



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière :.....
Option :commande

Réf:.....

**Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:**

MASTER

Thème

**Etude de la commande automatique du machine
Rubaneuse par (API) siemens (S7-300 et S7-200)
dans L'ENICAB.**

Présenté par :
Djoudi yakoub
Soutenu le : 04 Juin 2013

Devant le jury composé de :

Mr: khene MED Lotfi

Mr :Boumaraf Rabia

Mr :Titaouine ABDNaceur

MAA

MAA

Prof

Président

Encadreur

Examineur

Année universitaire : 2012 / 2013

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière :.....
Option :commande

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:

MASTER

Thème

**Etude de la commande automatique du machine Rubaneuse par
(API) siemens (S7-300 et S7-200) dans L'ENICAB.**

Présenté par :

Djoudi yakoub

Avis favorable de l'encadreur :

Boumaraf Rabia

Avis favorable du Président du Jury

Khene MED Lotfi

Cachet et signature

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière :.....
Option :commande

Thème :

Etude de la commande automatique du machine Rubaneuse par (API) siemens (S7-300 et S7-200) dans L'ENICAB.

Proposé par : Yakoub Djoudi
Dirigé par : Boumaraf Rabia

RESUMES (Français et Arabe)

Résumé :

Ce travail réalisé au sein de l'ENICAB présente l'étude d'une machine de ruban des câbles électriques (rubaneuse) et la réalisation d'un programme qui assure la mise en marche de cette machine. Pour arriver à cet objectif nous avons commencé par une étude des différents organes de la machine, ensuite nous avons réalisé un programme sous l'environnement du logiciel step7 pour que l'automate SIMENS S7-300 assure le bon fonctionnement de cette machine.

تلخيص :

في هذا العمل الذي تم انجازه في المؤسسة الوطنية لصناعة الكوابل ببسكرة قمنا بدراسة آلة تغليف الكوابل الكهربائية وقمنا كذلك بإعداد وتقديم برنامج يضمن تشغيل آلة التغليف وللوصول الى الهدف بدنا بدراسة إلكترونيك وآلية مختلف أجزاء آلة التغليف وبعد ذلك قمنا بإعداد برنامج في step7 يضمن تشغيل آليا لهذه الآلة



Dédicace

*A ma chère mère, pour ses sacrifices depuis qu'elle mis au monde,
A mon père m'a toujours soutenu et aide à affronter les difficultés, pour
Tous ce qui ont fait pour que je puisse les honneur,
A mes très chères frères et sœurs, surtout **HAMIDA** et
ABD EL GHAFOUR, à tout ma grande famille
A tous mes amis surtout **N, ILYAS**.*

Je dédie ce modeste travail.

yakoub

REMERCIEMENT

Je remercie vont premièrement à Dieu tout puissant pour la volonté, la santé, et la patience, qu'il nous a données durant toutes ces années d'étude.

Je exprime ma profonde gratitude à mon parent pour leurs encouragements .

Ainsi, remercie particulièrement m'encadreur madame BOUMARAF RABIA pour suivi continuel tout le long du réalisation de cette mémoire, et qui n'a pas cessé de je donner ses conseils et remarques.

Je remercie vont aussi à monsieur ZIDE FAIZ mon encadreur d'entreprise pour son chaleureux accueille, Ainsi HARARA ZINE EDDINE et HOUSSAME KHLIFI et tout les group d'entreprise.

Enfin , on remercie tout les personnes qui ont aide de près ou de loin

Dans la réalisation de ce mémoire

Sommaire

Introduction générale .

Chapitre I: étude de la machin RUBANEUSE

I .Présentation de l'entreprise.....	01
I.1.Introduction.....	01
I.2. Les différents halls de fabrication et les ateliers de l'entreprise.....	01
I.3. Mission de l'entreprise : les objectifs.....	03
I.4. Production de l'entreprise.. ..	03
I.5. Matière première.	05
I.6. Phases de fabrication.	05
I.7. Contrôle de qualité à l'entrepris.	07
II. Présentation de la Rubaneuse.	07
II.1. Description des différentes unités de la machine.	08
III. Description matériel et fonctionnel de chaque unité.	08
III.1. Le dérouleur.	08
III.1.1. Caractéristique des moteurs du dérouleur.....	10
III.2. Rubaneuse tangentielle.	11
III.3. Rubaneuse tangentielle 2.	12
III.4. Rubaneuse tangentielle 3.	12
III.5. chenille de tirage.	13
III.6. L'écran tactile.	13
III.7. l'enrouleur autotrançanage.	14
III.7.1. Description l'enrouleur autotrançanage.	14
III.7.2. Ecran générale de la machine.	16
V. Mode de fonctionnement	17

Chapitre II : commande et régulation de vitesse

I. Introduction	18
II. Les interrupteurs en électronique de puissance	18
II.1. La diode	18
II.1.1. Caractéristique statique...	18
II.1.2. Caractéristique dynamiques	19
II.2. Le thyristor.	20
II.3. Les transistors.	22
II.3.1. Le transistor bipolaire.	22
III les convertisseur statique	24
III.1- Conversion alternatif/alternatif : le gradateur	25
III.1.1. Commande par angle de phase	26
III.1.2. Commande par train d'onde	27
III.2- Conversion continu / continu : le hacheur	28
III.2.1. Exemple : d'utilisation des hacheurs	28
III.3. Conversion alternatif / continu : le redresseur	29
III.4. Conversion continu /alternatif : l'onduleur	30
III.4.1. Exemples : d'utilisations des onduleurs.	30
IV Commande et régulation de vitesse d'une machine asynchrone.	32
IV.1 la machine asynchrone.	32
IV.1. 1 Définition.	32
IV.1. 2 Constitution du moteur asynchrone	32
IV.1. 3. Stator (inducteur).	32
IV.1. 4. Rotor (induit)	32
IV.2. Principe de fonctionnement.	34
V. Réglage de la vitesse.	35
V.1. Action sur le nombre de pôles.	35
V. 2. Action sur la résistance rotorique.	36
V. 3. Action sur la tension statorique.	39
V. 4. Action sur la fréquence.	39
V. 5. Les moteurs d'enrouleur et dérouleur.	40

V. 6. Fonctionnement de la chaîne de commande et de régulation.....	40
V. 7. Architecture de la stratégie proposée de commande de vitesse.....	40
VI .machine courant continu :	41
VI.1. Le principe physique fondamental.....	41
VI. 2. Stator du moteur courant continu.....	41
VI. 3. Rotor du moteur courant continu.....	42
VI. 4. Réglage de la vitesse	42
VI. 4. 1. Action sur la tension d'alimentation.....	43
VI. 4. 2. Action sur le flux.....	43
VII. Les moteurs des Rubaneuse.....	43
VIII. Fonctionnement de la chaîne de commande et de régulation.....	44

Chapitre III : l'Automatisation

Partie A : Le système automatisé

I. Automatisation.....	45
I.1. introduction	46
I.2. Définition	46
I.3. Objectif d'un système automatisé	46
I.4. Structure d'un système automatisé.....	47
I.4. 1. La partie opérative	47
I.4. 2. La partie commande	48
I.4. 3. Actionneur	49
I.4. 4. Pré actionneur	50
I.4. 5. Capteur	50
II. Domaines d'emploi des automates.....	51
III. Les avantages et les inconvénients de l'automatisation.....	51
III.1. Les avantages.....	51
III.2. Les inconvénients	51

Partie B : L'automate Programmable Industriel (API)

I. Introduction	52
II. Principe de fonctionnement	52
III. Description des Automates Programmables Industriels.....	53
III.1 Architecteur des API	54
IV. Les éléments d'un API	54
IV. 1. Unité centrale	54
IV.1.1 Le processeur	55
IV.1.2. l'accumulateur	55
IV.1.3. le registre d'instruction.....	55
IV.1.4. le registre d'adresse	55
IV.1.5. Registre d'état	56
IV.1.6. La pile	56
IV.2. Les mémoires.....	56
IV.2.1. Mémoire de travail	56
IV.2.2. Mémoire système	56
IV.2.3. Mémoire de chargement	56
IV.2. 4. Mémoire RAM non volatile	57
IV.2. 5. Mémoire ROM	57
IV. 3. Les modules d'entrée /sortie	57
IV.3.1. Entrée/sorties TOR (Tout ou Rien)	57
IV.3. 2. Entrées/sorties analogiques	58
IV.2. 3. Module spécialisés.....	59
V. Les liaisons	59
VI. L'alimentation électrique	59
VII. communication d'API.....	60
VIII. Comportement des Automates Programmables Industriels	60

IX. Critères de choix d'un automate	62
X. Avantages de l'automate programmable industriel	63
IV. SIMATIC S7-300	65
IV.1. Vue d'ensemble des constituants	65
IV.2. La gamme des modules comprend	65
IV. 3. Structure d'un S7-300	65
IV. 4. Domaine d'application	66
IV. 5. Modularité	67
IV. 6. Mise en réseau flexible et performant	67
IV. 7. Interface multipoints MPI	67
IV. 8. PROFIBUS DP.....	67
IV. 9. Présentation d'un CPU	68
IV. 9. 1. Organes de commande et de visualisation des CPU.....	68
IV. 9. 2. carte mémoire	68
IV. 9. 3. Caractéristiques techniques des CPU.....	68
IV. 9. 4. Accumulateur 1 et Accumulateur 2.....	69
IV. 9. 5. Registres d'adresses : AR1 et AR2	69
IV. 9. 6. Pile de parenthèses	69
V.SIMATIC S7-200	70
V.1. Présentation du micro-automate S7-200	70
V.2. Composantes principales de l'automate programmable S7-200	70

Chapitre IV : la programmation

I. Introduction.....	72
I.1. Les Tâches fondamentales.....	72
I.2. Fonctions de base du logiciel	73
I.3. Les applications du logicielle STEP 7.....	73
I.4. Interaction du logiciel et du matériel	73

II. Gestionnaire de projets SIMATIC	76
II.1. Création d'un projet.....	77
II.1.1. Bloc de code	78
II.1.2. Bloc de données	78
II.1.3. Bloc de données système	78
II.1.4. Tables des mnémoniques.....	78
II.1.5. Tables de visualisation d'état	78
III. Installation de STEP 7	79
III. 1. Lancer SIMATIC Manager et créer un projet.....	79
III. 2. Structure du projet dans SIMATIC Manager et appel de l'aide de STEP 7	80
III.3. Création d'un programme dans l'OB1	82
III. 4. L'éditeur de programme CONT/LIST/LOG.....	82
III. 5. Programmation en langage CONT et LOG.....	84
III. 5. 1. Editeur CONT (schéma à contacts)	84
III. 5. 1. 1. Représentation des éléments principaux.....	85
III. 5. 2. Editeur LOG (logigramme)	85
III. 5. 3. Objet dossier blocs.....	86
III. 5. 3. 1 Fonctions (FC)	86
III. 5. 3. 2 Blocs fonctionnels (FB)	86
III. 5. 3. 3 Blocs de données d'instance	87
III. 5. 3. 4 Blocs de données globaux (DB)	87
III. 6. Chargement et test du programme	87
III. 6 .1 Etablir la liaison en ligne.....	87
III. 7. Programmer en ligne	89
III. 8. Programmation des blocs	89
III. 8.1 Cahier de charge :	89

Conclusion générale

Bibliographie

Annexe



Introduction générale

Le câble électrique est considéré comme un élément très important dans le transport et la distribution d'énergie électrique, sur tous les niveaux, haute, moyenne et basse tension.

De cette importance, l'usine des câbles de Biskra a été réalisée par l'état en 1986, et qui était à l'époque sous la direction de l'entreprise nationale des câbles d'Alger, en 1998, il est détaché sous le nom d'ENICAB.

L'ENICAB est maintenant classée parmi les plus grandes usines au niveau africain, il a gagné avec mérite le certificat de l'ISO.

durant ces dernières années l'usine a lancé l'automatisation de plusieurs de ses anciennes machines, et l'achat d'autres modernes.

Notre étude est consacrée à une des principales unités, qui a été modernisée récemment, est la Rubaneuse au niveau du 6^{ème} Hall (H6).

Le choix de ce projet est justifié par la variété des domaines techniques qu'il offre, renforcé ainsi notre formation du master, dans ses domaines on retrouve :

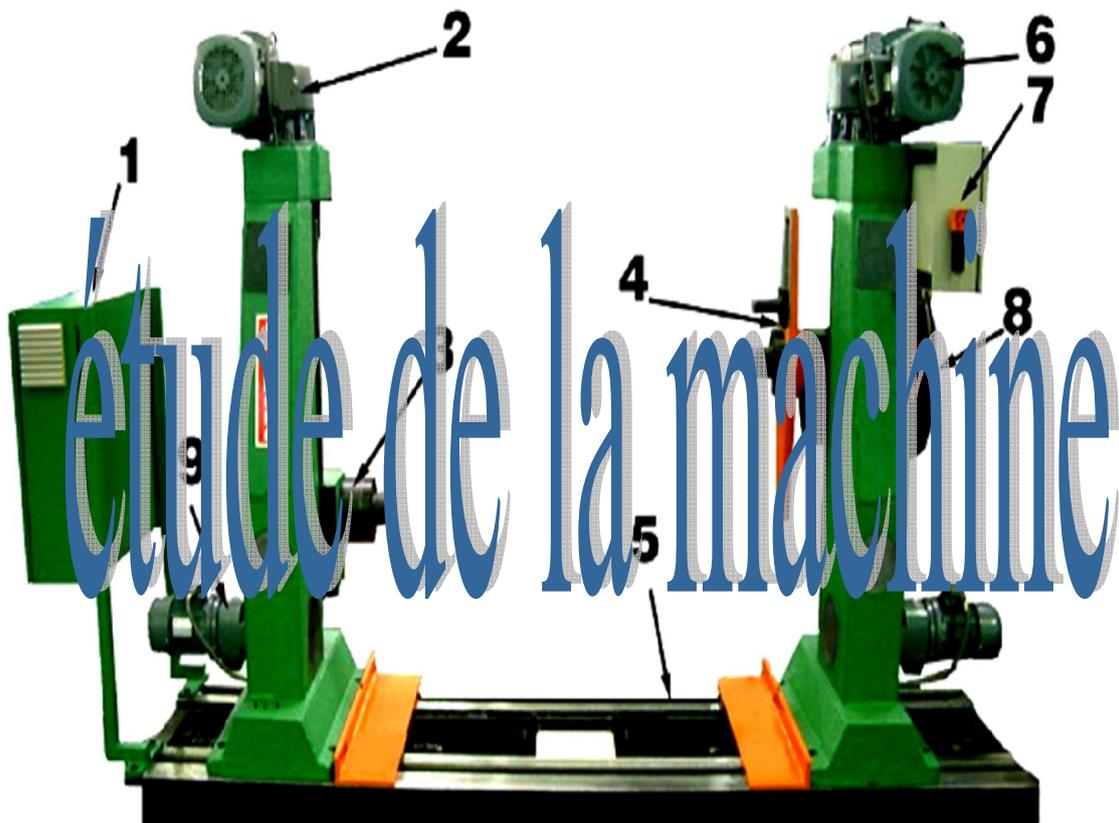
- ✓ Machines électriques.
- ✓ Electronique de puissance.
- ✓ Automate (architecteur et programmation).
- ✓ Commande et régulation de la vitesse.

Ce travail a été traité selon les chapitres suivants :

- Dans le 1^{er} chapitre On a commencé par une étude détaillée de la machine, ses unités, ses constituants matériels, et son principe de fonctionnement.
- Le deuxième chapitre étudie le moteur de cette machine et sa commande.
- Dans le 3^{ème} chapitre est présentée l'automate de la famille Siemens (S7-300 et S7-200) utilisé dans l'automatisation de cette machine.
- Dans le 4^{ème} chapitre présente le logiciel STEP 7 de programmation de S7-300 et S7-200, et on propose quelques programmes de commande.

Et bien sûr, on a terminé par une conclusion générale.

Chapitre 01 :



I.Présentation de l'entreprise :

I.1.Introduction:

L'Entreprise Nationale des Industries des Câbles de Biskra (E.N.I.CA.B) est considérée comme l'un des grands projets et investissements à l'échelle nationale dans la production des câbles électriques. L'ENICAB (filial général câble) est une entreprise, qui a Obtenu la certification internationale de la qualité ISO 9001 et ISO 9002.

Cela par un engagement ferme de la direction de l'entreprise et de l'ensemble du personnel par la maîtrise de la qualité y compris la mise en application du Système Qualité conforme à la norme ISO 9002 reconnu mondialement.

Elle est située dans la zone industrielle à l'est de Biskra. Elle occupe 44 hectares, dont 12 hectares couverts et dallés et dispose d'une infrastructure importante; ses halls de production des câbles occupent 7,5 hectares.

I.2. Les différents halls de fabrication et les ateliers de l'entreprise :

AE	Atelier d'entretien
BC/BE	Bâtiment commande électrique de l'usine
CM1	Bâtiment stockage préparation PVC
CM2/CM3	Bâtiment stockage préparations plastifiants
GE/SD	Groupe électrogène station distribution
H1	Hall stockage métiers première (magazine)
H2	Hall tréfilage
H3	Hall gain age isolation PVC
H4	Hall gain age isolation PRS
H5	Hall réticulation PRC
H6	Hall champs d'essai
PA/PH	Bâtiment production d'air comprimé
PG/SD	Poste pompier station distribution
RD	Atelier récupération déchets câbles
SH	Stockage huile de graissage
ST1/ST2	Air de stockage avec pont roulant

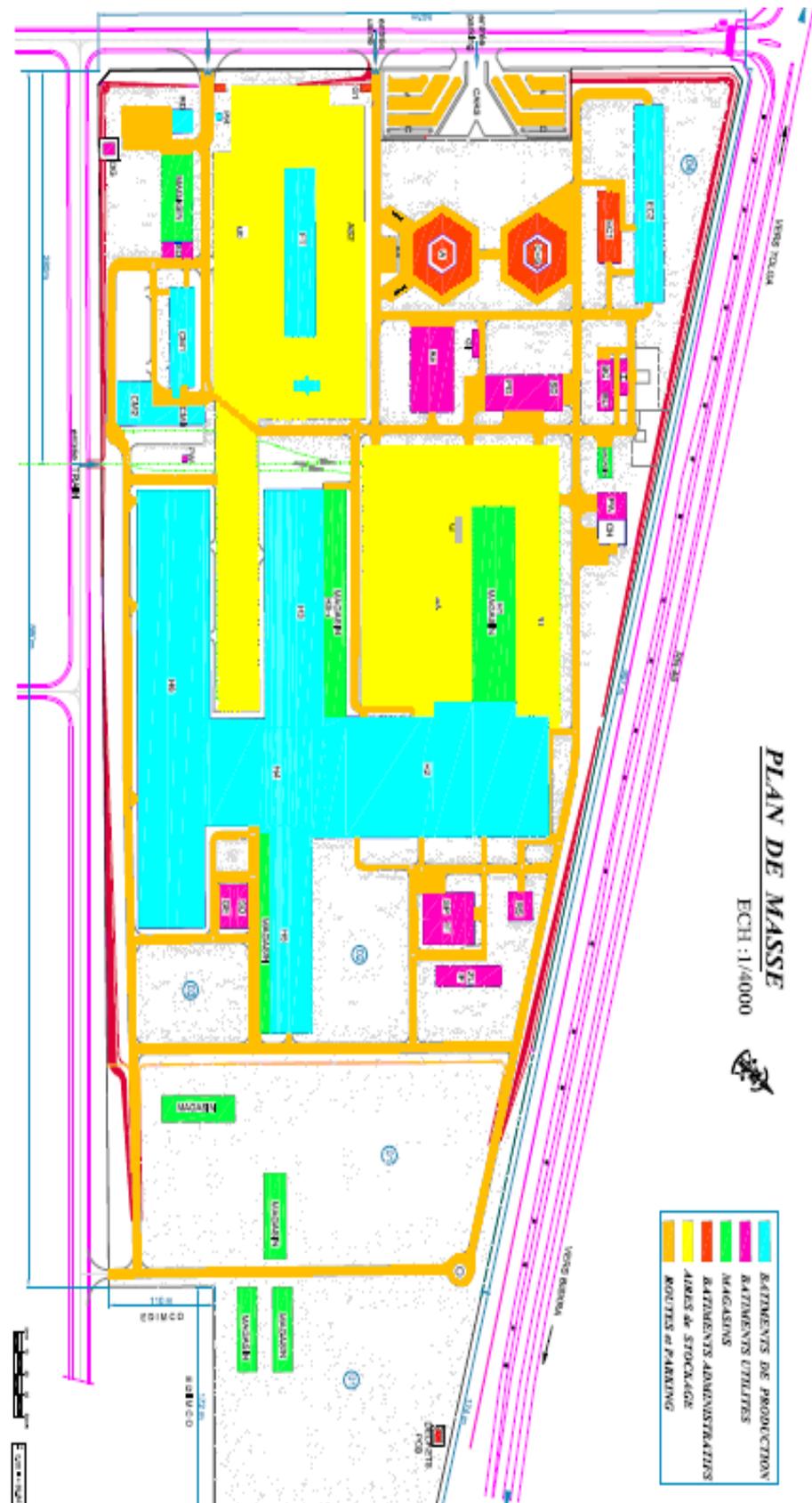


Fig I.1 : plan de mase de l'entreprise.

I.3. Mission de l'entreprise : les objectifs :

L'entreprise a pour missions principales :

- Assurer la satisfaction du marché national (clients) des câbles énergétiques, basse tension (BT) et moyenne tension (MT), en câbles isolés et en câbles nus.
- Assurer une veille commerciale pour suivre le comportement de la concurrence.
- Promouvoir, participer et veiller à l'application de la normalisation du contrôle des matières premières et produits finis.
- La satisfaction et la fidélisation de ses partenaires.
- La garantie et le développement de ses capacités.

I.4. Production de l'entreprise :

La production annuelle de l'entreprise des industries des câbles de Biskra est de 28000 tonnes (125362 km). Actuellement l'entreprise produit plusieurs types de câbles électriques, atteints jusqu'à 400 types de câble, de plusieurs familles répartis selon l'usage, comme suit :

- **Câble domestiques** : Il existe 229 types, utilisé dans les maisons et les bâtiments. Ils sont isolés au PVC (polychlorure de vinyle), conducteurs en cuivre, de tension entre 250 volts et 500 volts, de section allant de 0.5 mm² à 35 mm² et à 1-4 brins.

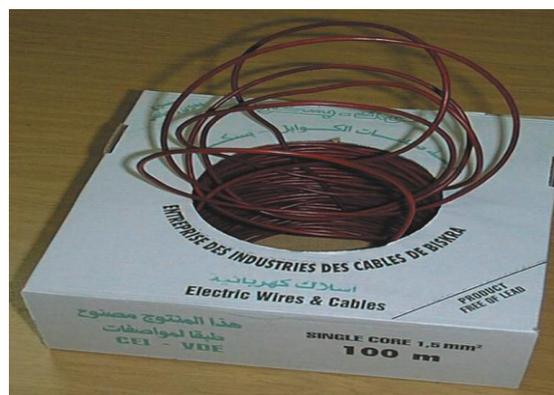


Fig I.2 : Câble domestique .

➤ **Câbles moyens tension** : Il existe presque 80 types de ce modèle des câbles, ils peuvent être en cuivre ou en aluminium. Ces types ont une tension allant de 10 KV à 30 KV et une section variant entre 50 mm² à 240mm²



Fig I.3 : Câbles moyens tension.

➤ **Câbles de distributions (réseaux)** : Il existe presque 70 types de ces câbles, qui sont isolés au PRC, conducteurs en aluminium, de section allant de 6mm² à 3x70 mm² et de tension entre 0.6 KV à 1KV.



Fig I.4 : câble de distribution (réseaux).

➤ **Câbles industriels** : Il existe 70 types, leur tension entre 0.6 KV et 1 KV, conducteurs en cuivre ils sont isolés ou bien au PRC dont la section varie de 1.5 mm² à 240 mm², ou bien au PVC dont la section varie de 1.5 mm² à 150 mm².



Fig I.5 : Câbles industriels.

De plus, l'entreprise fabrique les tourets de câbles en bois de diamètre nominal allant de 800 mm à 300 mm. Dernièrement, l'entreprise a commencé à fabriquer le compound de PVC. Elle peut aussi fabriquer d'autres câbles, tel le câble conducteur en matière ALMELEC ou en matière composé d'alliage aluminium et acier.

I.5. Matière première :

Les principales matières primaires utilisées par l'entreprise sont:

- Une matière chimique appelle Polyéthylène Réticule Chimiquement (PRC) sous la forme de granulée
- L'aluminium sous la forme de fils de diamètre 9.5 mm.
- Le cuivre sous la forme de fils de diamètre 8 mm.
- Le bois.

✚ Elle achète le cuivre des sociétés Turkey SARCUYSAN et Espagne TEKFEM, l'aluminium de la société de Bahrayn MIDALCABLE et d'une société Egyptienne et le PRC de plusieurs sociétés comme BOREALIS en Belgique, ASPELL en France et PLASCOM en Arabie Saoudite en plus de sociétés nationales. Quant au bois qui sert à la fabrication des tourets, il provient de l'entreprise ENAB de Skikda.

I.6. Phases de fabrication :

Le processus de fabrication des câbles (de la matière primaire jusqu'au produit fini) passe par les phases successives suivantes:

❖ Phase 1 : Tréfilage

Réduction progressive (par allongement à froid) de la section du fils qui passe de 9.5 mm² à 0.15 mm pour le fil d'aluminium et de 8 mm à 0.15 mm pour celui de cuivre.

❖ Phase 2 : assemblage (câble nu)

Torsion en spirale d'un certain nombre de fils. Par exemple un câble moyen tension en aluminium nécessite 37 fils pour le câblage.

On remarque que ces deux premières phases concernent tous les types de câble et se font dans un atelier tréfilage câblage.

❖ Phase 3 : Isolation

Isolation des fils avec des matières chimiques (PRC.PRS.PVC) se fait selon le type de câble. Par exemple : isolation des câbles domestiques avec une couche d'isolation en PVC, utilisant une extrudeuse a vis.

❖ Phase 4 : Assemblage (câble avec isolation)

Câblage des fils déjà isolé au PRC pour fabriquer des câbles non unipolaires. La possibilité d'assemblage s'étend jusqu'à six conducteurs dont la section varie entre 10 mm^2 et 240 mm^2 selon le type de câble.

❖ Phase 5 : Armure des câbles électriques

Enveloppement des câbles par une couche de protection appelée écran et composée de trois couches : couche conductrice, couche en papier cuivre et couche en papier.

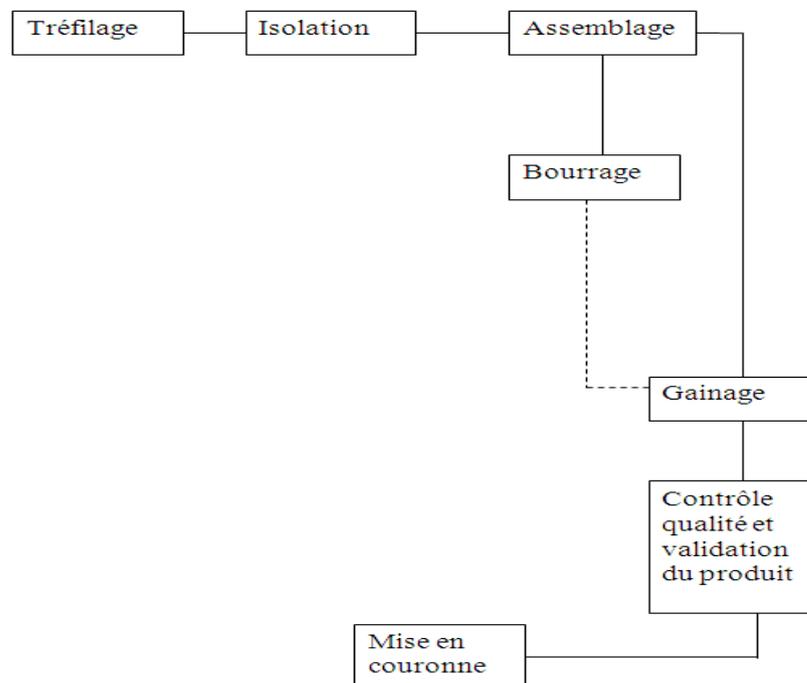


Fig I.6 : Phases de fabrication du câble.

I.7. Contrôle de qualité à l'entrepris :

Depuis l'année 1999 l'entreprise a commencé à mettre en œuvre une politique d'amélioration de la qualité de ses produits. Le contrôle est fait en cours de fabrication (de la matière première jusqu'au produit fini) grâce à deux laboratoires. Le laboratoire chimique pour contrôler les matières plastiques comme le PVC et le PRC et le laboratoire physique, pour le contrôle mécanique (quotidien), le contrôle électrique et selon la commande, le contrôle thermique.

Avant la mise en commercialisation, les produits de l'ENICAB subissent des essais et des contrôles de confirmation de la bonne qualité. Pour cela, l'entreprise dispose de trois plates-formes spécialisées par famille de câble (câble domestique, câble moyenne tension).

Chaque plate-forme est équipée de moyens de mesure adéquats pour effectuer tous les essais stipulés par les normes internationales. [2]

II. Présentation de la Rubaneuse :

Après les trois étapes : tréfilage, câblage et isolation le câble arrive à l'étape de rubanage (écranage) qui est effectuée par une machine composée de plusieurs unités et dont le rôle est de poser trois type de ruban sur le câble, qui sont successivement :

1. Un ruban semi conducteur (bande noir).
2. Un ruban métallique en cuivre ou en aluminium.
3. Un ruban semi conducteur (bande blanche) gonflable.

II.1. Description des différentes unités de la machine :

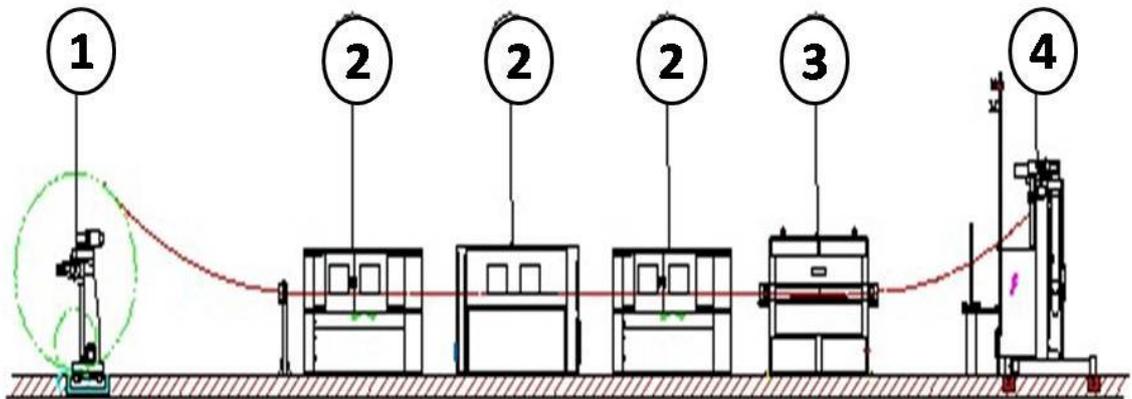


Fig I.7 : La ligne de la Rubaneuse.

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1- Dérouleur de colonnes. | 2- Rubaneuse tangentielle. |
| 3- Chenille de tirage. | 4- Enrouleur à portique. |

Comme la machine à pour fonction la pose de trois types de rubans, il est évidant qu'elle soit composée de trois unités principales responsables chacune d'un type de ruban.

En plus de trois autres unités :

- L'une responsable du tirage du câble lors de son rubanage en vu d'avoir une finesse le long du câble avec une vitesse proportionnelle et synchrone a celle du rubanage pour éviter les défauts
- La deuxième ou on place le touret qui contient le câble à rubaner.
- La troisième est réservée pour la collection de produit finale. [1]

III. Description matériel et fonctionnel de chaque unité :

Dans ce paragraphe on essayé de donner une description de chaque unité de cette machine et de sa constitution matériels et son mode de fonctionnement .

III.1. Le dérouleur :

Ce dérouleur se compose d'un châssis général électro soudé, qui sert à soutenir et en même temps de pistes de glissement aux colonnes qui supportent les contre-pointes et les moteurs de commande.

La levée s'effectue par deux moteurs électriques à courant alternatif, capables de fonctionner ensemble ou indépendamment l'un de l'autre. Le rapprochement horizontal des colonnes s'effectue au moyen d'autres deux moteurs pouvant fonctionner aussi ensemble ou indépendamment l'un de l'autre. Les mouvements d'élévation et de positionnement horizontal, sont protégés par des micro rupteurs pour éviter toute détérioration de la bobine.

La tension de déroulage est obtenue au moyen l'action d'un frein à disque pneumatique de disque réglable par un régulateur de pression. Il y a aussi un deuxième circuit pneumatique pour les arrêts d'urgence. Le frein se peut débloquent manuellement pour permettre positionner le système de traînage de la bobine au moment de la charger. [1]

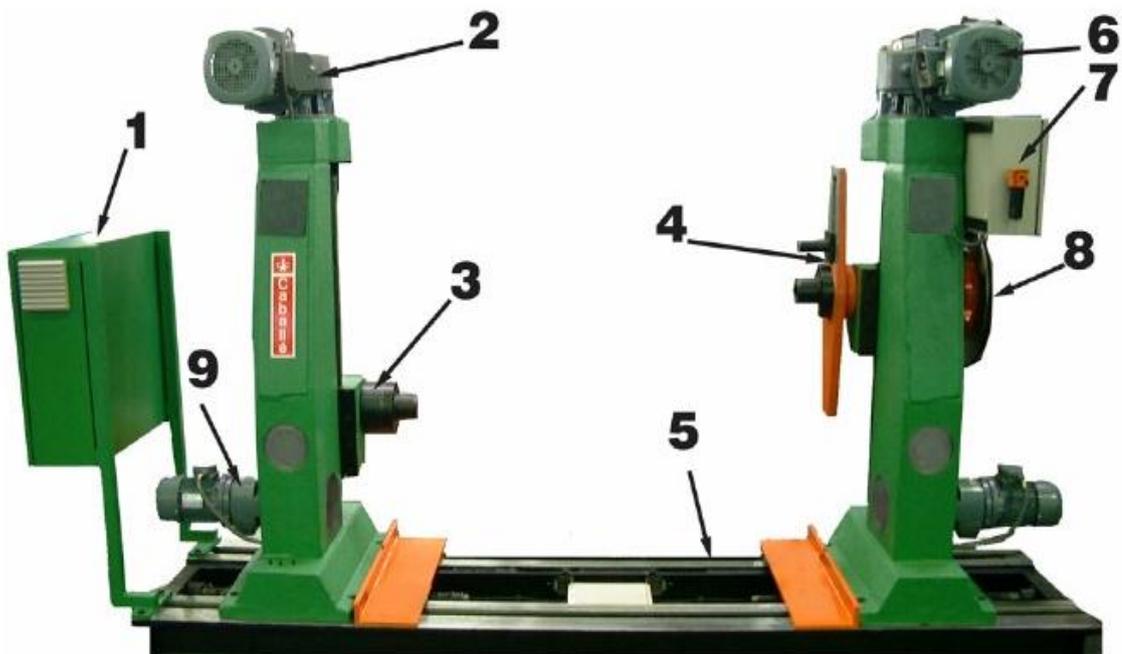


Fig 1.8 : vue du dérouleur.

- 1.- Armoire électrique. 2.- Moteur positionnement Vertical. 3.- Contre-pointe fixé.
 4.- Contre-pointes mobile 5.- Pistes de glissement. 6.- Moteur positionnement Vertical.
 7.- Armoire pneumatique. 8.-Frein à disque pneumatique. 9.- Moteur positionnement Horizontal.

III.1.1. Caractéristique des moteurs du dérouleur :

Les deux moteurs de positionnement vertical (2 et 6)

$$P = 2.2/2.7 \text{ Kw}$$

$$N = 1420 /1700 \text{ tr/min}$$

$$F = 50 - 60 \text{ HZ}$$

$$\Delta U = 220/420 - 440/480 \text{ V}$$

$$I : 5.3 \text{ A}$$

$$\text{Cos } \phi = 0.79 \quad \text{IP} = 55$$

Les deux moteurs de positionnement horizontal(9)

$$P=0.37/0.44\text{kw}$$

$$N=1400/1680 \text{ tr/min}$$

$$F=50 - 60 \text{ hz}$$

$$\Delta U=380/420 - 440/480\text{V}$$

$$I=1.1 \text{ A}$$

$$\text{Cos } \phi=0.71$$

$$\text{IP}=55$$

Cette unité se place en tête de la machine (Rubaneuse), car elle contient le touret du câble à traiter.

Comme il est illustré dans la figure (I-2), elle contient quatre moteurs asynchrones, leurs fonctions sont de fixer le touret et le disposer sur la ligne de tirage pour le bon fonctionnement. Deux moteurs pour l'implantation horizontale, et les autres pour l'implantation verticale.

Après la fixation du touret les moteurs n'ont aucune intervention dans le déroulement de la suite de l'opération (ils sont mis hors service).

Des contre-points utilisés pour la fixation du touret. Ils sont commandés par un petit levier qui permet de les déplacer dans les quatre directions (haut, bas, gauche et droite).

Un bouton sélectionne les contre-points à commander, avec une possibilité de commander les deux en même temps. Pour que le touret ne tourne pas lors de l'arrêt du rubanage on trouve un frein pneumatique qui sert à freiner le touret. [3]

III.2. Rubaneuse tangentielle :

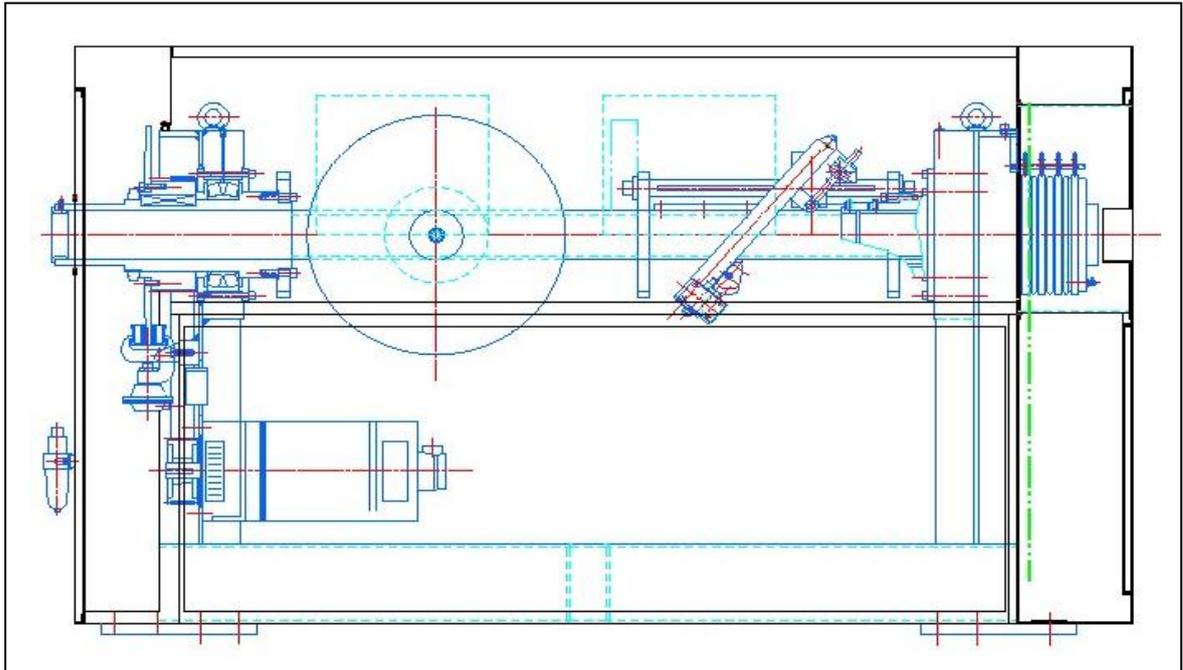


Fig I.9 : Rubaneuse tangentielle.

Cette unité fait la pose de premier ruban semi conducteur en noire, le rôle de ce dernier est la canalisation du champ induit par le courant qui le câble.

Avant le début du travail, le galet qui contient le ruban est mis en place sa tête entre des roulements pour fixer l'angle du rubanage et d'avoir la tension nécessaire

Un moteur à courant continu de 15Kw fait tourner ces galets sur le câble produisant la pose du ruban.

Cette unité offre la possibilité de poser deux rubans en même temps quand c'est nécessaire pour certains câbles, ces deux ruban sont décalés l'un par rapport à l'autre d'une distance choisie.

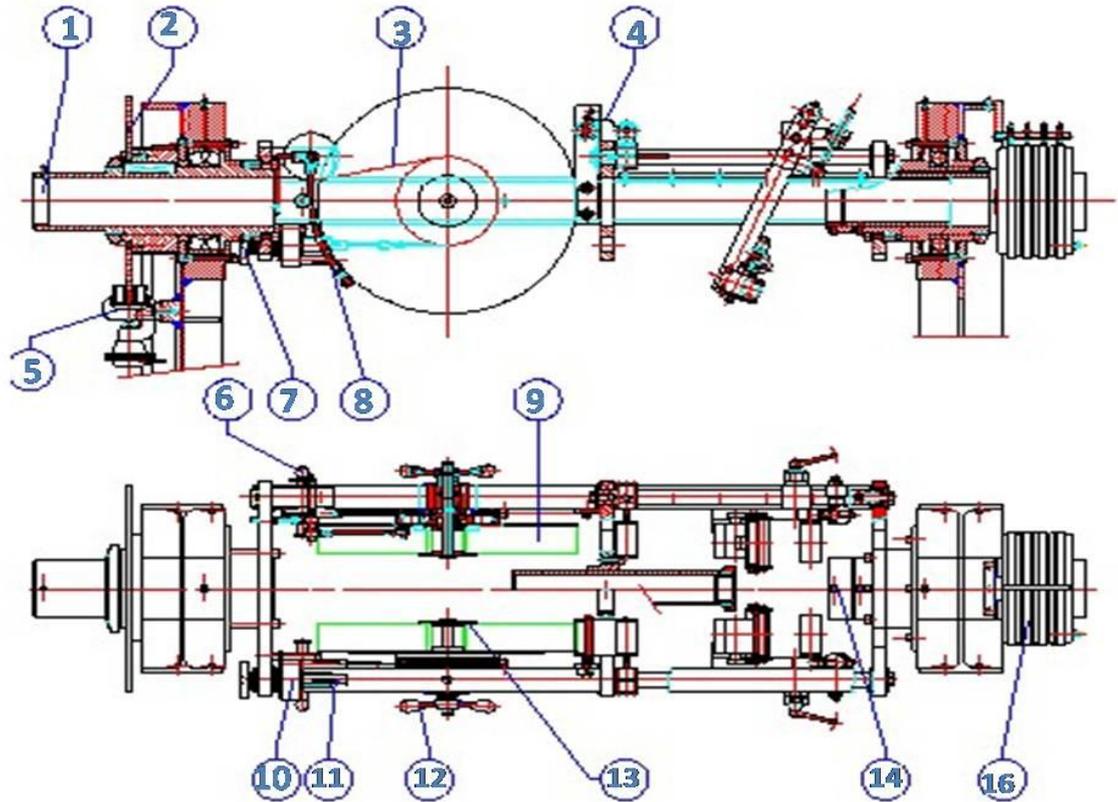


fig I.10 : monter deux vues de cette unité La 1^{ière} une vue de face et la 2^{ième} une vue de haut.

- | | | |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1.- Filière d'entrée | 6.- Levier de blocage palpeur | 11.- Dynamomètres |
| 2.- Frein à disque | 7.- Régulateur de la tension du galet | 12.- Bouton de blocage de galet |
| 3.- Frein à corde | 8.- Bras palpeur | 13.- Rondelle de blocage |
| 4.- Détecteur de casse | 9.- Rouleau de rubanage | 14.- Filière de sortie |
| 5.- Frein pneumatique | 10.- Support des dynamomètres | 15.- Collecteur |

III.3. Rubaneuse tangentielle 2 :

Elle a la même constitution matérielle que la précédente sauf qu'elle est responsable de la pose du ruban métallique qui peut en aluminium ou en cuivre utilisée comme un nature un neutre ou bien un fils de terre.

III.4. Rubaneuse tangentielle 3 :

Elle identique au deux oranges précédentes mais elle est responsable de la pose d'un ruban blanc gonflable utilisé pour la protection du câble contre l'eau.

III.5. chenille de tirage :

Pendant le fonctionnement de la machine cet orange sert à tirer le câble pour avoir un rubanage homogène sa vitesse est proportionnelle à la vitesse du rubanage, l'absence de synchronisation entre les vitesse de rubanage et de tirage entraine des défauts sur le câble.

- ✓ la chenille de tirage comprend un moteur à courant de 20Kw.
- ✓ Tous les mécanismes de traction les réducteurs, la boîte de vitesse, moteur, et les éléments pour la tension des courroies sont entraînés par le moteur moyennant un réducteur.
- ✓ courroies de tirage : la tension des courroies est maintenue constante par l'intermédiaire d'un cylindre Pneumatique qui actionne les poulies des courroies.

Les courroies sont de textile sur un base de caoutchouc qu'est en contact avec le conducteur. [3]

III.6. L'écran tactile :

Chaque unité dispose d'un écran tactile (console) qui permet la saisie des données de fonctionnement comme : la vitesse, le sens de rotation, métrage de câble,...etc. qui sert aussi à nous informer sur les valeurs instantanés de vitesse, courant, couple ... etc.

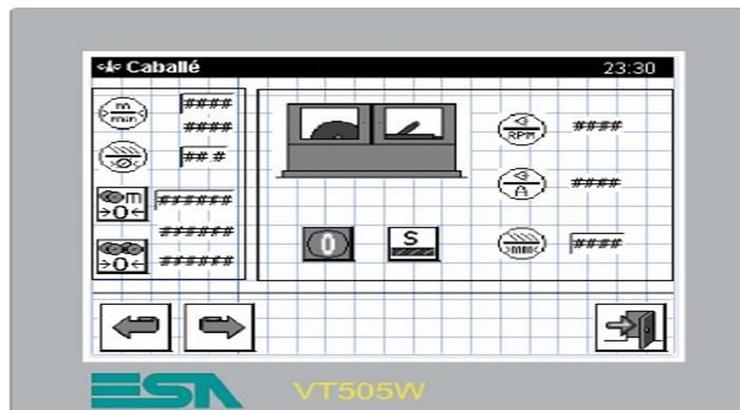
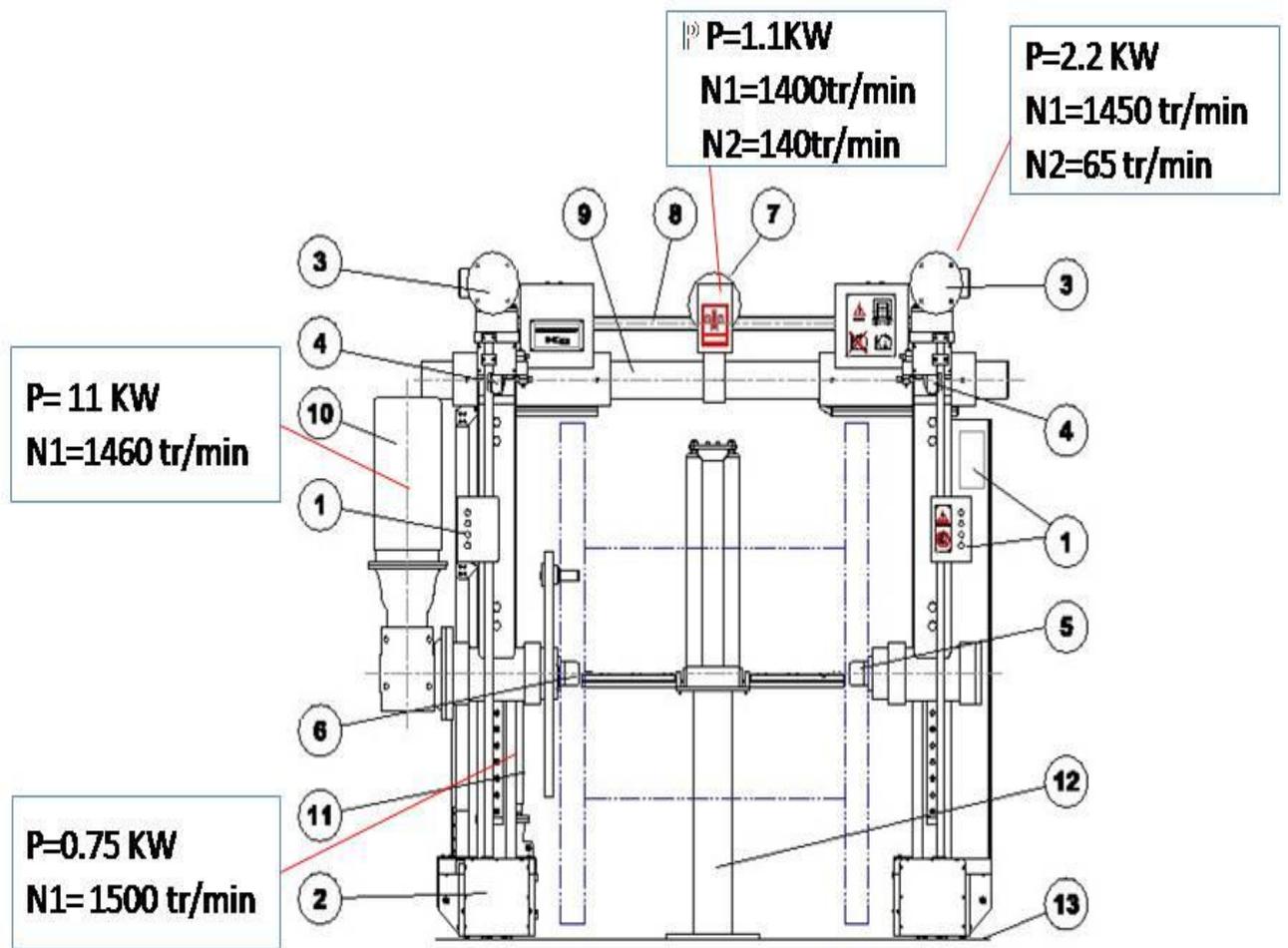


Fig I.11 : écran de rubanes.

Les icônes.

	Courant du moteur d'une cage		Vitesse de rotation actuelle
	Présélection du pas de câblage		

III.7. l'enrouleur autotrançage :



- 1. Panel opérateur/
Commandements
- 2. Châssis machina
- 3. Moteur élévation
- 4. Vis d'élévation

- 5. Contrepointe
- 6. Contre pointe motorisé
- 7. Moteur ouvrir/fermer
contre-pointes
- 8. Vis horizontale

- 9. Guide
- 10. Entraînement bobine
- 11. Moteur trançage
- 12. Colonne guide-fil
- 13. Rail roulement

Fig I.12 : l'enrouleur autotrança-

III.7.1. Description l'enrouleur autotrançage :

- La machine est composé par un châssis (2) de parfiles électro soudés avec deux colonnes d'acier verticaux, qui fais de soutien des rails de glissement de les bobines qui support la bobine.
- La bobine est prise par contrepointes (5) (6) ajustables en hauteur et largeur en permettent de cette façon l'utilisation de différentes dimensions de bobine.

- Les mouvements de levage et descente de contrepointes s'effectuent par des vis (4) avec moteurs électriques (3) qui peuvent travailler ensemble ou indépendamment l'un de l'autre. On dispose d'un senseur de sécurité à chaque colonne pour le mouvement de descente de la bobine; il s'active quand la bobine touche le sol, arrêtent la machine immédiatement.
- La fermeture et ouverture des contrepointes, mouvement horizontal des colonnes s'effectuent par des moteurs électriques (7). La pression des bras contre la bobine est ajusté au moyen un limiteur électronique qui évite quelque déformation à la bobine.
 - Un limiteur de sécurité mécanique à boules protège de quelque déformation en la structure pendant la manœuvre d'ouverture et fermeture sans bobine.
 - L'entraînement de la bobine (10) s'effectue par un moteur avec boîte réducteur. Le clou de traînage est ajustable pour différents types de bobines.
- La totalité des opérations de la machine peuvent être faites dès le panel opérateur (1) placé à l'armoire électrique. Les commandements des moteurs, sont dupliqués (1) pour permettre un facile procès de charge et décharge des bobines, pouvant rester l'opérateur à côté de la machine. [1]

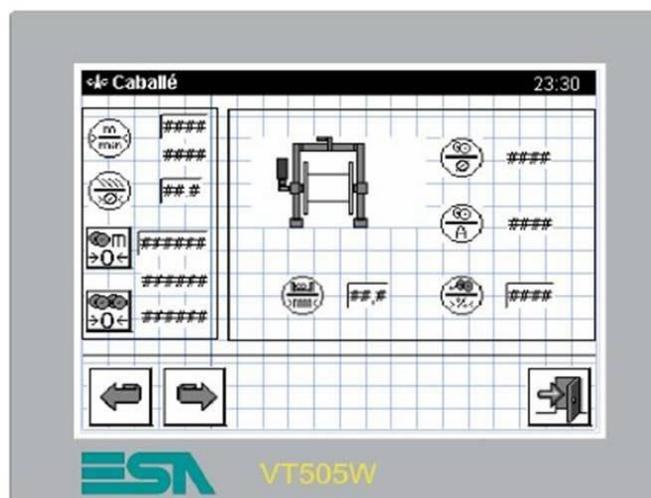


Figure I.13 : écran d'enrouleur.

Les icônes.

	Courant actuelle		Diamètre actuel
	Présélection de le couple		Présélection du pas du trancanage

IV. Ecran générale de la machine :

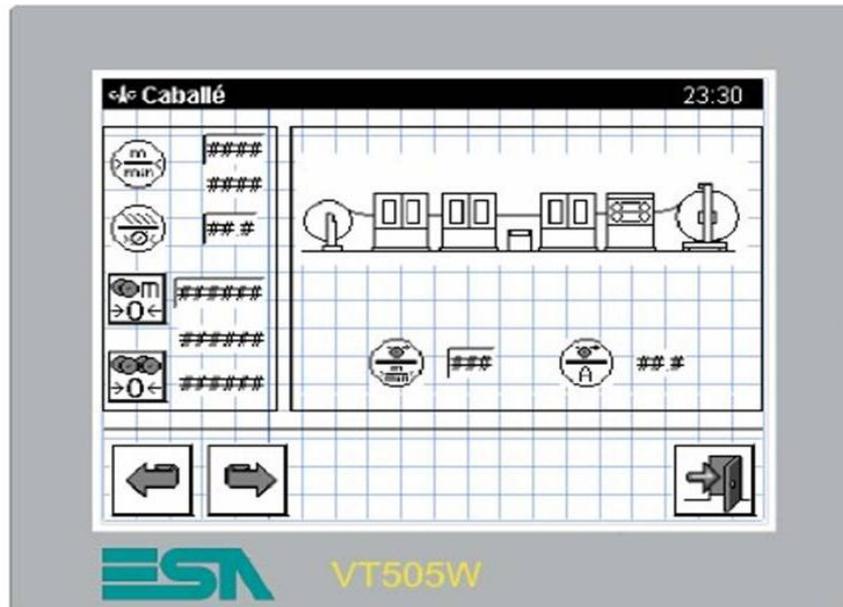


Figure I.14 : Ecran générale de la machine.

Les boutons .

	Prochaine écran		Écran antérieur.
	Retour a le menu principal.		Remise a zéro compte du mètres partiel.
	Remise a zéro du compte mètres total		

Les icônes .

	Présélection vitesse de ligne		Présélection du diamètre du câble
	Présélection de la vitesse d'impulsion du cabestan		Courant du moteur du cabestan

V. Mode de fonctionnement :

Après la saisir des données nécessaires pour le bon fonctionnement de la machine par l'opérateur, comme la vitesse, le sens de rotation, le diamètre de câble, le pas de câblage, le pas de trancanage ... etc. on appuie sur le bouton de démarrage, ce qui mis en marche toutes les unités en même temps avec des vitesses proportionnels et synchrones.

Le processus commence par l'entrer de câble à travers les filières d'entres.

Les trois unité posent les défèrent types des rubans, comme il peut avoir la suspension de l'une des unités (cas nécessaire) et la pose d'un ou deux couches de ruban pour chaque unités selon le besoin.

L'unité de tirage synchronise son déplacement avec la vitesse des moteurs, à la fin en retrouve le produit final collecté dans dernière unité.

Le fonctionnement de la machine est automatisé mais il peut être manuelle en cas de besoin

Chapitre 02 :



I. Introduction :

Les progrès récemment réalisés dans l'Electronique de puissance et de la commande numérique ont permis de depuis peu l'essor des variateurs de vitesse pour les machine synchrone et les machines à courant continu dans la plupart des entraînements à vitesse variable.

II. Les interrupteurs en électronique de puissance :

Le principe des convertisseurs consiste à faire commuter des courants entre mailles adjacentes, ce qui nécessite l'emploi de composants permettant de réaliser la fonction interrupteur.

- Idéalement, l'interrupteur fermé aura une tension pratiquement nulle à ses bornes a lorsque le courant sera fixé par le reste du dispositif. En revanche, l'interrupteur ouvert aura une tension imposée par l'extérieur à ses bornes, mais ne sera traversé par aucun courant.

- On distinguera les actions (blocage ou amorçage) commandées (grâce à un signal électrique extérieur) des actions spontanées (suite à l'annulation ou au changement de signe d'une tension ou d'un courant par exemple).

II.1. La diode :

Il s'agit d'un composant à amorçage et blocage spontanés. Ce sont des éléments extérieurs (source et charge) qui vont déterminer son état.

II.1.1. Caractéristique statique :

Les caractéristiques ressemblent à celles d'une diode classique, sauf en ce qui concerne le courant direct maximum et la tension inverse de claquage.

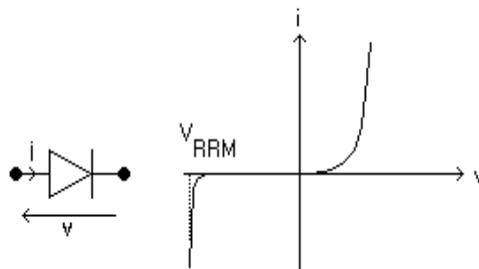


Fig II.1:symbole et caractéristiques de diode classique.

- exemple: diode rapide BYT 12PI-600 $V_{RRM}=600V$, courant direct moyen maximum en régime permanent $I_F=12 A$

- Dans le pratique, pour expliquer le fonctionnement des convertisseurs statiques, nous travaillerons à partir d'une caractéristique idéalisée, sur laquelle on néglige la tension de seuil et la résistance dynamique, et nous supposerons que le diode n'est jamais polarisée en inverse au delà de V_{RRM} . La caractéristique statique idéalisée est alors donnée par.

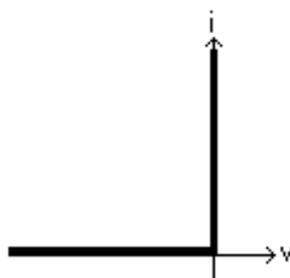


Fig II.2 : caractéristique statique idéalisée de diode.

II.1.2. Caractéristique dynamiques :

- La caractéristique statique ne suffit pas à caractériser un interrupteur en commutation.

En effet, la vitesse de ces commutations va prendre une importance considérable dans la conception de convertisseurs. Pour suivre les commutations, nous allons raisonner à partir du montage suivant :

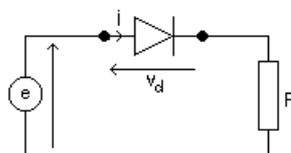


Fig II.3 : schéma branchement de diode

Suite aux évolutions de v , nous allons commenter celles de I courant dans la diode et V tension à ses bornes.

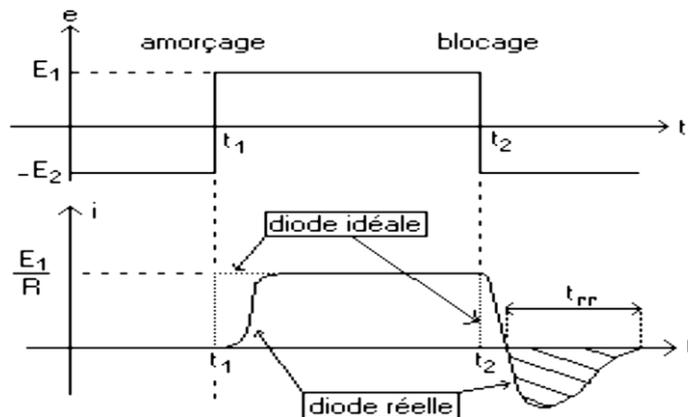


Fig II.4 : caractéristique dynamique idéalisée de diode.

- l'amorçage (mise en conduction).

La diode est initialement polarisée en inverse et donc bloquée. On inverse la polarisation et le courant s'établit. Il y a un retard entre l'évolution de e et l'évolution du courant i .

- le blocage (coupure du courant).

La diode initialement passante est brutalement polarisée en inverse et le courant s'annule.

Cette annulation se fait par valeur négative et non par valeur positive comme on pourrait s'y attendre. C'est ce que l'on appelle le recouvrement inverse de la diode. Ce phénomène résulte de l'excès de porteurs minoritaires de part et d'autre de la jonction lorsque celle-ci conduit. Lorsque la diode se bloque, ces charges doivent être évacuées ce qui demande du temps.

t_{rr} est appelé temps de recouvrement inverse et représente la plus longue partie de cette commutation. L'aire hachurée représente la charge recouvrée que l'on note Q_{rr} . Il faut noter que la surintensité inverse, Q_{rr} et le t_{rr} dépendent de la vitesse de décroissance initiale du courant (di/dt). La surintensité et Q_{rr} seront d'autant plus importantes que cette décroissance sera rapide alors que t_{rr} sera plus court.

II.2. Le thyristor. :

- Il s'agit d'un interrupteur commandé à l'amorçage mais à blocage naturel (quand le courant s'annule à ses bornes). La conduction est provoquée par l'envoi d'un courant sur un des entrées du composant appelée gâchette.

- Il est notamment utilisé dans les redresseurs commandés et les gradateurs.
- Le schéma et la caractéristique statique de ce composant sont les suivants :

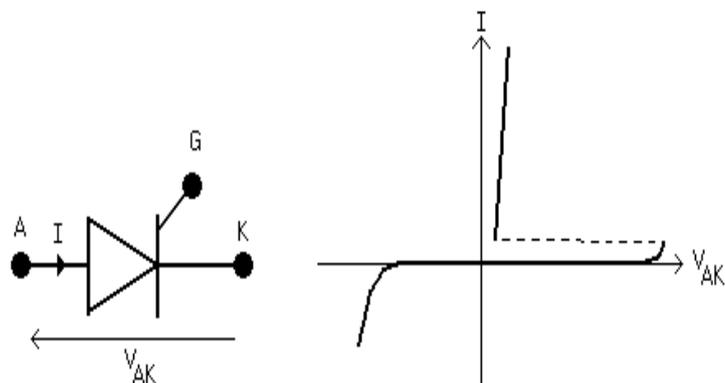


Fig II.5 : symbole et caractéristique statique de thyristor.

- Si le thyristor est bloqué en étant polarisé en direct ($V_{AK} > 0$), l'envoi, dans la gâchette,

d'un courant i_G adapté au composant, permet de déclencher la conduction (la tension V_{AK}

devient faible et le courant augmente en fonction des exigences de l'extérieur). Si le courant se met à décroître et s'annule, alors, le composant se bloque et il sera nécessaire d'appliquer une autre impulsion sur la gâchette, à un moment où V_{AK} est positif pour que le thyristor conduise à nouveau.

- Il faut noter que, pour que le blocage soit effectif, il faut que le composant reste polarisé en inverse suffisamment longtemps, sinon, le thyristor se réamorçait spontanément. Ce temps minimum, appelé t_q est un facteur limitant, lorsque l'on veut réaliser des commutations à haute fréquence.

- On peut définir une caractéristique statique idéalisée

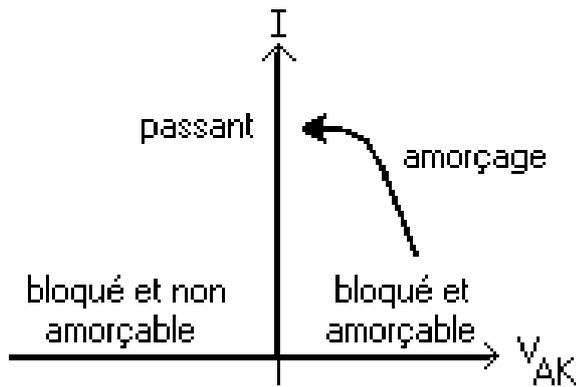


Fig II-6 : caractéristique statique idéalisée.

Les thyristors sont les interrupteurs qui permettent de faire transiter les puissances les plus importantes.

rq: Il existe des thyristors particuliers, commandables à l'amorçage et au blocage. On les appelle GTO ("gate turn off").

II.3. Les transistors :

Il s'agit d'interrupteurs commandés à l'amorçage et au blocage. On les trouve notamment dans les hacheurs.

II.3.1. Le transistor bipolaire :

La mise en conduction et le blocage sont commandés par l'intermédiaire du courant de base. On utilise essentiellement des transistors NPN.

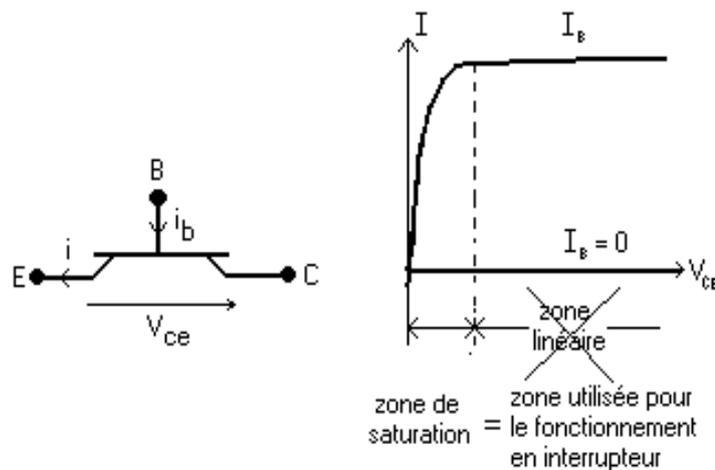


Fig II.7 : symbole et caractéristique de transistor.

- Lorsqu'on l'utilise en commutation et qu'il est passant, le transistor fonctionne dans la zone de saturation. Lorsque I_b est nul, le courant d'émetteur reste nul. En revanche, pour un courant de base I_b positif, on fait en sorte que le transistor fonctionne en zone saturée (cela dépend du courant que l'on cherche à imposer). Alors, la tension aux bornes de l'interrupteur est faible, ce qui est compatible avec ce type de fonctionnement.
- Pour simplifier, on utilise souvent une caractéristique statique idéalisée.

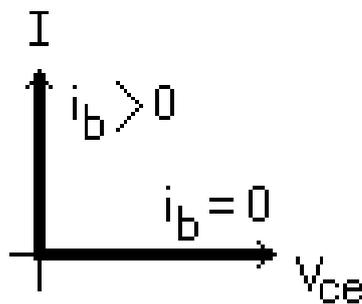


Fig II.8 : caractéristique statique idéal de transistor.

- En régime dynamique, les commutations ne sont pas instantanées. Il faut noter que, lorsque l'on commande le blocage du transistor, on ne se contente pas d'appliquer un courant de base nul (on fait en sorte de rendre ce courant négatif pour accélérer la commutation).

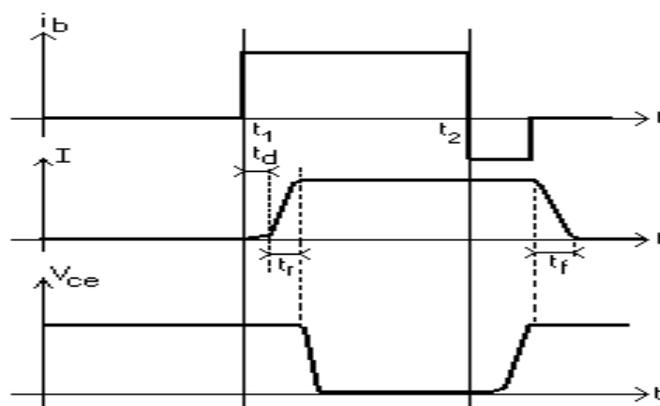


Fig II.9 : caractéristique dynamique de transistor.

t_d : représente le temps de retard ("Delay") nécessaire pour que I atteigne 10% de sa valeur de conduction.

t_r : représente le temps de montée ("Rise") nécessaire pour que I passe de 10% à 90% de sa valeur de conduction.

t_f : représente le temps de descente ("Fall") nécessaire à ce que I passe de 90% à 10% de sa valeur de conduction.

- On définit aussi t_s , temps de stockage ("Storage") nécessaire pour passer de l'instant où i_b vaut 90% de sa valeur maximale à l'instant où I vaut 90% de sa valeur de conduction.
- On constate que les commutations occasionnent des pertes dans les interrupteurs (existence simultanée de i et u non nuls aux bornes des interrupteurs). De plus, comme la tension aux bornes du transistor n'est pas rigoureusement nulle lors de la conduction et il y aura aussi des pertes par conduction. [12]

III. les convertisseur statique :

Un convertisseur statique est un système permettant d'adapter la source d'énergie électrique à un récepteur donné.

✚ On trouve un convertisseur alternatif continu dans l'alimentation d'appareils électroniques (TV, ordinateurs, chargeurs de téléphones...) qui transforment la tension alternative sinusoïdale du réseau EDF en tension continue.

✚ Un onduleur de secours transforme la tension continue des batteries en tension alternative pour alimenter, par exemple, du matériel informatique. Suivant le type de machine à commander et suivant la nature de la source de puissance, on distingue plusieurs familles de convertisseurs statiques (schéma ci-dessous):

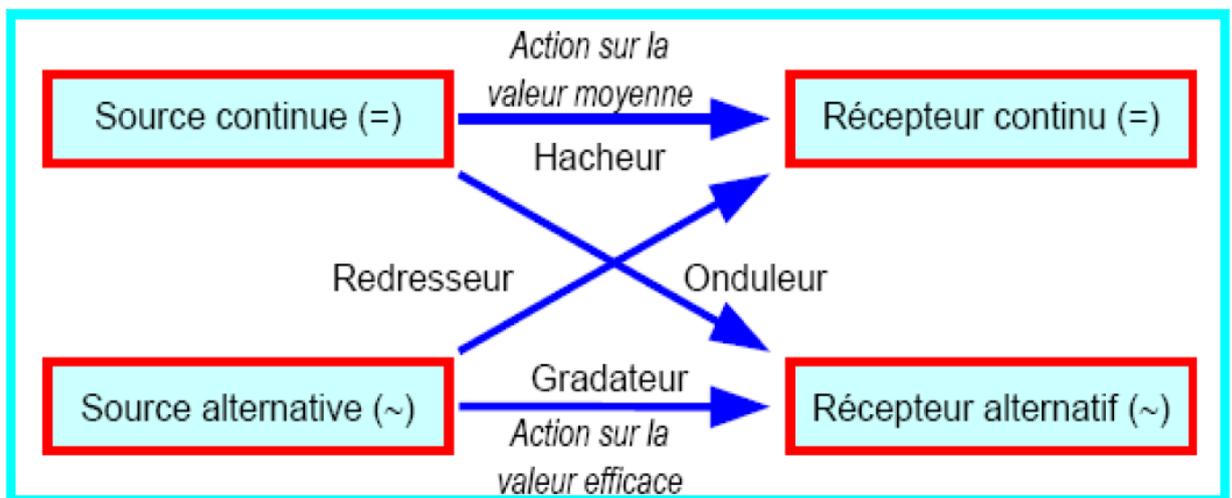


Fig. II.10 : les familles de convertisseurs statiques.

III.1- Conversion alternatif/alternatif : le gradateur :

Le gradateur est un montage qui permet de faire varier la valeur de la tension efficace aux bornes d'une charge telle qu'un moteur sans changer la fréquence de l'onde alternative de la source. Ce montage est très fréquent dans le domaine domestique, au niveau notamment des variateurs de lumière pour lampes halogènes.

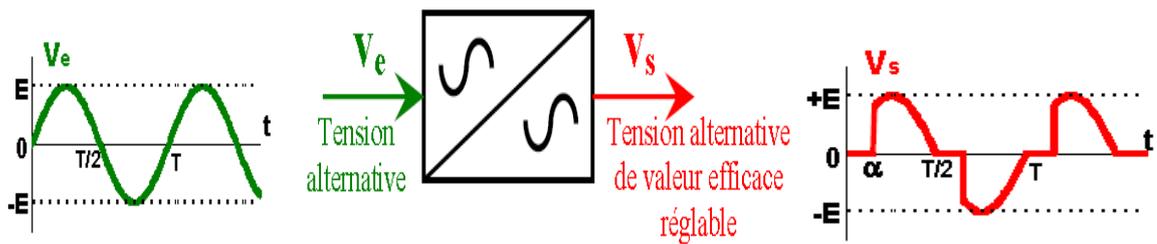


Fig II-11: caractéristique du tension .

La structure de base repose sur un interrupteur électronique capable de conduire dans les deux sens à l'état passant et de supporter une tension également dans les deux sens à l'état bloqué. Cet interrupteur peut être alors réalisé :

- _ Soit avec 1 seul composant : le triac
- _ Soit en assemblant deux thyristors tête-bêche

Tout comme les montages redresseurs à thyristors, on ménage un retard de commande à variable à partir de cet instant. Il s'ensuit un "découpage" de l'onde sinusoïdale qui réduit la tension efficace appliquée à la charge. Les chronogrammes correspondant à ce fonctionnement sont tracés ci-contre.

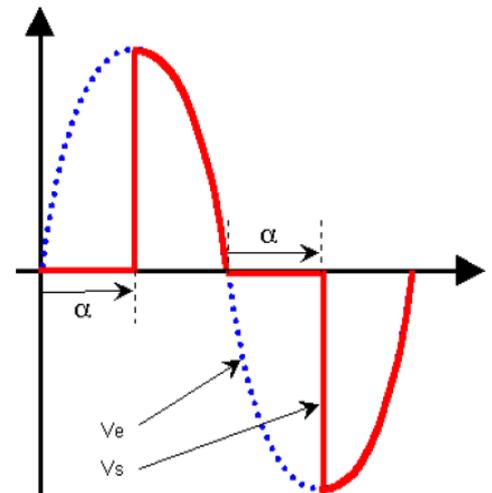


Fig :II-12 : redresseurs à thyristors.

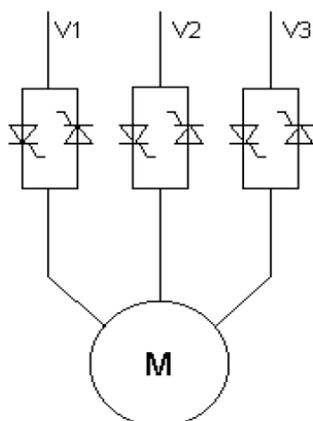


Fig II-13 : gradateur triphasé

En groupant 3 montages élémentaires monophasés, on constitue un gradateur triphasé qui sera largement utilisé dans l'industrie où les charges sont souvent triphasées.

L'application principale de ce gradateur se situe au niveau du démarrage électronique des moteurs asynchrones.

La structure d'un tel convertisseur est représentée ci-contre :

Les composants de type thyristors étant très robustes, ce montage est particulièrement fiable.

En revanche, la forme de la tension appliquée à la charge étant très déformée, elle génère des échauffements supplémentaires et de nombreuses perturbations sur le réseau.

On distingue deux types de commande :

III.1.1. Commande par angle de phase :

L'interrupteur autorise le passage du courant durant un temps plus ou moins long de la demi-période. Ce temps est défini par le rapport cyclique qui est le rapport du temps de fermeture divisé par la demi-période, il est donc compris entre 0 et 1. Quand il est égal à 0 la tension de sortie est quasiment nulle et quand il est égal à 1 la tension de sortie est la même que celle de l'entrée (du réseau).

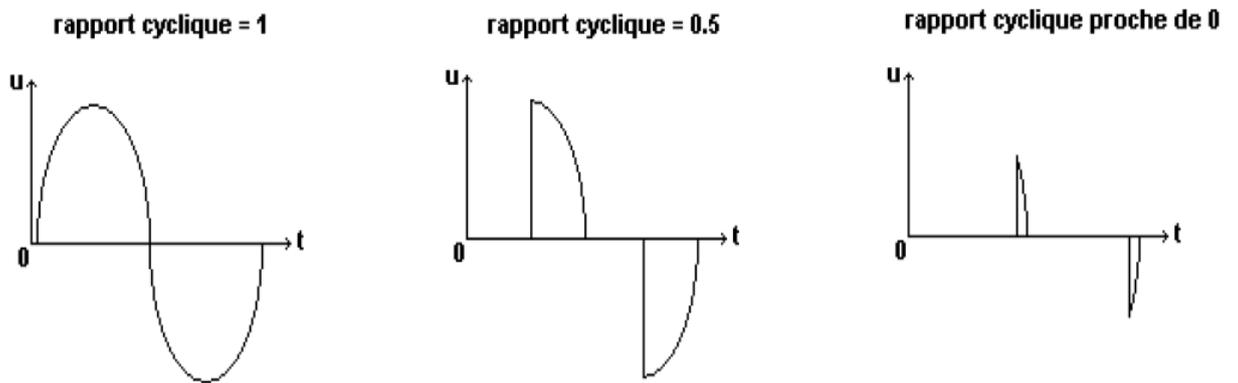


Fig II-14 : caractéristique commande par angle de phase.

III.1.2. Commande par train d'onde :

L'interrupteur autorise le passage du courant pendant une durée T_1 correspondant à un nombre entier de demi périodes du secteur. Puis il coupe pendant le reste de la période T_2 de fonctionnement. On règle le transfert d'énergie en faisant varier le rapport T_1/T_2 . Ce procédé est réservé aux machines à fortes inerties telles que les fours, le chauffage (dans ce cas inertie thermique).

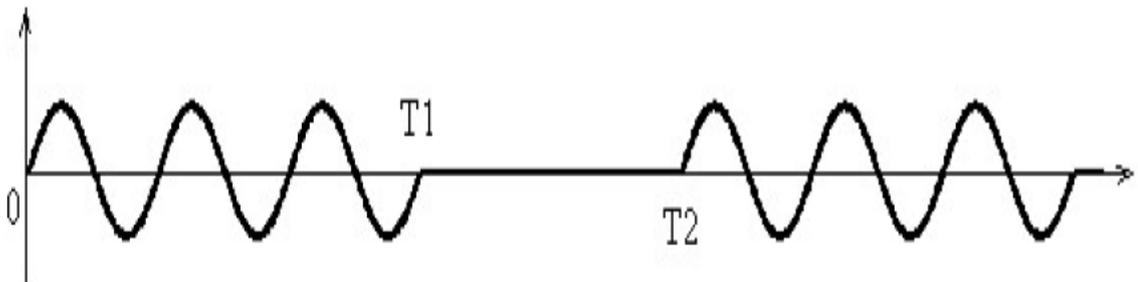


Fig II-15 : caractéristique Commande par train d'onde :

Les gradateurs sont utilisés pour réaliser des variateurs dans certains appareils fonctionnant sur le réseau (lampes halogènes, aspirateurs domestiques, outillage électroportatif, ...), pour la régulation de chauffage électrique, ainsi que dans de nombreux processus industriel, comme le démarrage des moteurs asynchrones.

III.2- Conversion continu / continu : le hacheur :

Le hacheur permet d'alimenter une charge sous une tension continue réglable à partir d'une source continue fixe. Cette source peut être par exemple une batterie d'accumulateurs ou provenir d'une autre conversion préalable comme un redresseur à diodes.

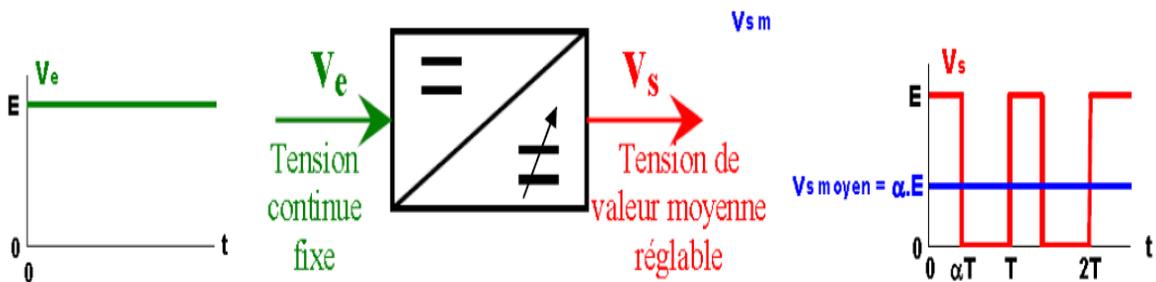


Fig II-16 : caractéristique de tension par l'HACHEUR .

On obtient une tension de valeur moyenne variable en établissant et interrompant périodiquement l'alimentation de la charge par la source grâce à des interrupteurs électroniques.

III.2.1. Exemple : d'utilisation des hacheurs :

Alimentation et réglage de la vitesse d'un moteur à courant continu.

En utilisant une source de tension fixe, le hacheur est très utilisé pour faire varier la vitesse des moteurs à courant continu à excitation séparée (schéma ci-dessous):

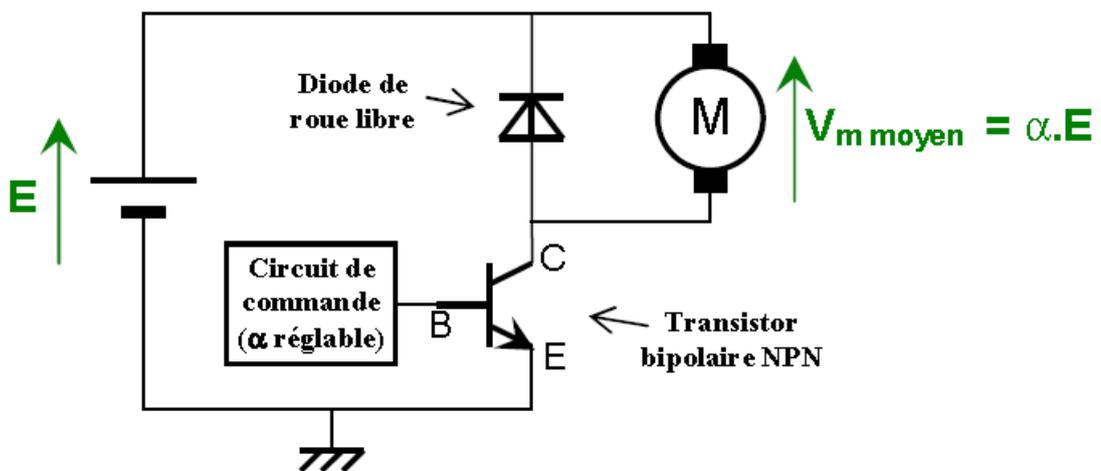


Fig II-17 : schéma de hacheur pour varier la vitesse de mcc

III.3. Conversion alternatif / continu : le redresseur :

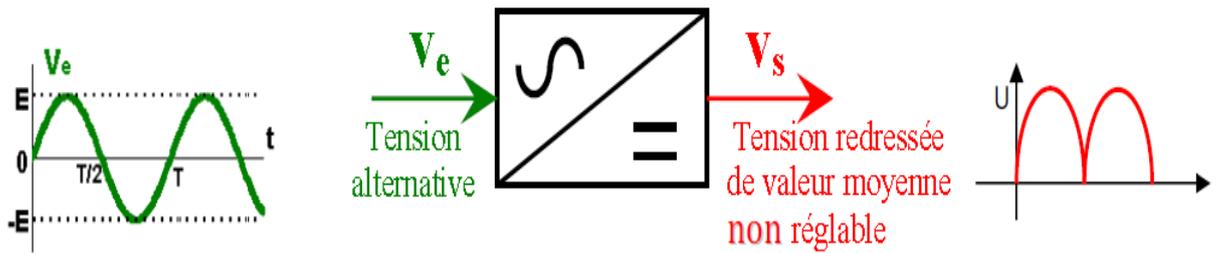


Fig II-18: caractéristique de tension par le REDRESSEUR

Le redressement est la conversion d'une tension alternative en une tension continue. On l'utilise pour alimenter un récepteur en continu à partir du réseau de distribution alternatif. Le redresseur non commandé est composé de diodes montées en pont. Ici en pont monophasé (appelé pont de GRAETZ).

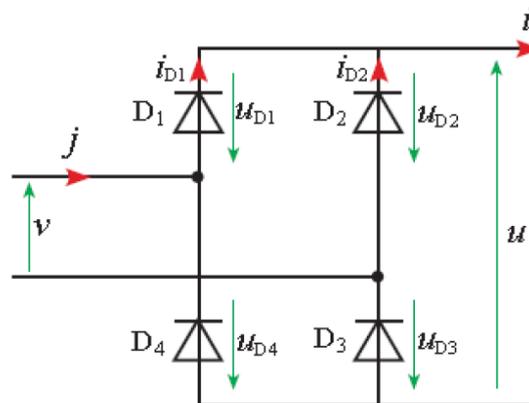


Fig II-19: montage du pont de monophasé (GRAETZ).

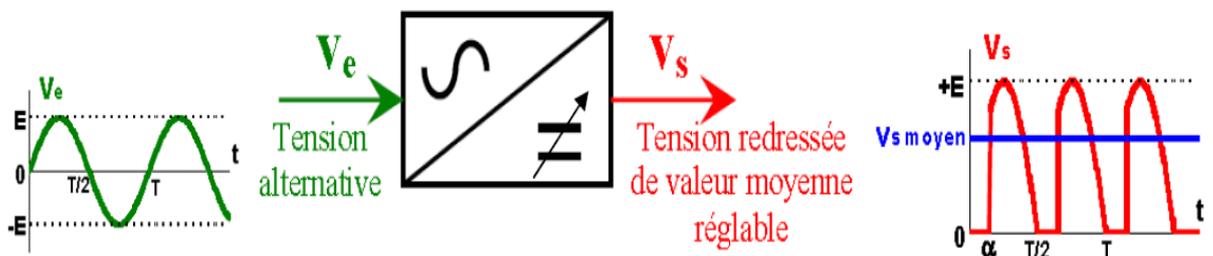


Fig II-20 : caractéristique de tension par GRAETZ

Le redresseur commandé est composé de Thyristors montés en pont. Ici en pont triphasé.

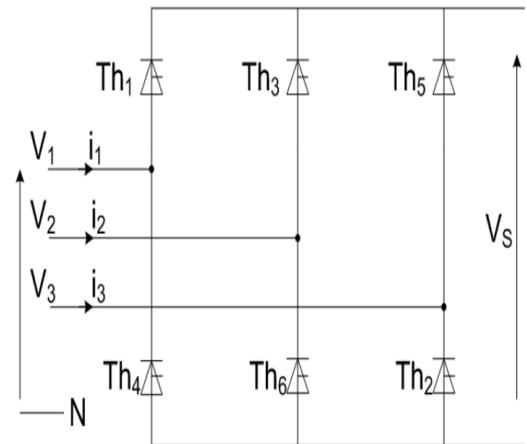


Fig II-21 : montage du pont de triphasé.

III.4. Conversion continu /alternatif : l'onduleur :

Un convertisseur continu-alternatif permet d'obtenir une tension alternative (éventuellement réglable en fréquence et en amplitude) à partir d'une source de tension continue.

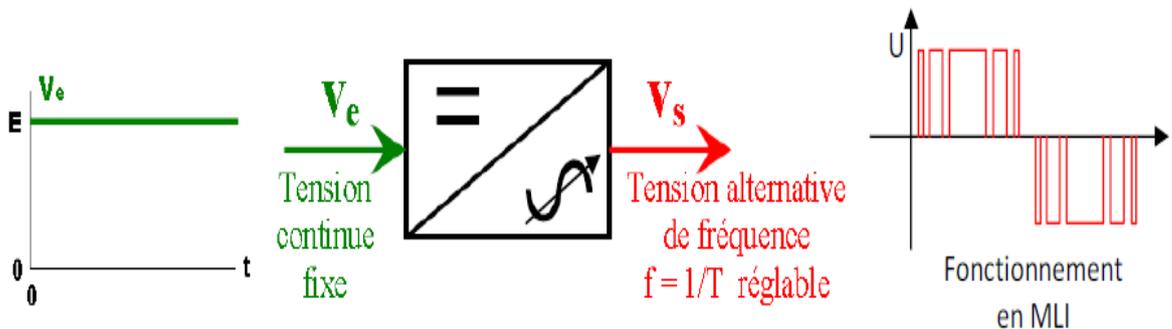


Fig II-22: caractéristique de tension par l'onduleur.

III.4.1. Exemples : d'utilisations des onduleurs :

_L'onduleur de secours pour le matériel informatique permet d'assurer la continuité de l'alimentation en cas de coupures sur le réseau.

Il permet aussi de filtrer les éventuels défauts de la tension du réseau (parasites ou surtensions).

La structure comprend un accumulateur avec dispositif de charge et un onduleur avec sortie filtrée (schéma ci dessous):

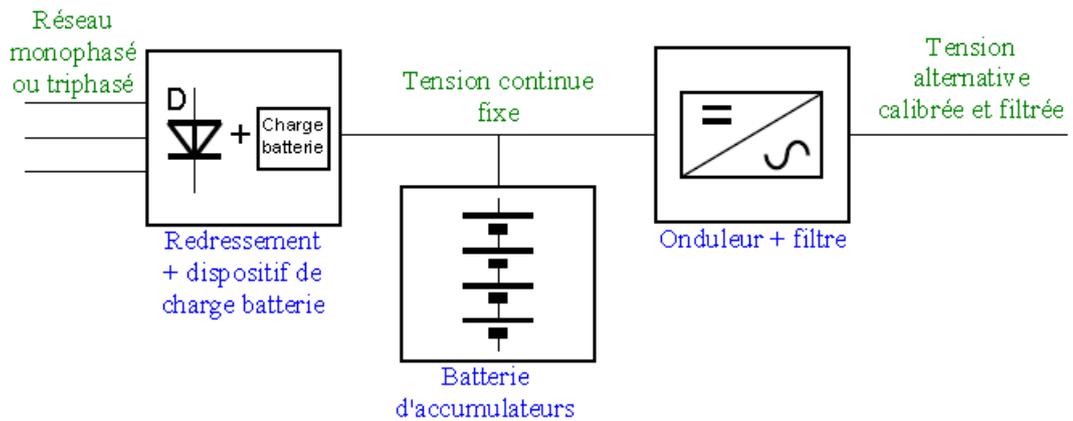


Fig II-23 : La structure comprend un accumulateur et un onduleur avec sortie filtrée.

_ En ce qui concerne les applications industrielles, nous rencontrerons l'onduleur en sortie des variateurs de fréquence pour alimenter les moteurs asynchrones. [10]

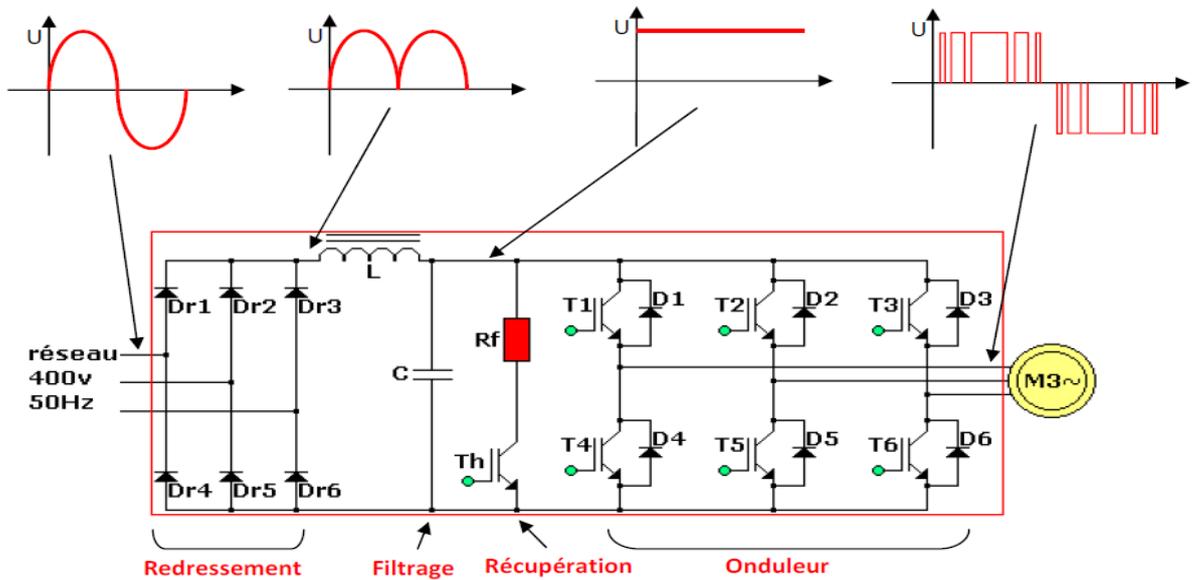


Fig II-24 : montage représenté les différent convertisseur statique .

IV. Commande et régulation de vitesse d'une machine asynchrone :

IV. 1 la machine asynchrone :

IV. 1. 1 Définition :

On appelle machine asynchrone, une machine électrique de vitesse variable, à courant alternatif, qui a 2 enroulements dont un seul (le primaire) est alimenté par un réseau électrique de pulsation ω ; alors que la 2ème (le secondaire) est fermé sur lui-même ou sur des résistances électriques, généralement ce type de machines est plus utilisée en moteur asynchrone (en triphasé).

IV. 1. 2 Constitution du moteur asynchrone :

Ce type de moteur est basé sur l'enroulement d'une masse métallique par l'action d'un champ tournant et comportant 2 armatures coaxiales l'une est fixe appelée *stator* et l'autre est mobile appelée *rotor* ; entre les 2 armatures il y a l'entrefer.

IV. 1. 3. Stator (inducteur) :

C'est un anneau de tôles encoché à l'intérieur et portant un enroulement triphasé semblable à celui d'une machine synchrone. Cet enroulement est presque toujours relié à la source d'alimentation, il constitue le primaire. L'enroulement est alimenté en triphasé par l'intermédiaire de la plaque à bornes de la machine, ce qui le permet de l'alimenter en couplage d ou en Δ .

Les organes mécaniques permettant la rotation du rotor et le maintien des différents sous-ensembles.

IV. 1. 4. Rotor (induit) :

C'est un anneau de tôles rainuré à l'extérieur, concentrique au stator et séparé de lui par un entrefer constant. Le rotor porte un enroulement polyphasé mis en court-circuit constituant ainsi le secondaire. Le courant dans ses enroulements est induit uniquement par le champ statorique, car le rotor n'est lié à aucune source électrique extérieure ; on distingue 2 types de rotor :

✓ **Rotor à bague (rotor bobiné)**

C'est un rotor à pôles lisses qui comporte dans ses rainures, un enroulement identique à celui du stator. Le couplage de cet enroulement est toujours en étoile, le centre de l'étoile n'est pas accessible mais les 3 extrémités libres sont reliées à 3 bagues calées sur l'arbre (bobinage triphasé) sur laquelle appuyant 03 balais (charbon) pour avoir accès aux phases rotoriques par l'intermédiaire d'un rhéostat qui est utilisé pour assurer les meilleures conditions du démarrage.

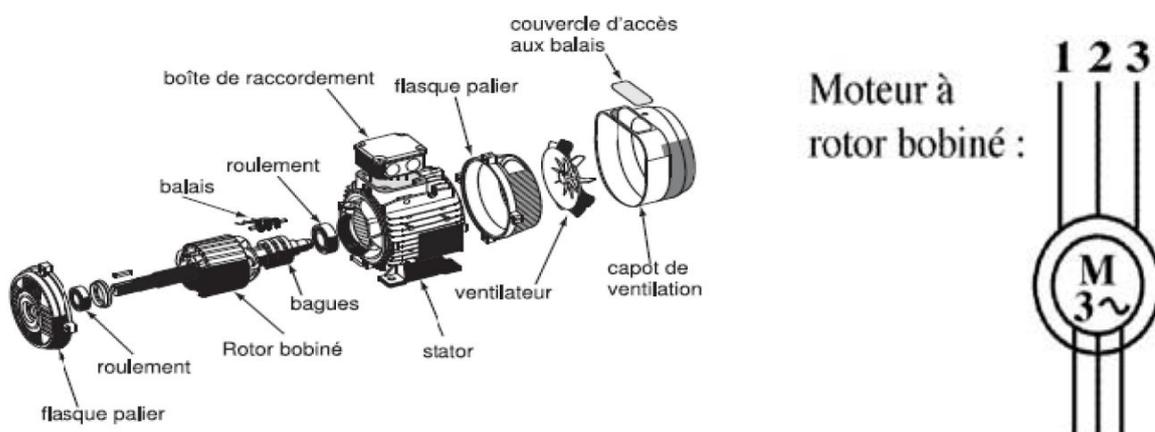


Fig II-25 : rotor bobiné.

✓ **Rotor à cage d'écureuil (rotor en court-circuit)**

L'enroulement est remplacé par des barres en cuivre ou en aluminium logées dans des encoches et réunies à leurs extrémités par 2 couronnes en cuivre ou en Aluminium. Généralement, ces barres sont inclinées afin de réduire les harmoniques de dentures.

Le courant qui passe par une barre revient par la barre située à une distance polaire et il n'est pas nécessaire d'isoler les barres de la masse du rotor, car les courants induits s'établissent surtout dans les barres (résistivités différentes : beaucoup plus faible pour le cuivre).

Par comparaison avec les moteurs à bagues, les moteurs à cage ont l'avantage d'être robuste et de coût beaucoup plus faible ; mais ils présentent l'inconvénient qui est l'impossibilité de faire varier la résistance du rotor, ce qui rend défavorable les conditions de démarrages avec la tension du réseau.

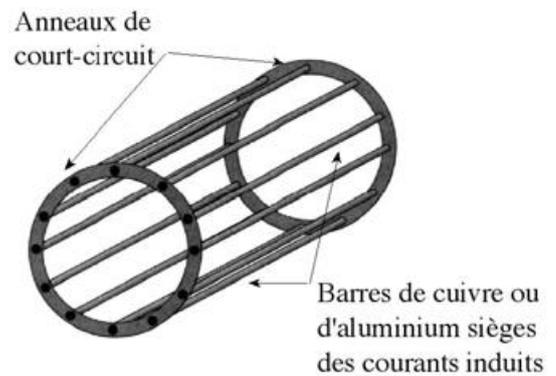


Fig II-26 : moteur à cage d'écurie.

IV..2. Principe de fonctionnement :

L'enroulement statorique (primaire) reçoit de l'énergie électrique du réseau de pulsation ω , ce qui crée un champ tournant à la vitesse angulaire synchrone $\Omega = \frac{\omega}{P}$ (voir théorème de Maurice Leblanc) ; ce champ, en balayant les enroulements rotoriques (secondaires) y induit des f.e.m et donc des courants, car les spires sont fermées sur elles-mêmes. Ces courants induits produiront à leur tour un champ qui sera de sens opposé au champ du stator (d'après la loi de Lenz : la f.e.m induite tend à s'opposer à la cause qui l'a produite).

La réaction du courant secondaire sur le champ primaire provoquera un couple moteur qui entrainera la mise en mouvement du rotor dans les sens du champ tournant primaire. A fin et à mesure que le rotor augmentera sa vitesse de rotation, la différence entre la vitesse angulaire du champ tournant et la vitesse angulaire du rotor diminuera. Et la pulsation des courants secondaires diminuera aussi :

$\omega' = \omega - \omega_1$ ω : pulsation du champ statorique.

ω_1 : vitesse (mécanique) de rotor. [9]

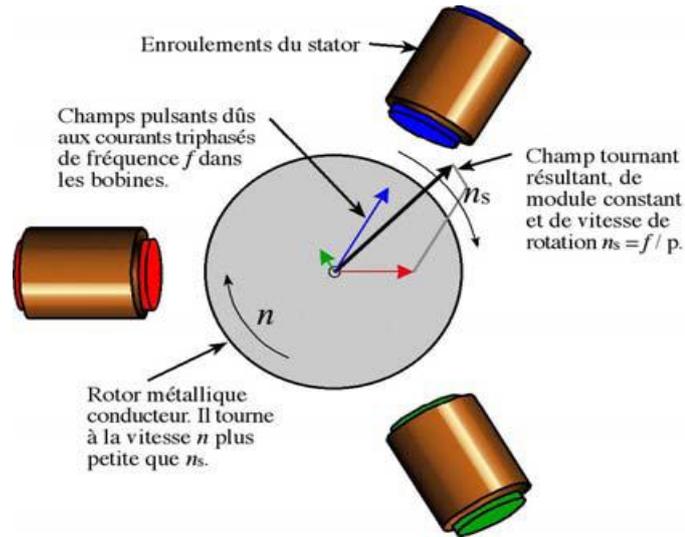


Fig II-27: sens des champ.

V. Réglage de la vitesse :

V.1. Action sur le nombre de pôles :

On peut construire un moteur à cage dont le stator comporte plusieurs enroulements à nombre de pôles différents. Selon le branchement réalisé, on obtient des vitesses de synchronisme NS , et par suite N , différentes ; les vitesses pourront être très éloignées (exemple : moteur 50 Hz; $p_1 \approx 2$; $p_2 \approx 12$).

Lorsque le rapport des vitesses désirées est égal à 2, on peut utiliser un seul enroulement statorique comportant des prises intermédiaires. Selon les branchements relatifs des deux demi-enroulements on obtient $2p$ ou $4p$ pôles, c'est le montage Dahlander illustré par les figures II-30 et II-31.

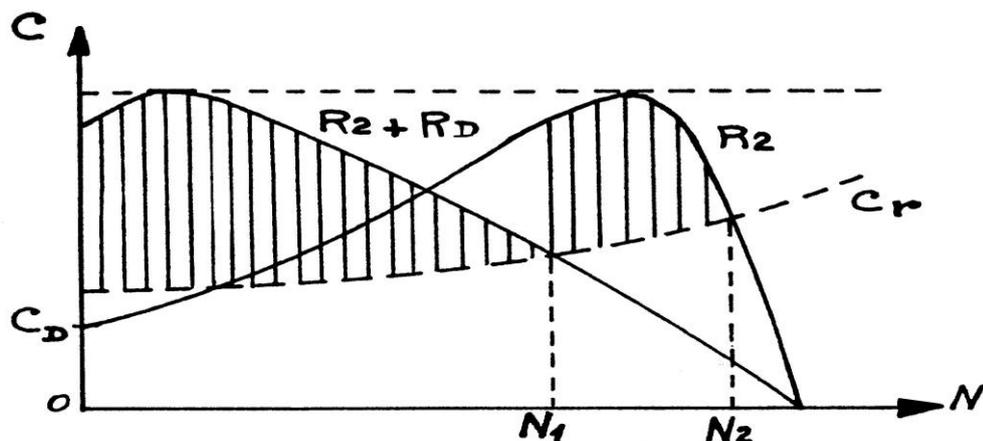


Fig II-28: Caractéristique mécanique lors d'un démarrage par insertion de résistances rotoriques.

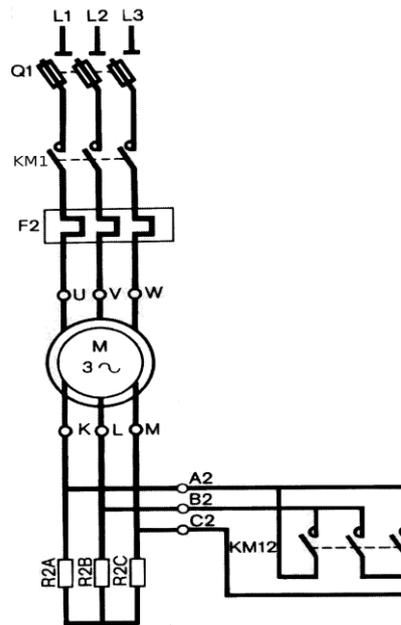


Fig II-29: Démarrage en deux temps par insertion de résistances rotoriques.

V.2. Action sur la résistance rotorique :

Si le moteur est à bagues, on peut utiliser le rhéostat rotorique pour, à couple donné, augmenter le glissement. On réduit ainsi la vitesse, mais le rendement

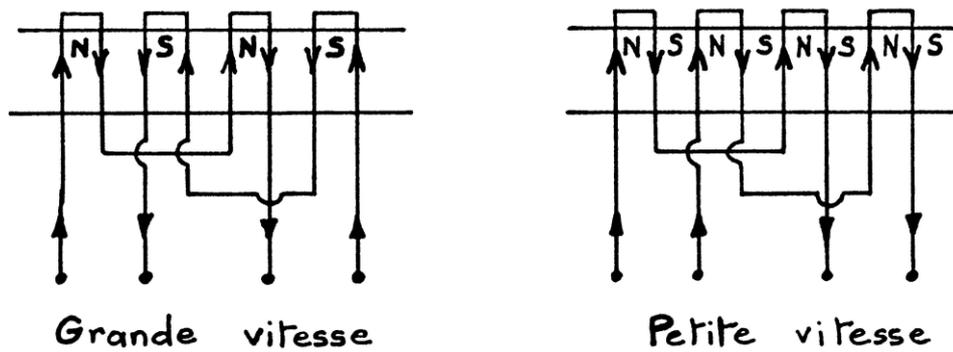


Fig II-30: Détail du montage Dahlander pour une phase.

Le branchement sera le suivant :

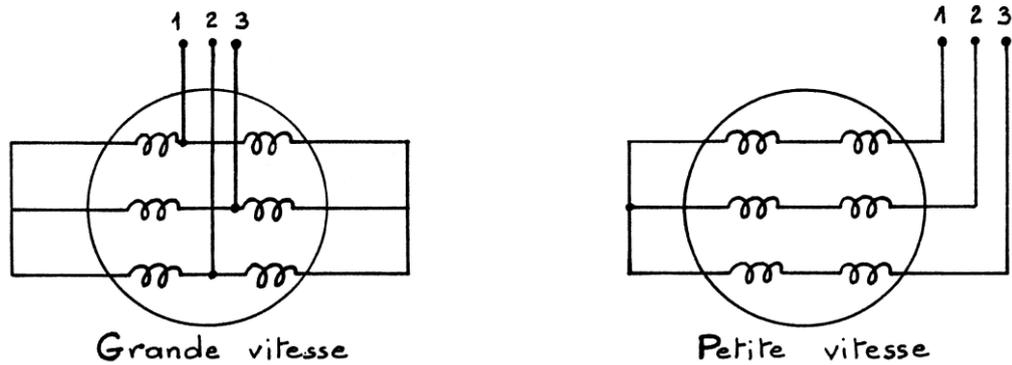


Fig II-31: Montage Dahlander : branchement du stator.

Diminué ($\eta < \frac{N}{N_s}$). L'intérêt de ce réglage est d'être progressif. REMARQUE : En utilisant des convertisseurs électroniques on peut prélever les courants rotoriques à la fréquence fR , les mettre à la fréquence f et les renvoyer au réseau. Pour le moteur, tout se passe comme si on augmentait les pertes Joule rotor, le glissement augmente. Le rendement global reste en réalité acceptable puisque la différence entre les puissances P_e et P_m est renvoyée au réseau. Ce type de montage s'appelle *cascade hyposynchrone* et est illustré à la figure II-32. La cascade hyposynchrone ne s'emploie plus guère aujourd'hui, son emploi était réservé aux machines de puissance supérieure à 500 kW.

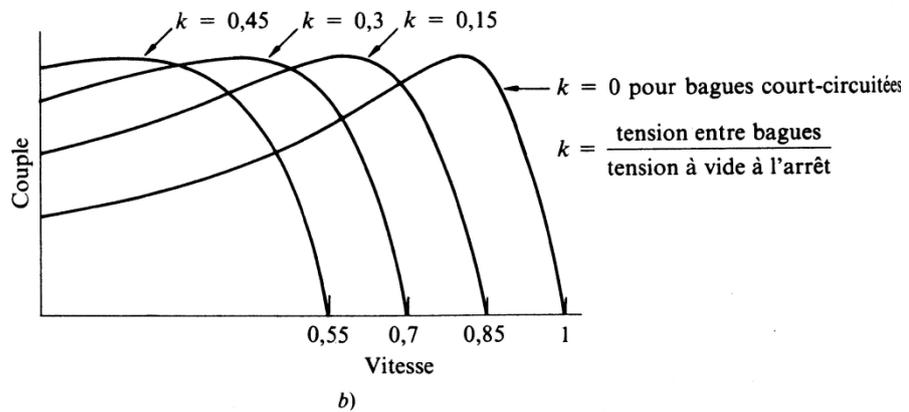
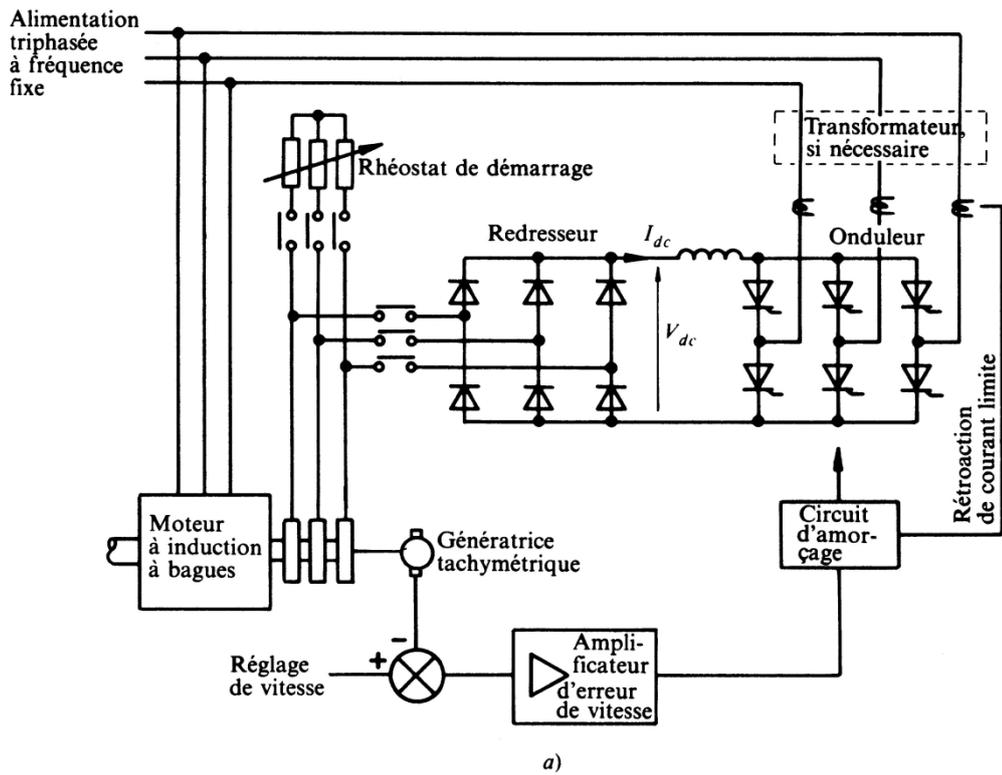


Figure II-32 : a) Schéma de principe d'une cascade hyposynchrone b) déformation de la caractéristique mécanique due à l'action de la cascade hyposynchrone.

V. 3. Action sur la tension statorique :

Que le moteur soit à cage ou à rotor bobiné, la variation de la valeur efficace de la tension statorique au moyen d'un gradateur déforme la caractéristique mécanique comme l'indique la figure II-33. C'est un moyen simple de variation de vitesse, mais la plage de variation de vitesse est très réduite, limitée entre la vitesse permettant l'obtention du couple maximum et la vitesse de synchronisme.

L'obtention de très faible vitesse n'est pas possible.

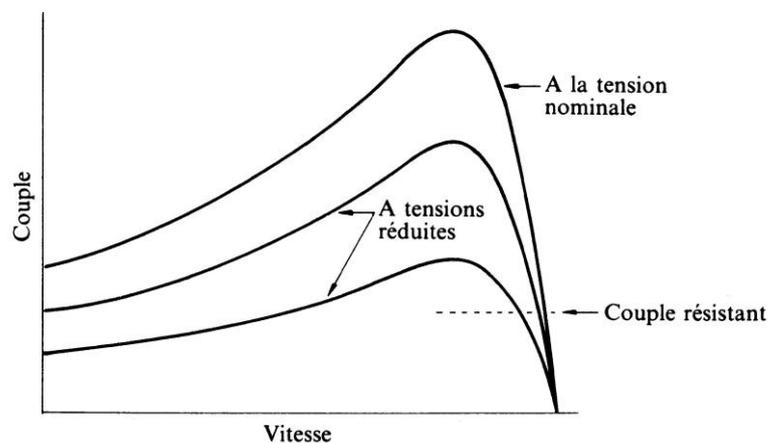


Figure II-33 : Déformation de la caractéristique mécanique d'une machine asynchrone par modification de la tension statorique.

V. 4. Action sur la fréquence :

On peut enfin faire varier la vitesse en alimentant le moteur sous une fréquence f variable au moyen d'un cycloconvertisseur ou d'un onduleur autonome. La formule de Ferrarais $N_s = \frac{f}{p}$ montre que la variation de f entraîne celle de N_s et donc de N . C'est le meilleur moyen d'obtenir une vitesse variable. [13]

V. 5. Les moteurs d'enrouleur et dérouleur :

Après l'étude qui a été fait sur la Rubaneuse dans le chapitre I, il a été montrer que les unités 1(Dérouleur) et 6 (Enrouleur) comportent seulement des moteurs asynchrone.

Le dérouleur comporte 4 moteurs asynchrones responsables seulement du fixation de la touret.

L'enrouleur comporte 5 moteurs asynchrones, 3 pour la fixation de la touret, un pour le trancanage de l'unité, et le dernier pour la rotation de la touret, ces deux derniers moteurs sont commandés par leurs vitesse de rotation qui est définie par l'opérateur comme une valeur de consigne entrée à travers le pupitre.

V. 6. Fonctionnement de la chaîne de commande et de régulation :

A la saisie de valeur de vitesse de consigne par l'opérateur à travers le pupitre, l'API lance le démarrage du moteur à courant continu responsable du rubanage, aussi il fait la contrôle et la régulation par l'acquisition de la valeur mesure de vitesse en temps réel par une génératrice tachymétrique. Cette valeur est comparé avec la valeur de consigne, en cas de présence d'erreur, un programme de régulation PID est lancé, pour déterminer la valeur de la nouvelle tension ; pour rattraper cette erreur.

Cette nouvelle tension est insérée dans un programme de MLI (PMW) pour la génération de commande de thyristors .

V. 7. Architecture de la stratégie proposée de commande de vitesse :

Les régulateurs standard de la vitesse de la machine asynchrone appliquent des lois de commande qui imposent la référence du flux rotorique constante. En fait, la référence de flux rotorique est égale à sa valeur nominale. Cependant, ces régulateurs ne sont pas satisfaisants du point de vue énergétique, spécialement à faible couple de charge. Dans ce travail, nous développerons une nouvelle stratégie de commande de la vitesse de la machine asynchrone en tenant compte de la non linéarité de la caractéristique magnétique et permettant de générer une fonction de référence de flux optimale. L'optimalité de flux garantit des performances satisfaisantes de la machine (rendement, facteur de puissance couple maximal,...).

La stratégie de commande développée consiste à minimiser le courant statorique nécessaire pour produire un couple de charge donné. Cela est vérifié en jouant sur la norme de flux rotorique, comme montré dans la figure suivant . [17]

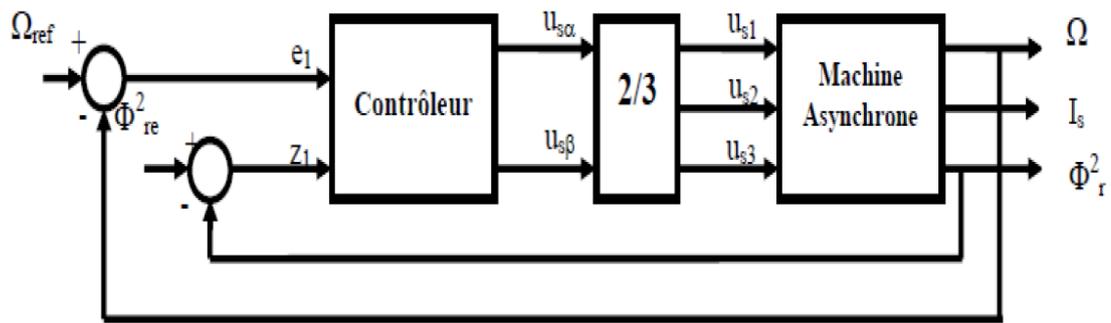


Fig. II.34 : structure de la commande standard de la vitesse.

VI .machine courant continu :

VI.1. Le principe physique fondamental :

Tous les moteurs électriques sont basés sur le principe physique du couplage magnétique entre deux champs magnétiques. La transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique s'opère à travers ce couplage magnétique ou interaction magnétique. De ce principe il découle que tout moteur comporte deux circuits magnétiques, appelés stator (partie fixe) et rotor (partie mobile).

Dans le cas du moteur à courant continu le stator, aussi appelé inducteur, crée un champ magnétique B_s . Le rotor, aussi appelé induit, est alimenté par un courant continu. Les conducteurs du rotor traversés par le courant sont immergés dans le champ B_s , or le physicien Laplace découvrit que le conducteur est soumis à une force $F = B_s \wedge I$ (\wedge = produit vectoriel entre les deux vecteurs). C'est cette force qui va faire tourner le rotor et créer le couple moteur.

La constitution technologique du moteur matérialise ce principe de fonctionnement.

VI. 2. Stator du moteur courant continu :

Le stator est constitué de la carcasse du moteur et du circuit magnétique proprement dit. Un circuit magnétique est constitué d'une structure ferromagnétique qui canalise le flux magnétique, créé par une source de champ magnétique : aimant permanent ou électroaimant. Le circuit magnétique du stator crée le champ magnétique appelé « champ inducteur » (B_s). L'inducteur magnétise le moteur en créant un flux magnétique (Φ) dans l'entrefer. L'entrefer est l'espace entre les pôles du stator et le rotor.

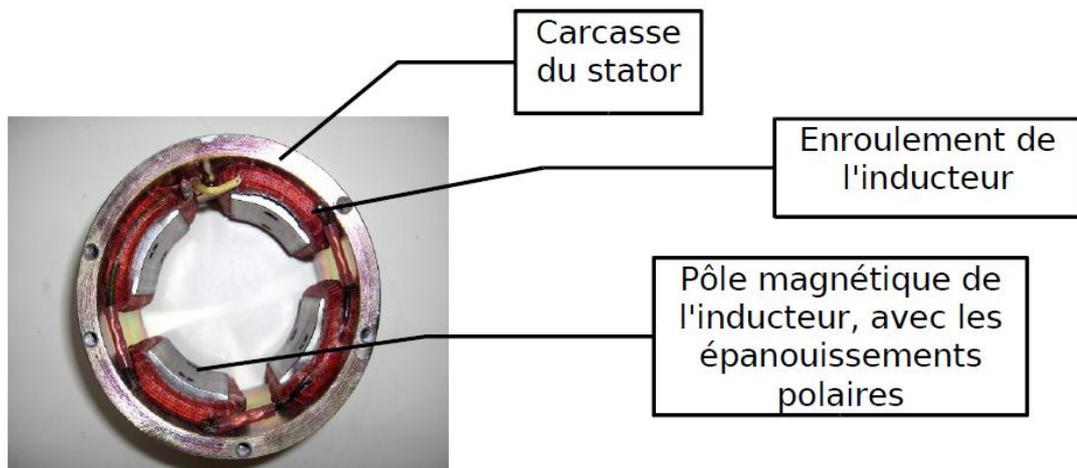


Fig. II.35 : Stator du moteur courant continu.

VI. 3. Rotor du moteur courant continu :

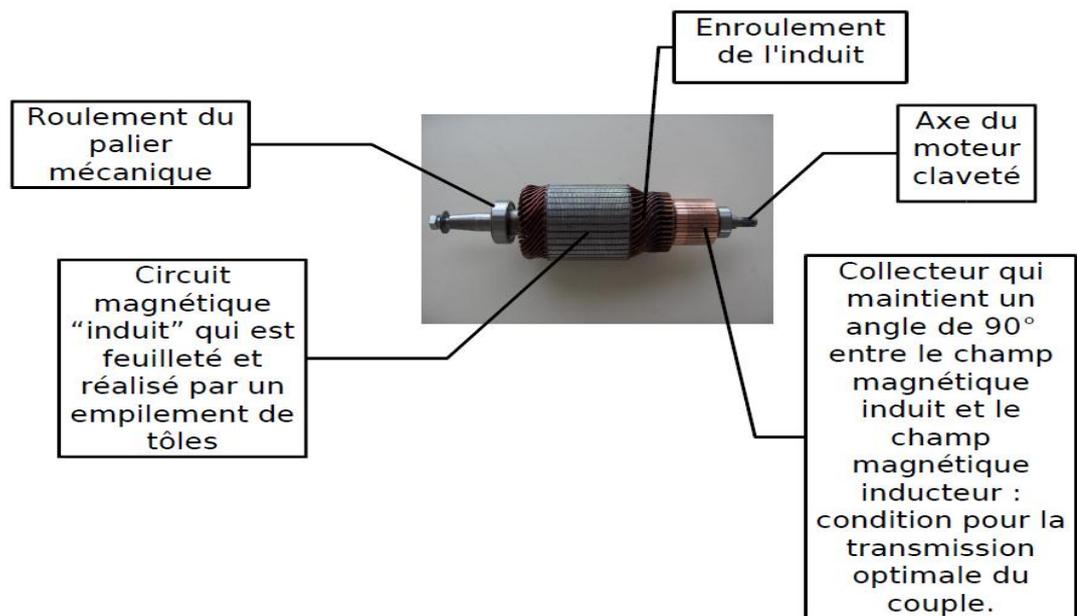


Fig. II.36 : Rotor du moteur courant continu.

VI. 4. Réglage de la vitesse :

La relation de la vitesse de rotation déduite de l'expression de la force électromotrice indique les deux possibilités de réglage de la vitesse.

$$n = \frac{U}{(K \cdot \Phi)} \quad (\text{II.1})$$

K : est une constante de construction du moteur : nombre de paires de pôles, nombre de voies d'enroulement, nombre de conducteurs par section.

VI. 4. 1. Action sur la tension d'alimentation :

La relation ci-dessus montre que la vitesse est directement proportionnelle à la tension d'alimentation (U) lorsque le flux magnétique (Φ) est constant.

La variation de la tension d'alimentation est obtenue par un montage redresseur d'électronique de puissance. Ce montage sera approfondi lors de l'étude des variateurs de vitesse pour moteur courant continu.

VI. 4. 2. Action sur le flux :

Lorsque le courant inducteur diminue, le flux magnétique dans le moteur diminue. Cette diminution provoque une augmentation de la vitesse, pouvant aller jusqu'à l'emballement du moteur et sa destruction.

Outre ce risque, la diminution du flux conduit aussi à une diminution du couple moteur qui est directement proportionnel au flux, selon la relation :

$$C_e = K \cdot \Phi \cdot I \quad (\text{II.2})$$

L'action sur le flux permet une légère survitesse avec une diminution du couple utile. Son utilisation est très spécifique. [18]

VII. Les moteurs des Rubaneuse :

Après l'étude qui a été fait sur la Rubaneuse dans le chapitre I , il a été monter que les unités 2 ,3 ,4 et 5 responsable du rubanage des différents couches (Bande) d'isolation du câble comportement seulement des moteurs à courant continu pour cette tâche.

Ces moteurs sont commandé par leurs vitesse de rotation cette dernier est définie par l'opération comme une valeur de consigne entrée à travers le pupitre.

Le régulateur PID : un régulateur inséré dans un chaîne de régulation impose ,en contrainte d'exploitation au sens système de modulation d'énergie une gradeur réglant selon une loi de commande couramment appelé : Algorithme, la plupart des régulateurs de marques différentes comportement un algorithme identique, désigne par « PID » :

P : action proportionnel.

I : action intégrale.

D : action dérivée.

PID sont des modules d'action.

L'adaptation d'un régulateur au différent système s'effectue par le réglage des coefficients (paramètres) de l'algorithme PID :

Paramètre X_p pour le réglage de l'action proportionnel.

Paramètre T_i pour le réglage de l'action intégrale.

Paramètre T_d pour le réglage de l'action dérivée.

Le rôle de PID est de calculer la valeur adéquat pour rattraper l'erreur détecté par le comparateur.

VIII. Fonctionnement de la chaîne de commande et de régulation :

A la saisie de valeur de vitesse de consigne par l'opérateur à travers le pupitre, l'API lance le démarrage du moteur à courant continu responsable du rubanage, aussi il fait la contrôle et la régulation par l'acquisition de la valeur mesurer de vitesse en temps réel par une génératrice tachymétrique. Cette valeur est comparé avec la valeur de consigne, en cas de présence d'erreur, un programme de régulation PID est lancé, pour déterminer la valeur de la nouvelle tension, pour rattraper cette erreur, cette tension est transformé en valeur numérique de l'angle α d'amorçage (selon le tableau de correspondance déjà implanter).

cette dernier est transmise à une carte de commande, dont le rôle est de générer des impulsions d'amorçage des thyristors, proportionnels à l'angle α et synchrone avec la tension d'alimentation.

Commande et régulation par automate programmable :

Dans la mémoire de l'API on a le programme du PID calculer par ces constantes. (ou paramètre)suivant le système à régulation.

Si la capacité de l'unité centrale est de 8 bits par exemple, qui définit le nombre des valeurs de commande possible ($8 \Rightarrow \text{bits } 2^8 = 256 \text{ valeur}$), donc on a un tableau de correspondance qui est sauvegarde dans la mémoire

A chaque valeur de consigne (valeur de vitesse) correspond en binaire un valeur de l'angle d'amorçage des thyristors et par conséquence en tension continu pour la commande du moteur.

Chapitre 03 :

l'automatisation



Partie A : Le système automatisé.**I. Automatisation :**

L'automatisation d'un processus industriel concerne tous les aspects de l'activité industrielle

Production, assemblage, montage, contrôle, stockage, manutention,...etc.

L'objectif de l'automatisme est d'étudier le comportement du système en fonction de son évolution (consignes, informations), de l'environnement extérieur et du temps.

Avec l'automatisme, on pense souvent au monde de l'industrie, ceci est légitime, c'est là que l'on trouve principalement les API (Automate Programmable Industriel), mais de nos jours, l'automatisme est présent dans tous les systèmes, du plus simple tel que: le tapis roulant de la caisse de grande surface que les portes automatiques des magasins, bras manipulateur...

Les premiers système conçus ont été des systèmes mécanique c'est-à-dire des systèmes pour lesquels l'opérateur apporte non seulement son savoir faire mais aussi l'énergie nécessaire à la modification de la matière d'ouvre.

Un des premiers objectifs de l'automatisation est de supprimer des taches pénible l'autre

Objectif de l'automatisation est aussi d'accroitre la rentabilité du système .

La première évolution des système est la mécanisation, la mécanisation permet de limiter l'énergie apportée par opérateur. L'énergie est fournie par le milieu extérieur au système. L'opérateur autorise ou non le passage de l'énergie pour permettre la modification de la matière d'ouvre.

I.1. introduction :

Un système automatisé est capable de gérer des projets complexes. Ils peuvent nous aider à augmenter la production. Une machine ou un (système) est dit automatisé lorsque le processus qui permet de passer d'une situation initiale à une situation finale se fait parfois sans intervention humaine et que ce comportement est répétitif chaque fois que les états qui caractérisent la situation initiale sont remplis. C'est un ensemble organisé de moyens techniques interconnectés à des moyens de commande et de contrôle qui assurent un fonctionnement reproductible plus ou moins indépendant des interventions humaines.

Brièvement on peut dire que l'automatisation c'est un ensemble de procédés qui rendent l'exécution d'une tâche automatique (sans l'intervention humaine).

I.2. Définition :

Un système est « automatisé » s'il exécute toujours le même cycle de travail pour lequel il a été programmé .

C'est un ensemble organisé de moyens techniques interconnecté à des moyens de commande et de contrôle qui lui assurent un fonctionnement reproductible plus ou moins indépendant des intervention humaines . [3]

Autre définition : Le système est automatisé si le partie du savoir-faire (conférant la valeur ajoutée) est confiée au un automate.

I.3. Objectif d'un système automatisé :

L'automatisation est un moyen permettant d'accroître la compétitivité du produit élaboré par le système objet de cette automatisation. Elle permet de:

- ✓ Accroître la productivité de l'entreprise en réduisant les coûts de production.
- ✓ Améliorer la flexibilité de la production.
- ✓ Perfectionner la qualité du produit.
- ✓ S'adapter à des contextes particuliers.
- ✓ Augmenter la sécurité .

I.4. Structure d'un système automatisé :

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma ci-dessous .

I.4. 1. La partie opérative :

C'est la partie visible du système. Elle comporte les éléments du procédé, c'est à dire :

- des pré-actionneurs (distributeurs, contacteurs) qui reçoivent des ordres de la partie commande .
- des actionneurs (vérins, moteurs, vannes) qui ont pour rôle d'exécuter ces ordres. Ils transforment l'énergie pneumatique (air comprimé), hydraulique (huile sous pression) ou électrique en énergie mécanique .
- des capteurs qui informent la partie commande de l'exécution du travail. Par exemple, on va trouver des capteurs mécaniques, pneumatiques, électriques ou magnétiques montés sur les vérins. Le rôle des capteurs (ou détecteurs) est donc de contrôler, mesurer, surveiller et informer la PC sur l'évolution du système.

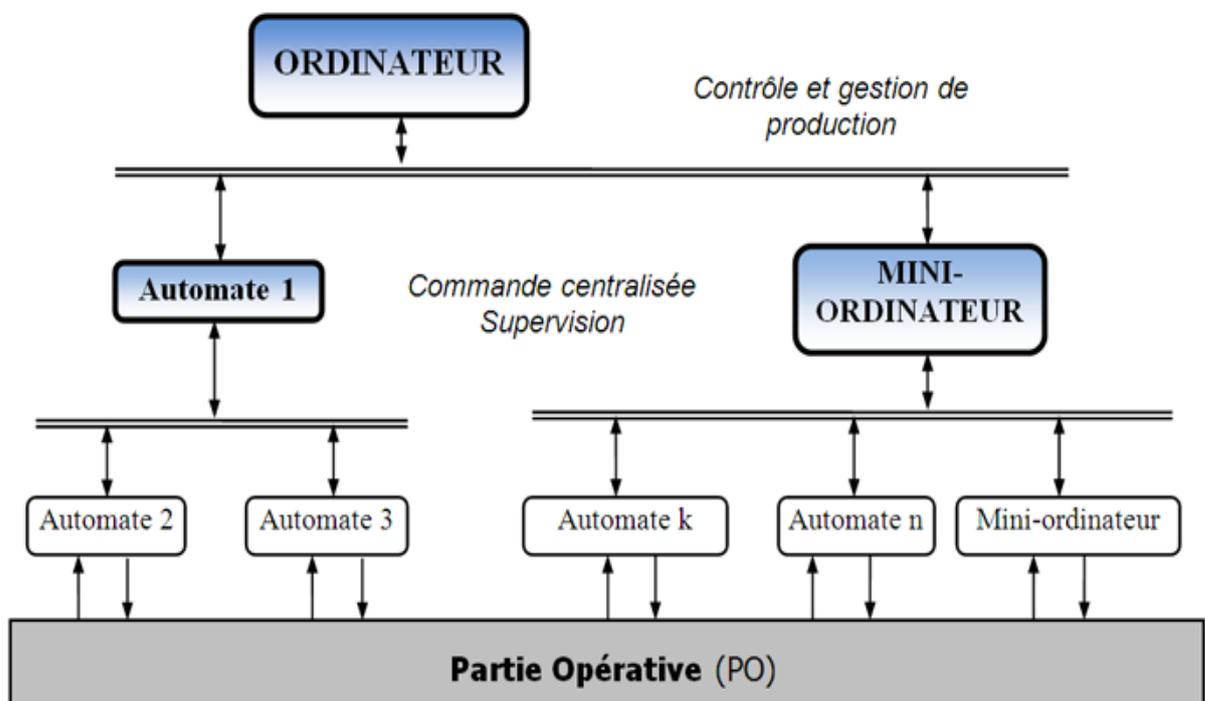


Fig III.1 : schéma de partie opérative.

I.4. 2. La partie commande :

Sa complexité dépend de l'importance du système. Elle regroupe les différentes commandes nécessaires au bon fonctionnement du procédé, c'est à dire marche/arrêt d'urgence, marche automatique, etc. . .

Elle est considérée comme le « cerveau » du système. La partie commande remplace l'opérateur, le savoir-faire de l'opérateur est traduit sous la forme d'un programme. Elle donne les ordres à la partie opérative en fonction :

- du programme qu'elle contient
- des informations reçues par les capteurs
- des consignes données par l'utilisateur

La partie commande est réalisée par :

- Une logique programmée : ses avantages sont :
 - facile à réaliser
 - multitâche
 - utilisable pour plusieurs applications (automate programmable, pc)
 - Flexibilité

Une logique câblée : ses avantages sont le coût (un câblage électrique, un circuit électronique) et la rapidité temps réel.

Dans cette forme de système l'opérateur se retrouve à l'extérieur de ce dernier, son rôle est limité à l'émission des consignes de démarrage ou de configuration, à un contrôle de sécurité et de bon fonctionnement du système.

Le dialogue entre l'opérateur et le système est réalisé à travers un pupitre de commande.

Pupitre (interface de communication) : le pupitre regroupe l'ensemble des éléments de communication entre le système et l'opérateur, il peut être simplement, constitué de boutons et de voyants mais aussi d'interface de communication plus complexe de type écran, clavier,...etc.

Les intervenants : les intervenants sur le système se regroupent en deux familles :

Les utilisateurs du système qui expriment ce qu'il doit faire (analyse du besoin) et qui l'utilisent (exploitation)

Les fournisseurs des systèmes qui le définissent (conception) le fabriquant (réalisation) et le montant (intégration)

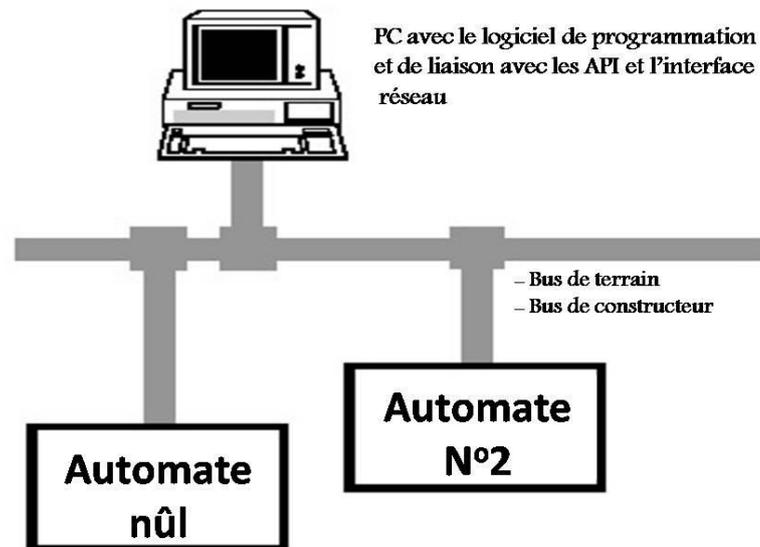


Fig III.2 :forme commercial des composants de la partie commande.

I.4. 3. Actionneur :

Est un élément de la partie opérative qui reçoit une énergie « transportable » pour la transformer en énergie « utilisable » par le système .Il exécute les ordres en reçus en agissant sur le système ou son environnement. Un actionneur est un système dont la matière d'œuvre est l'énergie et dont la fonction est de transformer l'énergie. Les actions sont les interventions physiques que le système de commande impose au processus industriel.

Exemple :

Le moteur d'une machine-outil de production transforme l'énergie électrique en énergie cinétique (mouvement) utile. On trouve parmi les actionneurs : les moteurs électriques, afficheur 7 segments, les vérins, les voyants ...

I.4. 4. Pré actionneur :

Le pré actionneur est le constituant qui autorise le passage de l'énergie nécessaire à l'actionneur en fonction des ordres reçut, de type tout ou rien.

Progressif, il ne laisse passer qu'une quantité d'énergie proportionnelle à la commande pour commander l'énergie on peu citer comme exemple :

- Contacteur pour moteurs électriques.
- Variateur de vitesse pour moteurs électriques.
- Distributeur pour vérins pneumatiques ou hydrauliques.

Pour la protection :

- Fusible et relais thermiques.
- Disjoncteur magnétothermiques.

I.4. 5. Capteur :

Le capteur permet de prélever sur la partie opérative, l'état de la matière d'œuvre et son évolution ; un capteur est capable de détecter un phénomène physique dans son environnement (déplacement ,présence, chaleur, lumière, pression) puis transformer l'information physique en une information codée compréhensible par la partie commande les capteurs transforment les variations des grandeurs physique liées au fonctionnement de l'automatisme en signaux électrique.

Comme exemple le capteur de température d'un lave-linge transforme la variation de la grandeur physique température du bain en un signal électrique, alors ils remplacent pour la partie commande les sens de l'opérateur.

Exemples des capteurs : capteur de proximité a ultrasons, capteur de niveau de liquide, capteur d'humidité, cellule photoélectrique, détecteur de gaz, détecteur de choc, capteur a contact, capteur de températureetc. [4]

II. 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. [8]

III. Les avantages et les inconvénients de l'automatisation :**III.1. Les avantages :**

- La capacité de production accélérée .
- L'aptitude à convenir à tous les milieux de production .
- La souplesse d'utilisation .
- La création de postes d'automaticiens.

III.2. Les inconvénients :

- Le coût élevé du matériel, principalement avec les systèmes hydrauliques .
- La maintenance doit être structurée .
- La suppression d'emplois.

Partie B : Automate programmable industriel (API).

I. Introduction :

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués.

Un automate est un dispositif capable d'assurer, sans intervention humaine, un enchaînement d'opérations, correspondant à la réalisation d'une tâche donnée. C'est-à-dire, un appareil conçu pour remplacer l'homme dans l'exécution de certaines tâches

Un Automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés industriels. Un automate programmable est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants, langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire.

Il est en général manipulé par un personnel électromécanicien. Le développement de l'industrie à entraîner une augmentation constante des fonctions électroniques présentes dans un automatisme c'est pour ça que l'API s'est substitué aux armoires à relais en raison de sa souplesse dans la mise en œuvre, mais aussi parce que dans les coûts de câblage et de maintenance devenaient trop élevés.

II. Principe de fonctionnement :

Un automate programmable industriel ou API est un appareil électronique qui comporte essentiellement un microprocesseur et une mémoire programmable par un utilisateur à l'aide d'un langage adapté et des modules de communications (entrée/sortie)

Matériellement, c'est un boîtier lié à l'extérieur par deux flux de signaux:

- ❖ **Les signaux d'entrée** : signaux en retour de la machine, signaux de commande issus du pupitre

- ❖ **Les signaux de sortie** : signaux de commande émis vers la machine, signaux de visualisation vers le pupitre ... etc.

Lorsque l'automate programmable est en service sur la machine, il émet à chaque instant les signaux de sortie nécessaires, en tenant compte de l'état des signaux d'entrée, et de l'avancement du cycle, pour cela, il a comme référence le programme qui a été donné avant la mise en route de la machine.

Chaque automate programmable doit donc pouvoir stocker dans sa mémoire le volume d'informations nécessaire pour exécuter le programme par ailleurs, les nombreuses opérations logiques de comparaison des états pris par la machine et des états demandés par le programme doivent s'effectuer rapidement seule la technologie intégrée permet de répondre à ces deux exigences dans un volume réduit et pour un coût acceptable.

Un automate programmable est composé de cartes électroniques mettant en œuvre des composants électroniques intégrés : microprocesseurs, mémoires utilisant des signaux à très basse niveau.

III. Description des Automates Programmables Industriels :

Un API est un ordinateur simplifié : il reçoit des données en entrée, celles-ci sont ensuite traitées par un programme et les résultats obtenus forment des sorties. Par exemple, un API peut maintenir le niveau d'eau dans un réservoir entre deux niveaux donnés, en ouvrant et en fermant des vannes électriques. Un mécanisme plus complexe pourrait impliquer une balance sous le réservoir (comme entrée) et un contrôleur d'écoulement (comme sortie) permettant à l'eau de couler avec un débit commandé. Une application industrielle typique pourrait commander plusieurs réservoirs intégrés dans un processus tels que chaque réservoir doit satisfaire une variété de conditions comme : n'être ni trop plein ni trop vide, avoir le pH dans une certaine fourchette, etc...

Un API est donc un instrument de calcul et de commande qui est relié physiquement par une interface d'entrée à des capteurs et par une interface de sortie à des actionneurs.

Il contient une unité centrale (CPU) qui gère l'ensemble du processus, elle contient le processeur, les mémoires vives et des mémoires mortes pour une taille débutant à 40K

octets. Elle est programmable par le biais d'une liaison spécifique et d'un logiciel adapté.

Le programme contient donc des variables spéciales permettant de représenter les entrées et les sorties. Ces variables, comme nous le précisons à la section suivante, sont mises à jour par l'API selon une procédure précise.

III.1 Architecteur des API :

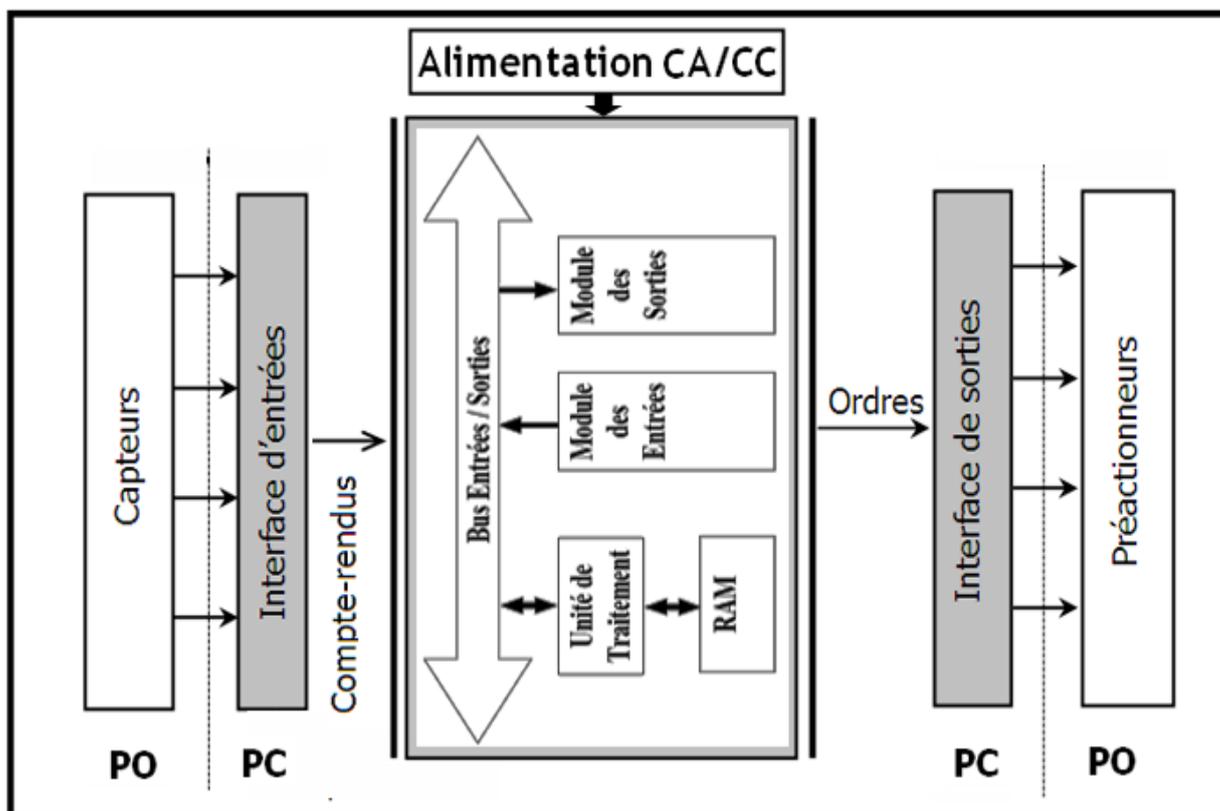


Fig III.3: Structure interne d'un API.

IV. Les éléments d'un API :

IV. 1. Unité centrale :

L'unité centrale UC est une carte électronique basée autour du processeur, qui assure toutes les opérations arithmétiques et logiques avec la temporisation et le comptage.

Il existe trois technologies de réalisation :

- ✓ La technologie câblée

- ✓ La technologie à microprocesseur
- ✓ La technologie mixte. [3]

IV.1.1 Le processeur :

Le processeur a pour rôle principale de traitement des instructions qui constituent le programme de fonctionnement de l'application. Mais en dehors de cette tâche de base, il réalise également d'autres fonctions :

- gestion des entrées/sorties.
- Surveillance et diagnostic de l'automate par une série de tests lancés à la mise sous tension ou cycliquement en cours de fonctionnement.
- dialogue avec le terminal de programmation aussi bien pour l'écriture et la mise au point de programme qu'en cours d'exploitation pour des réglages ou des vérifications de données.

Le processeur est organisé autour d'un certain nombre de registres, ce sont des mémoires rapides permettant la manipulation des informations qu'elles retiennent, ou leur combinaison avec des informations extérieures.

Les principaux registres existants dans un processeur sont :

IV.1.2. l'accumulateur :

C'est le registre où s'effectuent les opérations du jeu d'instruction, les résultats sont contenus dans ce registre spécial.

IV.1.3. le registre d'instruction :

Il reçoit l'instruction à exécuter et décode le code opération, cette instruction est désignée par le pointeur.

IV.1.4. le registre d'adresse :

Ce registre reçoit, parallèlement au registre d'instruction, la partie opérande de l'instruction. Il désigne le chemin par lequel circulera l'information lorsque le registre d'instruction validera le sens et ordonnera le transfert

IV.1.5. Registre d'état :

C'est un ensemble de positions binaires décrivant, à chaque instant, la situation dans laquelle se trouve précisément la machine.

IV.1.6. La pile :

Une organisation spéciale de registres constitue une pile, ces mémoires sont utilisées pour contenir le résultat de chaque instruction après son exécution. Ce résultat sera utilisé ensuite par d'autres instructions, et cela pour faire place à la nouvelle information dans l'accumulateur.

IV.2. Les mémoires :

Un système à processeur est toujours accompagné d'un ou de plusieurs types de mémoires.

Les automates programmables industriels possèdent pour la plupart les mémoires suivantes :

IV.2.1. Mémoire de travail :

La mémoire de travail (mémoire vive) contient les parties du programme significatives pour son exécution. Le traitement du programme a lieu exclusivement dans la mémoire de travail et dans la mémoire système.

IV.2.2. Mémoire système :

La mémoire système (mémoire vive) contient les éléments de mémoire que CPU met à la disposition du programme utilisateur comme, mémoire image des entrées, mémoire image des sorties, mementos, temporisations et compteur. La mémoire système contient, en outre, la pile des interruptions. Elle fournit aussi la mémoire temporaire allouée au programme (pile des données locales).

IV.2.3. Mémoire de chargement ;

La mémoire de chargement sert à l'enregistrement de l'utilisateur sans affectation de mnémoniques ni de commentaires (ces derniers restent dans la mémoire de la console de

programmation). La mémoire de chargement peut être soit une mémoire vive (RAM), soit une mémoire EPROM.

IV.2. 4. Mémoire RAM non volatile :

Zone de mémoire configurable pour sauvegarder des données en de défaut d'alimentation.

IV.2. 5. Mémoire ROM :

Contient le système d'exploitation qui gère la CPU.

IV. 3. Les modules d'entrée /sortie :

Ils traduisent les signaux industriels en informations API et réciproquement, appelés aussi coupleurs. Beaucoup d'automates assurent cet interfaçage par des modules amovibles qui peuvent être modulaires par carte ou par rack. D'autres automates ont une structure monobloc.

Avec des modules intégrés dans un châssis de base, (cas des automates de télémécanique TA X17 et SIMATIC S7).

Le nombre total de modules est évidemment limité, pour des problèmes physiques :

- alimentation électrique.
- gestion informatique.
- taille du châssis.

Différents types de modules sont disponibles sur le marché selon l'utilisation souhaitée.

Les plus répandus sont :

IV.3.1. Entrée/sorties TOR (Tout ou Rien) :

La gestion de ce type de variable constitue le point de départ historique des API reste une de leurs activités majeures.

Leur nombre est en générale de 8, 16, 24 ou 32 entrées/sorties, qui peuvent fonctionner :

- en continu : 24V.
- en alternatif : 100/120V, 220/240V.

IV.3. 2. Entrées/sorties analogiques :

Elles permettent l'acquisition de mesures (entrées analogiques), et la commande (sorties analogiques). Ces modules comportent un ou plusieurs convertisseurs analogique/Numérique (A/N) pour les entrées et numérique/analogique (N/A) pour les sorties dont la résolution est de 8 à 16 bits.

Les standards les plus utilisés sont : 10V, 0-20mA, et 4-20mA.

Ces modules sont en général multiplexés en entrée pour n'utiliser qu'un seul convertisseur A/N, alors que les sorties exigent un convertisseur N/A par voie pour pouvoir garder la commande durant le cycle de l'API.

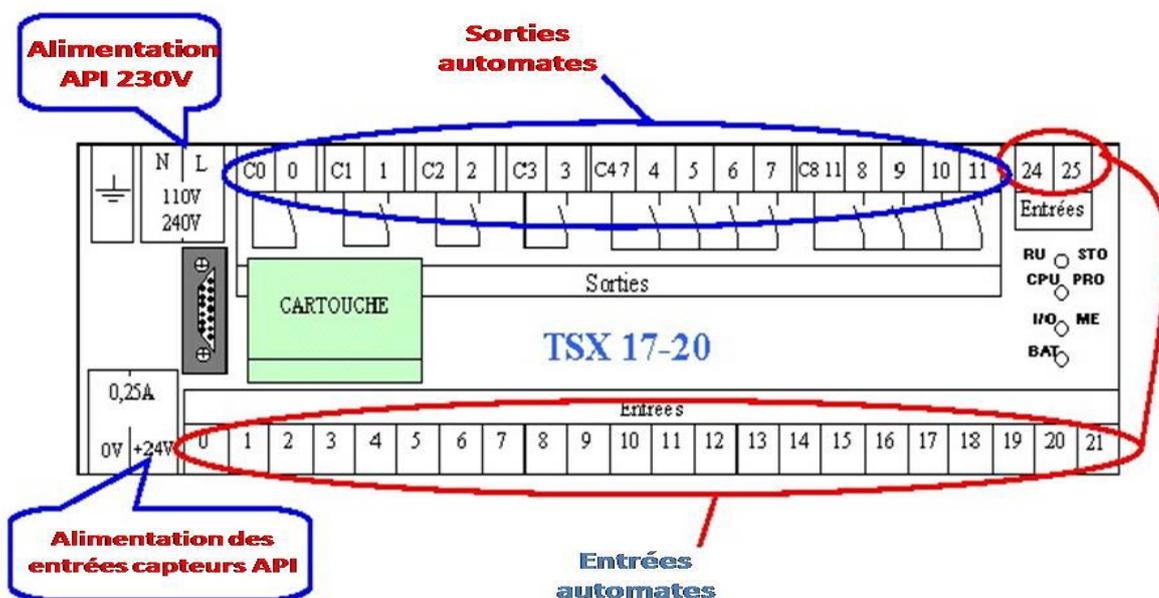


Fig III.4: Entrées/sorties analogiques.

IV.2. 3. Module spécialisés :

Ils assurent non seulement une liaison avec le monde extérieur, mais aussi une partie du traitement pour soulager le processeur et donc améliorer les performances.

Ces modules peuvent posséder un processeur embarqué ou une électronique spécialisée. [5]

V. Les liaisons :

Le μp a besoin de communication avec tous les circuits de son entourage tel que mémoire, module d'entrée/sortie ... etc.

Cette opération est assurée par trois types de BUS :

- Bus de donnée : (Data bus), bidirectionnelle qui assure le transfert des informations entre le microprocesseur et son environnement, et inversement ; son nombre de lignes est égal à la capacité de traitement du microprocesseur
- Bus d'adresse : (Adresse bus), unidirectionnel qui permet la sélection des informations à traiter dans un espace mémoire qui peut avoir 2^n emplacements, avec n =nombre de conducteurs du bus d'adresse.
- Bus de commande : (Control bus), constitué par quelques conducteurs assurent la synchronisation des flux d'informations sur les bus des données et adresses. (mémoire tréfilée). [3]

VI. L'alimentation électrique :

Elle a pour rôle de fournir tensions continues nécessaires aux composants avec de bonnes performances, notamment face aux microcoupures du réseau électrique qui constitue la source d'énergie principale. La tension d'alimentation peut être de 5V, 12V ou 24V. D'autres alimentations peuvent être nécessaires pour les châssis d'extension et pour les entrées /sorties.

Un onduleur est nécessaire pour éviter les risques de coupures non tolérées.

VII. communication d'API :

L'automate doit pouvoir se connecter et dialoguer avec d'autres matériels et les agents d'exploitation.

Besoins de communication :

L'API ne se borne pas à communiquer avec le processus qu'il pilote via ses modules d'E/S.

Parmi les autres types de relation susceptibles d'être assurées, nous citerons seulement :

- La communication avec un opérateur par un pupitre ou un terminal industriel.
- L'affichage local de valeurs numériques ou de message.
- Les échanges d'informations avec d'autre API ou système de commande.
- Les échanges d'informations avec des capteurs et actionneur intelligents.
- Les échanges d'informations avec un superviseur.
- Les échanges d'informations avec un processeur maitre, ou avec des esclaves, dans le cadre d'un réseau. [5]

VIII. Comportement des Automates Programmables Industriels :

Le moniteur d'exécution d'un API peut être composé de plusieurs sous-programmes appelés tâches. Une tâche est un ensemble d'opérations programmées pour s'exécuter successivement, puis s'arrêter jusqu'au prochain lancement. Dans un automate programmable industriel, une tâche peut être :

- Cyclique : la tâche est immédiatement relancée après sa fin.
- Périodique : la tâche est relancée toutes les T unités de temps.
- Événementielle : la tâche est lancée à chaque fois qu'un événement pré définit se produit.

L'exécution d'une tâche est un cycle composé de trois phases (figure I.3) .

- l'acquisition des entrées : les variables d'entrées sont accessibles en lecture seule. Pendant cette première phase, leurs valeurs sont lues et ensuite stockées dans la mémoire de l'API,

- le traitement interne : c'est une phase d'exécution du programme et de calcul des valeurs des sorties à partir des valeurs stockées en mémoire dans la phase précédente, les résultats des calculs sont ensuite à leur tour stockés en mémoire,
- l'affectation des sorties : les variables de sorties sont accessibles en écriture seule. Pendant cette phase, leurs valeurs sont mises à jour à partir des valeurs calculées dans la phase de traitement interne.

Les APIs peuvent être programmées selon deux modes différents :

- mode mono-tâche : le moniteur d'exécution comporte une unique tâche cyclique, appelée tâche maître.
- mode multitâches : le moniteur d'exécution comporte plusieurs tâches dont l'ordonnancement est réalisé en fonction de leurs priorités. A tout moment, une seule tâche est active et chaque tâche possède son propre cycle d'acquisition des entrées, traitement interne et affectation des sorties. Les tâches possibles sont :

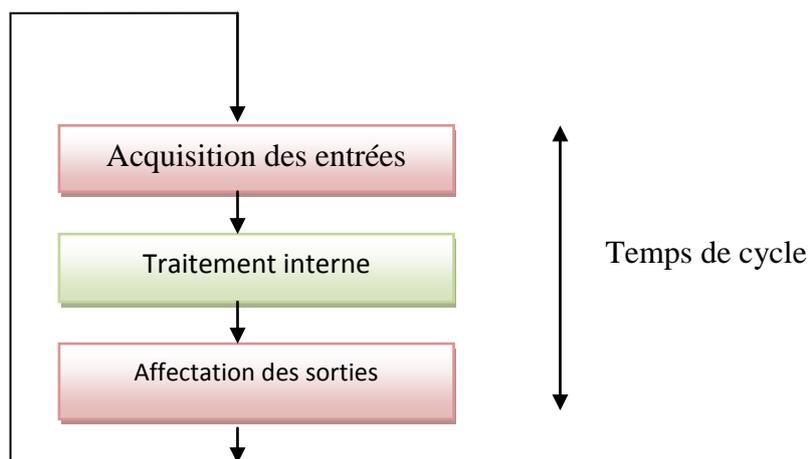


Fig III.5 : un cycle de la tâche.

- La tâche maître : elle est unique et cyclique.
- La tâche rapides: elle est optionnelle et périodique, mais peut lire un nombre limité d'entrées.
- La tâche événementielle : elle est optionnelle. Elle a accès à un nombre limité d'entrées, de variables internes et de sorties. [7]

IX. Critères de choix d'un automate :

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe et les contacts commerciaux et expériences vécues sont déjà un point de départ.

Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir

"se retourner" en cas de "perte de vitesse" de l'une d'entre elles.

Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels et une trop grande diversité des matériels peut avoir de graves répercussions. Un automate utilisant des langages de programmation de type GRAFCET est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions.

La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économies (achat du logiciel et formation du personnel). Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables. [8]

Il faut considérer particulièrement les points suivants :

- le nombre d'E/S ; attention aux possibilités d'extension et à leur forme (même châssis, châssis rajoutés, E/S déportées) ;
- la taille du programme ; outre la limitation de taille globale par la mémoire programme, peuvent exister des limitations catégorielles liées à un type de programmation ; peu d'API pourraient traiter un programme correspondant à des milliers d'étapes GRAFCET.
- la vitesse de traitement ; rappelons qu'elle est variable et dépend essentiellement du type du μ p, certaines machines offrent la possibilité de « tâche rapide », avec un gain en vitesse mais des fonctionnalités restreintes pour ces tâches;
- les fonctions complémentaires : temporisateurs et compteurs; leurs caractéristiques (gamme de base de temps, cadence de comptage, types de fonctionnement tels que sorties impulsionneiles, types de remises à zéro) sont aussi importantes que leur nombre dans certaines applications .

- les langages de programmation ; la norme ne constitue qu'un socle ; les jeux d'instruction sont plus ou moins riches : voir le problème des extensions du GRAFCET (forçage), des traitements sur mots ;
- le nombre de voies analogiques ; attention au nombre de sorties, à la quantification et aux modes de conversion analogique/numérique et réciproquement, qui influent sur les temps de réaction ; ainsi qu'à la manière dont est géré le temps réel en régulation .
- le nombre et le type de liaisons inter processeurs ; l'existence de plusieurs liaisons potentielles, en particulier de liaisons série, est un avantage .
- la capacité de traitement arithmétique ; elle est encore plus difficile à évaluer que pour le TOR ; certains tests portant sur une catégorie d'opérations apportent des indications partielles mais utiles .
- la bibliothèque fonctionnelle ; plus elle est riche mieux cela vaut... si le temps de calcul suit et que l'interconnexion des blocs est facile ; ne pas oublier, par exemple, qu'un algorithme de régulation basé sur la logique floue prend 3 à 5 fois plus de temps de calcul qu'un PID ; -les modes de communication ; il est souhaitable de disposer de plusieurs protocoles hors le protocole propriétaire ; noter aussi les capacités d'échange : MODBUS est un protocole très répandu, mais qui gère des échanges assez lents.[5]:

X. Avantages de l'automate programmable industriel :

Les avantages de l'automate sont nombreux, pour l'utilisateur. Ils se situent à plusieurs niveaux:

Logiciel

- ✓ Absence d'entretien.
- ✓ Robustesse.
- ✓ Economie.
- ✓ Sûreté.

- ✓ Gagne en temps.

Industriel

- ✓ Cahier des charges accessible à tous (souplesse d'application).
- ✓ Sauvegarde de programmes.
- ✓ Simplicités des langages de programmation.
- ✓ Possibilité de dialogue avec son entourage.

Exploitation

- ✓ Souplesse d'emploi.
- ✓ Connexions aux organes de gestion.
- ✓ Intervention sur processus en cours.
- ✓ Modification instantanée (par console) du programme.
- ✓ Suivi temps réel l'évolution de l'automatisme.
- ✓ Exploitation (fonctionnement) en conditions sévères.

IV. SIMATIC S7-300 :

IV.1. Vue d'ensemble des constituants :



Fig III.6: SIMATIC S7-300 .

IV.2. La gamme des modules comprend :

des CPU de différents niveaux de performance des modules de signaux pour entrées et sorties TOR et analogiques (cf. manuel de référence Caractéristiques des modules) des modules de fonction pour différentes fonctions technologiques (description dans les manuels respectifs) des CP pour les tâches de communication (description dans les manuels respectifs) des modules d'alimentation pour le raccordement du S7-300 sur secteur 120/230 V ca,(cf. manuel de référence Caractéristiques des modules) des coupleurs pour configurer un automate sur plusieurs profilés-supports (cf. manuel de référence Caractéristiques des modules)

Tous les modules du S7-300 sont montés sous boîtier procurant le degré de protection IP 20 et peuvent fonctionner sans ventilation forcée.

IV. 3. Structure d'un S7-300 :

Un automate S7-300 est constitué des éléments suivants :

- Alimentation (PS).
- CPU.
- Modules de signaux (SM) .
- Modules de fonction (FM).

➤ Processeurs de communication.

Plusieurs automates S7-300 peuvent communiquer entre eux et avec d'autres automates SIMATIC S7 au moyen d'un câble-bus PROFIBUS.

Le S7-300 est programmé à l'aide d'une console de programmation (PG). Cette PG est à relier à la CPU par un câble PG. [16]

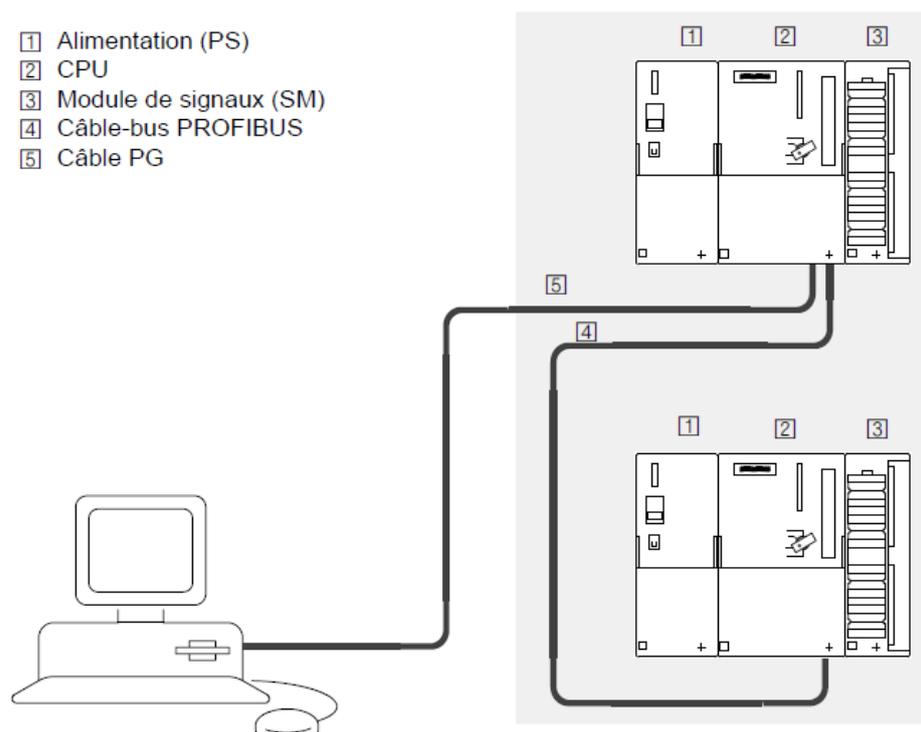


Fig III.7: Constituants d'un S7-300

IV. 4. Domaine d'application :

Le SIMATIC S7-300 offre des solutions pour les tâches d'automatisation les plus diverses dans les secteurs suivants :

- Fabrication manufacturière .
- Industrie automobile.
- Construction mécanique générale.
- Construction de machines spéciales, OEM.
- Plasturgie.

- Industrie de l'emballage.
- Industrie agro-alimentaire.
- Génie procédés.

IV. 5. Modularité :

Le **S7-300** est de conception modulaire. Vous pouvez le composer en fonction de vos besoins, à partir d'un vaste éventail de modules.

La gamme des modules comprend :

- Des CPU différents niveaux de performance .
- Des modules de fonction pour différents fonctions technologiques .
- Des CP pour les tâche de communication des modules d'alimentation pour le raccordement du S7-300 sur secteur 120/230 V ca.
- Des coupleurs pour configurer un automate sur plusieurs profilés.

Tous les modules du S7-300 sont montés sous boîtier procurant le degré de protection IP 20 et peuvent fonctionner sans ventilation forcée.

IV. 6. Mise en réseau flexible et performant :

Les interfaces intégrées directement à la CPU permettent la réalisation d'un réseau de communication performant bâti autour d'une technologie du bus largement répandue. Pour les fonctions PG, de conduite et de supervision. Des ressources de connexion sont suffisantes pour raccorder de multiples interfaces homme-machine. Grâce à la fonction de routage, Une PG, située un endroit indifférent du réseau , peut communiquer avec tous partenaires du réseau . (Rubaneuse 2006(05))

IV. 7. Interface multipoints MPI :

L'interface MPI est l'interface de la utilisée pour la console de programmation (PG), le pupitre opérateur (OP) ou pour la communication au sein d'un sous réseau MPI .

IV. 8. PROFIBUS DP :

LeS7-300 SIMATIC peut être raccordé au bus de terrain ouvert PROFIBUSE DP pour la réalisation économique d'automatismes décentralisés de grande ouvrage,

Des possibilités de communication sont ainsi ouvertes vers une multitude de partenaires, depuis les automates SIMATIC jusqu'aux appareils de terrain d'autres constructeurs.

La communication avec les automates SIMATIC S5 ou SIMATIC 505 existants est également possible. La configuration de la périphérie décentralisée s'effectue à l'aide de STEP 7 comme pour la périphérie centralisée, ce qui réduit les coûts d'ingénierie.

Le S7-300 s'utilise en tant que maître ou esclave.

IV. 9. Présentation d'un CPU :

Gamme des CPU : on peut choisir le CPU de S7-300 parmi série suivant :

CPU 312	CPU 313	CPU 314	CPU 314I	CPU 315	CPU 315	CPU 316	CPU 318-2
IFM			IFM		2 DP	2 DP	

IV. 9. 1. Organes de commande et de visualisation des CPU :

la figure (III.8) représente les organes de commande et de visualisation d'un CPU. Sur certaines CPU, la disposition des organes diffère de celle représentée ici. Les CPU ne disposent pas toujours de tous les organes représentés.

IV. 9. 2. carte mémoire :

Fig III.8 : organes de commande et de visualisation des CPU 312 IFM à 318-2 DP

la plupart des CPU en possèdent, son rôle est de sauvegarder le programme utilisateur, le système d'exploitation et les paramètres qui déterminent le comportement de la CPU et des modules en cas de coupure de courant.

IV. 9. 3. Caractéristiques techniques des CPU :

La famille S7-300 comporte un large choix de CPU. Vous disposez ainsi de différentes fonctions permettant de concevoir la meilleure solution. Le tableau d'annexe (A) résume les principales caractéristiques de chaque CPU S7-300.

IV. 9. 4. Accumulateur 1 et Accumulateur 2 :

Registres sur 32 bits permettent de traiter des octets, des mots ou des doubles mots. Ils sont utilisés pour le chargement des opérandes. Le résultat d'une opération se trouve toujours dans l'accumulateur 1.

IV. 9. 5. Registres d'adresses : AR1 et AR2 :

Deux registres sur 32 bits, renfermant les adresses des opérandes en cours d'utilisation.

IV. 9. 6. Pile de parenthèses :

Octet de mémoire utilisé pour les combinaisons d'expressions entre parenthèses, on peut avoir jusqu'à 7 niveaux de parenthèses, appelé «entrées », chaque entrée en globale les bits du mot d'état suivants ;RLG, RB, OU.

L'opération fermer parenthèse ") " ferme l'expression entre parenthèse et extrait une entrée de la pile, puis définit le nouveau RLG qui est le résultat de la combinaison du RLG en cours avec celui mis dans la pile des parenthèse. [3]

V.SIMATIC S7-200 :

V.1. Présentation du micro-automate S7-200 :

La famille S7-200 est constituée de micro-automates programmables utilisables dans des applications d'automatisation variées. La figure 1-1 présente un micro-automate S7-200. Sa forme compacte, ses possibilités d'expansion, son faible prix et son important jeu d'opérations en font une solution idéale pour la commande de petites applications. En outre, le large choix de tailles et de tensions de CPU vous offre la souplesse nécessaire pour résoudre vos problèmes d'automatisation.

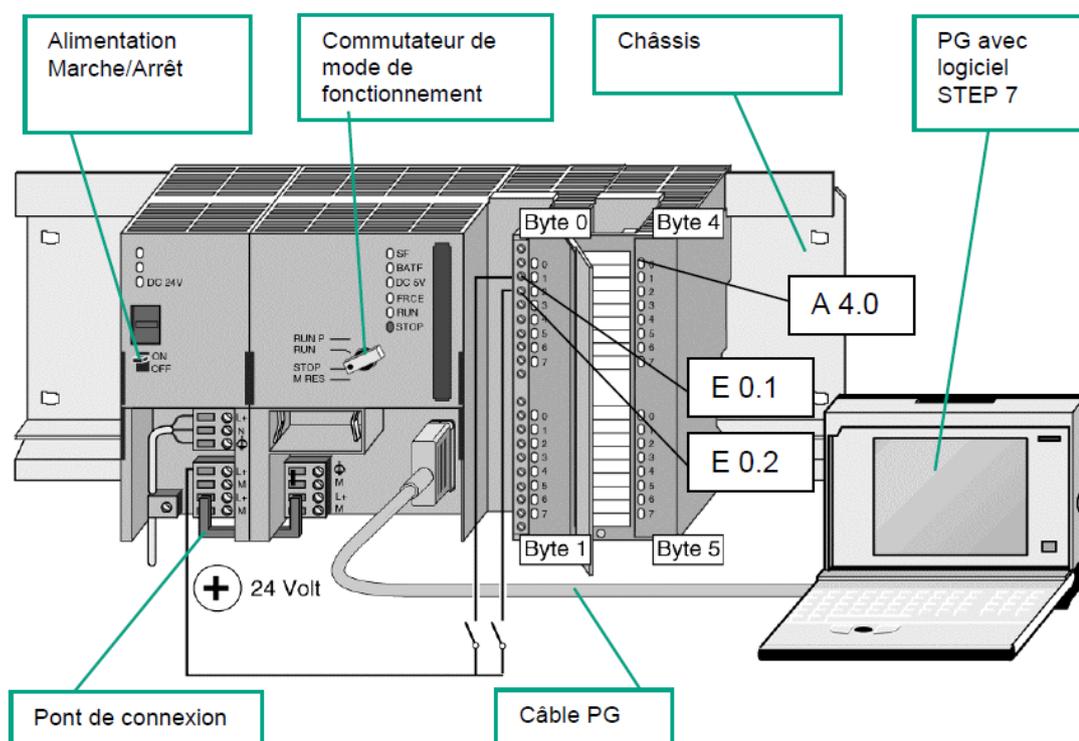


Fig III.9: module d'un S7-200.

V.2. Composantes principales de l'automate programmable S7-200 :

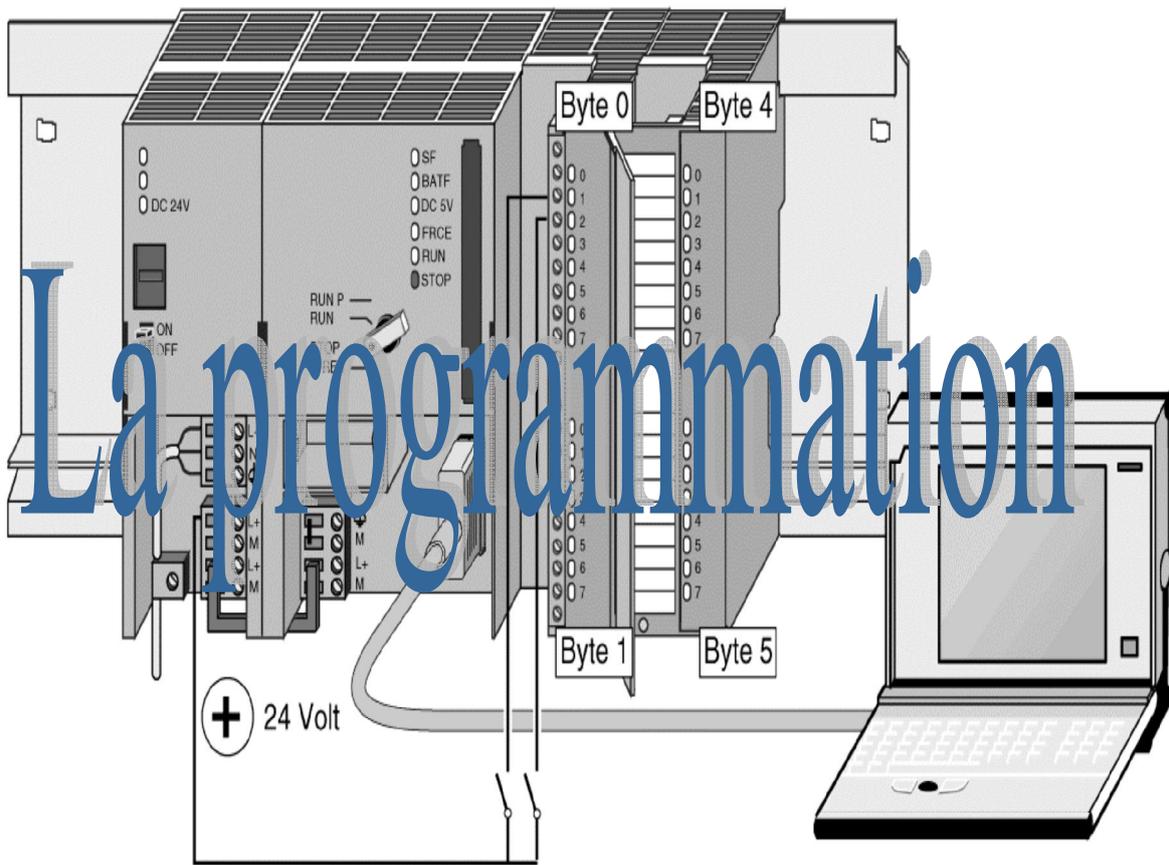
Un automate programmable S7-200 consiste en une CPU S7-200 seule ou complétée de divers modules d'extension facultatifs.

CPU S7-200

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

- La CPU exécute le programme et sauvegarde les données pour la commande du processus ou de la tâche d'automatisation.
- Les entrées et les sorties TOR sont les points de commande du système : les entrées surveillent les signaux des appareils sur site (tels que capteurs et commutateurs) et les sorties commandent pompes, moteurs et autres appareils dans votre processus.
- L'alimentation fournit de l'énergie électrique à la CPU et à tout module d'extension connecté.
- Les interfaces de communication vous permettent de connecter la CPU à une console de programmation ou à d'autres appareils.
- Des témoins (DEL) d'état donnent des informations visuelles sur l'état de fonctionnement de la CPU (Marche – RUN – ou Arrêt – STOP –), l'état en vigueur des entrées/sorties locales et la détection éventuelle d'une défaillance système.
- Vous pouvez ajouter des E/S supplémentaires à la CPU par l'intermédiaire de modules d'extension (à l'exception de la CPU 221 pour laquelle ce n'est pas possible).
- Il est possible d'adjoindre des liaisons de communication aux performances plus élevées avec des modules d'extension.
- Certaines CPU comportent une horloge temps réel intégrée alors que d'autres ont une cartouche d'horloge temps réel optionnelle.
- Une cartouche EEPROM série enfichable (en option) vous permet de stocker des programmes CPU ou de transférer des programmes d'une CPU dans une autre.
- Une cartouche pile enfichable (en option) permet d'étendre la rémanence de la mémoire de données en mémoire vive.[15]

Chapitre 04 :



La programmation

I. Introduction :

SIMATIC STEP 7 est le logiciel de programmation le plus connu au monde et le plus utilisé dans le domaine de l'automatisation industrielle. Ce chapitre est consacré à la présentation de ce logiciel.

Le STEP 7 est le progiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC. Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Le progiciel de base STEP 7 existe en plusieurs versions :

I.1. Les Tâches fondamentales :

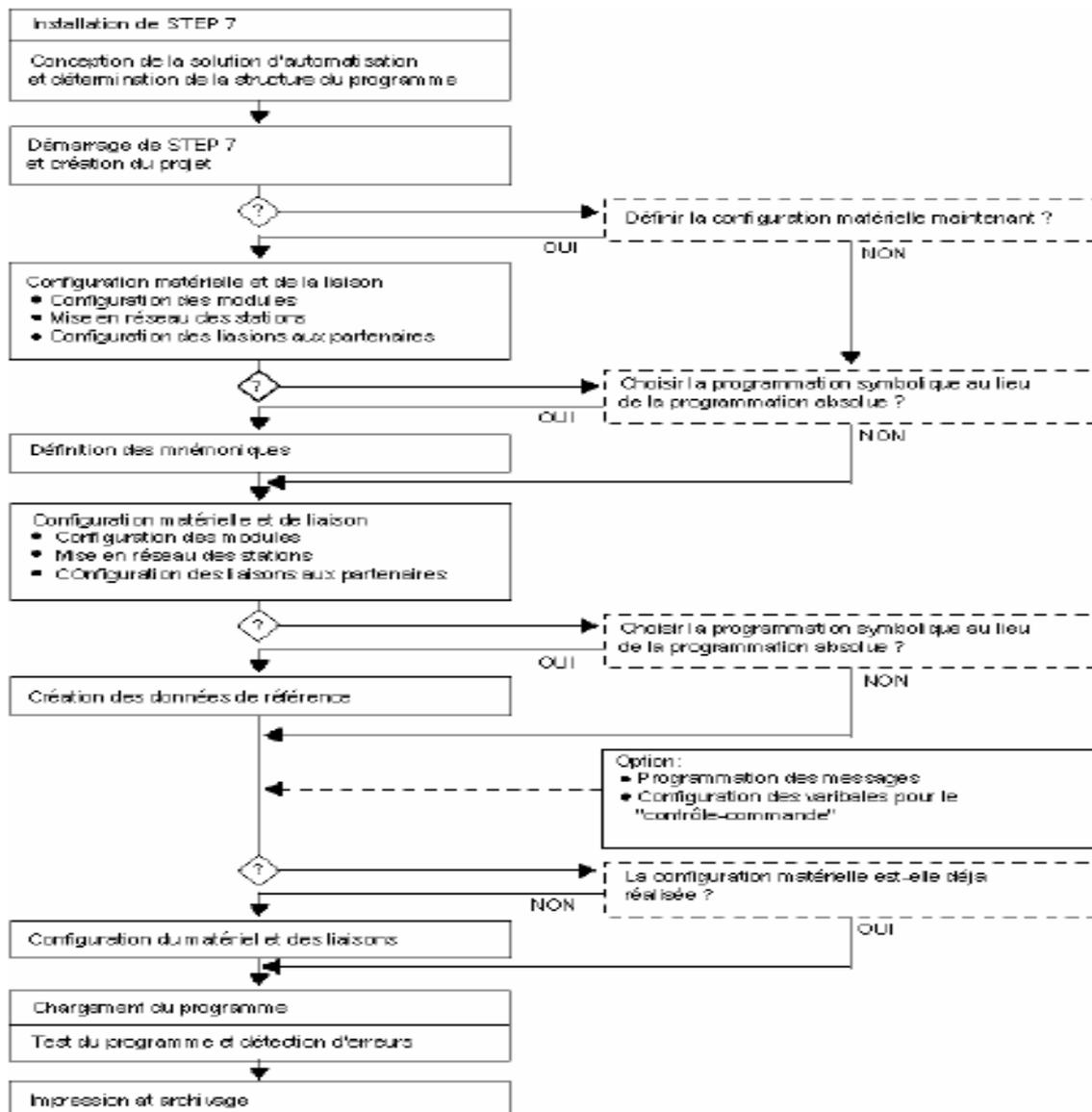


Fig IV.1 : indique les tâches à exécuter dans la majorité des projets et les étapes selon la marche à suivre.

I.2. Fonctions de base du logiciel :

Le logiciel de base vous assiste dans toutes les phases du processus de création de vos solutions d'automatisation, comme par exemple :

- la création et la gestion de projets.
- la configuration et le paramétrage du matériel et de la communication.
- la gestion des mnémoniques.
- la création de programmes, par exemple pour les systèmes cible S7.
- le chargement de programmes dans des systèmes cible.
- le test de l'installation d'automatisation.
- le diagnostic lors de perturbations de l'installation.

La conception de l'interface utilisateur du logiciel STEP 7 répond aux connaissances ergonomiques modernes et son apprentissage est très facile.

I.3. Les applications du logiciel STEP 7 :

Le logiciel STEP 7 met à disposition les applications de base suivantes :

- Editeur de mnémoniques.
- Gestionnaire de projets SIMATIC.
- Configuration de la communication NETPRO.
- Configuration du matériel.
- Langages de programmation CONT LOG LIST.
- Diagnostic du matériel. [19]

I.4. Interaction du logiciel et du matériel :

A l'aide du logiciel STEP 7, on crée le programme S7 dans un projet. L'automate S7 est constitué d'un module d'alimentation, d'une CPU et de modules d'entrées ou de sorties (modules d'E/S).

L'automate programmable (AP) contrôle et commande à l'aide du programme S7 la machine. L'adressage des modules d'E/S se fait par l'intermédiaire des adresses du programme S7.

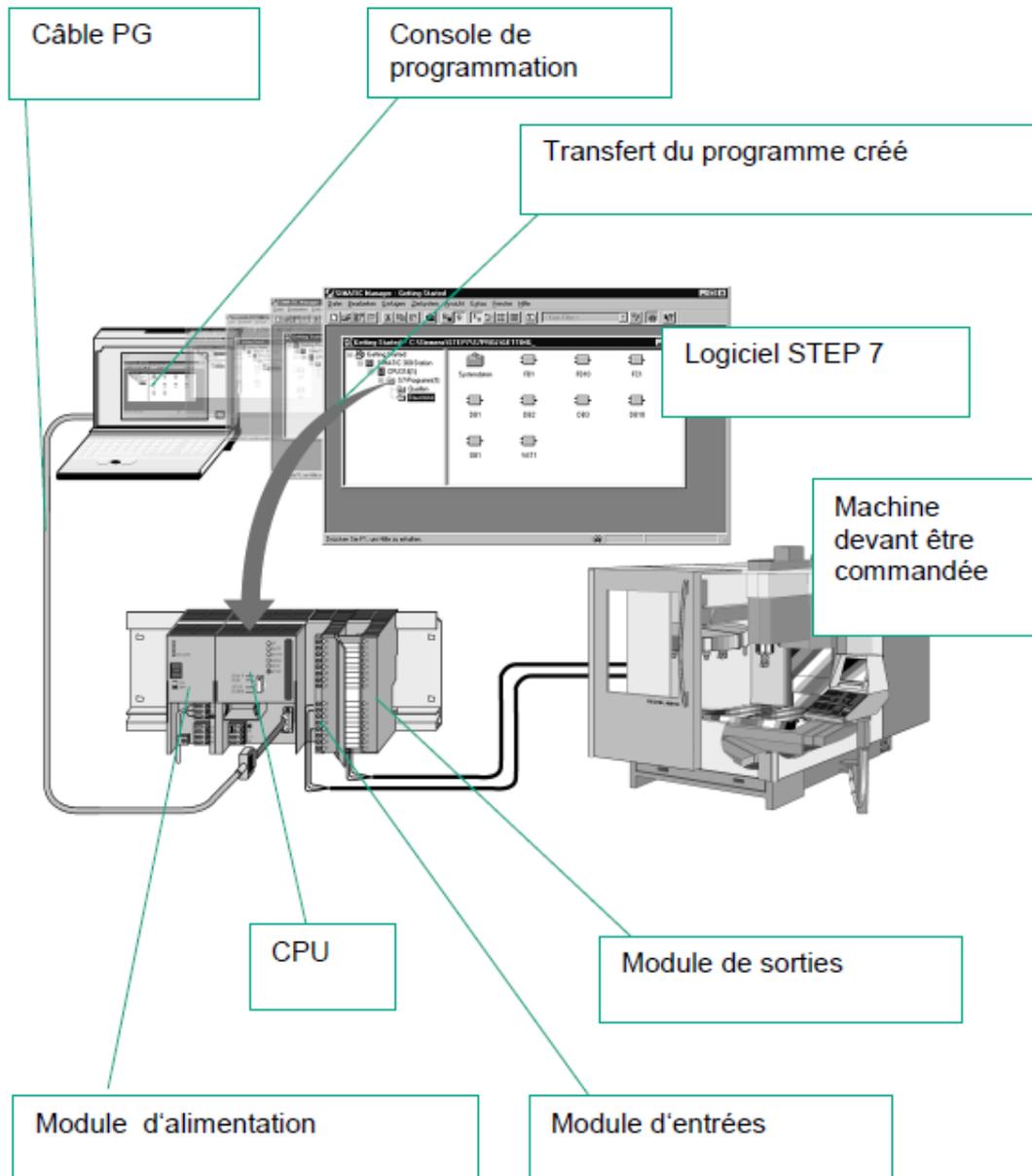


Fig IV.2 : les différents parti du STEP 7

Avant de créer un projet, différentes approches sont possibles. En effet, dans le STEP 7 différents ordre de procéder sont possible.

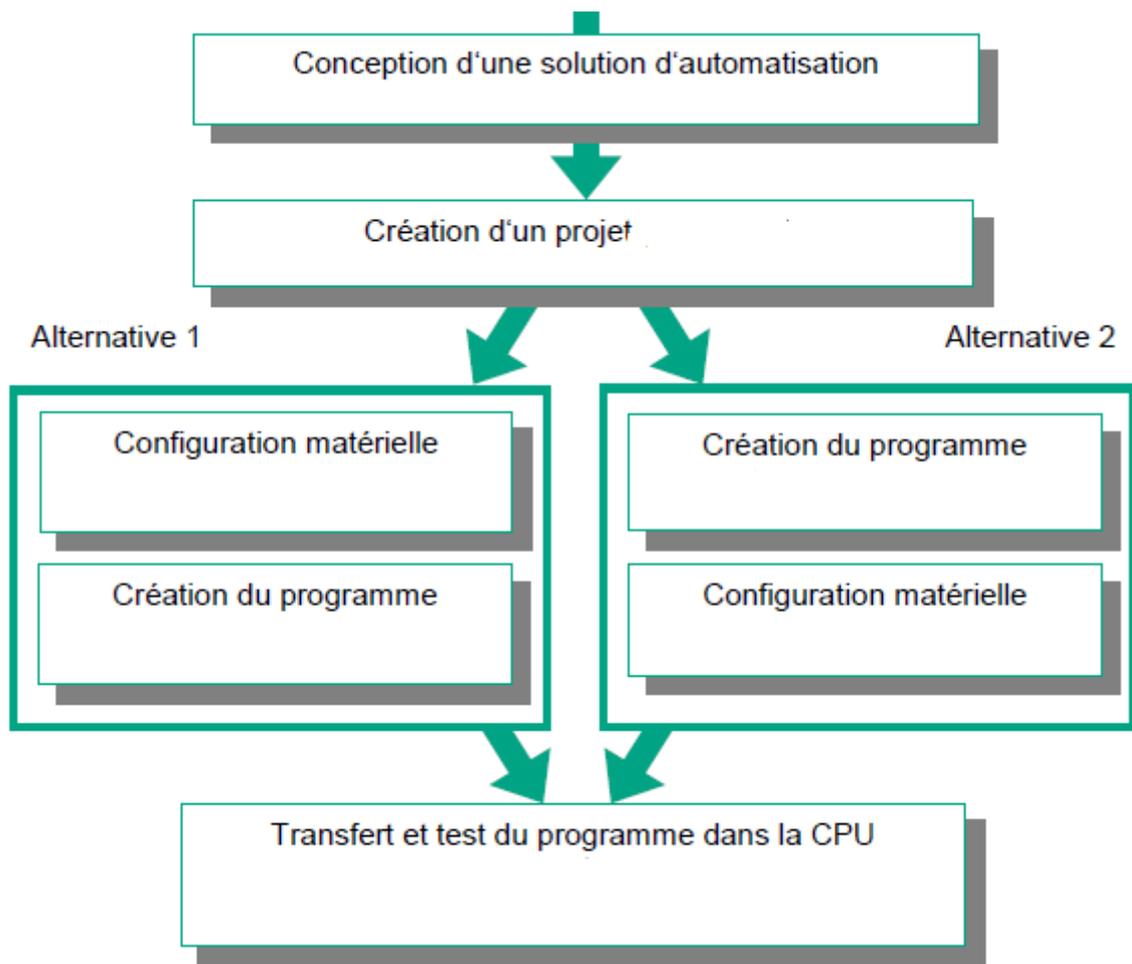


Fig IV.3 :les deux possible pour un projet.

Si le programme contient beaucoup d'entrées et de sorties, il est recommandé de commencer par configurer le matériel, l'application de configuration matérielle de STEP 7 présentant l'avantage que les adresses y sont sélectionnées pour l'utilisateur.

Si la seconde alternative, est choisie les adresses sont recherchées en fonction des constituants choisis. Alors on ne peut pas bénéficier de la fonction d'adressage automatique de STEP 7.

La configuration matérielle permet non seulement de sélectionner les adresses, mais également de modifier les paramètres et les propriétés des modules. Pour la mise en œuvre de plusieurs CPU, il faut par exemple modifier les adresses MPI des CPU.

❖ Adresse absolue :

Chaque entrée et chaque sortie possède par défaut une adresse absolue déterminée par la configuration matérielle. Celle-ci est indiquée de manière directe, c'est-à-dire absolue.

L'adresse absolue peut être remplacée par des noms symboliques pouvant être librement choisis.

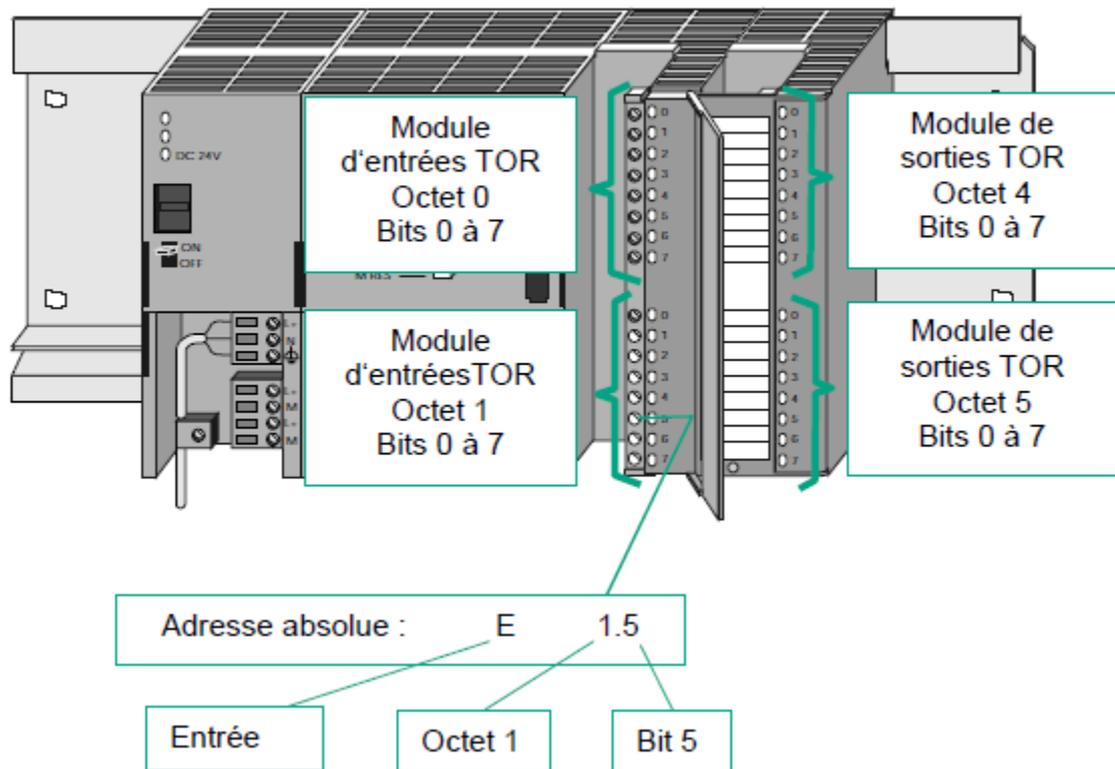


Fig IV.4 : symbole d'adresse absolue.

II. Gestionnaire de projets SIMATIC :

Le gestionnaire de projets SIMATIC gère toutes les données relatives à un projet d'automatisation - quel que soit le système cible (S7/M7/C7) sur lequel elles ont été créées. Le gestionnaire de projets SIMATIC démarre automatiquement les applications requises pour le traitement des données sélectionnées.

Le schéma suivant représente la fenêtre qui apparaît à l'ouverture du SIMATIC manager :

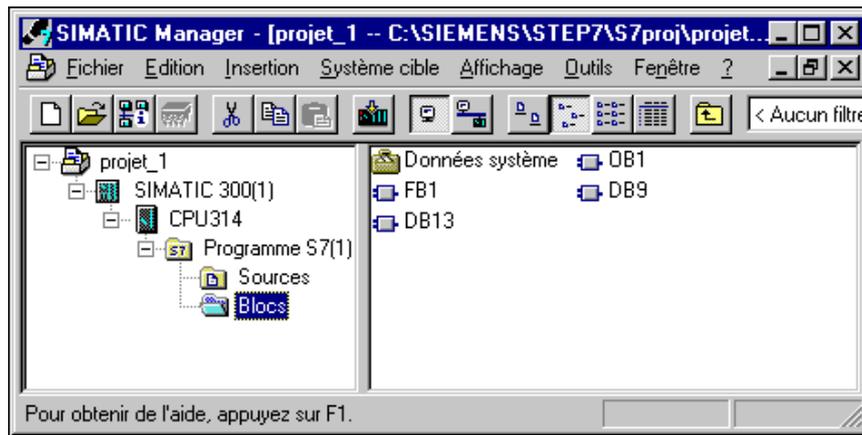


Fig IV.5 : Fenêtre du SIMATIC manager.

II.1. Création d'un projet :

Double cliquez sur l'icône STEP 7-Micro/WIN 32 du bureau de Windows ou sélectionnez Simatic > STEP 7-Micro/WIN 32 dans le menu Démarrer afin d'exécuter l'application. Un nouveau projet STEP 7-Micro/WIN 32 s'ouvre.

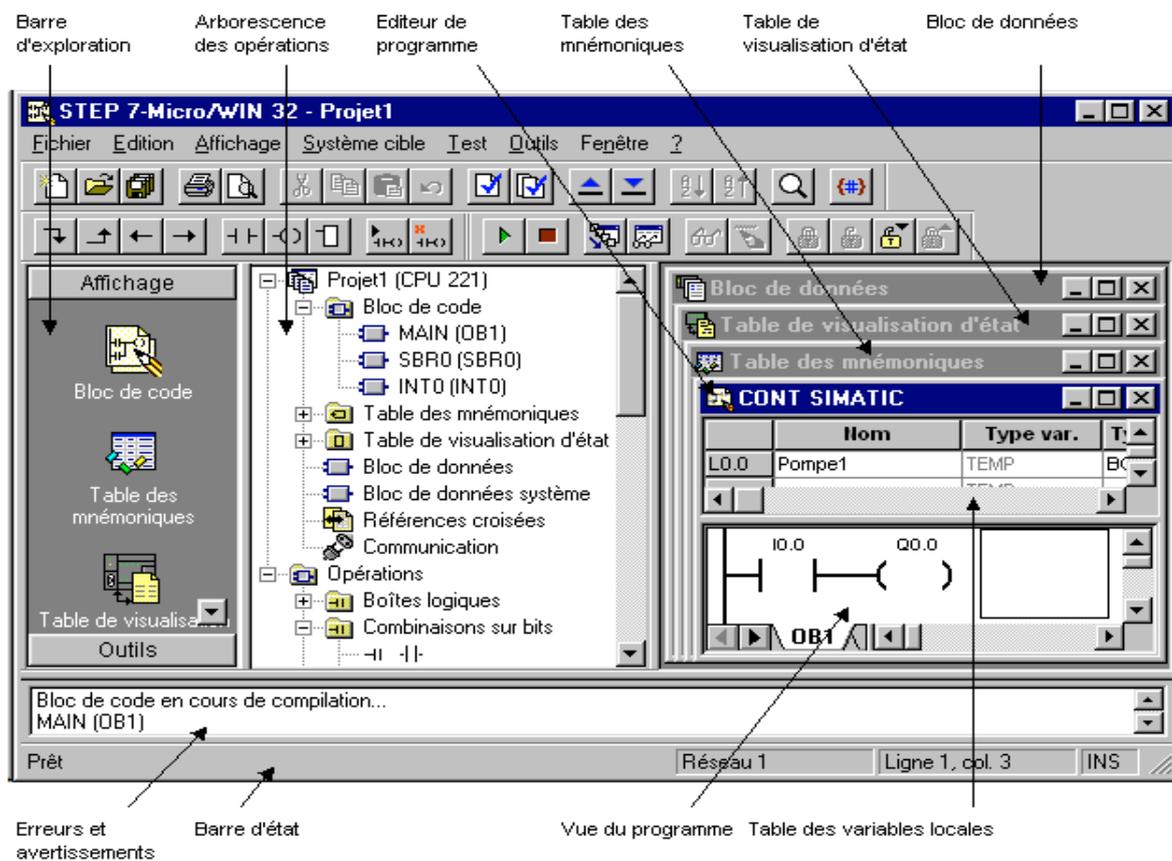


Fig IV.6 : Fenêtre du nouveau projet.

❖ Un projet comporte cinq composantes principales :

II.1.1. Bloc de code :

Le bloc de code est composé de code exécutable et de commentaires. Le code exécutable comprend un programme principal (OB1) ; et des sous-programmes (SBRi) et programmes d'interruption facultatifs (INT j). Le code est compilé et chargé dans l'AP ; ce n'est pas le cas des commentaires de programme.

II.1.2. Bloc de données :

Le bloc de données est composé de données (valeurs de mémoire initiales, valeurs de constantes) et de commentaires. Les données sont compilées et chargées dans l'AP ; ce n'est pas le cas des commentaires.

II.1.3. Bloc de données système :

Le bloc de données système contient les informations de configuration, telles que paramètres de communication, zones de données rémanentes, filtres d'entrées analogiques et TOR, valeurs de sortie en cas de passage à l'arrêt et informations sur le mot de passe. Les informations du bloc de données système sont chargées dans l'AP.

II.1.4. Tables des mnémoniques :

La table des mnémoniques permet au programmeur d'utiliser l'adressage symbolique. Les mnémoniques sont parfois plus pratiques et permettent de suivre la logique du programme plus facilement. Le programme compilé chargé dans l'AP convertit tous les mnémoniques en adresses absolues. Les informations de la table des mnémoniques ne sont pas chargées dans l'AP.

II.1.5. Tables de visualisation d'état :

Les informations des tables de visualisation d'état ne sont pas chargées dans l'AP.[14]

III. Installation de STEP 7 :

Que vous vouliez commencer par la programmation ou par la configuration matérielle, vous devez tout d'abord installer STEP 7, à moins que vous n'utilisiez une PG SIMATIC sur laquelle STEP 7 est déjà installé. Pour installer le logiciel STEP 7 sur une PG/PC sans logiciel préinstallé, tenez compte de l'environnement logiciel et matériel requis. Vous trouvez ceux-ci décrits dans le fichier Lisez moi qui se trouve sur le CD-ROM de STEP 7 sous <Lecteur>:\STEP 7\Disk1

III. 1. Lancer SIMATIC manager et créer un projet :

Le lancement de STEP 7 fait s'ouvrir le gestionnaire de projets SIMATIC Manager. L'assistant de STEP 7 est par défaut toujours activé. Celui-ci a pour but de vous assister dans la création de votre projet STEP 7. La structure du projet sert à ordonner les données et programmes créés au cours du projet.



Double-cliquez sur l'icône SIMATIC Manager. Ceci lance l'assistant de STEP 7.

Avec Aperçu, vous pouvez afficher ou masquer la structure du projet créé. Avec Suivant, vous passez à la feuille suivante de l'assistant

Fig IV.7 : Fenêtre du assistant de STEP 7.

Sélectionnez pour l'exemple de projet de notre "Getting Started" la CPU 314. Cet exemple a été conçu de telle sorte que vous pouvez sélectionner la CPU qui vous a été livrée.

L'adresse MPI est réglée par défaut sur 2.

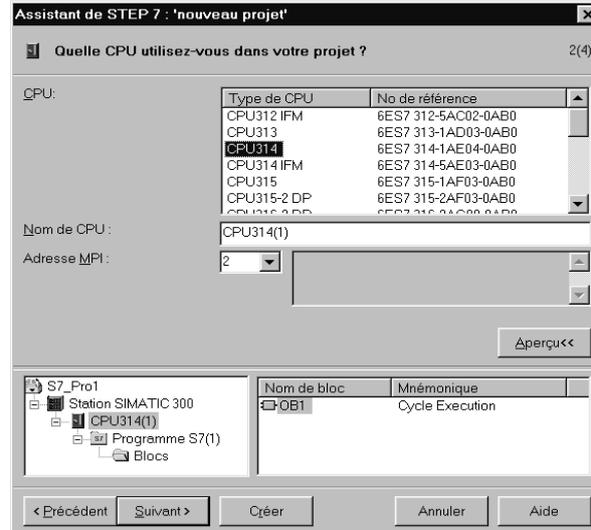


Fig IV.8 : l'exemple de projet de notre "Getting Started" la CPU 314.

Sélectionnez le bloc d'organisation **OB1** (s'il n'est déjà sélectionné). Choisissez votre langage de Programmation : **CONT**, **LOG** ou **LIST**

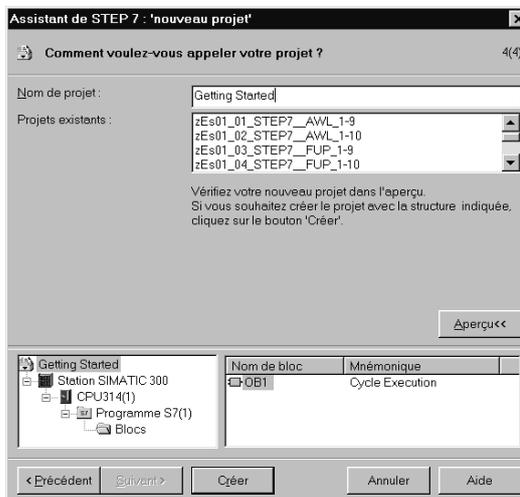


Fig IV.9 : nomination de nouveau projet.

Sélectionnez en double-cliquant dans la zone de texte "Nom du projet" le nom proposé et entrez à la place de celui-ci "Getting Started".

Si vous cliquez sur Créer, votre nouveau projet sera créé selon la structure que vous pouvez voir avec Aperçu.

III. 2. Structure du projet dans SIMATIC manager et appel de l'aide de STEP 7 :

Dès que l'Assistant est refermé, SIMATIC Manager apparaît de nouveau avec la fenêtre du projet "Getting Started" qui vient d'être créé ouverte. C'est à partir de cette fenêtre que vous allez appeler toutes les fonctions et les autres fenêtres de STEP 7.

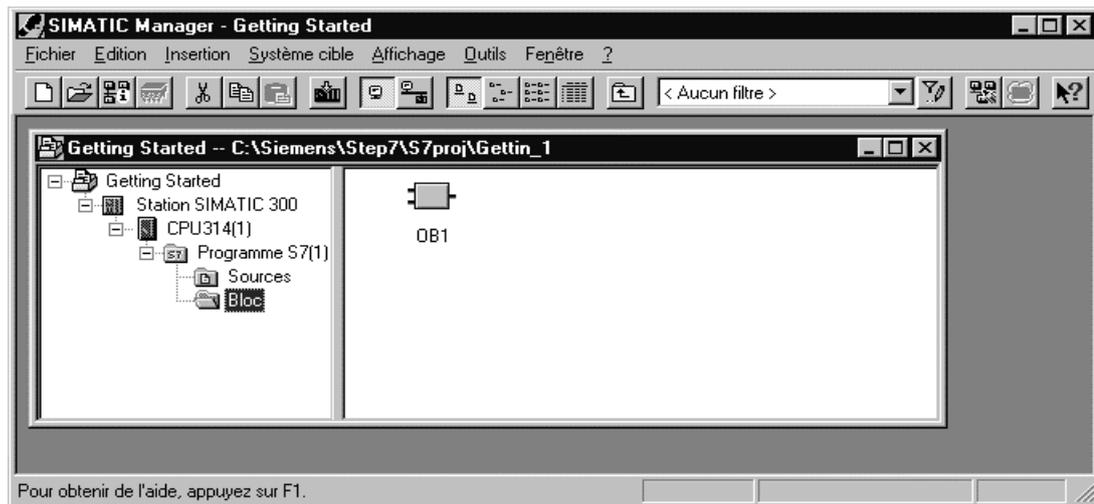


Fig IV.10 : les fonctions du SIMATIC manager

Alternative 1 :

Sélectionnez une commande de menu quelconque et appuyez sur la touche de fonction F1. Une aide contextuelle s'affiche alors sur la commande en question.

Alternative 2 :

Cliquez dans la barre des menus sur ?

et sélectionnez-y la commande Rubriques d'aide. Ceci ouvre le menu de l'Aide de STEP 7.

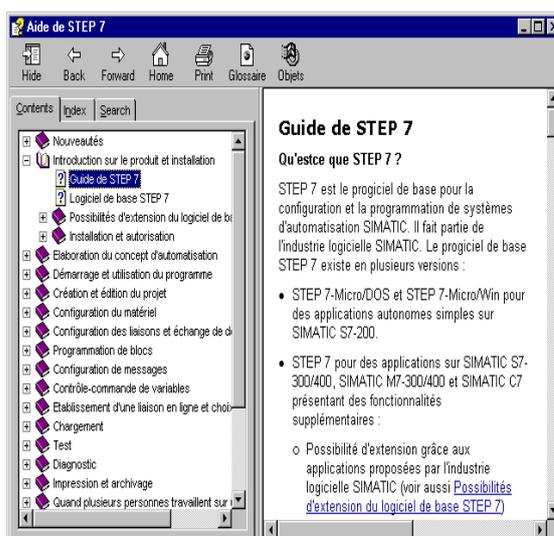


Fig IV.11 : le menu de l'Aide de STEP 7.

Dans la partie gauche de la fenêtre est affiché le sommaire avec toutes les rubriques traitées, dans la partie droite la rubrique sélectionnée. Naviguez dans le sommaire jusqu'à la rubrique désirée en ouvrant éventuellement par un clic sur le signe + les livres pour afficher les rubriques qu'il contient. Quand vous sélectionnez une rubrique, son contenu s'affiche aussitôt dans la partie droite de la fenêtre

Avec Index et Rechercher, vous pouvez entrer vos critères de recherche afin de cibler la recherche.

Alternative 3 :

Cliquez sur le curseur d'aide. Le prochain clic sur un objet quelconque affiche l'aide pour cet objet. [11]

III.3. Création d'un programme dans l'OB1 :

Ouvrir l'éditeur de programme dans la vue CONT, LIST ou LOG et ouvrir l'OB1

Pour créer un programme S7, on dispose dans STEP 7 de trois langages de programmation CONT, LIST ou LOG. Dans la pratique et pour ce chapitre,

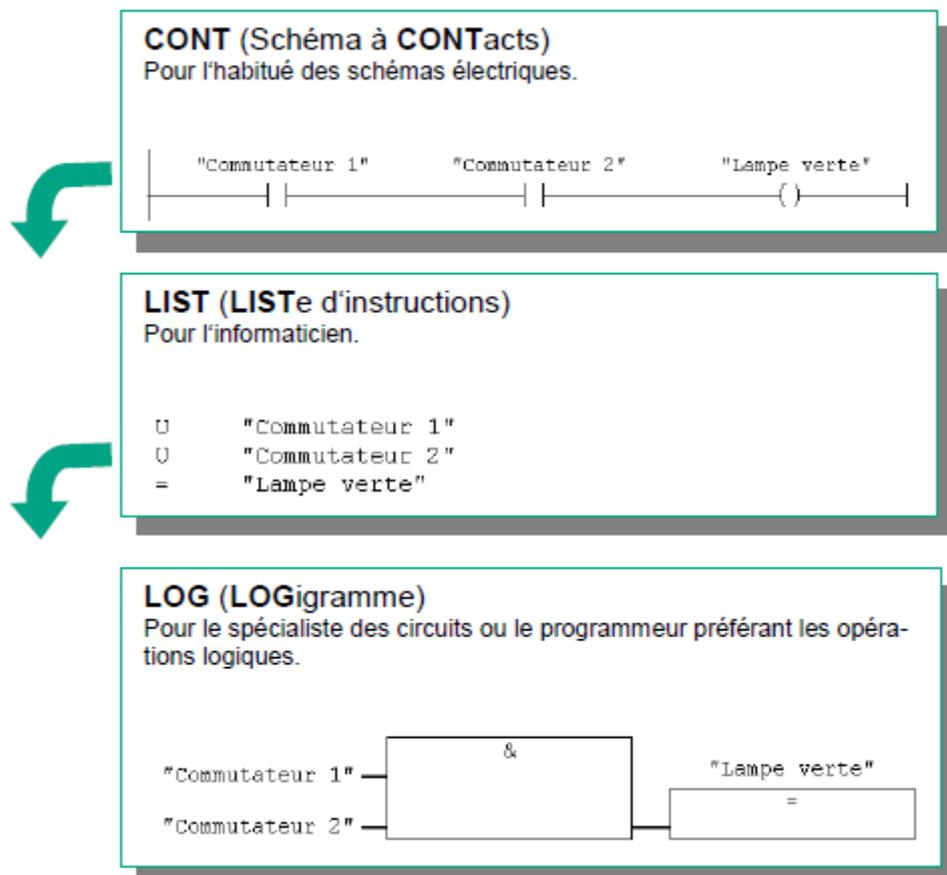


Fig IV.12 : les langages de programmation CONT, LIST ou LOG.

III. 4. L'éditeur de programme CONT/LIST/LOG :

C'est dans l'éditeur de programme CONT/LIST/LOG que vous programmez les blocs. Vous voyez représentée ici à titre d'exemple la vue CONT.

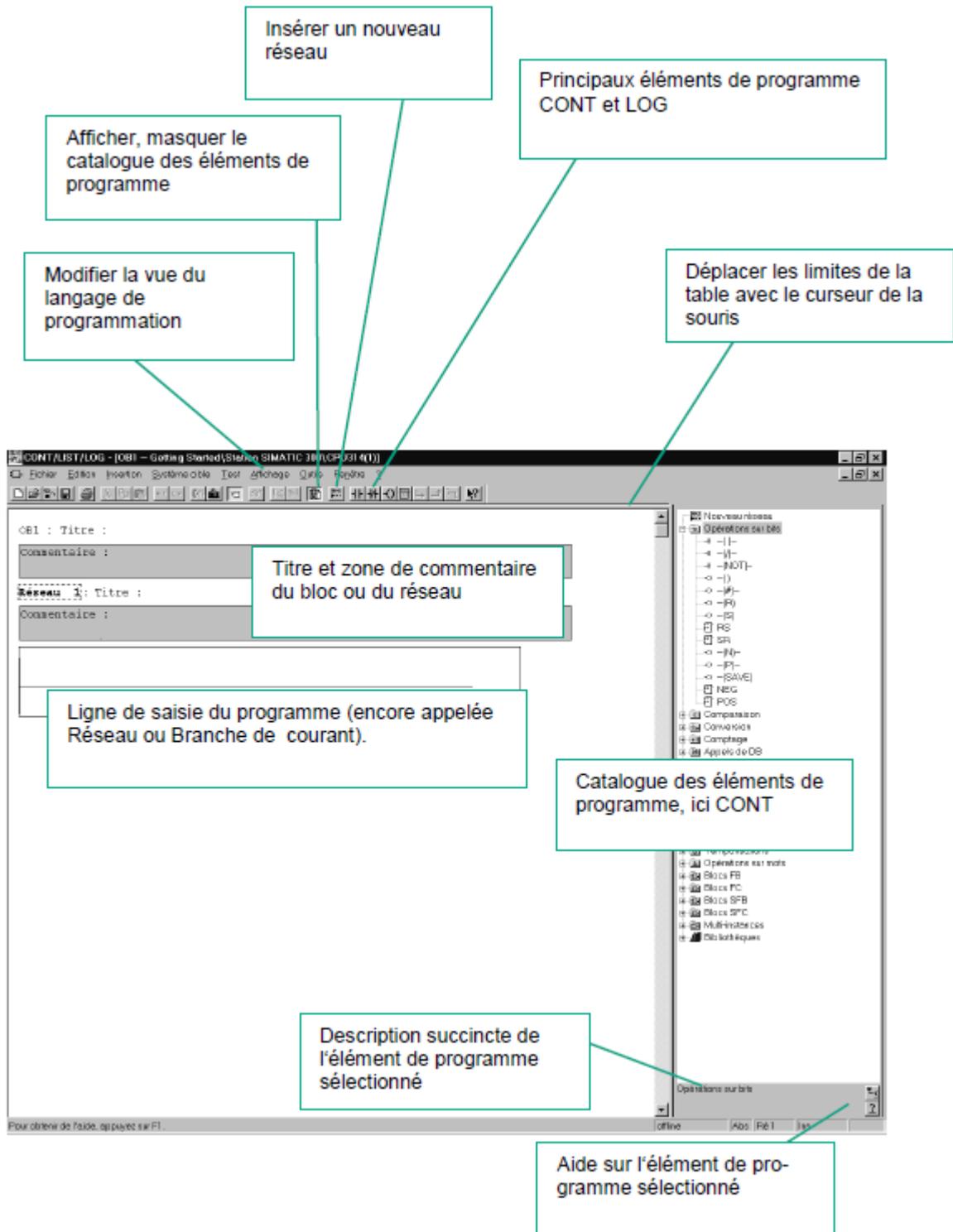


Fig IV.13 : présentation du fenêtre principale

III. 5. Programmation en langage CONT et LOG :

III. 5. 1. Editeur CONT (schéma à contacts)

L'éditeur Schéma à contacts (CONT) de STEP 7-Micro/WIN 32 permet de créer des programmes qui ressemblent à un schéma de câblage électrique. La programmation en CONT est la méthode choisie par de nombreux programmeurs d'automates programmables et par le personnel de maintenance ; c'est un langage qui convient également très bien aux programmeurs débutants.

Fondamentalement, les programmes CONT permettent à la CPU d'émuler le trajet de courant électrique partant d'une source de tension, à travers une série de conditions. [14]

d'entrée logiques validant, à leur tour, des conditions de sortie logiques. Généralement, on subdivise le code en sections de petite taille et faciles à comprendre, souvent appelées "réseaux". L'exécution du programme se fait réseau par réseau, de gauche à droite et de haut en bas, comme prescrit par le programme. Lorsque la CPU a atteint la fin du programme, elle recommence au début du programme.

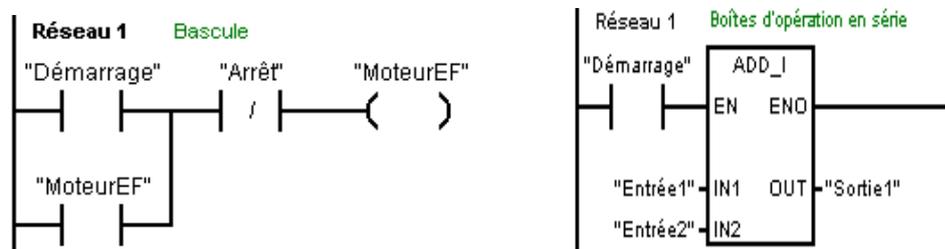


Fig IV.14 : montre des exemple de programme CONT.

Les différentes opérations sont représentées par des symboles graphiques de trois types fondamentaux :

- **Contacts**

Les contacts représentent des commutateurs à travers lesquels le courant peut circuler. Le courant circule à travers un contact à fermeture uniquement si ce contact est fermé (1logique); le courant circule à travers un contact à ouverture ou inversé (NOT) uniquement si ce contact est ouvert (0 logique).

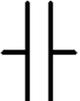
• Bobines

Les bobines représentent généralement des résultats de sortie logiques, tels que lampes, démarreurs de moteur, relais intermédiaires, conditions de sortie internes, etc.

• Boîtes

Les boîtes représentent une fonction (par exemple, une temporisation, un compteur ou une opération arithmétique) qui est exécutée lorsque le courant atteint cette boîte.

III. 5. 1. 1. Représentation des éléments principaux :

Graphe	Désignation	Fonction	Schéma à contact
	Contact à fermeture	contact passant quand il est actionné	
	Contact à ouverture	contact passant quand il n'est pas actionné	
	connexion horizontale	permet de relier les éléments action série	
	connexion verticale	permet de relier les éléments action en parallèle	

Graphe	Désignation	Fonction	Schéma à contact
	bobine directe	la sortie prend la valeur du résultat logique	
	bobine inverse	la sortie prend la valeur inverse du résultat logique	
	bobine d'enclenchement	le bit interne est mis à 1 et garde cet état	
	bobine déclenchement	le bit interne est mis à 0 et garde cet état	

III. 5. 2. Editeur LOG (logigramme)

L'éditeur Logigramme (LOG) ou Langage FBD(FBD)de STEP 7-Micro/WIN 32 permet de visualiser les opérations sous forme de boîtes logiques ressemblant à des schémas de porte logique courants. Il n'y a pas de contacts ni de bobines comme dans l'éditeur CONT,

mais des opérations équivalentes existent sous forme de boîtes d'opérations.

La logique du programme est dérivée des connexions entre ces boîtes d'opérations : on peut utiliser la sortie d'une opération (d'une boîte ET, par exemple) pour valider une autre opération (une temporisation, par exemple) afin de créer la logique de commande nécessaire. Ce concept de connexion permet de résoudre aisément un large éventail de problèmes logiques, tout comme avec les autres éditeurs.

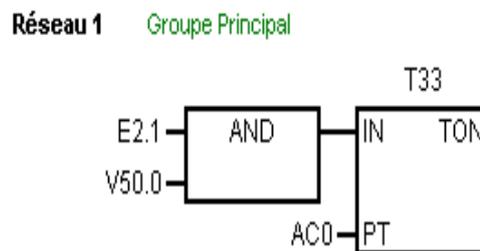


Fig IV.15 : exemple de Editeur LOG.

III. 5. 3. Objet dossier blocs :

III. 5. 3. 1 Fonctions (FC) :

Les fonctions font partie des blocs que vous programmez vous-même. Une fonction est un bloc de code sans mémoire. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile des données locales. Ces données sont perdues à l'achèvement de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde des données.

Comme une fonction ne dispose pas de mémoire associée, vous devez toujours indiquer des paramètres effectifs pour elle. Vous ne pouvez pas affecter de valeur initiale aux données locales d'une FC.

III. 5. 3. 2 Blocs fonctionnels (FB) :

Les blocs fonctionnels font partie des blocs que vous programmez vous-même. Un bloc fonctionnel est un bloc avec rémanence. Un bloc de données d'instance lui est associé qui en constitue la mémoire. Les paramètres transmis au FB ainsi que les variables statiques sont

sauvegardés dans le bloc de données d'instance. Les variables temporaires sont rangées dans la pile des données locales. Les données sauvegardées dans le bloc de données d'instance ne sont pas perdues à l'achèvement du traitement du FB. En revanche, les données sauvegardées dans la pile des données locales le sont.

III. 5. 3. 3 Blocs de données d'instance :

Un bloc de données d'instance est associé à chaque appel de bloc fonctionnel transmettant des paramètres. Ce bloc de données d'instance contient les paramètres effectifs et les données statiques du FB. Les variables déclarées dans le FB déterminent la structure du bloc de données d'instance. On appelle instance l'appel d'un bloc fonctionnel. Si, par exemple, un bloc fonctionnel est appelé cinq fois dans le programme utilisateur S7, il existe cinq instances de ce bloc.

III. 5. 3. 4 Blocs de données globaux (DB) :

Contrairement aux blocs de code, les blocs de données ne contiennent pas d'instructions STEP 7. Ils servent à l'enregistrement de données utilisateur : ils contiennent des données variables que le programme utilisateur utilise. Les blocs de données globaux servent à l'enregistrement de données utilisateur pouvant être utilisées par tous les autres blocs. La taille des DB peut varier. Vous trouverez la taille maximale autorisée dans les descriptions de CPU /70/ et /101/.

C'est vous qui définissez l'organisation des blocs de données globaux. [19]

III. 6. Chargement et test du programme :

III. 6 .1 Etablir la liaison en ligne :

Nous allons vous montrer à l'aide du projet-exemple livré "zFr01_06_STEP7_CONT_1_10" ou du projet déjà créé "Getting Started" et un montage de test simple comment charger votre programme dans le système d'automatisation (AP) pour ensuite le tester.

Vous devez avoir :

- configuré le matériel du projet “Getting Started“.
- monté le matériel conformément au manuel

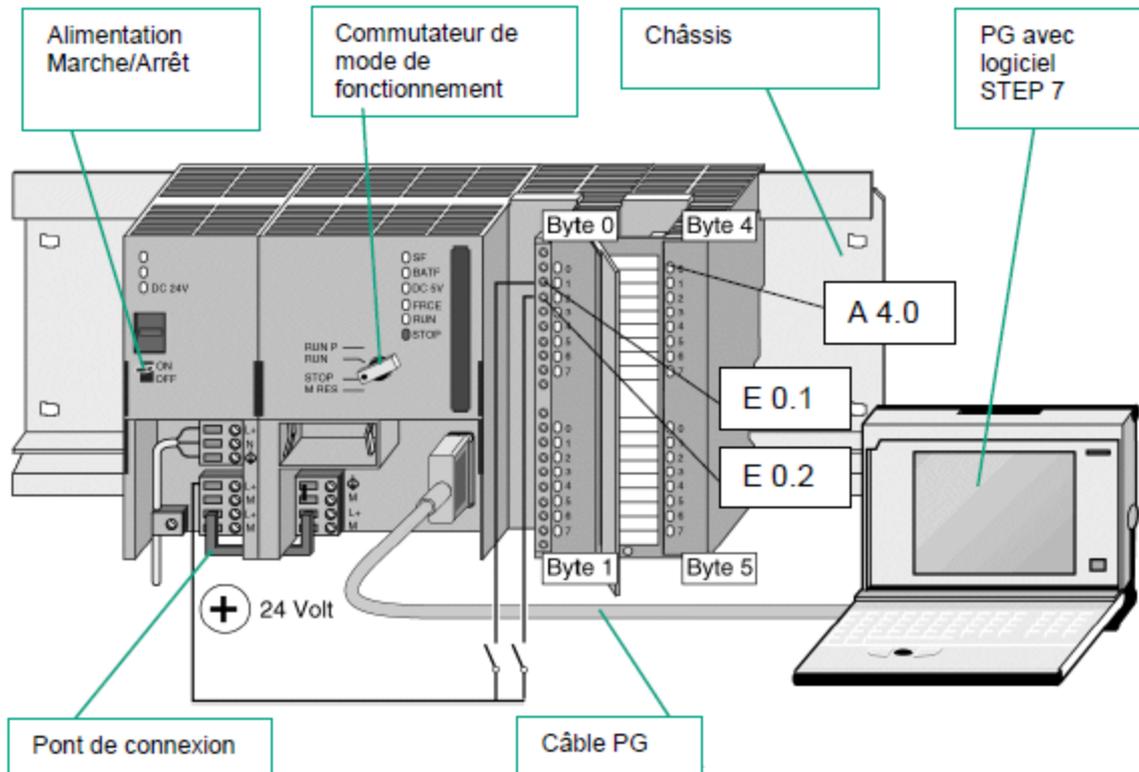


Fig IV.16 : la liaison en ligne.

Pour monter un module sur le profilé support, procédez comme suit :

- Enfichez le module sur le connecteur du bus.
- Accrochez le module et faites-le pivoter vers le bas.
- Vissez à fond le module.
- Montez les modules restants.
- Après avoir monté tous les modules, enfichez la clé dans la CPU.

Le test peut être effectué avec un matériel différent de celui décrit ci-dessus. Seul l'adressage des entrées et sorties doit être conservé.

STEP 7 offre différentes possibilités de test telles que la visualisation du programme ou la table des variables.

III. 7. Programmer en ligne :

Il peut s'avérer dans la pratique nécessaire de modifier les blocs déjà chargés dans la CPU.

Cliquez pour cela sur le bloc voulu dans la fenêtre "En ligne" pour ouvrir l'éditeur de programme CONT/LIST/LOG. Programmez ensuite le bloc, notez que le bloc programmé est immédiatement activé dans la CPU.

Le programme

OB1 :

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Commentaire :

Réseau 1 : Titre :

Appel FC1:bloc arret d'urgence

FC1
"arret
d'urgence"
(CALL)

Réseau 2 : Titre :

Appel FC2:bloc demarage de la machine

FC2
"demarage
la
machine"
(CALL)

Réseau 3 : Titre :

Appel FC3:bloc des alarm

FC3
"bloc
d'alarm"
(CALL)

FC1 : Titre :

tous les arrêts d'urgence de la machine

Réseau 1 : Titre :

les arrêts d'urgence dans tous les organes de la machine (bouton poussoir)



Réseau 2 : Titre :

relais thermiques des moteurs de tous les organes de la machine



Réseau 3 : Titre :

M4.0 relais de protection pour les arrêts d'urgences



FC2 : Titre :

demarrage de la machine (start machine)

Réseau 1 : Titre :

M4.0 L'excitation du disjoncteur principal



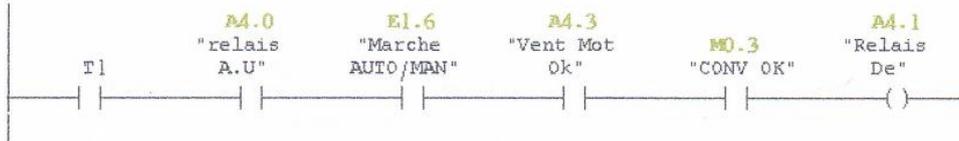
Réseau 2 : Titre :

marche/arret de la machine



Réseau 3: Titre :

A4.0 L'excitation du disjoncteur principal



Réseau 4: Titre :

ventilation des moteurs de la machine



Réseau 5: Titre :

CONV: convertisseur
TRANC: trancanage

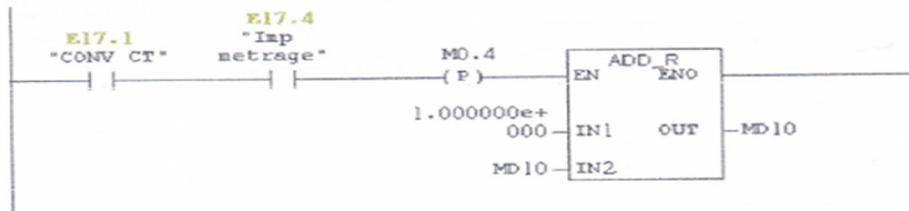


Réseau 6: Titre :

p: front mentant

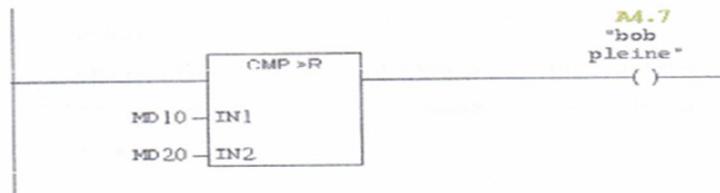
Réseau 6 : Titre :

p:front mentant



Réseau 7 : Titre :

bob:bobine

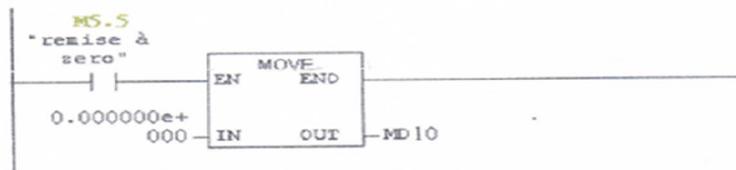


Réseau 8 : Titre :

Commentaire :

Réseau 8 : Titre :

Commentaire :

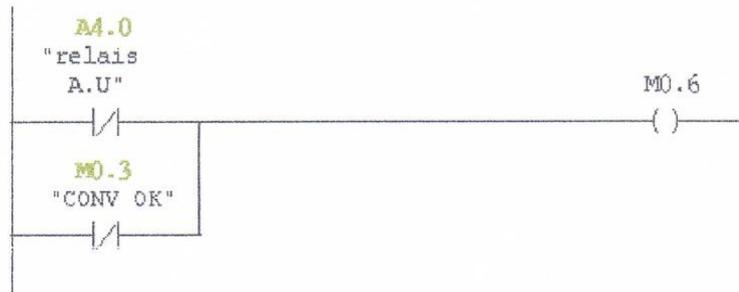


FC3 : Titre :

Bloc d'alarm

Réseau 1: Titre :

Commentaire :



Conclusion générale

L'évolution de la technologie des circuits intégrées, des systèmes numériques et l'industrie de programmation a conduit à la fabrication des systèmes de plus en plus complexes, tels que les API, réalisant des fonctions sophistiquées et offrant de grands avantages en ce qui concerne l'encombrement, le volume, la consommation, l'augmentation de la fiabilité ainsi que leur rapidité.

Notre travail nous a permis de bien constater de près ce développement sur le terrain.

La rubaneuse est une machine commandée par un automate programmable industriel de type S7-300 et de plusieurs variateurs de vitesses.

L'introduction des API dans l'industrie de câble a permis à ENICAB de bien profiter de ses avantages dont on peut citer :

- La réduction du nombre de travailleurs.
- La précision et la bonne qualité et plus de quantité de produit.
- La facilité de maintenance.
- Gagner de l'espace sur les installations anciennes.

Cette étude nous a donné non seulement une grande chance de voir de près tous les domaines d'étude de notre formation (Machine, électricité de puissance, Commande et régulation) et leurs applications pratiques dans l'industrie, mais aussi nous a permis de découvrir le nouveau domaine d'automatisation et de programmation industrielle.

bibliographie

- [1] Documentation technique Rubaneuse (Caballé) d'ENICAB (Matériels, Mécanique, électrique).
- [2] Documentation Présentation de l'entreprise d'ENICAB.
- [3] NAADJA Lemnaouar , « étude de la machine Rubaneuse et sa commande et régulation par les automates programmables industriels Siemens S7-200 et S7-300 », thèse d'ingénieur de machine électrique, Biskra 2007.
- [4] FENNOUH Messaoud, HOUFRI Ridha « étude et programmation de la machine rubaneuse et sa commande automatique (E.N.I.CAB) », thèse de master , Biskra 2013.
- [5] « étude de la tréfileuse et sa commande automatique (entreprise National industrie des câbles Biskra) », thèse d'ingénieur de Electrotechnique , Biskra 2006 SAHRAOUI Hamza
UGERGAZI Khaled
- [6] L. BERGOUGNOUX, A.P.I., POLYTECH, Marseille, Département de Mécanique énergétique.
- [7] Houda BEL MOKADEM , « VÉRIFICATION DES PROPRIÉTÉS TEMPORISÉES DES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS », thèse de DOCTEUR DE L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE CACHAN, septembre 2006.
- [8] Alain GONZAGA, LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS .

- [9] *Dr. Bendaoud-*, Théorie des Machines Asynchrones , Machines électriques à courant alternatif, Université de Sidi Bel Abbés .
- [10] L.P. La Chauvinière, Communication technique , Convertisseurs statiques.
- [11] SIMATIC STEP 7 V5.1, référencée :6ES7 810-4CA04-8CA0 , Edition 08/2000.
- [12] www.lerepairedessciences.fr.
- [13] MACHINES ASYNCHRONES Cours et Problèmes, juin 2013. Claude CHEVASSU
Grégory VALENTI
- [14] M.GRISLIN ,TP api1-A1 –step7 microwin.
- [15] SIMATIC Automate programmable S7-200 , référence :6ES7298-8FA21-8CH0
- [16] Automate programmable S7-300, Installation et configuration –Caractéristiques des CPU.
numéro de référence : 6ES7 398-8AA03-8CA0
- [17] 1 GREYC, Université de Caen, France, 2 GIPSA lab, ENSIEG, INPG, France
A. Elfadili1, F.Giri1*, L.Dugard2, H.Ouadi1, A. Elmagri1.
- [18] Lycée polyvalent Louis COUFFIGNAL 11, route de la Fédération 67025 STRASBOURG.
- [19] SIMATIC Programmer avec STEP 7 référencée :6ES7810-4CA10-8CW0.

Liste de figure

Fig I.1 : plan de mase de l'entreprise.....	2
Fig I.2 : Câble domestique.....	3
Fig I.3 : Câbles moyens tension.	4
Fig I.4 : câble de distribution (réseaux).	4
Fig I.5 : Câbles industriels.....	5
Fig I.6 : Phases de fabrication du câble.	6
Fig I.7 : La ligne de la Rubaneuse.	8
Fig I.8 : vue du dérouleur.....	9
Fig I.9 : Rubaneuse tangentielle.....	11
fig I.10 : monter deux vues de cette unité La lière une vue de faceet la 2ième une vue de haut.....	12
Fig I.11 : écran de rubanes.	13
Fig I.12 : l'enrouleur autotranca-.....	14
Figure I.13 : écran d'enrouleur.	15
Figure I.14 : Ecran générale de la machine.	16
Fig II.1:symbole et caractéristiques de diode classique.....	18
Fig II.2 : caractéristique statique idéalisée de diode.....	19
Fig II.3 : schéma branchement de diode.....	19
Fig II.4 : caractéristique dynamique idéalisée de diode.....	20
Fig II.5 : symbole et caractéristique statique de thyristor.....	21
Fig II-6 : caractéristique statique idéalisée.....	22
Fig II.7 : symbole et caractéristique de transistor.....	22
Fig II.8 : caractéristique statique idéal de transistor.....	23
Fig II.9 : caractéristique dynamique de transistor.....	23
Fig. II.10 :les familles de convertisseurs statiques.....	24
Fig II-11: caractéristique du tension	25

Fig :II-12 : redresseurs à thyristors.....	25
Fig II-13 : gradateur triphasé.....	26
Fig II-14 : caractéristique commande par angle de phase.....	27
Fig II-15 : caractéristique Commande par train d'onde.....	27
Fig II-16 : caractéristique de tension par l'HACHEUR.....	28
Fig II-17 : schéma de hacheur pour varier la vitesse de m.c.c.....	28
Fig II-18: caractéristique de tension par le REDRESSEUR.....	29
Fig II-19:montage du pont de monophasé (GRAETZ)	29
Fig II-20 : caractéristique de tension par GRAETZ.....	29
Fig II-21 : montage du pont de triphasé.....	30
Fig II-22: caractéristique de tension par l'onduleur.....	30
Fig II-23 : La structure comprend un accumulateur et un onduleur avec sortie filtrée.....	31
Fig II-24 :montage représenté les différent convertisseur statique.....	31.
Fig II-25 : rotor bobiné.....	33
Fig II-26 : moteur à cage d'écureuil.....	34
Fig II-27: sens des champ.....	53
Fig II-28: Caractéristique mécanique lors d'un démarrage par insertion de résistances rotoriques.....	35
Fig II-29: Démarrage en deux temps par insertion de résistances rotoriques.....	36
Fig II-30: Détail du montage Dahlander pour une phase.	36
Fig II-31: Montage Dahlander : branchement du stator.....	37
Figure II-32 : a) Schéma de principe d'une cascade hyposynchrone b) déformation de la caractéristique mécanique due à l'action de la cascade hyposynchrone.....	38
Figure II-33 : Déformation de la caractéristique mécanique d'une machine asynchrone par modification de la tension statorique.	39
Fig. II.34 : structure de la commande standard de la vitesse.	41
Fig. II.35 : Stator du moteur courant continu.....	42
Fig. II.36 : Rotor du moteur courant continu.....	42

Fig III.1 : schéma de partie opérative.....	47
Fig III.2 :forme commercial des composants de la partie commande.	49
Fig III.3: Structure interne d'un API.....	54
Fig III.4: Entrées/sorties analogiques.	58
Fig III.5 :un cycle de la tâche.	61
Fig III.6: SIMATIC S7-300.....	65
Fig III.7: Constituants d'un S7-300.....	66
Fig III.8 :organes de commande et de visualisation des CPU 312 IFM à 318-2 DP	68
Fig III.9:module d'un S7-200.....	70
Fig IV.1 : indique les tâches à exécuter dans la majorité des projets et les étapes selon la marche à suivre.	72
Fig IV.2 :les différents parti du STEP 7	74
Fig IV.3 :les deux possible pour un projet.....	75
Fig IV.4 : symbole d'adresse absolue.	76
Fig IV.5 :Fenêtre du SIMATIC manager.....	77
Fig IV.6 : Fenêtre du nouveau projet.	77
Fig IV.7 : Fenêtre du assistant de STEP 7.	78
Fig IV.8 : l'exemple de projet de notre " Getting Started" la CPU 314.	80
Fig IV.9 : nomination de nouveau projet.	80
Fig IV.10 : les fonctions du SIMATIC manager.....	81
Fig IV.11 : le menu de l'Aide de STEP 7.	81
Fig IV.12 :les langages de programmation CONT, LIST ou LOG.	82
Fig IV.13 : présentation du fenêtre principale	83
Fig IV.14 : montre des exemple de programme CONT.	84
Fig IV.15 :exemple de Editeur LOG.	86
Fig IV.16 : la liaison en ligne.	88

A. Annexe A

A.1 Vue d'ensemble des exemples de projet relatifs au manuel Getting Started

- ZFr01_02_STEP7_LIST_1-10 :
Les chapitres programmés de 1 à 10 y compris la table des variables du langage de programmation LIST.
- ZFr01_01_STEP7_LIST_1-9 :
Les chapitres programmés de 1 à 9 y compris la table des variables du langage de programmation LIST.
- ZFr01_06_STEP7_CONT_1-10 :
Les chapitres programmés de 1 à 10 y compris la table des variables du langage de programmation CONT.
- ZFr01_05_STEP7_CONT_1-9 :
Les chapitres programmés de 1 à 9 y compris la table des variables du langage de programmation CONT.
- ZFr01_04_STEP7_LOG_1-10 :
Les chapitres programmés de 1 à 10 y compris la table des variables du langage de programmation LOG.
- ZFr01_03_STEP7_LOG_1-9 :
Les chapitres programmés de 1 à 9 y compris la table des variables du langage de programmation LOG.
- ZFr01_07_STEP7_DezP_11 :
Le chapitre programmé 11 et la périphérie décentralisée.