

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention

du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

Option : Communication

Thème:

**Etude et amélioration de la commande d'une
station de traitement de surface a l'ENIEM**

dirigé par:

Mr: N.OURABIA

Proposé par :

Mr : M.MAKHLOUF

Etudié et réalisé par:

Melle : M.ZIAD

Melle:N.TAMADART

Année universitaire 2010/2011

Résumé

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, l'entreprise L'ENIEM nous a proposé un thème dans le cadre d'étude et d'améliorer qui est : " étude et amélioration la commande de la station de traitement de surface ". Pour ce faire nous avons subdivisé notre travail comme suit :

La première partie sera consacrée à l'étude globale de la station, son processus de fonctionnement et la procédure de démarrage de la machine. La deuxième partie a l'étude des composants et le fonctionnement des variateurs de vitesse en générale et le variateur VLT5000 en particulier et à la présentation de l'automate programmable industriel et l'automate TSX57203. Ensuite dans le troisième partie afin de modéliser l'installation de traitement de surface ,pour cette étude et la réalisation d'un automatisme ; nécessite une démarche structurée qui fait appel à un outil de description qui est le " GRAFCET " , permettant de modéliser parfaitement le système en tenant compte des contraintes physiques et logiques de fonctionnement. Par la suite on termine avec une description de logiciel PL7 et une conception de l'application.

Introduction générale.....1

Chapitre 1 : présentation de la station de traitement de surface.

I-Description détaillé de la station de zingage.....	2
I-1-Description des cuves.....	3
I-1-1- poste de charge et décharge.....	3
I-1-2- séchoir.....	3
I-1-3-Lavage(Rinçage).....	3
I-1-4-Passivation bleuté.....	5
I-1-5-Neutralisation.....	5
I-1-6-Dégraissage chimique.....	5
I-1-7-Lavage (Rinçage).....	6
I-1-8-Décapage(les 2 bains).....	6
I-1-10-Lavage (Rinçage).....	6
I-1-11-Dégraissage anodique.....	7
I-1-12-Lavage (Rinçage).....	7
I-1-13-Neutralisation.....	7
I-1-14-Lavage.....	8
I-1-15-lavage chaud.....	8
I-1-16-Zingage (4 Bains).....	8
I-1-20-Bain de récupération	8
I-2-Accessoire.....	9
I-3-Groupe transport.....	9
I-3-3-Câble feston.....	11

I-4-Dispositif de sécurité.....	11
I-4-1-Capteur.....	11
I-5-Circuit électrique.....	12
I-6-Réseau auxiliaire.....	13
I-7-partie commande.....	15
I-8-Agitateur.....	16
II-Principe de fonctionnement et rôle de la station.....	16
II-6-Principe de fonctionnement	16
III-Moteur asynchrone.....	22
V-Freinage.....	27
IV-Billon de puissance	28
IV-1-Expression couple	30
IV-2-Rendement	31
IV-3-Avantage de la machine asynchrone.....	31
IV-4-Inconvénients de la machine asynchrone.....	31
IV-Emplois de machine asynchrone.....	31

Chapitre 2 : Présentation de Variateur de vitesse VLT5000 et l'automate TSX57203.

I-Définition d'un variateur de vitesse	32
II-Structure et composant d'un variateur électronique.....	32
III-Principe mode de fonctionnement	35
III-1-principes type de variateur.....	38
VI-Variateur de vitesse pour moteur asynchrone.....	39
VI-1-Raison d'utilisation de variateur de vitesse	39

VI-2-Inconvénients de Variateur de vitesse.....	40
VI-3-Commande des moteurs par un variateur de vitesse.....	40
VI-3-1-définition de modulation a largeur d'impulsion.....	40
VI-3-2- intérêt de modulation a largeur d'impulsion dans un variateur de vitesse	40
IV-Variateur de vitesse VLT 5000.....	41
IV-1-caractéristique principale.....	42
IV-2-les options de VLT5000.....	43
IV-3-Fonctionnement de VLT5000.....	43
IV-3-1-Principe de fonctionnement	43
IV-3-2-Propriétés de VLT5000.....	44
IV-4-Mise en œuvre de variateur de vitesse.....	45
IV-4-1-Panneau de commande.....	45
IV-4-1-Panneau de commande-affichage.....	45
IV-4-2-Panneau de commande-voyant d'indication led.....	46
IV-4-3-Panneau de commande et touche de commande.....	46
IV-5-configuration rapide.....	46
IV-5-1-mode menu.....	46
IV-5-2-Installation électrique.....	46
IV-6-Installation électrique câble-moteur	48
IV-6-1-Branchement de moteur.....	48
I-Définition d'API (automate programmable industriel).....	50
II-Nature de l'information traite par l'automate.....	50
III-architecture de l'automate.....	51
VI-fonction réalise par API.....	52
V-Domaine d'emplois des automates.....	52
IV-traitement de programme de l'automate.....	52

Conclusion.....	56
-----------------	----

Chapitre 3 : modalisation de la station de traitement de surface

I-Définition de Grafcet.....	58
II-Aspect structurel de Grafcet.....	58
III-Niveau d'un Grafcet.....	63
VI-Structure de base.....	63
VI-1-règle de construction du Grafcet.....	65
1- Liste des moteurs.....	69
2- Liste des détecteurs.....	70
3- Liste des entres et sorties.....	71
4- Affectation des entrés sorties	75
V- Commande de la station.....	76
V-1—Les insuffisance	76
V-2-Quelque solution pour améliore la station de zingage.....	77

Chapitre 4 : présentation de logiciel PL7 et conception de programme

-Généralité sur le logiciel PL7	90
a-langage de programmation.....	92
-Langage a contacte(LD).....	92
-langage liste structuré (ST).....	92
-Langage liste d'instruction (IL).....	92
-langage graphique (Grafcet).....	92
b-Structure de logiciel PL7.....	93
I-présentation des éditeurs d'application.....	96

II-1-Structure mémoire des automates premium.....	98
II-2-1-structure son carte mémoire premium.....	98
II-2-2-structure avec carte mémoire premium.....	98
II-3-Sauvegarde de la mémoire.....	99
III-élaboration d'une application.....	99
III-1-Création d'une programmation.....	101
III-2-écriture d'un programme dans une section.....	104
III-3-Transfert de programme.....	105
III-4-mise ou point de l'application.....	106
III-5-Sauvegarde et sortie.....	107
III-6-Impression.....	105
-Conclusion générale.....	106
Annexe.....	108
Annexe 1.....	109
Annexe2.....	110
Annexe3.....	111
Annexe4.....	112
Annexe5.....	113
Annexe6.....	114
Annexe7.....	115
Annexe8.....	115
Annexe9.....	116
-Bibliographie.....	117

De nos jours, les entreprises sont soumises à des rudes épreuves de concurrence : proposer des produits de qualité en temps réduit et 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 la mise à niveau des équipements. Toutes ces nouvelles applications industrielles nécessitent des variateurs de vitesse ayant des hautes performances dynamiques. Ces dernières années plusieurs techniques ont été développées grâce à des entraînements variables qui ont fait appel à la machine asynchrone (MAS) suite à ses nombreux avantages en performances et en robustesses. Son principal inconvénient réside dans la complexité de son modèle multi-variable qui est non linéaire et fortement couplé.

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, l'entreprise L'ENIEM nous a proposé un thème dans ce cadre qui est : " étude et amélioration la commande de la station de traitement de surface ". Pour ce faire nous avons subdivisé notre travail comme suit :

La première partie sera consacrée à l'étude globale de la station, son processus de fonctionnement et la procédure de démarrage de la machine. La deuxième partie a l'étude des composants et le fonctionnement des variateurs de vitesse en générale et le variateur VLT5000 en particulier et à la présentation de l'automate programmable industriel et l'automate TSX57203. Ensuite dans le troisième partie afin de modéliser l'installation de traitement de surface ,pour cette étude et la réalisation d'un automatisme ; nécessite une démarche structurée qui fait appel à un outil de description qui est le " GRAFCET" , permettant de modéliser parfaitement le système en tenant compte des contraintes physiques et logiques de fonctionnement. Par la suite on termine avec une description de logiciel PL7 et une conception de l'application.

Enfin, nous terminons cette thèse avec une conclusion générale.

Chapitre 1

Chapitre 1

Présentation de l'installation

De

Traitement de surface

Introduction :

La station sur laquelle est portée notre étude se nomme « **station de zingage** ».elle se trouve à l'unité cuisson au niveau de l'ENIEM dans laquelle existe d'autres techniques de traitement tel que : la peinture, le traitement mécanique, thermodynamique, traitement par voie aqueuse, émaillage, le chromage et traitement par le zinc.

Le traitement par le zinc est le moyen le plus utilisé pour la protection des pièces contre la corrosion. Ce traitement de surface des matériaux est une étape importante dans l'unité de production au sein de l'entreprise ENIEM.

Avant l'étude de la station nous avons choisi d'abord de faire une description globale de la station pour bien comprendre son fonctionnement.

I-Description détaillée de l'installation :

La station de « **zingage** » est constituée de :

- Vingt baignoires chimiques.
- Deux chariots qui se déplacent linéairement sur les rails. Chaque chariot est composé de deux moteurs asynchrones.
- Une Armoire électrique qui est équipée :

1- à l'intérieur de :

- Deux variateurs de vitesses.
- Un automate programmable (API).
- Des bornes de connexion.
- Des contacteurs.

2-à l'extérieur de :

- Pupitre de commande.
- Boutons poussoir, lampes de signalisation.

Comme il existe aussi au niveau de la station quatre moteurs agitateurs et deux moteurs pour la ventilation.

- Les électrovannes, les redresseurs, les Capteurs, Des Fins de cours magnétiques et mécaniques.
- Accessoires (barres portes montages, came de contrôle, Câble feston).
- Une alimentation.
- Pompe de filtration pour les bains de zingages.

I-1-description des cuves :

Il existe sur la station vingt bains chimiques (cuves) sont faits de tôles en acier. Elles sont solidement renforcées et indéformables. L'intérieur des cuves est en PVC [1] et l'extérieur est protégé par de plastisol .Elles sont conçues de sortes que l'écoulement des fluides par la vanne de vidange disposée en un point bas, se fasse de manière rapide et complète. A l'extérieur les cuves sont équipés de:

- Une décharge à bride [2].
- Un bac de trop plein.
- Une décharge complétée en PVC.
- Un couple d'appuis, en plastique, pour les barres porte- montages.
- Un dispositif pour l'alimentation de l'eau.

La figure suivante illustre la désposition des bains :

Poste de charge et décharge	séchoir	Lavage	passivation	neutralisation	Dégraissage chimique	Lavage	décapage	Lavage	Dégraissage anodique	rincage	neutralisation	rincage	Rinçage	zingage	zingage	zingage	zingage	zingage	Bain mort
-----------------------------	---------	--------	-------------	----------------	----------------------	--------	----------	--------	----------------------	---------	----------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	-----------

Figure I- 1 : désposition des bains.

I-1-1-Poste de charge et décharge :

C'est un dispositif nécessaire au chargement et déchargement des pièces à traiter, composé par deux étriers fixés au châssis, sur les quels on pose les barres porte –montages qui sert à porter les pièces à traiter. Ils sont construits avec des solides tubes en acier entièrement plastifiés.la figure suivantes illustre le poste de charge et décharge :



Figure I-2 : poste de charge et décharge.

I-1-2- séchoir :

- **Dimensions intérieures** : $L=700\text{mm}$, $l= 3100 \text{ mm}$, $h=1500\text{mm}$.
- Volume du bain : $v=2800\text{l}$
- Température: 60 c° .

Il fonctionne avec le système de la ventilation à air chaud. L'air chaud circule par deux ventilateurs, passe contre les pièces en décrochant les gouttes et en les séchant.

I-1-3-Lavage (Rinçage) :

- **Dimensions intérieures** : $L= 700\text{mm}$, $l=3100 \text{ mm}$, $h=1500 \text{ mm}$.
- Volume $V=2600 \text{ l}$.
- $T=\text{ambiante}$.

Rôle : Il permet de :

- Nettoyer la pièce pour subir des traitements chimiques.
- Eviter le mélange de différentes substances des bains.
- Arrêter les réactions chimiques sur les surfaces des pièces.

I-1-4- passivation bleutée :

- **Dimensions intérieures** : L= 600 mm, l=3100 mm, h=1500mm.
- V=2604 l.
- T=ambiante.
- Concentration : 6 à 10 G/l.
- Renouvellement : tous les 15 jours.

Rôle : permet l'esthétique de la pièce.

I-1-5-neutralisation :

- **Dimensions intérieures** : L=600 mm, l=3100 mm, h=1500mm.
- V= 2006 l
- T= ambiante.
- Concentration : 4%.

Rôle : Il permet d'enlever les traces de rouilles de décapage, il contient de l'acide Chlorique.

I-1-6-Dégraissage chimique :

- **Dimensions intérieures** : L=800 mm, l=3100 mm, h=1500 mm.
- V=3000 l.
- T= 70 c°.
- Concentration : 60 à 66 G/l.

Rôle : il permet de nettoyer les pièces des traces de l'huile et de graisse. La cuve est équipé par :

- Un couple d'appuis en plastique pour les barres porte- montages.
- Un serpentin pour le chauffage, en acier inox.
- Un gaine en pyrex [3] pour le thermostat.

- Quatre hottes d'aspiration, en acier.
- Un dispositif pour l'agitation mécanique.

I-1-7-lavage (rinçage) :

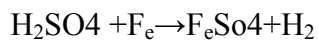
- **Dimension intérieurs :** L= 600 mm, l=3100 mm, h=1500 mm.
- V=2600 l
- T=ambiante.

I-1-8-Décapage (deux bains) :

L'installation comporte deux bains de décapages [4] identiques.

- Volume du bain 5208 l.
- Température : ambiante.

Rôle : il permet de nettoyer la pièce de la rouille à l'aide d'acide sulfurique selon la réaction chimique suivante :



I-1-10-Lavage (rinçage) :

- **Dimension intérieurs :** L= 600 mm, l=3100 mm, h=1500 mm.
- V=2600 l
- T=ambiante.

I-1-11- Dégraissage anodique :

- V =3500 l.
- T= 50 c°.
- Concentration : 50 à57 %.

Rôle : il permet d'enlever les traces de décapage, de graisse et des impuretés chargées Positivement.

I-1-12- Lavage :

- V= 2600 l.

- T= ambiante.

I-1-13-neutralisation :

- **Dimensions intérieures** : L=600 mm, l=3100mm, h=1500mm.
- V= 2006 l
- T= ambiante.
- Concentration : 4%.

Rôle : permet d'enlever les traces de rouilles de décapages, il contient de l'acide chlorique.

I-1-14- lavage (rinçage) :

- **Dimensions intérieures** : L=600 mm, l= 3100mm, h=1500 mm.
- V= 1176 l
- T=ambiante.

I-1-15- lavage chaud :

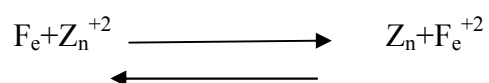
- V= 3000l.
- T=50 c

I-1- 16-zingage acide (4 bains de zingage) :

- **Dimension intérieures** : L=1600 mm, l= 3100 mm, h= 1500 mm.
- V= 7000 l
- T= 25 c°.

Rôle : le zingage permet de disposer une couche de zinc sur la surface de la pièce.

à l'aide de réaction chimique suivante :



I-1-20- Bain récupération (bain mort) :

- **Dimensions intérieures** : L=1600 mm, l=3000 mm, h=1500 mm.

- $V=2600\text{ l}$
- $T=\text{ambiante}$.

Rôle : permet de récupérer les gouttes de zinc acide des pièces sortantes des baigns de zingage.

I-2 –Accessoires :

I-2-1 –barre porte montages :

On tout il y a douze barres-porte montages construites avec des plats en cuivres, elles sont équipés des crochets pour le transport et de guides en bronze pour les appuyer sur les cuves.ils sont initialement positionnées comme suit : dans les baigns 1 ,2,3 et 7,8,9,10,11 et 16 ,17,18,19 .

I-2-2-couvre-bordes :

Il est nécessaire pour éviter l'égouttement entre les cuves, elle est construite en PVC.

I-2-3-Électrovannes :

Régulateur de température pour les baigns qui fonctionnent avec le chauffage.

I-2-4-Pompe de filtration :

Certaines baigns ont besoin de filtration périodique .Filtration qu'on effectue avec des pompes pour les baigns de zingage .On prévoit deux pompes filtrés avec un débit de 1500 L/H. Le débit horaire des pompes est calculé pour le double de la capacité des baigns.



Figure I-3 : pompe de filtration.

I-3-Groupe de transport :

I-3-1 –Guide pour le chariot :

Ils sont fixés à des poteaux accrochés au cuves et toute les charpenteries est plastifié avec de levasint .les guides pour les chariots sont des rails formés par des tubes en acier et une chaîne qui sert de crémaillère.

I-3-2-Chariots :

Pour déplacer les barres d'une cuve à l'autre, On emploie des chariots (la station comporte 2 chariots) .Les chariots sont construits avec des profilés en acier inoxydable et peints avec un vernis époxydique jaune. Ils sont équipé de deux moteurs réducteur ; l'un est pour soulèvement et l'autre pour le déplacement.

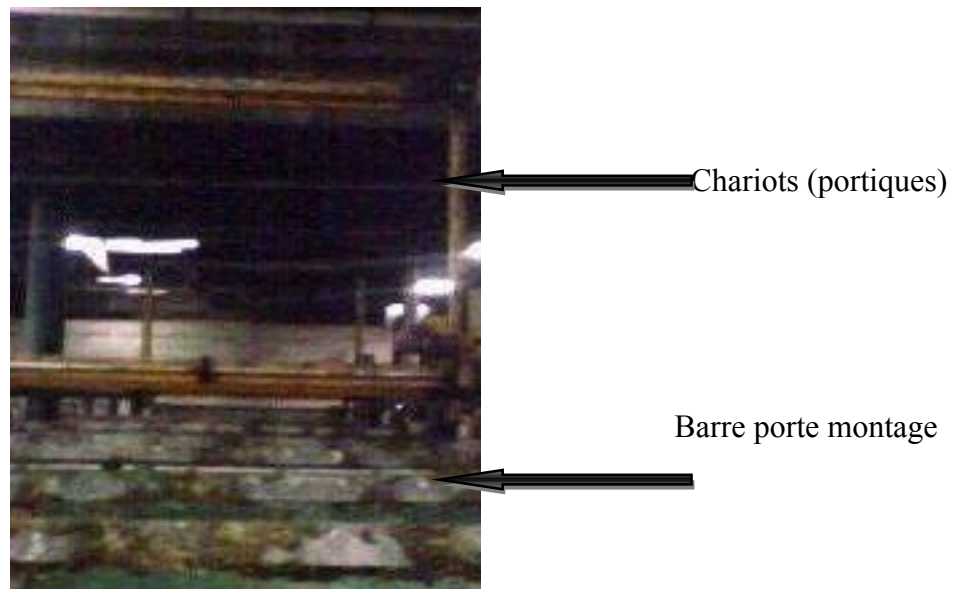


Figure I-4 : les Chariots (portiques).

L'équipement électrique comprend :

- ✓ **Fin de course magnétique** : pour la montée, la descente, suretés et le contrôle de la position et des cuves.
- ✓ **Photocellule** : détecte la présence de charge, et son rôle est de positionner la corbeille dans le bain voulu.
- Assure le contrôle de la position occupée.

✓ **boite à boutons** : qui sert à l'actionnement en manuel.

I-3-3-câble feston :

Le câble feston sert à l'alimentation électrique des moteurs et des services des chariots. A côté des rails ; il ya un guide dans la- quelle se déplace des chariots de soutiens.

I-3-4- Cames de contrôles :

Nécessaire pour l'arrêt des chariots sur les cuves et compte des positions, elles sont logés sur des guides fixées sur les rails pour rendre plus faciles les réglages.

I-4-Dispositif de sécurité :

Les systèmes de transmission des chariots sont protégés par des cartes. Il ya pour chaque mouvement, des fins de courses de sureté qui surveillent des dispositifs électriques des contrôles des chariots.

I-4-1-Capteur :

On fait appel aux capteurs pour leur rôle qui est de donner une image interprétable d'un phénomène physique de manière à pouvoir l'intégrer dans un processus plus vaste. On distingue deux types des capteurs :

1.-Capteur actif :

Il assure la conversion d'une grandeur physique (courant ou tension) à l'énergie électrique.

2-Capteur passif :

Appelé aussi capteur logique (TOR), ne dispose d'aucune source d'énergie. Qui sont choisis pour leurs bonnes caractéristiques : fidélité, sensibilité, rapidité, précision, justesse. Sur la station de zingage on distingue les capteurs suivants :

A-Capteur de position :

Sont des capteurs de contact , ils donnent l'information de type tout ou rien (TOR), Ils Sont utilises dans la station pour détecter la présence ou l'absence de la pièce dans les bains.

B-Capteurs optiques (photoélectriques) :

Ils Sont utilisés dans la station pour la détection de la présence des pièces ; Ils se composent d'un émetteur de lumière se forme de disque qui reflète la lumière associée au récepteur et au disque.

I-5-Circuit électrique :

L'armoire de commande fonctionne à : 24 v.

- Alimenté à : 380 v.

- Fréquence : 50 Hz.

L'armoire est métallique, protège contre la pénétration de la poussière.

I-5-1-Redresseur :

Il existe sur la station de zingage trois redresseurs de courant pour les bains suivants : dégraissage anodique, zingage, dégraissage chimique.

Rôle : Ils transforment le courant alternatif en courant continue .



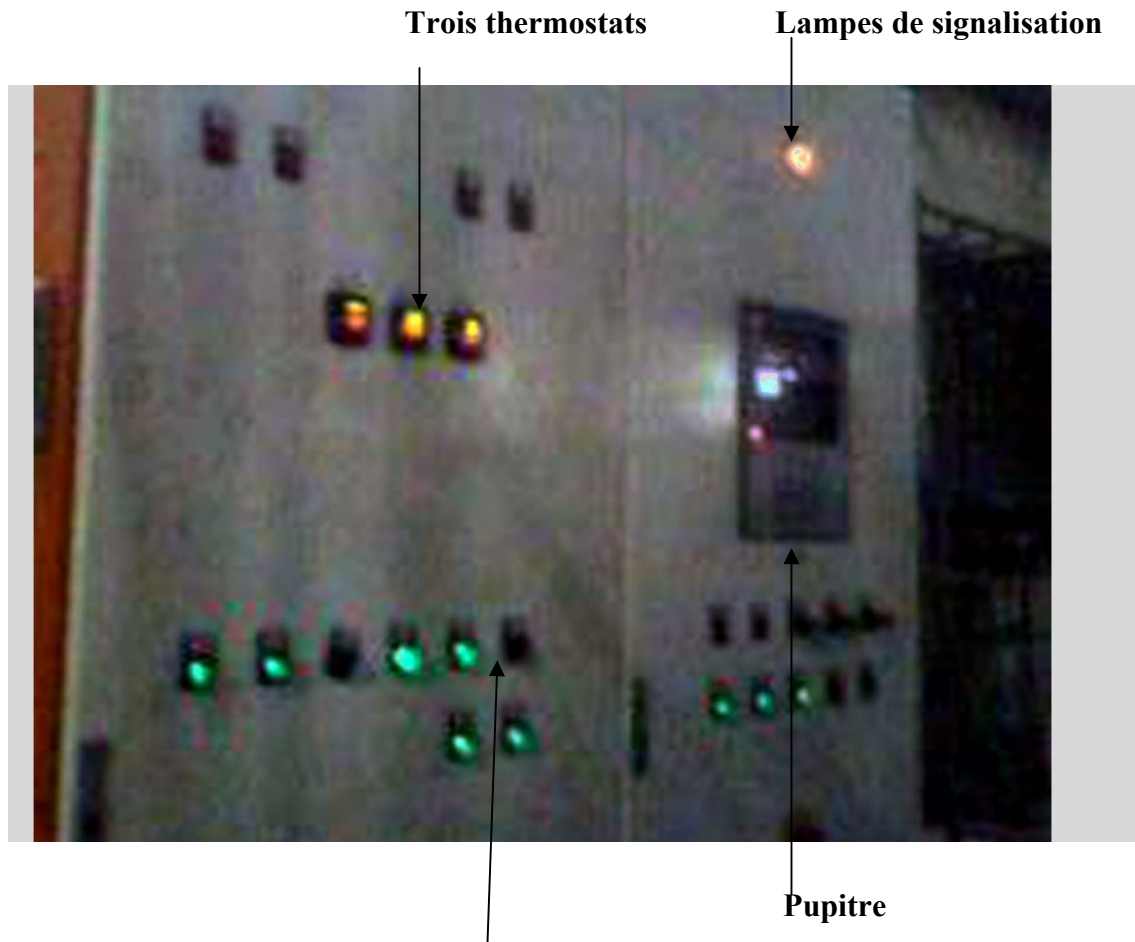
Figure I-5 : le redresseur de la station de Zingage.

I-5-2-Tableau des services auxiliaires :

Pour l'installation de zingage, sur l'armoire de commande sont inclus :

-Trois Thermostats digitaux pour les cuves : de dégraissages chimique, anodique et Lavage Chaud.

- Deux mises en marche des aspirateurs.
- Une mise en marche du séchoir.
- Un thermostat de séchoir.
- Trois mises en marche des agitations mécaniques. Ceci est montré la figure suivante :



Boutons de mise en marches (agitateur mécanique et les aspirateurs)

Figure I- 6 : l'armoire de commande est ces composants

I-5-3-Connexions électriques :

Tous les appareils électriques de l'installation sont raccordés jusqu' a une boite à borne placée au commencement de la ligne. Tandisque ceux des services des cuves passent dans des caniveaux en plastiques.

I-6-Réseau auxiliaire :

I-6-1-Collecteur pour l'alimentation de l'eau :

C'est un tube en PVC long comme toute la ligne au quel on s'attache avec les prises d'alimentation des rinçages chacune est pourvue d'une vanne de réglages en PVC.

I-6-2-Collecteur pour l'eau de refroidissement :

Le dispositif de refroidissement est connecté à des tubes qui sont en série avec l'alimentation de l'eau au rinçage.

I-6-3-Collecteur des eaux de décharge :

Les tuyaux de récoltes des eaux de décharges sont disposés le long de toute la ligne des cuves .Le collecteur est construit avec des tubes en pvc.

I-6-4-Collecteur de l'eau surchauffé :

Le collecteur de l'eau surchauffée est construit des tubes en fer noir thermiquement isolés. Les deux dispositifs de chauffages sont connectés aux collecteurs à travers un groupe de réglage pneumatique qui est commandé automatiquement.

I-6-5-Conduite de chauffage:(serpentin de chauffage)

C'est un tuyau fermé; La comparaison des températures se fait grâce à trois indicateurs qui se trouvent sur l'armoire de commande pour chaque bain ; on a deux couleurs distinctes :

- **Vert** (donnée fonctionnel) qui donne la température exacte du bain.
- **Rouge** (donnée technique) quand la température est atteinte le voyant s'éteint l'électrovanne s'arrête.



Figure I-7: Les thermostats de température.

I-7-partie commande :

Il est constitué d'une armoire avec une porte avant à charnière.

A l'extérieur de l'armoire on a :

1-Pupitre :

C'est un tableau de commande et de contrôle du système électronique et permet de visualiser le fonctionnement, l'opérateur peut facilement repérer l'origine d'une panne et il permet aussi :

- Modifier les paramètres de l'automate.
- Gérer les alarmes et les défauts.
- La commande de l'automate.

✓ **L'intérieur de l'armoire on a :**

2-API (automate programmable industriel) :

Il est constitué d'un module d'alimentation et des modules d'entrée sorties. il gère tout le processus (le mouvement des portiques, l'arrêt d'urgence, le cycle de travail).

3- Deux variateurs de vitesses :

Pour commander la vitesse des moteurs électriques.

I-8-Agitateur :

Les agitateurs sont des moteurs triphasés, munis de réducteur de vitesse à une seule vitesse et un seul sens de rotation.

II- principe de fonctionnement et rôle de la station de zingage :

II-1-Genre d'installation :

L'installation est automatique avec deux chariots.

II-2-traitement appliqué :

Zingage acide : temps nominal d'immersion : 24 mn.

Passivation : temps nominal d'immersion : 13 mn.

II-3-Pièce traités :

Pièces en acier.

II-4-rôle de la station :

Pour traitement de la surface des pièces (elles entrent à l'état brut et sortent à l'état brillant).

II-5-fonctionnement de la station :

La station de zingage fonctionne automatiquement. Les différentes tâches sont effectuées manuellement et exécutées par deux ouvriers. Les deux moniteurs sont limités au chargement

et déchargement des pièces. C'est grâce à un automate programmable que les informations sont envoyées aux variateurs de vitesses (VLT 5000) ceux-ci sont reliés aux deux moteurs par une seule sortie à l'aide de contacts. Le variateur de vitesse envoie l'information aux deux moteurs exclusivement. Quand le contacteur du moteur un (01) est ouvert, celui du moteur deux (02) est fermé. Voici un schéma théorique qui explique le principe de fonctionnement.

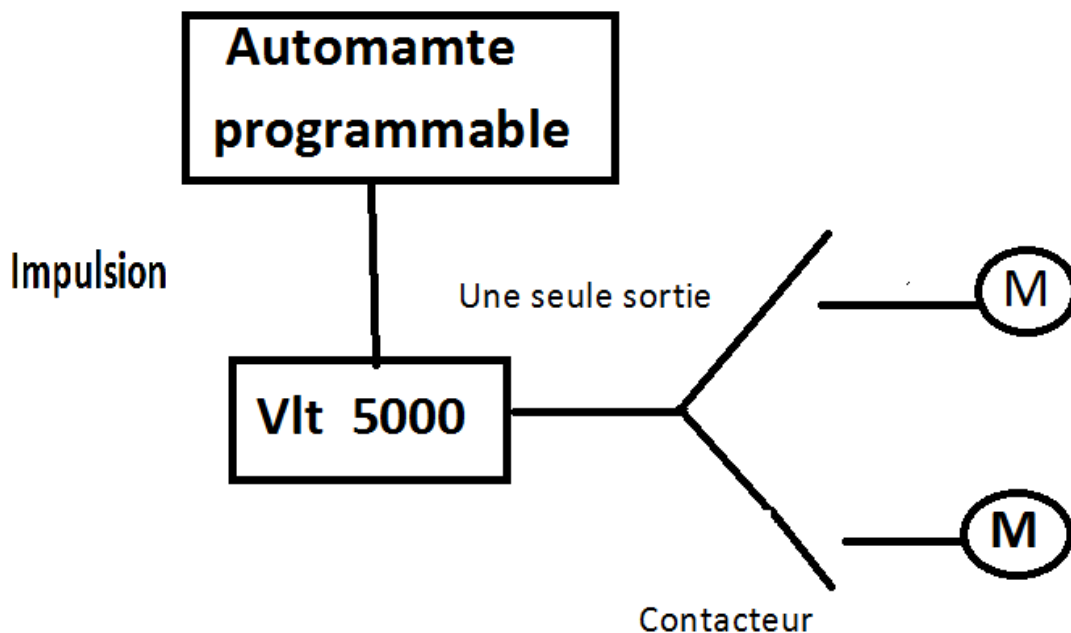


Figure I- 8 : schéma de fonctionnement de la station de zingage

II-6-principe de fonctionnement :

II-6-1-Démarrage :

En alimentant l'équipement, le moniteur visualise :

- La demande de la position des chariots (il faut contrôler l'exacte position des chariots) après cette opération l'unité centrale est prête à travailler et le moniteur visualise sur l'écran de pupitre:

- Le cadran menu principal (si l'équipement n'a pas fonctionné précédemment).

- Le dernier programme utilisé lorsque l'équipement a déjà fonctionné. Dans ce cas on lit les positions multiples (variantes), le numéro du programme et la position des Chariots.

II-6-2- Fonction de démarrage :

Les options de travaux sont visualisées avec une indication numérique de 01 à 04 et peuvent être rappeler en écrivant le numéro et en le confirmant :

- Rappel du programme enregistré.

- Sélection d'un nouveau programme.

- Le transfert du programme à la mémoire.

- Activation de la temporisation de fin de cycle.

II-6-3-Les mouvements des chariots:

La station de zingage comporte deux chariots, chaque chariot est équipé de deux moteurs. Les moteurs sont soumis à deux mouvements : mouvement de translation et mouvement de soulèvement (montée). Les deux mouvements de translation et de montée ne s'effectuent pas en même temps.

➤ la translation :

Le mouvement de translation est le déplacement des chariots sur les rails .Afin de traiter les pièces dans différents bains. La translation s'effectue avec deux vitesses différentes (grand vitesse « GV »et petite vitesse « PV » puis l'arrêt) ; pour passer au deuxième mouvement de montée cette opération exige un changement de phase. Voici schéma qui résume ce processus :

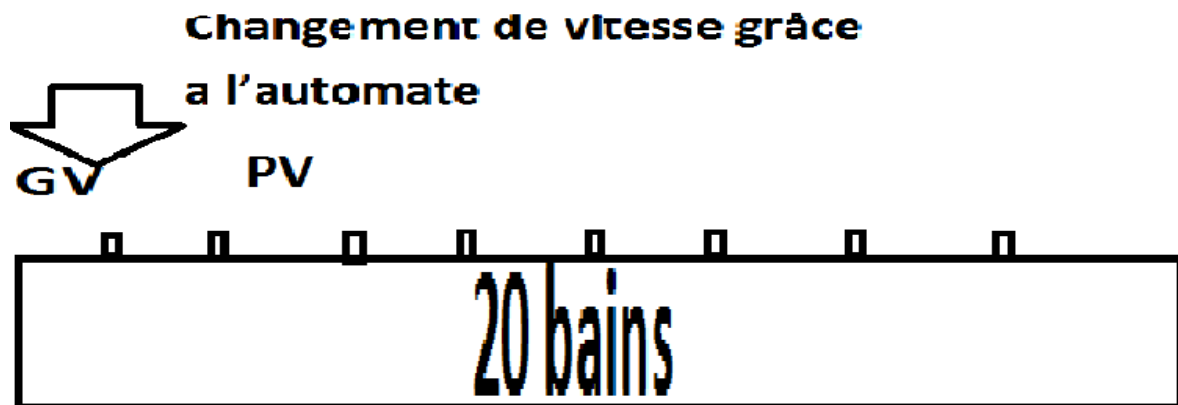


Figure I- 9: processus de translation.

➤ **la montée :**

Le mouvement de montée est le soulèvement des pièces des différents bains (C'est-à-dire faire sortir les pièces des bains après leurs traitements). Cela se fait comme suit : démarrage à grande vitesse durant un temps T (temporisation ($t=4s$)) puis passage à petite vitesse ensuite l'arrêt; l'arrêt est marqué par des fins de course pour éviter le dépassement. Voici un schéma du processus.

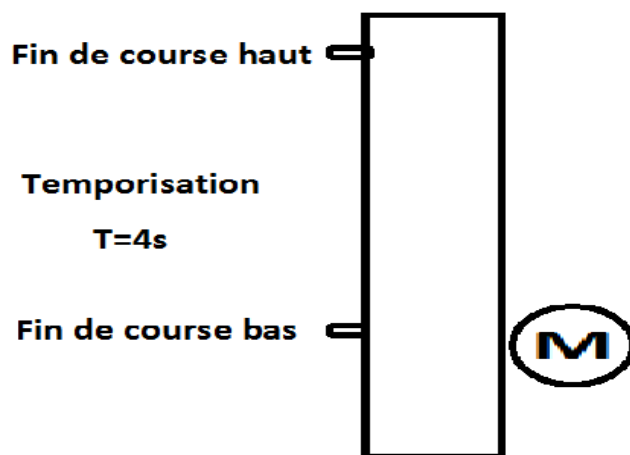


Figure I-10: schéma

de processus de montée.

Voici un Schéma qui résume le processus de travail des moteurs.

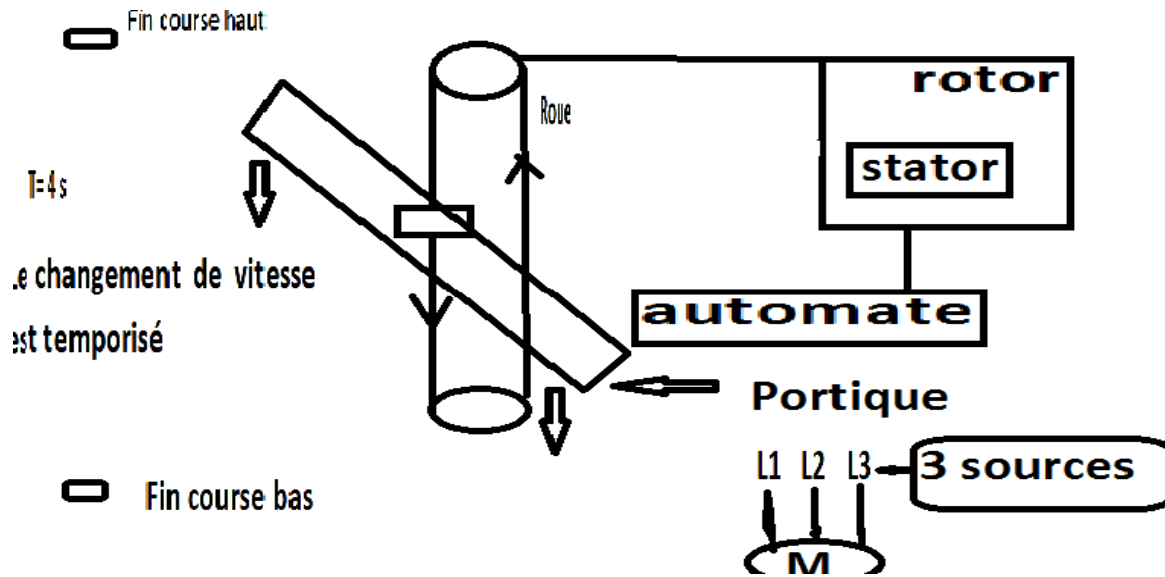


Figure I-11 : processus de travail des moteurs (pour le traitement de la pièce).

II-6-4-Processus

- ✓ **Processus** : C'est le travail de la barre sur l'ensemble des bains. C'est un cycle réversible.
- ✓ **Temps de cycle minimum** :

Le temps de cycle minimum est la durée de production de l'installation. On pourra l'augmenter pour certaines exigences, mais jamais le diminuer.

Le temps de cycle minimum est : 6mn28s à 7mn.

Le temps global pour le traitement de la pièce est : 6mn28s* 12 cycle=83 mn

- ✓ **Processus des portiques** :

La figure suivante illustre le cycle de travail (des deux portiques) :

III- Moteur ASYNCHRONE :

Depuis de très nombreuses années, le moteur asynchrone est utilisé pour assurer la variation de vitesse des processus industriels. La machine asynchrone a longtemps été fortement concurrencée par la machine synchrone dans les domaines de fortes puissances, jusqu'à l'avènement de l'électronique de puissance. Elle était à l'origine uniquement utilisée en moteur mais, toujours grâce à l'électronique de puissance, elle est de plus en plus souvent utilisée en génératrice.

III-1-Définition de la machine asynchrone :

La machine asynchrone [6], connue également sous le terme « anglo-saxon » la machine à induction, est une machine électrique à courant alternatif sans connexion entre le stator et le rotor. Pour fonctionner en courant monophasé, les machines asynchrones nécessitent un système de démarrage. Pour les applications de puissance, au-delà de quelques kilowatts, les moteurs asynchrones sont uniquement alimentés par des systèmes de courants triphasés.

III-2-Constitution de la machine asynchrone :

Le moteur asynchrone triphasé est structurellement composé de deux parties. Une partie stationnaire, le stator, avec une surface intérieure lisse et d'une partie en rotation, le rotor, de surface extérieure lisse. Le bobinage du stator est excité par un système triphasé de trois tensions équilibrées, déphasées entre-elles de 120° . La figure suivante illustre les constitutions de machine asynchrone.

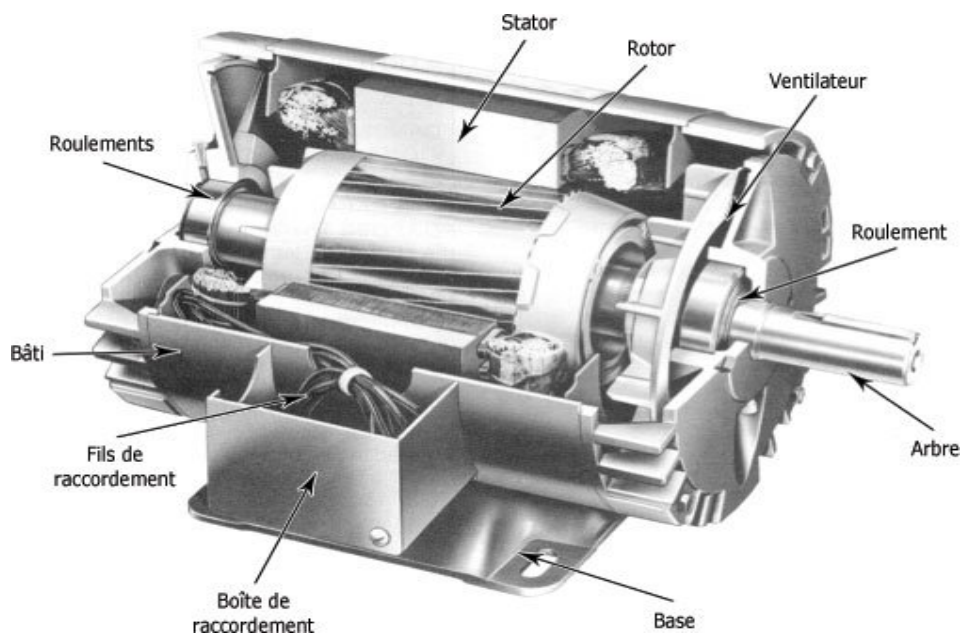


Figure I- 12 : Constitution de machine asynchrone.

III-2-1-Description et fonction de stator :

► Description du stator

Le corps est constitué des lamelles lesquelles une fois empilés ensemble forme un cylindre, les couronnes sont isolés entre elles. Le circuit magnétique du stator est un empilement de tôles fines d'acier découpées faisant apparaître les différentes encoches statorique

► Fonction de stator :

Le bobinage statorique est constitué de deux parties : les conducteurs et les têtes de bobines. Les conducteurs permettent de créer dans l'entrefer le champ magnétique à l'origine de la conversion électromagnétique. Les têtes de bobines permettent, quant à elles, la fermeture magnétomotrices du flux la plus sinusoïdale possible dans L'entrefer pour limiter les oscillations du couple électromagnétique.

III-2-2-Description et fonction de rotor :

► Description de rotor

Le rotor est constitué d'un cylindre de tôles poinçonnées à leur périphérie extérieure pour former les encoches destinées à recevoir des conducteurs, il est séparé du stator par un entrefer très court de l'ordre de 0.4 à 2 mm seulement. il existe deux types de rotors : Le rotor à cage d'écureuil et le rotor bobiné.

- Rotor bobiné a trois bobinages sont couplés en étoile et court-circuités sur eux-mêmes.

- Le rotor à cage d'écureuil a trois bobinages sont constitués de barres conductrices court-circuitées par un anneau conducteur à chaque extrémité.

1-Rotor bobiné (à bague):

Le rotor bobiné est du point de vue construction, similaire à celui du stator. Il comporte un enroulement triphasé connecté en étoile et dont les extrémités sont reliées à des bagues fixées sur l'arbre du rotor, en fonctionnement normal ces extrémités sont court-circuitées entre elles.

2-Rotor à cage d'écureuil :

Le rotor à cage d'écureuil est constitué de barres solides en aluminium ou en alliage de cuivre logées dans des encoches. Leurs deux extrémités sont court-circuitées par des couronnes. Ce type de moteur est le plus employé, car il est facile à construire, moins coûteux et plus robuste que les moteurs à rotor bobiné.

III-2-3- fonctions de rotor :

Grâce à la vitesse de synchronisme au niveau de l'entrefer, qui crée des f-é-m induites dans les enroulements du rotor qui sont court circuités et, par conséquent par le siège de courant induit.

III-3-principe de fonctionnement de moteur asynchrone :

Un stator formé de 3 bobines disposées à 120° l'une de l'autre et alimenté par un réseau triphasé, il crée dans l'entrefer un champ magnétique radial tournant à la fréquence de synchronisme : c'est-à-dire que sa vitesse de rotation du champ est proportionnelle à la fréquence de l'alimentation électrique. Le rotor, traversé par les seuls courants de Foucault, tourne alors à une vitesse de rotation légèrement inférieure. La machine est soumise à un champ magnétique résultant qui est la composition des deux champs magnétiques statorique et rotorique ayant le même nombre de paires de pôles et tournant à la même vitesse. C'est ce champ résultant tournant qui est responsable des propriétés.

- ❖ **Vitesse de synchronisme :** la vitesse de synchronisme des moteurs asynchrones triphasés est proportionnelle à la fréquence du courant d'alimentation et inversement proportionnelle au nombre de paires de pôles constituant le stator.

$$n_s = \frac{f}{p} \quad (\text{I.1})$$

n_s : Vitesse de synchronisme [Tr/s].

p : Nombre de spires de pôles de stator.

f : La fréquence de l'alimentation [Hz]

$$n_s = \frac{60f}{p} \quad (\text{I.2})$$

n_s : Vitesse de synchronisme [Tr/min].

- ❖ **La vitesse de glissement :**

Le glissement est une grandeur qui rend compte de l'écart de vitesse de rotation d'une machine asynchrone par rapport à une machine synchrone construite avec le même stator. Le glissement est toujours faible.

- ❖ **Le *glissement*** : correspond à la différence de vitesse entre le rotor et le champ statorique exprimée sous la forme d'un pourcentage de la fréquence de rotation.

$$n_s - n = g \cdot n_s \quad (I.3)$$

$$g = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (I.4)$$

Le glissement peut aussi être calculé à partir des vitesses angulaires :

$$g = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s} \quad (I.5)$$

ω_s : La *vitesse angulaire de synchronisme* du champ statorique dans la machine. [rad/s]

ω : La *vitesse angulaire de rotation* de la machine [rad/s]

g : Le glissement [%].

On a la vitesse de synchronisme de stator :

$$\Omega_s = \Omega \cdot S/p \quad (I.6)$$

Avec :

Ω_s : désigne la pulsation du réseau d'alimentation triphasé statorique.

P : le nombre de surfaces de chaque bobinage. Ou

P : désigne également le nombre de paires de pôles du champ.

- Le rotor tourne à une vitesse angulaire qui est **W** est différente de **WS**.

- ❖ **La fréquence rotorique est :**

$$f_r = p \cdot n_r = p \cdot (n_s - n). \quad (I.7)$$

En désignant par :

n_r : la fréquence de rotation du rotor

n_s : la fréquence du champ glissant.

V-Freinage :

v- 1- Frein à manque de courant :

Dés que la bobine de commande du frein n'est plus alimentée, le disque n'est plus maintenu et le freinage s'effectue. Ce type de frein est utilisé lorsque le maintien dans une position définie à l'arrêt est demandé.

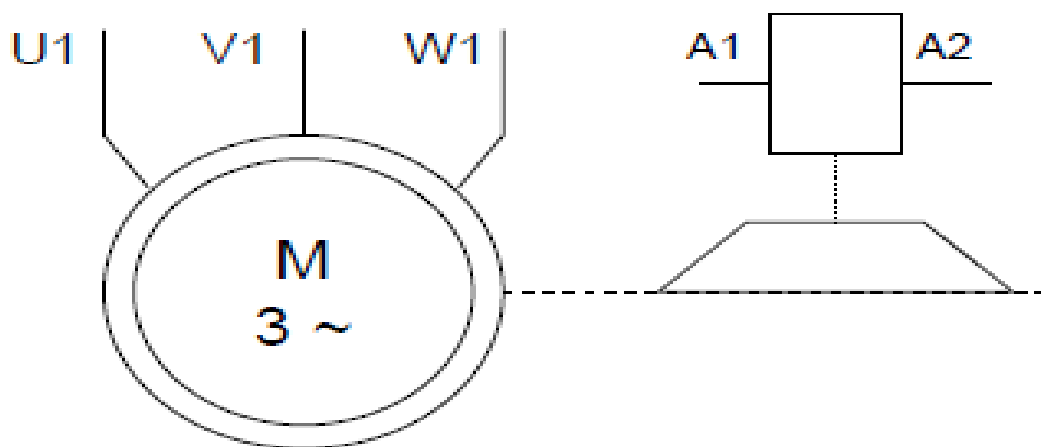


Figure 13: schéma à manque de courant.

V-2-Frein à présence de courant :

Le freinage a lieu dès que la bobine de commande du disque est alimentée.

V-3-Freinage par contre courant :

Ce mode de freinage est obtenu par inversion de deux phases. Le couple de freinage moyen est en générale, supérieur au couple de démarrage. Ce type de freinage est utilisé quand le moteur change de mouvement de translation à la montée ou a la descente et l'inconvénient de ce mode de freinage est qu'il implique des courants absorbés importants.

V-4-Freinage électronique:

Ce freinage consiste, après avoir déconnecté le moteur de l'alimentation, à injecter un courant continu entre deux bornes du stator. Cela entraîne la production d'un couple résistant qui s'oppose au couple rotor. On appelle ce type de freinage « **Freinage à injection de**

courant continu». Plus la valeur du courant est importante, plus le moteur est freiné rapidement.

La station étudiée est composée de 4 moteurs asynchrones (translation, monté) et un moteur agitateur pour les bains de zingages.

IV-1-Bilan de puissance :

Le moteur absorbe sur le réseau une puissance électrique active triphasée **Pa**. Une partie **Pjs** de cette puissance est dissipée par effet joule dans les enroulements du stator. Par la suite, le champ magnétique inducteur entraîne des pertes dans le fer **P fer** par hystérésis et par courant de Foucault. La reste de la puissance **Ptr** est transmis au rotor à travers l'entrefer. Une partie de cette puissance est alors utilisée pour produire une puissance électromagnétique **Pem**, tandis que la présence d'un courant induit dans le rotor provoque des pertes par effet joule **Pjr**. Nous donnons par la suite les différentes relations permettant de calculer les pertes et les puissances impliquées dans le moteur asynchrone.

a-puissance électrique absorbée :

$$\mathbf{P_a = \sqrt{3}UI \cos\Phi.} \quad \mathbf{(I.9)}$$

Pa= Puissance électrique absorbée [w]

U= Tension d'alimentation [V].

I= Courant absorbé [A].

CosΦ=Facteur de puissance.

Une partie de cette puissance est dissipé sous forme de chaleur par effet joule à travers L'enroulement de stator.

1-les pertes fer au stator :

$$\mathbf{P_{Js} = 3.Ri.Ii^2.} \quad \mathbf{(I.10)}$$

Avec :

Pjs : Les pertes par effet joule au stator [W].

Ri = Résistance d'un enroulement statorique [Ω].

Ii=Courant traversant l'enroulement statorique [A].

Ou bien :

$$P_{js} = 3/2 \cdot R_i \cdot I_i \quad (I.11)$$

Avec :

R_i : La résistance entre deux bornes [Ω].

I_i : Courant en ligne [A].

2- Les Pertes joule au rotor :

$$P_{jr} = g \cdot P_{tr} \quad (I.12)$$

Ou bien :

$$P_{jr} = 3 \cdot r_2 \cdot I_2^2 \quad (I.13)$$

Avec :

P_{jr} : pertes joules au rotor [W]

r₂ : Résistance d'un enroulement rétorique [Ω].

I₂ : Le courant dans la barre [A].

b-Puissance électromagnétique :

$$P_{em} = P_{tr} - P_{jr} = (1-g) \cdot P_{tr} \quad (I.14)$$

P_{em} : Puissance d'une barre [W].

c -puissance mécanique :

$$P_m = P_{EL} - P_J \quad (I.15)$$

P_m=Puissance mécanique [W].

d-puissance utile :

$$P_u = P_{em} - P_m \quad (I.16)$$

P_u= Puissance utile [W].

P_u=P_m-sommes des pertes [W]

IV-2-Expression de couple :

a-Couple électrique :

$$C_{\text{èle}} = P_{\text{el}} / \Omega_s. \quad (\text{I.17})$$

C_{el}=Puissance électrique [N.m]

b-Couple mécanique :

$$C_{\text{me}} = P_{\text{me}} / \Omega_s \quad (\text{I.18})$$

C_{me}=couple mécanique [N.m]

IV-3-Rendement :

$$N = P_u / P_a \quad (\text{I.19})$$

IIV-3-Avantages de machines asynchrones

- Elle est robuste (solide).
- Construction simple et peut couteuse.
- Commande simple et peut couteuse.

IIV-4-Inconvénients de machine asynchrone :

- Appel de courant très important au freinage, intensité de démarrage 4 à 8 intensité nominale
- Démarrage brutal.
- Commande complexe par rapport à celle d'une machines synchrone.

IIV-5-Emploie de machine asynchrone :

- Moteur de petite puissance.

- Machine ne nécessitant pas une mise en vitesse progressive.
- Machine nécessitant un bon couple de démarrage.

IIV-6-Les étapes à suivre lors de mise en marche de la station peuvent être Citées comme suit :

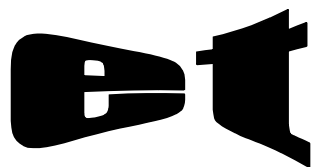
- Allumer des vannes de chauffage.
- Actionner l'interrupteur de l'armoire de commande.
- Allumer les électrovannes de chauffage qui se trouve sur l'armoire de commande et les quatre boutons d'aspiration.
- Allumer le robinet d'air pour fonction des électrovannes.
- Ouvrir des vannes d'eau.
- Une fois la température atteinte, mettre les bains à niveau et attendre que la température des bains soient aux normes.
- Mettre en marche les agitateurs des bains de zinc et de dégraissage.
- Programmation de l'installation.
- Mettre en marche les pompes de filtration de zinc.
- Allumer les redresseurs de courant pour le démarrage après si le démarrage de La machine
- Pour la production il faut contrôler que les vannes sont en position initiale.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié la «station de zingage», Sa constitution et son principe de fonctionnement. Cela nous a permis de constater certaines insuffisances celle-ci peuvent être améliorées ce qui est l'objet des prochains chapitres.

Chapitre 2

Présentation de variateur VLT5000



L'automate TSX 57203

INTRODUCTION :

Pour démarrer les moteurs électriques et contrôler leur vitesse, les démarreurs rhéostatiques, les variateurs mécaniques et les groupes tournants (Ward Leonard en particulier) ont été les premières solutions. Les démarreurs et variateurs électroniques se sont imposés par la suite dans l'industrie comme la solution moderne, économique, fiable et sans entretien. Les progrès de l'électronique de puissance et de la microélectronique ont permis la réalisation de convertisseurs de fréquence fiables et économiques.

I-Définition de variateur de vitesse :

Un variateur de vitesse est un dispositif électronique destiné à commander la vitesse d'un moteur électrique dont le rôle consiste à moduler l'énergie électrique fournie au moteur.

II- Structure et composants de variateurs électroniques :

a-Structure :

Les variateurs de vitesse électroniques sont composés de deux modules généralement regroupés dans une même enveloppe.

- 1- Un module de contrôle qui gère le fonctionnement de l'appareil.
- 2- Un module de puissance qui alimente le moteur en énergie électrique.

▶ Module de contrôle :

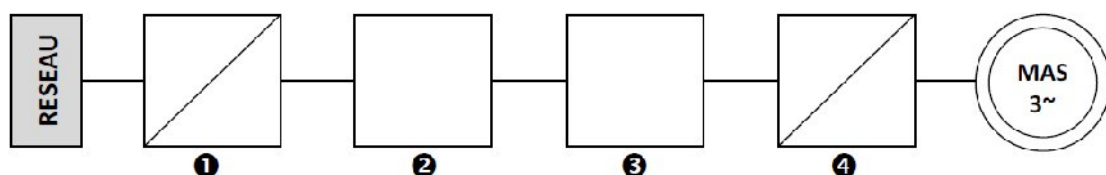
Sur les variateurs modernes, toutes les fonctions sont commandées par un microprocesseur qui exploite les réglages, les ordres transmis par un opérateur ou par une unité de traitement, et les résultats de mesures comme la vitesse, le courant, etc.

▶ Module de puissance :

Le module de puissance est principalement constitué de :

- Composants de puissance (diodes, thyristors).
- Interfaces de mesure des tensions et/ou des courants,

b-Synoptique des variateurs de vitesses pour moteur asynchrone :



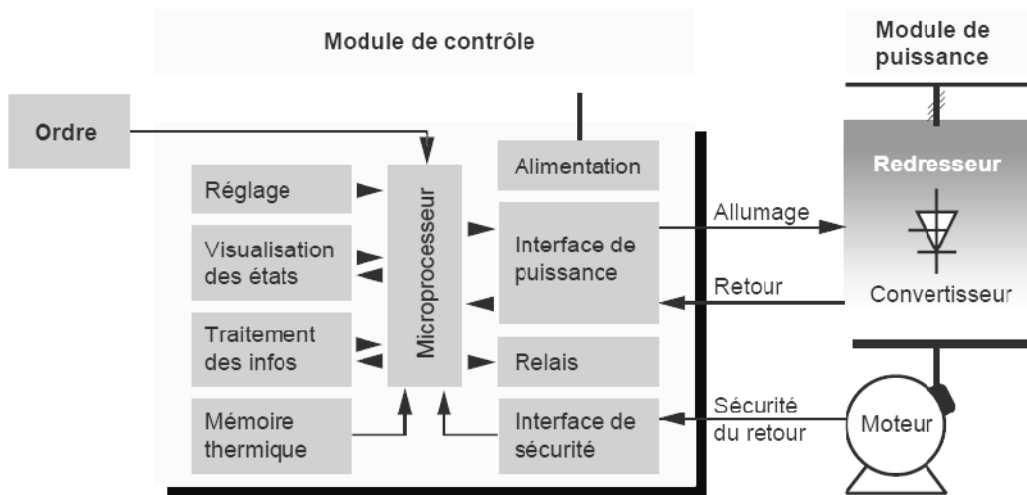


Figure II-1 : structure générale de variateur de vitesse.

1-Le Pont redresseur : Il transforme la tension alternative sinusoïdale en tension redressée (unidirectionnelle)

2-Un Filtre : Un condensateur atténue qui élimine les phénomènes d'ondulation de la tension en sortie du redresseur.

3-La Récupération : Lors du freinage, l'inertie entraîne le rotor. Le moteur ne ralentit pas immédiatement. L'énergie récupérée est dissipée dans une résistance et stockée dans le condensateur.

4-L'onduleur : Il transforme une tension continue en une tension alternative de fréquence variable.

c-Schéma simplifié de variateur de vitesse pour moteur asynchrone :

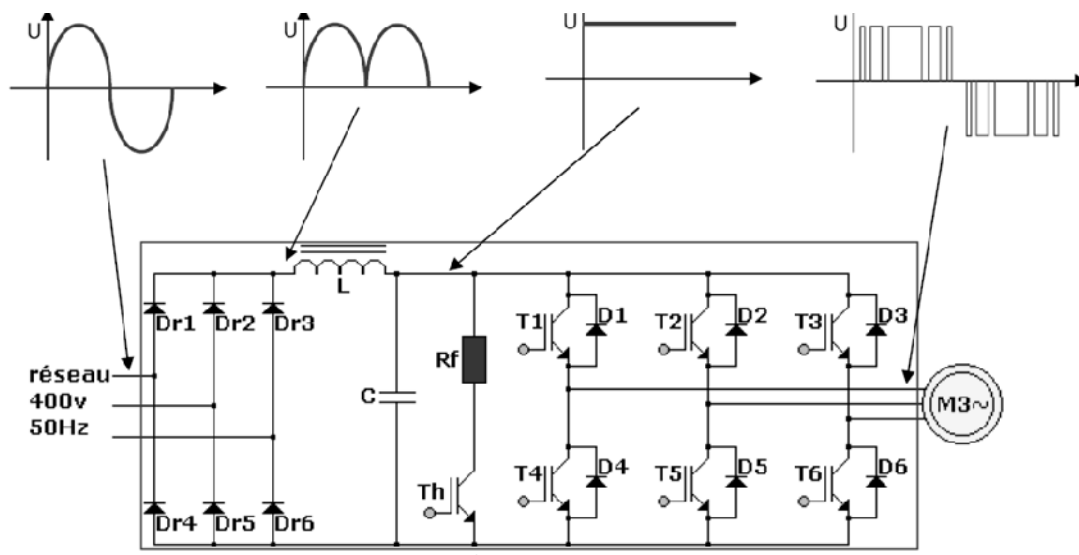
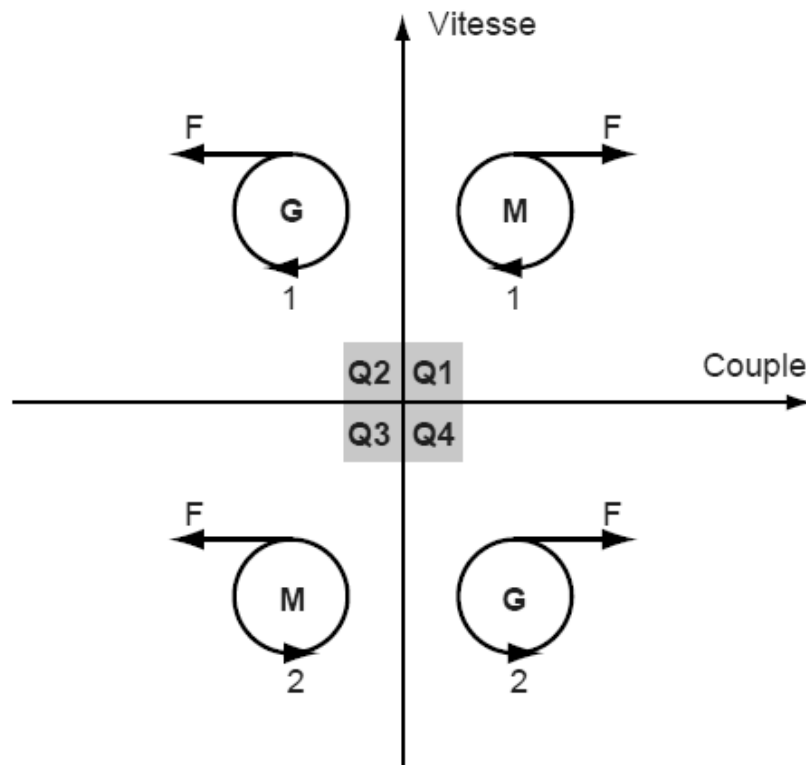


Figure II- 2 : Variateur de vitesse pour moteur asynchrone.**III-Les principaux modes de fonctionnement :****1-mode de fonctionnement :**

Voici un schéma qui résume les modes de fonctionnement du variateur

Avec : M= moteur. Et G= générateur.

**Figure II-3**: schéma de mode de fonctionnement de variateur de vitesse

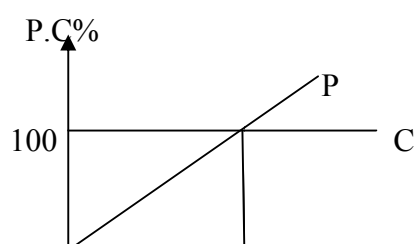
Les variateurs de vitesses peuvent, selon le convertisseur électronique, soit faire fonctionner un moteur dans un seul sens de rotation, ils sont alors dits «unidirectionnels », soit commander les deux sens de rotation, ils sont alors dits «bidirectionnels ».

III-1-Principe de fonctionnement :

Les variateurs de vitesse peuvent fonctionner selon deux modes :

1-Fonctionnement à couple constant :

Le fonctionnement est dit à couple constant quand les caractéristiques de la charge sont telles qu'en régime établi, le couple demandé est sensiblement le même quelle que soit sa vitesse.



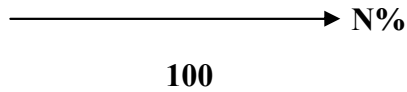
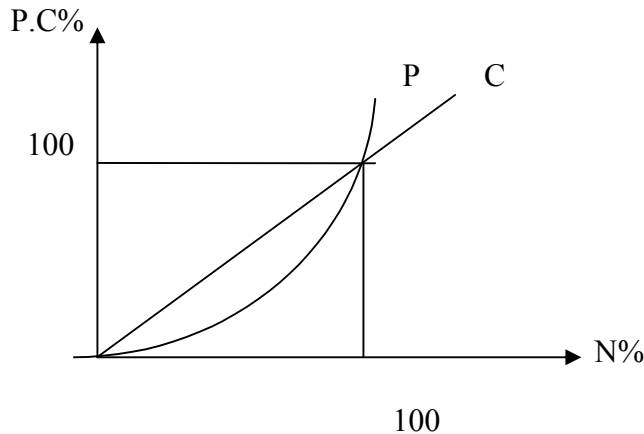


Fig.4 : Courbe de fonctionnement à couple constante

2-Fonctionnement à couple variable :

Le fonctionnement est dit à couple variable quand les caractéristiques de la charge sont telles qu'en régime établi, le couple demandé varie avec la vitesse. Le couple croît linéairement avec la vitesse ou les machines centrifuges (pompes et ventilateurs) dont le couple varie comme le carré de la vitesse comme dans la figure (a) et (b)

a-



b-

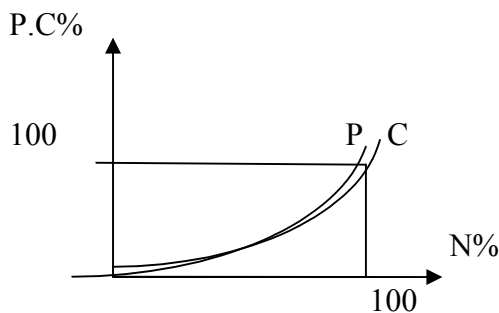


Fig.5 : Courbes de fonctionnement à couple variable

Et voici un cas particulier pour le fonctionnement à couple variable

Fonctionnement à puissance constante :

C'est un cas particulier du couple variable. Le fonctionnement est dit à puissance constante quand le moteur fournit un couple inverse.

III-1-principaux types de variateurs :

Il existe de nombreux variateurs de vitesses électroniques; parmi les types de variateurs on peut citer les variateurs suivants :

1-Redresseur contrôlé pour moteur à courant continue :

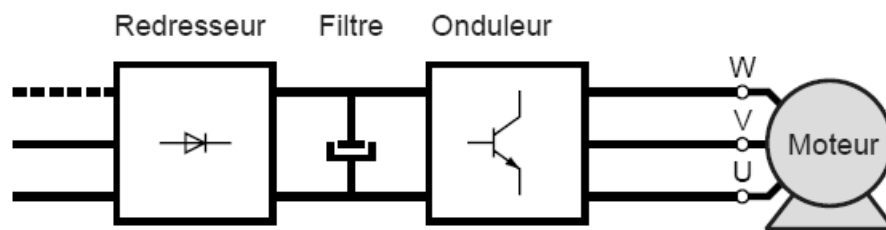
Il fournit, à partir d'un réseau alternatif monophasé ou triphasé, un courant continu avec un contrôle de la valeur moyenne de la tension.

2-Convertisseur de fréquence pour moteur asynchrone :

Il fournit, à partir d'un réseau alternatif à fréquence fixe, une tension alternative triphasée de valeur efficace et de fréquence variable. L'alimentation du variateur pourra être monophasée ou triphasée. La tension de sortie du variateur est toujours triphasée. De fait, les moteurs asynchrones monophasés sont mal adaptés à l'alimentation par convertisseur de fréquence.

3-Gradateur de tension pour le démarrage des moteurs asynchrones :

Il fournit, à partir d'un réseau alternatif, un courant alternatif de fréquence fixe égale à celle du réseau.



: schéma de principe d'un convertisseur de fréquence.

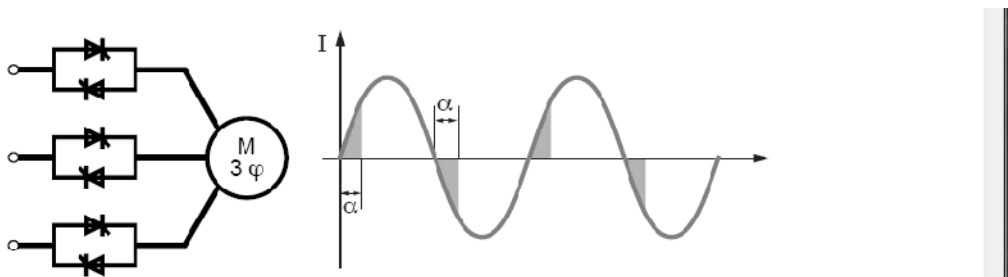


Figure II- 6 : Schéma de démarreur de moteur asynchrone et forme de courant d'alimentation.

VI- VARIATION DE VITESSE POUR LES MOTEURS ASYNCHRONES :

1-Réglage par variation de tension :

Le couple électromagnétique de la machine asynchrone est proportionnel au carré de la tension d'alimentation statorique. Il est donc possible d'envisager un ajustement de la vitesse

au dessous de la vitesse nominale en modifiant la tension d'alimentation statorique. Cette solution est le plus souvent utilisée pour le démarrage.

2-Réglage par action sur le glissement :

L'utilisation de résistances rotorique permet un réglage de la vitesse au dessous de la vitesse nominale mais avec un rendement déplorable. On essaiera donc de récupérer cette énergie transmise au rotor.

3-Réglage par variation de fréquence :

La fréquence de rotation n (en tours/seconde) dépend de la fréquence d'alimentation du stator f et du nombre de paire de pole p .

V-1-Raison d'utilisation de variateur de vitesse :

Economie d'énergie citons par exemple :

- ✓ **POMPAGE**: jusqu'à 50 % d'économie.
- ✓ **VENTILATION**: jusqu'à 70 % d'économie
- ✓ **ENTRAÎNEMENT**: récupération d'énergie électrique au freinage.

Diminution de pénalités (factures électricité) comme :

Flexibilité : - Possibilités de commande à distance

Confort d'utilisation comme :

- ✓ Réduction de la maintenance
- ✓ Diminution des nuisances sonores
- ✓ Surveillance de processus pilotée courant - couple - fréquence
- ✓ Fonctionnement souple réduction cycles marche/arrêt
- ✓ Moindre sollicitation des transformateurs
- ✓ Grande souplesse de pilotage

V-2-Inconvénient de variateur de vitesse :

- ✓ Interférence de fréquence.
- ✓ Génération d'harmonique.

V- 3-Commande des moteurs par un variateur de vitesse :

Afin de régler l'amplitude et la fréquence de la tension du moteur tout en limitant les parasites au bon fonctionnement de moteur , la solution consiste à découper la tension continue en signaux rectangulaires de largeurs différentes de telle sorte que le moteur absorbe un courant quasi- sinusoïdal, ce procédé électronique est appelé modulation à largeur d'impulsion

V-3-1-Définition de modulation a largeur d'impulsion :

La modulation à largeur d'impulsions (MLI ; en anglais : Pulse With Modulation, soit PWM), est une technique couramment utilisée pour synthétiser des signaux continus à l'aide de circuits à fonctionnement tout ou rien, ou plus généralement à états discrets.

V-3-2- Intérêt de modulation à largeur d'impulsion dans le variateur de vitesse :

La génération de la tension de sortie est obtenue par découpage de la tension redressée au moyen d'impulsions dont la durée, donc la largeur, est modulée de telle manière que le courant alternatif résultant soit aussi sinusoïdal que possible. Cette rotation régulière à basse vitesse limite les échauffements. Voici les schémas qui illustrent la modulation à largeur d'impulsion

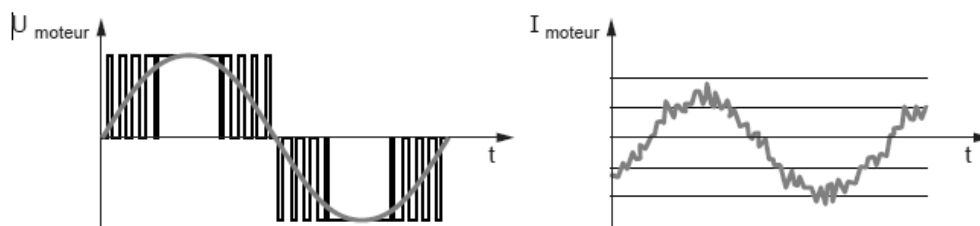


Figure II- 7 : Modulation à largeur d'impulsion.

La figure suivante explique intérêt de MLI par un variateur de vitesse

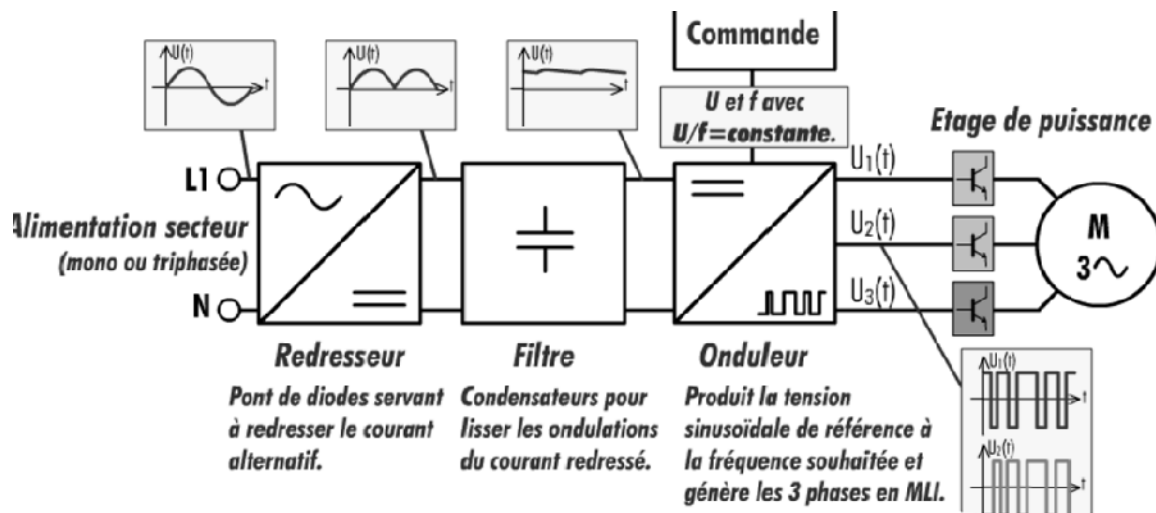


Figure II-8: utilisation d'un variateur pour la modulation à largeur d'impulsion.

Les quatre moteurs asynchrones qui existent sur la station utilisent deux variateurs de vitesse (VLT 5000) de type Danfoss et voici la description générale.

IV-Variateur de vitesse VLT 5000 :

Les variateurs VLT 5000 occupent une place particulière dans le domaine de l'entraînement grâce à des caractéristiques intégrées exclusives basées sur la fiabilité, la flexibilité et la simplicité d'utilisation.

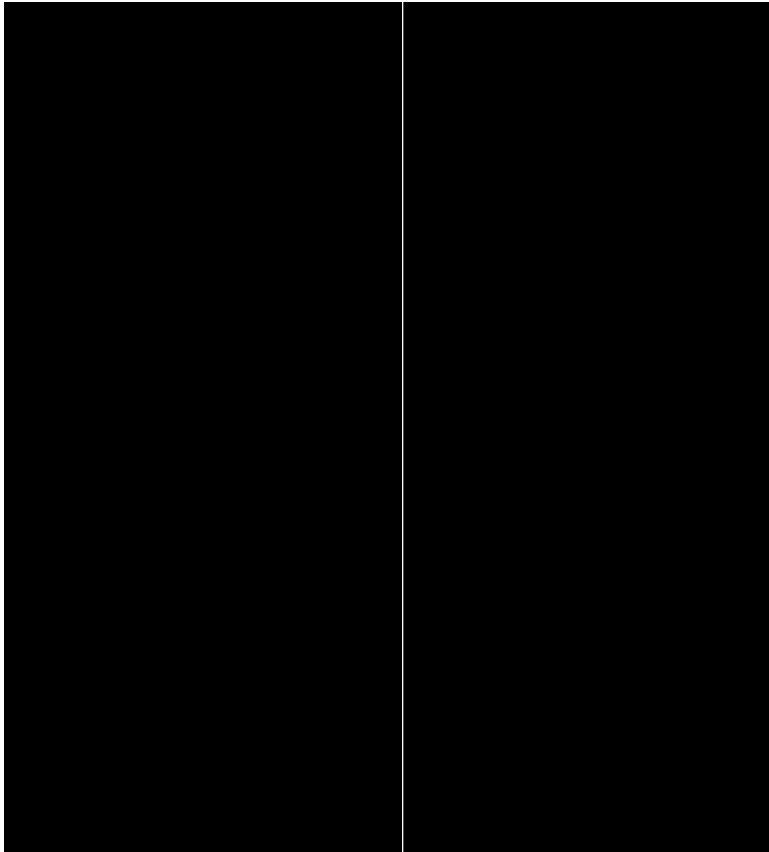


Figure III-1: VLT5000

1-DEFINITION :

La gamme des VLT 5000 s'adapte à la plupart des applications industrielles en milieu difficile grâce à des performances particulièrement élevées de vitesse et de couple en boucle ouverte ou fermée et à la flexibilité de ses modes de programmation. Le VLT 5000 est le meilleur choix en termes de précision et de stabilité grâce au système de contrôle vectoriel.

IV-1-Caractéristiques principales :

- Asservissements vitesse et couple en boucle ouverte ou fermée.
- Surcoupe jusqu'à 160%.
- Couple constant et quadratique.
- Contrôle du couple jusqu'à la vitesse nulle en boucle ouverte et maintien en boucle fermée.
- Fréquence maximale 1000 Hz.
- Panneau de commande débrochable identique du 0,75 au 400 KW.
- Gestion des perturbations et coupures secteur.

- Gestion du frein de maintien.

IV-2- Les Options de VLT 5000:

- Carte a 4 relais programmables.
- Filtre de sortie LC (sinus).
- Contrôleur de synchronisation et de positionnement.
- Contrôleur de mouvement programmable.
- Logiciel de programmation et de mise en service.

IV-3-Fonctionnement de VLT 5000 :

IV-4-1-Principe de fonctionnement :

Un variateur de fréquence redresse la tension alternative réseau (CA) en une tension continue (CC) puis convertit cette dernière en une tension (CA) d'amplitude et de fréquence variables. La tension et la fréquence variables qui alimentent le moteur offrent des possibilités infinies de régulation de vitesse pour les moteurs standards triphasés à courant alternatif.

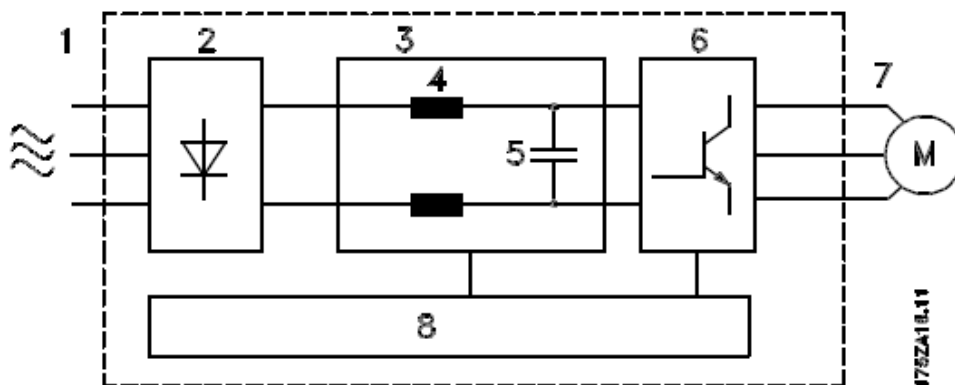


Figure III-2 : Schéma de fonctionnement de VLT 5000

1. Tension secteur :

- 3 x 200-240 V CA, 50/60 Hz.
- 3 x 380-500 V CA, 50/60 Hz.
- 3 x 525-600 V CA, 50/60 Hz.
- 3 x 525-690 V CA, 50/60 Hz.

2. Redresseur :

Un pont redresseur triphasé redresse le courant alternatif en courant continu.

3. Circuit intermédiaire :

Tension CC = 1,35 x tensions d'alimentation [V].

4. Bobines du circuit intermédiaire :

Lissage de la tension du circuit intermédiaire et limitation des perturbations envoyées sur le secteur et d'autres composants (transformateur de puissance, câbles, fusibles et contacteurs).

5. Condensateurs du circuit interne :

Lissage de la tension du circuit intermédiaire.

6. Onduleur :

Il convertit la tension CC (tension continué) en CA (tension alternatif) de fréquence variable.

7. Tension moteur :

Tension CA variable de 0 à 100 % de la tension d'alimentation.

Fréquence variable : 0,5-132/0,5-1000 Hz.

8. Carte de commande :

Le dispositif de contrôle par microprocesseur du variateur de fréquence avec génération du profil d'impulsions par lequel la tension continue est convertie en tension alternative et à fréquence variable

9-Le choix de variateur de fréquence :

Le variateur de fréquence doit être choisi en fonction du courant moteur dans des conditions de charge maximale. Le courant de sortie nominal doit être supérieur ou égal au courant demandé par le moteur .Le variateur de fréquence peut être alimenté par quatre plages de tension secteur : 200-240 V, 380-500 V, 525-600 V et 525-690 V.

IV-4-2-LES PROPRIETES DE VLT 5000 :

- Compensation de glissement précise.
- Stabilité maximale pendant les variations de charge et à vitesse élevée.
- Compensation rapide des variations de vitesse en fonction de celles des charges.
- Fréquence de sortie haute résolution.
- Aucun déclassement moteur.
- Temps de réponse en couple : 20 ms.

IV-5-Mise en œuvre de variateur de vitesse :

V-5-1-Le panneau de commande :

Le panneau de commande est situé en face avant du VLT5000. et peut être installé à une distance maximale de trois mètres du variateur. Les fonctions des panneaux de commande sont réparties en trois groupes :

L'afficheur, les touches de programmation, les touches de commande en mode local. l'afficheur comporte quatre lignes, en cours de fonctionnement il peut indiquer quatre variables d'exploitation et trois états de fonctionnement. Pendant la programmation, toutes les informations nécessaires à la configuration rapide et efficace des paramètres du variateur de vitesse sont affichées. Trois témoins, l'avertissement et l'alarme complètent l'écran d'affichage. Tous les paramètres peuvent être modifiés avec le panneau de commande sauf si le paramètre 018 est réglé sur « verrouillé ».

IV-5-2-Panneau de commande –affichage :

L'écran d'affichage est un écran rétroéclairé comportant au total quatre lignes alphanumériques et une indication du sens de rotation (flèche).

-Premier ligne :

Affiche en continu jusqu'à 3 variables d'exploitation en fonctionnement normale ou un texte qui explique la deuxième ligne.

-deuxième ligne :

Affiche en continu la valeur et le nom d'une variable d'exploitation (sauf en cas d'avertissement ou d'alarme).

-troisième ligne :

Normalement vide, est utilisée en mode menu pour afficher le nom soit du groupe soit du paramètre sélectionné.

-quatrième ligne :

Est utilisée en fonctionnement normal pour afficher un texte d'état ou en mode changement de donnée pour afficher l'état ou la valeur du paramètre choisi. Une flèche indique le sens de rotation de moteur.

IV-5-3-Panneau de commande –voyant d'indication led :

En bas du panneau de commande se trouvent un voyant rouge (alarme), un voyant jaune (avertissement) et un voyant vert (tension).

En cas de dépassement de certaines valeurs limites, le voyant d'alarme et/ou d'avertissement. S'allument et un texte d'état et d'alarme correspondant s'affiche le panneau de commande.

Le voyant d'indication (led) de tension est activé lorsque le variateur de fréquence est sous tension ou relié à une alimentation 24v externe.

IV-5-4-Panneau de commande-touches de commande :

Les touches de commande sont répartir selon leurs fonctions. Ainsi, les touches comprises l'écran d'affichage et les témoins sont utilisées pour le paramétrage et le choix de l'indication de l'afficheur en fonctionnement normale.

IV-6-Configuration rapide :

La configuration rapide est active en appuyant sur la touche « quick menu » qui fait apparaitre sur l'écran. En bas de l'écran s'affiche le numéro et le nom de premier paramètre de menu rapide, ainsi que son état ou sa valeur.la premier fois que la touche « quick menu » est active après la mise sous tension de l'appareil, l'indication commence toujours en position 1.

IV-6-1-Mode menu :

Le mode menu est activé en appuyant sur la touche (menu) qui fait apparaitre sur l'écran la ligne trois de l'écran indique le numéro de groupe et le nom de paramètre

IV-6-2-Installation électrique :

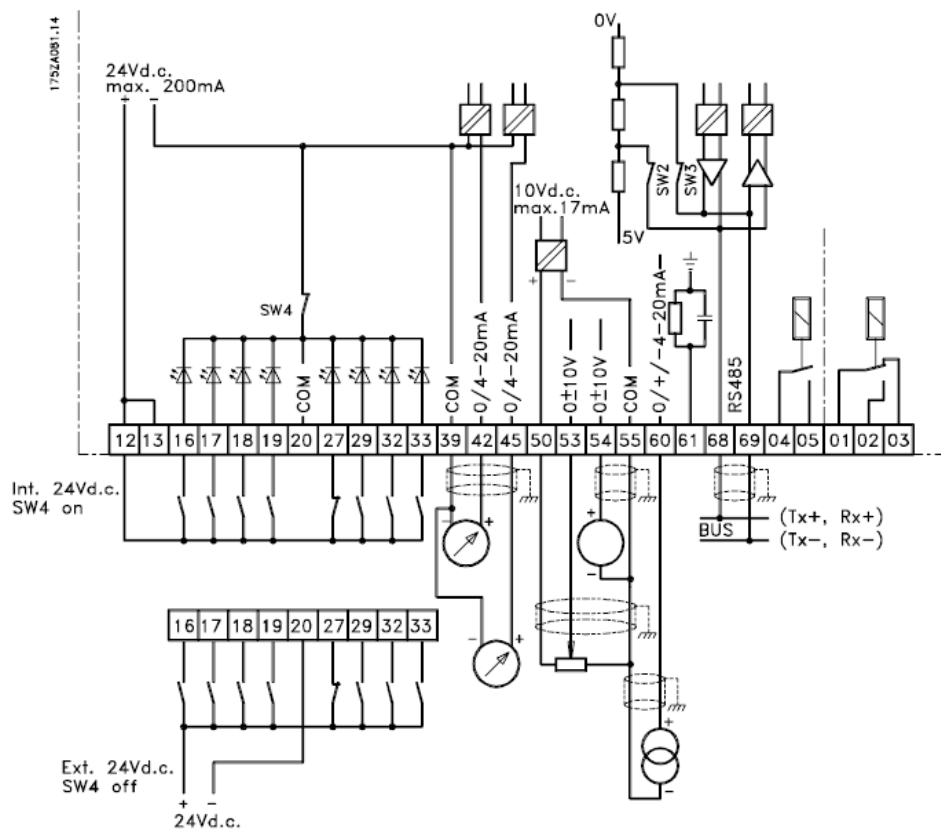


Figure III-3 : installation électrique.

12, 13 : Alimentation de tension vers les entrées numériques pour le 24 V CC afin qu'il puisse être utilisé pour les entrées numériques, le commutateur quatre sur la carte de commande doit être fermé, position "ON".

16-33 : Entrées numériques/entrées codeur.

20 : Masse pour les entrées numériques

39 : Masse pour les sorties analogiques/ numériques

42, 45 : Sorties analogiques/numériques pour l'indication de la fréquence.

53, 54 : Entrée de référence analogique, tension.

55 : Masse pour les entrées de référence analogiques.

60 : Entrée de référence analogique, courant 0/4 -20 mA.

61 : Via la liaison série. En règle générale, cette borne n'est pas utilisée.

68, 69 : Interface RS 485, liaison série.

81, 82 : Bornes de résistance de freinage.(voir annexe).

Fréquence est connectée à un bus, les commutateurs 2 et 3 (commutateurs

1-4) doivent être fermés sur le premier et le dernier variateur de fréquence. Sur le dernier variateur de fréquence, les commutateurs deux et trois doivent être ouverts. Le réglage d'usine est fermé (position "ON"). La référence, du courant et de la force de tension 50. Tension du réseau vers le potentiomètre et la thermistance CC 10 V.

IV-7-Installation électrique câble moteur :

Afin de respecter les spécifications en matière d'émission, le câble du moteur doit être blindé sauf indication contraire pour le filtre RFI concerné. Il est capital d'utiliser un câble moteur aussi court que possible pour réduire au strict minimum le niveau d'interférences et les courants de fuite .Le blindage du câble du moteur doit être raccordé au boîtier métallique du variateur de fréquence et à celui du moteur. Lorsque des variateurs de fréquence sont utilisés avec des filtres LC pour réduire le bruit acoustique, la fréquence de commutation doit être réglée conformément aux instructions relatives au filtre LC. Lors du réglage d'une fréquence de commutation supérieure à 3 kHz,

IV-8--Branchement du moteur :

Les VLT Série 5000 permettent d'utiliser tous les types de moteurs asynchrones triphasés standards. Les moteurs de petite taille sont généralement montés en étoile (200/400 V, D/Y). Les moteurs de grande taille sont montés en triangle (400/690 V, D/Y).

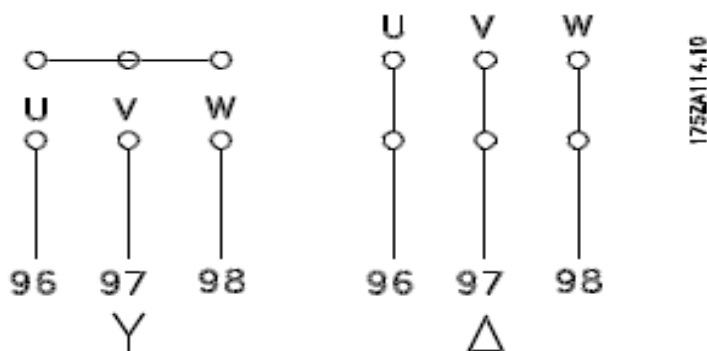


Figure III- 4:Branchement du moteur.

a-Sens de rotation du moteur :

Le réglage effectué en usine correspond à une rotation dans le sens horlogique quand la sortie du variateur de fréquence est raccordée comme suit :

Borne 96 reliée à la phase U

Borne 97 reliée à la phase V

Borne 98 reliée à la phase W

Voici une figure qui illustre les deux façons de varier le sens du rotation du moteur peut être modifié par inversion de deux phases.

■ Sens de rotation du moteur

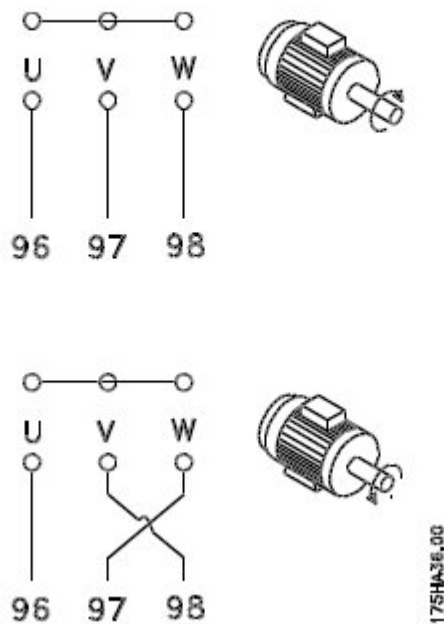


Figure III- 5:sens de rotation des moteurs.

b-Montage des moteurs en parallèle :

Le variateur de vitesse peut commander plusieurs moteurs montés en parallèle. Si les vitesses des moteurs doivent être différentes. La valeur du courant total consommé par les moteurs ne doit pas dépasser la valeur maximale du courant de sortie nominal en continu.

Si les tailles des moteurs sont très différentes, le fonctionnement peut être perturbé au démarrage et à faible vitesse. Ceci est dû au fait que les moteurs de petite taille présentent une résistance ohmique de stator relativement élevée et qu'ils exigent donc une tension plus élevée au démarrage et à faible vitesse. Dans les systèmes comportant des moteurs montés en parallèle, la protection thermique interne (ETR) n'est pas utilisable. Il est donc nécessaire d'équiper les moteurs d'un dispositif de protection supplémentaire, tel que des thermistances dans chaque moteur (ou des relais thermiques individuels) convenant à l'utilisation du variateur de vitesse.

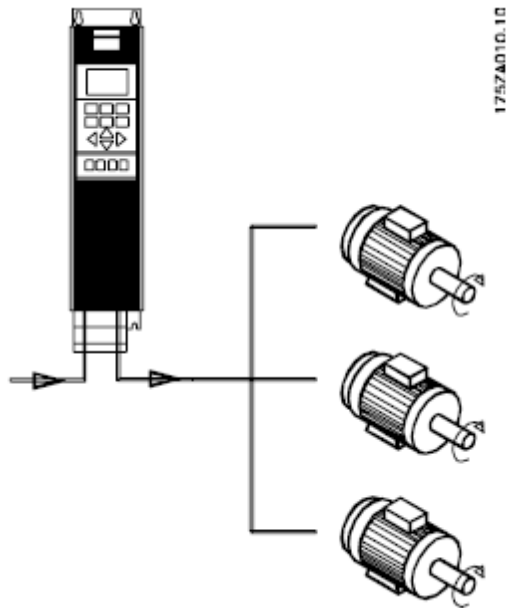


Figure III-6 : montage en parallèle.

La conception, l'étude et la réalisation d'un automatisme nécessite une démarche structurée qui fait appel à un outil de description des systèmes automatisés séquentiels dans l'ordre chronologique des étapes tels que : le chronogramme, l'organigramme et le GRAFCET

I-Définition de l'automate programmable :

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande des prés actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques.

II-Nature des informations traitées par l'automate :

Les informations peuvent être de type :

1-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.

2-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 ...)

3-Numérique : l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

III- Architecture des automates :

a. structure externe :

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire.

- ✓ **De type compact** : on distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens ZELIO de Schneider, MILLENIUM de Croutez ...) des micros automates. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.

Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

- ✓ **De type modulaire** : le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.

b-structure interne :

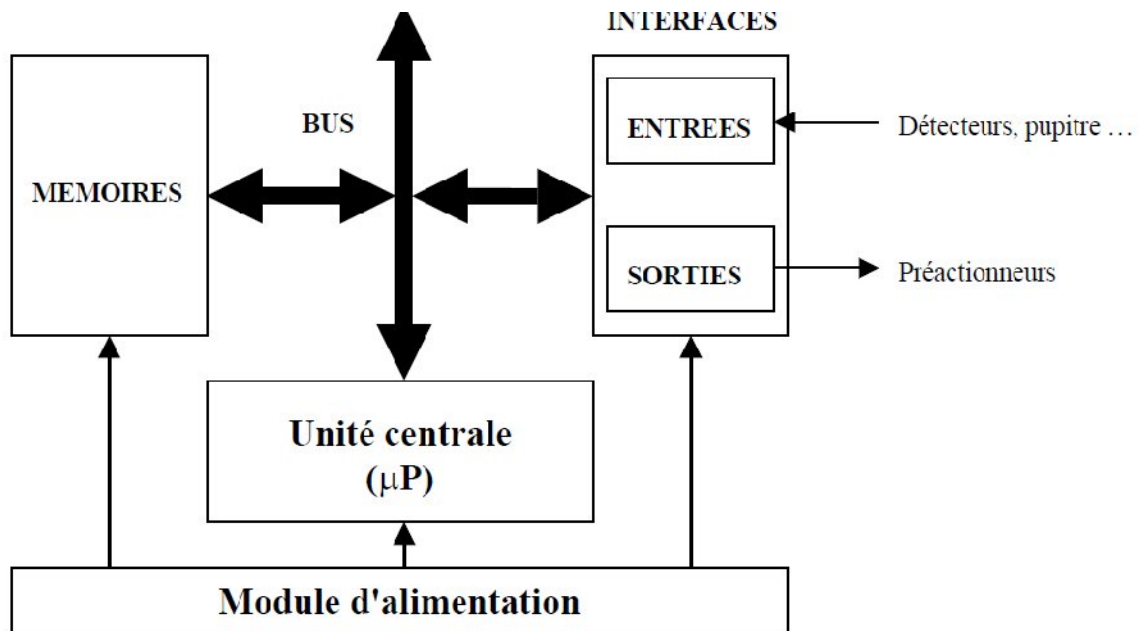


Figure VI-1 : structure interne d'un automate

1-Module d'alimentation : il assure la distribution d'énergie aux différents modules.

2-Unité centrale : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).

3-Le bus interne : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.

4-Mémoires : Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM). Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie.

5-Interfaces d'entrées / sorties :

a-Interface d'entrée : elle permet de recevoir les informations du pupitre et de mettre en forme (filtrage, ...) ce signal tout en l'isolant électriquement (optocouplage).

b-Interface de sortie : elle permet de commander les divers prés actionneurs et éléments de signalisations.

VI- Fonctions réalisées par API :

Les automates compacts permettent de commander des sorties en T.O.R et gèrent parfois des fonctions de comptages et de traitements analogiques. Les automates modulaires permettent de réaliser de nombreuses autres fonctions grâce à des modules intelligents que l'on dispose sur un ou plusieurs racks. Ces modules ont l'avantage de ne pas surcharger le travail de la CPU car ils disposent bien souvent de leur propre processeur.

V- Domaines d'emploi des automates :

On utilise les API dans tous les secteurs industriels pour la commande des machines (Convoyage, emballage ...) ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire ...) Ou il peut également assurer des fonctions de régulation de processus (métallurgie, Chimie ...). Il est de plus en plus utilisé dans le domaine du bâtiment (tertiaire et industriel) pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité ou des alarmes.

IV-Traitement du programme automate :

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire :

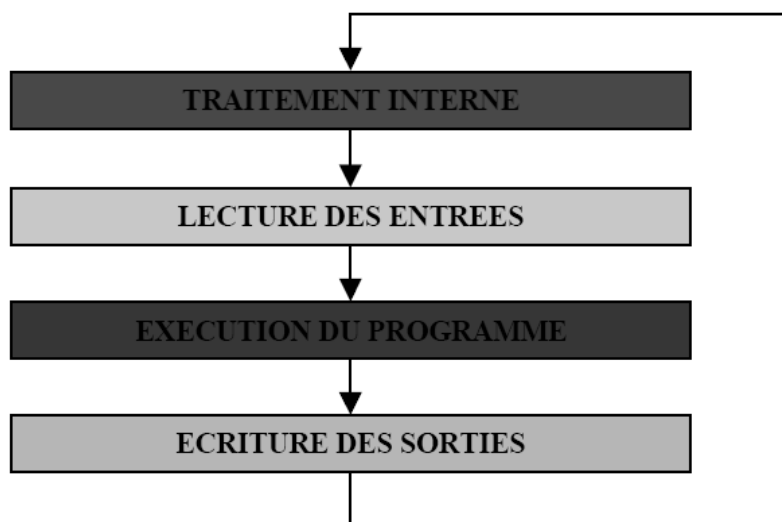


Figure VI- 2 : les modes de fonctionnement d'un automate.

1-Traitement interne : L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN / STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur « pointeuse », ...).

2-Lecture des entrées : L'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.

3-Exécution du programme : L'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.

4-Ecriture des sorties : L'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties. Ces quatre opérations sont effectuées continuellement par l'automate (fonctionnement cyclique).

- Scrutation [11] l'ensemble des quatre opérations réalisées par l'automate.

- **Le temps de réponse total (TRT)** : est le temps qui s'écoule entre le changement d'état d'une entrée et le changement d'état de la sortie correspondante : Temps de scrutation.

IV-1-Définition d'un système automatisé :

Un système de production est dit automatisé, lorsqu'il peut gérer de manière autonome un cycle de travail préétabli qui se décompose en séquence ou étapes.

7-Structure générale d'un système automatisé :

➤ Partie opérative :

Elle agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée. Les actionneurs (moteurs, vérins) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre. Les capteurs / détecteurs permettent d'acquérir les divers états du système.

➤ Partie commande :

Elle donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative. Les prés actionneurs permettent de commander les actionneurs ; ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique ...) et les actionneurs. Exemple : contacteur, distributeur ...

Ces prés actionneurs sont commandés à leur tour par le bloc traitement des informations. Celui-ci reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateur) et les informations de la partie opérative transmises par les capteurs / détecteurs.

En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches (implanté dans un automate programmable ou réalisé par des relais (on parle de logique câblée), elle va commander le pré actionneurs et renvoyer des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication.

➤ **Poste de contrôle :**

Composé des pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...). Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, de terminal de dialogue ou d'interface homme-machine.

IV-2- Les langages de programmations :

a. Langages de programmation :

Il existe quatre langages de programmation ; des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3. Chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

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

Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des microcontrôleurs). Très peu utilisé par les automaticiens.

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

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

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

Langage graphique développé pour les électriciens. Il utilise les symboles tels que : contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels). C'est le plus utilisé.

4- Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagramme) :

Langage graphique ou des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les sorties à droites.

5. Programmation à l'aide du GRAFCET (SFC : Sequential Function Chart) :

Le GRAFCET, langage de spécification, est utilisé par certains constructeurs d'automate (Schneider, Siemens) pour la programmation. Parfois associé à un langage de programmation, il permet une programmation aisée des systèmes séquentiels tout en facilitant la mise au point des programmes ainsi que le dépannage des systèmes. On peut également traduire un grafcet en langage en contacts et l'implanter sur tout type d'automate. Certains logiciels permettent une programmation totale en langage GRAFCET et permettent de s'adapter à la plupart des automates existants (logiciels CADEPA ou AUTOMGEN).

IV-3-Choix d'un API (automate programmable industrielle) :

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

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

Pour notre cas, l'unité cuisson de l'ENIEM, concernée par le projet, a apporté son choix sur l'automate programmable industriel TSX57203.

► Caractéristique du TSX57203 :

- ✓ Gamme diversifiée de CPU
- ✓ Gamme complète de modules
- ✓ Logiciel exploitable en temps réel.
- ✓ Possibilité d'exécution jusqu'à 32 modules.
- ✓ Possibilité de mise en réseau avec MPI, PROFIBUS, INDUSTRIAL ETHERNET.
- ✓ Raccordement central de la console avec accès à tous les modules.
- ✓ Liberté de montage aux différents emplacements.

✓ Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matériels.

En plus d'autres caractéristiques pour sa mémoire :

- Taille du mémoire de bit :

- Processeur : TSX57 20
- Type objet :- bits système %Si 128.
- Bits entrées/sorties %I/Q
- Bits internes %Mi (nb maxi) 3962.
- Bits d'étapes %Xi (nb maxi) 1024.
- RAM interne : 48K/64K
- Programme 100% booléen
- Langage LD : 56,5 Ki
- Langage IL 71,6 Ki
- Langage ST 47,8 Ki.

Conclusion :

Nous avons présenté l'automate programmable industriel et l'automate TSX57203 à été choisi comme solution adéquate et extensible, facile à adapter aux diverses conditions d'exploitation pour la programmation de l'automate nous avons choisi pl7 qui fera l'objet de prochain chapitre.

Chapitre 3

Chapitre 3

Modélisation de l'installation



Traitement de surface

Introduction :

La conception, l'étude et la réalisation d'un automatisme nécessite une démarche structurée qui fait appel à un outil de description qui est le GRAFCET. Pour notre étude afin de modéliser notre système industriel, nous avons choisi d'utiliser le GRAFCET qui est considéré comme un outil simple, permettant de modéliser parfaitement le système en tenant compte des contraintes physique et logique de fonctionnement.

I-Définition de Grafcet :

Grafcet (graphe fonctionnel de commande étapes transitions) c'est un langage graphique conçu pour décrire des fonctionnements séquentiels. Il s'utilise en association avec le langage à contacts ou le langage littéral ou les deux, pour la programmation des réceptivités et des actions. Il décrit les ordres émis par la partie commande vers la partie opérative en mettant en évidence les actions engendrées et les événements qui les déclenchent. Cette représentation est étroitement liée à la notion d'évolution du processus.

-Le GRAFCET [7] permet de construire des modèles ayant une structure graphique à laquelle on associe une interprétation (elle correspond à l'aspect fonctionnel du grafcet [8]).

II-Aspect structurel de Grafcet :

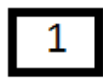
1-Etape : auxquelles sont associées des actions.

2-Transition : auxquelles sont associées des réceptivités.

3-Liaison orientées : des étapes aux transitions et des transitions aux étapes.

1-étape :

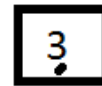
Une étape correspond à une phase durant laquelle on effectue une action pendant une certaine durée (même faible mais jamais nulle). L'action doit être stable, c'est-à-dire que l'on fait la même chose pendant toute la durée de l'étape. Pendant une étape, Les organes de commande et les capteurs ne changent pas d'état. L'étape peut être représenté par un carrée repère par un nombre placé de préférence dans la moitié supérieur. La figure suivante illustre les différentes étapes.



Etape



Etape initial



Etape active

Figure V-1 : les différentes étapes.

On représente chaque étape par un carré, l'action est représentée dans un rectangle à droite. L'entrée se fait par le haut et la sortie par le bas. On numérote chaque étape par un entier positif. Une étape peut être active ou inactive (un point à l'intérieur d'une étape signifie qu'elle est active).

2-Transition :

La transition indique les possibilités d'évolution d'une étape à l'étape suivante. A chaque transition, on a associé une condition logique qui traduit la notion de réceptivité.

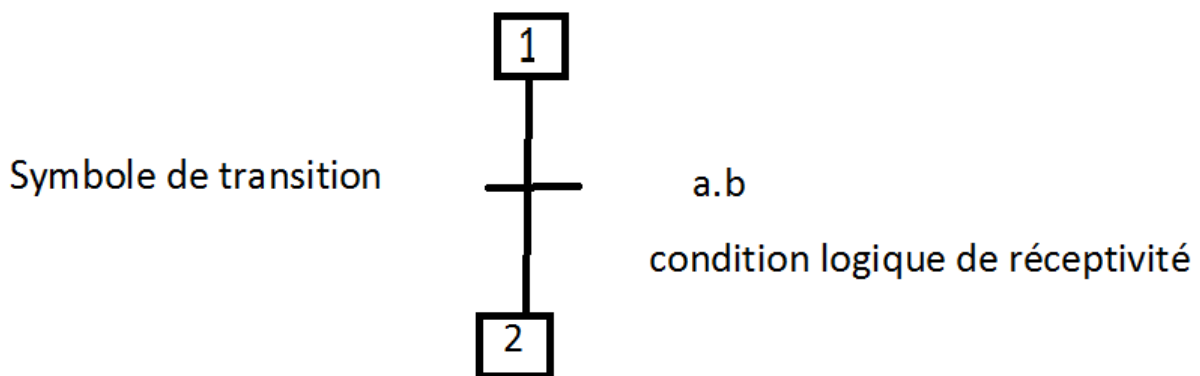


Figure V-2 : transition et liaison orienté.

La réceptivité est une fonction combinatoire d'information telle que :

- Etats des capteurs.
- Action de bouton poussoir par l'opérateur.
- Action d'un temporisateur d'un compteur.

- Etat actif ou inactif d'autre étape.

3-Liaison orientes :

Les liaisons orientées relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles indiquent les voies suivant lesquelles se font les évolutions. Elles sont représentées par des lignes verticales et horizontales.

-Les liaisons indiquant les voies d'évolution du grafcet.

- Les liaisons qui se font de haut vers le bas ne comportent pas de flèche.

4-Action :

Une ou plusieurs actions élémentaires ou complexes peuvent être associées à une étape. Les actions traduisent ce qui doit être fait chaque fois que l'étape à laquelle elles sont associées et moyen ou non De certaines conditions supplémentaires. Les actions associées à une étape sont inscrites dans un rectangle d'action de façon à mettre en évidence ce qui s'exécute lorsque cette étape est active.

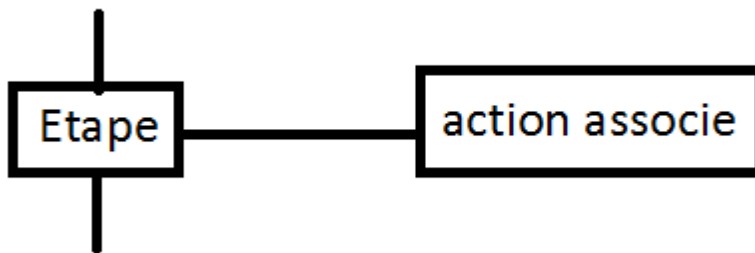


Figure V- 3: Une étape du grafcet et son action.

5- Réceptivité :

C'est une condition qui détermine la possibilité ou non d'évolution du système par une transition. Une réceptivité est associée à chaque transition. Une réceptivité s'exprime comme étant une expression booléenne écrite à l'aide des variables d'entrées E_i , des variables d'étapes X_i , des opérateurs logiques (et, ou, non) ainsi que l'opérateur à retard " $t1/Xn/t2$ ", auquel on peut rajouter les opérateurs front montant et front descendant (notés respectivement (\uparrow et \downarrow)).

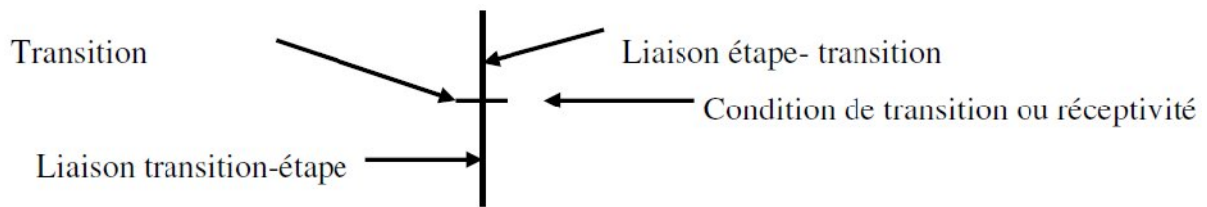


Figure V- 4 : schéma de transition

6-Renvoi à une étape :

Un symbole de renvoi peut être utilisé pour représenter un arc de liaison d'une transition vers une étape, sans tracer le lien. Il doit être référencé avec le nom de l'étape de destination.

Exemple de renvois : les graphiques suivants sont équivalents.

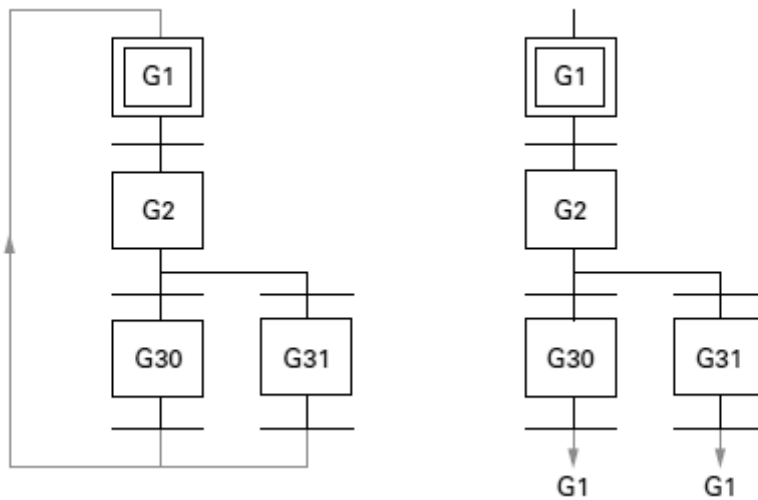


Figure V-5 : renvoie à une étape

2-Règle d'évolution :

Il faut maintenant fixer les conditions d'évolution des étapes qui peuvent être active ou inactives.

1^{er} règle : Initialisation

L'initialisation précise les étapes actives ou début du fonctionnement les étapes initiales sont activées inconditionnellement en début du cycle. Elles sont repérées sur le grafcet en doublant du symbole correspondant.

2^{eme} règle : Franchissement d'une transition :

Une transition est soit valide soit non valide. Valide lorsque toutes les étapes précédentes sont actives. Elle ne peut être franchie

- Lorsque elle est valide.
- Et que la réceptivité associée à la transition est vraie.

3^{ème} règle : 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.

4^{ème} règle :

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.

5^{ème} règle :

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

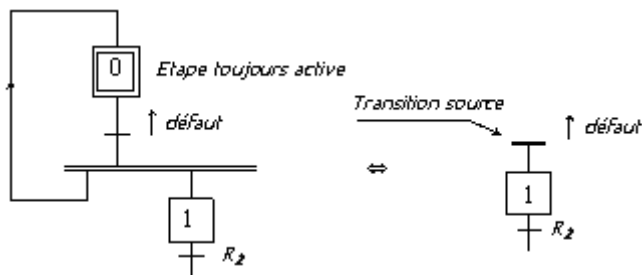


Figure V-6: Illustration de la règle 5

III-Niveau d'un Grafcet :

a-Niveau 1 :

Appelé aussi le niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et des 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. Nous associons le verbe à l'infinitif pour les actions.

b- Niveau 2 :

Il est appelé aussi le niveau la partie opérative, il tient compte de plus de détail de La technologie actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs. La présentation des actions et des réceptivités est écrite en abréviation, nous associons une lettre majuscule à l'action et une lettre

minuscule à la réceptivité. Après l'étude du système à automatiser et avoir identifié les différentes réceptivités ainsi que les différentes actions.

VI- Structures de base :

a- Séquence unique : (structure linéaire)

Dans un cycle à séquence unique les étapes et les transitions se succèdent de manière linéaire.

b- Sélection de séquences :

Un Grafset est dit à sélection de séquences lorsqu'à partir d'une étape plusieurs évolutions sont possibles.

c-Séquences exclusives :

Une sélection de séquence est dite exclusive lorsque les réceptivités associées aux transitions ne peuvent pas être vraies simultanément.

d- Séquences simultanées :

Ce type de cycle est surtout utilisé sur des machines du type transfert ou des machines comportant plusieurs sous machines travaillant de manière indépendante.

VI-1- Actions et réceptivités particulières :

Les actions sont précisées dans un cadre lié à l'étape, de manière générale, l'action n'est vraie (on dit que l'action est assignée) que si l'étape correspondante est active.

a- Actions à niveau :

Dans une action à niveau, la sortie n'est vraie que si l'étape est active, elle reste active toute la durée de l'étape.

b- Actions mémorisées :

Dans une action mémorisée on distingue la mise à 1 et la mise à 0

c- Actions conditionnelles :

Une action conditionnelle n'est réalisée que si l'étape est active et la condition d'assignation est vraie.

e-Actions à durée limitée :

L'action est exécutée tant que la temporisation n'est pas terminée. L'action M dure que 3s à partir du début de l'étape X7.

f- Actions retardées :

L'action n'est exécutée que si le délai est écoulé.

VI-2- Prise en compte du temps :

La prise en compte du temps dans un grafcet peut être traitée au niveau de la description des actions ou dans l'écriture des réceptivités. On distingue 2 types d'actions, les actions retardées et les actions à durée limitée.

VI-3- Prise en compte de l'état d'une étape :

Il est possible d'utiliser pour faire évoluer un grafcet, de prendre en compte l'état logique d'une étape. La norme précise que l'état logique d'une étape est noté X suivi du numéro de l'étape.

VI-4- Prise en compte des événements :

Front montant / front descendant

On appelle front montant de la variable binaire a, la variable, notée $\uparrow a$, qui prend la valeur 1 à l'instant du passage de 0 à 1 de la variable a. On appelle front descendant de la variable binaire a, la variable, notée $\downarrow a$, qui prend la valeur 1 à l'instant du passage de 1 à 0 de la variable a

.VI-5- Comptage :

Il est souvent nécessaire de compter un nombre de cycle ou de pièces, d'évènements dans un grafcet. Un cycle de comptage comprend-en général : Une initialisation de la variable de comptage. Une incrémentation (ou décrémentation) de cette variable des réceptivités qui testent la valeur de la variable de comptage.

VI-6-règle de construction de grafcet :

1-Convergence et divergence :

Le Grafcet est un réseau graphique d'étapes et de transitions, reliées par des liaisons orientées. Les liens de connexion multiples sont représentés par des divergences et des convergences. Une partie du graphique, nommée macro étape peut être isolée, et représentée dans le graphique principal par un seul symbole. Les principales règles graphiques sont :

- 1)- Une étape ne peut pas être suivie d'une autre étape.
- 2)- Une transition ne peut pas être suivie d'une autre transition

On relie les étapes et les transitions, qui doivent strictement alterner, grâce à des arcs orientés. par convention, étapes et transition sont placées suivant axe vertical. les arcs orientés sont de simples traits verticaux lorsque la liaison est orientée de haut en bas, et sont munis d'une flèche vers le haut lorsque la liaison est orientée vers le haut.

Notation :

- Une divergence simple est une liaison multiple depuis une étape vers plusieurs transitions. Elle représente plusieurs possibilités dans le séquençage du procédé.

- Une convergence simple est une liaison multiple depuis plusieurs transitions vers la même étape. Elle est généralement utilisée pour regrouper les branches ouvertes sur une divergence simple.
- Si plusieurs étapes doivent être reliées vers une même transition, alors on regroupe les arcs issus de ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale. comme le montre la figure suivante. Appelée convergence « en ET » (ou Synchronisation).

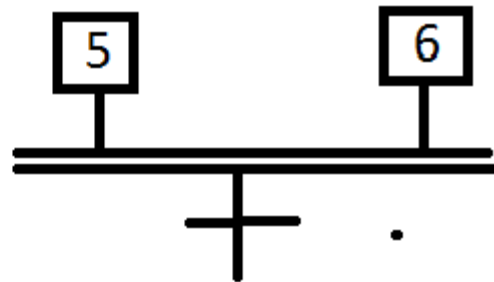
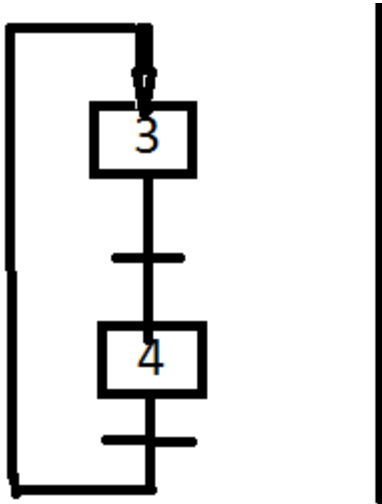


Figure V-7: les arcs orientés.

Figure V-8 : convergence en ET

Si plusieurs étapes doivent être issues d'une même transition, alors on regroupe les arcs allant vers ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale appelé divergence « en et ».comme le montre la figure suivantes.

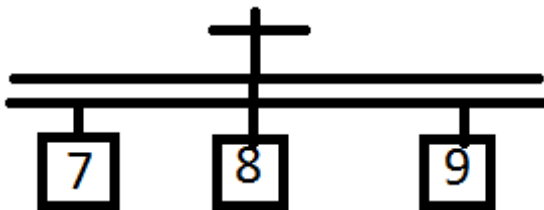


Figure V-9: divergence en ET.

Lorsque plusieurs transitions sont reliées à une même étape dans le sens « Vers étape » on regroupe les arcs par un simple trait horizontale et l'on parle de convergence (respectivement divergence) « en OU ».la figure suivantes le montre.

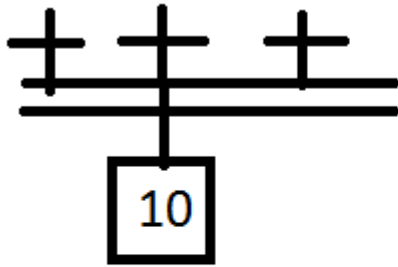


Figure V- 10 : convergence en OU

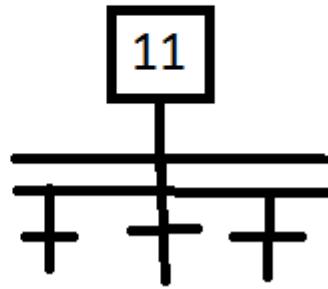


Figure V- 11 : divergence en ou.

2-Macro étape : une macro étape est un groupe unique d'étapes et de transitions représenté par un seul symbole.

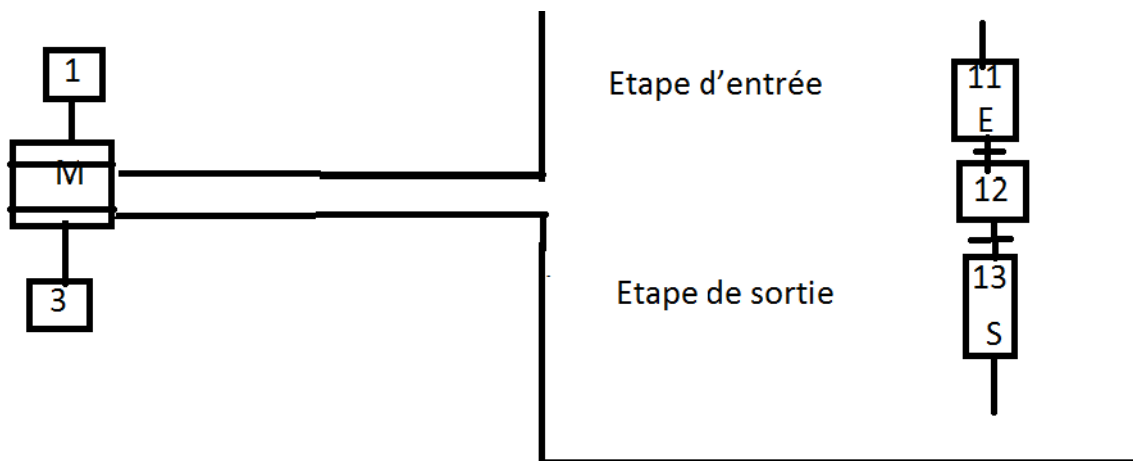


Figure V-12 : la macro étape.

Afin de modéliser notre cycle de fonctionnement de la machine nous avons fait appel au Grafcet de niveau 1 et de niveau 2. la structure de Grafcet est donné dans La figure ci- après :

Le Grafcet de cycle de la station comporte.

❖ **138 étapes** :

- ✓ 62 étapes pour le portique 1.
- ✓ 76 étapes pour le portique 2.

❖ **les macros étapes** :

- M1** : macros étape du portique 1 pour la descente.
- M2** : macros étape du portique 1 pour le levage.

-M3 : macros étape du portique 2 pour la descente

-M4 : macros étape du portique 2 pour le levage.

❖ **Les moteurs utilisent :**

Les actionneurs	SORTIES (actionneur)
1 -Le moteur de translation avant pour portique 1	MTR 1-AV (KA112AV)
2- le moteur de translation arrière pour portique 1.	MTR1-AR(KA123AR)
3-le moteur de levage haut pour portique 1.	MLV1-H (KA110DETH)
4-le moteur de descente bas pour portique 1	MLV1-B (KA111DETB).
5-Freinage de moteur 1 de translation avant.	MTR1-AVF(KM230FTR)
6-Freinage de moteur 2 de translation arrière.	MTR2-ARF(KM230FTR)
8-le moteur de translation arrière pour portique2	MTR2-AR(KA323AR).
9-le moteur de levage haut pour portique 2.	MLV2-H(KA320MO)
10-le moteur de descente bas pour portique2	MLV2-B(KA321DE)
11-Freinage de moteur 2 de translation avant	MTR2-AVF(KM430FTR)

TABLEAU1 : listes des moteurs.

❖ **Listes des détecteurs :**

Les détecteurs	Les entrées
1-portiques 1 en haut.	-DT110DETH
2-portique 1 en bas.	-DT111DETB
3-portique 1 en avant.	-DT114DTAV
4-portique 1 en arrière.	-DT115DTAR
5-portique 1 en arrêt	-DT113DETP LL112PC
-Détecteur poste.	-DT113DETP
-Détecteur de cellule présence charge	-LL112PC
6-portique 2 en haut	-DT310DETH.
7-portique 2 en bas	-DT311DETB
8-portique 2 en avant	-DT314DTAV
9-portique 2 en arrière	-DT315 DTAR
10-portique 2 en arrêt	-DT313DTP LL312PC
- cellule présence charge	-LL312 PC.
-Détecteur poste	-DT313DTP

TABLEAU 2 : listes des détecteurs.

❖ **Les temporisateurs :**

T : temps d'attente portique 1

T0 : temps d'attente portique 2

❖ **Les entrées et les sorties :**

Les entrées	Les sorties
Pont 1 détecteur haut	Pont1 commande montée
Pont 2 détecteur bas	Pont1 commande descente
Cellule présence charge de pont1	Pont1 commande avant
Pont1 détecteur poste	Pont1 commande arrière
Pont1 détecteur comptage avant	Pont1 commande grande vitesse
Pont 1 détecteur comptage arrière	Pont2 commande montée
Pont1 zone de chargement1	Pont2 commande descente
Pont1 surpassement haut	Pont2 commande avant
Pont 1 surpassement bas	Pont2 commande arrière
Pont1 surpassement arrière	Pont 2 commande grande vitesse
Pont1 anticollision pont 2	Voyant acquittement défaut
Pont1 EN/HORT sécurité	Horodateur ligne
Pont1 contact platine	Voyant validation chargement
Pont 1 disjoncteur puissance	Arrêt /Marche redresseur dégraissage électro
Pont1 disjoncteur freins	Arrêt/Marche redresseur zinc1
Pont1 détecteur haut	Arrêt/Marche redresseur zic2
Pont2 détecteur bas	
Cellule présence charge pont 2	
Pont 2 détecteur poste	
Pont2 détecteur comptage avant	
Pont 2 détecteur comptage arrière	
Pont2 surpassement haut	
Pont 2 surpassement bas	

Pont 2 surpassement avant	
Pont 2EN/HORS sécurité	
Pont2contact platine	
Pont 2 disjoncteur puissance	
Pont2 disjoncteur freins	
Ligne en automatique	
Acquittement défaut	
Départ cycle	
Arrêt d'urgence	
Marche pont OK	
BP VALIDATION CHARGEMENT	

Tableau 3 : les entres et les sorties.

D'après le tableau ci-dessus et le Grafcet comporte :

- 47 entrées

- 31 sorties

❖ **Affectation des entrées et des sorties :**

Les entrées et leurs codes		Les sorties et leurs codes	
%I 2.0	Pont1 détecteur haut	% Q3.0	Pont1 commande montée
%I2.1	Pont1 détecteur bas	%Q3.1	Pont1 commande descente
%I2.2	Cellule présence charge de pont1	%Q3.2	Pont1 commande avant
%I 2. 3	PONT1 détecteur poste	%Q3.3	Pont1 commande arrière

%I 2.4	Pont1 détecteur comptage avant	%Q 3.4	Pont1 commande grande vitesse
%I 2.5	Pont1 détecteur comptage arrière	%Q 3.5	
%I 2.6	Pont1 zone de chargement	%Q 3.6	Pont 2 commande montée
%I 2.7	Pont1 surpassement haut	%Q 3.7	Pont2 commande descente
%I 2.8	Pont1 surpassement bas	%Q 3.8	Pont2 commande avant
%I 2.9	Pont1 surpassement arrière	%Q 3.9	Pont2 commande arrière
%I 2.10	Pont1 anticollision pont2	%Q 3.10	Pont2 commande grande vitesse
%I 2.11	Pont1 EN/HORS sécurité	%Q 3.11	
%I 2.12	Pont1 contact platine	%Q 3.12	
%I 2.13	Pont1 disjoncteur puissance	%Q 3.13	
%I 2.14	Pont1 disjoncteur freins	%Q 3.14	
%I 2.15		%Q 3.15	
%I 2.16	Pont 2 détecteur haut	%Q 3.16	Voyant acquittement défaut
%I 2.17	Pont2 détecteur bas	%Q 3.17	Voyant départ cycle
%I 2.18	Cellule présence charge pont2	%Q 3.18	Horodateur ligne
%I 2.19	Pont2 détecteur poste	%Q 3.19	
%I 2.20	Pont2 détecteur comptage avant	%Q 3.20	
%I 2.21	Pont2 détecteur comptage arrière	%Q 3.21	Voyant validation
%I 2.22		%Q 3.22	
%I 2.23	Pont2 surpassement haut	%Q 3.23	
%I 2.24	Pont2 surpassement bas	%Q 3.24	
%I 2.25	Pont2 surpassement avant	%Q 3.25	
%I 2.26		%Q 3.26	
%I 2.27	Pont2 EN/HORS sécurité	%Q 3.27	Arrêt / Marche redresseur

			dégraissage électro
%I 2.28	Pont2 contact platine	%Q 3.28	Arrêt/Marche redresseur zinc1
%I 2.29	Pont2 disjoncteur puissance	%Q 3.29	Arrêt/Marche redresseur zinc2
%I 2.30	Pont2 disjoncteur freins	%Q 3.30	
%I 2.31		%Q 3.31	
%I 2.32	Ligne en automatique		
%I 2.33	Acquittement défaut		
%I 2.34	Départ cycle		
%I 2.35	Arrêt d'urgence		
%I 2.36	Marche pont OK		
%I 2.37			
%I 2.38			
%I 2.39			
%I 2.40	BP validation chargement		
%I 2.41			
%I 2.42			
%I 2.43			
%I 2.44			
%I 2.45			
%I 2.46			
%I 2.47			

Tableau 4 : affectation des entres et sorties.

Notation :

I : entre

Q : sortie

V-commande de la station de Zingage :

V-1-les insuffisances :

Dans le cadre de notre thème qui est : ‘‘étude et amélioration de la commande de la station de traitement de surface ‘‘ notre travail s’est portée essentiellement sur son fonctionnement et sa commande et nous a permis de constater que sa commande n’est pas optimale . Beaucoup d’insuffisance sont constatés et qui peuvent être améliorées :

A commencer par le programme de l’automate ; sachant que lorsque il y’a coupure du courant le processus de fonctionnement s’arrête. C’est-à- dire la fonction à laquelle la machine est programmée est interrompue automatiquement. A la reprise secteur la machine ne continue pas son cycle déjà entamée avant la coupure mais elle revient à l’état initial Nous avons donc constaté que l’automate ne mémorise pas l’étape avant la coupure. Par Conséquent le temps sera perdu ; toutes en sachant que le temps de cycle est déjà jugé très long. Notre action s’est porté sur cette insuffisance.

En suite, nous avons pu constater qu’une autre amélioration jugée très utile peut être effectué ; elle concerne la sécurité du matériel et du personnel, sachant que chacun des deux chariots possède une photocellule (émetteur-récepteur) . La fonction de la photocellule est interrompue a chaque fois qu’il ya de la poussière ou l’une de ces deux photocellule bouge .cela provoque des disfonctionnements.

- Les deux chariots peuvent rentre en collusion.

- La présence de charge n’est pas détectée (pour la descente des pièces dans les bains ou vis versa c'est-à-dire leurs soulèvement des bains) sachant que s’est la pièce reste plus du temps qu’il lui faut dans le bain, elle sera endommagée.

- La corbeille ne sera pas positionnée dans le bain qu’il faut.

Par la suite, nous avons constaté qu’il ya un problème au niveau des bains ; quand les bains atteignit le niveau bas (le volume diminue par rapport a ce qu’il utilise en temps normale). Les rajouts pour ces bains se font manuellement ce qui peut être amélioré et cela

pour nous permettre à la fois de gagner du temps et d'assurer la sécurité des moniteurs et comme ça le contact direct entre les ouvriers et les produits chimiques sera évité.

V-2-Quelques solutions pour améliorer la station de zingage

1-Problème de l'alimentation :

Pour le problème de l'alimentation on propose la solution suivantes :

Si la durée de la coupure est moins de 10 ms qui est inférieure au temps de filtrage de l'alimentation cela n'est pas vue par l'automate et à la reprise de courant le programme s'exécute normalement (la machine continue son cycle de travail déjà entamé). la figure suivantes illustre la coupure et reprise secteur :

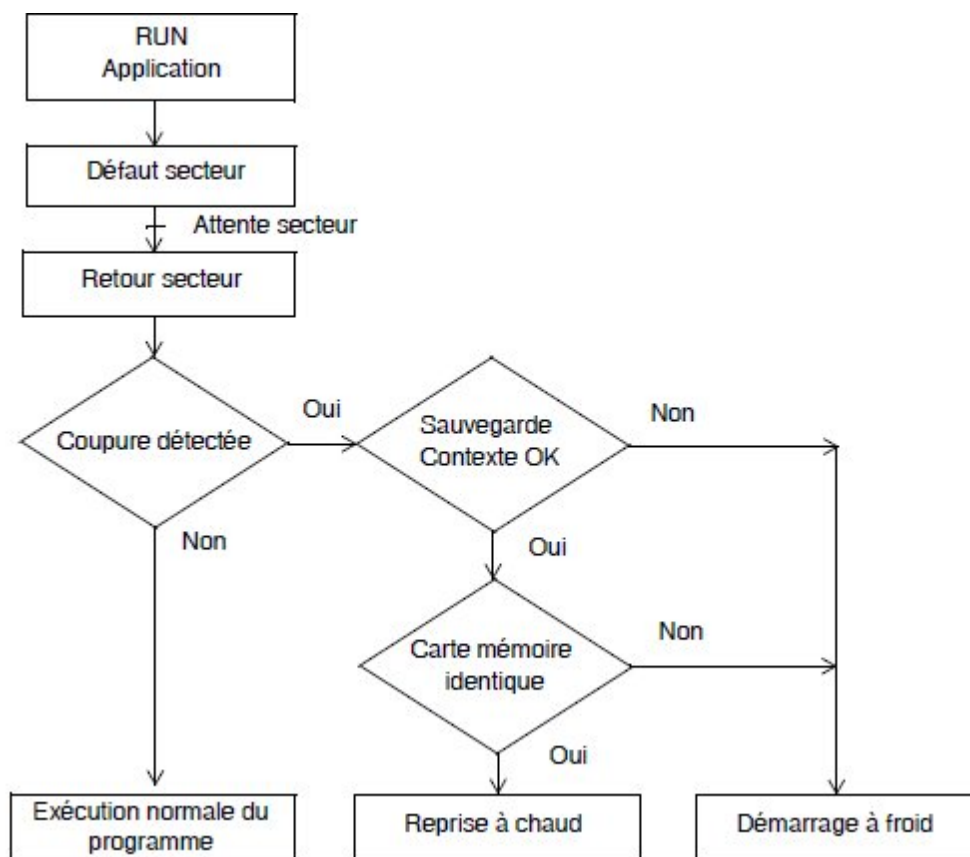


Figure V-13 : illustration de coupure et reprise secteur

1-1—principe de fonctionnement à la coupure et reprise secteur :

Lors de la coupure secteur le système mémorise le contexte application et l'heure de la coupure et il positionne toutes les sorties à l'état repli (état défini par configuration).

A la reprise secteur, le contexte sauvegardé est comparé à celui en cours; ce qui définit le type de démarrage à exécuter :

Si le contexte application a changé (perte du contexte système ou nouvelle application), l'automate effectue l'initialisation de l'application : démarrage à froid,

Si le contexte application est identique, l'automate effectue une reprise sans initialisation des données : reprise à chaud. D'après ce schéma la reprise à chaud c'est la meilleur solution car elle mémorise le moment et l'état de la coupure .Voici son principe de fonctionnement.

✓ **Traitement sur reprise à chaud :**

Une reprise à chaud peut être provoquée :

- ▶ par une reprise secteur sans perte du contexte,
- ▶ par mise à 1 par programme du bit système %S1,
- ▶ depuis PL7 par terminal.

✓ **Illustration d'une reprise à chaud :**

Le dessin ci-après décrit le fonctionnement d'une reprise à chaud.

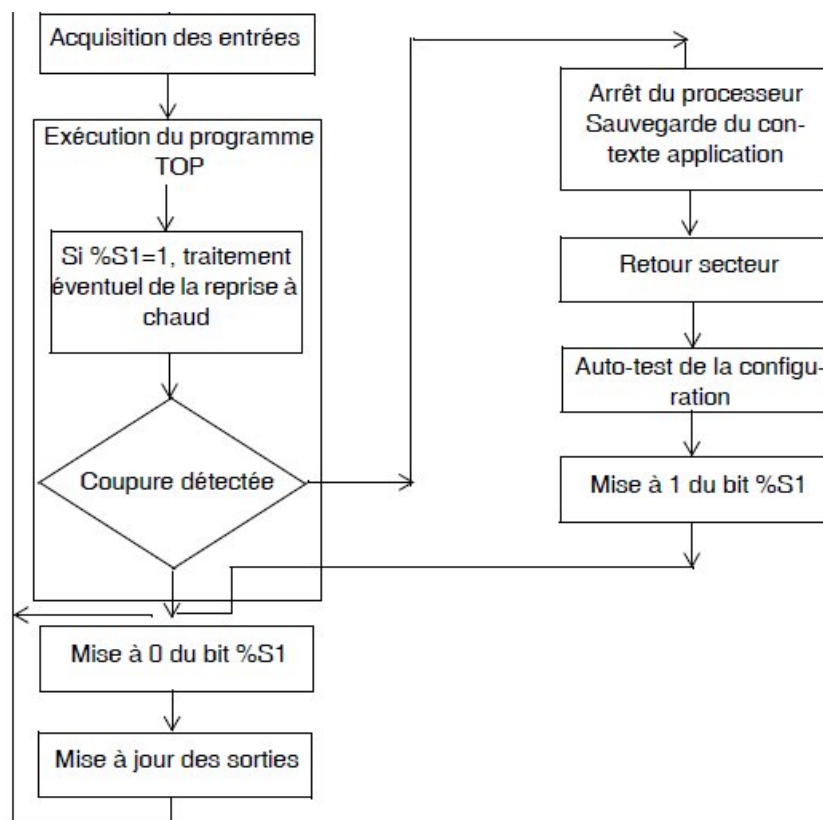


Figure V-14 : reprise à chaud

✓ **Procédure de reprise a chaud :**

L'exécution du programme reprend à partir de l'élément où a eu lieu la coupure secteur, sans mise à jour des sorties.

- A la fin du cycle de reprise, le système effectue :
- l'initialisation des files de messages et d'événements,
- l'envoi des paramètres de configuration à tous les modules d'entrées/sorties TOR et métiers.

La désactivation de la tâche rapide et des traitements événementiels (jusqu'à la fin du premier cycle de la tâche maître). Le système effectue un cycle de reprise dans lequel il :

- Reprend en compte l'ensemble des modules d'entrées.
- %S1 (reprise à chaud) en positionné à 1,
- Remet à l'état 0 le bit %S1 à la fin de ce premier cycle de la tâche maître, réactive la tâche rapide et les traitements événementiels à la fin de ce premier cycle de la tâche maître.

2- Pour contrôle des niveaux des bains :

Pour les niveaux des bains on a pense a un transmetteur de niveau (level transmetteur LT) et dans voici la description :

Les transmetteurs de niveau (transmetteur de pression différentielle) sont utilisés pour déterminer un niveau .Le transmetteur de niveau est composé de deux armatures dont le continue est un liquide dans une capacité fermée (armature haute et une armature basse). Une mince membrane flexible sépare le capteur de pression du fluide à mesurer, le capillaire et l'élément sensible du transmetteur sont remplis par un liquide approprié (silicone).

a-Principe de fonctionnement :

Pour mesurer le niveau réel du liquide il faut soustraire la pression interne de la capacité. ceci peut s'effectuer en raccordant une prise de pression du haut de la capacité sur le coté basse pression du transmetteur de pression différentielle et en raccordant la prise du fond de la capacité sur le coté haute pression. Lorsque la pression du procédé est appliquée a la membrane du séparateur se déforme et transmet la sollicitation reçue au capillaire du transmetteur à travers le circuit de liaison rempli de liquide. La pression transmise déplace la membrane détectrice placée dans la cellule et crée une capacité différentielle entre la membrane et la plaque du condensateur qui est convertie électriquement en signal (4- 20 mA) vers l'organe de commande.

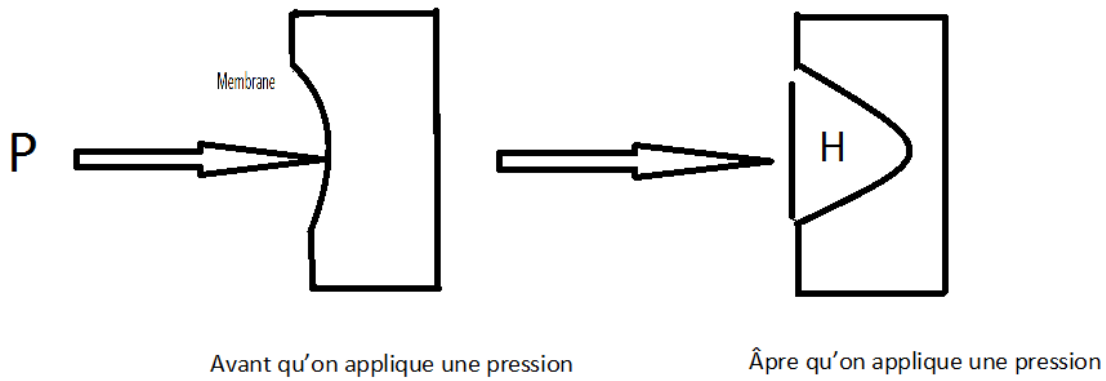


Figure V-15 : schéma pour les bains.

$$\Delta P = HP - BP$$

$$HP = \rho g h$$

Avec : ΔP = débit de pression (Bar)

HP = pression de niveau haut (Bar).

BP = pression de niveau bas (Bar).

ρ = densité de volume de liquide (G/l).

H = la hauteur entre la surface libre du liquide et un point pris comme référence (cm)

g = pesanteur (m/s).

une autre solution pour la régulation des niveaux de liquides dans des bains

➤ **Régulation automatique pour les niveaux d'un liquide dans les cuves :**

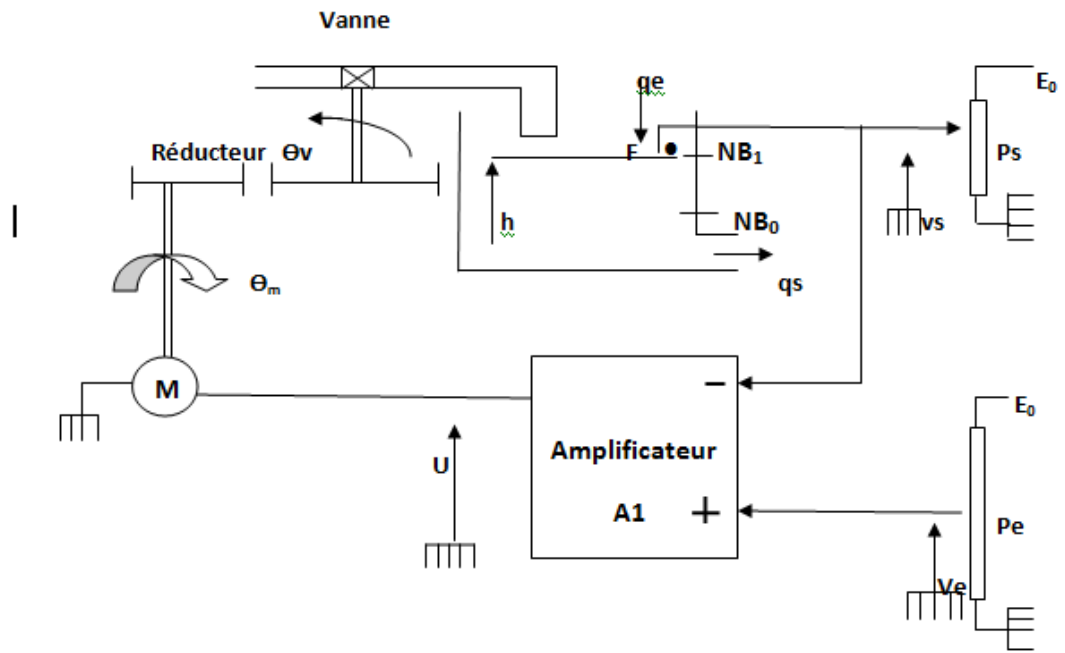


Figure V-17 : les composants de régulateur automatique des niveaux des bains.

Ce régulateur pour les niveaux des bains et illustré par la boucle automatisé suivantes :

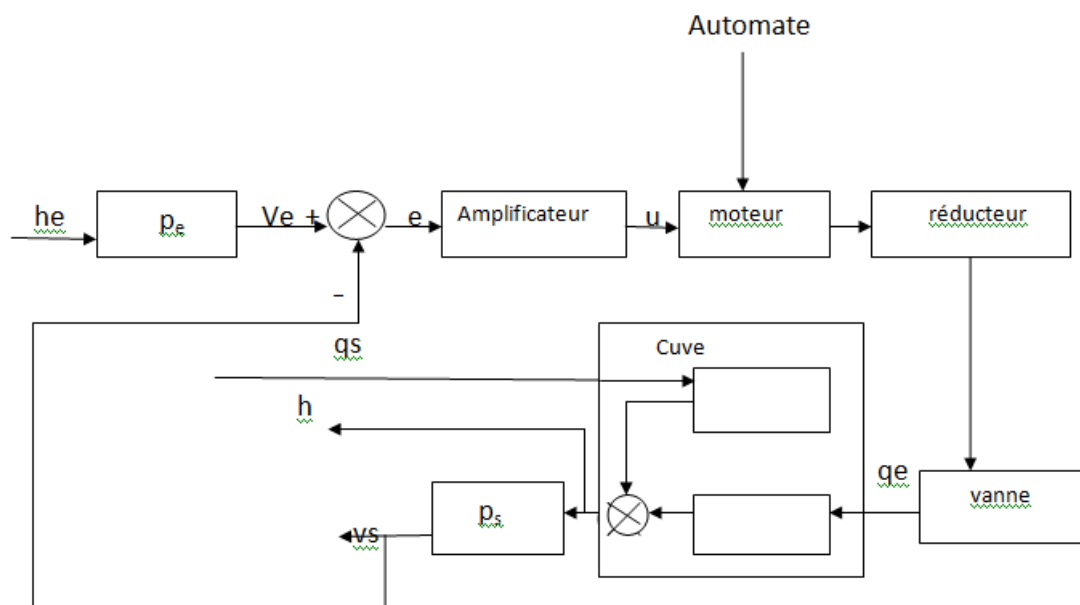


Figure V-16: Régulation automatique des niveaux des bains.

➤ **Principe de fonctionnement :**

En utilisant un comparateur pour comparer la sortie de système à son entrée, le moteur est alimenté par l'induit sous une tension u , créée par l'amplificateur de gain A , ce moteur va ouvrir ou fermer la vanne par l'intermédiaire de réducteur.

Le potentiomètre d'entrée p_e est gradué en mètres : il délivre une tension V_e proportionnelle au niveau de consigne h_e . Le flotteur F mesure le niveau h dans la cuve ; il déplace le curseur du potentiomètre de sortie P_s : la tension v est proportionnelle à h (le potentiomètre p_e et P_s sont identiques).

Le moteur peut ouvrir ou fermer la vanne par l'intermédiaire de réducteur afin de régler le niveau des bains.

Q_e : débit d'entrée, réglé par la vanne motorisée ; il est proportionnel à l'angle d'ouverture de la vanne ΘV . (m^3/s).

q_s : débit de sortie lié à l'utilisation de l'eau (m^3/S).

-Pour la régulation des niveaux des bains :

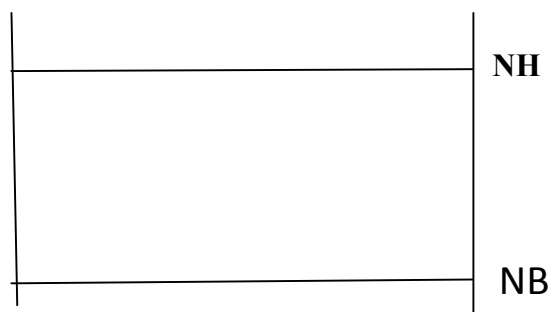


Figure V-16 : Les niveaux des bains

-Notation :

NB : Le niveau bas du bain.

NH : Le niveau haut du bain.

BP : Bouton poussoir.

❖ **Grafset pour la régulation du niveau des bains :**

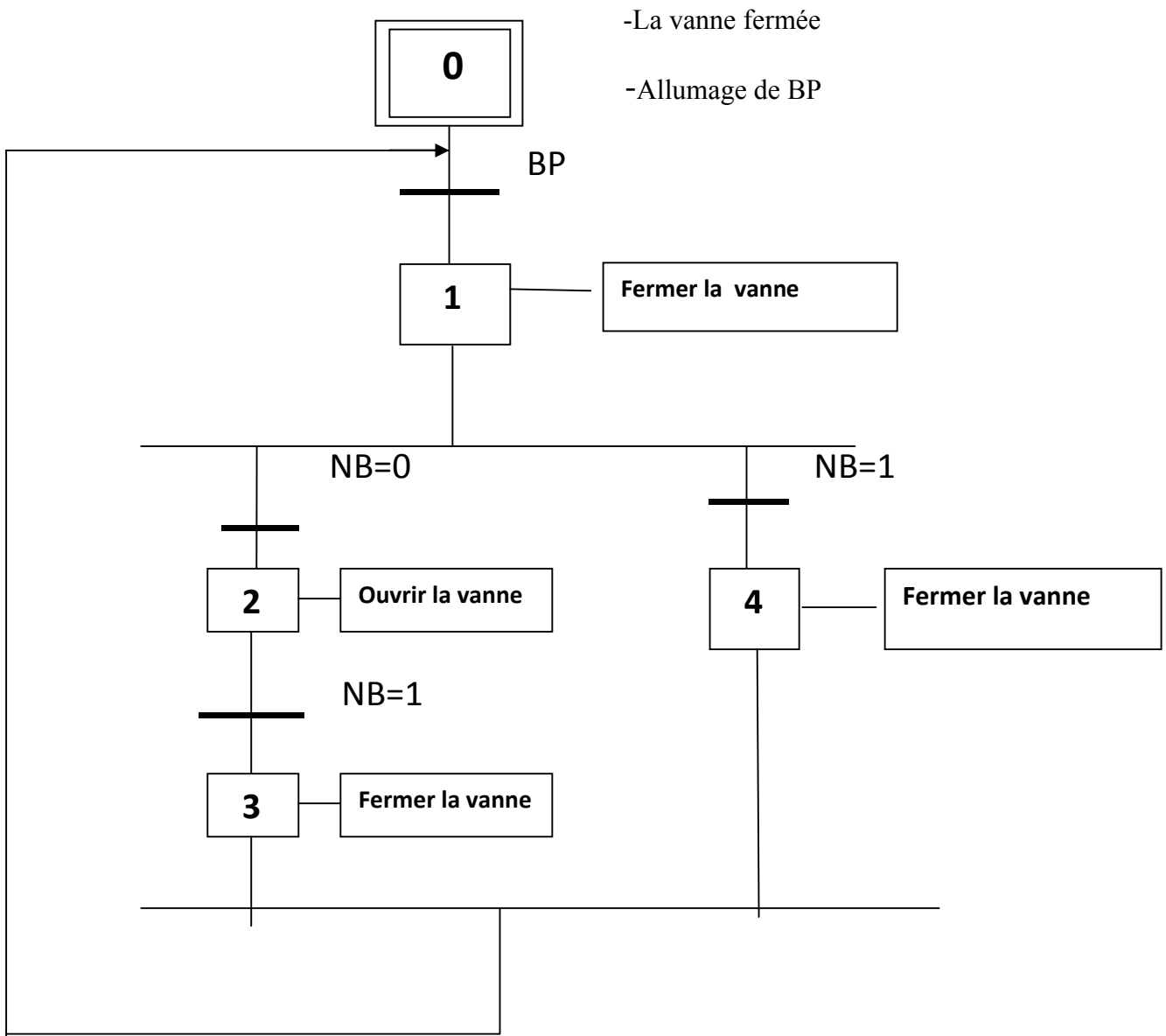
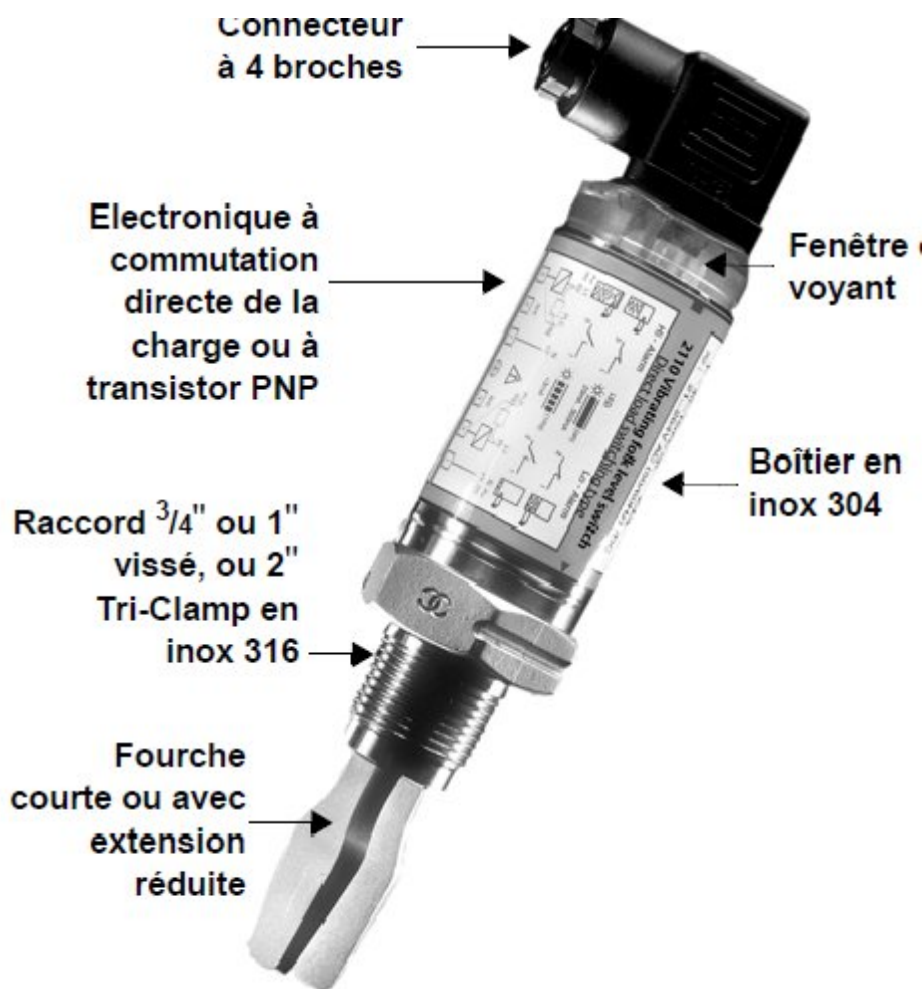


Figure V-17 : Le Grafset de niveau des bains

Et pour la protection et contrôle des pompes, la détection des niveaux des bains, l' anti-débordement , pour détection des fuites et les sécurités la solution est :

3-Détecteur de niveau liquide compact à lames vibrantes Rosemount 2110 :

Le modèle 2110 de Rosemount est un détecteur de niveau liquide dont le fonctionnement repose sur le principe des lames vibrantes. A la fois compact et doté d'un corps et de lames solides en acier inoxydable, il convient à un grand nombre d'applications sur liquides. Commutation directe de la charge convenant à tous les types d'alimentation ou sortie de type PNP pour interfaçage direct avec les automates programmables. Voici ces constituants :



I-Description de détecteur :

- Boîtier du détecteur :

Le boîtier est construit en acier inoxydable robuste avec une fenêtre de voyant en polyamide. Il est équipé d'un connecteur DIN43650 à 4 quatre voies, orientable dans 4 positions, avec presse-étoupe.

➤ **Electronique :**

Le 2110 se connecte en série avec la charge à l'aide d'un câble à une paire standard pour une commutation directe de n'importe quelle alimentation comprise entre 21 et 264 V a (50/60 Hz). La sortie fonctionne comme un simple interrupteur unipolaire unidirectionnel qui change d'état en présence du liquide. Le 2110 disposent aussi d'une sortie transistorisée PNP à collecteur ouvert 24 Vcc pour interfaçage directe avec un automate.

II-CARACTERISTIQUES DU 2110 :

Fonctionnement quasiment indépendant du débit, des turbulences, des bulles, de la mousse, des vibrations, des particules solides en suspension, de l'encrassement ou des variations de propriétés du fluide.

- Aucun besoin d'étalonnage et mise en œuvre extrêmement simple
- Câblage sans polarité et protection contre les courts-circuits.
- Point de test magnétique facilitant les essais fonctionnels.
- Appareil compact, à faible poids et faible encombrement.

III-PRINCIPE DE MESURE :

Le 2110 de Roseront est un détecteur de liquide ponctuel dont la conception repose sur le principe du diapason. Un cristal piézo-électrique est utilisé pour faire osciller la fourche à sa fréquence naturelle. Les variations de cette fréquence sont contrôlées en permanence. Lorsque le 2110 fonctionne en détecteur de niveau bas, la fréquence naturelle de la fourche change dès qu'elle ne baigne plus dans le fluide, ce qui entraîne le basculement de la sortie. Lorsqu'il fonctionne en détecteur de niveau haut, la fréquence naturelle change lorsque le fluide atteint la fourche, ce qui entraîne à nouveau le basculement de la sortie.

VI-FONCTIONNALITES SPECIALES :

➤ **Voyant LED d'état :**

Le détecteur Rosemount 2110 est équipé d'un voyant LED visible en permanence à travers une fenêtre dans le boîtier. Le voyant clignote (une fois par seconde) lorsque le 2110 est « désactivé » et est allumé en permanence lorsqu'il est « activé ». Le voyant indique en permanence l'état de fonctionnement du 2110 (différentes fréquences de clignotement indiquent différents défauts) Il fournit une indication locale de l'état du procédé.

➤ **Point de test magnétique :**

Un point de test magnétique, situé sur le côté du boîtier, permet d'effectuer un test fonctionnel du 2110. La sortie du détecteur change d'état lorsque l'on pose un aimant sur ce point de test et retourne à son état d'origine lorsque l'on retire l'aimant.

➤ **Raccordement électrique :**

Le raccordement électrique est à la fois simple et sûr, avec protection contre les courts-circuits et les inversions de polarité.

➤ **Conception de la fourche :**

La fourche est conçue pour que le liquide puisse s'écouler rapidement du bout des lames, ce qui permet au 2110 de réagir plus rapidement et d'être plus sensible, surtout avec les Liquides très visqueux.

V- LES APPLICATIONS DU DETECTEUR ROSEMOUNT 2110 :

➤ **Protection anti-débordement :**

Les débordements de procédé peuvent non seulement être dangereux pour le personnel et pour l'environnement, mais ils entraînent aussi des gaspillages et des coûts de nettoyage importants. Le modèle 2110 peut être monté en détecteur de niveau haut permettant la mise en œuvre d'une sécurité anti-débordement.

➤ **Protection des pompes :**

La fourche de petite dimension entraîne une intrusion minimale à l'intérieur de la tuyauterie ou du réservoir et permet une installation peu coûteuse dans n'importe quel angle. Les lames vibrantes ne dépassant que de 50 mm (en fonction du type de raccord), le modèle 2110 peut être installé dans des tuyauteries de petits diamètres. avec l'électronique à commutation directe de la charge, le modèle 2110 est l'appareil idéal pour la protection de pompe, évitant leur fonctionnement à sec.

➤ **Alarme de niveau haut ou bas :**

Le modèle 2110 est la solution idéale pour la détection de niveaux maximum et minimum à l'intérieur de réservoirs contenant des liquides variés. Fonctionnant à des températures de service allant jusqu'à 150 °C et sous une pression pouvant atteindre 100 bars, il convient parfaitement à la détection des niveaux haut et bas. Il est courant d'installer un

détecteur de niveau haut de secours indépendant en cas de défaillance de la mesure de niveau principale.

➤ **Détection des fuites :**

Raccords, joints, liquides corrosifs. Ils ont tous le potentiel d'engendrer une fuite au moment le moins opportun. Les cuves et les réservoirs sont donc souvent placés dessus de bacs de rétention qui permettent de récupérer les fuites de liquides. Un détecteur 2110 placé à l'intérieur de ces bacs permet de détecter rapidement la présence d'une fuite et de réduire les coûts engendrés.

➤ **Contrôle des pompes :**

De nombreux processus de fabrication utilisent des réservoirs collecteurs ou de dosage ; dans ce type d'application, une pompe est généralement utilisée pour maintenir le niveau de liquide entre deux niveaux déterminés. La robe de ces réservoirs est souvent mince et ne peut pas supporter le poids de lourds instruments.

➤ **Applications sanitaires :**

Avec l'option de finition de surface des lames vibrantes inférieure à 0,8 μm , le modèle 2110 répond aux critères d'hygiène les plus rigoureux exigés par les industries agroalimentaires et pharmaceutiques. Fabriqué en acier inoxydable, le 2110 est assez robuste pour pouvoir être nettoyé en place (NEP) à des températures allant jusqu'à 150 °C.

6-CARACTERISTIQUES PHYSIQUES :

➤ **Principe de mesure :**

Lames vibrantes

➤ **Applications :**

Convient à la plupart des liquides, y compris, les liquides aérés et les suspensions

➤ **Protection :**

Sans polarité. Protection contre les surintensités, les courts circuits et l'absence de charge. Protection contre les surtensions selon IEC61326.

3-pour la sécurité des chariots :

On met une photo cellule (émetteur /récepteur) dont l'émetteur soit sur le portique un et le récepteur soit sur le portique deux ou vis versa et on choisi une distance pour que les

chariots s'arrête toujours à cette distance. Affin qu'il n'y ait pas de collusion .Il est efficace même pour la sécurité de l'opérateur.

Conclusion :

Grâce ou GRAFCET nous avons pu modéliser notre procédé de commande. Dans ce chapitre nous concluons que le Grafcet est un puissant outil de modélisation et de transmission d'information, qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnels à un langage d'implantation opérationnel. Ainsi le grafcet facilite considérablement le passage de la description à la modélisation et permettra au prochain chapitre la programmation de la partie opérative qui pilotera le procédé fonctionnel de notre station sur laquelle porte notre étude et ce à l'aide du PL7.

Chapitre 4

Présentation de logiciel PL7

ET

Conception de programme

INTRODUCTION :

Après l'élaboration du programme de commande de notre système à automatiser, nous arrivons à l'étape finale du travail effectué. Cette étape est la validation du programme par simulation et vérification de son bon fonctionnement. La station sur laquelle porte notre étude est gérée par un automate de marque schneider TSX57203, qui est programmé avec le logiciel PL7 qui fait objet de ce chapitre. Afin de bien comprendre le fonctionnement et de bien programmer.

-Généralités sur PL7 [9] :

La conception et la mise en œuvre des applications pour automates Micro et Premium [10] se réalisent à l'aide des logiciels PL7. Il propose 3 types de logiciels PL7 :

- 1-PL7 Micro.
- 2-PL7 Junior
- 3- PL7 Pro.

Le logiciel PL7 propose 4 langages de programmation :

- 1- Langage à contacts.
- 2- Liste d'instructions.
- 2- Littéral structuré.
- 4- Grafset

Ces langages peuvent être mixés au sein d'une même application. Une section de programme peut être écrite en langage à contacts, une autre en littéral ...Ces langages mettent en œuvre :

- 1- Des blocs fonction prédéfinis (Temporisations, Compteurs,...).
- 2- Des fonctions métiers (analogique, communication, comptage...).
- 3- Des fonctions spécifiques (gestion du temps, chaîne de caractères...).

L'écran PL7 présenté ci-dessous fournit un exemple des nombreux outils disponible :

- ✓ Le navigateur d'application permet l'accès :
 - Aux écrans de configuration matérielle et logicielle.
 - Au programme de l'application.
 - Aux variables du programme.
 - Aux tables d'animations dynamiques.
 - Aux écrans d'applications.

✓ La table d'animation permet de visualiser, en mode connecté, l'évolution du contenu et de forcer leur valeur.

- La barre de statut affiche diverses informations telles que :

- L'état de la connexion avec l'automate.
- Mode Stop ou Run de l'automate,
- L'adresse XWAY de cet automate,
- Le menu principal offre différentes actions :
 - Ouvrir un programme menu.
 - Définir l'adresse XWAYS de l'automate.
 - Transfer un programme.
 - Se connecter à l'automate.

La figure suivante résume ces différents navigateurs et leurs applications :

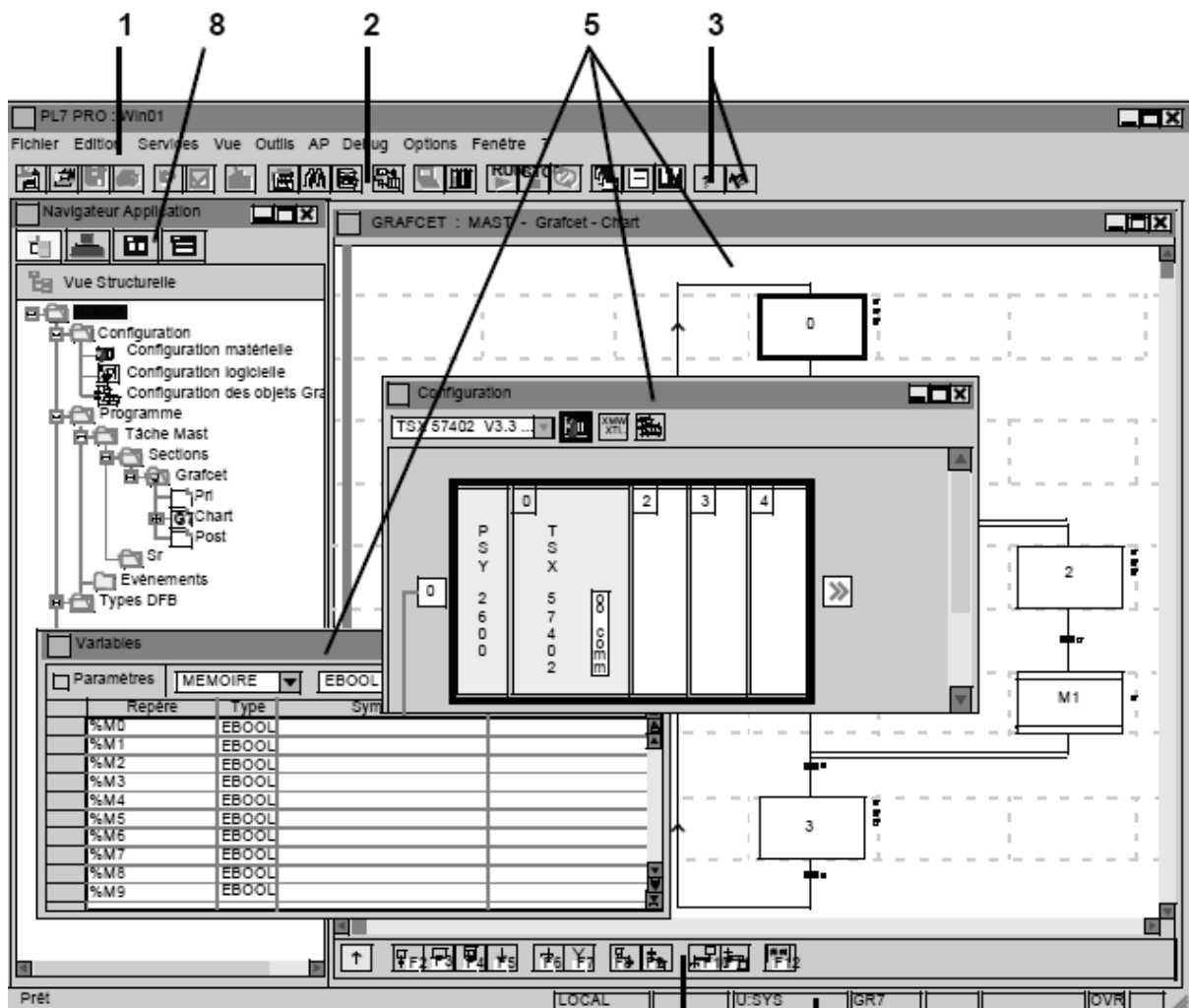


Figure IV-1 : schéma de logiciel PL7.

a- Langage de programmation :

1-Langage à contacts (LD) :

Le langage à contacts (LD) est un langage graphique. Il permet la transcription de schémas à relais, il est adapté au traitement combinatoire. Il offre les symboles graphiques de

base : contacts, bobines, blocs. L'écriture de calculs numériques est possible à l'intérieur de blocs opérations.

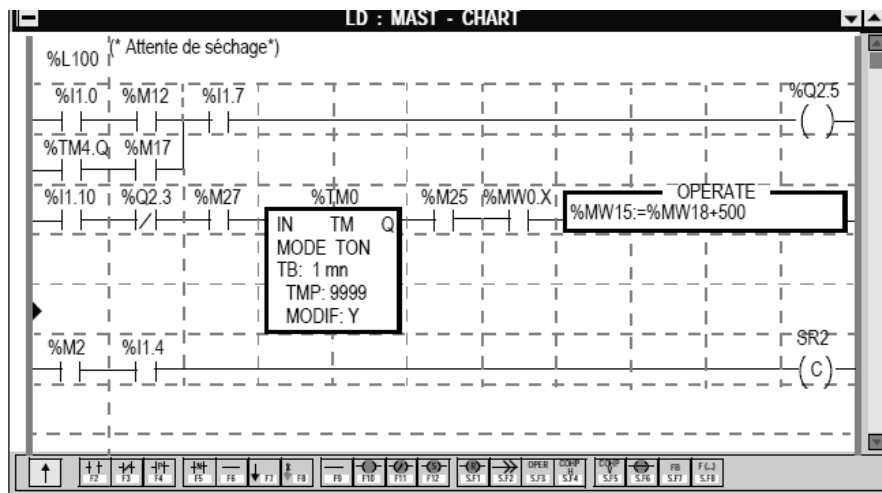


Figure IV-2: exemple de la structure de langage de contacte.

2-Le langage liste d'instructions (IL) :

Est un langage "machine" booléen qui permet l'écriture de traitements logiques et numériques.

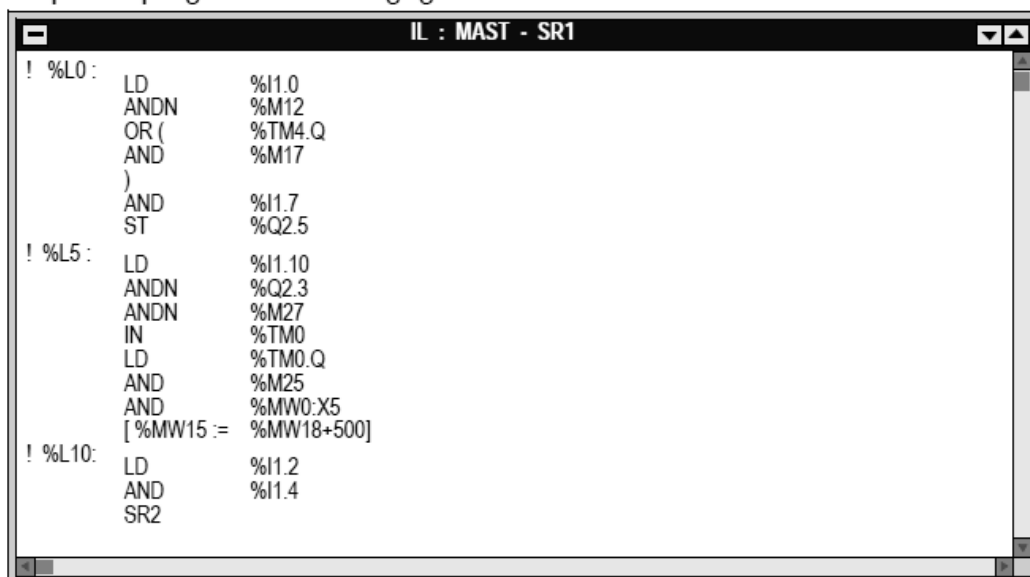


Figure IV-3: exemple de la structure de langage d'instruction.

3-Langage littéral structuré (ST) :

Le langage littéral structuré (ST) est un langage de type "informatique" permettant l'écriture structurée de traitements logiques et numériques.

```

ST : MAST - SR10
!
(* Recherche du premier élément non nul dans un tableau de 32 mots
Détermination de sa valeur (%MW10) , de son rang (%MW11)
Cette recherche s'effectue si %M0 est à 1
%M1est mis à 1 si un élément non nul existe, sinon il est mis à 0 *)

IF %M0 THEN
  FOR %MW 99 := 0 TO 31 DO
    IF %MW100 [%MW99]< > 0 THEN
      %MW 10 := %MW100 [%MW99];
      %MW 11 := %MW 99;
      %M1 := TRUE;
      EXIT;          (*Sortie de la boucle FOR*)
    ELSE
      %M1 := FALSE;
    END_IF;
  END_FOR;
ELSE
  %M1 := FALSE;
END_IF;

```

Figure IV-4: exemple de langage structuré.

4-Langage Grafcet :

Le langage Grafcet permet de représenter graphiquement et de façon structurée le fonctionnement d'un automate séquentiel.

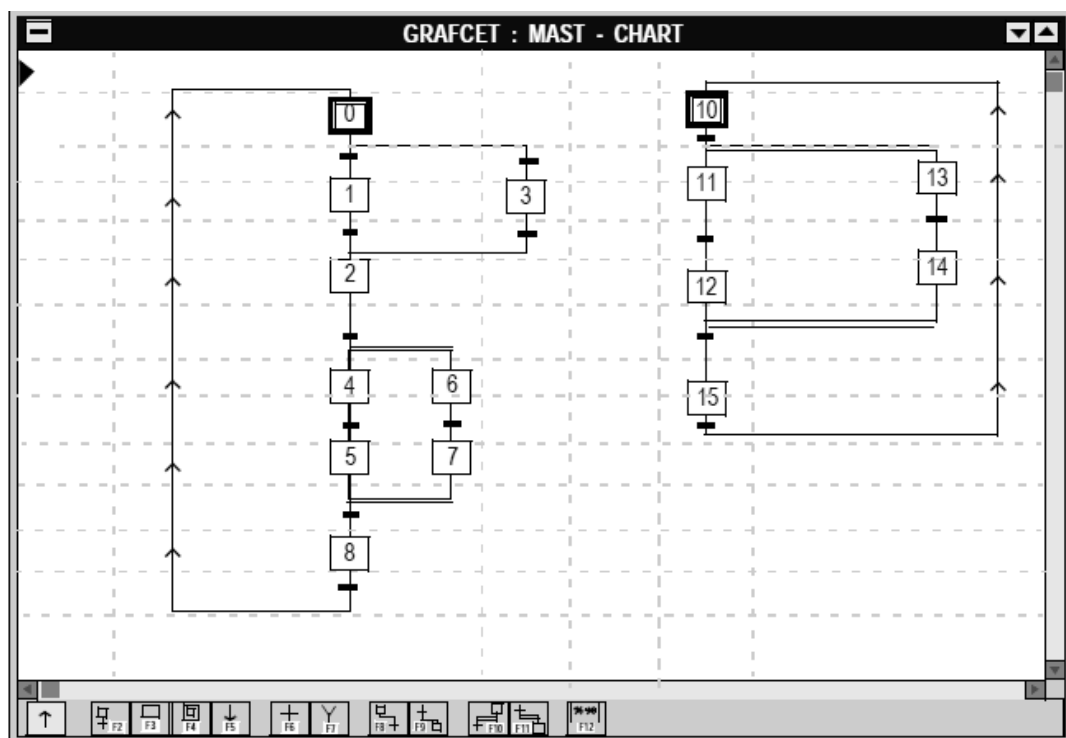


Figure IV-5: exemple de la structure de grafcet

b-Structure logicielle PL7 :

Le logiciel PL7 propose deux types de structure :

a-Monotâche : c'est la structure simplifiée proposée par défaut, où une seule tâche maître composée d'un programme, constitué de plusieurs sections et de sous-programmes.

b- Multitâche : cette structure, mieux adaptée pour des applications temps réel performantes, se compose d'une tâche maître, d'une tâche rapide et de traitements événementiels prioritaires.

c-Modules fonctionnels :

1-Définition : Un module fonctionnel est un regroupement d'éléments de programme destinés à réaliser une fonction d'automatisme.

1-Vue fonctionnelle :

Vue de l'application en modules fonctionnels correspondant à des fonctions de l'automatisme. La vue fonctionnelle en modules permet d'avoir une découpe par fonctions cohérentes vis-à-vis du procédé à commander.

2- vue structurelle :

Vue traditionnelle correspondant à l'ordre de traitement par l'automate, qui donne une

Vue de l'ordre d'exécution des sections de programme par l'automate. Si deux types de représentation peuvent être représentés par le navigateur application. L'écran suivant montre les deux modes de représentation :

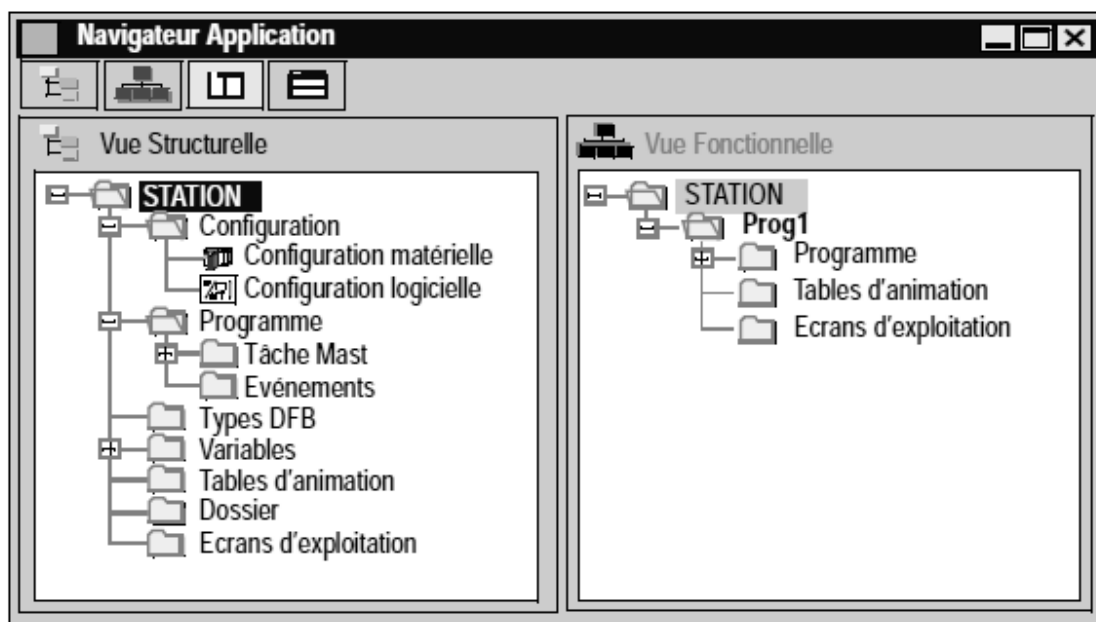


Figure IV- 6: représentation de navigateur d'application.

Pour accéder aux différentes vues il suffit de cliquer sur les icônes suivants pour accéder au mode de visualisation désiré ; voici la figure qui illustre cette application :





Icône	Action
	affiche la vue structurale
	affiche la vue fonctionnelle
	juxtapose la vue structurale et la vue fonctionnelle
	superpose la vue structurale et la vue fonctionnelle

Figure IV-7 : tableau qui résume les différentes parties pour accéder ou (2) vues.

I-Présentation des éditeurs de PL7 :

1-éditeur de configuration matérielle :

L'éditeur de configuration permet de manière intuitive et graphique de déclarer et de configurer les différents éléments constituant l'automate. Assure aussi le paramétrage logiciel de l'application en renseignant le nombre de bloc fonction, registre et taille des zones de variables globale. En mode connecté, l'éditeur de configuration assure aussi des fonctions de mise ou point réglage et diagnostic.

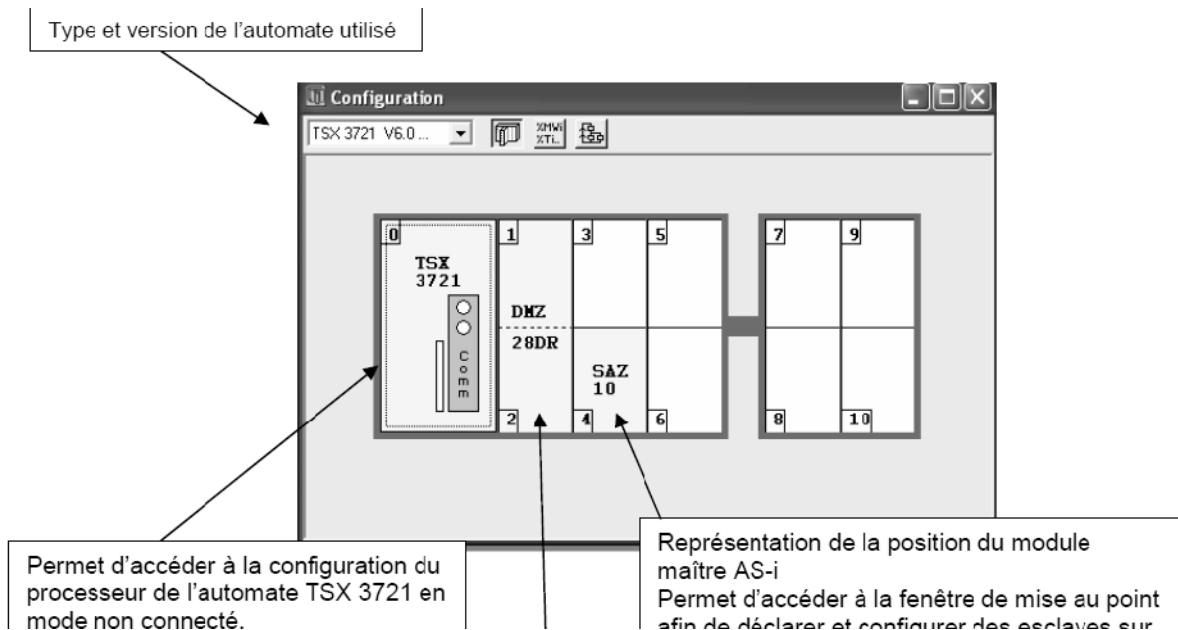


Figure IV-8 : schéma éditeur de configuration matériel.

2-éditeur aux variables permet de :

- Symboliser le différent objet de l'application.
- Paramètre de bloc prédéfini.
- Saisir les valeurs de constantes et choisir la barre d'affichage.
- Paramétrer les blocs fonction utilisateur DFBD.

Variables				
<input checked="" type="checkbox"/> Paramètres		E/S	Adr: 4: TSX SAZ 10	<input checked="" type="checkbox"/> Zone de saisie
%%CH4.MOD				
Repère	Type	Symbole		Comm
%%I4.0i4.1	EB00L			
%%I4.0i4.2	EB00L			
%%I4.0i4.3	EB00L			
%%Q14.0i4.0	EB00L	Demarrer_le_tapis	marche bande transporteuse	
%%Q14.0i4.1	EB00L			
%%Q14.0i4.2	EB00L			
%%Q14.0i4.3	EB00L			
%%I4.0i5.0	EB00L	Vérin_chargement_en_avant	Le vérin de chargement de la bande transporteuse est en avant	
%%I4.0i5.1	EB00L			
%%I4.0i5.2	EB00L			
%%I4.0i5.3	EB00L	Vérin_évacuation_1_en_avant	Le vérin d'évacuation N°1 est en avant	
%%Q14.0i5.0	EB00L	Sortie_vérin_de_chargement	Sortie du vérin de chargement: approvisionnement d'un produit	
%%Q14.0i5.1	EB00L	Sortie_vérin_évacuation_1	Sortie du vérin d'évacuation N°1	
%%Q14.0i5.2	EB00L	Sortie_vérin_évacuation_2	Sortie du vérin d'évacuation N°2	
%%Q14.0i5.3	EB00L			
%%I4.0i6.0	EB00L			
%%I4.0i6.1	EB00L	Vérin_évacuation_2_en_avant	Le vérin d'évacuation N°2 est en avant	
%%I4.0i6.2	EB00L			

Figure IV-9: schéma d'éditeur de variable

3-Table d'animation :

Les tables d'animation peuvent être créées par saisie, ou automatiquement initialisées à partir de réseau de contacts des phases sélectionnées ou des objets animés dans les écrans d'exploitations.

Animation de ST: MAST - Marche_arret (Animée)						
%%M12 3/3						
Modification	Repère	Symbole / Nom	Valeur courante	Nature	Type	Commentaire
	%%M12	Etn_rouge_actuel	1			Sauve l'état: actu
F3 Modifier	%%I4.0i1.1	Asi_btn_rouge	1			Etat du bouton r
F7 0	%%M11	Sr0_valeur_actuel	1			Paramètre du so
F8 1	%%M10	Sr0_valeur_ancien	1			Paramètre du so
	%%M10	Etn_rouge_ancien	1			Sauve l'état: préc
	%%M2	Sr0_front_detector	0			Variable qui indiqu
	%%M25	Ext_btn_rouge	1			Permet de simul
	%%M29	Ext_btn_rouge_ancien	1			

Figure IV-10 : schéma de table d'animation.

II- Structure mémoire des automates Premium :

L'espace mémoire des automates Premium ne comporte qu'un seul ensemble. La mémoire bits est intégrée à la mémoire mots (dans la zone des données), elle est limitée à 4096 bits.

II-1-Rôle de la mémoire mot :

La mémoire mots (16 bits) supporte :

a- **les données** : données dynamiques de l'application et données système (le système réserve une zone mémoire RAM de 5 Kmots minimum)

b- **le programme** : descripteurs et code exécutable des tâches,

c- **les constantes** : mots constants, valeurs initiales et configuration des entrées/sorties.

II-2-1-Structure sans carte mémoire d'extension :

Les programmes, données et constantes sont supportés par la mémoire RAM interne au module processeur.

Le schéma suivant décrit la structure mémoire.

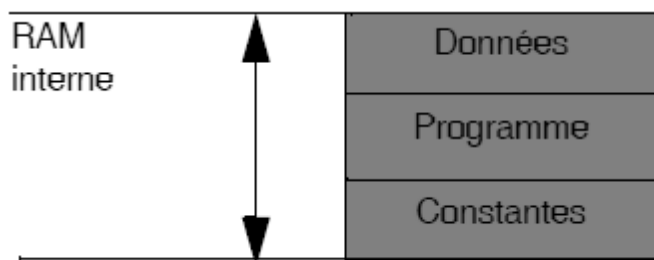


Figure IV-11 : structure mémoire.

II-2-2-Structure avec carte mémoire d'extension :

Les données sont supportées par la mémoire RAM interne au module processeur.

Les programmes et constantes sont supportés par la carte mémoire d'extension. Le schéma suivant décrit la structure mémoire.

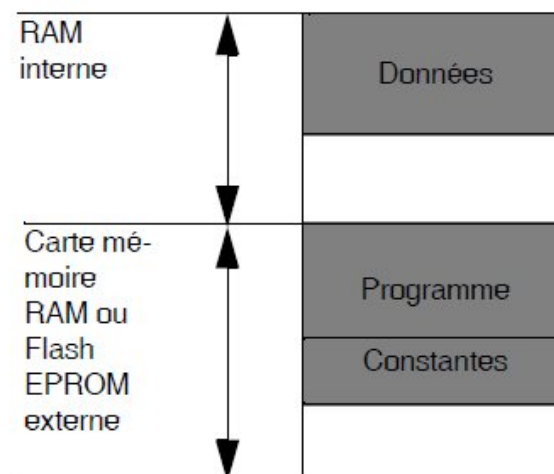


Figure IV-12 : structure avec carte mémoire d'extension.

II-3-Sauvegarde de la mémoire :

La mémoire bit et RAM interne est secourue par la pile Cadmium-nickel supportée par le module processeur.

III-élaboration d'une application :

1-Principe d'élaboration :

L'élaboration d'une application comporte 2 phases de développement contenant chacune plusieurs étapes :

- 1-une phase en mode local.
- 2-une phase en mode connecté.

2-Les différentes étapes de développement :

L'organigramme ci-dessous présente les différentes étapes de développement d'une application.

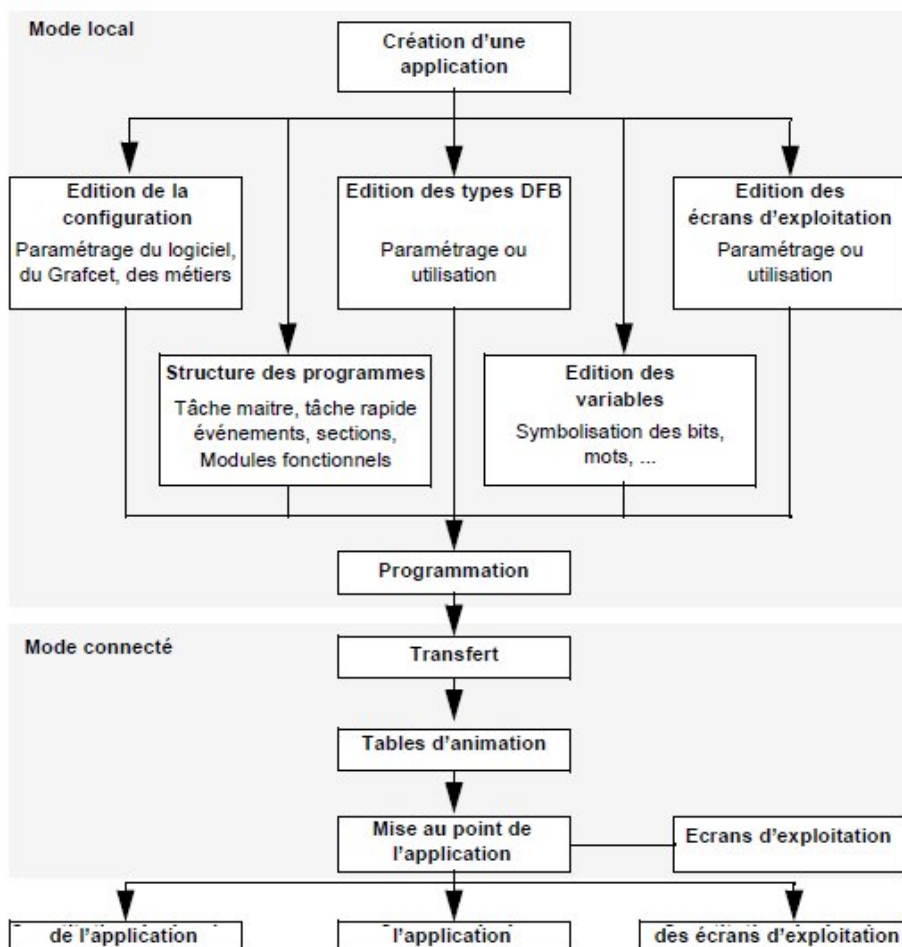


Figure IV-13 : organigramme de développement d'une application.

a-Mode local :

Présentation Le mode local (pas de connexion avec l'automate) permet de créer / modifier une application sur le terminal. Cette application réside dans le répertoire de travail sur le disque dur.

b-Mode connecté :

Présentation Le mode connecté (connexion avec l'automate) permet de modifier une application dans l'automate.

3-Structure du programme :

Les logiciels PL7 permettent deux types de structure programme :

- 1-La structure monotâche qui comporte la tâche maître (MAST), structure par défaut.
- 2-La structure multitâche qui comporte la tâche maître, la tâche rapide (FAST) et les traitements événementiels (Evt). Les tâches d'un programme PL7 se composent de plusieurs parties appelées sections, et de sous-programmes. Chacune de ces sections peut être programmée dans un langage approprié au traitement à réaliser.

III-1-Création d'un programme :

Cliquez sur « Fichier », puis sur « Nouveau », choisir un automate à utiliser « Non » pour le grafcet et sur « OK ». Dans la fenêtre "Navigateur application", double cliquez sur « Configuration », puis sur « configuration matérielle ». Configurez l'automate.

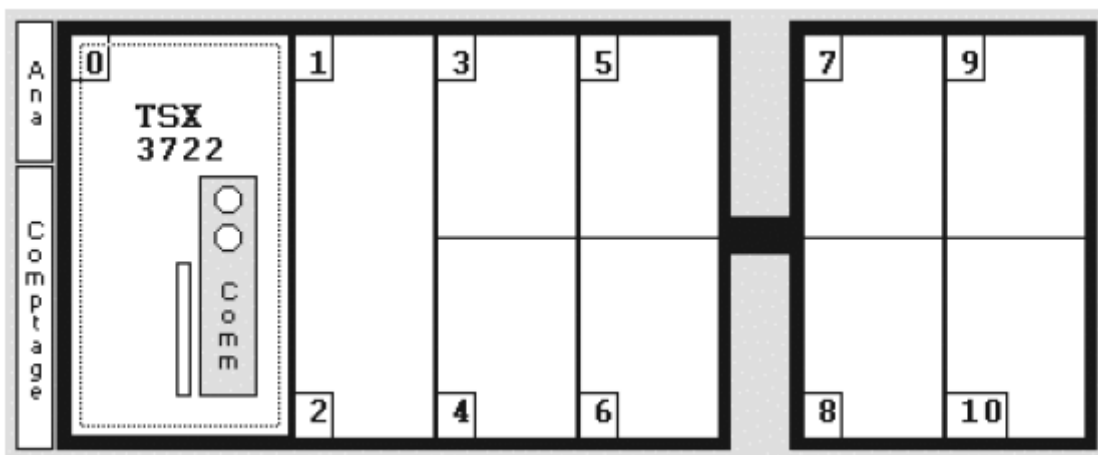


Figure IV-14 : configuration de l'automate.

Cliquez sur l'icône "Valider" et fermez la fenêtre.

1-Ecriture des mnémoniques :

Double cliquez sur "variables". Double cliquez sur "Objets mémoire" et remplissez la colonne symbole.

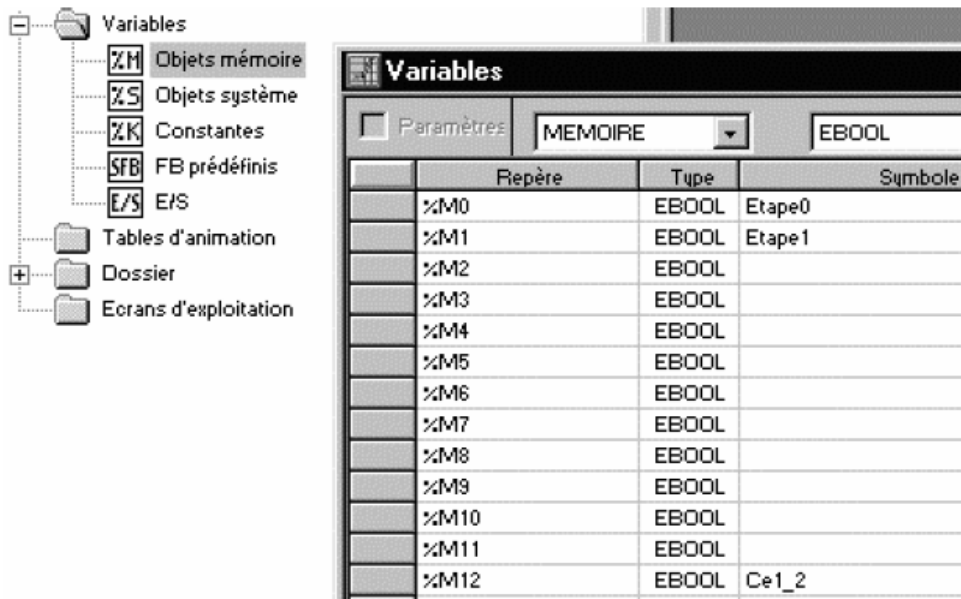


Figure IV-15 : Configuration des variables.

2-Ecriture du programme :

Double cliquez sur "tâche MAST " Cliquez. Droit sur section et choisissez « Créer ».



Figure IV-16 : écriture de programme

Donnez le nom et choisissez le langage LD (LADDER = langage à contacts).

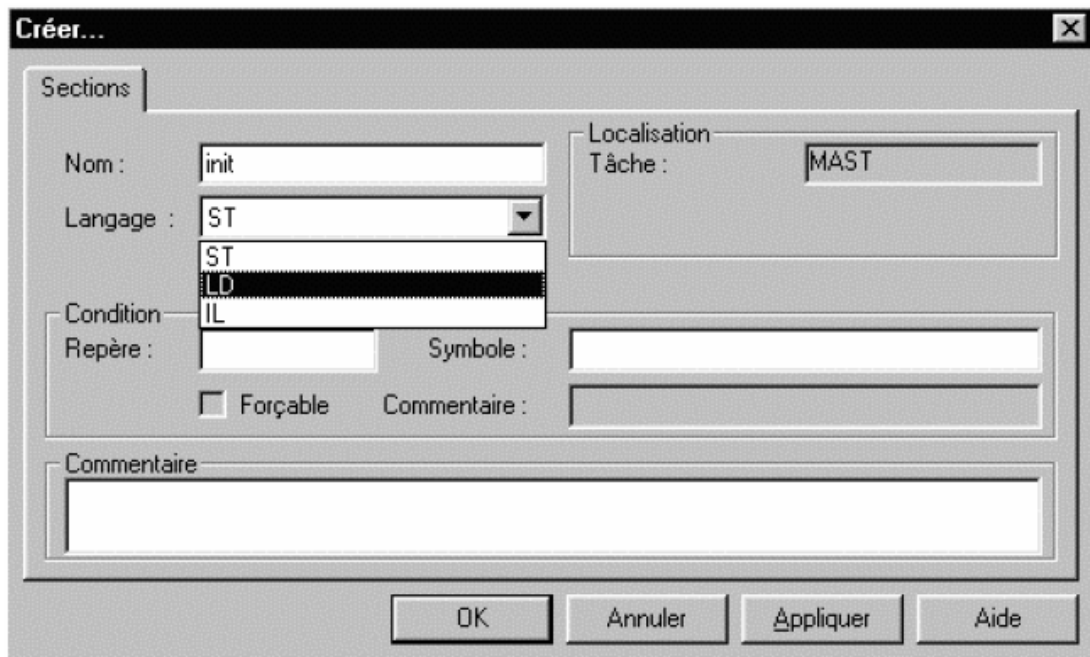


Figure IV-17 : le choix d'un langage.

III-2-Ecriture du programme dans une section :

Double cliquez sur «nom de programme». Dessinez vos réseaux en utilisant les icônes en bas de l'écran et validez les réseaux en appuyant sur la touche « Enter ». Ils deviennent noirs. Fermez la fenêtre en cliquant sur sa croix en haut à droite.

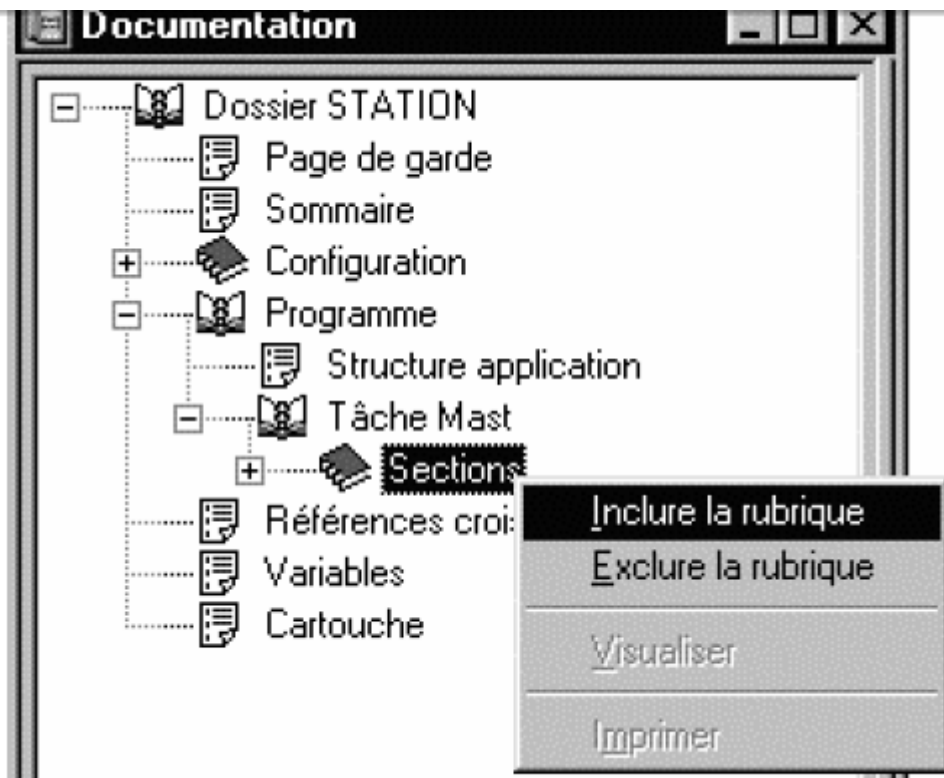


Figure IV-18 : écriture d'un programme dans une section.

1-Test du programme :

Cliquez sur « AP » puis sur « Transférer Programme ». Choisir « Console -> Automate » et cliquez sur « OK ». Cliquez sur « AP » puis sur « Connecter ». Cliquez sur « AP » puis sur « Init ». Cliquez sur « AP » puis sur « Run ».ensuite il faut créer une table d'animation et en faisant un clic droit sur "table d'animation" et en cliquant créer.

III-3-2-Transfert programme PL7 :

Rôle : Le transfert programme permet d'échanger l'intégralité de l'application mise à part les écrans d'exploitation. Deux sens de transfert sont possibles :

- 1-Du terminal (PC) vers l'automate (AP),
- 3- De l'automate vers le terminal(PC).

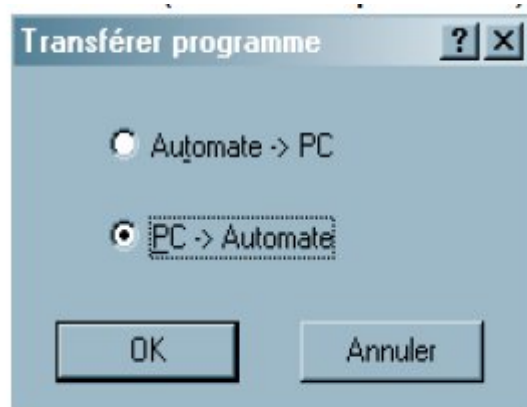


Figure IV-19 : transfert de programme.

1-Transfert données PL7 :

Rôle : Le transfert donné permet d'échanger les variables, symboles et commentaires de l'application. Deux sens de transfert sont possibles :

- 1- du fichier situé sur le terminal (PC) vers l'automate (AP),
- 2 de l'automate vers le fichier situé sur le terminal.

III-4-Mise au point de l'application PL7 :

Les logiciels PL7 offrent un ensemble d'outils complet pour la mise au point des applications.une barre de mise au point programme qui permet par exemple :

- 1- La pose de points d'arrêt,
- 2- L'exécution en pas à pas du programme,
- 3-La surveillance de l'application.
- 4- Un écran de mise au point qui offre :

- 5- Des informations sur l'état de l'application,
- 6- Un accès au diagnostic programme et modules métiers,
- 7- Un accès à la mise à jour et à la visualisation de l'horodateur.
- 8- Le navigateur de mise au point Grafcet qui permet d'avoir une vue hiérarchique du graphe.

III-5--Sauvegarde et sortie :

Cliquez sur « Enregistrer sous », sélectionnez le répertoire de votre classe, donnez un nom « x.STX » (xxxxx correspondant à votre nom) et cliquez sur OK. Cliquez sur « Fichier » puis sur « Quitter » pour quitter le programme PL7 Pro.

III-6--Impression :

Double cliquez sur « Dossier » dans le navigateur application. Sélectionnez les rubriques à imprimer par un clic droit et "inclure la rubrique». Cliquez droit sur « Dossier » puis sur « Constituer le dossier ». Cliquez sur « Dossier », puis sur « Imprimer ».

- Cliquez droit sur « Dossier » puis sur « Constituer le dossier ».
- Cliquez sur « Dossier », puis sur « Imprimer ».

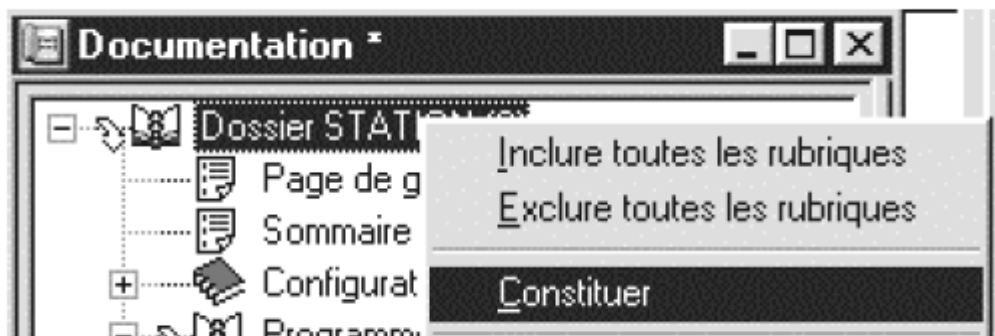


Figure IV-19 : Dossier a imprimer.

Conclusion :

Cette description de logiciel PL7 ne comporte que les parties qui sont prévues pour notre étude .car les modes de programmation avec ce logiciel sont très vaste et émince vue son utilité dans l'industrie.

Conclusion générale :

Nôtre travail a été inscrit globalement dans le cadre d'étude et amélioration de la commande de l'installation de traitement de surface (Traitement par le Zinc). Il nous a permis de toucher à plusieurs sujets à titre d'exemple: Les variateurs de vitesses qui suscite chaque année de nombreux travaux de recherche qui font naturellement partie intégrante de tout type d'installation automatisée .

Après l'étude de la machine ; nous avons constaté que sa commande n'est pas optimale car elle présente quelques insuffisances susceptibles d'être amélioré. C'est dans cette perspective que nous avons modélisé la station par un Grafcet, et le passage à la programmation en langage pl7 qui nous a permis d'intégrer certaines modifications à l'automate afin de traiter les insuffisances et proposer quelques améliorations concernant la régulation des niveaux des baignoires, mémoriser l'étape de cycle en cas d'absence d'électricité et la sécurité des composants pour garantir un bon fonctionnement du procédé.

Le travail que nous avons effectué dans le cadre de ce projet, avec l'appui d'un stage pratique à l'entreprise (ENIEM), nous a permis de mettre en pratique les connaissances acquises en théorie et de nous familiariser avec le monde du travail et 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.

Enfin notre point de vue pour l'avenir de la station de Zingage .Il faut Qu'elle soit équipée d'une commande plus performante, robuste, avantageuse et cela par un plus sur sa commande, la sécurité du personnel et du matériel par intégration des 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 les promotions à venir.

Annexe

[1]-**PVC** : matière plastique constituée de polychlorure de vinyle.

PVC= poly vinyle chloride.

[2]-**PYREX** : verre très résistant aux chocs et au feu.

[3]-**BRIDE** : Petite bande de cuivre ou tissu qui sert à traiter ou retenir. Ou Technique fixation circulaire reliant deux tubes ou deux tuyaux.

[4]-**décapage** : nettoyage qui permet de dégager une surface des dépôts qui la recouvrent.

[5]-**Titane** : métal blanc argenté, brillant, dont on se sert pour faire des alliages très résistants.

[6]-**asynchrone** provient du fait que la vitesse de ces machines n'est pas forcément proportionnelle à la fréquence des courants qui les traversent

[7]-**GRAF CET** : (en lettre capitale) est utilisé pour faire référence à l'outil de modélisation.

[8]-**grafcet** : est écrit en minuscule, il fait alors référence à un modèle obtenu à l'aide des règles de GRAFCET.

[9] -**PL7** : ou logiciel PL7 est utilisé pour désigner indifféremment les 3 types de logiciels PL7 Micro, PL7 Junior et PL7 Pro,

[10]- **Premium** est utilisée pour désigner indifféremment les Processeurs TSX 57, PMX 57, et PCX 57.

[11] - **Scrutation** : Temps de Scrutation est le temps mis par l'automate pour traiter la même partie de programme. Ce temps est de l'ordre de la dizaine de millisecondes pour les applications standards

I- Caractéristiques technique :

▶ Partie électrique :

Tension de réseau : 380V

1- Moteur d'agitation

a - Facteur de puissance : 0.66

b - Fréquence : 50HZ

c - Courant nominale : 1.35 à 0.77 A

d - Puissance : 0.18 KW

e - Tension : 220/380 V

f - Vitesse : TPM : 28.4 m/s.

2-Moteur de déplacement (translation) :

a- portique 1 :

- Vitesse : TPM 1400/2720 m/s

-Courant nominale : 0.83 A

-Facteur de puissance : 0.74

-Tension : 380 v

-Puissance 0.2/0.28 KW

b-portique 2 :

-courant nominale : 0.83 A

-Fréquence : 50 HZ

-Tension : 380 v

-puissance : 0.2/ 0.28 KW

-Vitesse : TPM 1400 /2720 m/s

-Facteur de puissance : 0.74

3- Moteur soulèvement (montée) :

a-Portique 1

-Courant nominale : 0.83 A.

-Fréquence : 50 HZ

-Facteur de puissance : 0.71 /0.91

-Tension : 380 v

-vitesse : TPM 1380/2700 m/s

b- portique 2 :

-La puissance : 0.55 /0.88 KW

- la tension : 380 V

-Vitesse : 1380/25 ou 2700/55

Bibliographie

➤ **Documentation d'ENIEM :**

- Danfoss** « manuelle d'utilisation VLT série 5000.
- Corelec** « schéma électrique Z58 » : constructeur d'équipement de traitement de surface.
- **BUFFALO** : « Equipement document spécifique a l'exploitation »
- **Alain Gonzaga** : « Les automates industriels ».
- Documentation techniques de Schneider**, aide PL7 CD ROM (CD PL7).
- Manuel de Référence PL7** : Micro/Junior/Pro Description du logiciel PL7 (Juillet 2005 fré).
- Formation Automates programmables/ENIEM 2009

➤ **Les ouvrages :**

- **R. Gourdeau et G. M. Cloutier** : « Introduction a l'automatisme .Grafcet f ».
- **RENE DAVID, HASSANE ALLA** : Deuxième édition revue et augmentée. Du Grafcet aux réseaux de pétri.
- **Patricia JARGOT** : Langages de programmation pour API. Norme IEC 1131-3 :
- **Michel Bertrand** : « Automate programmable Industriel ».
- **Technique de l'ingénieur** : le Grafcet, langage de programmation pour Norme IEC1131-3.
- Gilles Michel** : « Architecture et application des automates programmable » .dunod paris (1988).
- **Andre Simon** : « automate programmable industriel : Niveau 1 » eyrolles Paris 1991.
- **C-Glaiz** : « propriétés générales de la variation de vitesse des machines électriques ».
- **Daniel CLENET** : « Démarreurs et variateurs de vitesse électroniques ».
- Philippe LE BRUN** : « Variation de vitesse des machines asynchrones ».

➤ **Cites internetes :**

- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Variateur_de_vitesse_\(Électricité\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Variateur_de_vitesse_(Électricité))

- <http://www.Schenieder.com>.

- <http://www.PL7.fr>.

- <http://www.electrotechnique-fr.com>.