'application.

**✓ Module d'alimentation :**

Il contient des blocs qui permettent de fournir de l'énergie nécessaire au bon fonctionnement de l'ensemble de l'automate.

**✓ Unité centrale :**

L'unité centrale C.P.U est la partie intelligente dans l'automate, regroupe le processeur et la mémoire centrale. Elle lit les états des signaux d'entrées, commande l'interprétation et l'exécution des instructions programmes et des sorties.

**§ Processeur de communication :**

Il est composé :

- d'une Unité Logique (UL) qui traite les opérations logiques ET, OU et Négation ;
- d'une Unité Arithmétique et Logique (UAL) qui traite les opérations de temporisation, de comptage et de calcul ;
- d'un Accumulateur qui est un registre de travail dans lequel se range une donnée ou un résultat ;
- d'un Registre d'Instruction qui contient, durant le temps de traitement, l'instruction à exécuter ;
- d'un Décodeur d'Instruction qui décode l'instruction à exécuter en y associant les microprogrammes de traitement ;
- d'un Compteur Programme ou Compteur Ordinal qui contient l'adresse de la prochaine instruction à exécuter et gère ainsi la chronologie de l'exécution des instructions du programme.

**§ La mémoire :**

La mémoire centrale est l'élément fonctionnel qui peut recevoir, stocker et restituer les données et les programmes. Elle est découpée en zones où l'on trouve :

- La zone mémoire programme (programme à exécuter) ;

- La zone mémoire des données (état des entrées et des sorties, valeurs des compteurs, temporisations) ;
- Une zone où sont stockés des résultats de calcul utilisés ultérieurement dans le programme ;
- Une zone pour les variables internes.

Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM).

#### ✓ **Bus interne**

Les interfaces entre le procédé et la logique interne d'un automate sont assurées par des cartes électroniques appelées coupleurs. Le bus est un chemin emprunté par les informations entre les cartes et avec l'extérieur .c'est un circuit imprimé situé au fond de panier sur lequel sont connectés le processeur, la mémoire centrale et les coupleurs.

#### ✓ **Module d'entrées et de sorties (E /S) :**

assure le rôle d'interface entre la partie commande et la partie opérative

##### § **Le module d'entrées :**

Les entrées reçoivent des informations en provenance des éléments de détection et du pupitre opérateur.

#### **- Les cartes d'entrées tout ou rien :**

Permettent de raccorder à l'automate les différents capteurs logiques tels que : boutons poussoirs, pressostats, thermostats, fins de course, capteurs de proximité inductifs ou capacitifs, capteurs photo-électriques, fibres optiques, roues codeuses.

#### **- Les cartes d'entrées analogiques :**

Permettent de gérer des grandeurs analogiques en faisant varier un code numérique au sein du module, l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température ...).

##### § **Le module de sorties :**

Les sorties transmettent des informations aux pré-actionneurs et aux éléments de signalisation du pupitre.

- Les **cartes de sortie tout ou rien** permettent de raccorder à l'automate les différents pré-actionneurs tels que contacteurs, voyants, électrovanne, relais de puissance, afficheurs, vanne.

- Les **cartes de sortie analogiques** permettent de gérer des grandeurs analogiques en faisant varier un code numérique au sein du module.

### I.5.1.2 Type d'automate programmable :

Les automates peuvent être de type **compact** ou **modulaire**.

- Ø Les automates monobloc (compact): se caractérisent par une réalisation compacte, c-à-d un boîtier reliant tous les éléments constituant : alimentation, interfaces d'entrée/sortie. Le nombre des entrées/sorties étant fixe, il faut choisir l'automate selon l'application concrète (nombre et type d'entrées/sorties, complexité du programme préconisé).
- Ø modulaire : se caractérise par une famille des modules pour un type d'automate, l'utilisateur n'ayant qu'à choisir les modules qui en étant rallier ensemble peuvent satisfaire les demandes de l'application préconisée.

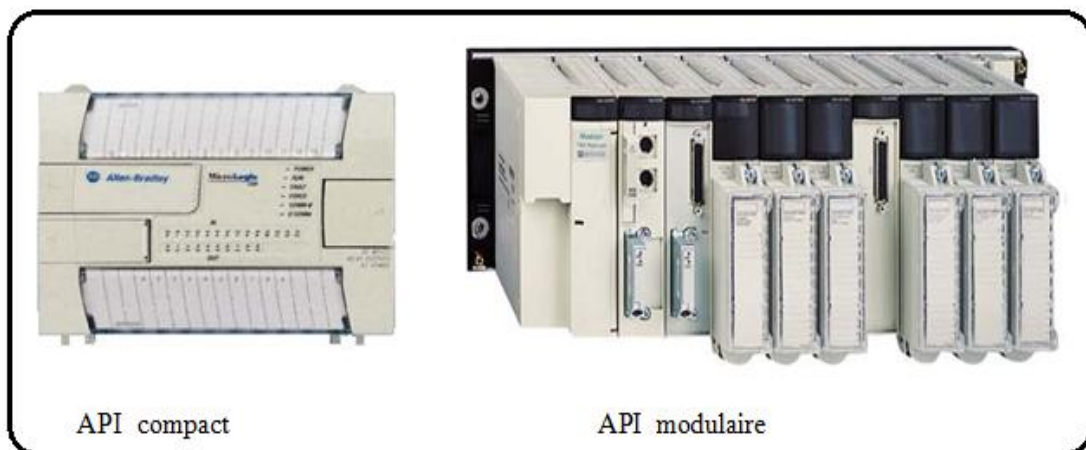


Figure I.14 : Différent types des API.

### ✓ Principe de fonctionnement :

Le traitement à lieu en quatre phases :

- Phase 1 : Gestion du système (Autocontrôle de l'automate) ;
- Phase 2 : Acquisition des entrées ;

Prise en compte des informations du module d'entrées et écriture de leur valeur dans la RAM (zone DONNÉE).

• **Phase 3 : Traitement des données ;**

Lecture du programme (située dans la RAM programme) par l'unité de traitement, lecture des variables (RAM données), traitement et écriture des variables dans la RAM données.

• **Phase 4 : Emissions des ordres ;**

Lecture des variables de sorties dans la RAM données et transfert vers le module de sorties.

▼ **Alimentation des entrées de l'automate :**

L'automate est pourvu généralement d'une alimentation pour les capteurs/détecteurs (attention au type de logique utilisée : logique positive ou négative).

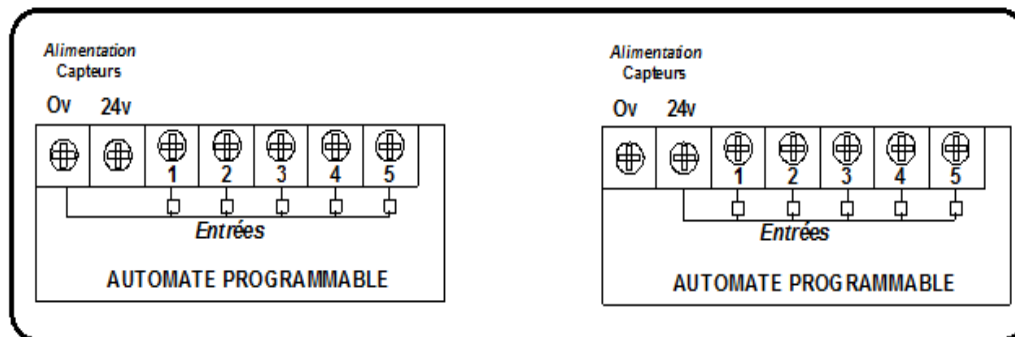


Figure I.15 : Alimentation d'un API.

**Logique positive :** Le commun des entrées est relié au 0V, pour mettre une entrée automate aux 1 logiques, il faut lui imposer un potentiel de +24 Volts. Les entrées sont connectées au 0V (commun) de cette alimentation.

**Logique négative :** Le commun des entrées est relié au 24V, pour mettre une entrée automate aux 1 logiques, il faut lui imposer un potentiel de -0 Volts. Les informations des capteurs/détecteurs sont traitées par les interfaces d'entrées.

○ **Alimentation des sorties de l'automate :**

Les interfaces de sorties permettent d'alimenter les divers pré-actionneurs. Il est souhaitable d'équiper chaque pré-actionneur à base de relais de circuits RC.

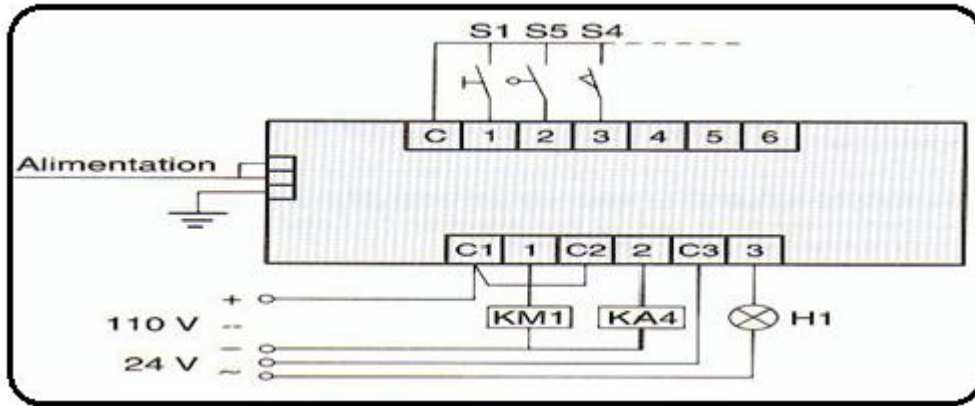


Figure I.16: Raccordement d'un API.

I.5.1.3 Langage de programmation des API :

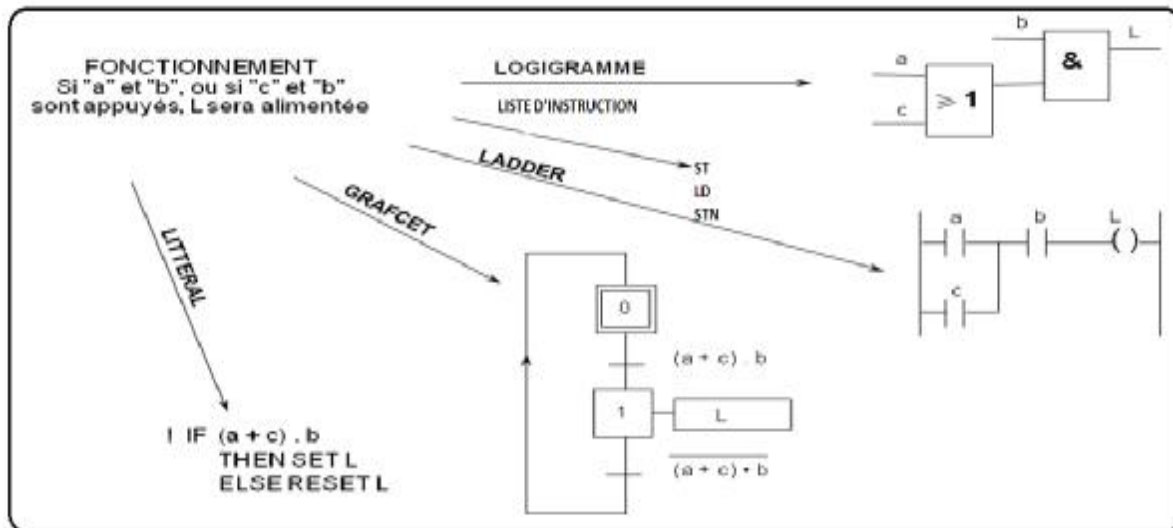


Figure I.17 : Langage de programmation.

Il existe six langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial, chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

- Liste d'instructions (IL : Instruction List) :

Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des microcontrôleurs) ; utilisé par les informaticiens.

**- Langage littéral structuré (ST : Structured Text) :**

Langage informatique de même nature que le Pascal, il utilise les fonctions comme if ... then ...else ... (si ... alors ... sinon ...) Peu utilisé par les automaticiens.

**- Langage à contacts (LD : Ladder diagram) :**

Langage graphique développé pour les électriciens ressemble aux schémas électriques, il utilise les symboles tels que : contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels).

**- Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram) :**

C'est un langage graphique présenté sous forme d'un diagramme. Il permet de programmer à l'aide de blocs, représentant des variables, des opérateurs ou des fonctions et de manipuler tous les types de variables. Utilisé par les automaticiens.

**- Grafcet et SFC :**

Le Grafcet est un langage de représentation qui peut être utilisé pour spécifier et modéliser un comportement attendu ou pour décrire le comportement de systèmes automatisés existants.

Le SFC (Sequential Function Chart) est un langage de programmation graphique destiné à être implanté sur contrôleur (API). Issu du langage Grafcet, ce langage, de haut niveau, permet la programmation aisée de tous les procédés séquentiels, et employé pour décrire la structure interne du logiciel implanté dans le système.

**- Logigramme :**

Langage graphique représenté par des portes logiques (NOR, AND, ...). Utilisé par les électroniciens.

**I.5.1.4 Poste de contrôle:**

Le dialogue homme/machine est la fonction privilégiée par laquelle un opérateur peut à la fois surveiller et conduire un système automatisé.

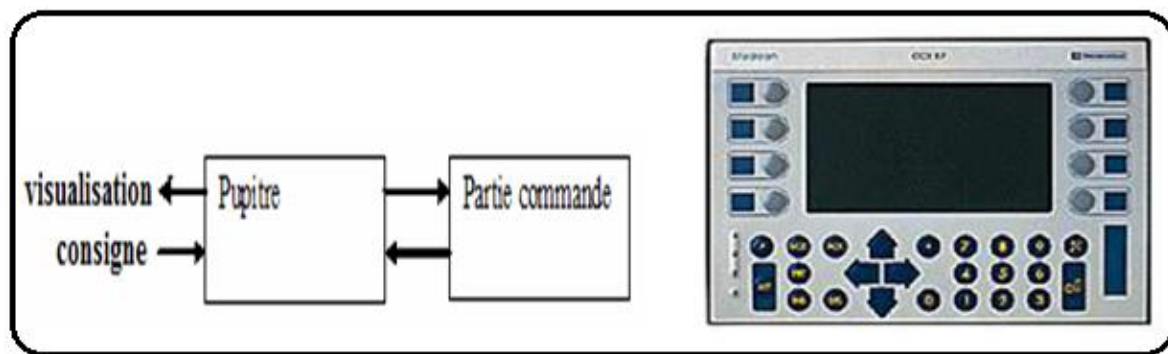
Un système automatisé a pour vocation de fonctionner sans intervention humaine. Cependant à différents moments de son fonctionnement, il doit pouvoir échanger des informations avec son utilisateur. Ces informations sont bidirectionnelles : Visualisation d'informations vers l'utilisateur, consignes vers le système.

- **Pupitres de commande :**

Les pupitres de commande industriels sont des terminaux de dialogue et d'exploitation. Les pupitres évolués ne peuvent se constituer que de 2 choses :

- un terminal d'exploitation
- d'un coup de poing pour l'arrêt d'urgence.

Ils offrent des services performants d'affichage, de saisie de paramétrage, de commande pour la conduite de la machine, mais aussi de gestion de défauts, d'historiques sur les pièces et les défauts.



**Figure I.22 :** Pupitre de commande industriel.

### I.6 Discussion:

L'automatisation est une solution adéquate pour l'amélioration du gain de production, pour gagner en temps et en énergie. Dans ce premier chapitre, nous avons présenté une étude générale sur les systèmes automatisés, en traitant ses différents éléments telle que la partie commande, la partie opérative et la supervision.

Dans le chapitre suivant, nous allons mener une étude approfondie sur le robot hydraulique d'une ligne d'émaillage situé au niveau de l'unité cuisson (ENIEM), pour comprendre plus précisément le fonctionnement automatique du processus c'est-à-dire l'interaction entre la partie commande et la partie opérative afin de développer une solution de conduite programmable.





## II.1 Préambule :

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.

Avant de procéder à l'automatisation de la station, nous allons dans ce chapitre, étudier le fonctionnement actuel de l'installation d'émaillage, cela implique d'associer étroitement l'observation, l'analyse fonctionnelle et la prise en compte des facteurs influents sur le fonctionnement du robot à fin de pouvoir développer des solutions et des améliorations aux problèmes.

Les informations détaillées de la station, concernant la description, le fonctionnement, feront l'objet de ce chapitre.

## II.2 Description d'émaillage électrostatique :

L'émaillage est un procédé de fabrication consistant à déposer sur un métal ou un autre support, une couche vitreuse, transparente ou colorée. La pièce à émailler est couverte de pigments, est soumise à une température d'au moins 800°C, selon la nature du métal. Les pièces émaillées ont une grande durabilité, une grande résistance aux rayures et aux agents chimiques, et sont faciles à nettoyer.

L'émail est une substance minérale, cristalline, poudreuse, et vitrifiable à partir de 600°C, composée d'un mélange complexe à base de silice (d'oxyde de plomb et de sable quartzeux) qui se combine avec une base (soude ou potasse) grâce à des liants comme la magnésie, le nitre ou le salpêtre. [7]

### Ø Les différentes étapes d'émaillage :

#### - Préparation de l'émail :

L'émail est un mélange à base des frites combinées avec des ingrédients selon des recettes qui dépendent des couleurs des pièces à émaillées,

Par exemple pour les plaques de masse économique qui désigne la couleur noire, l'émail se prépare par une recette qui comprend (les frites, M 339, quartz, argile A, argile T, bentonite, borax, nitrite DE NA, K12, FK 1158, FK 1180) avec une grande précision des poids et des pourcentages pour chaque ingrédient.

#### - Traitement de surfaces :

En vue d'obtenir des surfaces compatibles avec le procédé d'émaillage, celles-ci doivent subir un ensemble de traitements physiques, chimiques et/ou physico-chimique qui a pour but de débarrasser tous les corps étrangers présents à la surface de l'acier avant d'appliquer un revêtement protecteur.

Ces corps étrangers sont dus à l'oxydation de l'acier comme la rouille, la calamine ou à des traitements préservant l'acier de l'oxydation comme les graisses.

Les procédés physiques sont le grenailage, le sablage, le chalumeau, les procédés chimiques sont le dégraissage, le décapage à l'acide, rinçage acide, neutralisation, nickelage.

- **La pulvérisation des plaques :**

Cette étape consiste à déposer une ou plusieurs couches d'émail sur les plaques par six pulvérisateurs portés par le robot de balayage afin d'assurer une bonne couverture des surfaces.

- **Séchoir :**

Le séchage consiste à faire passer les plaques d'acier émaillées dans des séchoirs ou des étuves à des températures de 70°C à 120°C afin de retirer toute l'humidité et permettre une bonne adhésion de l'émail avec l'acier obtenu par des réactions d'oxydoréduction.

L'air de séchage est chauffé à l'aide de deux brûleurs automatiques à gaz qui sont installés au bout du séchoir.

- **La cuisson :**

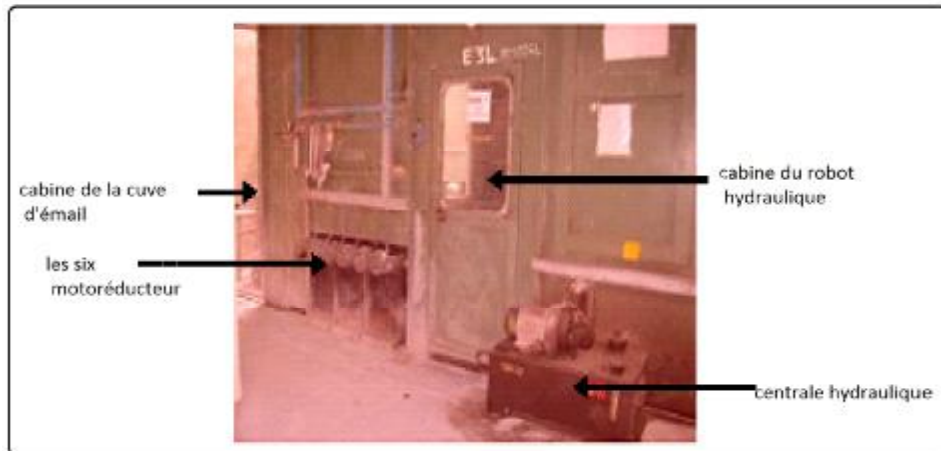
La cuisson des plaques se fait à des températures très élevée comprises entre 780°C et 850°C. Elle s'effectue dans un four box (pour les petites séries, à faibles dimensions) ou dans un four tunnel (rectiligne, en L ou U, constitué de trois zones: Préchauffage, Cuisson, et Refroidissement), le chauffage des fours est soit électrique ou à gaz par des tubes radiants.

Elle consiste à révéler les couleurs définitives de l'émail, ainsi que l'intensité de son éclat.

### **II.3 Description de la station d'émaillage :**

Le robot RHV 420(robot hydraulique vertical) est un dispositif en acier dur, installé dans une cabine vitrifiée. Il est équipé d'un bâti rigide avec guidage d'un chariot porteur de six pulvérisateurs à émail. Le Robot fonctionne grâce à un moteur hydraulique alimenté par centrale hydraulique, placée à l'extérieur de la cabine.

Une cuve d'émail sous haute tension placée sur un support isolant, est protégée dans une cage en acier. A l'extérieur, sont incorporés deux coffrets de commande, l'un pour la commande électrique (vitesse de rotation des moteurs, course et vitesse de déplacement du chariot) et l'autre pour la commande pneumatique (pression d'air). [13]



**Figure II.1 :** Station d'émaillage.

Chaque robot d'émaillage est constitué de :

- Ø Robot de balayage vertical porteur de six (quatre) pulvérisateurs ;
- Ø Une centrale hydraulique ;
- Ø Une centrale d'alimentation en émaille ;
- Ø Générateur électrostatique (générateur de la haute tension) ;
- Ø Unité de FL (filtration, lubrification) d'air ;
- Ø Coffrets ou armoires de commande électrique et pneumatique.

### II.3.1 Le robot de balayage :

Suivant la forme et la dimension des plaques, il est nécessaire d'asservir la pulvérisation à un mécanisme de balayage qui assure la régularité de la couche déposée.

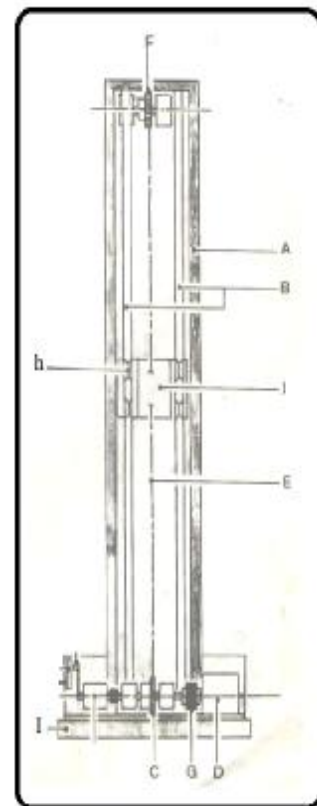
Construit en acier, le robot de balayage est entièrement carrossé: il est monté sur des chariots mobiles permettant un réglage transversal de leur position par rapport au convoyeur.

L'ensemble du robot de balayage est placé dans une cabine fermée protégée par un capteur (fin de cours).

Le robot de balayage comporte trois parties :

#### II.3.1.1 Mécanisme de déplacement et guidage de chariot

Il est constitué d'un bâti rigide (A) porteur de deux barres de guidage (B), d'un chariot porteur des 6 pulvérisateurs et de deux contrepoids (J) réalisés à partir du pli sur les deux faces latérales du bâti.



**Figure II.2:** Robot d'émaillage.

Un pignon(C) solidaire du moteur hydraulique(D) placé à la partie inférieure du bâti(A) entraîne une chaîne(E) reliée à un pignon de renvoi (F), situé à la partie supérieure du bâti.

Le pignon moteur (C) est solidaire, par l'intermédiaire d'un accouplement(G) du moteur hydraulique (D).

Un contrepoids est fixé sur un brin de la chaîne de transmission, sur l'autre brin est fixé le chariot, porteur de 4 galets de roulement.

L'ensemble du bâti support (A) monté sur roulettes peut se déplacer sur un socle de guidage (I) permettant un recul ou avancement de la tige porteuse des buses.

### **Caractéristiques techniques :**

- Vitesse minimale de balayage : 25 m/min ;
- Vitesse maximale de balayage : 75 m/min ;
- Course minimum utile de balayage : 0.4 m à la vitesse maximale de 30 m/min ;
- Course moyenne de balayage : 0.8 m à 1.7 m à la vitesse maximum de 75 m/min ;
- Course maximum utile de balayage : 2 m à la vitesse maximum de 25 m/min ;
- Point bas minimum : 0.53-0.65 ou 0.77 m du sol selon la fixation du support des projecteurs sur le chariot ;
- Point haut maximum : 2 m au-dessus du point bas minimum choisi.

#### **II.3.1.2 Le moteur hydraulique :**

C'est l'organe moteur du robot, il transforme l'énergie hydraulique (pression d'huile) en puissance mécanique restituée sous forme d'un couple et d'une fréquence de rotation, qui fait tourner la chaîne entraînant le chariot.

#### **II.3.1.3 Les pulvérisateurs :**

La station est équipée de six pulvérisateurs, trois pour l'émaillage de la première face des pièces, deux tiges en acier fixées sur le support du convoyeur, une fait tourner ces premières pour être émaillées sur le côté, l'autre fait tourner ces pièces pour être émaillées sur la deuxième face par les trois autres pulvérisateurs.

Si les pièces doivent être émaillées sur une seule face, l'opérateur enlève une tige.

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

Un tuyau amène également l'air comprimé à la buse de pulvérisation.



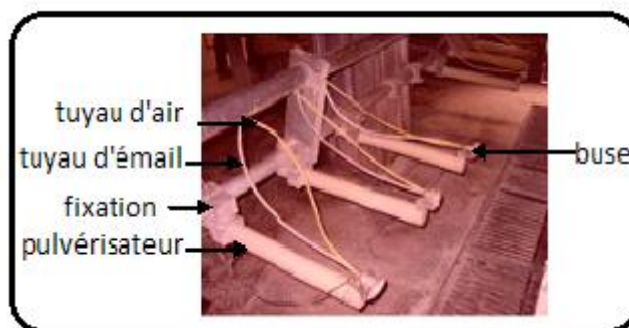
**Figure II. 3:** Tige d'inversion.

**Ø Description des composants du robot de balayage :**

**- Composants mécaniques :**

**✓ Pulvérisateur :**

Le pulvérisateur se compose essentiellement d'un support isolant, d'une buse de pulvérisation, d'une cuve contenant l'email et d'un ensemble de fixation.



**Figure II.4 :** Pulvérisateur.

**✓ Buse de VORTEMAIL :**

Les buses se placent sur les pulvérisateurs, elles servent principalement à l'injection d'email, proposées avec différents angles, différentes formes de jets (jets plats, cônes pleins, cônes creux, jets rectilignes), et une plage étendue de débits de façon à répondre à toutes les applications possible.

## - Composants hydrauliques :

### ✓ Moteur hydraulique :

Un moteur hydraulique transforme une puissance hydraulique (pression  $\times$  débit) en puissance mécanique (force  $\times$  vitesse). le moteur hydraulique présente trois caractéristiques:

- Le couple moteur.
- La vitesse de rotation.
- La cylindrée.

### ✓ 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 et de régulation du débit.

Le déplacement du terroir de distribution est proportionnel à la commande de courant électrique d'entrée. Les servovalves offrent une régulation plus précise que les distributeurs proportionnels.

Ces servovalves sont adaptées aux asservissements électro hydrauliques de position, vitesse, pression ou force nécessitant une haute réponse dynamique. [11]

Elles se distinguent par :

- Une construction compacte ;
- Une faible consommation d'énergie électrique.

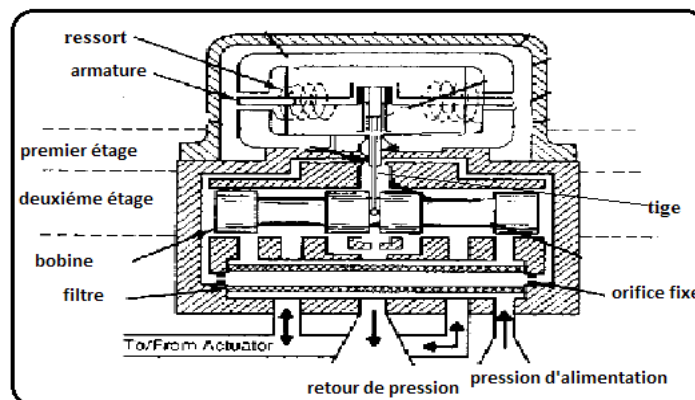


Figure II.6 : Coupe verticale d'une servovalve.

## - Capteurs :

### ✓ 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 (0 ou 1). [10]

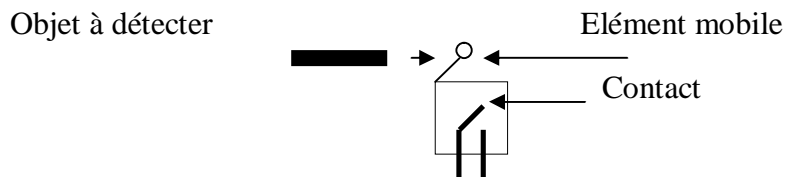


Figure II.7 : Capteur fin de course.

### ✓ Capteur de température (Thermomètre à dilatation de gaz):

Sous une forme schématisée, 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. Sous l'effet 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 indicateur qui se déplacera devant un cadran portant des graduations thermométriques. [2]

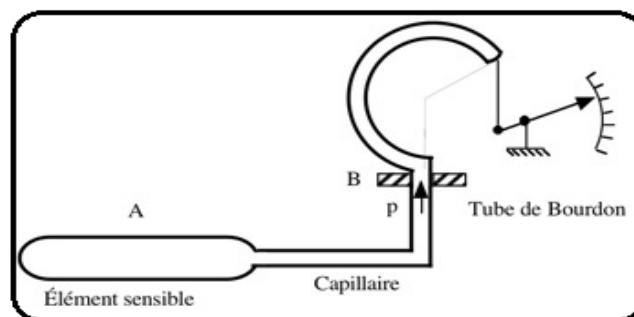
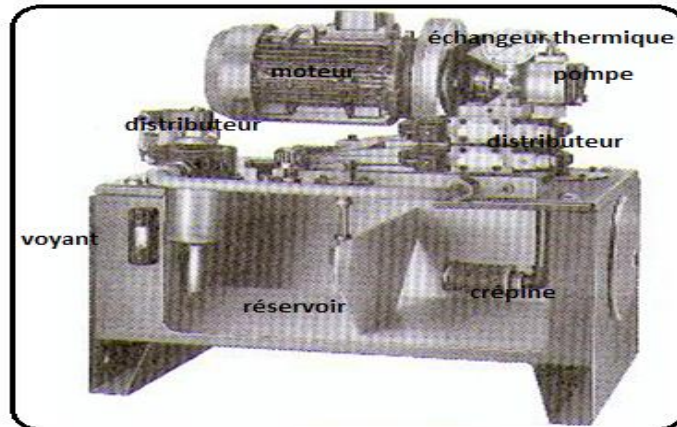


Figure II.8 : Thermomètre à gaz.

### II.3.2 La 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 comporte principalement un ensemble motopompe, un clapé anti-retour, un accumulateur, un

régulateur de pression, un échangeur thermique et un manomètre équipé d'un robinet. Le tout est monté sur le couvercle du réservoir. [1]



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

### II.3.2.1 Un réservoir d'huile :

Il sert principalement au stockage de la quantité d'huile nécessaire pour le fonctionnement de l'installation.

#### Caractéristiques techniques :

- ü Une capacité de 100 L ;
- ü Une pression de fonctionnement de 60 bars ;
- ü Un débit maximum de 27.18 L/min.

### II. 3.2.2 Un groupe motopompe :

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

#### Caractéristiques statiques :

##### Ø Le moteur électrique :

- ü Moteur asynchrone triphasé ;
- ü Tension d'utilisation : 220-380 V ;
- ü Fréquence : 50 Hz ;
- ü Vitesse : 1500 tr/min ;
- ü La puissance : 3KW.

**Ø La pompe à palettes :**

- ü Pression : 58 bars ;
- ü Débit : 18 L/min.

**II. 3.2.3 Un 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 du bâti du mécanisme.

**II.3.2.4 Un circuit de retour :**

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

**Ø Composants de la centrale hydraulique :****▼ Clapet anti retour :**

Les clapets anti-retour sont utilisés dans les systèmes hydrauliques. Ils permettent la circulation du fluide (huile) dans un sens et son blocage dans l'autre sens. Ils assurent également l'étanchéité dans une ligne d'un circuit lorsqu'on veut maintenir un récepteur en position quand la charge est motrice.



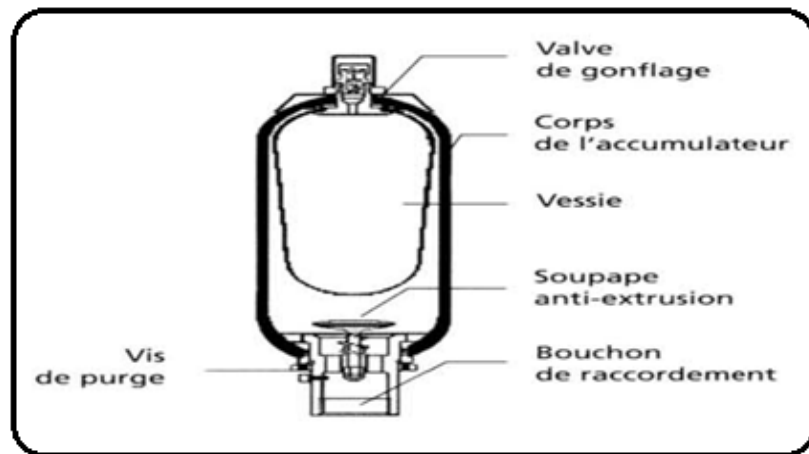
**Figure II. 10:** Représentation schématique du clapet anti retour.

**▼ Accumulateur :**

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 le réseau se fait à travers un orifice muni d'une soupape. [2]



**Figure II.11:** Accumulateur à vessie.

#### ▼ Filtre hydraulique :

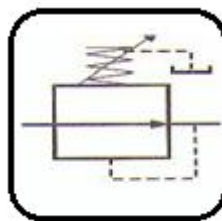
Dans la plupart des cas, les dysfonctionnements dans les circuits hydrauliques proviennent d'un mauvais état ou de la dégradation du fluide hydraulique, pour régler ce problème, il convient de placer des filtres hydrauliques.

Dans un circuit hydraulique, la filtration se fait en trois étapes :

- § A l'aspiration : crépine d'aspiration placée à l'entrée de la pompe et immergée dans l'huile de la centrale hydraulique élimine les particules de grosses dimensions.
- § Au départ sur réseau d'utilisation : placée après le refoulement de la pompe (filtration très fine  $10\ \mu\text{m}$  voire même  $3$  ou  $5\ \mu\text{m}$  pour circuit servovalve).
- § Au retour du réseau : à la fin de son parcours dans le réseau l'huile est nettoyée par filtration de  $25\text{-}30\ \mu\text{m}$ .

#### ▼ 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 (pression secondaire) inférieure à la pression d'entrée).



**Figure II.12:** 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.

### ▼ Manomètre :

Mesure et affiche la pression dans une branche du circuit ou dans une installation.

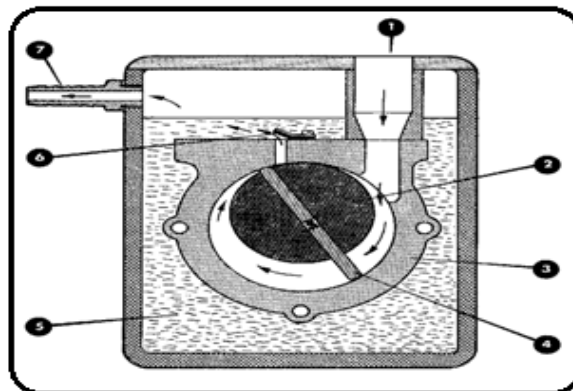
Le plus simple des manomètres est un tube en U, rempli de liquide. À l'une de ses extrémités, on applique une pression de référence (par exemple la pression atmosphérique), tandis qu'à l'autre, on applique la pression à mesurer.

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 du produit utilisé : mercure, eau, etc.

### ▼ Pompe à palette :

Les pompes à palette sont des pompes rotatives dont le rotor est muni de plusieurs palettes qui coulissent 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.



1 prise de vide, 2 Rotor, 3 Stator, 4 Palettes, 5 Huile, 6 Soupape, 7 Echappement

**Figure II.13 :** Pompe à palette.

### ▼ Moteur asynchrone :

Le moteur asynchrone triphasé, fréquemment appelé moteur à induction, permet de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique, comporte :

- stator : c'est la partie fixe, se compose de trois bobines (enroulements) réparties sur une armature cylindrique et parcourue par des courants triphasés.

Ces armatures peuvent être couplées en étoile  $Y$  ou en triangle  $\Delta$  selon le réseau d'alimentation.

- Rotor : la partie tournante du moteur. Cylindrique, il porte soit un bobinage (ordinaire triphasé comme le stator) accessible par trois bagues et trois balais soit une cage d'écuréuil

non accessible, à base de barres conductrices en aluminium soudées à chaque extrémité à deux anneaux.

Dans les deux cas, le circuit rotorique est mis en court-circuit (par des anneaux ou un rhéostat). [10]

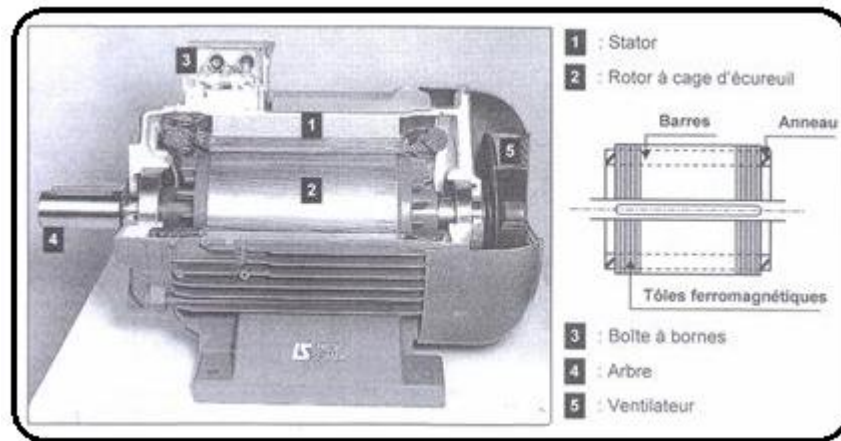


figure II.14 : Moteur synchrone triphasé.

**Circuit de puissance et de commande d'un moteur asynchrone triphasé :**

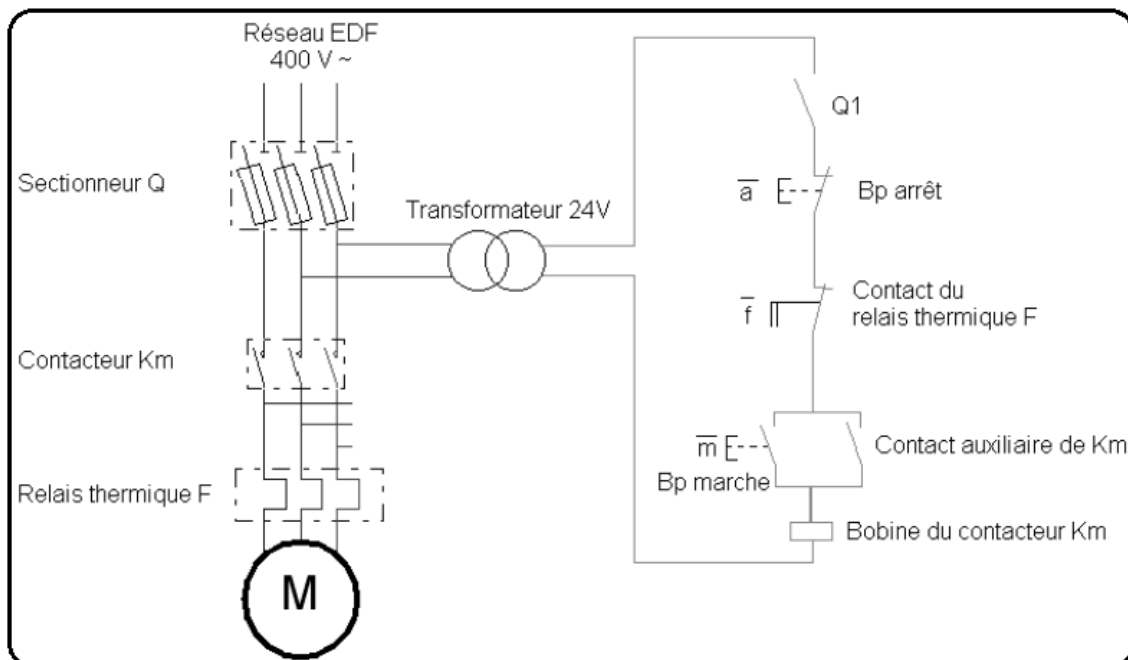


Figure II.15 : Circuit de puissance et de commande.

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

### II.3.3 Centrale d'alimentation en émail :

Equipé de six pompes volumétriques (pompes péristaltiques) montées sur un support, leur entraînement est assuré par des moteurs à courant continu (motoréducteur) par l'intermédiaire d'un accouplement dont la matière est appelée la Bakélite.

Les six moteurs ont les mêmes caractéristiques techniques, sont à excitation séparée, chacun d'eux assure l'entraînement en rotation d'une pompe volumétrique.

#### **Bakélite :**

BAKELITE est la marque d'un matériau constitué d'une résine de formaldéhyde de phénol thermodurcissable dont la nomenclature chimique officielle est : ANHYDRURE DE POLYOXYBENZYL METHYLENEGLYCOL.

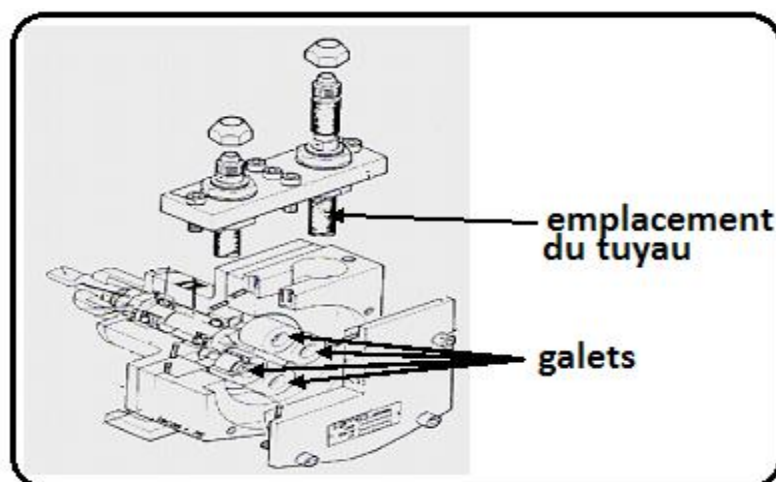
Développée en 1907-1909 par Léon BAEKELAND, un chimiste américain d'origine belge. Un brevet US 0942809 a protégé le processus.

#### **- Composants de la centrale d'émaillage :**

##### **✓ Pompe volumétriques (péristaltique) :**

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 10 bars.



**Figure II.16 :** Pompe volumétrique.

### ▼ 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.

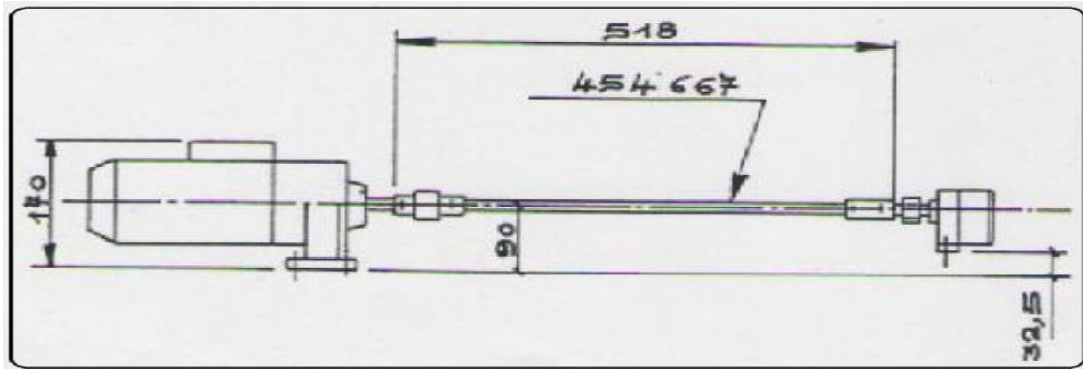


Figure II.17: Motoréducteur.

### Caractéristiques du moteur et de réducteur :

#### Moteur:

- Type M 63 – 85- Excitation séparée ;
- Puissance 122 W ;
- Plage de vitesse 150 à 3000 tr/mn ;
- Soit 80°C d'échauffement maximum au-dessus d'une ambiance de 40°C ;
- Inducteur : 195 V ;
- Induit : 180 V.

#### Réducteur :

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

#### - Moteur à courant continu :

Le moteur à courant continu est un dispositif électromagnétique : le couple est dû à l'action du stator sur le courant du rotor.

Les moteurs à courant continu à excitation séparée sont utilisés pour l'entraînement de la vitesse variable : ils se prêtent facilement à un contrôle souple, continu et presque instantané de leur vitesse.

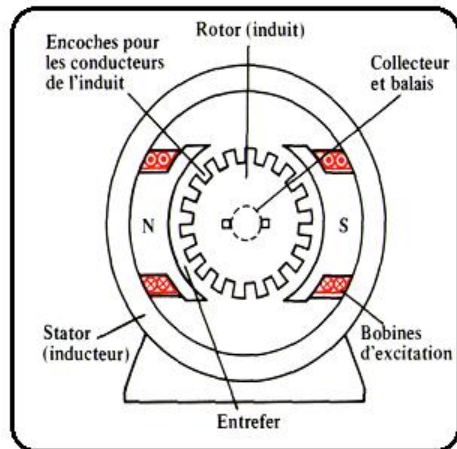


Figure II.18: Moteur à courant continu.

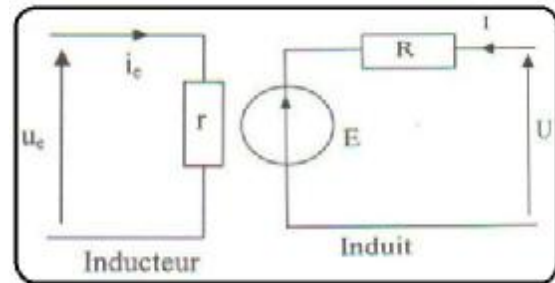


Figure II.19: Schéma électrique du MCC à excitation séparée.

### Les équations caractéristiques du moteur :

Cette équation découle directement du schéma équivalent ci-dessus :

$$E = U - RI$$

**Chapitre II.1 :** loi de la f.e.m.

Avec E : f.e.m ;

U : tension d'induit ;

R : résistance d'induit ;

I : courant qui traverse l'induit.

D'après la loi de Faraday :

$$E = K\Phi\Omega$$

**Chapitre II.2 :** Loi de FARADAY.

Avec k : constante,  $\Phi$ : flux magnétique,  $\Omega$  : vitesse angulaire de rotation rotorique.

$$\Omega = (U - RI) / K\Phi.$$

**Chapitre II.3 :** loi de la vitesse angulaire.

#### - 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.

Il a pour fonction :

- Ø De transmettre la puissance du moteur ;
- Ø D'adapter la vitesse aux besoins de l'application ;

- Ø D'augmenter le couple ;
- Ø De protéger les installations et encaisser les chocs.

### **II. 3.4 Générateur de haute tension :**

Il est bien connu que dans tout phénomène de précipitation électrostatique, on a intérêt à travailler au champ électrique maximum, c'est-à-dire utiliser des générateurs de hautes tensions.

Le générateur de haute tension SAMES, équipé 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 haute tension est placée, pour des raisons de sécurité, sur le toit de la cabine et relié par un câble à la paroi externe de la cuve d'émail pour charger les particules d'émail.

Elle fournit une tension de polarité négative de 62 KV.

#### **Caractéristiques techniques :**

- Ü Tension d'entrée : 100 V max ;
- Ü Fréquence : 30 KHz ;
- Ü Tension de sortie : 100 KV ;
- Ü Courant de sortie : 400  $\mu$ A ;
- Ü Polarité : négativité ;
- Ü Poids : 3 Kg ;
- Ü Consommation : 300 watts.

### **II. 3.5 La cuve d'émail :**

Sous haute tension, elle est placée sur un support isolant entouré d'un grillage de protection où les parois sont à un mètre du support. Elle est munie d'un moteur pneumatique agitateur afin de maintenir l'homogénéité de l'émail, et 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.

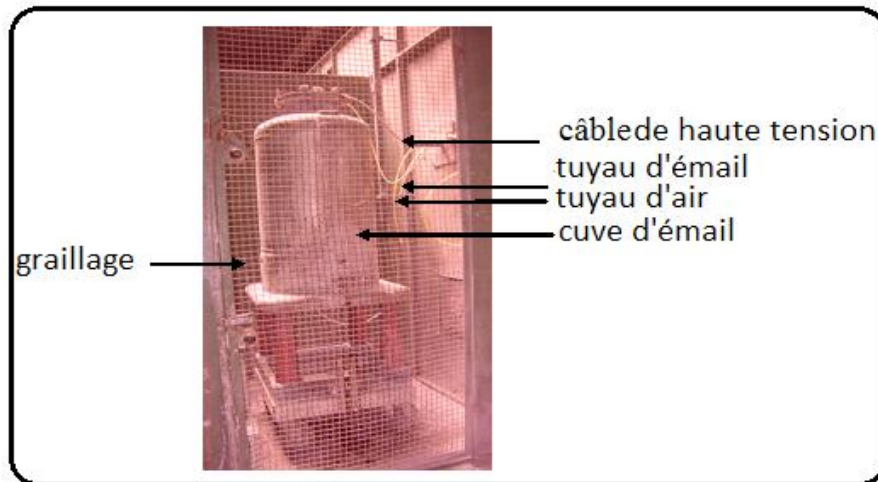


Figure II.20 : La cuve d'émaillage.

#### Moteur pneumatique :

Transforme l'énergie pneumatique en énergie mécanique de mouvement circulaire.

#### II.3.6 L'unité FL:

C'est un groupe de conditionnement d'air, consiste à assurer le traitement d'air par :

**Filtration :** élimination des impuretés solides et de l'eau condensée.

**Lubrification:** consiste à ajouter une quantité d'huile finement dosée sous forme de brouillard au circuit d'air comprimé pour assurer un bon fonctionnement des composants pneumatiques situé en aval. [1]

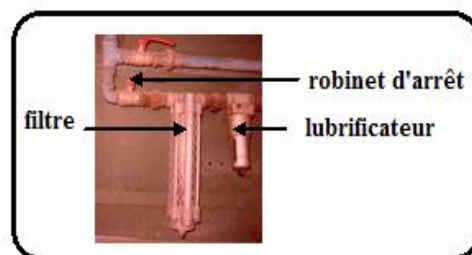


Figure II.21 : Unité FL.

#### II.3.7 Les armoires de commande:

##### II.3.7.1 La commande électrique:

Elle regroupe toutes les commandes électriques (les huit modules), les signalisations, les protections de l'installation ainsi que le pupitre de commande de générateur de haute tension.

##### II.3.7.2 La commande pneumatique:

C'est un coffret équipé de distributeurs pneumatiques 3/2, de manomètres, d'un pressostat et de détenteurs. Il permet le réglage et le contrôle d'air des pulvérisateurs.

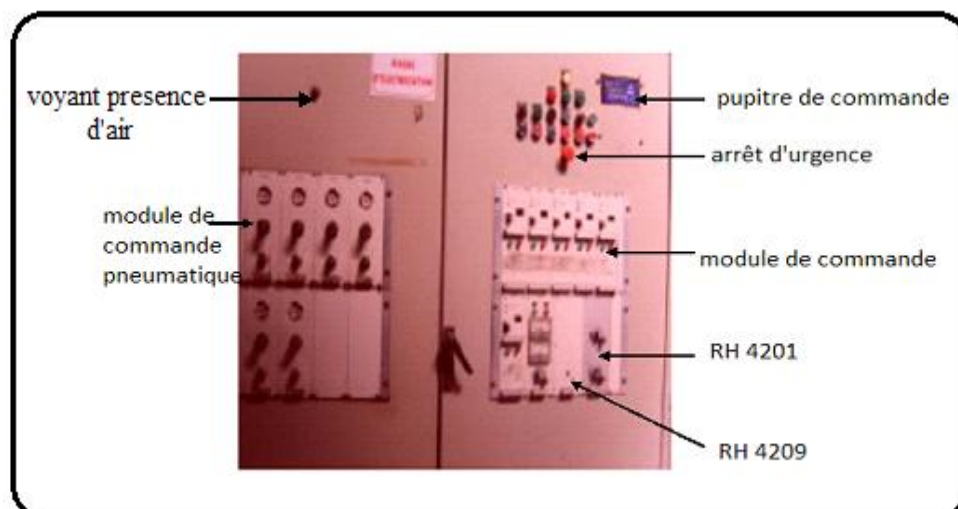


Figure II.22 : Les armoires de commandes.

### Ø Les différents composants des armoires de commande :

#### ▼ Module régulation vitesse pompe :

Le module régulation vitesse pompe situé dans un rack placé dans l'armoire de commande électrique, destiné à alimenter un moteur à courant continu actionnant la pompe volumétrique.

Chaque module est associé à un moteur et donc on a à six modules pour la commande et la variation des débits des pompes. [13]

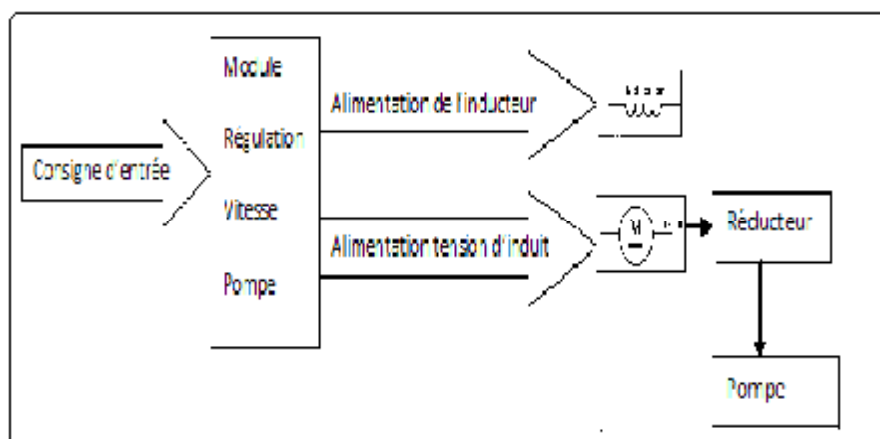
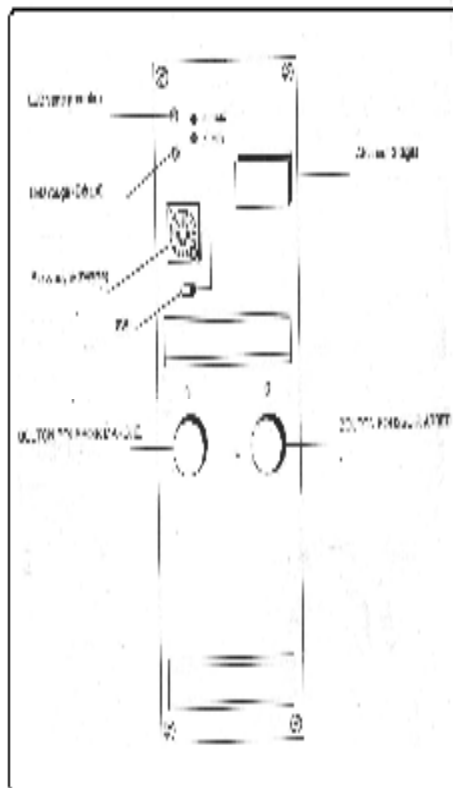


Figure II.23 : Présentation générale.

Chaque module de régulation comporte :

- Une face avant qui comprend
  - Un afficheur de deux digits indiquant en pourcentage la vitesse de rotation de la pompe ;
  - Un potentiomètre de réglage de la vitesse de rotation pompe ;
  - Deux DEL (diode électroluminescente) : verte (module sous tension) et rouge (signalisation de défaut) ;

- Deux boutons poussoirs :
  - BP marche (1) vert : mise sous tension ;
  - BP arrêt (0) rouge : mise hors tension ;
- A l'intérieur, une carte fille avec deux potentiomètres de réglage de vitesse maximum et vitesse minimum, qui sont accessibles en face d'avant par deux DEL (n.min, n.max) ;
- Une carte mère (carte électronique) sur laquelle vient se connecter la carte fille électronique.



**Figure II.24:** Module de régulation.

### Le réglage de la vitesse du moteur:

Le module régulation vitesse pompe (M-R-V-P) commande la vitesse de rotation du moteur en mesurant la tension d'induit qu'est directement proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur.

Chaque M-R-V-P est prévu pour alimenter un moteur à courant continu à excitation indépendante dont l'inducteur est alimenté à partir du secteur redressé : 220V-380V → 0.2A et l'induit alimenté par une tension variable (0-180V → 1A) au moyen d'un potentiomètre.

Le module commande la vitesse de rotation à partir des consignes d'entrées générées par un potentiomètre. Ce dernier permet de régler la vitesse minimale de rotation lorsque la consigne d'entrée est de 0V traduite par une diode LED verte (n.min), et de régler la vitesse maximale de rotation lorsque la consigne d'entrée est de 10V traduite à son tour par une diode DEL rouge (n.max).

Les boutons poussoirs marche 1 arrêt 0, permettent le réglage de l'alimentation secteur (220V/380V alternatif → puissance de 450 VA) par l'intermédiaire d'un interrupteur (SW) situé sur la carte mère.

L'afficheur de deux digits enlève les pourcentages de la vitesse de rotation, par exemple pour un affichage de 10=10% vitesse max, et pour les valeurs :

Rotation moteur : 3000tr/min ; réduction : 1/12.6 ; débit pompe : 2.4 C<sup>3</sup>/min.tr

**Le débit correspondant est de :**  $(3000 \cdot 24 / 12.6) \cdot (10 / 100) = 57 \text{ C}^3$ .

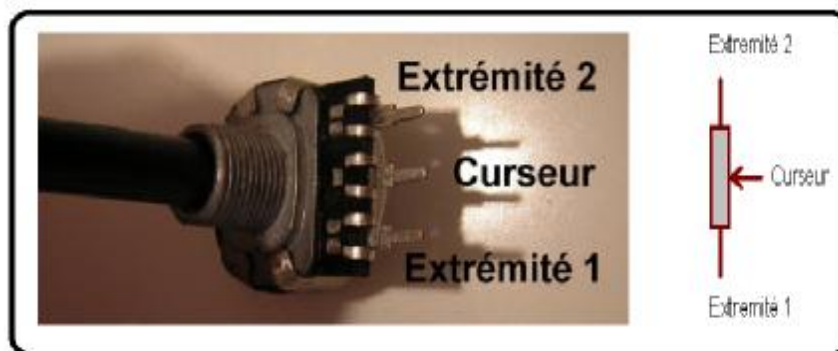
La LED verte indique une mise sous tension, et la LED rouge s'allume à la présence d'un défaut de fonctionnement.

#### - Le potentiomètre:

Un potentiomètre est un type de résistance variable à trois bornes (existe avec plus de trois branches), dont une est reliée à un curseur se déplaçant sur une piste résistante terminée par les deux autres bornes.

Ce système permet de recueillir, sur la borne reliée au curseur, une tension qui dépend de la position du curseur et de la tension à laquelle est soumise la résistance

Le curseur est solidaire mécaniquement à la pièce dont on veut traduire ce déplacement, il est isolé électriquement.



**Figure II.24:** Potentiomètre.

Au niveau de l'armoire de commande électrique on a six potentiomètres de réglage de la vitesse des pompes dont la valeur maximum de leurs résistances est de  $10\Omega$ , et trois potentiomètres pour la vitesse et la course du chariot dont la valeur maximum de leurs résistances est de  $100\Omega$ .

#### - Carte électronique :

Comme on vient de le citer auparavant, l'armoire de commande électrique contient huit modules gérés par des cartes électroniques dont six sont pour la commande des vitesses des pompes péristaltiques de la centrale d'émaillage et l'alimentation des moteurs et deux pour les commandes RH 4201 et RH 4209.

Les cartes électroniques ou dites circuits imprimés (en anglais, PCB pour Printed Circuit Board) permettent de relier électriquement un ensemble de composants électroniques entre

eux telle que les résistances, les condensateurs, les diodes, les transistors..., ou circuit intégré réunis sur une plaque de manière à former un circuit destiné à un usage précis.

La manipulation, la transformation et la synchronisation des axes ainsi que la génération des consignes de position, de vitesse et d'accélération sont assurées en temps réel par des cartes électroniques pilotées et programmées.

#### ✓ Les modules RH4201 et RH4209 :

La commande à distance du bâti est constituée par deux modules :

Le module RH 4209 permet le réglage de la vitesse de balayage du chariot en agissant sur un potentiomètre.

Le module RH 4201 permet le réglage de la position des points d'inversion haut et bas du chariot en agissant sur deux potentiomètres.

#### ✓ Le module de commande :

Le module de commande GNM 200 permet de piloter l'unité haute tension "UHT". Il s'adapte automatiquement à l'ensemble des pulvérisateurs SAMES et permet un accès facile aux réglages de la tension (U) et du courant (I) par menu déroulant.

Le GNM 200 est doté d'un microcontrôleur. Le fonctionnement de cet appareil, l'accès aux fonctions et aux paramètres se font par la façade du pupitre de commande.



**Figure II.25 :** Le module GNM 200

#### **Pressostat :**

Un pressostat est un dispositif qui contrôle la pression d'un circuit et fournit une information lorsque cette pression atteint la valeur de réglage du pressostat.

### II. 3.8 Le convoyeur :

C'est une chaîne fermée soulevée à hauteur de trois mètres du sol. Elle est entraînée par un moteur électrique. Des balancelles accrochées à cette chaîne servent à disposer les pièces à émailler. Elle passe à travers la cabine d'émaillage, le séchoir et le four de cuisson.



**Figure II.26 :** Le convoyeur.

### II.4 le fonctionnement de la station:

#### II.4.1 Zones de lavage, séchage et 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'email.
- **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.

#### II.4.2 Le fonctionnement de la centrale hydraulique :

Tout d'abord il faut s'assurer que le niveau d'huile est suffisant et que le moteur électrique soit branché suivant la tension du réseau.

La mise en service du moteur électrique entraîne, par l'intermédiaire d'un accouplement, la rotation de la pompe hydraulique à palette qui débite 58 bars réglé par un limiteur de pression. Le contrôle de pression s'effectue en ouvrant le robinet, refermé ensuite.

L'huile contenue dans le réservoir est aspirée par la pompe, passe à travers la crépine puis un filtre et mise en pression dans l'accumulateur, elle est ensuite éjectée dans la servovalve qui fait tourner le moteur hydraulique situé dans la partie inférieure du bâti dans un sens puis dans l'autre sens.

Le contrôle de pression s'effectue grâce au régulateur de pression.

La pompe est prévue pour évacuer le trop plein d'huile directement dans le réservoir lorsque le robot n'est pas en fonctionnement, au moment des inversions et lorsque la vitesse de balayage est limitée.

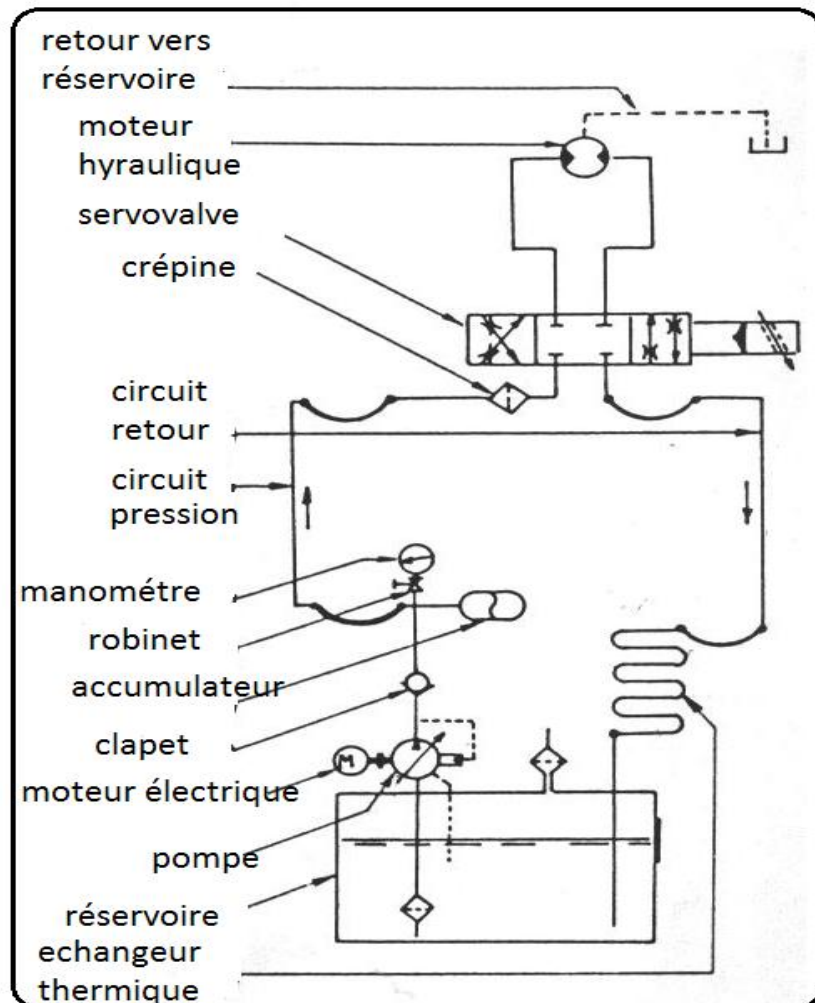


Figure II.26 : Schéma de fonctionnement.

#### II.4.3 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 du tiroir de celle-ci, l'huile alimente le moteur hydraulique du robot de côté puis de l'autre, ce qui entraîne la rotation de l'arbre de moteur dans le sens des aiguilles d'une montre puis dans le sens inverse .

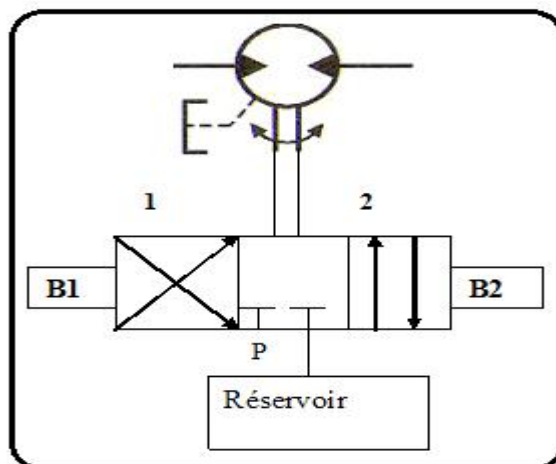


Figure II.27 : Description de fonctionnement de la servovalve.

#### II.4.5 Les modules de vitesse et de la course du chariot :

Après avoir fixé une valeur de la résistance à l'aide de potentiomètre du circuit qui désigne une certaine distance, le chariot se met en mouvement. Un potentiomètre entraîné par le pignon supérieur du mécanisme indique la position du chariot, la comparaison des valeurs fournies par ce potentiomètre avec celle du circuit électronique placé dans le module de commande RH 4201 permet de régler à distance les points d'inversions haut et bas de la course du chariot.

Dès que le chariot atteint la valeur fixée, la carte spécifique génère un courant d'excitation à la bobine de la servovalve qui inverse le sens de la rotation du moteur.

Une autre commande située sur le module RH 4209 permet de régler la vitesse de déplacement du chariot en agissant sur le courant d'excitation d'une des bobines de la servovalve.

Un contact de sécurité placé à la partie haute du mécanisme sur le circuit de commande du moteur de la centrale hydraulique, il s'ouvre à l'action de deux butées et arrête le moteur lorsque le chariot dépasse les points haut et bas extrêmes.

#### II.4.6 L'alimentation de l'émail :

Sous une pression d'air de 1 bar, l'émail contenu dans la cuve est éjecté et passe à travers une tuyauterie jusqu'aux pompes d'émail. Le moteur électrique de chacune d'elles entraîne la rotation de l'accouplement puis celui des pompes, ce qui fait passer l'émail aux pulvérisateurs.

Chaque pulvérisateur est alimenté par une pompe volumétrique qui dose parfaitement la quantité d'émail désirée sur le sujetile.

#### II.4.7 Réduction de la vitesse du moteur :

L'axe du moteur attaque le premier pignon du réducteur qui entraîne la rotation d'un autre pignon qu'il y est solidaire, à son tour le deuxième pignon fait tourner le pignon

qui constitue l'axe de rotation des pompes, ce qui explique le décalage d'axe du moteur vers celui porté par le troisième pignon.

Les trois pignons du réducteur ont des dimensions plus grandes que la dimension de pignon du moteur ce qui explique la réduction de la vitesse (taux de réduction).

#### **II.4.8 Pulvérisation et effet électrostatique :**

L'émail est conduit à la buse de pulvérisation par des conduites isolantes qui assurent la liaison avec les pompes et la centrale d'alimentation.

Une différence de potentiel électrique est appliquée entre l'émail chargé négativement et la pièce à émailler chargée positivement, ce qui provoque l'atomisation de la barbotine d'émail en fines gouttelettes.

Dans la buse de pulvérisation, l'émail et l'air arrivent à l'extrémité du canon sous forme d'anneaux concentriques. L'air comprimé sous des pressions relativement faibles (2 bars) est admis dans des chambres et distribué dans des orifices tangentiels. Il en résulte un effet tourbillonnaire connu sous le nom de VORTEX.

Après formation des premières couches, les gouttelettes 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 uniforme et les pertes limitées.

#### **II.4.9 La régulation de température :**

Vu que l'humidité fait diminuer l'effet électrostatique, la température doit être comprise entre 30°C et 32°C, dans le cas idéal.

Donc suivant la température ambiante à l'intérieur de la cabine, cette première peut être augmentée. Pour cela, une canalisation d'air placée au-dessus de la station, équipée d'un radiateur, fait passer l'air chaud à travers un immense filtre d'air placé au côté opposé du robot.

Le réglage de débit d'air nécessaire se fait par le déplacement d'un rideau métallique placé à l'extrémité de la canalisation.

#### **II.4.10 La récupération d'émail :**

Pour éviter l'écoulement d'émail sur les extrémités haute et basse de la pièce, la plage de balayage doit être supérieure à la longueur de la pièce à émailler, il y a donc perte d'émail. Pour remédier à ce problème, un système appelé rideau d'eau est conçu.

Un extracteur placé sur la cabine permet l'aspiration des particules d'émail qui s'échappent et une chute d'eau les fait tomber dans des bacs, placés sous les pièces à émailler, permettant ainsi de récupérer des pertes.

On résume le fonctionnement de robot dans l'organigramme suivant :

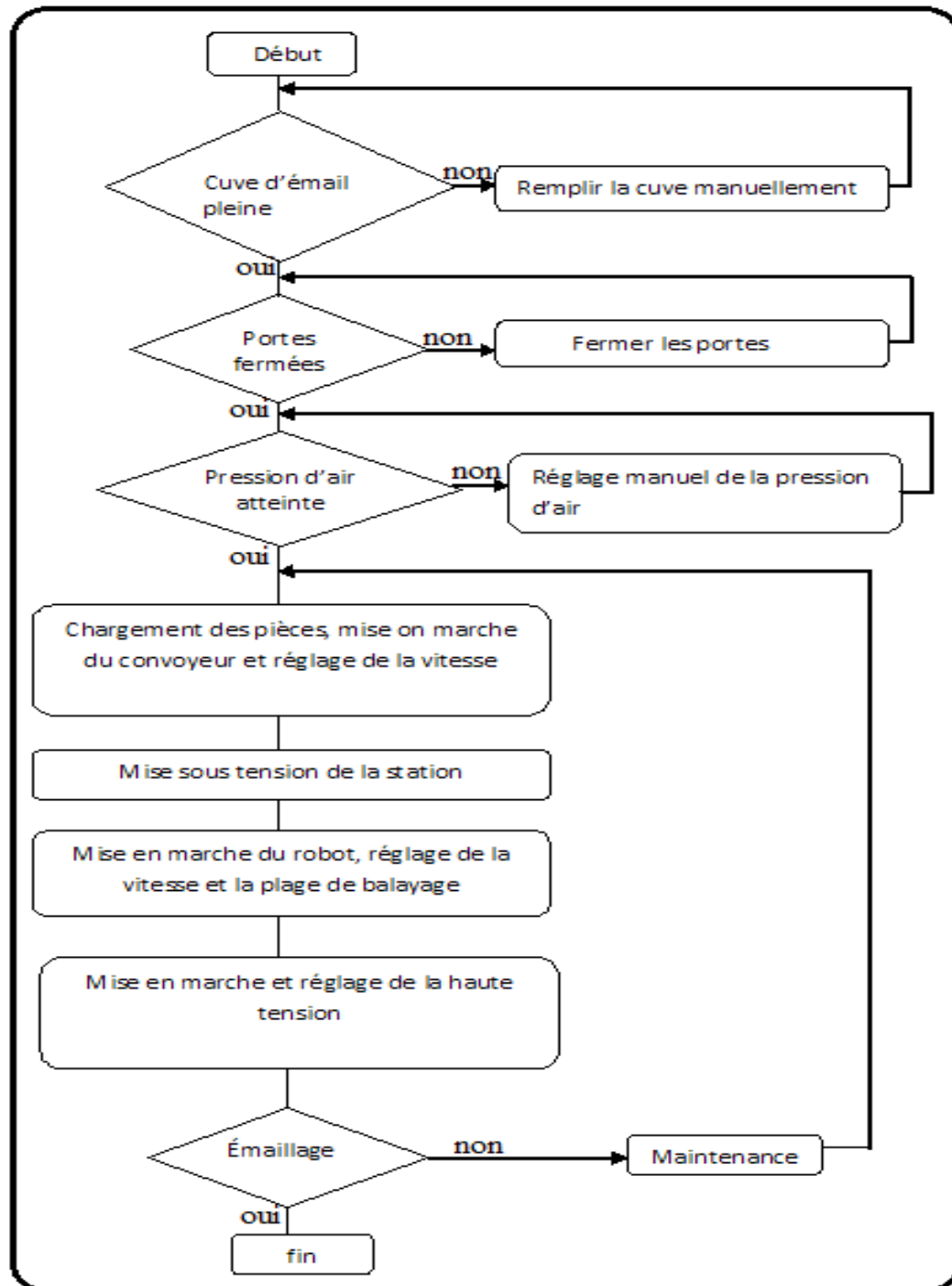


Figure II.32 : Organigramme de la station.

## II.5 Discussion :

Après une étude approfondie sur le fonctionnement du robot d'émaillage, nous avons pu cerner les différents problèmes et les nombreux manques de la station tel que:

- Le manque de précision des réglages qui se font par des potentiomètres ce qui diminue la qualité de produit.
- L'intervention humaine dans la plupart des opérations c.à.d. des tâches se font manuellement, donc manque de la quantité de production.
- Les grandes pertes d'énergies et d'émail à cause des manques d'organes hydrauliques et pneumatiques nécessaires.
- Le manque de capteurs qui sont nécessaires pour le fonctionnement et la sécurité.
- Les pannes assez fréquentes que subissent les cartes électroniques, et le manque de ces cartes sur le marché, ce qui nous assure que l'automatisation de la station est la meilleure solution.

Dans le chapitre suivant, nous essaierons de proposer quelques solutions et d'apporter certaines améliorations afin de corriger et remédier à certains inconvénients et de modéliser la station améliorée par GRAFCET.

### III.1 Préambule :

Le bon fonctionnement d'une chaîne de fabrication repose sur deux éléments principaux : la sécurité et la productivité. Pour atteindre ces objectifs, il est essentiel que les processus de production soient assortis d'un niveau optimal d'automatisation afin d'éviter les opérations manuelles gourmandes en main d'œuvre qui ralentissent inévitablement le flux des produits tout au long de la chaînes de fabrication.

Le travail qui nous a été demandé au niveau de l'unité cuisson de l'entreprise ENIEM est d'étudier le robot d'émaillage, afin de trouver des solutions aux inconvénients de la station, et l'automatisation avec un automate programmable S7-200 de la firme SIEMENS.

On va voir à travers ce chapitre, la nécessité de proposer une solution d'automatisation où apparaissent des modifications mécaniques et électriques afin de seconder l'homme, d'augmenter la qualité de productivité et le niveau de sécurité ainsi que de réduire les pertes d'énergie et de temps.

On terminera par des notions sur le GRAFCET et une modélisation du robot d'émaillage amélioré.

### III.2 Les améliorations de la station:

#### III.2 .1 au niveau du robot:

##### III.2.1 .1 la course du robot:

Actuellement, le réglage des points morts haut et bas se fait par une carte électronique (comparaison des valeurs fournies par le potentiomètre a celles de circuit électronique), mais à cause de manque de précision, on est amené à placer un encodeur incrémental (capteur numérique) placé sur le bâti à la place de capteur potentiométrique, qui va permettre le réglage de la course du chariot selon la hauteur des pièces.

Et pour la remise à zéro de l'encodeur ; on propose de placer un capteur inductif sur le bâti exactement au point pris comme point mort haut, sachant que le point mort haut est toujours fixe, donc la variation de la course qui dépend de la hauteur de pièce, fait varier seulement le point mort bas.

**Encodeur incrémental** Capteur capable de délivrer des valeurs de mesures à la fois de position et de vitesse en transformant la valeur réelle d'une grandeur mécanique en signaux électriques exploitables par l'API.

Un encodeur incrémental se compose de trois parties :

- Mécanique ;
- Optique ;
- Electronique.

• **Partie mécanique** : lié mécaniquement à un arbre qui l'entraîne, son axe fait tourner un disque qui lui est solidaire. Le disque comporte une succession de parties opaques et transparentes.

• **Partie optique** : une lumière émise par des Diodes Electroluminescentes (DEL), traverse les fentes de ce disque créant sur les photodiodes réceptrices un signal analogique.

• **Partie électroniquement** ce signal est amplifié puis converti en signal carré, qui est alors transmis à un système de traitement.

Le **comptage-décomptage** des impulsions par l'unité de traitement permet de définir la position du mobile.

Les encodeurs incrémentaux délivrent un nombre précis d'impulsions par révolution d'arbre. La mesure de la durée de période ou le comptage des impulsions par unité de temps donne la vitesse d'un mouvement. Si l'on ajoute les impulsions à partir d'un point de référence, la valeur de comptage constitue une valeur de mesure pour l'angle balayé ou la distance parcourue.

Les émetteurs d'impulsions à deux voies, avec signaux de sortie déphasés de 90°, donnent à l'électronique associée la possibilité de reconnaître le sens de rotation de l'arbre et permettent ainsi d'effectuer des tâches relatives au positionnement bidirectionnel.

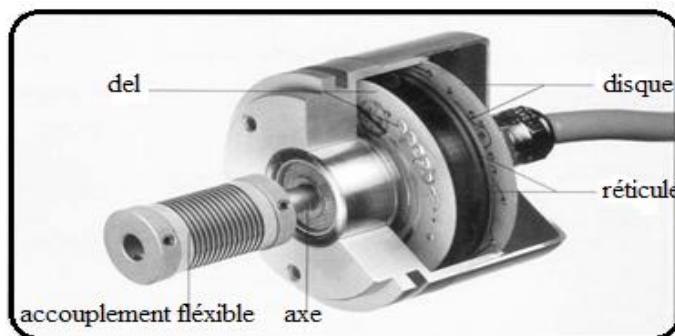


Figure III.1 : Codeur incrémentale.

- **Capteur inductif :**

Les capteurs inductifs produisent à l'extrémité de leur tête de détection un champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par une self et une capacité montée en parallèle. Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il y a perturbation de ce champ puis atténuation du champ oscillant. Cette variation est exploitée par un amplificateur qui délivre un signal de sortie. Le capteur commute.

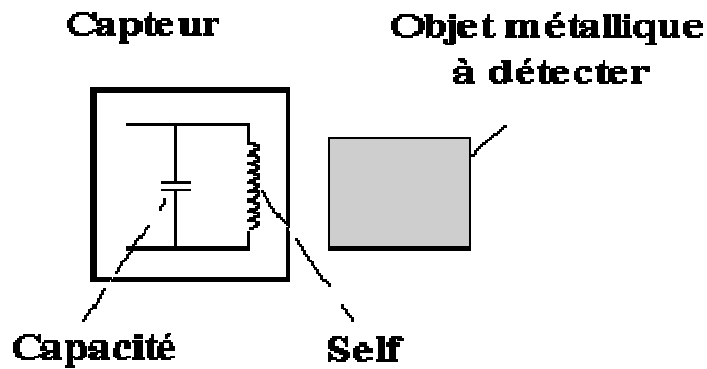


Figure III.2 : Principe du capteur inductif

### III.2.1.2 position du robot :

Dans le fonctionnement actuel, le chariot ne peut pas maintenir sa position d'arrêt, c'est-à-dire, on a une chute de robot à chaque arrêt intentionnel (car l'opérateur ne met en arrêt la station que si et seulement si le chariot est en bas). Le problème est dû au manque de point de repos au niveau de la servovalve.

Ainsi pour remédier à ce problème, on remplace la servovalve actuelle par une autre qui possède un point de repos ou par un distributeur 5/3.

- **Distributeur 5/3 :**

Comme on vient de le dire auparavant, les distributeurs se différencient soit par leur pilotage ou par le nombre d'orifices et de positions qu'ils contiennent.

Dans ce cas, on a un électro-distributeur avec 5 orifices et 3 positions, et à centre fermé afin de bloquer le passage d'huile à l'arrêt du robot.

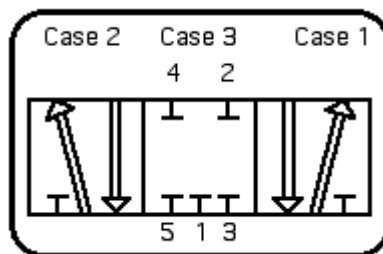


Figure III.3 : Distributeur 5/3.

## III.2.2 Au niveau du circuit d'email:

### III.2.2.1 La cuve d'email:

A présent, aucun moyen de détection de niveau d'émail n'est disponible. Pour cela, on place un capteur de débit qui nous renseigne, d'une manière continue, sur la quantité d'émail dans la cuve et qui génère une alarme lorsque cette dernière atteint un certain niveau au-dessous duquel met le robot en arrêt car le niveau d'émail est insuffisant pour le fonctionnement.

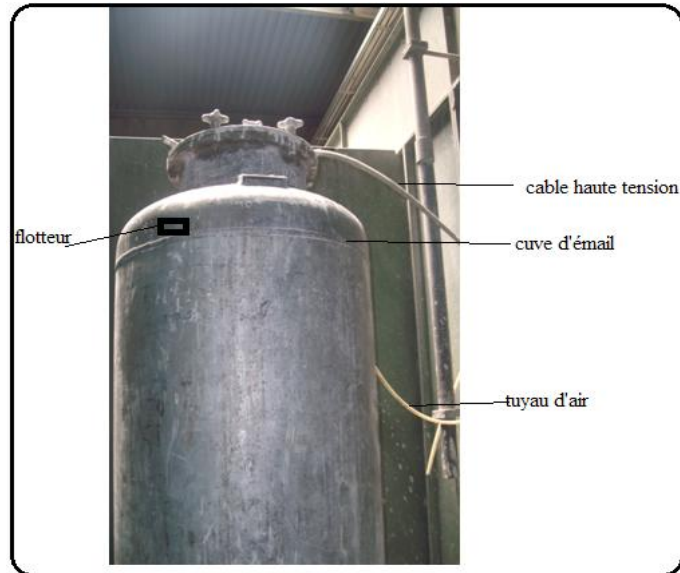


Figure III.4 : Emplacement du flotteur.

- **Flotteur:**

Le flotteur se maintient à la surface du liquide. Il est solidaire d'un capteur de position qui délivre un signal électrique correspondant au niveau.

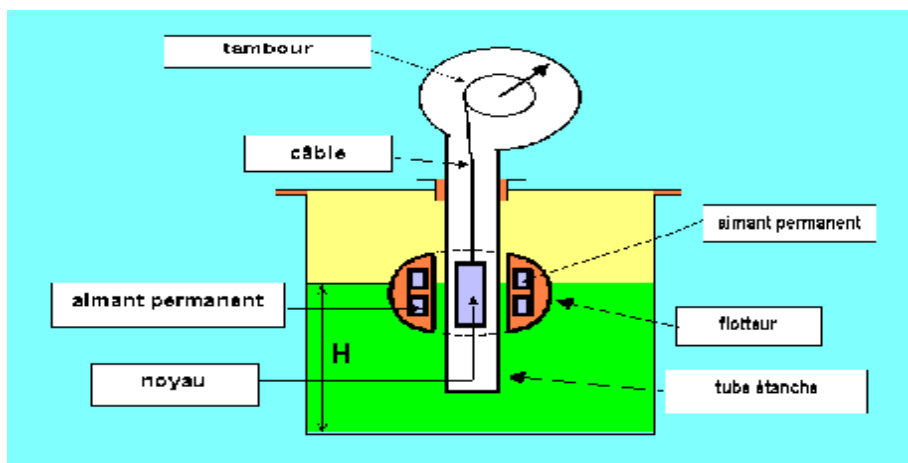


Figure III.5 : Principe mesure de niveau par flotteur

Le flotteur, résistant à la pression, est équipé d'un couple d'aimants coulisse le long d'un tube étanche, résistant à la pression, et qui laisse passer le champ magnétique. A l'intérieur du tube, se déplace, suspendu à un câble d'acier, un noyau formé d'un groupe d'aimants s'accouplant magnétiquement au flotteur en le suivant fidèlement. Le câble s'enroule sur un tambour réuni à l'aiguille indicatrice par un train d'engrenages. Ce déplacement angulaire peut être traduit en un signal analogique standard de 4 20 mA au moyen d'un convertisseur électronique monté dans la tête indicatrice au bout du tambour. La transmission du déplacement du flotteur se fait donc avec une étanchéité parfaite, d'où une utilisation possible avec les liquides corrosifs, sous haute pression ou haute température.

### **III.2.2.2 Les pertes d'émail:**

Un des grands problèmes de la station est les pertes d'émail qui sont dues aux :

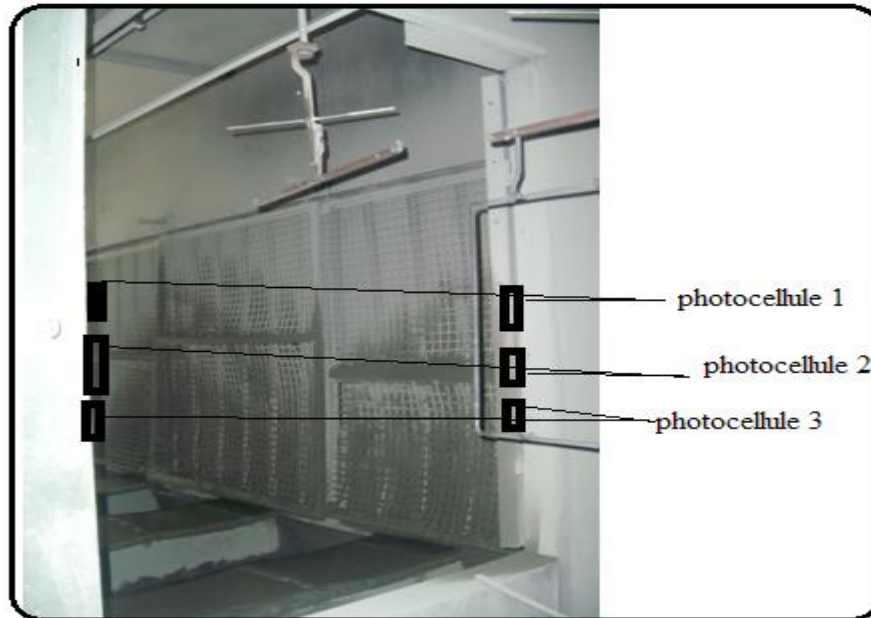
- L'éjection d'émail en absence des pièces ;
- L'écoulement d'émail dû au mauvais réglage des points morts haut et bas ;
- Répétition du cycle dû à la chute du robot (amélioration au début) ;
- L'écoulement d'émail à l'arrêt du robot.

### **III.2.2.1 L'écoulement d'émail dû au mauvais réglage des points morts haut et bas :**

Pour éviter les pertes d'émail, on propose d'introduire des capteurs photocellules à fin de détecter la présence des pièces et de mesurer leur hauteur et de fait régler la course du chariot selon cette hauteur.

Pour cela en place trois photocellules de telle sorte que, l'activation des trois indique que c'est une grande pièce, l'activation des deux premières indique que c'est une pièce moyenne, et enfin l'activation de la première seulement indique que c'est une petite pièce.

Et pour la détection de la présence et l'absence de pièce, on introduit une temporisation pour la première photocellule de telle façon qu'au-delà de cette temporisation (10minutes) s'il n'y a pas de pièce le robot s'arrête.



**Figure III.6:** Emplacement des photocellules.

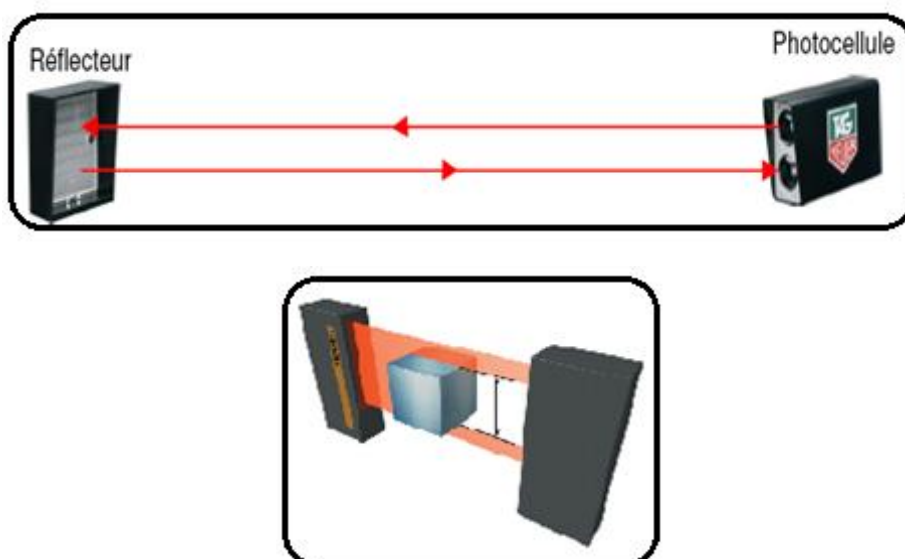
- **Capteur photocellule:**

La photocellule est un dispositif électronique qui utilise la technologie des rayons infrarouges actifs modulés.

Elle permet par interruption de faisceau infrarouge d'activer un contact (relais).

Les photocellules se différencient par leur dimension, leur portée de rayon utile et par leur domaine d'application.

Barrière lumineuse dotée d'un émetteur et d'un récepteur avec une alimentation interne ou externe.



**Figure III.7:** Hauteur des pièces

### III.2.2.3 L'écoulement d'email à l'arrêt du robot:

À l'arrêt de la haute tension, l'air qui souffle dans la cuve et dans les buses ne s'arrête pas ce qui cause les pertes d'email.

Pour résoudre ce problème, il faut commander l'arrêt d'air dès l'arrêt de la H.T (haute tension) et ça en plaçant deux distributeurs l'un pour la conduite d'air vers les buses et l'autre au niveau de la conduite d'air vers la cuve, où dès qu'une condition d'arrêt est satisfaite les bobines de ces distributeurs s'excitent et l'air s'arrête entraînant donc l'arrêt d'écoulement d'email.

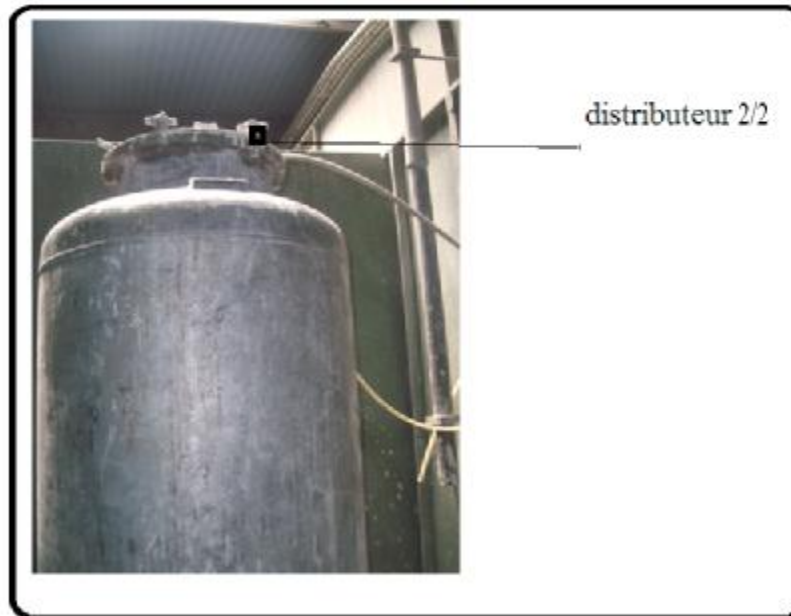


Figure III.8 : emplacement des distributeurs.

- **Distributeur 2/2:**

Un distributeur peut prendre différentes positions. On dit qu'il est "**ouvert**" ou "**fermé**".

Son état à la position de repos le caractérise comme étant "**normalement ouvert**" ou "**normalement fermé**".

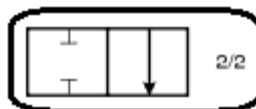


Figure III.9 : Distributeur 2/2.

### III.2.2.4 chute de rebot :

A chaque arrêt intentionnel, le chariot glisse tout au long du bâti provoquant ainsi une répétition du cycle au prochain démarrage ce qui entraîne une perte considérable d'email, encore des couches épaisses.

### III.2.3 Lavage du circuit d'émail:

Afin d'éviter le bouchage des tuyaux d'émail, le lavage de ces tuyauteries est une procédure impérative après chaque arrêt pour l'entretien de l'équipement.

Actuellement cette opération se fait par un opérateur qui se charge de faire passer l'eau à travers ces tuyaux. En vue d'automatiser ce processus, on propose le placement d'un distributeur électrique 4/3 de telle sorte qu'à l'excitation de la première bobine passage d'émail, et à l'excitation de la deuxième bobine passage d'eau avec un point de repos.

A chaque arrêt du robot, et après une temporisation T1 (1 seconde) de l'arrêt d'émail, le lavage se déclenche jusqu'à la fin de la temporisation T2 (3 minutes).

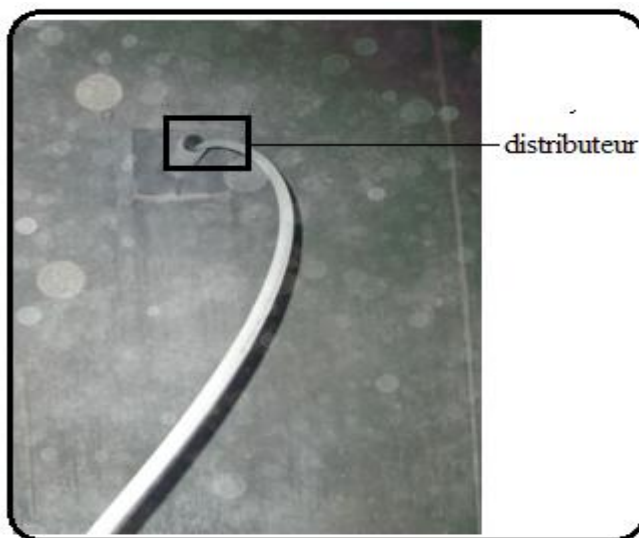


Figure III.10 : emplacement du distributeur.

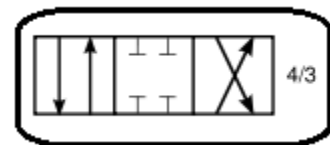


Figure III.11 : Distributeur 4/3.

### III.2.4 le réglage de la température :

La température ambiante dans la cabine du robot, doit être comprise entre 30 et 32°C, qui se règle manuellement ; et pour l'automatisation de cette procédure on propose d'insérer une vanne régulatrice de la température au niveau du circuit de chauffage, qui permet le contrôle du passage de l'eau chaud et de l'air (ventilation) du radiateur, suivant les consignes et les informations issues de l'automate et selon la température de la cabine.

- **Vanne :**

Une **vanne** est un dispositif qui sert à arrêter ou modifier le débit d'un fluide liquide, gazeux, pulvérulent ou multiphasique, en canal ou en canalisation.

Une vanne de régulation est un actionneur qui associe un corps de vanne avec une motorisation électrique, même pneumatique dans des applications industrielles. La vanne de régulation est souvent modulante et plus rarement TOR (Tout ou Rien). Son ouverture et le débit dans ses voies varient en fonction d'une loi de régulation.

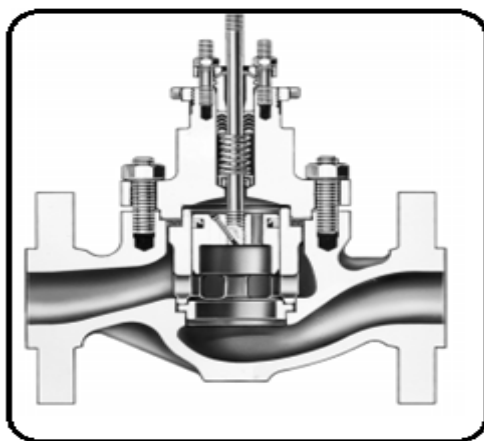


Figure III.12 : Vanne de régulation.

### III.2.5. Réglage de la vitesse des moteurs:

Comme nous venons de le voir dans le chapitre précédent, le réglage de la vitesse de rotation des moteurs à courant continu se fait manuellement (module de régulation de la vitesse). Dans le cadre de notre automatisation de la station, les cartes électroniques doivent être remplacées par un A.P.I, ce qui nous amène à placer des variateurs de vitesse pour régler la vitesse des moteurs.

Dans cette station, les six moteurs ont les mêmes caractéristiques mais les six pompes ont des débits différents, donc la vitesse de leurs moteurs doit être différente pour avoir des débits différents à la sortie des pompes.

Et pour cela, on propose d'insérer trois variateurs de vitesse tel que chaque variateur gère deux moteurs.

- **Variateur de vitesse:**

Les variateurs de vitesse sont des pré-actionneurs **analogiques** c'est-à-dire qu'ils permettent de commander des actionneurs électriques (moteurs) par **modulation de l'énergie**.

Un variateur ou un démarreur électronique est un convertisseur d'énergie dont le rôle consiste à moduler l'énergie électrique fournie au moteur.

Les variateurs de vitesse assurent une mise en vitesse et une décélération progressive. Ils permettent une adaptation précise de la vitesse aux conditions d'exploitation. Les variateurs de vitesse sont du type redresseur contrôlé pour alimenter les moteurs à courant continu, ceux destinés aux moteurs à courant alternatif sont des convertisseurs de fréquence.

- **Redresseur contrôlé pour moteur à courant continu**

Il fournit, à partir d'un réseau alternatif monophasé ou triphasé, un courant continu avec un contrôle de la valeur moyenne de la tension.

Les semi-conducteurs de puissance sont assemblés en pont de Graëtz, monophasé ou triphasé Le pont peut être mixte (diodes / thyristors) ou complet (tout thyristor).

Cette dernière solution est la plus fréquente car elle permet un meilleur facteur de forme du courant délivré.

Le moteur à courant continu est le plus souvent à excitation séparée, sauf dans les petites puissances où les moteurs à aimants permanents sont assez fréquents.

L'utilisation de ce type de variateur de vitesse est bien adaptée pour toute application. Les seules limites sont imposées par le moteur à courant continu, en particulier la difficulté d'obtention de vitesses élevées et la nécessité de maintenance (remplacement des balais). Les moteurs à courant continu et leurs variateurs associés ont été les premières solutions industrielles.

- **Variateur VE/B (un des variateurs de vitesse les plus récents)**

Le variateur de vitesse VE/B est destiné à piloter des moteurs à courant continu à aimant permanent et à excitation séparée.

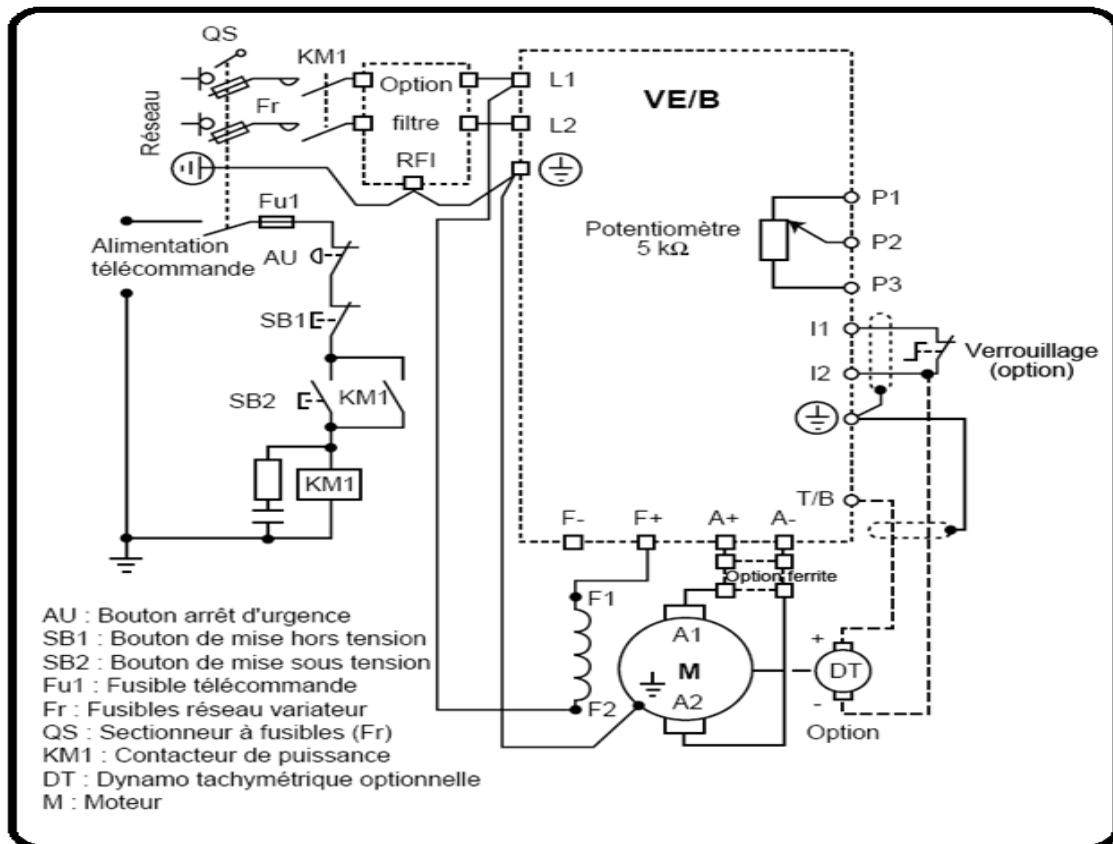
Il s'alimente avec une tension alternative monophasée de 230 V. Le VE/B contrôle un pont redresseur à thyristors pour réguler la vitesse du moteur, quels que soit la charge et le réseau.

Ces variateurs sont protégés contre les surtensions par des circuits résistance capacité et contre les sur-intensités par limitation de courant.

La démagnétisation des aimants du moteur est donc évitée lors du démarrage ou des surcharges.

Ce sont des variateurs unidirectionnels avec possibilité de gérer un retour tachymétrique.

Ils constituent avec les moteurs à courant continu associés des motos variateurs performants.



**Figure III. 13:** Schéma de base de variateur VE/B

### III.2.6 fuite de courant et chute de tension :

Parmi les plus grands problèmes de la station, on recense les chutes de tension qui sont dues aux :

- Bouchage des tuyaux d'émail provoquant des fuites d'émail polarisé qui causent des courts circuits. La solution proposée pour le lavage est nécessaire aussi pour éviter les chutes de tension ;
- L'humidité dans la cabine, capteur de température, ce dernier déclenche la vanne à chaque fois que la température  $< 30^{\circ}$ .
- Support porte buse/ table : provoquant des fuites d'émail polarisé ;
- Mauvaise extraction vapeur d'émail.

### III.2.7 Niveau d'huile dans la centrale hydraulique :

Actuellement, le niveau d'huile dans le réservoir est indiqué par un voyant.

Et pour automatiser cette procédure, on propose d'insérer un flotteur qui va nous renseigner sur le niveau d'huile et qui permet d'arrêter le robot en cas d'insuffisance de pression d'huile.

### III.3 GRAFCET (SFC : Sequential Function Chart) :

Du fait de la complexité des systèmes automatisés, il apparaît nécessaire de disposer de méthodes et d'outils de conception, de réalisation et de commande. Au centre de ces méthodes, on trouve la modélisation qui permet de décrire le comportement du système sous une représentation graphique par plusieurs outils. Certains outils établis par des chercheurs (réseau de petri) et d'autres créés par des industriels insistent davantage sur la mise en œuvre (GRAFCET).

Dans ce qui suit, on va présenter quelques définitions, notions, concepts, et éléments de base de l'outil de modélisation GRAFCET.

#### III.3.1. Définition :

**GRAFCET (Graphe de Commande Etape Transition)** est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il est à la fois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine automatiser

#### III.3 .2 Cahier de charge :

Le cahier de charge d'un automatisme est une description fonctionnelle faite par l'utilisateur. Elle analyse le comportement de la partie commande (PC) vis-à-vis de la partie opérative (PO) permettant au concepteur de comprendre ce que l'automatisme doit faire face aux différentes situations pouvant se présenter. Un tel document peut donc faire intervenir des considérations juridiques, commerciales, financières, technico-économiques ou purement techniques.

#### III.3.3 Niveau de Grafcet :

Afin d'obtenir une description claire, précise, sans ambiguïté ni omission, il est souhaitable de la diviser en deux niveaux successifs et complémentaires.

**Le premier niveau:** décrit le comportement de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative : c'est le rôle des spécifications fonctionnelles permettant au concepteur de comprendre ce que l'automatisme doit faire, face aux différentes situations pouvant se présenter.

**Le deuxième niveau :** ajoute aux exigences fonctionnelles les précisions indispensables aux conditions de fonctionnement des matériels, grâce aux spécifications technologiques et opérationnelles.

### **Éléments de base d'un GRAFCET :**

Ø **Etape :** une étape représente une situation stable de la PC : pendant une étape, les organes de commande ne changent pas d'états.

Une étape est soit active soit inactive. On peut associer à chaque étape  $i$  une variable  $X_i$  image de son activité.

- **Etape initiale :** Étape active au début du fonctionnement. Elle se représente par un double carré.

Ø **Transition :** une transition indique une possibilité d'évolution d'activité entre deux ou plusieurs étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.

Ø **Réceptivité :** une réceptivité est associée à chaque transition, c'est une condition qui détermine la possibilité ou non de l'évolution du système par cette transition. Une réceptivité s'exprime comme étant une expression booléenne ou numérique. C'est une fonction combinatoire d'informations telle que : état des capteurs, action de bouton poussoir par l'opérateur, action d'une temporisation, d'un compteur, état actif ou inactif d'autre étape

Ø **Liaisons orientées :**

Une liaison est un arc orienté indiquant la voie d'évolution de la situation du grafcet. Les liaisons relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Le sens général d'évolution est du haut vers le bas. Dans le cas contraire, des flèches doivent être employées.

Ø **Action :** L'action indique, dans un rectangle, comment agir sur la variable de sortie, soit par assignation (action continue), soit par affectation (action mémorisée).

Ø **Temporisation :**

La temporisation est une réceptivité qui permet une prise en compte du temps et donc implique l'utilisation d'un temporisateur.

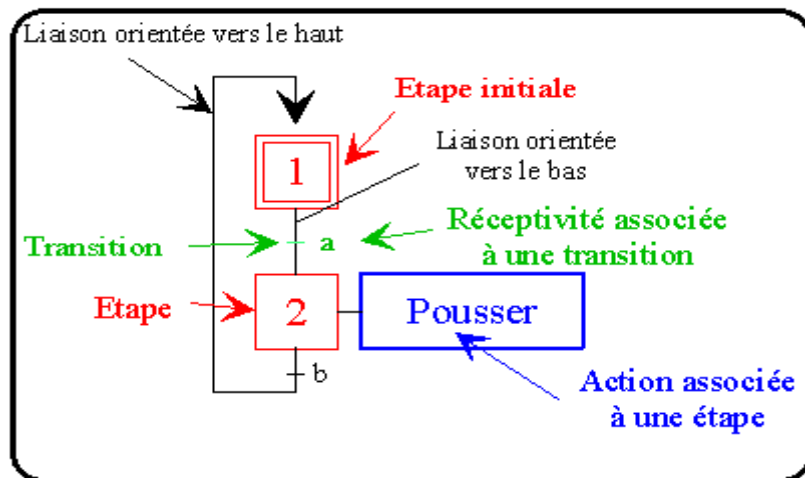
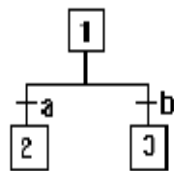


Figure III. 14 : Exemple de Grafset.

III.3.4 Configurations courantes :

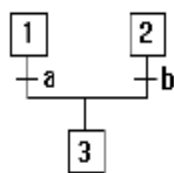
Divergence en OU :



Si 1 active et si a seul, alors désactivation de 1 et activation de 2, 3 inchangé.

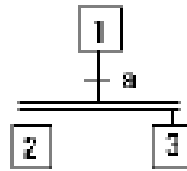
Si a et b puis 1 active alors désactivation 1, activation 2 et 3 quel que soit leur état précédent.

Convergence en OU :

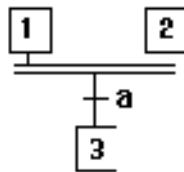


Si 1 active et a sans b, alors activation de 3 et désactivation de 1, 2 reste inchangé.

Si 1 et 2 et a et b alors 3 seule active.

**Divergence en ET :**

Si 1 active et si a, alors désactivation de 1 et activation de 2 et 3.

**Convergence en ET :**

Si 1 active seule et a alors aucun changement. Si 1 et 2 et a, alors activation de 3 et désactivation de 1 et 2.

**III.3.5 Principales règles d'évolutions :**

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

**Règles N°1 :** Les étapes INITIALES sont celles qui sont actives au début du fonctionnement.

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.

**Règles N°2 :** Une TRANSITION est soit validée, soit non validée (et pas à moitié 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 être FRANCHIE que lorsqu'elle est validée et que sa réceptivité est vraie. Elle est alors obligatoirement franchie.

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

**Règles N°4 :** Plusieurs transitions SIMULTANEMENT franchissables sont simultanément franchies (ou du moins toutes franchies dans un laps de temps négligeable pour le fonctionnement).

**Règles N°5 :** Si une étape doit être à la fois activée et désactivée, elle RESTE active.

**III .4Modélisation de la station :**

Après les améliorations proposées, on passe à la modélisation de la station et pour cela, on résume les différents actionneurs et capteurs dans les tableaux suivants :

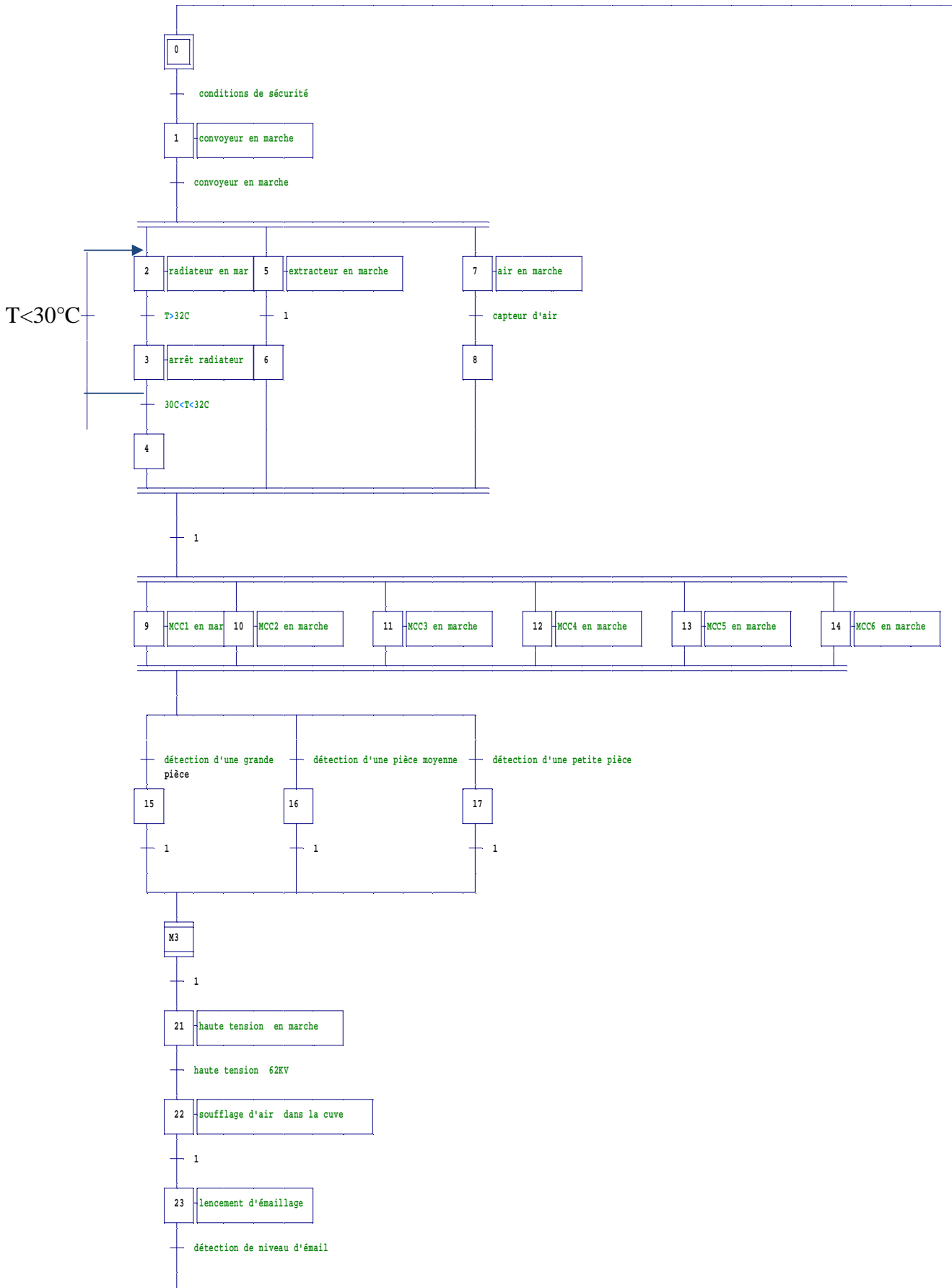
**Actionneurs :****Les moteurs :**

Moteur à courant continu 1	MCC1
Moteur à courant continu 2	MCC2
Moteur à courant continu 3	MCC3
Moteur à courant continu 4	MCC4
Moteur à courant continu 5	MCC5
Moteur à courant continu 6	MCC6
Moteur hydraulique	M_hyd
Moteur asynchrone triphasé	M_As
Moteur de l'extracteur	MT_ext
Moteur du convoyeur	MT- con
moteur du radiateur	M_rad

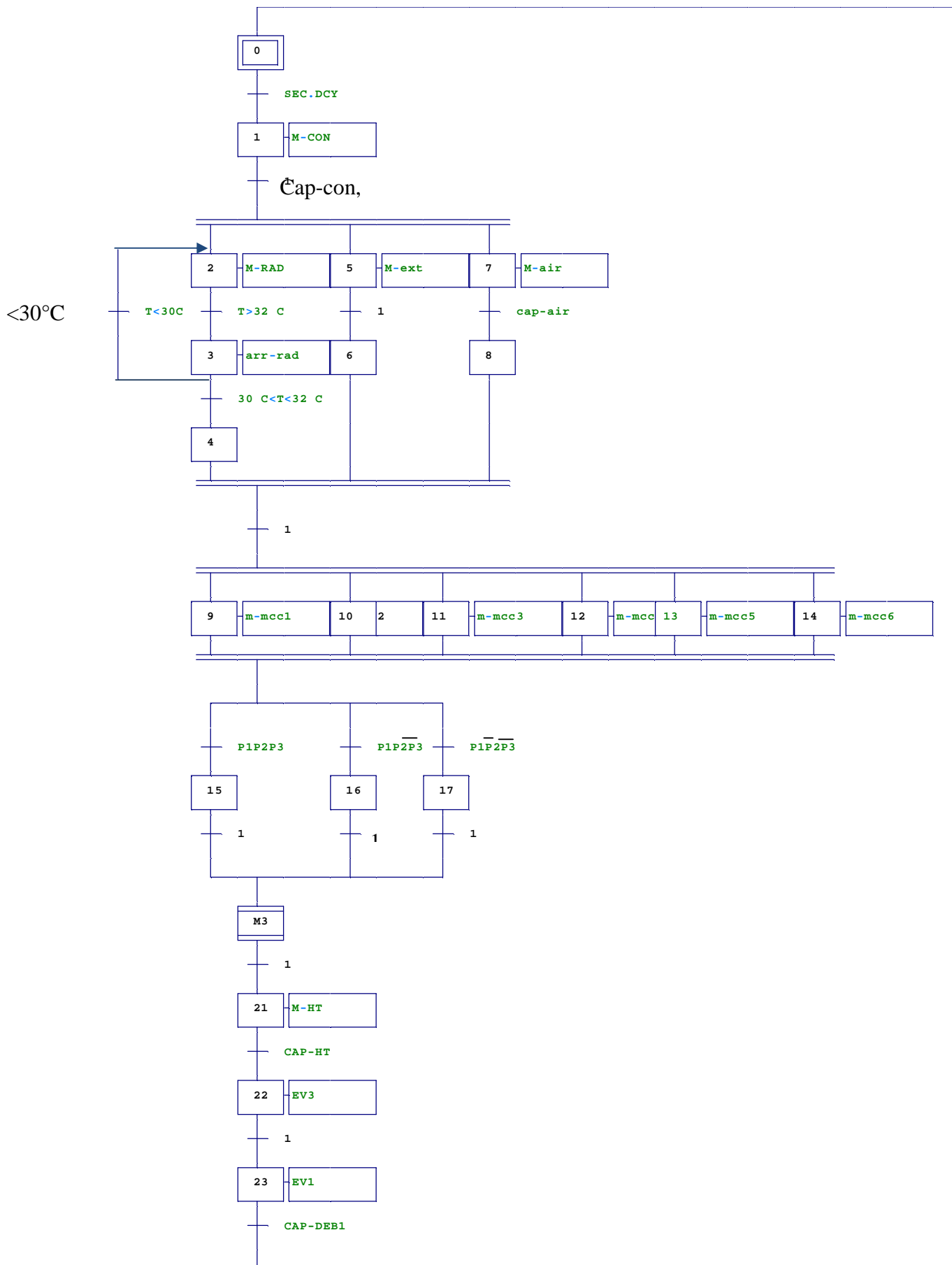
**Capteurs:**

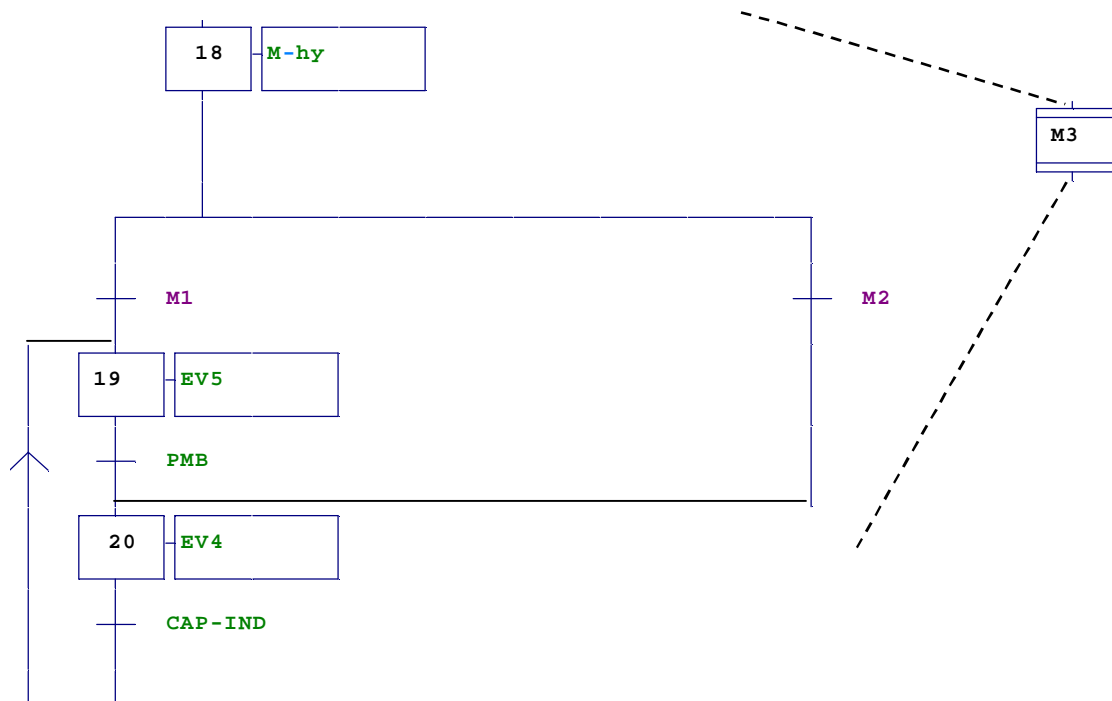
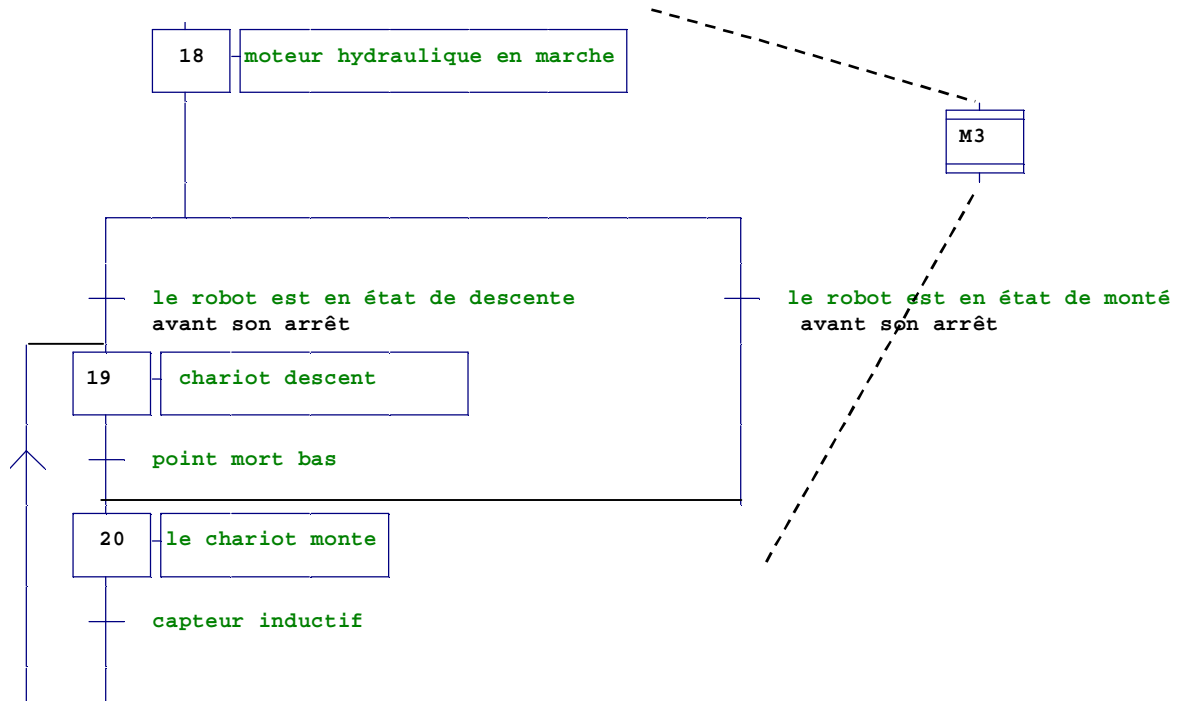
Capteur de température	Cap -temp
Photocellule 1	P1
Photocellule 2	P2
Photocellule 3	P3
Capteur de niveau huile	Cap-deb1
Capteur de niveau émail	Cap -deb2
Fin de course pour portes	Cap-pt
Fin de course pour décapement Haut et bas	Cap-D-h-b
Capteur d'air	cap- air

**GRAFSET de fonctionnement niveau 1:**

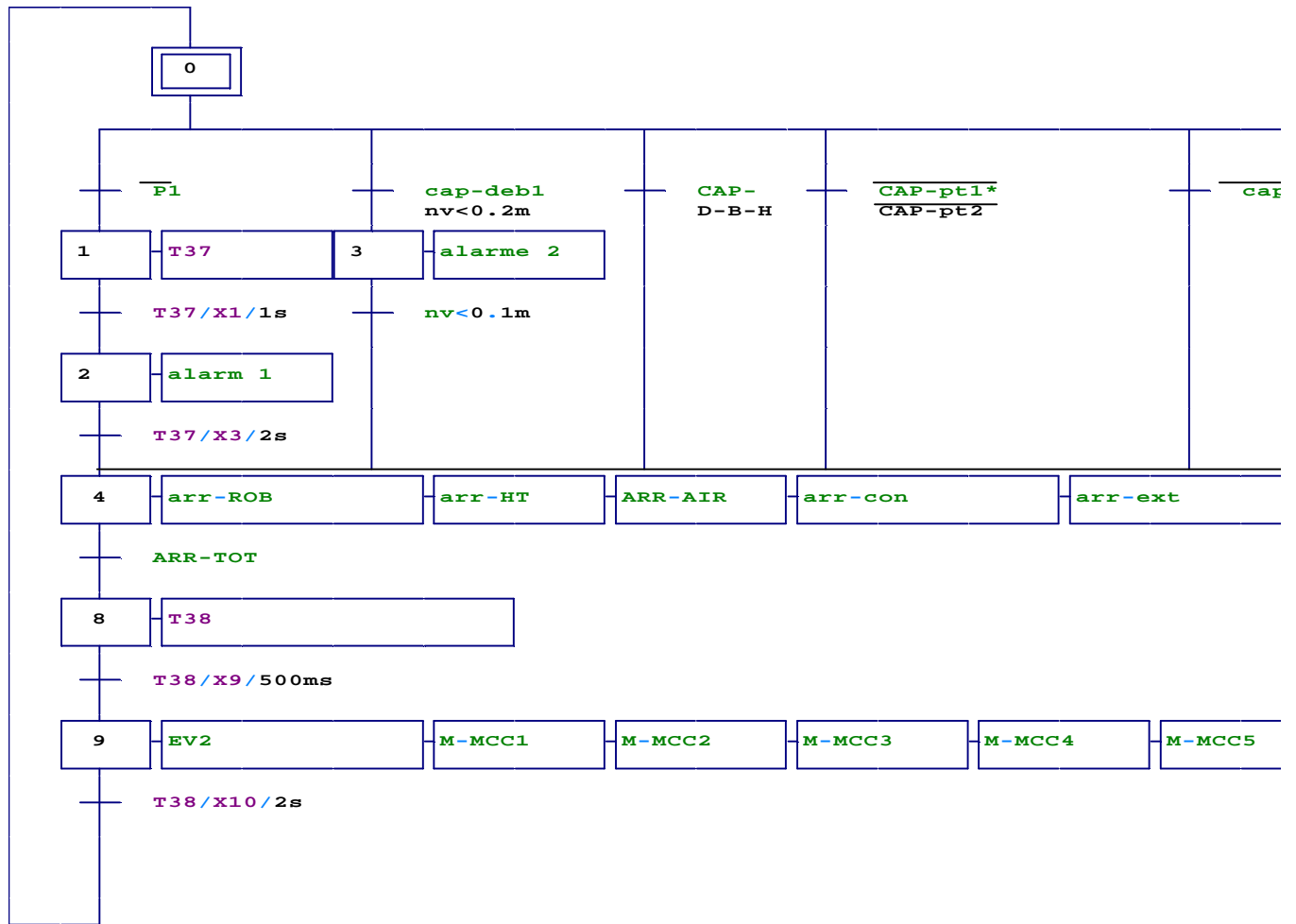


**GRAFSET de fonctionnement niveau 2 :**

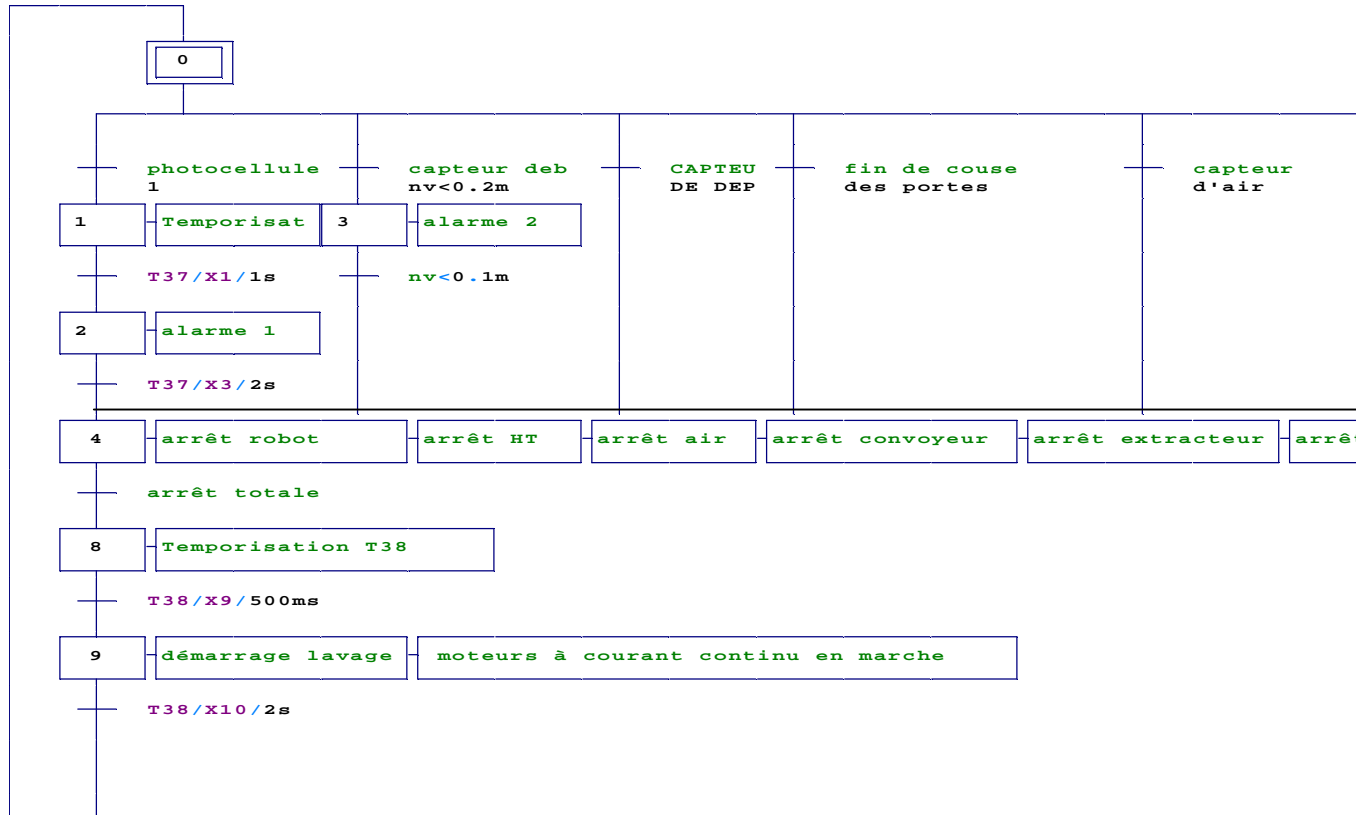




Grafctet de sécurité niveau 2



Grafcet de sécurité niveau 1



### III .5Conclusion :

Multiple sont les solutions d'automatisation pour un problème donné. Celles qu'on a proposées pour la station d'émaillage assurent la sécurité, réduisent le nombre d'intervenants et les pertes d'énergie et, sans doute, améliorent la cadence de production.

Après avoir réalisé la modélisation de la station améliorée par l'outil GRAFCET, le prochain chapitre sera consacré essentiellement, à la simulation de la partie opérative en utilisant le logiciel de simulation Micro Win.

### IV.1 Préambule :

Avant de passer à la réalisation matérielle d'un système industriel, il est nécessaire de vérifier son fonctionnement par simulation pour voir s'il est conforme aux objectifs fixés lors de sa conception. Il est donc essentiel de disposer d'un logiciel pouvant réaliser cette simulation.

Le logiciel de simulation ainsi que le logiciel de programmation dépendent de l'automate programmable utilisé et la technologie choisie.

L'objectif de ce présent chapitre est de présenter l'automate programmable S7-200, le logiciel de programmation step7 micro/win ainsi que le simulateur.

### IV.2 Choix de l'automate programmable:

Après avoir établi le cahier des charges de la nouvelle station ( station améliorée), on passe au choix de l'automate programmable le mieux adapter.

Le choix de l'automate programmable dépend d'un certain nombre de critères importants:

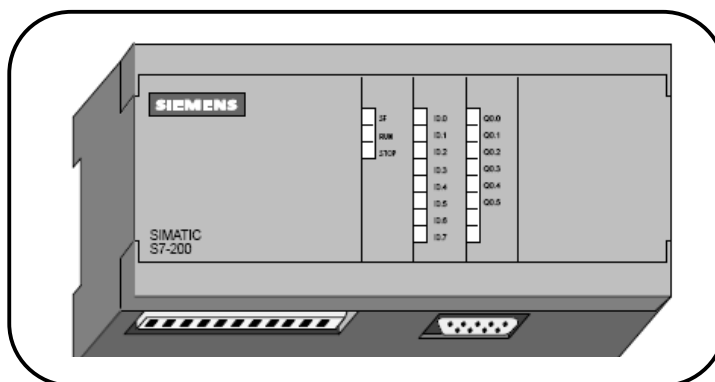
- Le nombre des entrées/ sorties ;
- La nature des entrées sorties (analogiques, numériques ; booléennes... ) ;
- La nature de traitement (temporisation, comptage... ) ;
- Le type de processeur (la taille de la mémoire, vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur) ;
- Les fonctions ou modules spéciaux ;
- La fonction de communication ;
- Le dialogue (la console détermine le langage de programmation) ;
- La fiabilité et la robustesse.

En tenant compte de ces points, nous avons choisis, pour l'automatisation de notre station: l'automate S7-200 avec une CPU 214 de la firme siemens.

### IV.3 Présentation de l'automate S7-200 :

La famille S7-200 est constituée de micro-automates programmables utilisables dans des applications de commande et de régulation dans le monde de l'industrie manufacturière et du contrôle de processus. C'est une solution compacte et économique.

Sa forme compacte, ses possibilités d'expansion, son faible prix et son important jeu d'opérations en font une solution idéale pour la commande de petites applications, surtout en termes de temps réel-rapide. En outre, le large choix de tailles et de tensions de CPU offre la souplesse nécessaire pour résoudre les problèmes d'automatisation. [8]



**Figure IV.1:** Automate S7-200.

### IV.3.1 Caractéristique de l'automate S7-200 :

- Petit et compact idéal pour toutes les applications contraignantes en espace disponible ;
- Eventail complet de fonctions de base sur tous les types de CPU ;
- Grande capacité mémoire ;
- Comportement temps réel exceptionnel: maîtriser sûrement le processus à chaque instant, c'est accroître la qualité, l'efficacité et la sécurité ;
- Manipulation simple grâce à la convivialité du logiciel STEP7-MICRO/WIN idéal aussi bien pour les débutants que pour les experts ;
- Large gamme de modules d'extension assurant différentes fonctions ;
- Large choix de CPU, riche en fonction de base et avec un port de communication programmable ;
- Les possibilités de communication du SIMATIC S7-200 sont exceptionnelles, les interfaces standard assurent la connexion des consoles de programmation, des interfaces homme-machine ainsi que des produits extérieurs tels que des modems, des imprimantes, des PC, ainsi le port USS permet le pilotage de 31 variateurs de vitesses ;
- Il est une véritable alternative économique pour les automatismes ;
- son faible prix et son important jeu d'opérations en font une solution idéale pour la commande de petites applications ;
- Le S7-200 surveille les entrées et modifie-les sorties conformément au programme utilisateur, qui peut contenir des opérations booléennes, des opérations de comptage, des opérations de temporisation, des opérations arithmétiques complexes et des opérations de communication avec d'autres unités intelligentes.

### VI.3.2 Description des CPU S7-200 :

La famille S7-200 comporte un large choix de CPU qui dispose ainsi de différentes fonctions permettant de concevoir une solution d'automatisation au meilleur prix possible.

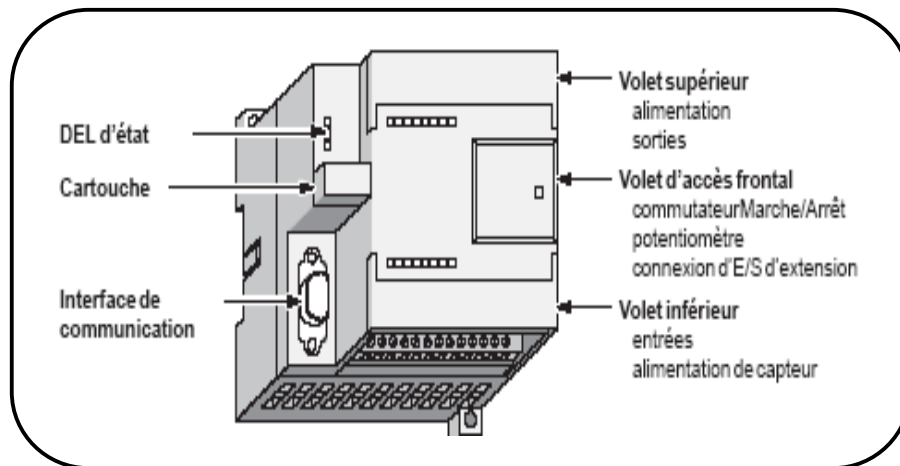
### IV.3.3 Composantes principales de l'automate programmable S7-200:

Un automate programmable S7-200 combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrées /sorties (E/S) complétée de divers modules d'extension facultatifs dans un boîtier compact afin de créer un puissant micro-automate.

- **CPU S7-200**

La CPU S7-200 est un appareil autonome compact comprenant une unité centrale (CPU ou UC), une alimentation et des entrées/sorties discrètes ;

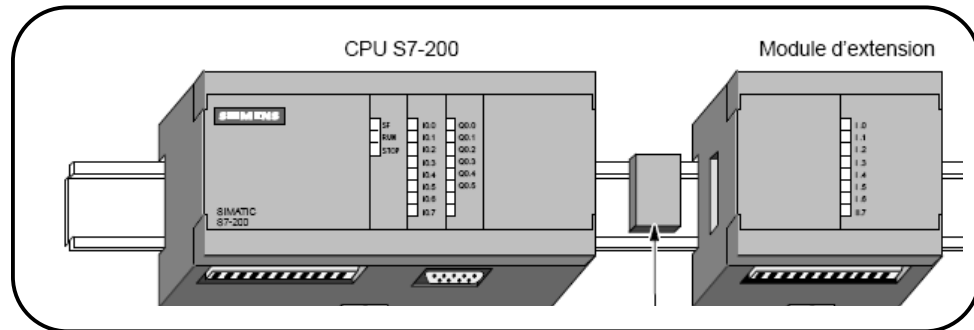
- \_ La CPU exécute le programme et sauvegarde les données pour la commande du processus ou de la tâche d'automatisation ;
- \_ On peut ajouter des E/S supplémentaires à la CPU par l'intermédiaire de modules d'extension, et ce jusqu'à la taille limite physique précisée ;
- \_ L'alimentation fournit de l'énergie électrique à l'appareil de base et à tout module d'extension connecté ;
- \_ Les entrées et les sorties sont les points de commande du système : les entrées surveillent les signaux des appareils sur site (tels que capteurs et commutateurs) et les sorties commandent pompes, moteurs et autres appareils du processus ;
- \_ L'interface de communication vous permet de connecter la CPU à une console de programmation ou à d'autres appareils ;
- \_ Des témoins (DEL) d'état donnent des informations visuelles sur l'état de fonctionnement de la CPU (Marche - RUN - ou Arrêt - STOP -), l'état en vigueur des entrées/sorties locales et la détection éventuelle d'une défaillance système ;
- \_ Certaines CPU comportent une horloge temps réel intégrée alors que d'autres ont besoin d'une cartouche d'horloge temps réel ;
- \_ Une cartouche EEPROM série enfichable vous permet de stocker des programmes CPU ou de transférer des programmes d'une CPU vers une autre ;
- \_ Une cartouche pile enfichable permet d'étendre la rémanence de la mémoire de données en mémoire vive.



**Figure IV. 3:** CPU S7-200.

- **Modules d'extension**

La CPU S7-200 comporte des entrées/sorties locales, et inclut une large variété de modules d'extension permettant d'ajouter des entrées/sorties à l'appareil de base et des fonctions à la CPU afin de répondre aux exigences des applications.



**Figure IV. 4:** CPU S7-200 avec module d'extension.

#### IV.4 Matériel et logiciel recommandés :

Le puissant logiciel de programmation Micro/WIN contient les outils et langage nécessaires pour toute la gamme S7-200 et permet d'associer au programme toutes les informations nécessaires à la communication avec l'API.

STEP 7-Micro/WIN 32, est une application logicielle s'exécutant sur un ordinateur personnel (pc) ou sur une console de programmation (PG) Siemens, telle PG 760.

Les matériels et logiciel suivants sont recommandés pour pouvoir utiliser STEP 7-Micro/WIN 32 :

- Système d'exploitation Windows 2000, Windows XP;
- Au moins 350 Mo d'espace libre sur disque dur ;
- L'un des équipements matériels suivants :
  - un câble PC/PPI connecté à votre interface de communication ;
  - une carte de processeur de communication (CP).
- Moniteur VGA ou tout moniteur pris en charge par Microsoft Windows ;
- Facultatif mais recommandé : toute souris prise en charge par Microsoft Windows ;
- STEP 7-Micro/WIN 32 fournit une aide en ligne complète et un manuel en ligne Mise en route. [12]

## IV.4.1 Eléments de la fenêtre STEP 7-Micro/WIN

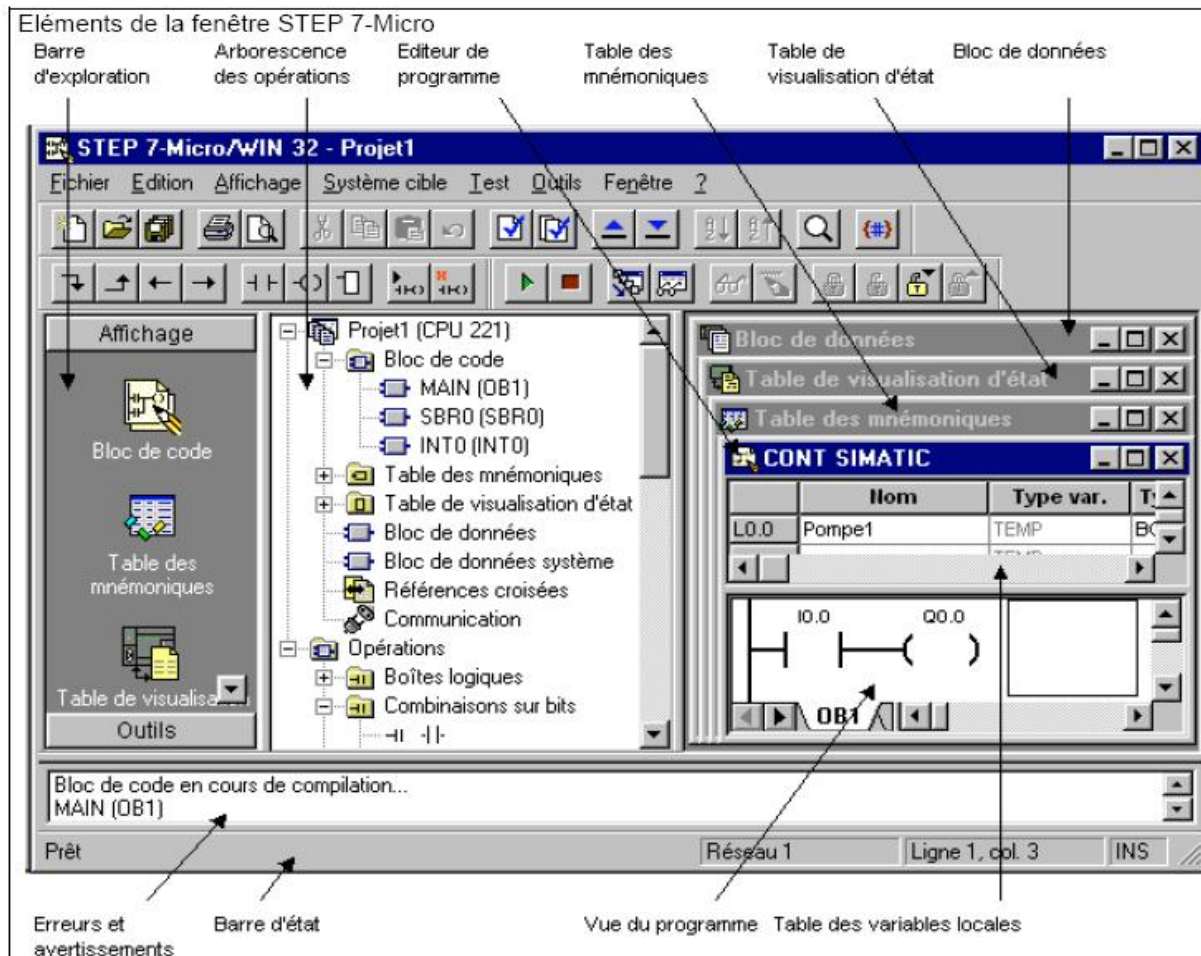


Figure IV.5 : Fenêtre de micro-Win.

## VI.4.2 Création D'un programme sous STEP7 MICRO /WIN :



1. Lancer le logiciel Micro-Win V4.0 STEP 7 MicroWIN SP5.Ink ;
2. Cliquer sur l'icône bloc de code pour ouvrir l'éditeur de programme ;
3. Ouvrir un nouveau projet ;



Figure IV. 6: Fenêtre de navigation.

4. Dans projet, choisir le type de CPU de l'automate ;

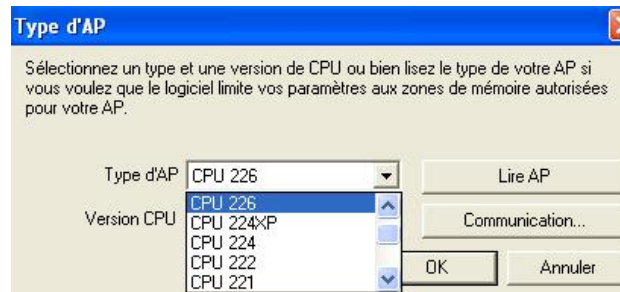


Figure IV. 7: Choisir le type d'automate.

5. Dans outils, sélectionner option et choisir le type d'éditeur à utiliser ainsi que le jeu d'opérations (programmation SIMATIC ou CEI 1131-3) ;

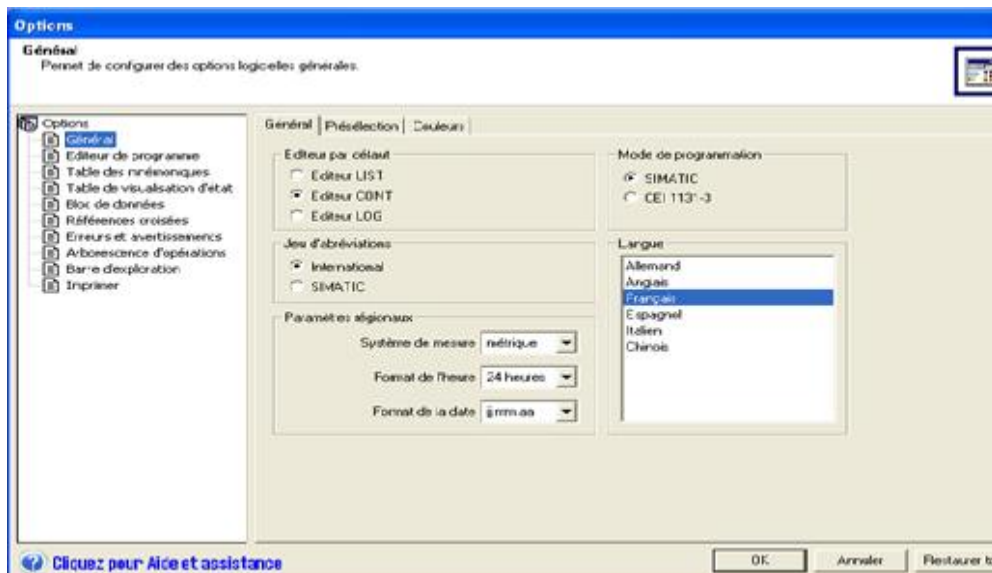


Figure IV.8: choix de mode de programmation.

6. Lancer la table des Mnémoniques et rentrer les mnémoniques correspondant au grafcet ;

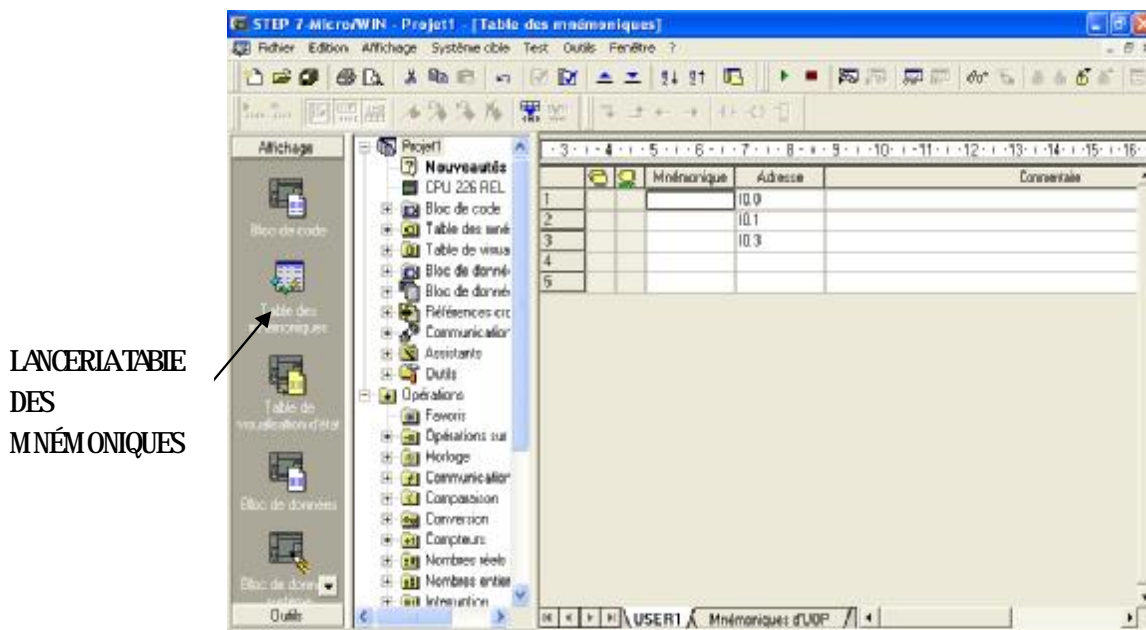


Figure IV.9 : Table des mnémoniques.

7. Examiner l'arborescence des opérations et l'éditeur de programme (afin d'insérer des opérations CONT dans les réseaux) ;
8. Une fois le programme saisi enregistrer le ;

9. Transférer le programme dans la CPU de L'API ;

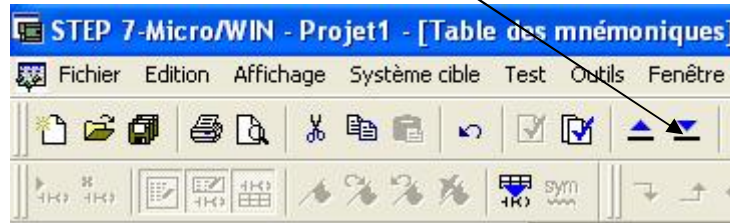


Figure IV. 10: barres d'outils.

10. Lancer l'automate en RUN ;



Figure IV. 11: Barre d'outils de S7-200.

11. Teste de programme ;

12. Lancer la visualisation des variables actives.

## VI. 5 Simulation et test du programme :

Après l'élaboration de programme automate, on passe à l'étape de validation du programme par simulation afin de vérifier le bon fonctionnement de notre automatisme.

La simulation se fait avec le logiciel MFC S7-200 qui est un logiciel optionnel de Micro/win, utilisé spécialement pour le test du programme Micro/WIN pour l'automate S7-200.

### VI.5.1 Simulation avec le logiciel de simulation MFC S7-200:

Cette application dispose d'une interface permettant la surveillance et la modification des différents paramètres utilisés par le programme (comme par exemple d'activer ou désactiver des entrées).

Mode de fonctionnement de la CPU:

La CPU (214) du S7-200 présente trois modes de fonctionnement qui sont:

• **Mode SF** : l'automate exécute le programme. Dans ce mode il est possible de transférer un programme de l'automate vers l'ordinateur ou inversement ainsi que de modifier le programme dans l'automate.


• **Arrêt (STOP)** : la CPU n'exécute pas de programme. Dans cet état de fonctionnement il est possible de transférer un programme de l'ordinateur vers l'automate ou de configurer la CPU.

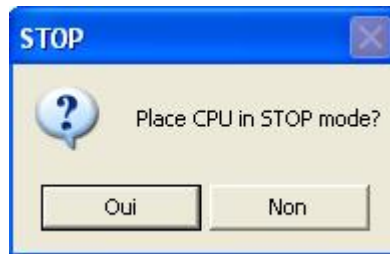
• **Mode marche (RUN)** : la CPU exécute le programme. Dans ce mode, il est possible de transférer un programme de l'automate vers l'ordinateur. Il est toute fois impossible de transférer un programme de l'ordinateur vers l'automate ou de configurer la CPU.

### VI.5.2 Mise en route de logiciel MFC S7-200 :

La procédure à suivre est la suivante:

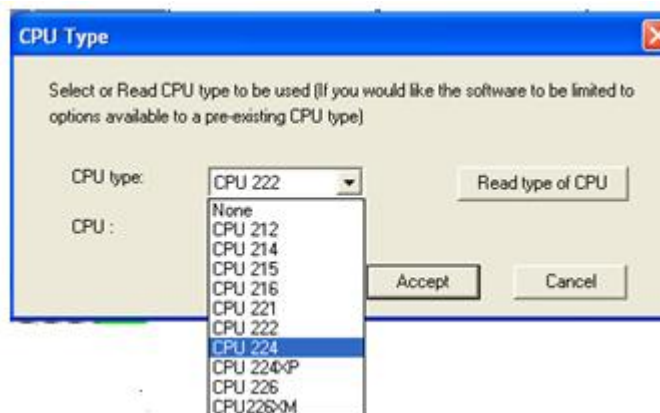


1. Le lancement du simulateur en cliquant sur `S7_200.exe` ;
2. Mettre ma CPU en mode STOP  ;



**Figure IV. 12:** Mode STOP.

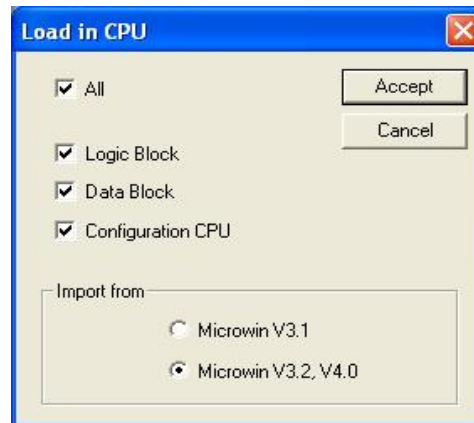
3. Choisir le type de CPU avec laquelle on travaille en sélectionnant la commande ;
4. Configuration → CPU type ;




**Figure IV.13 :** Type de CPU.

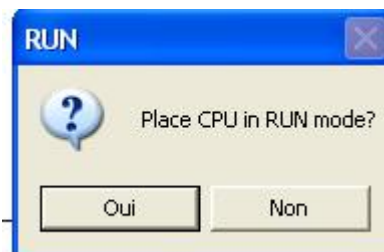
5. Charger le programme de l'ordinateur vers la CPU en sélectionnant la commande Program → load program.

NB: pour cette action, le programme saisi dans le logiciel Micro/win doit être auparavant exporté dans un fichier.



**Figure IV. 14:** charger le programme.



6. Mettre la CPU en mode  RUN ;



**Figure IV. 15:** Mode RUN.

7. Une fois le programme est chargé dans la CPU, on active des entrées pour visualiser les résultats.

Et pour la visualisation de l'état de programme ; on sélectionne la commande

state program  et state table  .

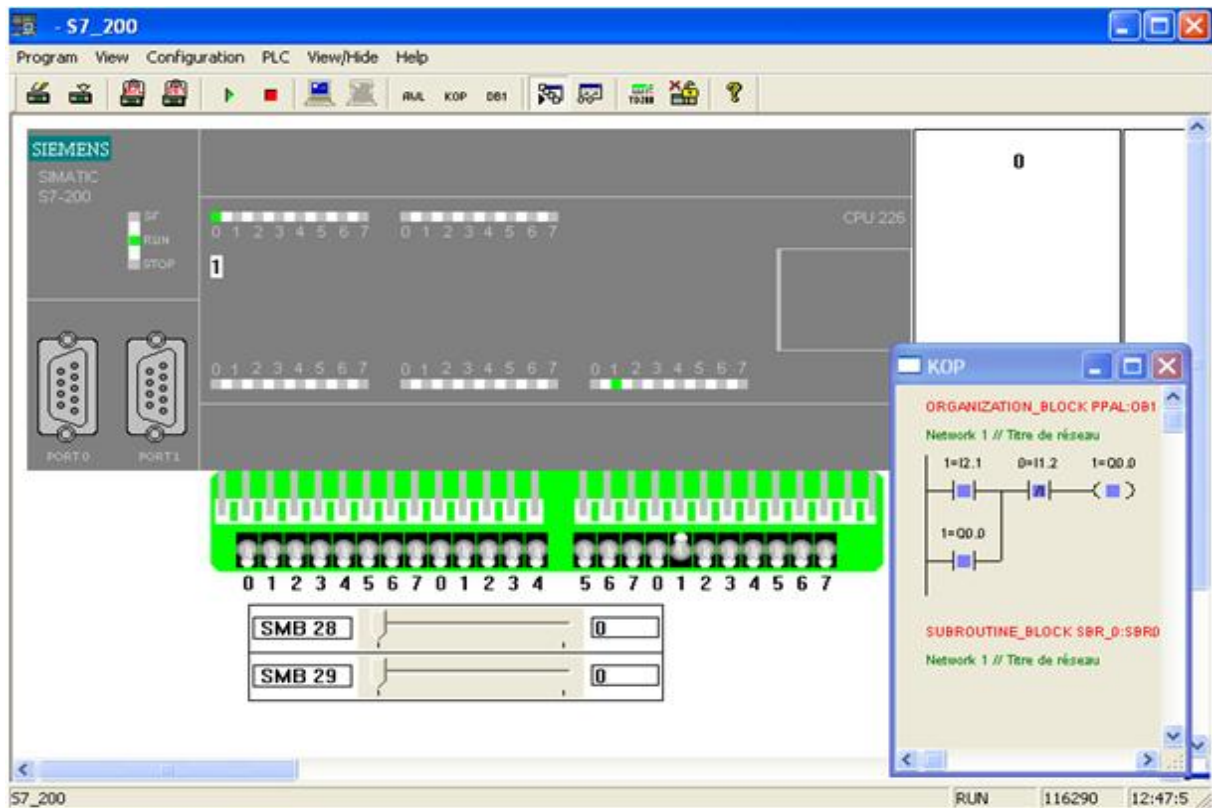


Figure IV. 16: Exemple de simulation avec MFC S7-200.

#### IV.6 Discussion :

Ce chapitre nous a permis de présenter l'automate programmable S7-200 de la firme Siemens que nous avons choisi pour l'automatisation de la station d'émaillage en se basant sur les critères de choix de l'automate ainsi que le cahier des charges de notre station.

Le logiciel de programmation Micro/Win qui constitue le lien entre l'utilisateur et l'automate S7-200, maniable et facile à utiliser.

L'implémentation du langage LADDER et l'utilisation du logiciel de simulation MFC S7-200 nous a permis de visualiser l'état de sorties en activant les entrées l'une après l'autre.

Ce test montre que le programme élaboré correspond au fonctionnement souhaité.

La simulation logicielle est une démarche nécessaire pour la détection des erreurs du programme avant sa mise en fonctionnement. Grâce au logiciel de simulation MFC S7-200 nous avons pu visualiser et simuler quelques blocs le programme avec succès.



Le travail que nous avons effectué dans le cadre de ce projet de fin d'étude, avec l'appui du stage pratique à l'entreprise nationale des industries de l'électroménager ENIEM, nous a permis de découvrir la réalité de l'activité d'un complexe industriel, de mettre ainsi en pratique nos connaissances théoriques et de nous familiariser avec les automatismes industriels.

Après l'étude de la station, nous avons tenté d'améliorer le fonctionnement, en faisant appel à des composants en vue d'une automatisation plus poussée à base d'API S7-200.

La station améliorée est également modélisée en utilisant l'outil GRAFCET qui assure un compromis entre puissance, simplicité et adéquation avec les besoins et facilite la tâche de programmation.

On mode exécution, le logiciel micro-Win, permet de contrôler directement des équipements hydrauliques, pneumatiques, ou d'autres parties opératives réelles.

La simulation du programme en langage à contact (Ladder) élaboré et les tests effectués montrent que la partie commande interprète la succession et la coordination des actions exigées par le cahier des charges de la partie opérative.

Enfin, nous espérons que notre le travail réalisé dans le cadre de ce mémoire pourra être concrétisé sur le plan pratique et qu'il sera un support pour les futurs étudiants désirant automatiser des processus industriels.

**AP**

Type : CPU 214 REL 01.11

**Interfaces**

	<b><u>Interface 0</u></b>	<b><u>Interface 1</u></b>
Adresse AP :	2	.
Adresse la plus élevée :	31	.
Débit :	9,6 kbps	.
Nb. de nouvelles tentatives :	3	.
Facteur mise à jour intervalle :	10	.

**Zones rémanentes**

	<b><u>Zone données</u></b>	<b><u>Décalage</u></b>	<b><u>Nombre d'éléments</u></b>
Plage 0	VB	0	4096
Plage 1	VB	0	0
Plage 2	T	0	32
Plage 3	T	64	32
Plage 4	C	0	128
Plage 5	MB	14	18

**Mot de passe**

Droits: Tous (niveau 1)

**Table de sorties TOR**

Figurer les sorties à leur dernier état: Non

	<b><u>7</u></b>	<b><u>6</u></b>	<b><u>5</u></b>	<b><u>4</u></b>	<b><u>3</u></b>	<b><u>2</u></b>	<b><u>1</u></b>	<b><u>0</u></b>
Q0.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q1.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q2.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q3.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q4.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q5.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q6.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q7.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q8.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q9.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q10.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q11.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q12.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q13.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q14.x	.	.	.	.	.	.	.	.
Q15.x	.	.	.	.	.	.	.	.

**Table de sorties analogiques**

Cette fonction n'est pas prise en charge par le type d'AP en cours.

**Filtres d'entrées TOR**

I0.0 - I0.3:	4.40
I0.4 - I0.7:	4.40
I1.0 - I1.3:	4.40
I1.4 - I1.5:	4.40

**Filtres d'entrées analogiques**

Cette fonction n'est pas prise en charge par le type d'AP en cours.

**Bits de capture d'impulsions**

Cette fonction n'est pas prise en charge par le type d'AP en cours.

**Temps d'arrière-plan**

Cette fonction n'est pas prise en charge par le type d'AP en cours.

**Configuration EM**

Cette fonction n'est pas prise en charge par le type d'AP en cours.




**Configurer DEL**

Cette fonction n'est pas prise en charge par le type d'AP en cours.



**Augmenter la mémoire**

Cette fonction n'est pas prise en charge par le type d'AP en cours.

Programme de la station d'émaillage

 	Mnémonique	Adresse	Commentaire
	alarm1	Q0.7	absence pièce
	alarm2	Q1.0	MANQUE D'EMAIL
	arr_rob	I0.2	arrêt robot
	AU	I0.1	arrêt d'urgence
	BP_mar	I1.5	bouton marche station
	cap_air	I0.6	capteur d'air
	cap_con	I1.6	
	cap_D_B_H	I1.4	capteur de déplacement haut et bas
	cap_deb1	AIW2	capteur de débit d'email
	cap_deb2	I1.1	capteur de débit d'huile
	cap_HT	I1.3	capteur de haute tension
	cap_ind	I1.2	capteur inductif
	cap_pt1	I0.7	fin de course de la cabine d'émaillage
	cap_pt2	I1.0	fin de course de la cuve d'email
	cap_T	AIW0	capteur de temperature
	enc	I0.0	encodeur
	EV1	Q0.0	démarrage d'email
	EV2	Q0.1	démarrage de lavage
	EV3	Q0.2	soufflage d'air dans la cuve
	EV4	Q0.3	monté du robot
	EV5	Q0.4	descente robot
	m_air	Q1.4	démarrage d'air dans la station
	m_con	Q1.1	marche convoyeur
	m_ext	Q1.2	marche extracteur
	m_HT	Q1.3	marche haute tension
	m_hyd	Q1.5	moteur hydraulique en marche
	m_mcc	Q0.5	démarrage des moteurs à courant continu
	m_rad	Q0.6	marche radiateur
	P1	I0.3	photocellule 1
	P2	I0.4	photocellule 2
	P3	I0.5	photocellule 3
	sec	M4.0	sécurité de fonctionnement
		M0.0	niveau d'email insuffisant

Programme de la station d'émailage

 	Mnémonique	Adresse	Commentaire
	SBR_0	SBR0	sécurité de fonctionnement
	SBR_1	SBR1	FONCTIONNEMENT DE LA STATION
	HSC_INIT	SBR2	COMTEUR RAPIDE POUR L'ENCODEUR
	SBR_3	SBR3	VALEUR ANALOGIQUE
	S_ITR	SBR4	LIBRARY: Scale V1.1 (with limitation)
	INT_0	INT0	COMMENTAIRES DE PROGRAMME D'INTERRUPTION
	PPAL	OB1	

Programme de la station d'émailage

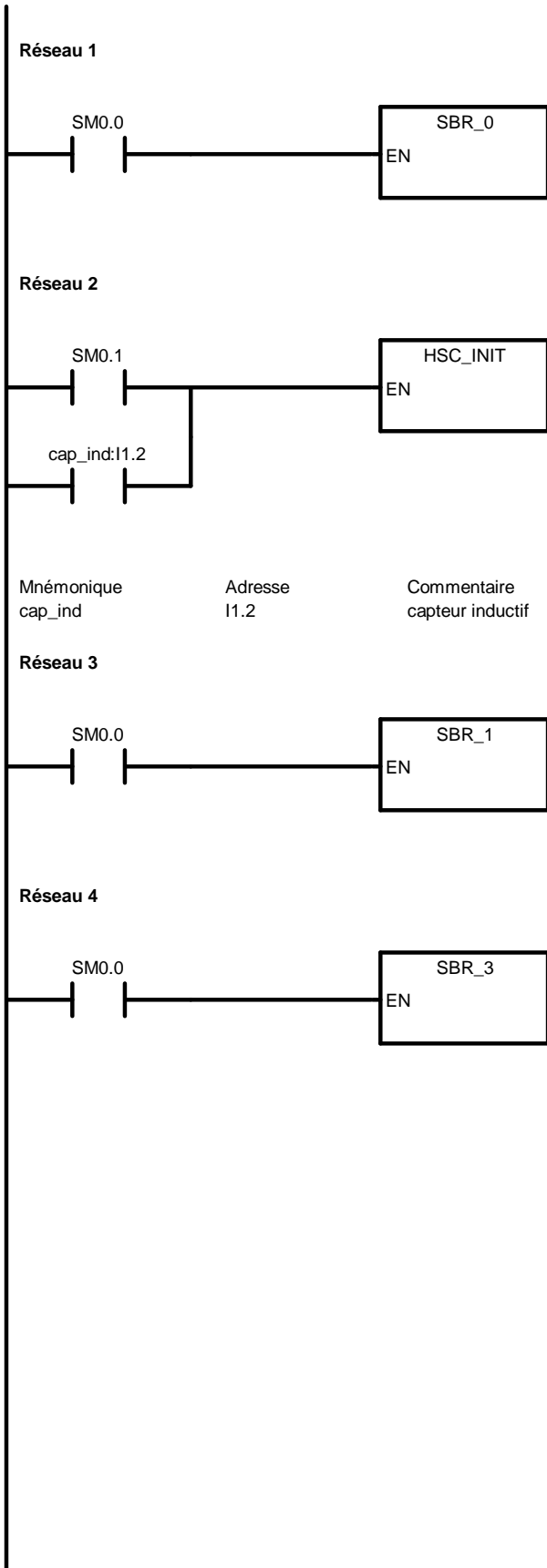


Mnémonique

Adresse

Commentaire

Bloc : PPAL  
Auteur :  
Date de création : 12.06.2010 18:10:05  
Dernière modification : 24.06.2010 21:04:25

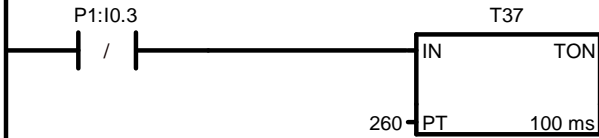


Bloc : SBR\_0  
 Auteur :  
 Date de création : 13.06.2010 13:14:55  
 Dernière modification : 23.06.2010 21:22:18

sécurité de fonctionnement

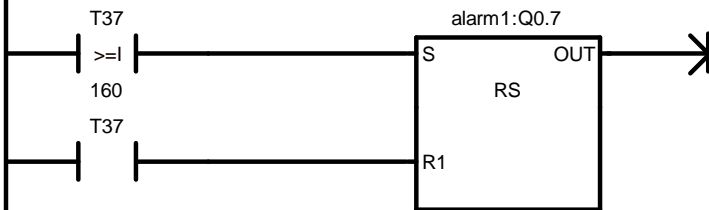
**Réseau 1**

absence de pièce



Mnémonique	Adresse	Commentaire
P1	I0.3	photocellule 1

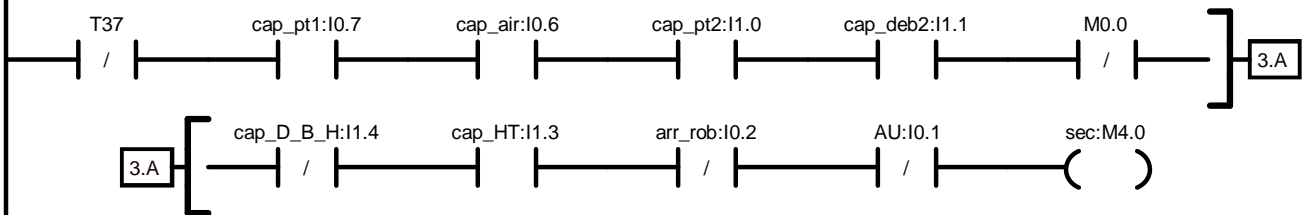
**Réseau 2**



Mnémonique	Adresse	Commentaire
alarm 1	Q0.7	absence pièce

**Réseau 3**

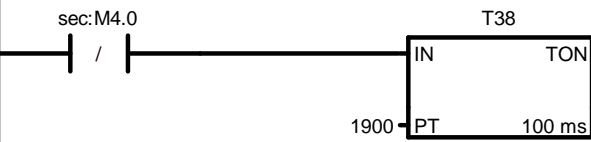
sécurité



Mnémonique	Adresse	Commentaire
arr_rob	I0.2	arrêt robot
AU	I0.1	arrêt d'urgence
cap_air	I0.6	capteur d'air
cap_D_B_H	I1.4	capteur de déplacement haut et bas
cap_deb2	I1.1	capteur de débit d'huile
cap_HT	I1.3	capteur de haute tension
cap_pt1	I0.7	fin de course de la cabine d'émaillage
cap_pt2	I1.0	fin de course de la cuve d'email
sec	M4.0	sécurité de fonctionnement

**Réseau 4**

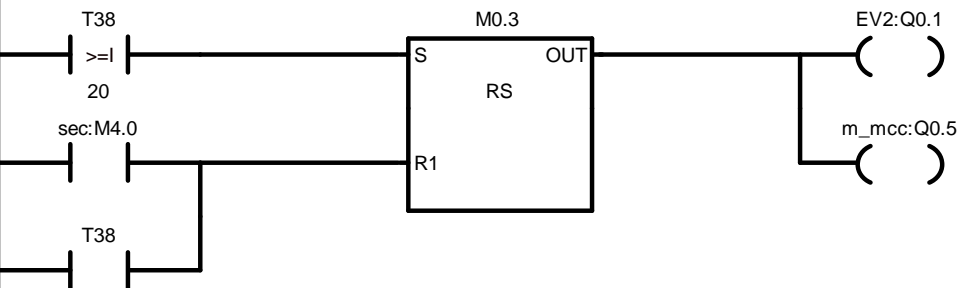
temporisation après l'arrêt de la station



Mnémonique	Adresse	Commentaire
sec	M4.0	sécurité de fonctionnement

**Réseau 5**

déclenchement de lavage et des moteur à courant continu



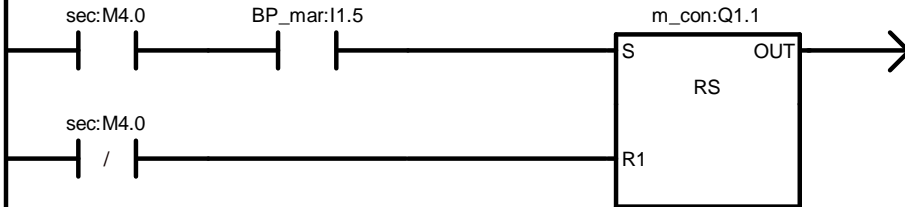
Mnémonique	Adresse	Commentaire
EV2	Q0.1	démarrage de lavage
m_mcc	Q0.5	démarrage des moteurs à courant continu
sec	M4.0	sécurité de fonctionnement

Bloc : SBR\_1  
 Auteur :  
 Date de création : 13.06.2010 13:15:22  
 Dernière modification : 24.06.2010 21:04:25

FONCTIONNEMENT DE LA STATION

**Réseau 1**

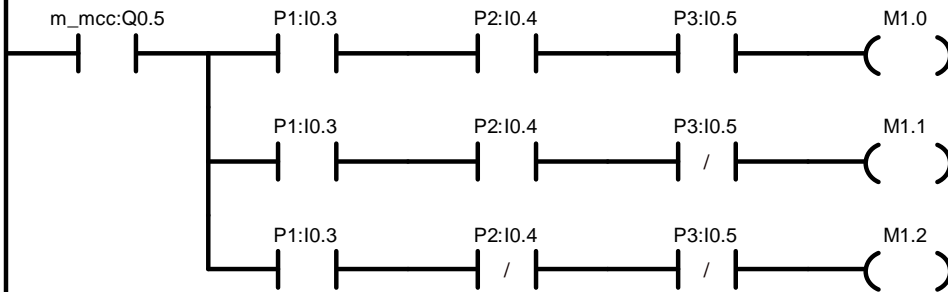
CONVOYEUR EN MARCHÉ



Mnémonique	Adresse	Commentaire
BP_mar	I1.5	bouton marche station
m_con	Q1.1	marche convoyeur
sec	M4.0	sécurité de fonctionnement

**Réseau 2**

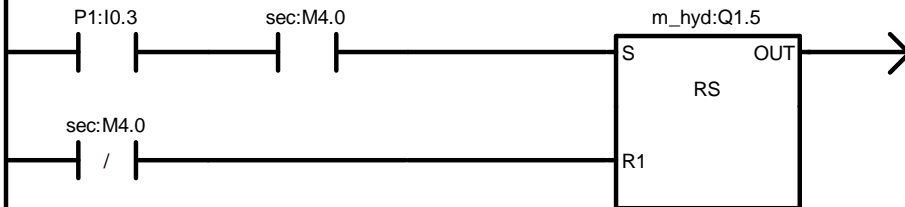
HAUTEUR DES PIÉCES



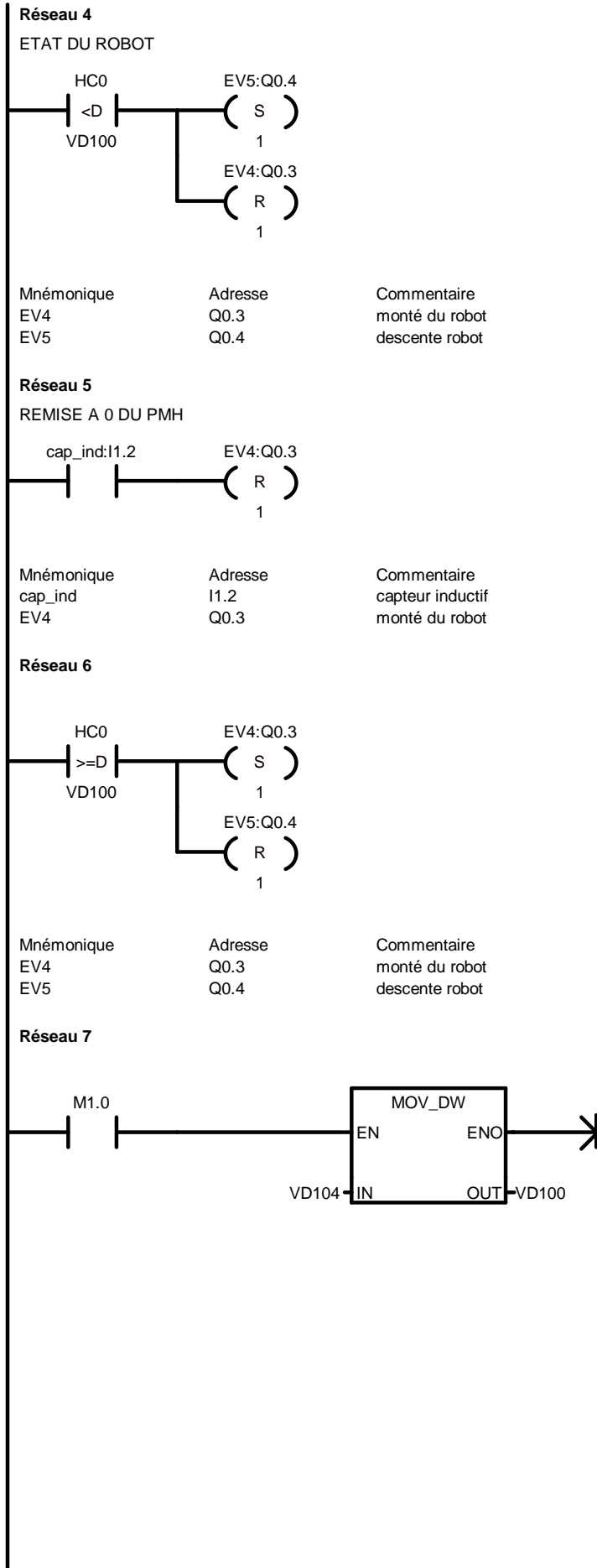
Mnémonique	Adresse	Commentaire
m_mcc	Q0.5	démarrage des moteurs à courant continu
P1	I0.3	photocellule 1
P2	I0.4	photocellule 2
P3	I0.5	photocellule 3

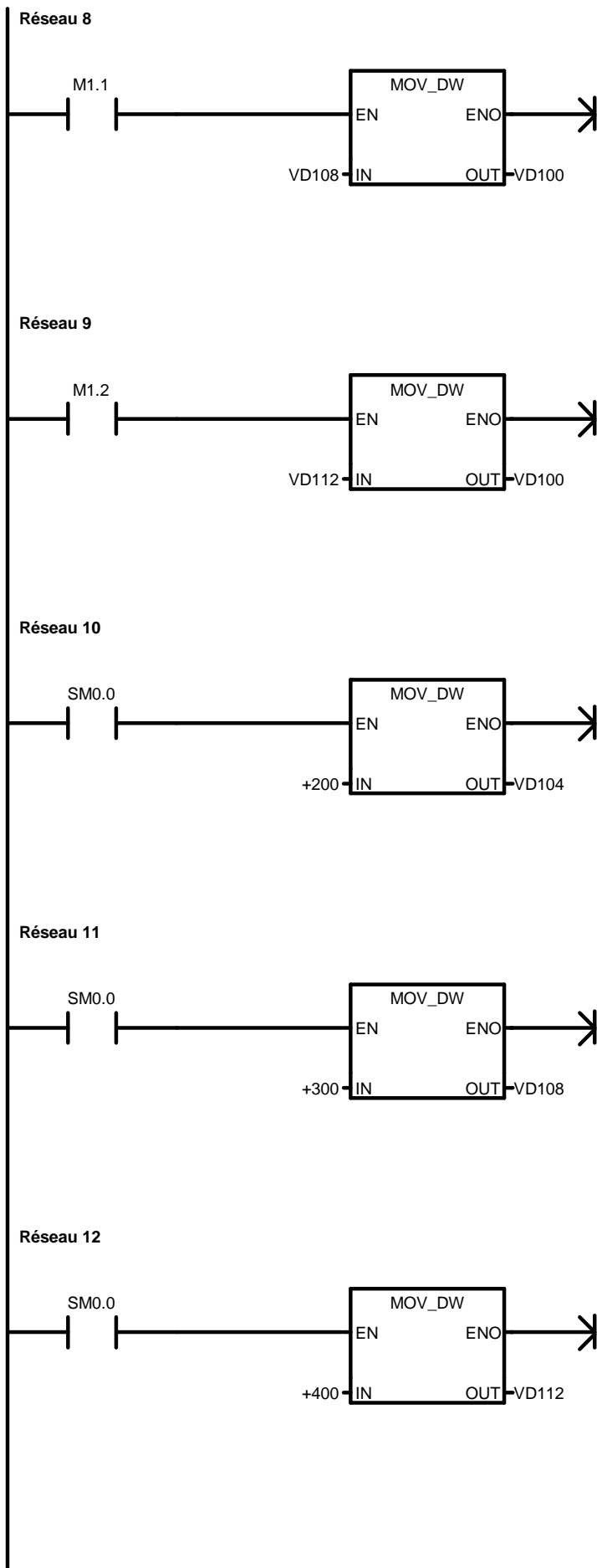
**Réseau 3**

mise en ,arche moteur hydraulique



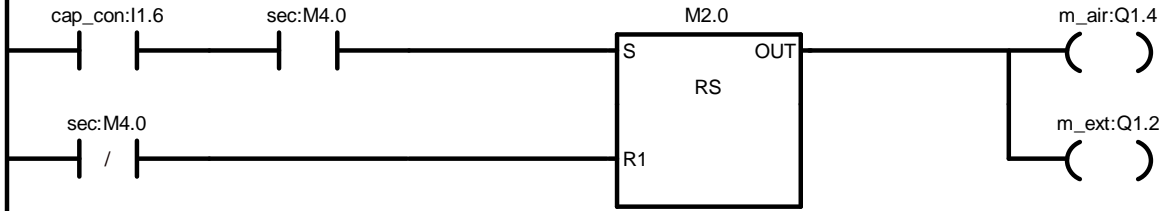
Mnémonique	Adresse	Commentaire
m_hyd	Q1.5	moteur hydraulique en marche
P1	I0.3	photocellule 1
sec	M4.0	sécurité de fonctionnement





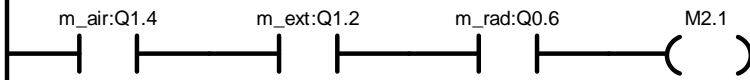
**Réseau 13**

mise en marche d'extracteur et d'air



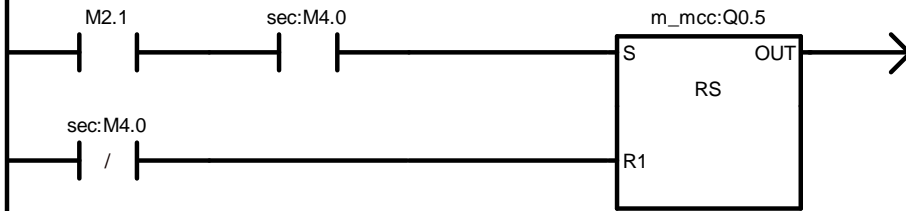
Mnémonique	Adresse	Commentaire
cap_con	I1.6	
m_air	Q1.4	démarrage d'air dans la station
m_ext	Q1.2	marche extracteur
sec	M4.0	sécurité de fonctionnement

**Réseau 14**



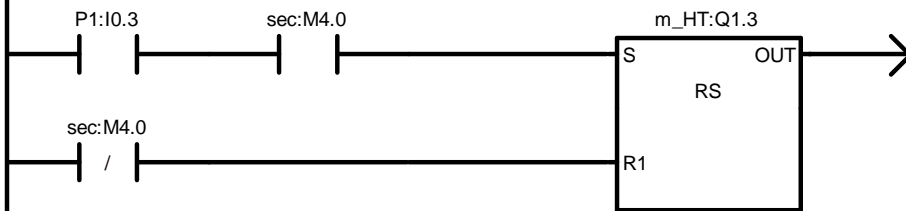
Mnémonique	Adresse	Commentaire
m_air	Q1.4	démarrage d'air dans la station
m_ext	Q1.2	marche extracteur
m_rad	Q0.6	marche radiateur

**Réseau 15**

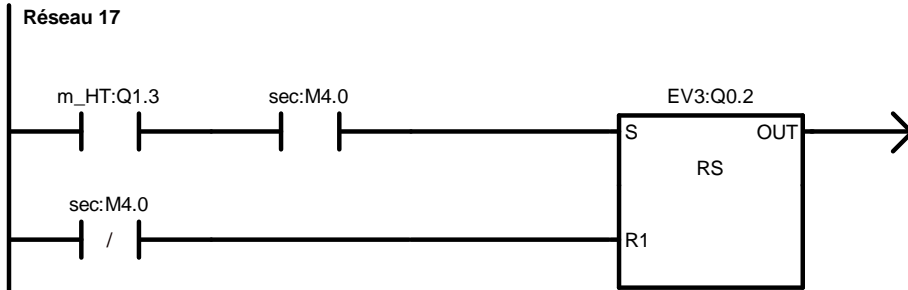


Mnémonique	Adresse	Commentaire
m_mcc	Q0.5	démarrage des moteurs à courant continu
sec	M4.0	sécurité de fonctionnement

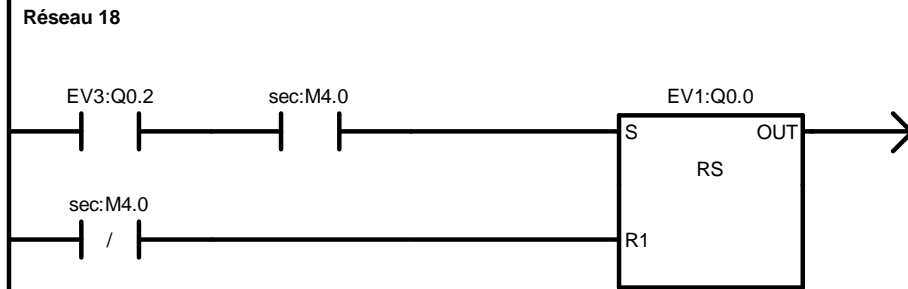
**Réseau 16**



Mnémonique	Adresse	Commentaire
m_HT	Q1.3	marche haute tension
P1	I0.3	photocellule 1
sec	M4.0	sécurité de fonctionnement

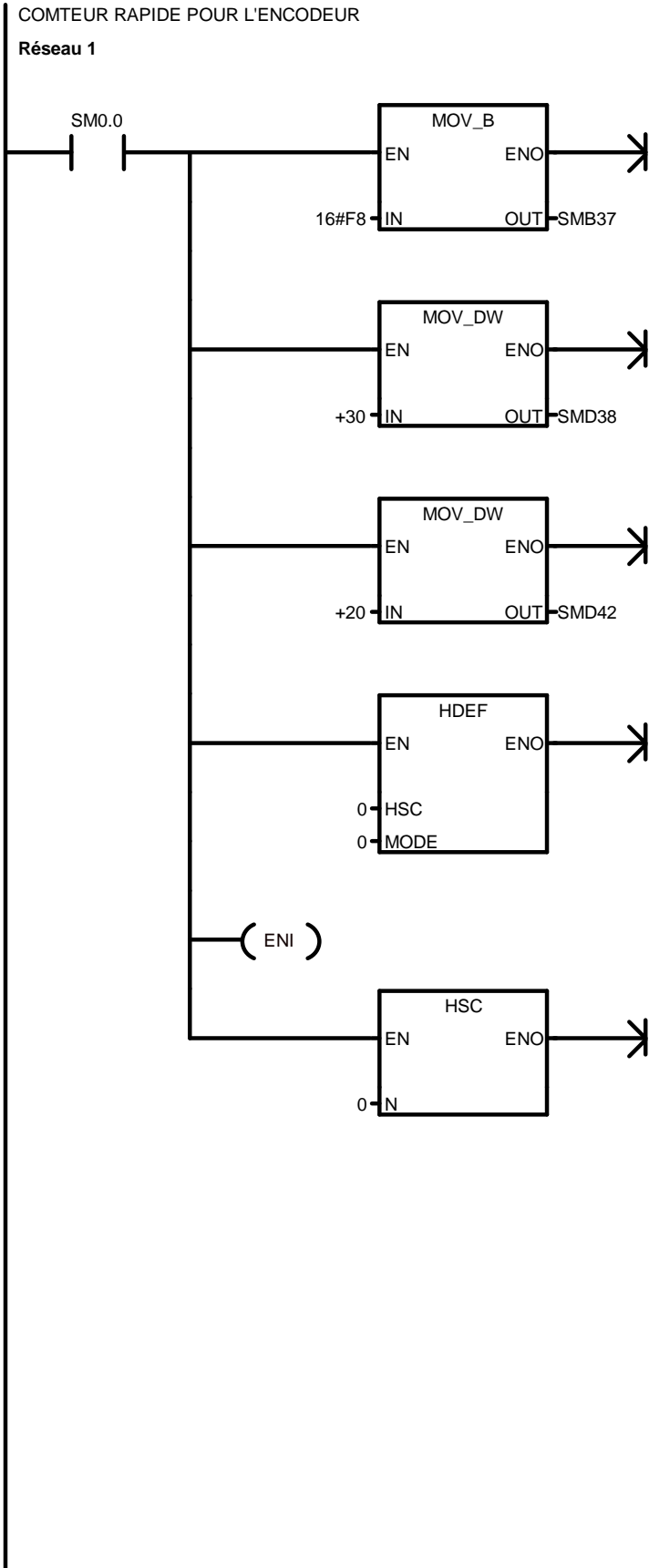


Mnémonique	Adresse	Commentaire
EV3	Q0.2	soufflage d'air dans la cuve
m_HT	Q1.3	marche haute tension
sec	M4.0	sécurité de fonctionnement

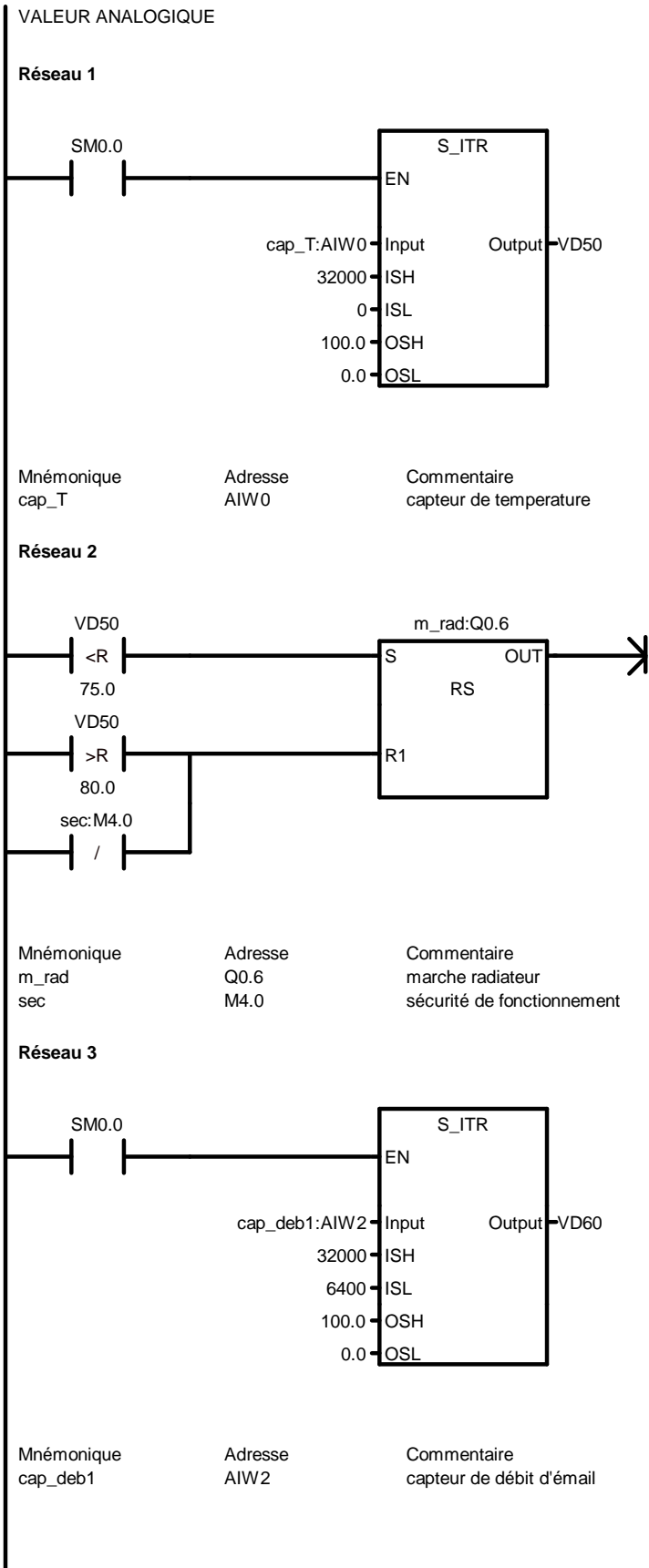


Mnémonique	Adresse	Commentaire
EV1	Q0.0	démarrage d'émail
EV3	Q0.2	soufflage d'air dans la cuve
sec	M4.0	sécurité de fonctionnement

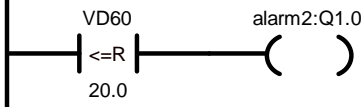
Bloc : HSC\_INIT  
Auteur :  
Date de création : 13.06.2010 13:15:22  
Dernière modification : 16.06.2010 19:41:19



Bloc : SBR\_3  
 Auteur :  
 Date de création : 13.06.2010 13:19:18  
 Dernière modification : 15.06.2010 23:14:32

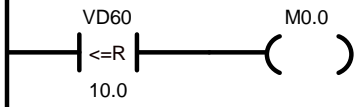


**Réseau 4**



Mnémonique	Adresse	Commentaire
alarm2	Q1.0	MANQUE D'EMAIL

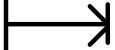
**Réseau 5**



Bloc : INT\_0  
Auteur :  
Date de création : 13.06.2010 13:14:55  
Dernière modification : 16.06.2010 19:42:17

COMMENTAIRES DE PROGRAMME D'INTERRUPTION

Réseau 1



Bloc : S\_ITR  
Auteur :  
Date de création : 17.12.2007 15:15:23  
Dernière modification : 13.06.2010 14:47:46



LIBRARY: Scale V1.1 (with limitation)

HISTORY

V1.0 Scale\_E (without limitation)

LIABILITY

Siemens AG does not accept liability of any kind for damages arising from the use of this application, except where it is obliged to by law, in cases such as damage to items used for personal purposes, personal injury, willful damage or gross negligence.

WARRANTY

The program examples given are specific solutions to complex tasks which were worked on by Customer Support. We must also point out that it is not possible in the current state of the technology to exclude all errors in software programs under all conditions of use. The program examples were prepared according to the best of our knowledge. However, we cannot accept any liability beyond the standard guarantee for Class C software in accordance with our General Terms of Sale for Software Products for Automation and Drive Technology". The program examples can be purchased on the Internet as single licenses. They may not be transferred to a third party.

PASSWORD

The password of the library is "1234"

S\_ITR

Scale Integer to Real

The formula is as follows:

$$Ov = [(OSH - OSL) * (Iv - ISL) / (ISH - ISL)] + OSL$$

with  $ISL \leq Iv \leq ISH$

and  $OSL \leq Ov \leq OSH$

Ov	=	output value (REAL)
Iv	=	input value (INT)
OSH	=	high limit of the scale for the output value (REAL)
OSL	=	low limit of the scale for the output value (REAL)
ISH	=	high limit of the scale for the input value (INT)
ISL	=	low limit of the scale for the input value (INT)

BIBLIOTHEK: Scale V1.1 (mit Begrenzung)

VERALTERTE VERSIONSSTÄNDE

V1.0 Scale\_D (ohne Begrenzung)

HAFTUNGS AUSSCHLUSS

Bei diesem Programm baustein handelt es sich um FREEWARE.

Jedem Benutzer steht es frei, dieses Programm UNENTGELTLICH zu nutzen, zu kopieren und weiterzugeben.

Die Autoren und Rechtsinhaber dieses Programms schließen jegliche Haftung für die Funktionstüchtigkeit oder Kompatibilität dieser Software aus.

Die Benutzung erfolgt auf eigene Gefahr.

Da diese Software kostenlos ist, entfällt jegliche Gewährleistung, Anspruch auf Fehlerkorrektur und Hotlinesupport.

PASSWORD

Das Passwort der Bibliothek ist "1234"

S\_ITR

Ganze Zahl in Realzahl skalieren

Die Formel lautet wie folgt:

$$Ov = [(OSH - OSL) * (Iv - ISL) / (ISH - ISL)] + OSL$$

mit  $ISL \leq Iv \leq ISH$

und  $OSL \leq Ov \leq OSH$

Ov	=	Ausgangswert (REAL)
Iv	=	Eingangswert (INT)
OSH	=	oberer Grenzwert der Skala für den Ausgangswert (REAL)
OSL	=	unterer Grenzwert der Skala für den Ausgangswert (REAL)
ISH	=	oberer Grenzwert der Skala für den Eingangswert (INT)
ISL	=	unterer Grenzwert der Skala für den Eingangswert (INT)

# BIBLIOGRAPHIES:

## OUVRAGES:

[1] F.CASTELLAZZI, Y.GANGLOFF, D.COGNIEL «Memotech maintenance industrielle»;

Édition CASTEILLA, PARIS, Septembre 1998.

[2] JEAN HENG « Pratique de la maintenance préventive»; Edition Dunod, Paris 2002.

[3] Georges Asch et collaborateur, « Les capteurs en instrumentation industrielle»;

Édition Dunod 1999.

[4]M.BLANCHARD «comprendre maîtriser et appliquer le grafcet» ;

Édition CÉPADUES, France.

## INTERNETS:

[5] [www.ENIEM-dz.com](http://www.ENIEM-dz.com) ; [6] [www.lory-sommer.com](http://www.lory-sommer.com) ;

[7] [www.matière-email.com](http://www.matière-email.com) ; [8] [www.siemens.com/S7-200](http://www.siemens.com/S7-200) ;

[9] [Enseigner l'électronique et l'électrotechnique industriel/Phillip Le Brun.Vadée@viana.fr](mailto:Vadée@viana.fr)

## MÉMOIRES :

[10] BOUCHIBA.K, BAKHOUCHE.F, GHERBI. M «Etude et automatisation par automates programmables S7-300 d'une presse transfert à l'entreprise ENIEM» ;

Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou ,2009.

[11]AIT AOUDIA.S, MEDJKANE.F ; «Automatisation d'une ligne d'émaillage électrostatique à base d'un automate télémécanique TSX 57 20 à l'ENIEM » ;

Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou ,2009.

## AUTRES:

[12] Documentation du logiciel micro/Win, [13] Documentation de l'entreprise ENIEM.