

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou**



**Faculté de Génie Electrique et d'Informatique**  
**Département d'Automatique**

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

En vue de l'obtention du diplôme

*D'INGENIEUR D'ETAT EN AUTOMATIQUE*

*Thème*

Développement d'une solution programmable  
à base de l'API S7-300 de l'installation de  
polissage de BCR

Proposé par : **B.SAHNOUNE**

Présenté par :

Dirigé par : **O.CHILALI**

**ILLOULA Nassim**

**BERREFAS Ahmed**

Soutenu le : 07 / 07 /2009      Devant le jury d'examen composé de :

Présidente	M. AIT AIDER
Promotrice	O. CHILALI
Examineur	F. BOUDJEMEA
Examineur	A. HADDOUCHE

*Promotion 2009*

# *Remerciements*

Au terme de notre travail nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre co-promoteur Mr A.SAHNOUN, Mr Layadi et Melle Raffa debah qui nous ont accepté à l'entreprise et proposer ce sujet et pour l'aide qu'ils nous ont apporté, ainsi que toute l'équipe de maintenance.

Nos remerciements les plus spéciaux à notre promotrice, Melle O.CHILLALI qui a accepté de nous encadrer et pour sa disponibilité et ses orientations pour mener à bien notre travail.

Nos remerciements les plus spéciaux à notre prof ; Monsieur CHARIF et Mr A.BENFDHILA, Mr S.DJOUNNOUN, BENAMROUCHE, M.BENSIDHOUM pour leurs disponibilités et Leurs orientations.

Nous remercions toutes les personnes qui nous ont encouragé pour aller au bout de notre travail, en particulier nos familles qui nous ont soutenus.

Nos derniers remerciements vont aux membres de jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail.

# SOMMAIRE

---

## Préface

<b>Présentation de BCR.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Description de l'installation PA29 de polissage des couteaux</b>	
1 Introduction.....	5
2 Description de l'installation de polissage Pa29 .....	5
4 -Bloc 1.....	6
3-1 Description de la table de serrage.....	6
3-2 Description de la table de changement de serrage.....	7
4- Bloc 2.....	8
4-1 Description des polisseuses D22.1 et D22.2.....	8
4-2 Tampons de polissage des machines D22.1 et D22.2.....	10
5- Bloc 3.....	10
5-1 Description de la tourelle RT 22-4.....	10
6- Description du dispositif du pulvérisation.....	13
7- Pupitres de commandes.....	14
7-1- Pupitre de commande principal.....	14
8- Séparateur à voie humide.....	15
9- Les prés-actionneurs, actionneurs et capteurs.....	16
9-1 Les prés-actionneurs.....	16
9-2 Les Actionneurs. ....	18
9-2-1 Les vérins.....	19
9-2-2 Les moteurs.....	21
9-3 Les capteurs.....	23
9-3-1 Capteurs à commande manuelle (Auxiliaire de commande).....	25
9-3-2 Capteur de proximité magnétique.....	25
9-3-3 Capteur de proximité inductif.....	25
9-3-4 Les résolveurs .....	26
9-4 Les éléments pneumatiques.....	27
9-5- Le circuit électrique d'alimentation.....	29
9-6- Cahier de charge fonctionnel de l'installation.....	29
9-6-1 Travail demandé.....	29
9-6-2 Fonctionnement de l'installation.....	29
9-6-3 Phase de préparation de cycle.....	29
9-6-4 Démarrage de cycle.....	30
8- Conclusion .....	35

## Chapitre II : Modélisation de l'installation à l'aide du GRAFCET

1- Introduction .....	36
2- Définition du GRAFCET.....	36
3- Les concepts de base d'un GRAFCET.....	36
3-1 Etape .....	37
3-2 Transition .....	38
3-3 Liaisons orientées.....	38
4- Règles d'évolution d'un GRAFCET :.....	38
5- Sélection de séquence et séquence simultanées.....	40
a- Sélection des séquences.....	40
b- Séquences simultanées.....	40
6- Saut d'étape... ..	41
7- Reprise de séquence .....	41
8- Niveau d'un GRAFCET.....	41
8-1 GRAFCET de niveau 1 .....	41
8-2 GRAFCET de niveau 2 .....	42
8-3 GRAFCET de niveau 3 .....	42
9- Mise en équation d'un grafcet.....	42
10- Les améliorations apportées.....	44
11- Modélisation de l'installation de polissage.....	45
12- Conclusion .....	46

## Chapitre III : Automatisation de l'installation par automate programmable industriel S7-300

1- Introduction.....	47
2- Définition d'un API .....	47
3- Architecture et gammes d'automates .....	47
3-1- Structure extérieur.....	48
3-2- Structure interne.....	48
4- Choix d'un API .....	49
5- Constituants de l'automate S7-300 .....	50
5-1- L'unité centrale .....	50
5-2- Interface MPI .....	50
5-3- Commutateur de mode de fonctionnement .....	50

# SOMMAIRE

---

5-4- Signalisation des états.....	51
5-5- Carte mémoire.....	51
5-6- La pile .....	51
5-7- Module d'alimentation.....	52
5-8- Les modules d'entrées/sorties .....	52
5-8-1- Modules d'entrée.....	52
5-8-2- Modules de sorties.....	52
5-9- Les coupleurs.....	52
5-10- Module de fonction (FM).....	52
5-11- Module de simulation.....	53
6- Fonctionnement de l'automate programmable.....	53
7- Système d'exploitation.....	53
8- Nature des informations traitées par l'automate.....	53
9- Programmation de l'API S7-30.....	54
9-1- Le langage de programmation STEP7.....	54
9-2- Blocs du programme utilisateur.....	55
10- Création d'un projet dans S7-300.....	55
11- Conclusion .....	59

## **Chapitre IV : Simulation et validation du programme par S7-PLCSIM**

1- Introduction.....	60
2- Présentation du S7-PLCSIM .....	60
3- Commande de la CPU.....	60
3-1- La fenêtre CPU.....	60
4- Mise en route du logiciel S7-PLCSIM .....	61
4-1- Visualisation de l'état du programme (préparation du cycle.....	63
4-2- Simulation du programme de l'installation.....	63
6- Conclusion.....	65

<b>Conclusion générale.....</b>	<b>66</b>
---------------------------------	-----------

## **Annexes**

## **Bibliographie**

## **Présentation de BCR :**

L'entreprise nationale de production Boulonnerie, Coutellerie et Robinetterie, dénommée BCR, est née en janvier 1983 de la restriction d'un grand pôle industriel SONACOME (Société Nationale de Construction Mécanique). Elle a hérité un capital patrimoine constitué de quatre unités de production dont trois complexes industriels. En 1990, BCR, est érigée en société par actions et est dotée des organes de gestion et d'un capital social souscrit au nom de l'état. L'entreprise est passée au modèle de société commerciale connue, qui lui confère une autonomie complète de gestion et une responsabilité sur les résultats.

En 1991, BCR a obtenu de la banque mondiale un prêt de 12 millions de Dollar pour la mise à jour de sa production et l'amélioration de son système de gestion.

Depuis 2001, BCR s'est constituée en trois filiales : SANEK, ORSIM et ORFEE, assurant la fabrication et la vente des produits de boulonnerie, robinetterie, coutellerie et évier. Les filiales sont accompagnées dans leurs activités par des structures de soutien installées au niveau central du groupe.

Le premier siège social de la filiale ORFEE est installé à Bordj-Menaeil Wilaya de Boumerdes ; elle est située à 50 km de l'aéroport Houari BOUMEDIANE et à 70 km du port d'Alger.

Plusieurs métiers technologiques utilisés pour coutellerie et éviers au niveau de la filiale ORFEE sont :

### **1-Pour coutellerie :**

- Découpage.
- Emboutissage.
- Pressage à froid.
- Polissage.
- Argentage.
- Injection plastique.

### **2-Pour éviers :**

- Emboutissage.
- Pliage.

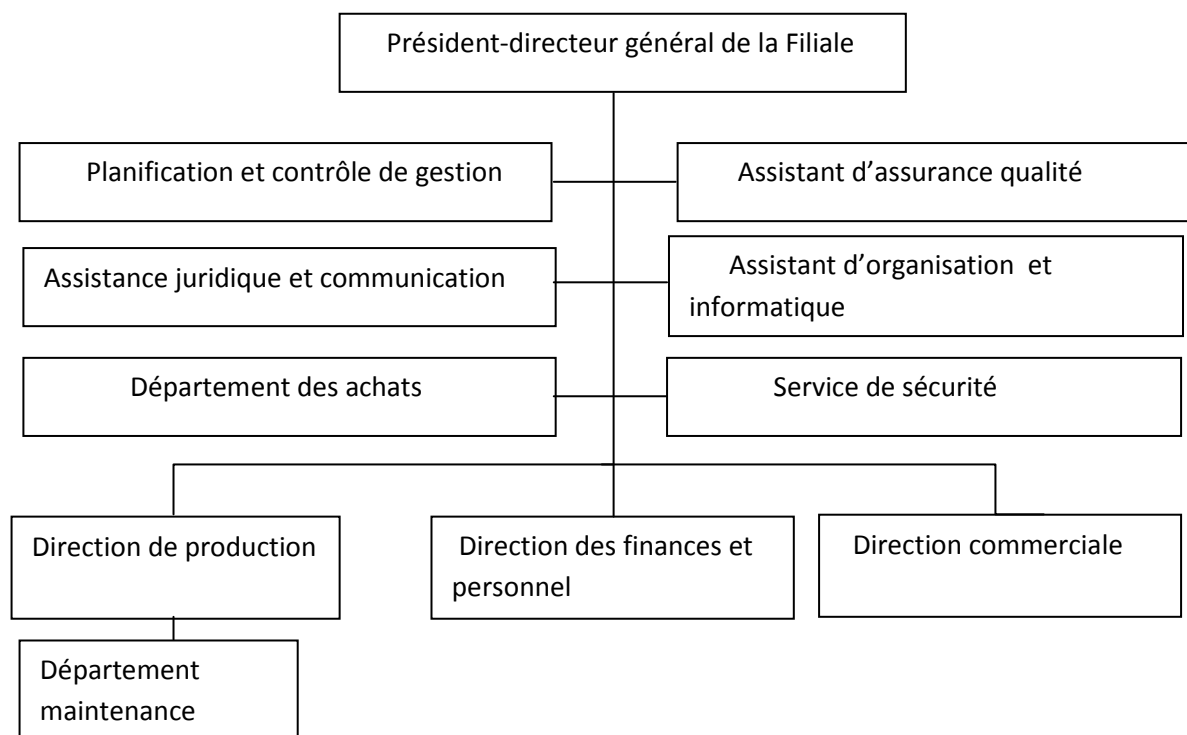
- Soudure à mollettes
- Brassage
- Polissage
- Finition

**a- Produits fabriqués :**

BCR dispose d'une capacité de production annuelle de :

- 8.000 tonnes en boulonnerie ;
- 1.600 tonnes de robinetterie ;
- 28 millions de pièces en coutelleries ;
- 100.000 pièces en éviers ;

**b- Organisation général de l'entreprise :**



Nous avons mené notre stage au sein du département maintenance (BCR).

## **Introduction générale**

Avec l'ouverture sur le marché international, les entreprises sont soumises à de rudes épreuves de concurrence. Proposer des produits de qualités en temps réduit, abaisser les prix, assurer la sécurité des installations et celle du personnel, sont quelques unes des contraintes auxquelles elles doivent faire face.

De ce fait, elles ont recours à une politique de gestion qui repose sur des équipements performants. C'est-à-dire automatiser au maximum les chaînes de production, pour, à la fois, assurer une production satisfaisante et éviter tous les accidents qui peuvent surgir, dans le cas où l'assistance humaine est prédominante par rapport aux machines.

En effet, l'évolution accrue des technologies des semi-conducteurs et leur degré d'intégration à grande échelle, ainsi que le développement de l'informatique, ont donné naissance aux automates programmables industriels <API>.

Non seulement les API permettent aux entreprises de développer leurs systèmes de production, mais ils permettent aussi d'apporter des modifications profondes, sans intervenir sur la partie matérielle. C'est-à-dire, une simple réécriture de programme fait fonctionner le système selon le nouveau modèle désiré. A cette fin, l'entreprise BCR veut profiter de la possibilité de changement et l'évolution des automates pour présenter sur le marché des produits de qualité et moins couteux, tout en assurant la sécurité des installations et celle du personnel.

En effet, parmi les ateliers existants à l'entreprise BCR, l'atelier de polissage est équipé de deux installations **PA17** et **PA29**, respectivement, qui se présentent comme suit :

### L'installation **PA17** :

Elle est dotée d'un automate **S5** qui se charge de la manipulation des différentes tâches de chaque élément de l'installation. Cette dernière assure le polissage des cuillères et pièces à usinage similaire.





### L'installation **PA29** :

Elle est équipée également d'un automate **S5** qui assure le fonctionnement automatique des différentes opérations de l'installation. Cette dernière est adaptée pour le polissage des surfaces plates comme les couteaux et pièces estampées de la même manière.



Comme le fonctionnement des deux installations est identique, notre études s'est portée sur l'installation **PA29** de polissage des couteaux, en vu de remplacer l'automate actuelle S5 par l'automate S7.

A cet effet, le contenu de notre mémoire est organisé de la façon suivante :

-  Le premier chapitre est consacré à la présentation et description de l'installation de polissage des manches des couteaux PA29.
-  Le deuxième chapitre est réservé pour la modélisation de l'installation à l'aide du GRAFCET.
-  Le troisième chapitre est réservé pour l'automatisation de l'installation par l'automate programmable industriel S7 300. Dans ce chapitre, nous allons présenter l'automate S7 300 et la programmation de se dernier.
-  Le quatrième chapitre est consacré à la simulation et validation du programme par S7-PLCSIM.

Nous terminons par une conclusion générale.

## **1- Introduction :**

Le procédé de polissage automatique, assuré par les deux installations, consiste en général à présenter des pièces, qui sont au préalable préparées mécaniquement ou chimiquement, sur les surfaces des tampons (sisal, coton,..) tournants à grandes vitesses et enduits de pâte à polir.

D'une façon générale, le polissage est une composante du parachèvement ( finition) des pièces en tout matériau visant à obtenir un bel aspect et un état de surface de haute qualité. Cette qualité est caractérisée par la rugosité, la brillance et l'éclat.

## **2- Description de l'installation de polissage PA29 :**

En ce qui concerne le polissage assuré par l'installation PA29, ce procédé est subdivisé en deux opérations :

- La première opération consiste à polir les deux faces de manche de pièces à surface plate, comme les couteaux. Elle se résume:  
L'opérateur charge les pièces à usiner sur la table de serrage afin que ces dernières soient amenées automatiquement aux différentes polisseuses D22.1 et D22.2, respectivement, par la tourelle RT22.4.
- La deuxième opération est consacrée pour le polissage des deux faces de lames de Pièces, à surface plate. Cette opération est réalisée comme suit :

Une fois la première opération achevée, les pièces usinées seront, soit transférées du bras de la tourelle RT22.4 à travers la table de changement de serrage vers le bras de la tourelle RT22.5, qui desservira les trois polisseuses D11, D33 et D22.3, respectivement afin, de réaliser le polissage des deux faces de lame des pièces pour enfin finir à la table de desserrage finale. Soit les pièces usinées par les polisseuses D22.1 et D22.2 ne nécessitent pas le polissage des lames, alors celles-ci seront directement déchargées à la table de changement de serrage. [1]

L'installation de polissage PA29 est constituée de trois principaux blocs comme la montre la figure I-1.

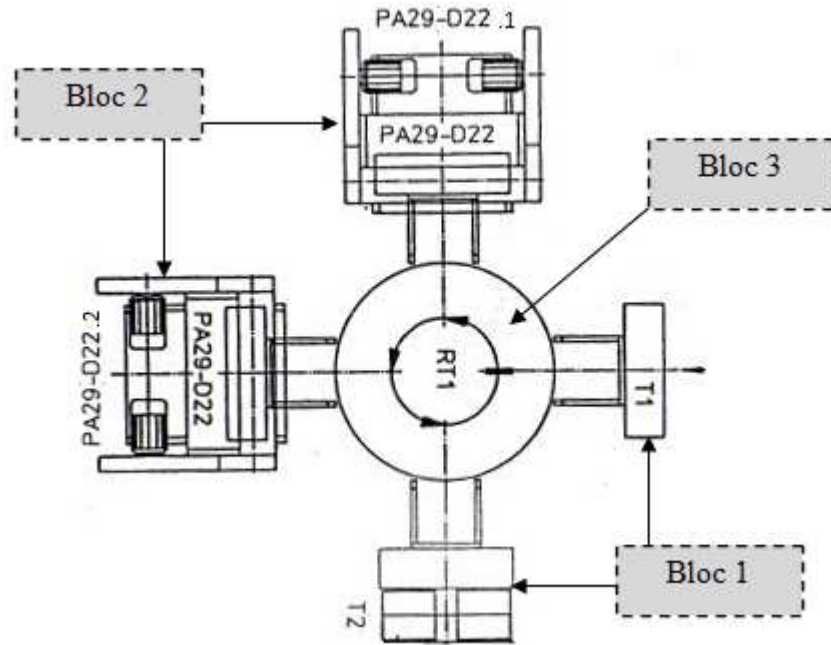


Figure I-1 : schéma synoptique de l'installation de polissage des manches de couteaux PA29 (vu de haut).

Le cycle de travail des blocs de l'installation se défile comme suit :



### 3- Bloc 1 :

Ce bloc est constitué d'une table de serrage (T1) pour charger les pièces à polir et d'une table de changement de serrage (T2) pour décharger les pièces une fois polies.

#### 3-1 Description de la table de serrage :

Comme les points de serrage, du montage de serrage, sont disposés avec des écarts déterminés, les pièces à usiner sont transférées dans l'ordre. A cet effet, la table de serrage (Figure I-2) est équipée d'un jeu de gabarit (2), pour charger le bras disponible de la tourelle RT22.4 avec les couteaux à polir. Ces derniers sont chargés de façon à polir, en premier lieu, les parties des manches.

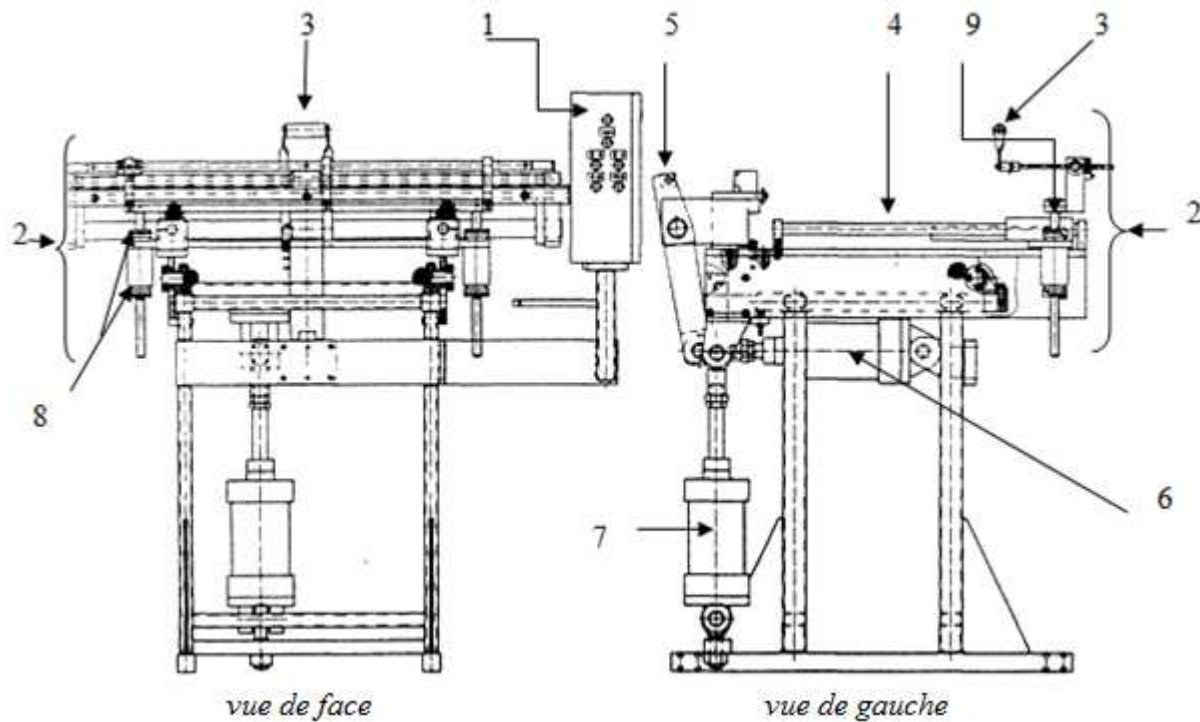


Figure I-2 : table de serrage

- 1- Pupitre de commande local.
- 2- Jeu de gabarit.
- 3- Etrier de serrage.
- 4- Support du jeu de gabarit.
- 5- Outil de serrage du montage de serrage.
- 6- Vérin de positionnement double effet (ouvrir-fermer le montage de serrage).
- 7- Vérin de positionnement double effet (soulever-abaisser la table de serrage).
- 8- Ecrous de réglage en hauteur.
- 9- Pièce d'appui.

### 3-2- Description de la table de changement de serrage :

Après le polissage des manches en premier cycle, les pièces à usiner, jusqu'ici serrées aux lames, doivent être serrées aux manches pour pouvoir polir les lames, ou bien, prélever complètement les pièces pour les déposer dans un récipient prévu à cet effet, si celles-ci ne nécessitent pas le polissage des lames. Pour cela, on fait appel à la table de changement de serrage (Figure I-3).

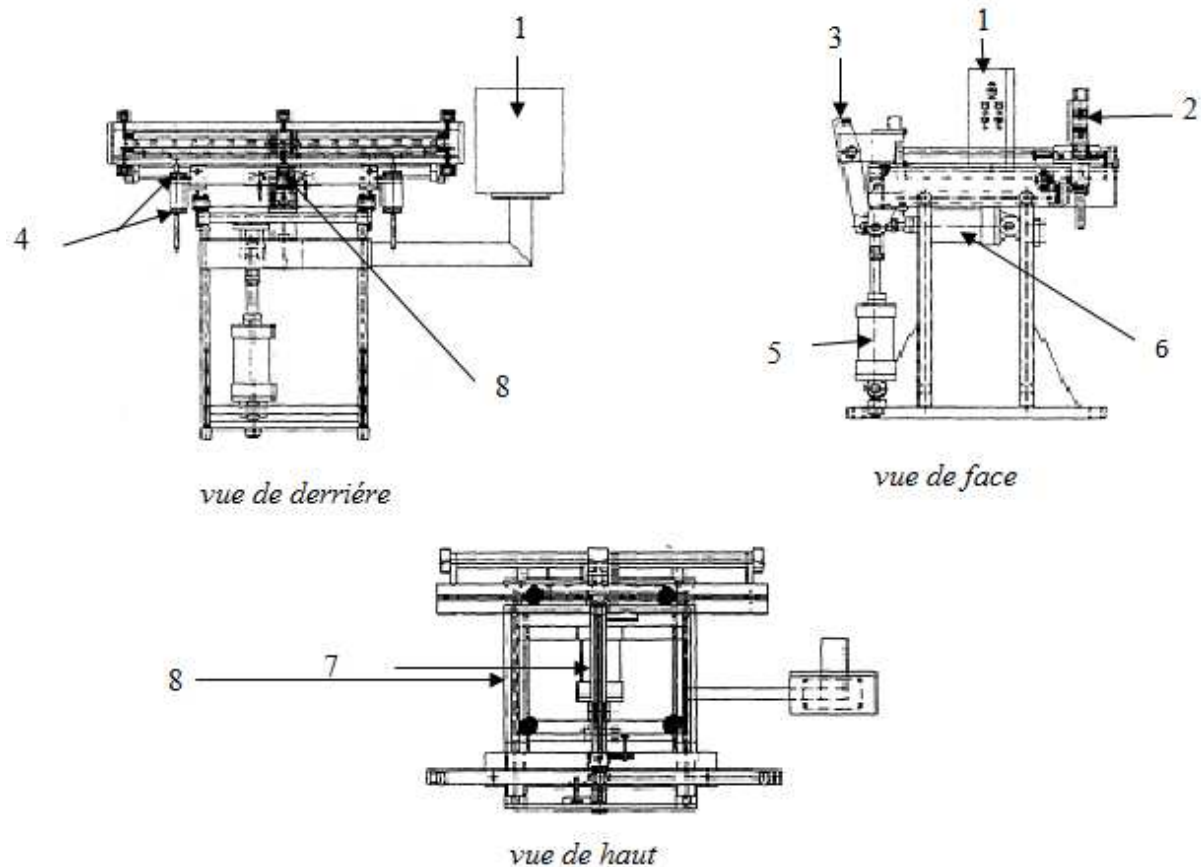


Figure I-3 : table de changement de serrage

- |  |  |
|--|--|
| 1- Pupitre de commande local.            | 6- Vérin de positionnement double effet. |
| 2- Station de transfert.                 |  |
| 3- Outil de serrage.                     | 7- Vérin de translation.                 |
| 4- Ecrous de réglage en hauteur.         | 8- Vérin de verrouillage.                |
| 5- Vérin de positionnement double effet. |  |

#### 4- Bloc 2 :

Ce bloc est constitué, principalement, de deux polisseuses D22.1 et D22.2 qui assurent le pré-polissage et le polissage des manches des pièces à surfaces plates.

##### 4-1- Description des polisseuses D22.1 et D22.2 :

Les polisseuses D22.1 et D22.2 (Figure I-4), respectivement, servent au pré-polissage et polissage des deux faces des manches des couteaux. Celles-ci sont constituées,

principalement, de deux moteurs qui font entrainer deux rouleaux. Un moteur asynchrone et un servomoteur, respectivement, assurent le mouvement transversal, du chariot transversal qui est entrainé entre deux positions (droite et gauche) et longitudinal du chariot longitudinal qui est entrainé entre deux positions ; avant et arrière. Le cycle de pré-polissage et de polissage.

- 1) Pré-polissage (polissage) bout de manche, manche à plat.
- 2) Pré-polissage (polissage) du chant de la mitre de manche de couteau.
- 3) Pré-polissage (polissage) du plat de la mitre de manche de couteau.
- 4) Pré-polissage (polissage) du chant de manche de couteau avec mouvement longitudinal.
- 5) Pré-polissage (polissage) du plat de manche de couteau avec mouvement longitudinal.

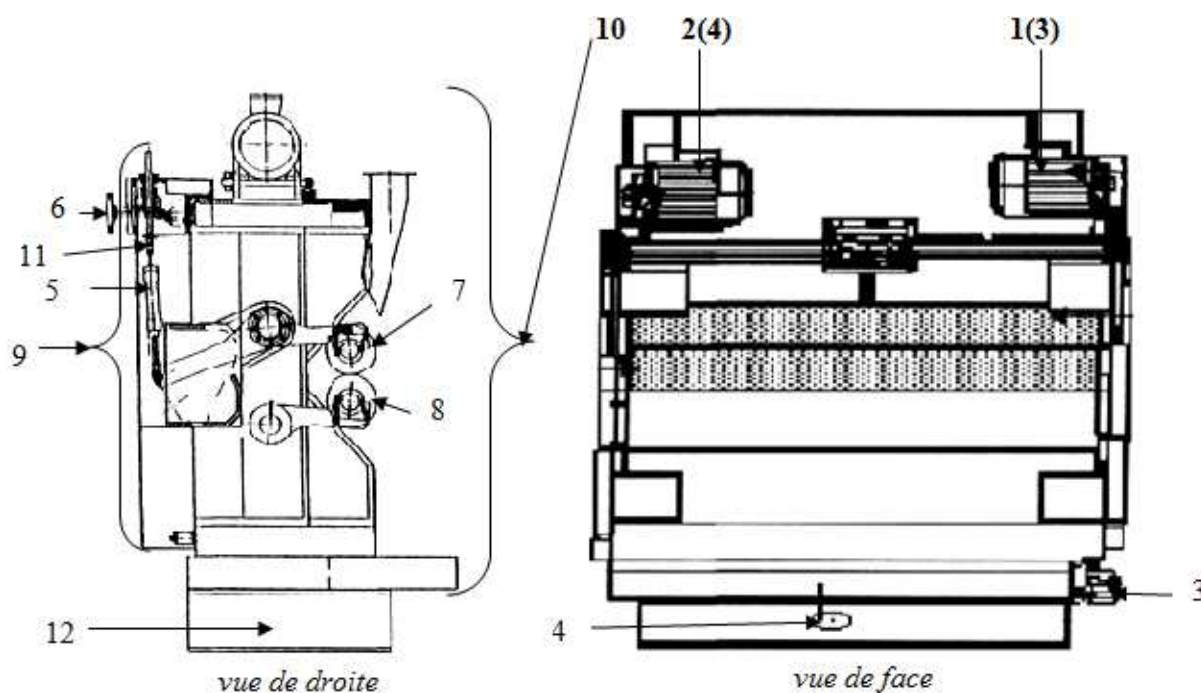


Figure I-4 : polisseuse **D22.1 et D22.2**

- 1) Moteur entraînant le rouleau supérieur ((3) pour D22.2).
- 2) Moteur entraînant le rouleau inférieur ((4) pour D22.2).
- 3) Moteur assurant le mouvement transversal.
- 4) Servomoteur assurant le mouvement longitudinal.
- 5) Deux vérins doubles effet assurant le pivotement des deux rouleaux.
- 6) Volant de réglage du joint entre les rouleaux.
- 7) Rouleau supérieur.

- 8) Rouleau inférieur.
- 9) Partie mobile uniquement dans le sens transversal.
- 10) Partie mobile dans le sens longitudinal et transversal.
- 11) Tige filetée.
- 12) Base.

#### 4-2- Tampons de polissage des machines D22.1 et D22.2 :

Le matériel de polissage dépend, principalement, de l'opération de travail. On distingue le pré-polissage et le polissage de finition. Dans la plupart des cas, les tampons de la polisseuse D22.1 sont à base du sisal et ceux de la polisseuse D22.2 sont à base du coton (Figure I-5).

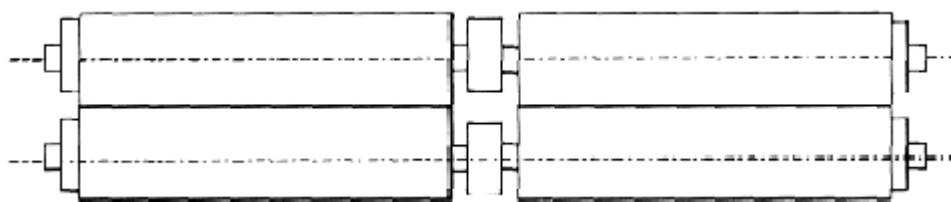


Figure I-5 : arbres et tampons de polissage.

### 5- Bloc 3 :

Ce bloc est constitué d'une tourelle porte bras, elle transfère les pièces aux différentes machines.

#### 5-1- Description de la tourelle RT 22-4 :

La tourelle RT22.4 complète l'installation de polissage. Avec ce dispositif, les pièces à polir sont amenées, automatiquement, de la table de serrage aux différentes polisseuses D22.1, D22.2 et puis à la table de changement de serrage.

Le dispositif de transfert se compose d'une tourelle rotative équipée de quatre bras RT22.4. Chaque bras balaye un angle de 90° durant le fonctionnement normal de la machine. Ces bras portent les montages de serrage.

Une fois le réglage des machines est effectué, le montage de serrage se trouve dans la position de la table de serrage pour le chargement, et les pièces à usiner sont serrées, alors le cycle du travail démarre automatiquement (Figure I-6).

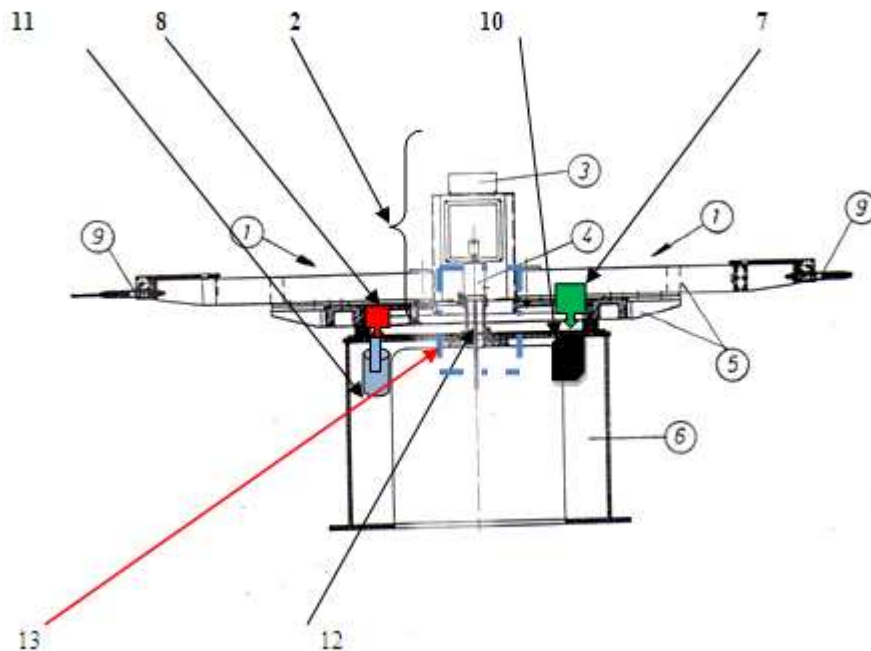


Figure I-6: tourelle RT22.4 (vu de face)

1-Bras.

2-Partie mobile.

3-Boîte à borne.

4-Tour de distribution électrique et pneumatique.

5-Table tournante.

6-Base (partie fixe).

7-Capteur de proximité (sert à positionner les bras dans leurs position initiales, leur de la mise en référence).

8-Capteurs de proximités (inductif), 1 au dessous de chaque bras qui émet un signal à chaque fois qu'il est en contact avec le bout de fer (10).

11-Vérin double effet.

12-Servomoteur.

13-Servomoteur + Résolveur (Figure I-7).



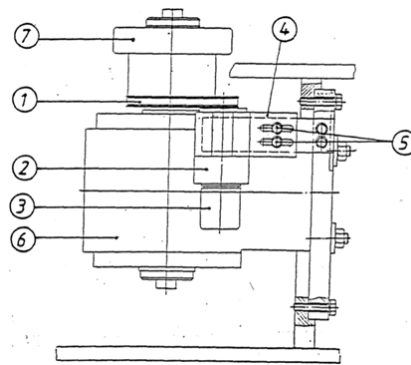


Figure I-7 : schéma d'un servomoteur avec résolveur

- 1- Courroie d'entrée.
- 2- Boîtier du résolveur.
- 3- Résolveur.
- 4- Plaque d'assise.
- 5- Boulons de fixation.
- 6- Engrange pour servomoteur.
- 7- Pignon.

a- Entraînement de la tourelle rotative :

Le bâti de machine du dispositif de transfert (tourelle) est séparé par une couronne pivotante à billes, de la partie supérieure mobile constituée par la table.

La couronne à une denture intérieure dans laquelle engrène un pignon qui est entraîné par un servomoteur triphasé formant un noyau dans le bâti de machine.

b- Montage de serrage :

Les montages de serrage qui serrent les pièces à usiner lors de l'opération de polissage sont ouverts et fermés pneumatiquement par des vérins, dans les tables, de serrage et desserrage pour le chargement et le déchargement (Figure I-8).

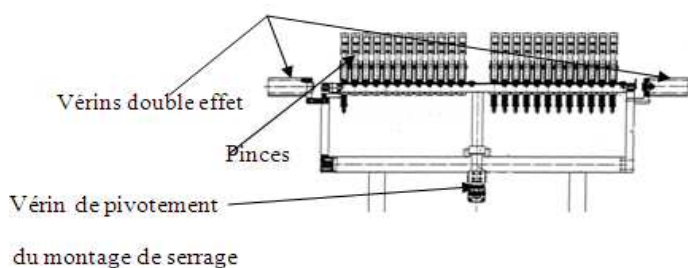


Figure I-8 : montage de serrage

Remarque :

Avant chaque démarrage, les bras de la tourelle rotative se retrouvent positionnés comme suit :

- Bras 1 en position table de changement de serrage.
- Bras 2 en position table de serrage.
- Bras 3 en position D 22.1, pré polissage.
- Bras 4 en position D 22.2, polissage.

## 6- Description du dispositif de pulvérisation :

Sur chacune des machines est monté un pistolet doseur à haute pression (Figure I-9) qui est actionné soit manuellement par un bouton poussoir, soit par une instruction de travail.

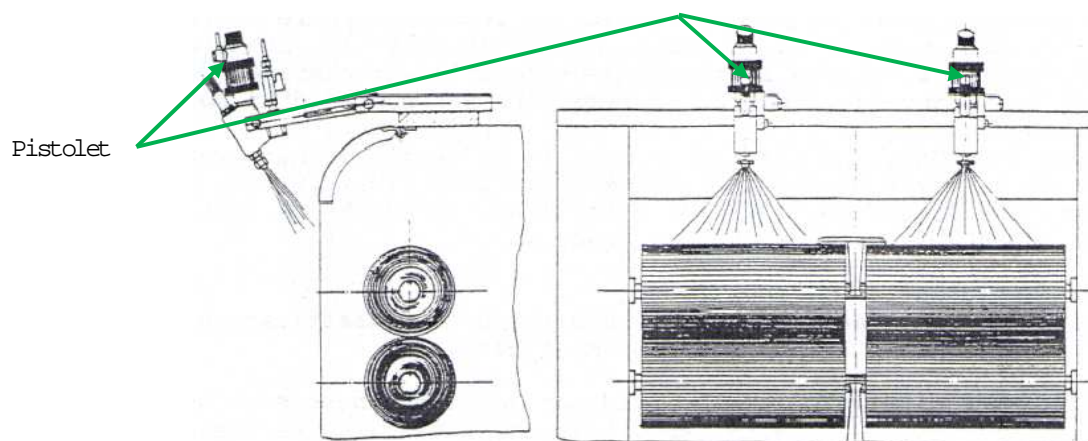


Figure I-9 : dispositif de pulvérisation monté sur la polisseuse (vu de gauche et de face).

Une commande automatique met en marche l'opération de pulvérisation. Cette dernière fonction au cours du cycle de travail des polisseuses et actionnée à des intervalles déterminés par l'opérateur. La figure I-10 représente le dispositif de pulvérisation.

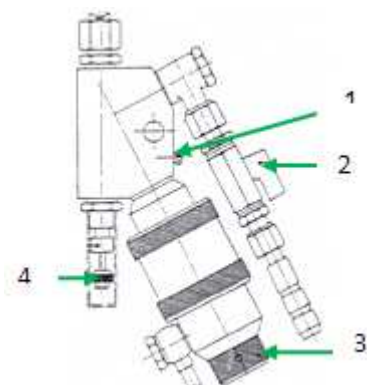


Figure I-10: pistolet du pulvérisation.

1-Ecrou de ventilation ;

3-Ecrou moleté ;

2-robinet d'arrêt ;

4-Vis de pression ;

La pâte à polir liquide est pulvérisée sur les tampons au moyen d'un pistolet-doseur à haute pression. La pâte liquide se trouve dans un réservoir où elle est mise sous pression. La sou pression est conduit au pistolet à travers un tuyau flexible (Figure I-11).

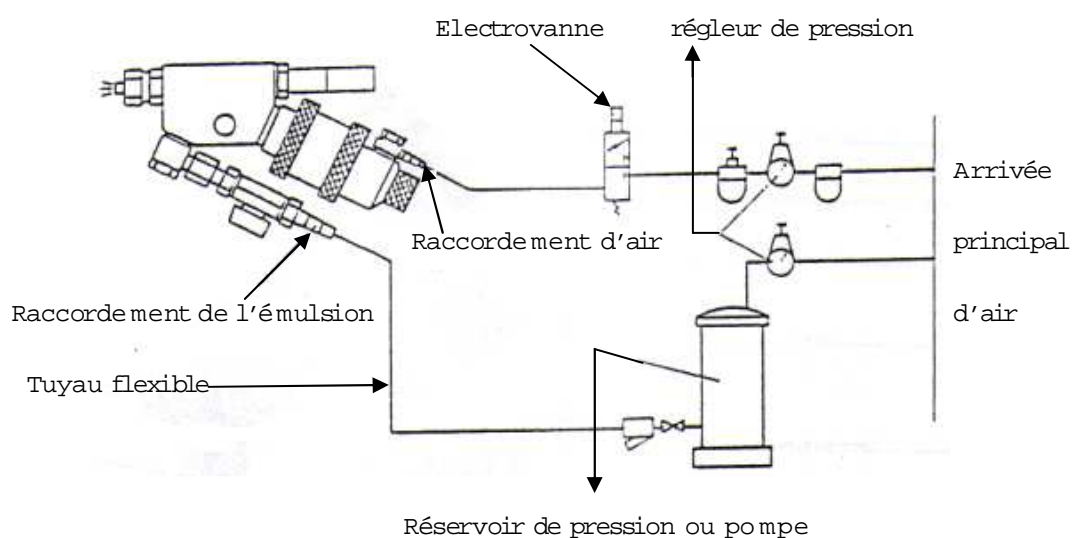


Figure I-11 : schéma pneumatique de pulvérisation

## 7- Pupitres de commandes :

Chaque polisseuse, table et tourelle est équipée d'un pupitre de commande. Ce pupitre sert à actionner les machines, les tables et la tourelle en mode manuel. En mode automatique les commandes de ces pupitres sont hors services. Chaque pupitre est équipé de boutons poussoirs, sélecteurs, interrupteurs, etc.

### 7-1- Pupitre de commande principal :

De ce poste (Figure I-12), on peut accéder à la commande manuelle de toutes les machines, tables et tourelle.

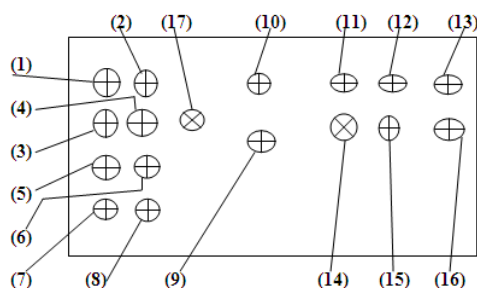


Figure I-12 : pupitre de commande principal

- 1 : interrupteur à clef : Marche / Arrêt RT 22 ;
- 2 : sélecteur : Automatique / manuel ;
- 3 : bouton-poussoir : Mettre l'installation en marche ;
- 4 : bouton-poussoir : Arrêt entière de l'installation ;
- 5 : sélecteur : Marche / Arrêt de la table de serrage ;
- 6 : sélecteur : Marche / Arrêt de la table de changement de serrage ;
- 7 : bouton-poussoir de la mise en rotation de la tourelle ;
- 8 : sélecteur : Marche / Arrêt de RT - 4 ;
- 9 : arrêt d'urgence total de l'installation ;
- 10 : interrupteur à clef (alimentation) ;
- 11 : bouton poussoir : Entraînements de deux rouleaux supérieur et inférieur de la machine

D22-1 ;

12 : bouton poussoir : Arrêt d'entraînement de deux rouleaux de la machine D22-1 ;

13 : bouton-poussoir de pulvérisation de la machine D22-1 ;

14 : bouton-poussoir : Entraînements des rouleaux supérieur et inférieur de la machine

D22-2 ;

15 : bouton-poussoir : Arrêt d'entraînements des deux rouleaux de la machine D22-2 ;

16 : bouton-poussoir de pulvérisation de la machine D22-2.

## 8- Séparateur à voie humide :

Il sert à l'évacuation de l'air pollué (poussières) provenant des polisseuses. Il s'agit d'un appareil (filtre à eau) combiné : il aspire la poussière et il la traite pour séparer les boues de l'air. L'air épuré est réintégré dans les lieux de travail et les boues sont rejetées dans des décharges. [1]

Le diagramme de traitement d'air est illustré dans la Figure I-13

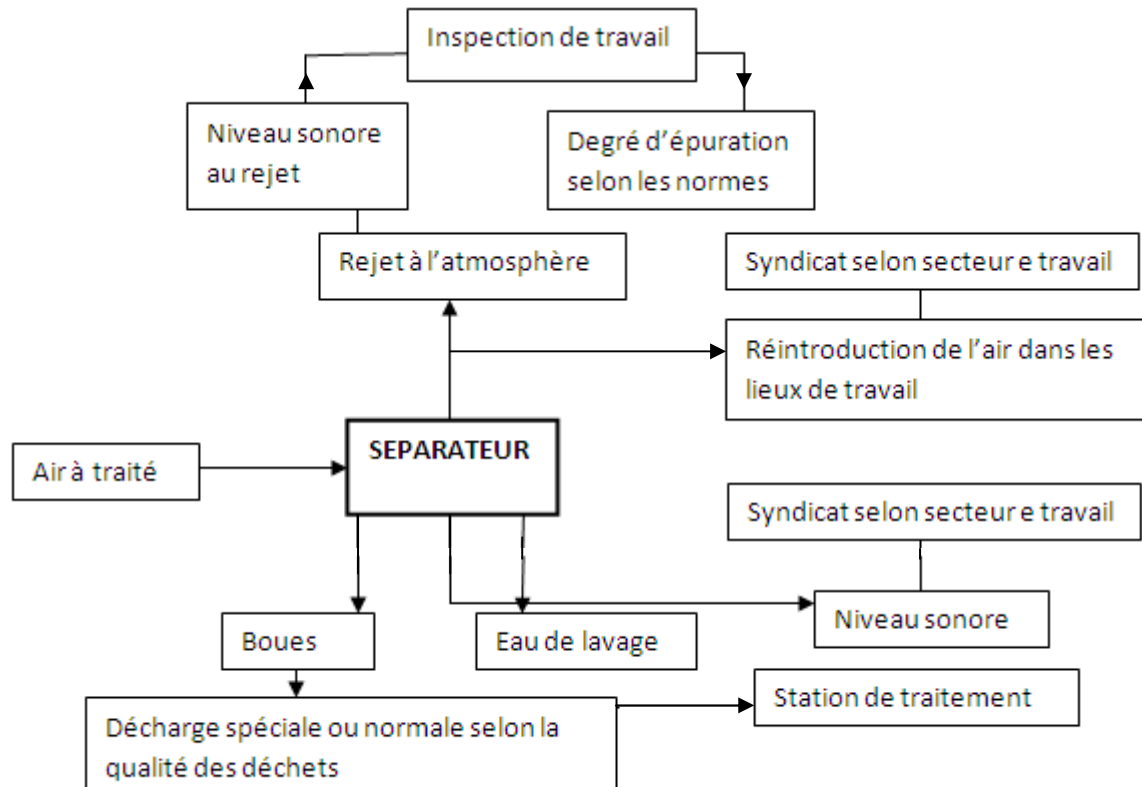


Figure I-13 : diagramme de traitement d'air

## 9- Les pré actionneurs, actionneurs et capteurs :

### 9-1- Les pré actionneurs :

#### 9-1-a- Distributeurs :

Un distributeur, ou appareil de distribution, est un appareil situé entre la source d'énergie (arrivé d'air comprimé) et les actionneurs (vérins), utilisé pour diriger le fluide hydraulique ou pneumatique dans plusieurs directions d'un circuit. Les distributeurs sont classés dans la catégorie des pré actionneurs.

Selon le mode de commande de l'appareil, on distingue les distributeurs à commande mécanique, électrique et pneumatique.

- ❖ Pilote pneumatique : Recommandé si l'atmosphère est explosif ou humide ou agressif.

Ce type de pilotage est possible même avec une partie commande électrique, grâce à des interfaces électropneumatiques déportées et en armoire protégée.

- ❖ Pilote électropneumatique : Le déplacement du tiroir du distributeur est assuré par l'air comprimé, mais celui-ci est admis par l'intermédiaire d'une mini électrovanne à clapet. Ce type de pilotage est le plus répandu car il est adapté aux parties commandes électriques, tout en assurant une consommation électrique minimale.

- ❖ Pilote électrique : Le déplacement du clapet du distributeur est assuré directement par un électro-aimant. Ces pilotes sont généralement réservés aux minis vérins, ventouses et interfaces électropneumatiques.

Si le choix entre les trois technologies reste possible, il convient de vérifier les temps de commutation lorsque cette caractéristique est importante.

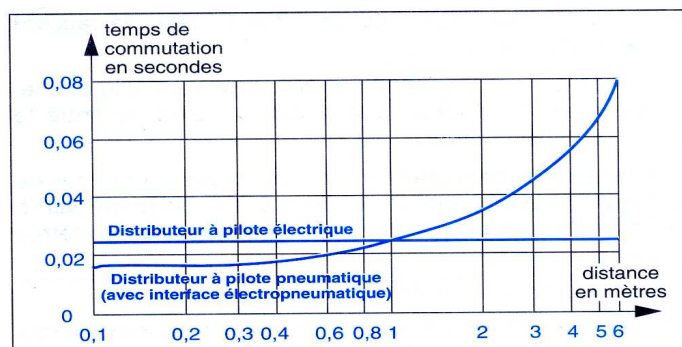


Figure I-14: Comparaison des temps de commutation (d'après Schneider) [10]

Les distributeurs se définissent par deux caractéristiques fonctionnelles suivantes :

- Nombre d'orifices : cette indication désigne le nombre d'orifices principaux du distributeur nécessaire au fonctionnement des différents types d'actionneurs.
- Nombres de positions : généralement à deux positions : état repos, et l'état travail. Les éléments internes de commutation passent d'une position à l'autre alternativement.

La représentation d'un distributeur s'effectue à l'aide de cases. Il y a autant de cases que de positions possibles. A l'intérieur des cases, on représente les voies de passage de l'air pour chacune des positions.

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).

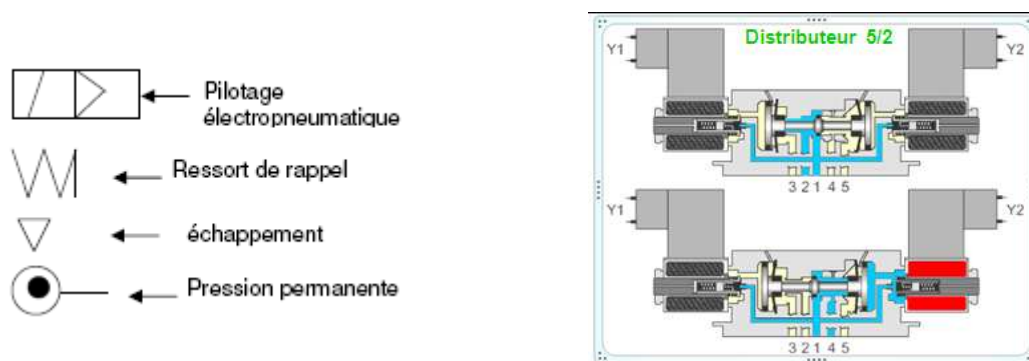


Figure I-15 : symbolisation des distributeurs.

Les distributeurs peuvent se classer en deux catégories :

- Distributeur bistable :

Après disparition du signal, le distributeur conserve la position requise, alors il faut un nouvel ordre pour le repositionner donc, il est commandé soit manuellement, électriquement ou pneumatiquement.

- Distributeur monostable :

Il possède une seule position stable, un ressort de rappel le positionne dans la position de repos (Figure I-16).

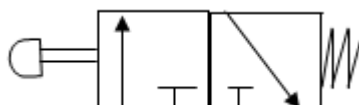


Figure I-16 : distributeur 3/2 monostable.

### 9-2- Les Actionneurs :

Les actionneurs convertissent l'énergie de puissance pneumatique, hydraulique ou électrique en énergie mécanique de translation, de rotation ou d'aspiration. Ce sont essentiellement des moteurs et des vérins. Ces derniers sont presque toujours contrôlés par des signaux de commande électriques.

Beaucoup de critères interviennent dans le choix d'un actionneur comme :

- La source d'énergie disponible.
- Le type d'action recherché.
- La puissance nécessaire.
- L'environnement (milieu ambiant, nuisance, etc.).

#### 9-2-1- Les vérins :

Un vérin est, généralement, un tube cylindrique dans lequel se loge un piston qui sépare le volume du cylindre en deux chambres isolées l'une de l'autre. Le piston est solidaire à une tige qui peut se déplacer à l'intérieur du corps du cylindre. Ce dernier est délimité par un nez et un fond dans lesquels sont aménagés les orifices d'alimentation et d'évacuation en fluide (Figure I-17).

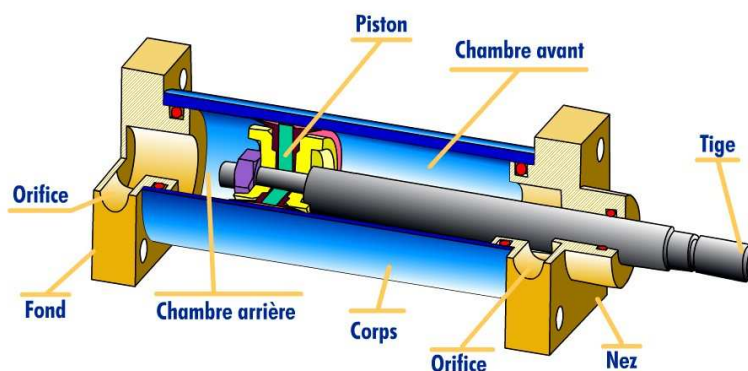


Figure I-17 : constitution d'un vérin.

La classification des vérins tient compte de la nature du fluide, pneumatique ou hydraulique, et du mode d'action de la tige : simple effet (air comprimé admis sur une seule face du piston), double effet (air comprimé admis sur les deux faces du piston).



9-2-1-1- Les vérins pneumatiques :

Ils transforment l'énergie de l'air comprimé sous pression en énergie mécanique (mouvement avec effort). Grâce à l'air comprimé qui, en pénétrant dans l'une des chambres, pousse sur le piston et la tige se déplace. L'air présent dans l'autre chambre est donc chassé et évacué du corps du vérin. Les vérins pneumatiques utilisent l'air comprimé, de 2 à 10 bars en usage courant. Du fait de la simplicité de mise en œuvre, ils sont très nombreux dans les systèmes automatisés industriels [2].

9-2-1-2- Les vérins simple effet :

L'ensemble tige-piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression. Le retour est effectué par un autre moyen que l'air comprimé : ressort, charge. Pendant le retour, l'orifice d'admission de l'air comprimé (Figure I-18) est mis à l'échappement



Figure I-18 : vérin simple effet et son symbole.

9-2-1-3- Vérins double effet :

L'ensemble tige-piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide sous pression (air comprimé). L'effort en poussant (sortie de la tige) est légèrement plus grand que l'effort en tirant (entrée de la tige) car la pression n'agit pas sur la partie de surface occupée par la tige (Figure I-19).

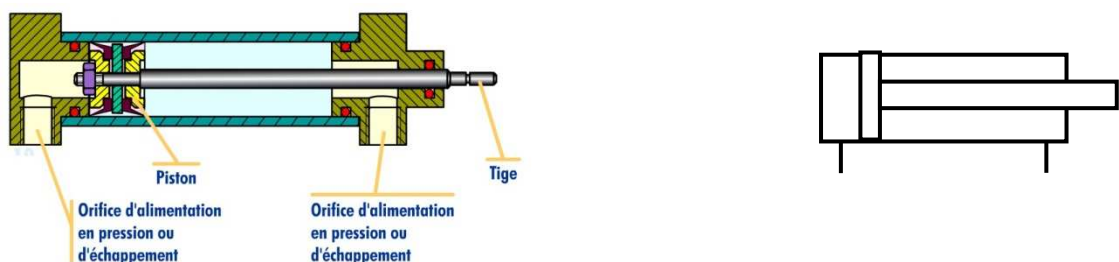


Figure I-19: vérin double effet et son symbole.

9-2-1-4- Vérins sans tige :

Le vérin sans tige permet de mouvoir en translation, avec une grande amplitude, un mobile guidé entre deux fins de course. Très utilisé dans les tâches de manipulation, manutention, transition et palettisation, en raison de son faible encombrement en longueur et de ses sections de piston identiques (Figure I-20).

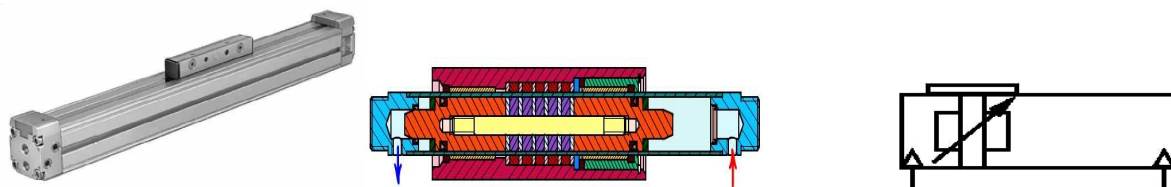


Figure I-20: vérin double effet sans tige et son symbole.

9-2-1-5- Vérins compacts :

Les vérins compacts sont principalement utilisés pour exercer une force de serrage. En effet, ils sont de faible course (souvent 5 à 25 mm) mais avec un piston de grand diamètre. Ils peuvent, ainsi, sous un faible encombrement, exercer un effort important. Particulièrement adaptés, grâce à leurs compacités et leurs court temps de réponse, aux fonctions de serrage, blocage, éjection, indexage, élévation et verrouillage de pièces dans toutes les applications industrielles (Figure I-21).

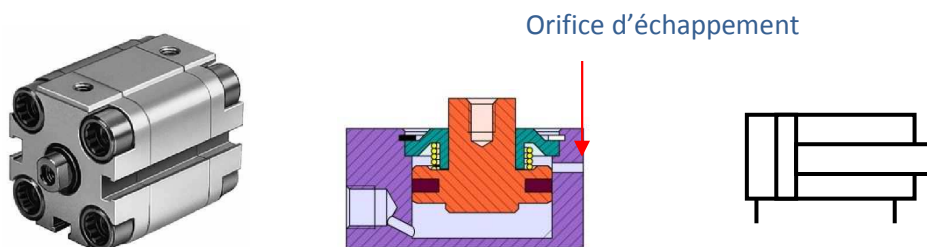


Figure I-21 : vérin double effet compact et son symbole

### 9-2-2- Les moteurs :

Un moteur est une machine électrique servant à transformer l'énergie électrique en énergie mécanique. Il est basé sur le principe de l'action d'un champ tournant statorique et l'induction des courants rotoriques.

L'installation PA 29 de polissage des manches de couteaux étudiée, est équipée de six moteurs asynchrones triphasés, quatre sont à deux sens de rotation qui servent à l'entraînement des arbres des rouleaux de polissage et les deux autres sont à un seul sens de rotation qui assurent le mouvement transversal des polisseuses. L'installation PA 29 est également munie de trois servomoteurs, deux assurent le mouvement longitudinal des polisseuses et l'autre sert à faire tourner le dispositif de transfert (torelle RT 22.4)

#### 9-2-2-1- Le moteur asynchrone :

C'est un moteur qui se caractérise par le fait qu'il est constitué d'un stator ou inducteur (Figure I-22). Ce dernier se compose de trois bobines alimentées en courant alternatif. Le moteur asynchrone contient aussi le rotor ou l'induit (partie mobile) qui est le siège du courant induit. Selon la constitution du rotor on distingue deux principaux types :

- Le moteur triphasé à cage.
- Le moteur triphasé à rotor bobine.

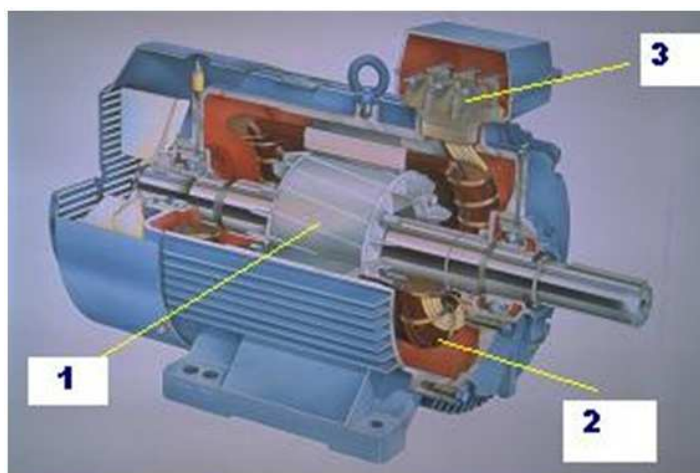


Figure I-22: moteur asynchrone triphasé.

- 1) Rotor.
- 2) Stator.

3) Plaque à bornes pour l'alimentation et le couplage.

En fonction des caractéristiques du moteur et de la charge, plusieurs méthodes de démarrages sont utilisées. Le moteur est relié au réseau par un certain nombre de dispositifs de sécurité et de commande.

a) Les contacteurs :

Le contacteur permet d'alimenter le moteur avec une commande manuelle ou automatique avec un automate programmable (Figure I-23).

b) Relais thermique :

Le relais thermique protège le moteur contre la surcharge de courant (les élévations anormales du courant) (Figure I-24).

c) Sectionneurs :

Le sectionneur d'isolement avec fusibles permet de déconnecter le moteur du réseau pour des opérations de maintenance par exemple. Il protège également le dispositif en aval contre les risques de court circuit grâce aux fusibles (figure I-25).



Figure I-25 : sectionneur.

Figure I-24 : relais thermique.

Figure I-23 : contacteur.

9-2-2-2- Les servomoteurs :

Un servomoteur est un moteur conçu pour produire le mouvement précis d'un élément mécanique, selon une commande externe. Un servomoteur est un système motorisé capable d'atteindre des positions prédéterminées, puis de les maintenir. La position est, dans le cas d'un moteur rotatif, une position d'angle et dans le cas d'un moteur linéaire une position de distance. Le démarrage et la conservation de la position prédéterminée d'un servomoteur sont commandés par un système de réglage (carte électronique), dans notre cas, la SIMODRIVE pour les systèmes Siemens. Pour un ajustement précis de la position, le servomoteur et son réglage sont équipés d'un système de mesure qui détermine la position courante (exemple

l'angle de rotation parcouru relatif à une position de départ) du servomoteur. Cette mesure est effectuée sur un réglage rotatif, comme le résolveur de la tourelle RT22.4 [3] (annexe C).

### 7-3- Les capteurs :

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition. Ceux-ci prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande. Pour pouvoir être traitée, cette information sera portée par un support physique (énergie), on parlera alors de signal. Les signaux sont généralement de nature électrique ou pneumatique [4].

Dans les systèmes automatisés séquentiels, la partie commande traite des variables logiques ou numériques. L'information délivrée par un capteur pourra être logique (2 états), numérique (valeur numérique), analogique (dans ce cas il faudra adjoindre à la partie commande un module de conversion analogique numérique).

On peut caractériser les capteurs selon deux critères :

- en fonction de la grandeur mesurée ; on parle alors de capteur de position, de température, de vitesse, de force, de pression, ...etc.
- en fonction de la nature du signal à transmettre.

On peut alors classer les capteurs en deux catégories, les capteurs à contact qui nécessitent un contact direct avec l'objet à détecter et les capteurs de proximité. Chaque catégorie peut être subdivisée en trois types de capteurs :

- 1- T O R : Ce sont les capteurs les plus répandus en automatisation courante : Capteur à contacts mécaniques, détecteurs de proximité, détecteurs à distance, etc. Ils délivrent un signal 0 ou 1 dit tout ou rien.
- 2- Analogique : Les capteurs analogiques traduisent des valeurs de positions, de pressions, de températures sous forme d'un signal (tension ou courant) évoluant continûment entre deux valeurs limites.
- 3- Numérique : Transmettent des valeurs numériques précisant des positions, des pressions, etc. Pouvant être lus sur 8, 16, 32 bits.

- soit en parallèle sur plusieurs conducteurs ;
- soit en série sur un seul conducteur.

Les capteurs sont, principalement, caractérisés par :

- L'étendue de la mesure : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible, sans risque de destruction pour le capteur.
- La sensibilité : c'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur.
- La rapidité : c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique, qu'il mesure, et l'instant où l'information est prise en compte par la partie commande.
- La précision : c'est la capacité de répéter une information position, une vitesse, etc.

#### 9-3-1- Capteurs à commande manuelle (Auxiliaire de commande) :

Ils constituent la réponse la plus élémentaire pour la construction de pupitre câblé simple. Adaptés au dialogue tout ou rien (TOR), il existe de nombreuses variétés qu'il serait trop fastidieux d'énumérer ici. Il suffit de noter l'existence de :

- Boutons poussoirs ;
- Bouton coup de poing à accrochage ;
- Sélecteurs ;
- Sélecteur à clef (serrure de sécurité).

#### 9-3-2- Capteurs de proximité magnétique :

Il se place sur l'actionneur. Il est utilisé pour la détection de la position du piston à l'intérieur des vérins pneumatiques. Il est constitué d'un interrupteur à lames souples et un aimant permanent monté sur le piston. La détection est concrétisée quand l'aimant permanent provoque la fermeture de l'interrupteur (Figure I-26).

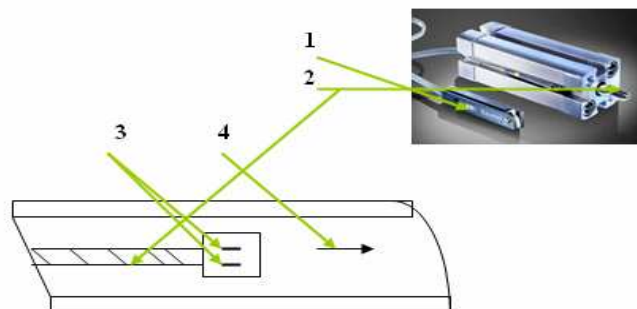


Figure: I-26: capteur de proximité magnétique.

- 1-Interrupteur à lame souple ;
- 2-Piston ;
- 3-Ai mant permanent ;
- 4-Déplacement en position.

#### 9-3-3- Capteurs de proximité inductif :

Les capteurs inductifs produisent, à l'extrémité de leur tête de détection, un champ magnétique oscillant (Figure I-27). 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.

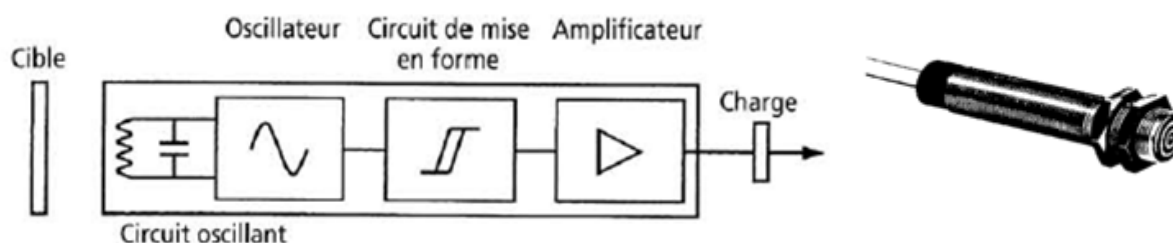


Figure I-27 : capteur inductif.

Avantage :

- pas de contact physique avec l'objet détecté: possibilité de détecter des objets fragiles, fraîchement peints ;
- pas d'usure, durée de vie indépendante du nombre de manœuvres ;
- détecteur statique, pas de pièces en mouvement ;
- produit entièrement encapsulé dans la résine (étanche) ;
- très bonne tenue à l'environnement industriel (atmosphère polluante) ;

#### 9-3-4- Les résolveurs :

Les résolveurs sont des capteurs analogiques de position angulaire absolue sur un tour. Ils donnent à tout instant la position angulaire de l'axe. Le résolveur est plus robuste et plus précis que le tachymètre ou le codeur. Il est également moins cher. Par contre l'électronique de traitement est plus complexe à mettre en œuvre que ces derniers [5].

Le résolveur est un transformateur rotatif (Figure I-28). Le bobinage du rotor est

alimenté par un signal sinusoïdal à haute fréquence (env. 10 kHz). Il induit une tension de même fréquence dans les deux enroulements du stator disposés à 90 degrés l'un par rapport à l'autre. L'amplitude de ces tensions induites dépend du sinus, respectivement du cosinus de l'angle de rotation. Un circuit électronique les met en forme et délivre un signal analogique proportionnel à l'angle.

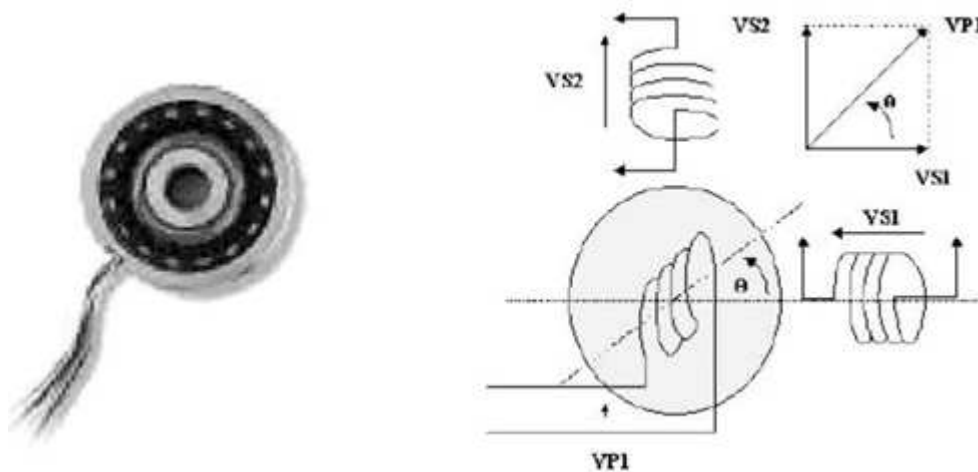


Figure I- 28: schéma de principe du résolveur.

#### 7-4- Les éléments pneumatiques :

##### a. Tuyauteries :

Elles permettent la jonction et la conduction d'huile ou de pression (air) de différents appareils de circuit.

##### b. Clapet anti-retour :

Le clapet anti-retour (figure I-29) est un organe qui permet le passage de fluide dans un sens (A vers B) et l'empêche dans le sens opposé.



Figure I-29 : symbolisation du clapet anti-retour.

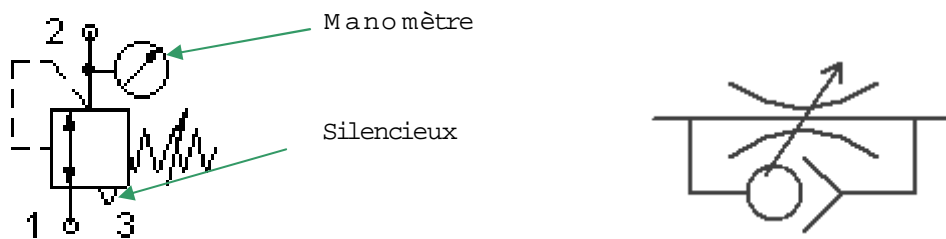
##### c. Régulateurs de flux variable unidirectionnel :

Ils permettent de modifier la vitesse du mouvement des récepteurs (vérin, etc.) en réglant la section de passage du fluide de commande.

Le régulateur de flux combine un clapet d'étranglement et un clapet anti-retour. Ce dernier bloque le passage de l'air dans une direction, l'air s'écoule alors à travers le clapet



d'étranglement. Une vis de réglage permet de régler la section d'étranglement, dans le sens inverse le fluide peut passer librement à travers le clapet anti-retour (Figure I-30).



Régulateur de pression

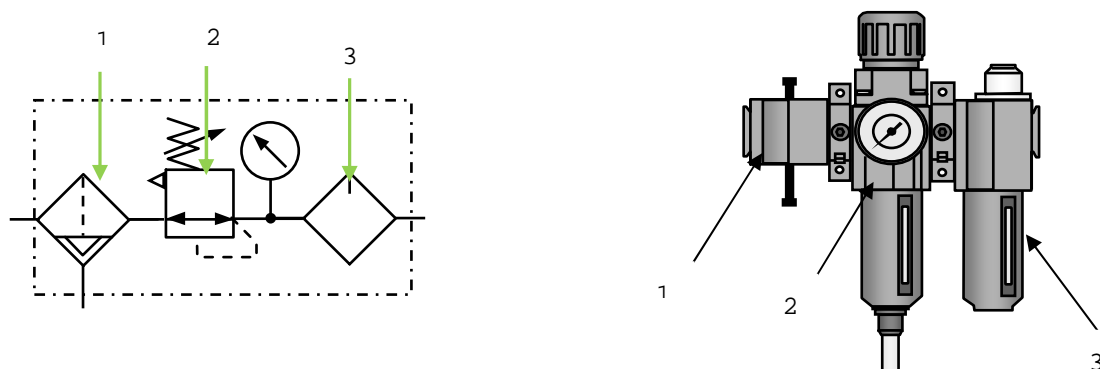
**Figure I-30** : régulateur de flux variable unidirectionnel.

**d-** Conditionnement d'air comprimé :

L'efficacité d'une installation dépend de la qualité de l'air comprimé. Les unités de conditionnements (FRL) (Figure I-31) assurent un traitement correct, Filtrage, régulation et lubrification de l'air comprimé, sont les conditions essentielles à la sécurité du fonctionnement, à la fiabilité, à la longue durée de vie et donc à la rentabilité des composants et équipement pneumatiques.

L'unité de conditionnement (FRL) est constituée des éléments suivants :

- 1-Un filtre : épure l'air du réseau, en le débarrassant de ses impuretés solides, telles que poussière, rouille etc., ainsi que de son humidité.
- 2-Un régulateur : maintient la pression de service pratiquement constante, indépendamment des variations de pression.
- 3-Lubrificateur : additionne un fin brouillard à l'air comprimé, de manière à augmenter la sécurité de fonctionnement et la durée de vie des composants. [1]



**Figure I-31** : unité de conditionnement de l'air (FRL) et symbolisation.

**9-5- Le circuit électrique d'alimentation :**

Le circuit électrique d'alimentation sert à :

- ❖ actionner les moteurs électriques et servomoteurs ;
- ❖ délivrer les différentes tensions (220, 24 volts) nécessaires pour alimenter les lampes de contrôle, les prés actionneurs et les capteurs.

**9-6- Cahier de charges fonctionnel de l'installation :****9-6-1- Travail demandé :**

Le travail qui nous a été demandé, au niveau de l'entreprise BCR, est d'étudier l'installation de polissage, équipée d'un automate S5, en vue de l'automatisation par un automate S7 de la firme SIEMENS.

Les causes qui ont motivées ce travail sont :

- Les pannes fréquentes que subissent l'installation.
- L'indisponibilité de ses équipements sur le marché (matériel obsolète).
- Amélioration des cadences de production.
- L'envie d'utiliser un seul Automate S7 pour en contrôler les deux installations de polissage (installation de polissage des couteaux et l'installation de polissage des pièces à couvert) et en profiter de ces avantages de commande, régulation et diagnostique.

**9-6-2- Fonctionnement de l'installation :**

Avant la mise en marche en mode automatique, on doit passer par la phase de préparation qui consiste à mettre sous alimentation les différents organes électriques, et pneumatiques (ouverture de la vanne de la tuyauterie principale). Une fois la préparation est faite, on vérifie toutes les positions initiales de chaque bloc de la machine qui permettent d'enclencher le démarrage en mode automatique. Cette phase de préparation est illustrée au début de chaque cycle au niveau de toutes les machines.

**9-6-3- Phase de préparation de cycle :**

- tourner la clef d'alimentation (10) en position ON (sn) pour l'alimentation de tous les organes.

- Tourner la clef (1) en position RT 22 en marche (bp\_ref).
- Tourner le sélecteur (manuel/ automatique) sur la position automatique (sauto) afin de positionner tous les organes de la machines en position désirées.

❖ Après avoir appuyé sur le bouton poussoir de démarrage :

#### **9-6-4- Démarrage du cycle**

A- Au niveau de la table de serrage :

- **Positions initiales :**

- Le bras 2 se positionne face à la table de serrage.
- Montage de serrage fermé (vérin ouvrant le montage est en position entrant).
- Gabarit est en position arrière.
- Etrier fermé.
- Support (table) abaissé (vérin soulevant la table est en position entrant).

#### **Début de cycle 1**

Après avoir appuyé sur le bouton poussoir de démarrage (bpm) :

- 1- Soulever le support.
- 2- Ouvrir le montage de serrage (assuré par un vérin que se situe au niveau de la table de serrage).
- 3- Charger le gabarit par des couteaux non polis (action manuelle) pour polir les manches.
- 4- fermer l'étrier (action manuelle).
- 5- Avancer le gabarit vers le montage de serrage du bras présent (bras 2 initialement).
- 6- fermer le montage de serrage (action mécanique assuré par un vérin).
- 7- Amener le gabarit en position arrière.
- 8- Ouvrir l'étrier.

- Abaisser le support de la table.
- Tourner de la tourelle de 90°.

Si la tourelle tourne de 90° alors refaire le cycle, sinon Fin de cycle 1.

B- Au niveau de la table de changement de serrage :

▪ ***positions initiales :***

- Support de la table abaissé (vérin entrant).
- Le montage de serrage du bras présent au niveau de la table est fermé.
- Les pinces de la station de transfert sont ouvertes.
- La station de transfert verrouillée en position médiane.

***Début de cycle 2***

- 1- Soulever le support de la table changement de serrage (action mécanique : par vérin).
- 2- Avancer la station de transfert en position montage de serrage du bras disponible (RT22.4).
- 3- Fermer les pinces de la station de transferts.
- 4- Ouvrir le montage de serrage du bras (RT4.22).
- 5- Ramener la station de transfert en position arrière.
- 6- Ouvrir les pinces de la station de transfert.
- 7- Décharger les couteaux plis (action manuelle).
- 8- Ramener la station de transfert en position médiane.
- 9- Abaisser le support de la table.

Si la tourelle tourne d'un angle de 90°, refaire le cycle, sinon ***Fin de cycle 2.***

C- Au niveau de la machine D22.1 et D22.2 :

▪ **Positions initiales :**

- Les deux polisseuses (D22.1 et D22.2) en position arrière.
- Le rouleau supérieur est en position haute.
- Le rouleau inférieur est en position haute.
- Les moteurs sont à l'arrêt.

**Début de cycle 3**

- 1- Actionner les moteurs [(1), (2)], [(3), (4)] des polisseuses D22.1, D22.2, respectivement, entraînant les arbres des rouleaux de polissage.
- 2- Avancer le chariot longitudinal de la polisseuse D22.1 (D22.2) en position bout de manche du bras présent.
- 3- Ordonner le pivotement du montage de serrage du bras de la tourelle RT22.4 présent.
- 4- Ordonner l'oscillation du rouleau inférieur de la polisseuse D22.1 (D22.2) vers le haut et vers le bas :
  - Déclencher la temporisation T01 juste au commencement de l'oscillation du rouleau
  - Déclencher le dispositif de pulvérisation chaque 5 secondes de la polisseuse D22.1 (D22.2) pendant le temps de temporisation T01.
  - Si la temporisation est terminée :
- 5- Arrêter les moteurs (1), (2), (3) et (4) entraînant les arbres.
- 6- Ramener le chariot longitudinal de la polisseuse D22.1 (D22.2) en position arrière.
  - Pivoter le montage de serrage du bras disponible vers le haut.
- 7- Actionner les moteurs (1), (2), (3) et (4).

Remarque :

- ❖ Moteurs (1) et (3) sens trigonométrique.
- ❖ Moteurs (2) et (4) sens des aiguilles d'une montre.

8- Actionner les moteurs (5) et (6) entraînant le mouvement transversal du chariot transversal des polisseuses D22.1 et D22.2.

9- Ramener le chariot longitudinal de la polisseuse D22.1 (D22.2) en position mitre.

10- Pivoter les pinces de montage de serrage du bras présent face aux polisseuses de sorte que les couteaux soient sur chant.

11- Abaisser le rouleau supérieur de D22.1 (D22.2).

- Déclencher la temporisation T02 (temps d'usinage sur chant de la mitre).
- Déclencher la pulvérisation chaque 5 secondes pendant le temps T02.

Si la temporisation est terminée :

12- Lever le rouleau supérieur de la polisseuse D22.1 (D22.2).

13- Pivoter les pinces de sorte que les couteaux soient à plat.

14- Abaisser le rouleau supérieur de la polisseuse D22.1 (D22.2).

- Déclencher la temporisation T03.
- Déclencher la pulvérisation chaque 6 seconds durant le temps T03 (temps d'usinage à plat de la mitre du couteau).

Si la temporisation est terminée :

15- Arrêter les moteurs entraînant les rouleaux

16- Lever les rouleaux supérieurs ;

17- Ramener les chariots longitudinaux en position arrière.

18- Actionner les moteurs entraînant les rouleaux.

Remarque :

- Moteurs (1) et (3) sens des aiguilles d'une montre.

- Moteurs (2) et (4) sens trigonométrique.

23- Enclencher le mouvement longitudinal de la polisseuse D22.1 (D22.2), avant et arrière entre les deux fins de cours (polissage partie manche) ;

24- Pivoter les pinces (les couteaux sur chant).

25- Abaisser les rouleaux supérieurs ;

- Enclencher la temporisation T04 (temps d'usinage du chant de manche).

- Déclencher la pulvérisation chaque 4 secondes pendant T04.

- Si la temporisation est terminée :

26- Lever les rouleaux supérieurs.

27- Pivoter les pinces à plat.

28- Abaisser les rouleaux supérieurs.

29- Déclencher la temporisation T05.

- Déclencher la pulvérisation chaque 4 secondes pendant le temps T05 ;

Remarque : les mouvements transversaux et longitudinaux sont toujours maintenus.

Si la temporisation est terminée :

30- Lever les rouleaux supérieurs.

- Arrêter le mouvement transversal du chariot de la polisseuse D22.1 (D22.2).

- Arrêter les moteurs entraînant les arbres de polissage.

31- Amener le chariot longitudinal en position arrière.

Si la tourelle tourne d'un angle de 90°, alors refaire le cycle, sinon Fin de cycle 3.

D- Au niveau de la tourelle :

▪ **positions initiales :**

Avant chaque démarrage, la tourelle RT22.4 tourne dans le sens des aiguilles d'une montre de sorte que :

- Le bras 1 se positionne en face table de changement de serrage.
- Le bras 2 se positionne en face table de serrage.
- Le bras 3 se positionne en face de la polisseuse D22.1.
- Le bras 4 se positionne en face de la polisseuse d22.2.

Début de cycle 4 :

Pour transférer vers les couteaux vers toutes les machines et tables :

-La tourelle tourne de 90° à chaque que instruction de travail (fin de l'opération de pré polissage et polissage, fin cycle de chargement et déchargement).

Fin de cycle 4.

## **10- Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons décrit l'installation de polissage et les composants essentiels qui la constituent. Ainsi que son principe de fonctionnement afin de faciliter la modélisation que nous allons étudier dans le chapitre suivant.



## 1- Introduction :

Le **GRAFCET** est présenté en 1977 par l'AFCET (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique), en tant que synthèse théorique des différents outils existants à cette époque (organigramme, diagramme de gerrard, réseaux de pétri, etc.). Il est mis sous sa forme graphique actuelle par l'ADEPA en 1979, normalisé sur le plan français en 1981 (norme NF C03-190), et normalisé sur le plan international en 1987 par l'International Electrotechnical Comité (IEC 1131.3).

Le **GRAFCET** est un outil qui permet de modéliser parfaitement les systèmes, et facilite considérablement le passage de la description à la modélisation puis à la programmation. A cet effet nous l'avons choisi pour modéliser l'installation de polissage [6].

## 2- Définition du GRAFCET :

Le GRAFCET (**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tapes **T**ransitions) 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 parfois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser [3]. Il établit une correspondance à caractère séquentiel et combinatoire entre :

- **Les entrées** : transfert d'informations de la partie opérative vers la partie commande
- **Les sorties** : transfert d'information de la partie commande vers la partie Opérative.

Lorsque le mot **GRAFCET** (en lettre capitale) est utilisé il fait référence à l'outil de modélisation. Lorsque le mot **grafcet** est écrit en minuscule, il fait alors référence à un modèle obtenu à l'aide des règles de GRAFCET.

Le GRAFCET permet de construire des modèles ayant une structure graphique (représentation statique) à laquelle on associe une interprétation (elle correspond à l'aspect fonctionnel du GRAFCET). De plus, ce modèle possède un comportement dicté par des règles d'évolution (représentation dynamique), complétées pour l'implantation.

### 3- Les concepts de base d'un GRAFCET :

Le GRAFCET se compose d'un ensemble (Figure II-1) :

- d'étapes auxquelles sont associées des actions (activités) ;
- de transitions auxquelles sont associées des réceptivités ;
- des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

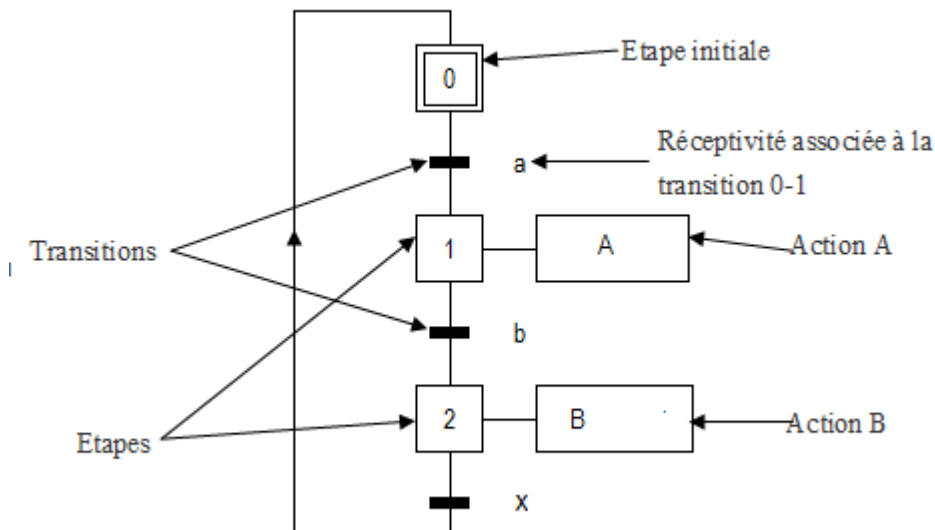


Figure II-1 : les éléments de base d'un grafcet.

#### 3-1- Etape :

Une étape est une situation dans laquelle les variables d'entrée et de sortie de la partie commande restent inchangées. Elle correspond à une phase durant laquelle s'effectue une action pendant une certaine durée. L'action doit être stable, c'est à dire que l'on fait la même chose pendant toute la durée de l'étape, mais on peut associer à une étape plusieurs actions, ou à l'opposer l'inaction (étape dite d'attente).

On représente chaque étape par un carré (Figure II-2-a). L'action est représentée dans un rectangle à gauche. L'entrée se fait par le haut et la sortie par le bas. On numérote chaque étape par un entier positif, mais pas nécessairement croissant par pas de 1, il faut simplement que jamais deux étapes différentes n'aient le même numéro.

La situation initiale d'un système automatisé est indiquée par une étape dite **étape initiale** et représentée par un carré double (Figure II-2-b)

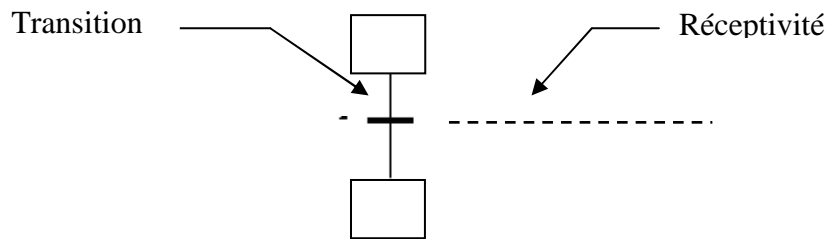


**Figure II-2 :** représentation d'une étape.

**Remarque :** Dans un GRAFCET il doit y avoir au moins une étape initiale.

### 3-2- Transition :

Elle est située entre deux étapes consécutives (Figure II-3). Son franchissement indique l'évolution d'une étape vers l'étape suivante, donc l'évolution du système.



**Figure II-3 :** transition.

#### ❖ 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 de l'état des capteurs.

#### ❖ Temporisation

La temporisation est une réceptivité qui permet une prise en compte du temps. Ce qui implique l'utilisation d'un temporisateur. Ce genre de réceptivité est noté comme suit :  $T/X_i/q$ , où  $\overline{T/X_i/q}$ , ou  $i$  est le numéro de l'étape comportant l'action de la temporisation, et  $q$  est la durée écoulée depuis l'activation de l'étape  $X_i$ .

### **3-3 Liaisons orientées :**

Les liaisons indiquent les voies d'évolution du GRAFCET. Dans le cas général, les liaisons qui se font de haut vers le bas ne comportent pas de flèche. Dans les autres cas, on peut utiliser des flèches pour préciser l'évolution du grafcet en cas de risque de confusion.

## **4- Règles d'évolution d'un GRAFCET :**

Ces règles définissent les conditions dans les quelles il évolue : conditions de passage d'une étape active vers une autre étape.

### **➤ Règle 1 : Situation initia :**

La situation initiale caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement (étapes initiales ou étapes d'attente).

### **➤ Règle 2 : Franchissement d'une transition :**

Pour qu'une transition soit franchissable il faut qu'elle soit validée et que la réceptivité associée soit vraie. On dit qu'une transition est validée (susceptible d'être franchie) lorsque toutes les étapes précédentes sont actives.

### **➤ Règle 3 : Evolution des étapes actives :**

Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement, suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes. Cette règle s'applique dans le cas d'un GRAFCET à une ou plusieurs séquences.

### **➤ Règle 4 : Evolutions simultanées :**

Plusieurs transitions simultanément franchissables, sont simultanément franchies. Cette règle servira à la décomposition du grafcet en plusieurs autres grafcet, ou à un grafcet à plusieurs séquences.

## ➤ Règle 5 :

Si, au cours de l'évolution d'un grafcet, une même étape doit être activée et désactivée simultanément, elle reste active (Figure II-4).

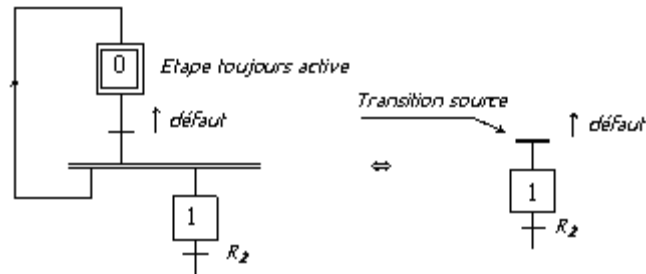


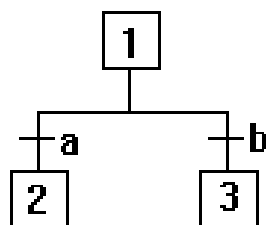
Figure II-4 : illustration de la règle 5.

## 5- Sélection de séquences et séquences simultanées :

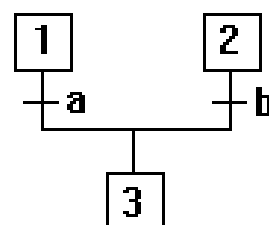
Le GRAFCET présente deux structures particulières : la sélection de séquences et les séquences simultanées.

### a- Sélection de séquences

La sélection de séquences dans un Grafcet permet de choisir une suite d'étapes plutôt qu'une autre. Cette structure est composée d'une seule étape en amont et de plusieurs transitions en aval, qui permettront le choix de la séquence. Elle est représentée à l'aide d'un simple trait horizontal. La fin d'une sélection de séquence permet la reprise d'une séquence unique (Figure II.5).



Divergence en ET

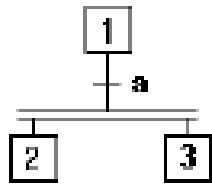


Convergence en OU

Figure II-5 : représentation d'une sélection de séquences.

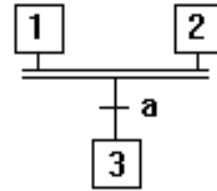
**b- Séquences simultanées**

Cette structure est composée d'une seule étape et d'une seule transition en amont qui permet de déclencher simultanément plusieurs séquences d'étapes. Elle est représentée à l'aide d'un double trait horizontal. A la fin d'une série de séquences simultanées, on retrouve, en général, un double trait suivi d'une seule transition (Figure II-6)



a- début de séquences simultanées

« Divergence en ET »

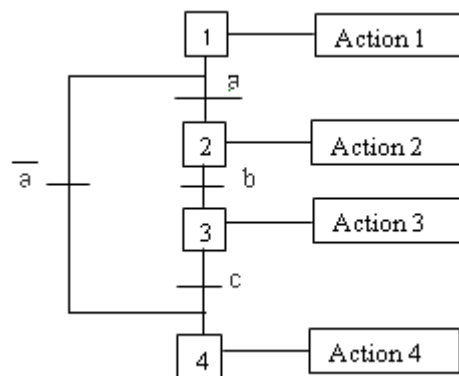


b- fin de séquences simultanées

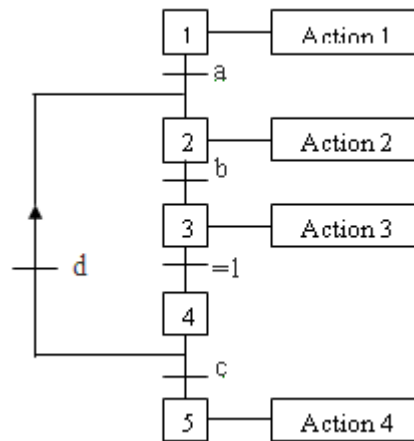
« Convergence en ET »

**Figure II-5** : représentation graphique d'une séquence simultanée.**6- Saut d'étapes :**

Le saut permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées à ces étapes deviennent inutiles (Figure II-7).

**Figure II-7** : saut de l'étape 1 vers l'étape 4 si  $a = 0$ .**7- Reprise de séquence :**

Permet de recommencer plusieurs fois la même séquence tant que la condition fixée n'est pas obtenue (Figure II-8).



**Figure II-8** : représentation graphique de reprise de séquences.

## 8- Niveau d'un GRAFCET :

### 8-1- GRAFCET niveau 1 :

Appelé aussi niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la partie commande, en réaction aux informations provenant de la partie opérative, indépendamment, de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations. On associe le verbe à l'infinitif pour les actions (Figure II-9-a).

### 8-2- GRAFCET niveau 2 :

Appelé aussi niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs. La représentation des actions et réceptivité est écrite en abréviation et non en mots. On associe une lettre majuscule à l'action et une lettre minuscule à la réceptivité (Figure II-9-b).

### 8-3- GRAFCET niveau 3 :

Dans ce cas on reprend le Grafcet niveau 2, en affectant les informations aux étiquettes d'entrée de l'automate et les ordres aux étiquettes de sortie de l'automate. Il s'adapte aux caractéristiques de traitement d'un automate programmable industriel donné, de façon à pouvoir élaborer le programme, procéder à la mise en œuvre et assurer son évolution (figure II-9-c).

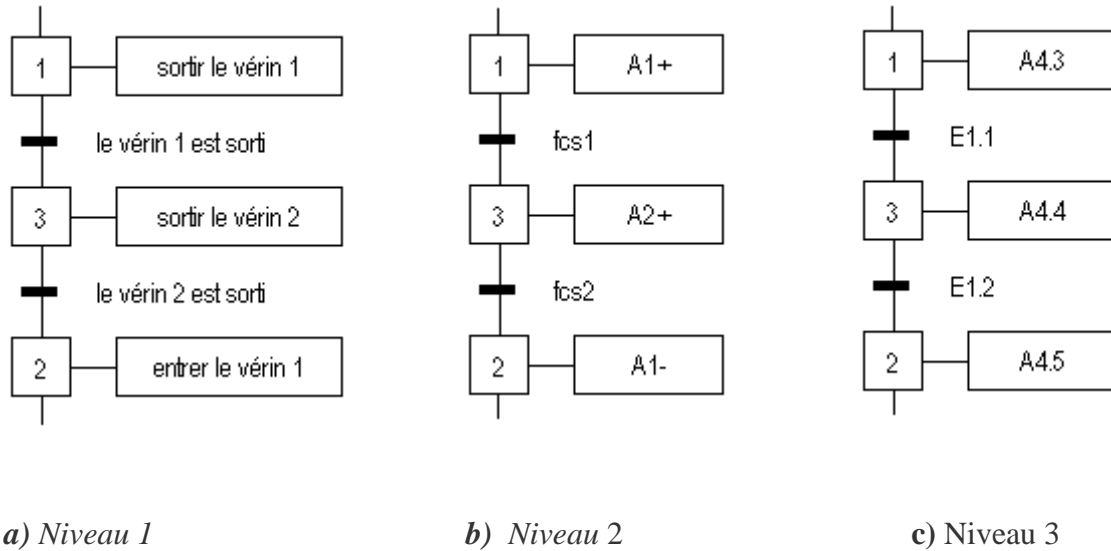


Figure II-9 : les niveaux de GRAFCET.

### 9- Mise en équation d'un grafcet :

Soit le grafcet de la (Figure II-10) suivante :

L'état d'une étape  $X_n$  peut être noté comme suit :

$X_n = 1$  Si l'étape  $n$  est active

$X_n = 0$  Si l'étape  $n$  est inactive

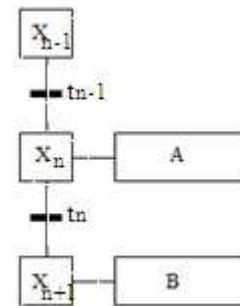


Figure II-10 : exemple de grafcet.

De plus, la réceptivité qui est une variable binaire a pour valeur :

$t_n = 1$  Si la réceptivité est vraie.

$t_n = 0$  Si la réceptivité est fausse

Soit la variable d'arrêt d'urgence dur (AUD) et d'arrêt d'urgence doux (AUd) tel que :

AUD = 1 : Désactivation de toutes les étapes.

AUd = 1 : Désactivation des actions, les étapes restent actives.

Pour une étape initiale, on définit aussi la variable **Init** comme suit :

Init = 1 : Initialisation du Grafcet (mode d'arrêt)



Init = 0 : Déroulement du cycle (mode marche)

La 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> règle d'évolution du GRAFCET permettent de déduire les variables qui interviennent dans les équations d'activation et de désactivation de chaque étape. Ces mêmes règles permettent d'écrire :

Pour une étape initiale n :

$$X_n = (CAX_n + X_n * \overline{CDX_n} + \text{Init}) * \overline{AUD}$$

$$\text{Avec : } CAX_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + \text{Init}) * \overline{AUD}$$

$$CDX_n = X_{n+1} * \overline{\text{Init}} + AUD$$

Avec : CAX<sub>n</sub> est la condition d'activation de l'étape n et CDX<sub>n</sub> la condition de désactivation de l'étape n.

Pour une étape non initiale n :

$$X_n = (CAX_n + X_n * \overline{CDX_n}) * \overline{\text{Init}} * \overline{AUD}$$

$$\text{Avec : } CAX_n = X_{n-1} * t_{n-1} * \overline{\text{Init}} * \overline{AUD}$$

$$CDX_n = X_{n+1} + \text{Init} + AUD$$

Pour une action :

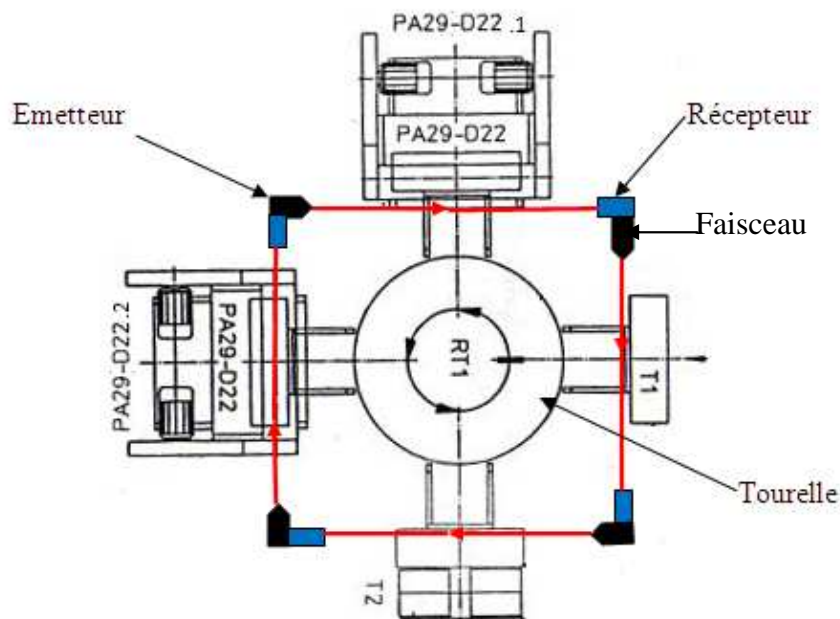
$$A = X_n * \overline{AUD}$$

## 10- Les améliorations apportées :

L'installation du polissage présente des défauts de fonctionnement au niveau de deux pistolets de pulvérisation qui se trouvent au niveau de la machine D22.2, et qui ne fonctionnent pas en mode automatique. La pulvérisation s'effectue à chaque fois manuellement par l'opérateur. En plus les opérateurs ne sont pas en sécurité durant le fonctionnement de l'installation, surtout durant la rotation de la tourelle (porte bras), vu qu'elle transporte des pièces tranchantes (couteaux).

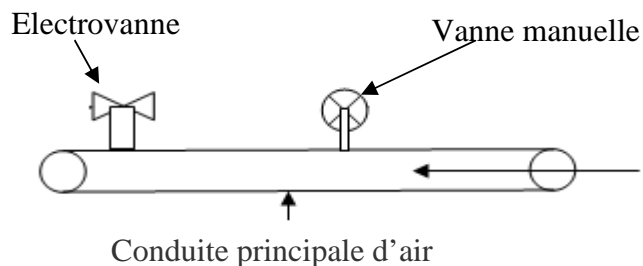
Ces problèmes influencent directement sur la productivité et la qualité des produits polis. Ainsi donc, pour les améliorer, tout en augmentant la sécurité des opérateurs et du matériel, nous avons apporté les solutions suivantes :

- ✓ Résolution du problème de pulvérisation (programmation), en programmant cette instruction de travail.
- ✓ Sécurisation de l'installation (opérateurs), en utilisant des détecteurs photo électrique, (système barrage) (annexe B). Comme on peut le voir dans la figure II-11.



**Figure II-11 :** schéma synoptique du système de sécurité (système barrage) intégré à la tourelle.

- ✓ Ajout d'une électrovanne à la conduite principale, qui va s'ouvrir automatiquement au démarrage et qui va se fermer en cas d'un problème (fuite) qui peut causer des dégâts matériels aux humains (Figure I-12).



**Figure I-12 :** électrovanne (Tout ou Rien) et son emplacement dans la conduite.

## **11- Modélisation de l'installation de polissage :**

Nous allons nous intéresser à la représentation du **grafcet niveau 2**, vu que l'installation de polissage est très complexe et que nous avons bien expliqué son fonctionnement dans le cahier de charges. Les diagrammes présentés ci-après illustre les **grafcet suivants** :

- 1- grafcet** de la table de serrage (Figure **II-14**).
- 2- grafcet** de mise en référence (Figure **II-13**).
- 3- grafcet** de la table de changement de serrage (Figure **II-18**).
- 4- grafcet** de la tourelle (figure **II-15**).
- 5- grafcet** de la machine de pré-polissage **D22.1** (Figure **II-16**).
- 6- grafcet** de la machine de polissage **D22.2** (Figure **II-17**).
- 7- grafcet** de sécurité (Figure **II-19**).

### **Remarque :**

La désignation des signes (abréviations) utilisées dans le grafcet sont donnés dans **l'annexe A**.

## **12- Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons modélisé notre procédé de commande à l'aide du GRAFCET. Au terme de ce chapitre nous concluons que le GRAFCET est un puissant outil de modélisation et de transmission d'information. Il permet facilement le passage d'un cahier de charges fonctionnelle à un langage d'implantation optionnel.

Le GRAFCET permet la description du comportement attendu de la partie commande d'un système automatisé, comme il permet de créer un lien entre la partie commande et la partie opérative.

Ainsi le GRAFCET a facilité, considérablement, le passage de la description à la modélisation et nous permettra au prochain chapitre la programmation de la partie opérative qui pilotera le procédé et ce à l'aide du STEP 7.

## **1- Introduction :**

Les automates programmables industriels (**API**) sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande.

Depuis le début des années 80, l'intégration des automates programmables pour le contrôle des différents processus industriels est plus qu'indispensable. A l'origine, l'automate programmable a été considéré comme une machine séquentielle, capable de suppléer des automatismes réalisés en logique traditionnelle, en apportant toutefois de profonds bouleversements dans la manière de concevoir et d'organiser le contrôle d'un processus.

L'intégration de l'automate programmable renforce le degré de fiabilité de l'équipement et offre une très grande adaptabilité face aux évolutions de l'environnement.

Ainsi, dans ce chapitre nous allons déterminer le rôle principal de l'API dans l'automatisation de l'installation de polissage PA29.

## **2- Définition d'un API :**

Un automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel et destiné à réaliser des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique. Son fonctionnement est défini par un programme. Grâce aux modules d'entrée/sortie, l'automate actionne les pré-actionneurs de la partie opérative à partir des données d'entrées (capteurs, détecteur, etc.). Il rend des comptes en permanence de son état et dialogue avec l'opérateur et le processus [7].

L'automate programmable peut traiter :

- Des commandes de type logique, séquentiel et analogique.
- Des fonctions de calcul arithmétique, temporisation, comptage et comparaison.
- Des liaisons avec d'autres appareils (imprimantes, calculateurs, etc.).

Comme il peut aussi réaliser des fonctions de régulation.

## **3- Architecture et gammes d'automates :**

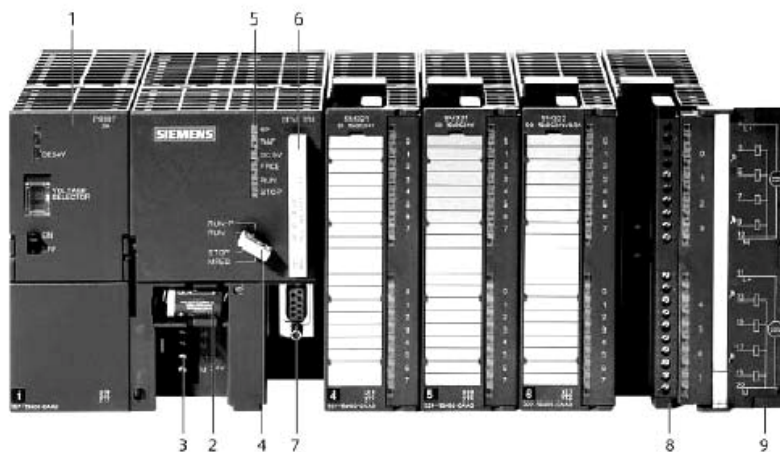
Un automate programmable est constitué de plusieurs éléments. Quelque soit la taille et la puissance de calcul de la machine l'architecture est similaire.

### **3-1- Architecture extérieur :**

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

❖ Les automates **compacts** sont des appareils avec un nombre fixe d'entrées-sorties digitales et analogiques. Ils sont cependant extensibles par blocs jusqu'à environ 250 entrées-sorties. Ils sont principalement exploités pour des applications de complexité moyenne avec de la logique séquentielle et un traitement limité des fonctions analogiques.

❖ Les automates **modulaires** sont constitués d'un processeur, d'une alimentation et des interfaces d'entrées / sorties résidant dans des unités séparées (**modules**) et sont fixés sur un ou plusieurs **racks** contenant le "fond de panier" (bus + connecteurs). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes, dans ce cas la capacité de traitement et la flexibilité sont nécessaires (Figure **III-1**). [7]

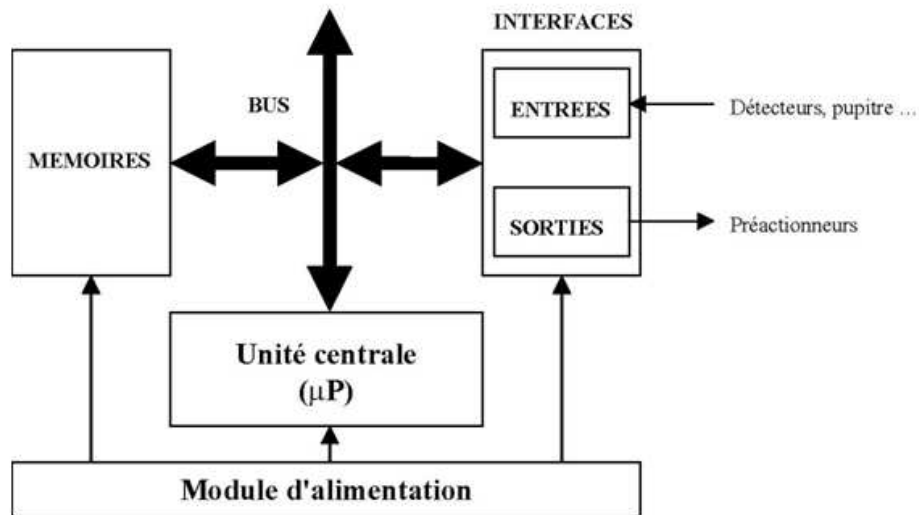


**Figure III-1 : automate modulaire Siemens.**

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 1) Module d'alimentation.                      | 6) Carte mémoire.              |
| 2) Pile de sauvegarde.                         | 7) Interface multipoint (MPI). |
| 3) Connexion au 24v CC.                        | 8) Connecteur frontal.         |
| 4) Commutateur de mode (à clé).                | 9) Volet en face avant.        |
| 5) LED de signalisation d'états et de défauts. |                                |

### **3-2- Architecture interne :**

Généralement, la structure interne d'un automate est organisée comme en figure **III-2**.



**Figure III-2 : structure interne d'un automate**

La structure interne de l'automate est composée de :

- Module d'alimentation : il assure la distribution d'énergie aux différents modules.
- Unité centrale : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation, etc.).
- Le bus interne : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.
- Mémoires : les programmes sont enregistrés dans une mémoire qui garde l'information même quand l'alimentation électrique est coupée. Une autre mémoire est dédiée au stockage des données; cette partie de la mémoire peut être volatile.
- Interfaces d'entrées / sorties : ce sont les liens entre l'automate et son environnement. Leur type dépend des caractéristiques du signal qu'elles doivent capter ou générer.

#### **4- Choix d'un API :**

D'après le cahier des charges établi, l'automate choisi doit répondre à certains critères comme:

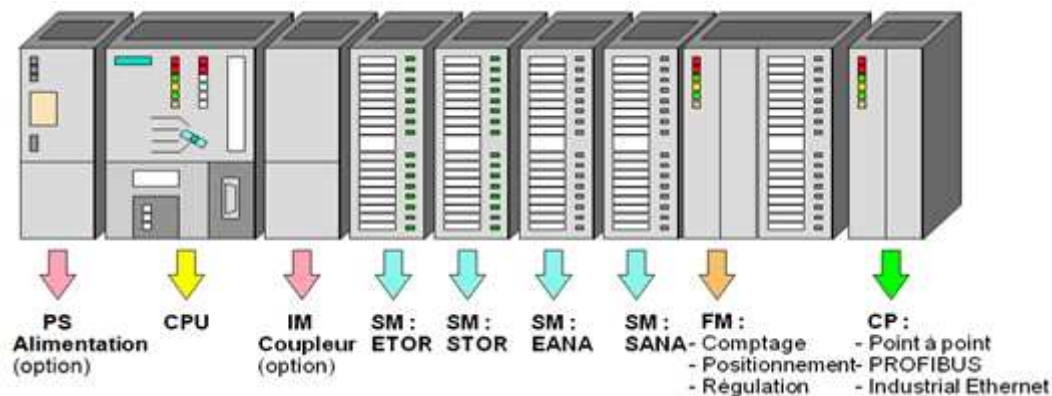
- La capacité de traitement du processeur.
- Le nombre entrées/sorties.
- La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques, booléennes).
- La fiabilité.

- La qualité du service après vente.
- La durée de garantie.

Pour l'intégration du programme de l'installation de polissage **PA29**, ainsi que la centralisation des deux installations **PA29** et **PA17**, que l'entreprise BCR envisage de réaliser, cette dernière a optée pour l'automate programmable industriel SIMATIC S7-300.

## **5- Constituants de l'automate S7-300 :**

Les constituants de l'automate S7-300 (Figure **III-3**) sont:



**Figure III-3 : constituants d'un automate S7-300**

### **5-1- L'unité centrale :**

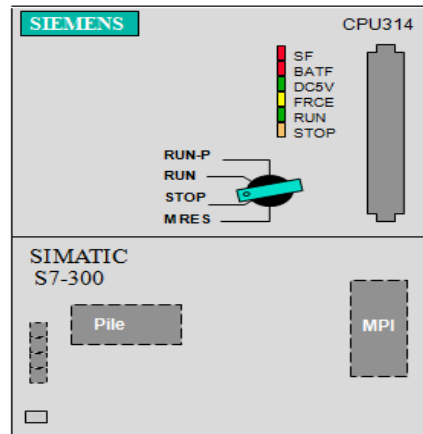
La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme de l'utilisateur et commande des sorties. Elle permet le réglage du comportement au démarrage et le diagnostic de défauts par LEDs.

### **5-2- Interface MPI :**

MPI «Interface Multipoints » est l'interface de la CPU vers les consoles de programmation (PG), ou pour la communication avec plusieurs stations au sein d'un sous-réseau MPI.

### **5-3- Commutateur de mode de fonctionnement :**

Le commutateur de mode permet de changer le mode de fonctionnement. Chaque position du commutateur autorise certaines fonctions à la console de programmation comme RUN-P, RUN, STOP est MRES (Figure **III-4**).



**Figure III-4 : face avant de la CPU314.**

- ❖ MRES : effacement général de la CPU (Module Reset).
- ❖ STOP : arrêt : le programme n'est pas exécuté.
- ❖ RUN : le programme est exécuté, accès en lecture seule avec une PG.
- ❖ RUN-P : le programme est exécuté, accès en écriture et en lecture avec une PG.

#### **5-4- Signalisation des états :**

Certains états de l'automate sont signalés par LEDs sur la face avant de la CPU.

- ❖ SF : signalisation groupée de défauts ; défaut interne de la CPU ou d'un module avec fonction de diagnostic.
- ❖ BATF : défaut de pile : pile à plat ou absente.
- ❖ DC5V : signalisation de la tension d'alimentation interne 5 Volts.
- ❖ FRCE : forçage : signalisation qu'au moins une entrée ou une sortie est forcée de manière permanente.
- ❖ RUN : clignotement à la mise en route de la CPU, allumage continu en mode Run.
- ❖ STOP : allumage continu en mode STOP.
  - clignotement lent lorsqu'un effacement général est requis ;
  - clignotement rapide lorsqu'un effacement général est en cours.

#### **5-5- Carte mémoire :**

Une carte mémoire peut-être montée à la CPU, elle conserve le programme en cas de coupure de courant, même en absence de la pile.



### **5-6- La pile :**

Elle permet de sauvegarder le contenu de la RAM en cas de la coupure du courant.

### **5-7- Module d'alimentation :**

Le S7-300 nécessite une tension de 24 VCC. Le module d'alimentation PS assure cette exigence. Il permet de sauvegarder le contenu des mémoires RAM au moyen d'une pile de sauvegarde ou d'une alimentation externe. Sur le module d'alimentation (Figure **III-3**) nous trouvons l'interrupteur de mise sous tension de l'automate.

### **5-8- Les modules d'entrée/sortie :**

#### **5-8-1- Modules d'entrée :**

Il existe deux types d'entrées dans un automate :

- ❖ **Les modules d'entrée « Tout ou Rien » :** ils permettent à l'unité centrale de l'automate d'effectuer une lecture de l'état logique (vrai ou faux, 0 ou 1) des détecteurs ou boutons poussoirs qui lui sont raccordés.
- ❖ **Les modules d'entrée analogique :** ils permettent la sélection de la gamme d'entrées de chaque voie, la scrutation des voies d'entrées par multiplexage et l'acquisition des valeurs ainsi que la conversion analogique/numérique des entrées.

#### **5-8-2- Modules de sortie :**

Il existe deux types de modules de sorties :

- ❖ **Les modules de sortie « Tout ou Rien » :** ils permettent à l'automate programmable d'agir sur les pré- actionneurs ou d'envoyer des messages à l'opérateur.
- ❖ **Les modules de sortie analogique :** ils permettent la sélection de la gamme pour chaque sortie ainsi que la conversion numérique/analogique des valeurs de sorties.

### **5-9- Les coupleurs :**

Les coupleurs permettent à l'automate de communiquer avec le milieu extérieur (console, imprimantes, etc.) ou de le relier avec d'autres automates.

#### **5-10- Module de fonction (FM) :**

Les modules de fonctions offrent les fonctions de comptage, régulation et positionnement.

#### **5-11- Module de simulation :**

Il nous permet de simuler les grandeurs d'entrées avec des interrupteurs et d'afficher les grandeurs de sortie TOR.

### **6- Fonctionnement de l'automate programmable :**

L'automate, lors de son fonctionnement exécute le programme cyclique, qui commence par l'acquisition des entrées renseignant l'état du processus (capteur, etc.). Il met à jour la mémoire image des entrées ce qui permet à la CPU de connaître le nouvel état du processus. Après exécution du programme utilisateur par la CPU, la mémoire image des sorties est mise à jour pour communiquer au processus le nouvel état des sorties.

### **7- Système d'exploitation :**

Le système d'exploitation, contenu dans la CPU, organise toutes les fonctions et procédures qui ne sont pas liées à une tâche d'automatisation spécifique. Il gère :

- le déroulement du démarrage et du redémarrage.
- l'actualisation de la mémoire image des entrées et l'émission de la mémoire image des sorties.
- L'appel de programme utilisateur.
- L'enregistrement des alarmes et l'appel des OB d'alarmes.
- La détection et le traitement d'erreurs.
- La gestion des zones mémoires.
- La communication avec des consoles de programmation d'autres partenaires de communication.

### **8- Nature des informations traitées par l'automate :**

Les informations peuvent être du type :

- Tout ou rien (T.O.R) : l'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1). C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir, etc.
- Analogique : 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, etc.).
- Numérique : l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

## **9- Programmation de l'API S7-300 :**

La programmation d'un **API** s'effectue à l'aide de logiciels spécialisés fournis par le constructeur (ex : STEP7 pour Siemens et PL7 pour Schneider). Chaque automate se programme via une console de programmation spécifique ou un ordinateur équipé du logiciel de programmation. [8]

### **9-1- Le langage de programmation STEP7 :**

STEP7 est le logiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC. Il fait parti de l'industrie logicielle SIMATIC.

STEP7 offre les fonctions suivantes, pour l'automatisation d'une installation :

- Possibilités d'extensions grâce aux applications proposées par l'industrie SIMATIC.
- Possibilités de paramétrage de modules fonctionnels et de modules de communication.
- Communication par données globales.
- Transfert de données commandé par événement à l'aide de blocs de communication et de blocs fonctionnels.
- Configuration de liaisons.

La programmation en STEP7 présente trois modes possibles qui peuvent être combinés dans une même application :

- ❖ Langage CONT (LD : Ladder Diagram).
- ❖ Langage LOG (Logigramme).

❖ Langage LIST (IL : Instruction Liste).

❖ GRAFCET (S7-GRAPH).

### **9-2- Blocs du programme utilisateur :**

Les parties du programme utilisateur, correspondant à ces différentes tâches sont dans les blocs de programmes qui sont destinés à structurer le programme utilisateur. Ces blocs se présentent comme suit :

❖ **Bloc d'organisation (OB) :** ce bloc est appelé cycliquement par le système d'exploitation, il constitue donc une interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appel de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

❖ **Bloc fonctionnel (FB) :** il contient un programme qui est exécuté dès son appel par un autre bloc de code. Il facilite la programmation de fonction complexe, comme la commande de moteur (accélérateur, etc.).

❖ **Fonction (FC) :** elle contient un programme qui est exécuté lorsqu'elle est appelée par un autre bloc de code. Elle peut-être utilisée pour :

- renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant (exemple : fonction mathématique).
- Exécuter une fonction technologique.

Ces données sont perdues après exécution de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de données.

❖ **Bloc de données (DB) :** Les DB sont utilisés pour la mise à disposition de l'espace mémoire pour des variables de type données. Tous les FB, FC, OB peuvent lire les données contenues dans un DB global ou écrire des données dans un DB global. Ces données sont conservées dans le bloc de données même lorsqu'on quitte le DB.

### **10- Création d'un projet dans S7-300 :**

Pour créer un projet STEP7, on dispose d'une certaine liberté d'action, en effet on a deux solutions possibles soit :

- 1- On commence par la configuration matérielle.

2- On commence par écrire le programme.

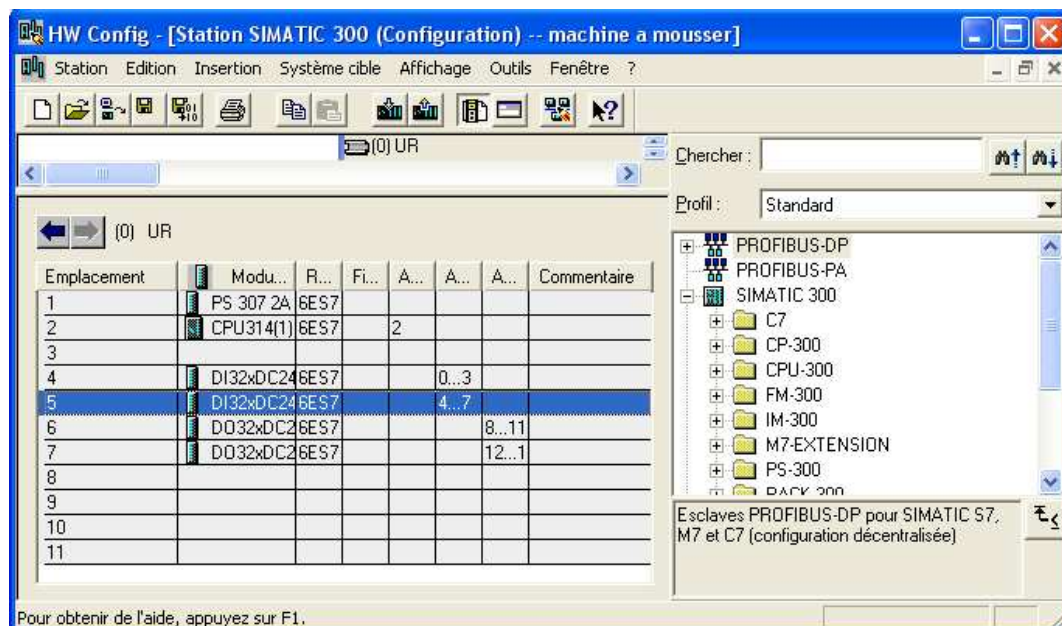
Les procédures suivies pour programmer l'installation **PA29** sous le logiciel STEP7, sont comme suit :

1-Lancer SIMATIC manager par un double cliquer sur son icône.



2-Créer un projet.

3-Une fois le projet crée, il est nécessaire de configurer le matériel à utiliser (Figure: **III-5**)  
La configuration matérielle signifie l'agencement des modules de l'automate dans le châssis (RACK).



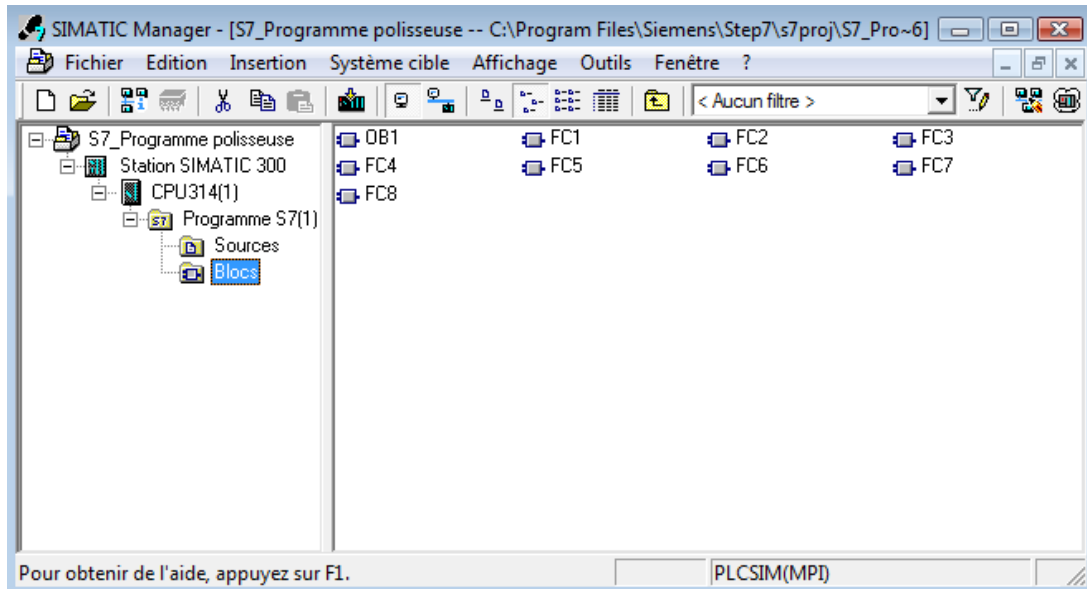
**Figure III-5 : configuration matérielle.**

La configuration matérielle prévue est comme suit :

- A. Le module **PS-307 2A** : module d'alimentation correspondant dans la liste à l'emplacement n°1 dans le RACK.
- B. **CPU 314** : elle est sélectionnée et insérée à l'emplacement n°2 à partir du catalogue CPU-300. La mémoire de travail de la CPU est de 24 ko et sa vitesse d'exécution est de 0,3 ms/k inst.
- C. **Modules de signaux (SM)** : A partir de l'emplacement n°4, il est possible de monter des modules de signaux (SM).
  - a) Deux SM ETOR DI 32×DC24.

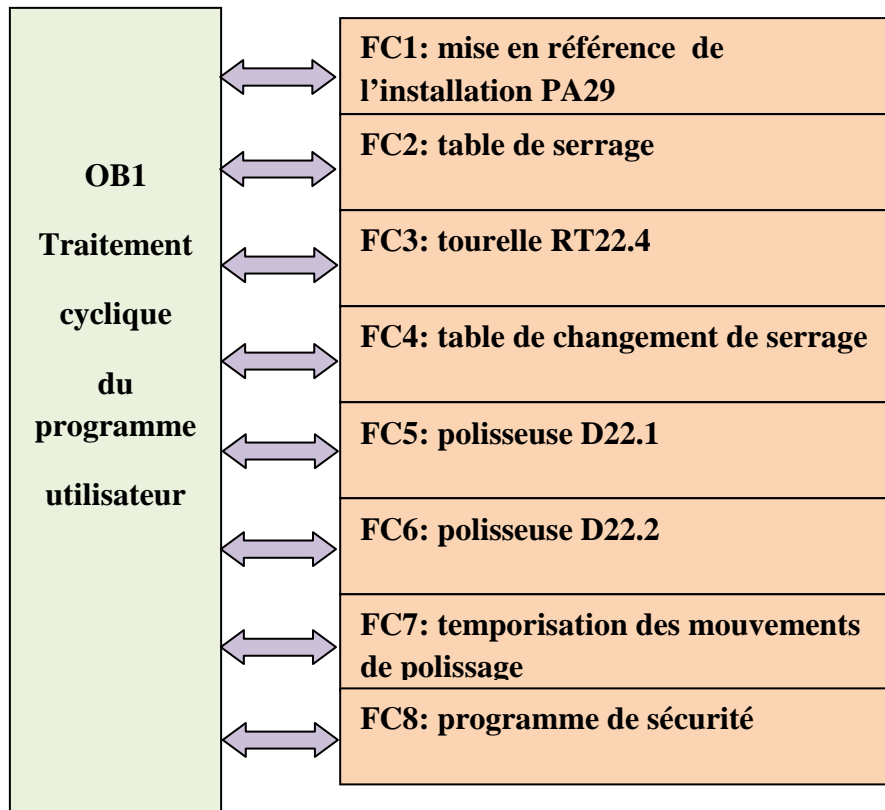
b) Deux SM STOR DO 32×DC24.

- 1- Ensuite, nous passons au programme utilisateur que nous avons réalisé pour commander la l'installation **PA29**. Le programme utilisateur est composé d'objets définis dans l'environnement de STEP7 (Figure **III-6**).



**Figure III-6 : les composants du projet de l'installation PA29.**

Le programme que nous avons adapté, à l'installation **PA29**, comportent 8 fonctions (FC) ou sont intégrées les parties du programme utilisateur qui représentent les différentes tâches séquentielles de l'installation **PA29** (Figure **III-7**).



**Figure III-7 : structure générale du programme de l'installation PA29.**

Ces fonctions se résument comme suit :

- **FC1** : cette fonction représente le programme de mise en référence de l'installation **PA29** c'est-à-dire déterminer l'état initial de cette dernière comme par exemple fixer le zéro du résolveur.
- **FC2** : elle contient le programme de la table de serrage. L'activation ou la désactivation de chaque élément de la table est soumis à certaines conditions.
- **FC3** : elle comporte le programme de fonctionnement de la tourelle **RT22.4**.
- **FC4** : cette fonction contient le programme de mise en marche de la table de changement de serrage avec toutes les conditions d'activation ou de désactivation de ses constituants.
- **FC5** : elle contient le programme de la polisseuse **D22.1** qui assure le pré-polissage, ainsi que celui du dispositif de pulvérisation incorporé à cette dernière.
- **FC6** : elle contient le programme de la polisseuse **D22.2** qui assure le polissage, ainsi que celui du dispositif de pulvérisation incorporé à cette dernière.

- **FC7** : cette fonction comporte le programme de toutes les temporisations, c'est-à-dire les durées qu'il faut pour réaliser le pré-polissage (polissage) du bout de manche, la mitre sur chant ou à plat et le manche sur chant ou à plat.
- **FC8** : elle contient le programme de sécurité de toute l'installation **PA29**.

Une fois tous les FC programmés, ces derniers sont ensuite insérés dans le bloc d'organisation OB1 pour le traitement cyclique du programme utilisateur, ainsi que la phase de simulation, ce qui sera l'objectif du prochain chapitre.

La programmation de réseaux des fonctions FC est réalisée avec le langage contact suite aux besoins d'utiliser des bascules RS pour la mise à 1 des sorties et la sauvegarde de cet état de mémoire en cas de nécessité. Les bascules RS nous offre également l'opportunité de figer l'automate en cas de défaillance et puis continuer l'exécution du programme utilisateur ou de remettre à zéro ce dernier.

Le programme complet de l'installation de polissage est donné dans l'annexe A.

## **11- Conclusion**

Le programme de commande en logique câblée, couramment utilisés dans le passé, était déterminé par le câblage des contacteurs et des relais, spécifique à la tâche à exécuter.

Aujourd'hui, on utilise des automates programmables pour résoudre les tâches d'automatisation. La logique stockée dans la mémoire programme, du système d'automatisation, est indépendante de la configuration matérielle et du câblage et peut donc être modifiée à tout moment à l'aide d'une console de programmation.

L'intégration complète de tout l'environnement d'automatisation est désormais réalisée grâce à :

- Une configuration et une programmation homogènes des différentes unités du système.
- Une gestion cohérente des données.
- Une communication globale entre tous les équipements d'automatisme misent en œuvre.



## 1- Introduction :

Après l'élaboration du programme de commande de notre système à automatiser, nous arrivons à l'étape décisive du travail effectué. Cette étape est la validation du programme par simulation et vérification de son bon fonctionnement. Pour cela nous avons utilisé le logiciel S7 PLCSIM qui est un logiciel optionnel de STEP 7.

L'application de simulation de modules S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester notre programme dans un automate programmable. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP 7, il n'est pas nécessaire qu'une liaison soit établie avec un matériel S7 quelconque (CPU ou modules de signaux). L'objectif de ce logiciel est le test des programmes STEP 7 pour les automates S7-300 et S7-400, qu'on ne peut pas tester immédiatement sur le matériel et ceci pour différentes raisons : l'application est critique, car elle peut occasionner des dommages matériels ou blessures corporelles en cas d'erreurs de programmation, mais la simulation permet de corriger ces erreurs pendant le test de la simulation.

## 2- Présentation du S7-PLCSIM :

L'utilisation du simulateur de modules physiques S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester le programme dans un automate de simulation que nous simulons dans un ordinateur ou dans une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP7.

Le S7-PLCSIM dispose d'une interface simple nous permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme activer ou désactiver des entrées.). Tout en exécutant le programme dans l'API de simulation, nous avons également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel STEP7 comme, par exemple, le test de bloc afin de visualiser les variables d'entrées et de sorties.

## 3- Commande de la CPU :

### 3-1- La fenêtre CPU :

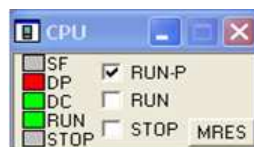






Figure IV : mise en marche de la CPU


#### 4- Mise en route du logiciel S7-PLCSIM :

Le mode de simulation est disponible à partir du gestionnaire de projet SIMATIC à condition qu'aucune liaison à des API réels ne soit établie. On peut suivre la procédure suivante pour la mise en route du logiciel S7-PLCSIM :

- ✓ Ouvrir le gestionnaire de projet SIMATIC.
- ✓ Cliquez sur  ou sélectionnez la commande Outils > simulation de modules. Cela lance l'application S7-PLCSIM et ouvre une fenêtre CPU.
- ✓ Parcourir la boîte de recherche jusqu'au projet S7\_polissage.
- ✓ Parcourir la boîte de recherche jusqu'au classeur des blocs.
- ✓ Cliquez sur  ou choisissez la commande **Système cible> charger** pour charger le dossier blocs dans l'API de simulation.

Dans l'application S7-PLCSIM, on crée de nouvelles fenêtres pour visualiser les informations provenant de l'API de simulation :

- ✓ Cliquez sur  ou choisissez la commande **Insertion > Entrée** pour créer une fenêtre dans laquelle nous pouvons visualiser et forcer des variables dans la zone de mémoire des entrées (zone E). Cette fenêtre s'ouvre avec l'adresse de mémoire par défaut EB0. Mais on peut modifier l'adresse (EB1, EB2, etc).
- ✓ Cliquez sur  ou choisissez la commande **Insertion > Sortie** pour créer une fenêtre dans laquelle vous pouvez visualiser et forcer des variables dans la zone de mémoire des sorties (zone A). Cette fenêtre s'ouvre avec l'adresse de mémoire par défaut AB0. Mais on peut modifier l'adresse (AB1, AB2...).
- ✓ Ça sera la même procédure pour la création de fenêtres de mémentos, temporisations et de compteurs.
- ✓ Choisir le menu CPU dans la fenêtre du S7-PLCSIM et vérifier que la commande (**Mettre sous tension**) est activée.
- ✓ Choisir la commande **Exécution> Mode d'exécution** et vérifier que la commande cycle continue est activée.
- ✓ Mettre la CPU de simulation en marche en cliquant sur l'une des cases à cocher RUN ou RUN-P

Pour sauvegarder la version actuelle de la simulation d'AP, cliquez sur  ou choisissez la commande **Fichier > Enregistrer CPU**.

Une fois toutes les fenêtres d'entrées et de sorties sont prêtes, nous activons les entrées voulues pour lire l'état des sorties (Figure IV-2). Dans notre cas, préparation du cycle (mise en référence de l'installation), abaisser les supports des deux tables de serrage et de changement de serrage, pivoter les pines de la tourelle à plat ( $x10=1$ ).

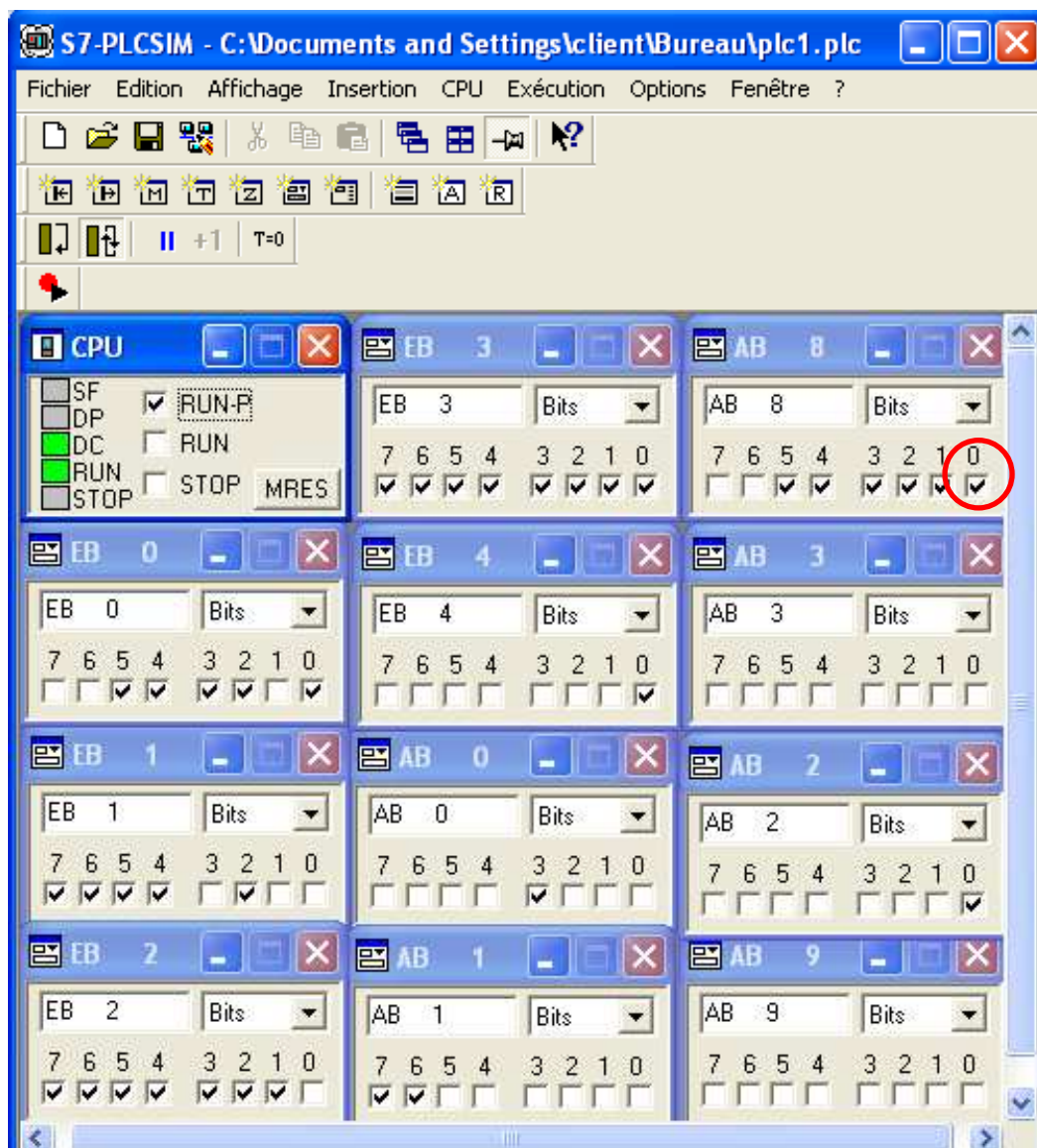

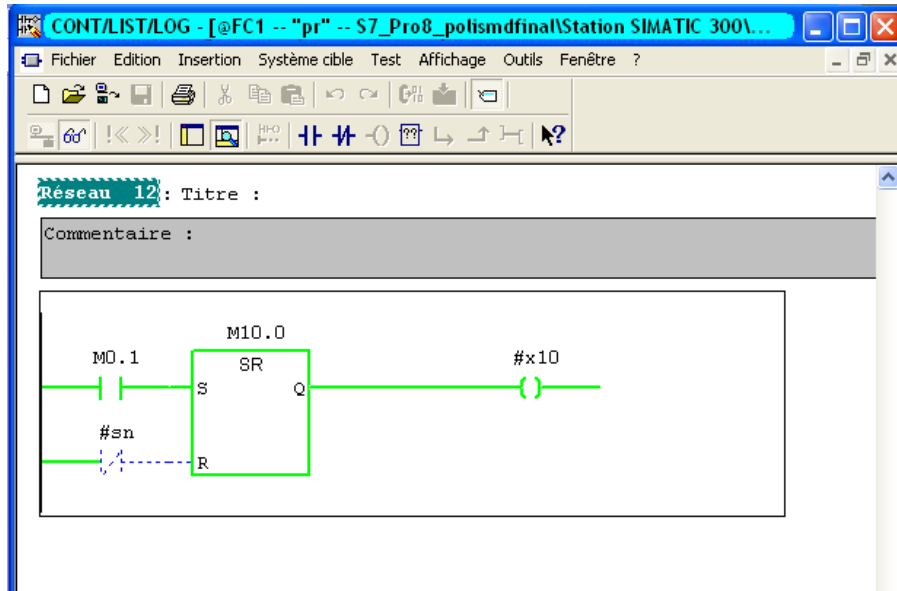


Figure IV-2 : Simulateur S7-PLCSIM.

#### 4-1- Visualisation de l'état du programme (préparation du cycle) :

Après le chargement du programme dans la CPU du simulateur, et la mise de cette dernière en mode « RUN-P », le STEP 7 nous permet de visualiser l'état du programme soit en cliquant sur l'icône  ou en sélectionnant la commande **Test > Visualiser** (Figure IV-3)



**Figure IV-3 :** Résultat de la simulation (mise référence est atteint  $x10=1$ ).

#### 4-2- Simulation du programme de l'installation :

La simulation du programme de l'installation est faite comme suit :

- Etape 1 : simulation du programme par bloc, c'est-à-dire charger chaque FC tout seul puis effectuer la simulation.
- Etape 2 : simulation du cycle complet, c'est-à-dire charger tous les blocs FC (FC1,...,FC8) puis effectuer la simulation du cycle.

#### Exemple :

L'exemple suivant (Figure IV-4 et IV-5) montre le début du cycle de travail : support levé au niveau de la table de serrage (FC2), démarrage des deux moteurs (1) et (2) entraînant les rouleaux supérieur et inférieur de la machine D22.1 (FC5) étoile puis triangle, sous le logiciel de simulation S7-PLCSIM, exécution dans l'OB1.

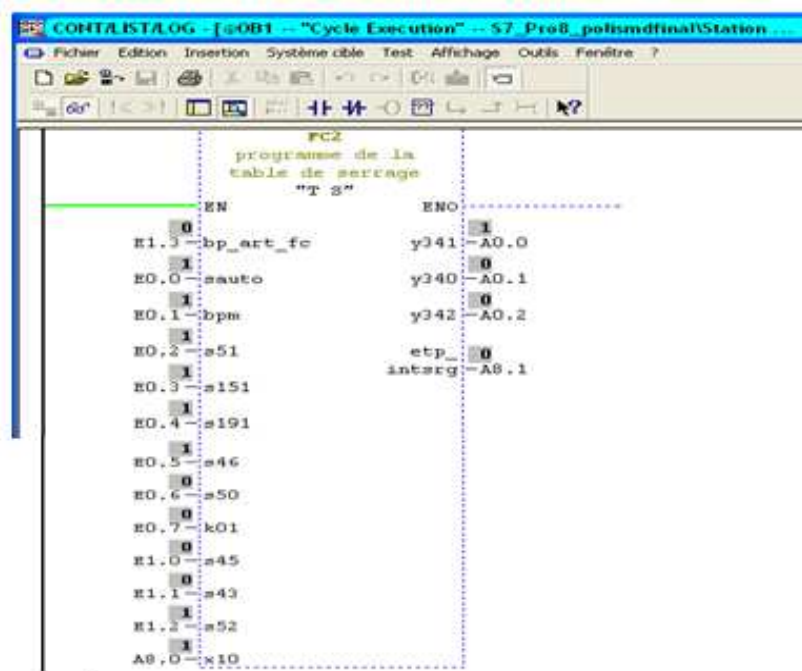


Figure IV-4 : support de la table de serrage levé.

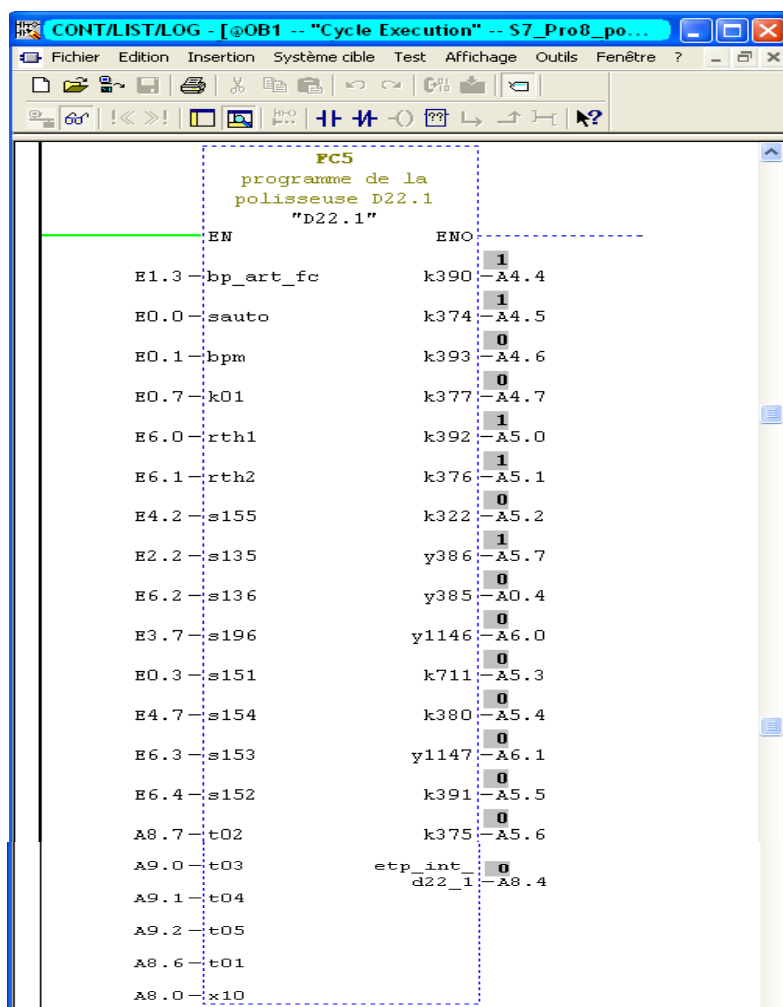


Figure IV-5 : démarrage des deux moteurs (1) et (2).

## **5- Conclusion :**

Ce chapitre nous a permis de présenter le logiciel S7-PLCSIM qui est un outil indispensable à la simulation des programmes et des concepts de commande automatisés.

Grâce à ce logiciel de simulation nous avons pu visualiser le comportement des sorties de notre processus et valider avec succès la solution que nous avons développée.

## **Conclusion générale**

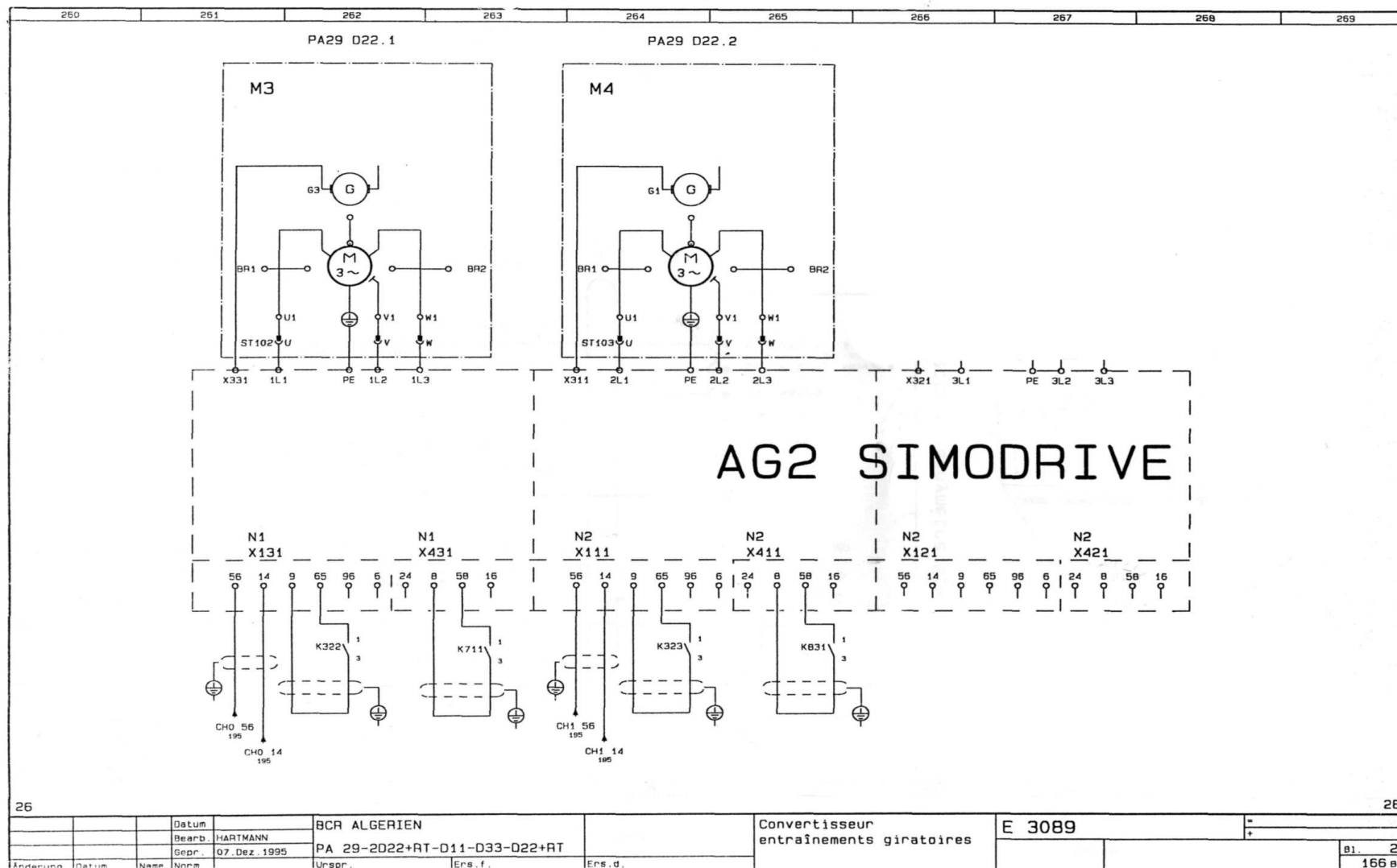
La commande des processus par des automates programmables industriels, est la solution recherchée, de plus en plus, dans l'industrie vue la justesse du traitement numérique qu'il effectue pour générer la commande adéquate à tout moment dans toutes les conditions.

Notre projet de fin d'étude est effectué en grande partie au sein de l'entreprise BCR dans le but de développer une solution programmable pour l'installation de polissage, donc remplacé l'API S5 par un API S7. Ce stage nous a apporté un grand apport en termes d'informations et de connaissances pratiques reçues sur le terrain. Ce stage constitue un complément indispensable pour la formation d'un ingénieur, lui permettant ainsi une transition facile de la formation au domaine professionnel.

Après l'étude de l'installation, nous avons proposé une solution de commande automatisée à base d'API S7-300 et ce grâce à l'outil puissant de modélisation qui est le GRAFCET et qui nous a facilité la tâche de programmation.

Nous avons constaté aussi durant notre projet, que les facteurs sécurité et fiabilité doivent être prisent en compte par l'ingénieur, c'est-à-dire qu'il faut s'assurer de la fiabilité des composants, pour garantir un bon fonctionnement du procédé. Mais aussi s'assurer de la sécurité du personnel et du matériel par intégration de capteurs et des conditions d'arrêt d'urgence qui stoppent les actions dangereuses en cas d'une défaillance humaine ou matérielle.

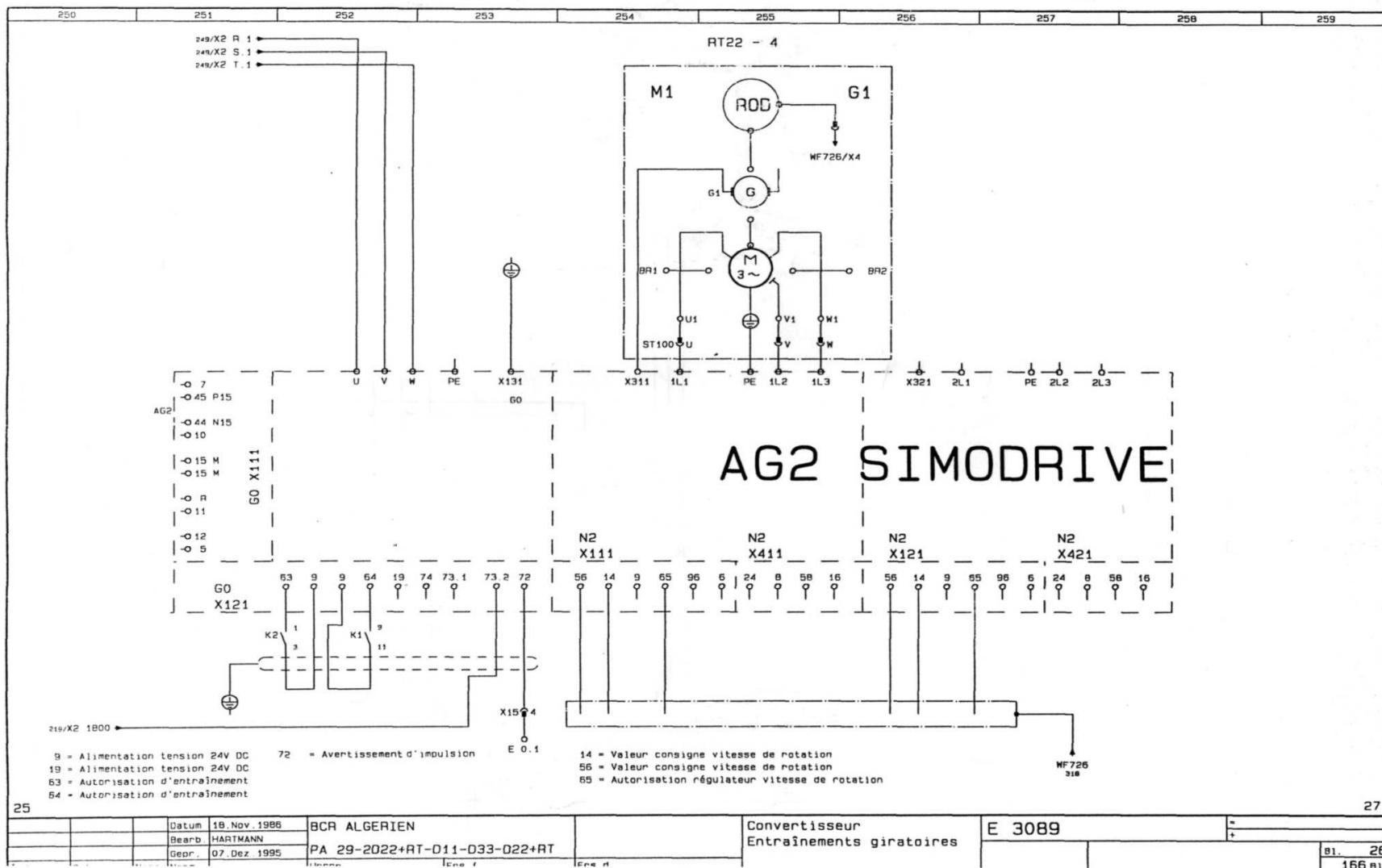
Nous espérons que notre travail verra naître sa concrétisation sur le plan pratique et qu'il servira comme guide pour tout projet d'automatisation utilisant les API S7-300 et le langage de programmation STEP7.



**Annexe C-2** : schéma synoptique de la  
commande de deux servomoteurs (D22.1 et  
D22.2).



**Annexe C-1 : schéma synoptique**  
 “commande du servomoteur entraînant  
 la tourelle”



### **B-1 Capteur de proximité photoélectrique**

Un capteur photoélectrique est un capteur de proximité. Il se compose d'un émetteur de lumière associé à un récepteur. La détection d'un objet se fait par coupure ou variation d'un faisceau lumineux. Le signal est amplifié pour être exploité par la partie commande. Les récepteurs ont comme élément de base des dispositifs sensibles au rayonnement infrarouge.

La détection est réalisée selon deux procédés :

- Blocage de faisceau par la cible.
- Renvoi du faisceau sur le récepteur par la cible.

Les détecteurs de proximités sont utilisés pour la détection d'objet et de produit dans la manutention et le convoyage, la détection de pièces et la détection de personnes.

Trois systèmes de base sont proposés pour la détection des différents objets selon l'application désirée :

- Le système barrage.
  - Le système réflexe.
  - Le système proximité.
- Le système barrage comporte deux boîtiers, il a une portée de 30m, il ne détecte pas les objets transparents (figure I-31).

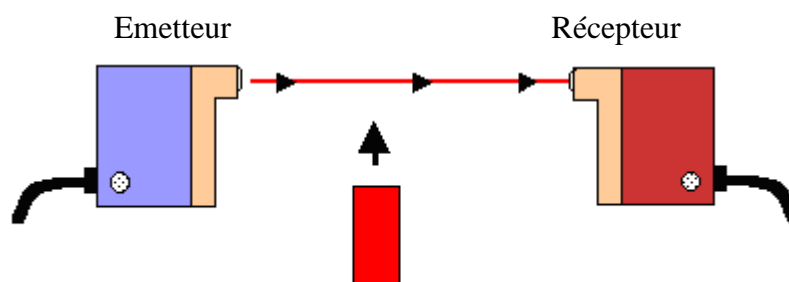


Figure I-31 : Système barrage

### **B-2 Les facteurs qui interviennent dans le choix d'un capteur**

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

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

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

Phase1 : détermination de la famille de détecteurs adaptée à l'application

Phase2 : détermination du type et de la référence du détecteur recherché.

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

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] : «Documentation BCR», E.SEPMANN, SOLINGEN, 1995.
- [2] : **D. BLIN, J. DANIC, R. LE GARREC, F. TROLEZ et J.C. SEITE**, « Automatique et informatique industrielle. », édition Casteilla, 1995.
- [3] : **J. HENG**, « Pratique De La Maintenance Préventive : Mécanique, Pneumatique, Hydraulique, Froid » édition Dunod, 2002.
- [4] : **J.M. BLEUX, J.L.FANCHON**, « Maintenance – systèmes automatisés de production », édition « Agnès Fieux ».
- [5] : **J. HENG**, « Pratique De La Maintenance Préventive : Mécanique, Pneumatique, Hydraulique, Froid » édition Dunod, 2002.
- [6] : **R. DAVID et H. ALLA**, « Du Grafcet aux réseaux de Pétri », édition HERMES, 1992.
- [7] : **J-M. BLEUX et J-L. FANCHON**, « Automatisation Industrielle», édition Nathan, 1996.
- [8] : **Documentations techniques de Siemens**, aide STEP7 CD ROM Siemens. (CD STEP7).
- [9] : **MAMMA.R, CHEBBAA.M**, « Développement d'une solution programmable d'un équipement de transfert à l'aide d'un API S7-300 à l'unité Froid ENIEM », mémoire d'ingénieur, département automatique, 2007.
- [10] : **P. TEAU**, « Le GRAFCET et sa mise en œuvre », ULP, 2002.

